



# Homogenisering av korte massebalanseserier i Norge

*Bjarne Kjøllmoen*

33  
2017



R  
A  
P  
P  
O  
R  
T

## Rapport nr 33-2017

# Homogenisering av korte massebalanseserier i Norge

**Utgitt av:** Norges vassdrags- og energidirektorat

**Redaktør:**

**Forfattere:** Bjarne Kjøllmoen

**Trykk:** NVEs hustrykkeri

**Opplag:** 20

**Forsidefoto:** NVE

**ISBN** 978-82-410-1586-1

**ISSN** 1501-2832

**Sammendrag:** Originale måleserier fra 16 definerte brefelt i tidsrommet fra 1963 til 2007 er homogenisert og beskrevet i denne rapporten.

**Emneord:** Massebalanse, homogenisering

Norges vassdrags- og energidirektorat  
Middelthunsgate 29  
Postboks 5091 Majorstua  
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95  
Telefaks: 22 95 90 00  
Internett: [www.nve.no](http://www.nve.no)

April 2017

# **Homogenisering av korte massebalanseserier i Norge**

# Innhold

<b>Forord</b> .....	<b>3</b>
<b>Sammendrag</b> .....	<b>4</b>
<b>Summary</b> .....	<b>4</b>
<b>1 Innledning</b> .....	<b>5</b>
1.1 Bakgrunn .....	5
1.2 Utvalg av breer .....	5
1.3 Hva er massebalanse .....	7
1.3.1 Begreper, forkortelser og terminologi .....	8
1.3.2 Metodikk .....	10
<b>2 Data og metode</b> .....	<b>12</b>
2.1 Kart/DTM .....	12
2.2 Massebalansedata .....	13
2.3 Homogenisering.....	13
2.3.1 Kart og DTM .....	13
2.3.2 Konvertering fra snødyp til vannekvivalent.....	13
2.3.3 Fra konturlinje- til profilmetoden .....	14
<b>3 Homogeniserte måleserier</b> .....	<b>16</b>
3.1 Folgefonna.....	16
3.1.1 Bondhusbrea .....	17
3.1.2 Breidablikkbrea .....	23
3.1.3 Gråfjellsbrea .....	31
3.1.4 Blåbreen og Ruklebreen.....	38
3.2 Jostedalsbreen .....	46
3.2.1 Vesledalsbreen.....	47
3.2.2 Tunsbergdalsbreen.....	52
3.2.3 Jostefonn .....	58
3.3 Breheimen .....	63
3.3.1 Harbardsbreen.....	64
3.4 Jotunheimen .....	68
3.4.1 Vestre Memurubre .....	69
3.4.2 Austre Memurubre .....	74
3.5 Svartisen.....	79
3.5.1 Høgtuvbreen.....	80
3.5.2 Svartisheibreen.....	86
3.5.3 Trollbergdalsbreen.....	91
3.6 Blåmannsisen .....	100
3.6.1 Rundvassbreen .....	100
3.7 Skjomen.....	105
3.7.1 Blåisen .....	105
3.7.2 Storsteinsfjellbreen .....	111
3.7.3 Cainhavarre .....	119
<b>4 Diskusjon</b> .....	<b>124</b>
4.1 Betydning av homogeniseringen .....	124
4.2 Usikkerhet i målingene.....	125
4.3 Geodetisk massebalanse .....	126
4.4 Tilgjengeliggjøring av data .....	127
<b>5 Konklusjon</b> .....	<b>127</b>
<b>Referanser</b> .....	<b>128</b>

# Forord

Gjennom dette arbeidet har en stor mengde data (massebalanse og kartdata) blitt digitalisert. Dataene som er tilgjengeliggjort i forbindelse med arbeidet til denne rapporten vil kunne brukes til modellering og studier av breendringer.

Denne rapporten er et bidrag til FoU-prosjektet 80118 Massebalanse (2016-2019).

Liss M. Andreassen og Hallgeir Elvehøy har bidratt med mange gode innspill.

Oslo, april 2017

Rune V. Engeset  
seksjonssjef

Bjarne Kjølmoen  
senioringeniør

# Sammendrag

Originale måleserier fra 16 definerte brefelt i tidsrommet fra 1963 til 2007 er homogenisert og beskrevet i denne rapporten. Brefeltene for to av de originale måleseriene på Søndre Folgefonna er i tillegg splittet til fire brefelt. I årene 1964-68 ble massebalansen målt og beregnet for brefeltene «Vestsiden» og «Østsiden». I homogeniseringsprosessen ble «Vestsiden» delt til Breidablikkbrea og Gråfjellsbrea, og «Østsiden» til Ruklebreen og Blåbreen. Det betyr at homogeniserte måleserier for 18 definerte brefelt er beskrevet i denne rapporten.

# Summary

The original measurement series of 16 defined glacier units in the period from 1963 to 2007 are homogenised and described in this report. The glacier units for two of the original measurement series on Southern Folgefonna are furthermore divided into four glacier units. Mass balance was measured and calculated for the glaciers on the western side, called «Vestsiden» and the eastern side, called «Østsiden», from 1964 to 1968. In the homogenisation process «Vestsiden» was split into Breidablikkbrea and Gråfjellsbrea glaciers, and «Østsiden» into Ruklebreen and Blåbreen glaciers. Thus in total the homogenised measurement series of 18 defined glacier units are described in this report.

# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn

For å studere brevariasjoner og breers påvirkning på vannføring i vassdrag, startet Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) en rekke massebalansemålinger tidlig i 1960-årene. De første massebalansemålingene i Norge ble i midlertidig igangsatt allerede i 1949 på Storbreen i Jotunheimen av Olav Liestøl ved Norsk Polarinstitutt (Liestøl, 1967).

For 1963 og 1964 ble målingene fra fastlands-Norge rapportert som «NVE Meddelelse» (Østrem og Liestøl, 1964 og Pytte og Østrem, 1965) og fra 1965 i NVEs rapportserie «Glasiologiske undersøkelser i Norge» (Pytte og Liestøl, 1966). Siden 2000 har rapporten blitt skrevet på engelsk. Alle utgavene finnes digitalt tilgjengelig som nedlastbar pdf-fil på <https://www.nve.no/hydrologi/bre/glasiologiske-undersokelser-i-norge/>. Rapporter kan også bestilles fra biblioteket@nve.no.

Over tid vil endringer i personell, måleprogram og beregningsmetoder gjøre at massebalanseserier vil være inhomogene (Braithwaite, 2002). I tillegg kan breen endre størrelse og det er viktig å ha et kartgrunnlag som er representativ for den perioden bremålingene er foretatt. Homogenisering av massebalanseserier kan defineres som en prosedyre for å korrigere feil og avvik som ikke skyldes reelle endringer i massebalansen, men som er forårsaket av variasjoner i målemetodikk, eller endringer i observasjonsmønster eller beregningsmåter (Cogley mfl., 2011). Homogenisering av en massebalanseserie kan omfatte ulike trinn og vil variere fra bre til bre avhengig av tilgang på data, og tid tilgjengelig for analysen.

Fra de første målingene på Storbreen i 1949 til 2016 er det målt massebalanse på 45 brefelt i Norge (tab. 1). Ti av måleseriene er lengre enn 20 år og på disse breene pågår målingene fortsatt. De fleste måleseriene har pågått en kortere periode i forbindelse med kortvarige undersøkelser (typisk 4-10 år) og studentoppgaver (typisk 1-2 år).

De 10 lengste måleseriene (Ålftobreen, Hansebreen, Nigardsbreen, Austdalsbreen, Rembesdalskåka, Storbreen, Hellstugubreen, Gråsubreen, Engabreen og Langfjordjøkelen) er tidligere blitt homogenisert (Andreassen mfl., 2016). Fem av disse måleseriene (Ålftobreen, Hansebreen, Nigardsbreen, Rembesdalskåka og Engabreen) er i tillegg blitt kalibrert (Kjøllmoen, 2016a, Kjøllmoen, 2016b, Andreassen mfl., 2016 og Elvehøy, 2016).

Av de 35 resterende måleseriene er homogenisering av massebalansen for 18 måleserier beskrevet i denne rapporten.

## 1.2 Utvalg av breer

Siden starten i 1949 til og med 2016 er det målt massebalanse på totalt 45 brefelt i Norge (tab. 1). Av disse ble 35 kortere måleserier vurdert for homogenisering, og 18 måleserier ble til slutt valgt ut (fig. 1).

De utvalgte 18 måleseriene som er homogenisert og beskrevet i denne rapporten er fordelt over sju ulike områder (fig. 1). Seriene har en varighet fra to til åtte år, og for noen brefelt er det gjort målinger i to perioder. Størrelsen på brefeltene varierer mye, fra den lille

breen Cainhavarre i Skjomen på 0,7 km<sup>2</sup> (1960) til den største breutløperen fra Jostedalsbreen, Tunsbergdalsbreen på 52,2 km<sup>2</sup> (1964).

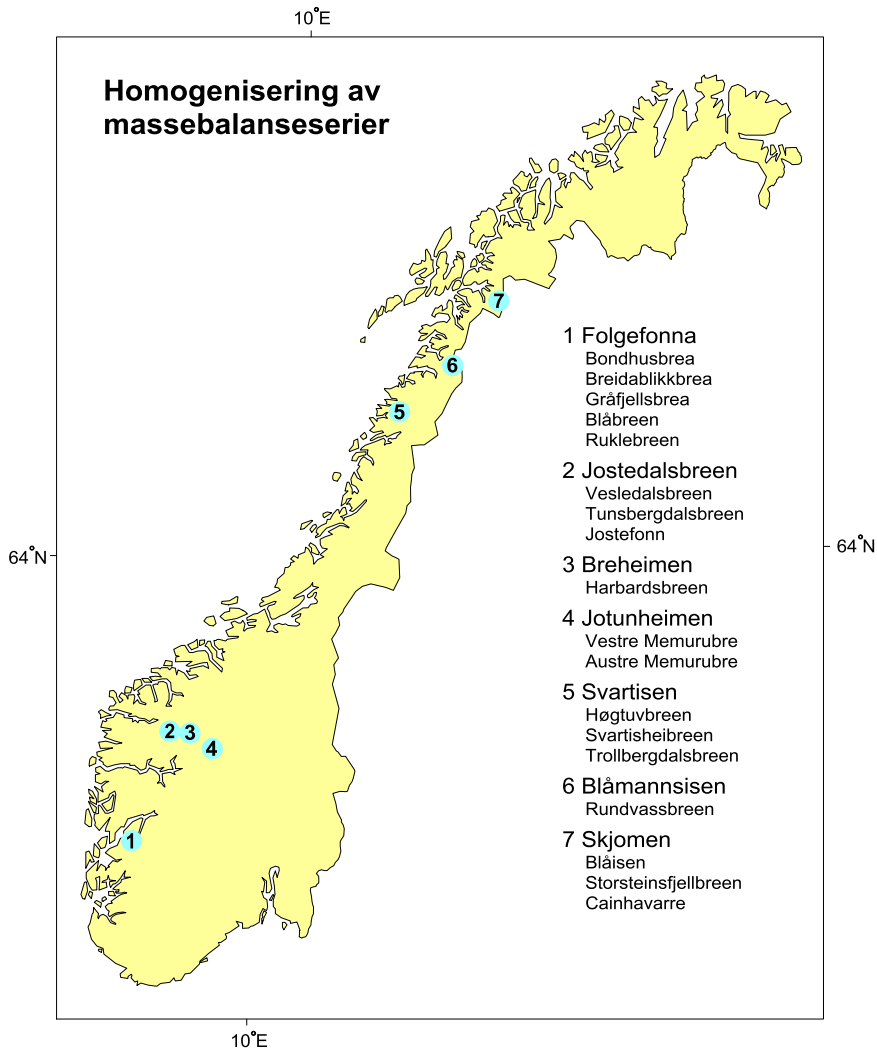
**Tabell 1**

Siden starten på Storbreen i 1949 til og med 2016 er det målt massebalanse på 45 brefelt i Norge. Bre-ID refererer til NVEs brestlas (Andreassen mfl., 2012). Areal og høyde er hentet fra aktuell DTM.

Område/ Bre-ID Brenavn	Areal (km <sup>2</sup> )	Høyde (moh.)	DTM år	Periode	Antall år
<b>Alfotbreen</b>					
2078 Alfotbreen	4.0	890-1368	2010	1963-	54
2085 Hansebreen	2,8	927-1310	2010	1986-	31
<b>Folgefonna</b>					
3133 Bondhusbrea	10.7	477-1636	1979	1977-81	5
3128 Breidablikkbrea	3.9	1217-1660	1959	1963-68	17
	3.2	1232-1648	2013	2003-13	
3127 Gråfjellsbrea	9.7	1034-1656	1959	64-68, 74-75	18
	8.1	1049-1647	2013	2003-13	
3126 Blåbreen	2.3	1060-1602	1959	1963-68	6
3129 Ruklebreen	1.8	1603-1235	1959	1964-68	5
3119/3120/3121 Midtre Folgefonna	8.6	1100-1570	1959	1970-71	2
3137 Svelgjabreen	22.3	829-1632	2013	2007-	10
3141 Blomstøskardsbreen	22.4	1012-1632	2013	2007-	10
3137/3141 Blomsterskardsbreen	45.7	850-1640	1959	1970-77	8
<b>Jostedalsbreen</b>					
2474 Vesledalsbreen	4.1	1126-1745	1966	1967-72	6
2320 Tunsbergdalsbreen	52.2	536-1942	1964	1966-72	7
2146/2148 Jostefonn	3.8	960-1622	1993	1996-2000	5
2297 Nigardsbreen	46.6	330-1952	2013	1962-	55
2352 Store Supphellebreen	12.0	80-300/ 720-1740	1966	1964-67, 73- 75, 79-82	11
2478 Austdalsbreen	10.6	1197-1747	2009	1988-	29
<b>Breheimen</b>					
2514 Harbardsbreen	13.2	1242-1978	1996	1997-2001	5
2525* Spørteggbreen	27.9	1260-1770	1988	1988-91	4
<b>Hardangerjøkulen</b>					
2968 Rembesdalskåka	17.3	1066-1854	2010	1963-	54
2964 Midtdalsbreen	6.7	1380-1862	1995	2000-2001	2
2927 Omnsbreen	1.5	1460-1570	1969	1966-70	5
<b>Jotunheimen</b>					
2772 Vestre Memurubre	9.2	1565-2270	1966	1968-72	5
2769 Austre Memurubre	8.7	1627-2277	1966	1968-72	5
2632 Tverråbreen	5.9	1415-2200		1962-63	2
2770 Blåbreen	3.6	1550-2150	1961	1962-63	2
2636 Storbreen	5.1	1400-2102	2009	1949-	68
2597 Juvonne	0.2	1840-1998	2004	2010-	7
2768 Hellstugubreen	2.9	1482-2229	2009	1962-	55
2743 Gråsubreen	2.1	1833-2284	2009	1962-	55
<b>Okstindbreene</b>					
1434 Charles Rabot Bre	1.1	1090-1760	1965	1970-73	4
1438 Austre Okstindbre	14.0	730-1750	1962	1987-96	10
<b>Svartisen</b>					
1144 Høgtubreen	2.6	588-1162	1972	1971-77	7
1135 Svartiseibreen	5.7	765-1424	1995	1988-94	7
1280 Trollbergdalsbreen	2.0	907-1366	1968	1970-75	11
	1.8	907-1369	1998	1990-94	
1094 Engabreen	36.8	75-1575	2008	1970-	47
1092/1096 Storglombreen	59.2	520-1580	1968	1985-88	10
	62.4	520-1580		2000-05	
1084 Tretten-null-tobreen	4.3	580-1260	1968	1985-86	2
1048 Glombreen	2.2	870-1110	1953	1954-56	3
1093 Kjølbreen	3.9	850-1250	1953	1954-56	3
<b>Blåmannsisen</b>					
941 Rundvassbreen	11.7	788-1533	1998	2002-04	9
	10.9	836-1525	2011	2011-	
<b>Skjomen</b>					
596 Blåisen	2.2	860-1204	1959	1963-68	6
675 Storsteinsfjellbreen	6.2	926-1846	1960	1964-68	10
	5.9	969-1852	1993	1991-95	
703 Cainhavarre	0.7	1214-1538	1960	1965-68	4
<b>Vest-Finnmark</b>					
26 Svartfjelljøkelen	2.7	500-1080	1966	1978-79	2
54 Langfjordjøkelen	3.6	277-1053	1994	1989-93	26
	3.2	302-1050	2008	1996-	

\* Omfatter også Bre-ID 2519, 2520, 2522, 2524, 2527, 2528, 2530, 2531 og 2532.





**Figur 1**  
Homogenisering av massebalansen som er beskrevet i denne rapporten er gjort for 18 brefelt fordelt over sju områder.

Det betyr at 17 måleserier fra brefelt i Norge ikke er med i denne rapporten. To av disse måleseriene; Svelgjåbreen og Blomstølskardsbreen på Søndre Folgefonna, er originalserier som allerede er homogene. To måleserier på Vestre Svartisen; Storglombreen og Tretten-null-tobreen, vil bli homogenisert og beskrevet i en egen rapport. De 13 siste måleseriene; Midtre Folgefonna, Store Supphellebreen, Spørteggbreen, Midtdalsbreen, Omnsbreen, Tverråbreen, Blåbreen i Jotunheimen, Juvfonne, Charles Rabot Bre, Austre Okstindbre, Glombreen, Kjølbreen og Svartfjelljøkelen er ikke homogenisert på grunn av manglende dokumentasjon av datagrunnlaget. I tillegg ble det målt massebalanse på Blomsterskardsbreen, som er samme brefelt som Svelgjåbreen og Blomstølskardsbreen til sammen, i perioden 1970-77. Dersom det på et senere tidspunkt lar seg gjøre å finne igjen, eller reprodusere datagrunnlaget til noen av disse brefeltene, kan måleserien(e) bli homogenisert.

### 1.3 Hva er massebalanse

Massebalansen for en isbre er differansen mellom tilvekst av snø om vinteren og avsmelting av snø, firn og is om sommeren. Massebalansen er et mål på om breen øker

eller minker i volum. Primært avhenger massebalansen av nedbør om vinteren og temperatur om sommeren, men kalving kan i enkelte tilfeller også påvirke massebalansen.

### **1.3.1 Begreper, forkortelser og terminologi**

I denne rapporten er det brukt en del faglige begreper og forkortelser. Nedenfor er det gitt en enkel forklaring på hvert enkelt begrep.

#### **AAR**

En forkortelse for «Accumulation-area ratio», og er forholdet (uttrykt i prosent) mellom arealet av akkumulasjonsområdet og arealet av hele *brefeltet*.

#### **Ablasjon**

Alle prosesser som reduserer massen av en bre, hovedsakelig forårsaket av smelting. Andre prosesser kan være kalving, sublimasjon, vindtransport og skred.

#### **Akkumulasjon**

Alle prosesser som øker massen av en bre, hovedsakelig forårsaket av snøfall. Andre prosesser kan være riming, påfrossen is, vindtransport og skred.

#### **Analog kartkonstruksjon**

Kart konstruert fra flybilder med et analogt fotogrammetrisk stereoinstrument som mekanisk og/eller optisk overfører detaljer fra flybilde til kart.

#### **Brefelt**

Et breområde avgrenset med brekant og ev. *isskille* eller hydrologisk skille.

#### **Bre-ID**

Et brefelt kan bestå av én eller flere breenheter. En breenhet er avgrenset med hydrologiske vannskiller og hver breenhet er gitt en unik ID (Andreassen mfl., 2012).

#### **Dalbre**

En bretype der breen fyller en dalsenkning. Akkumulasjonsområdet er gjerne skålformet og bratt.

#### **Digital kartkonstruksjon**

Kart konstruert fra flybilder med en digital fotogrammetrisk arbeidsstasjon der bildefiler, arbeidsprosesser og ferdig kart er i digital form.

#### **DTM**

En «digital terrengmodell» er en modell som viser høyden på bakkenivå. Dette gir en tredimensjonal digital modell av terrenget.

#### **ELA**

En forkortelse for «Equilibrium-line altitude». Likevektslinjen angir høyden (moh.) på breflaten hvor *akkumulasjon* og *ablasjon* er like stor.

#### **Firn**

Snø som har oversomret minst én sommersesong, men ikke blitt omdannet til breis.

#### **Geodetisk massebalanse**

Massebalansen, inkludert intern smelting, beregnet ved å sammenligne høydedata for et gitt brefelt fra to ulike tidspunkt og konvertere høydeforskjellen med en tetthetsfaktor.

## **GIS**

En forkortelse for «Geografiske informasjonssystemer». Et datasystem (dataprogram) som brukes til innsamling, bearbeiding, analyse, lagring og presentasjon av geografiske data.

## **GNSS**

«Global Navigation Satellite System». En fellesbetegnelse for alle satellittbaserte navigasjonssystemer, som det amerikanske GPS, det russiske GLONASS, det kinesiske BeiDou og det europeiske Galileo.

## **Homogenisering av massebalanseserier**

En prosedyre for å korrigere feil og avvik som ikke skyldes reelle endringer i massebalansen, men som er forårsaket av variasjoner i målemetodikk, eller endringer i observasjonsmønster eller beregningsmåter.

## **HYDRAII-databasen**

NVEs database for hydrologiske data.

## **Høyde-arealfordeling**

Brefeltet inndeles i intervaller etter høyden over havet (50 eller 100 m). Arealet innenfor hvert høydeintervall gir brefeltets høyde-arealfordeling.

## **Isolinjer**

I kartografisk framstilling, linjer som trekkes gjennom punkter med samme (eller antatt samme) verdi, f.eks. en linje trukket mellom punkter med samme balanseverdi.

## **Isskille**

Grensen mellom to *brefelt* der isen beveger seg hver sin retning.

## **Kjerneprøve**

Ved hjelp av borutstyr kan man ta opp sylindrerformede kjerner av snø og *firn*. Formålet kan være å måle snøens *tetthet* og/eller identifisere *sommeroverflaten*.

## **Lidar**

«Light Detection And Ranging». En optisk fjernmålingsteknikk som brukes til måling av jordoverflatens posisjon og høyde. For kartlegging av breer brukes vanligvis flybåren laserskanning der infrarødt laserlys måler avstanden til breflaten.

## **Massebalanse (Glasiologisk massebalanse, Surface mass balance)**

Forholdet mellom *akkumulasjon* og *ablasjon* på en bre. I denne rapporten brukes begrepet *massebalanse* om det som egentlig er «Glasiologisk massebalanse» eller «Surface mass balance», hvilket betyr at intern smelting ikke er tatt med i beregningen.

## **Minimumsmåling**

Foretas om høsten når smeltesesongen er slutt. Målingene gjøres ved å måle lengden av målestaker og eventuell måling av nysnø. I enkelte tilfeller måles også *tettheten* av gjenværende snø.

## **Ortofoto**

Et georeferert fotografi tatt fra fly eller satellitt.

## **Planimeter**

Et instrument for måling av arealer på et papirkart.

### **Platåbre**

En bretype der breen dekker et større, oftest høytliggende fjellområde, med brearmer som brer seg ut i flere retninger og kan gå ned i dalene.

### **Sommerbalanse ( $b_s/B_s$ )**

Summen av *akkumulasjon* og *ablasjon* gjennom en sommersesong. Intern smelting er ikke med. Sommerbalansen kan beregnes for et punkt ( $b_s$ ) og for et helt *brefelt* ( $B_s$ ).

### **Sommeroverflate (SO)**

Breens overflate på det tidspunkt den første varige snøen faller i et nytt balanseår.

### **Sondering**

Målemetode for måling av snødyp. Tynne metallstenger settes sammen i passende lengder avhengig av forventet snødyp.

### **Stake**

Aluminiumsrør som settes ned i breen for å kunne måle snødyp på vinteren og smelting om sommeren.

### **Stratigrafisk system**

Et system eller metode for å beregne *massebalansen*. I prinsippet er det den årlige balansen mellom to *sommeroverflater* som blir beregnet.

### **Terrestrisk bilde**

Bilde tatt fra bakkeplan med kamera montert på stativ.

### **Tetthet**

Med tetthet menes i denne rapporten tettheten (egenvekten) av snø eller *firm*. Tettheten måles under snømålingene om våren og i enkelte tilfeller under *minimumsmålingene* på høsten.

### **Tilleggsakkumulasjon**

Ordinære snømålinger på *brefelt* foregår vanligvis i tidsrommet april-mai. På 1960- og 70-tallet ble ofte gjort tilleggsmålinger av snødypet utover sommeren.

### **Vannekvivalent (Vannverdi)**

Mengden av snø, firm og is i meter omregnet til mengden av vann som meter vannekvivalenter.

### **Vinterbalanse ( $b_v/B_v$ )**

Summen av *akkumulasjon* og *ablasjon* gjennom en vintersesong. Vinterbalansen kan beregnes for et punkt ( $b_v$ ) og for et helt *brefelt* ( $B_v$ ).

### **Årlig balanse ( $b_a/B_a$ )**

Et resultat av *vinterbalanse* og *sommerbalanse* beregnet for et punkt ( $b_v + b_s = b_a$ ) og for et helt *brefelt* ( $B_v + B_s = B_a$ ).

## **1.3.2 Metodikk**

Metodikken for å måle massebalanse i regi av NVE, har i prinsippet vært uendret siden starten i 1962. Antall målinger har likevel variert opp gjennom årene og på begynnelsen av 1990-tallet ble omfanget forenklet på enkelte breer. Massebalansen er vanligvis målt og beregnet etter det såkalte stratigrafiske systemet (Østrem og Brugman, 1991), som i

prinsippet betyr balansen mellom to suksessive sommeroverflater (SO). Det betyr at målingene beskriver breens tilstand *etter* at smeltingen er avsluttet og *før* nysnøen har kommet om høsten. Tidspunkt for denne tilstanden, og dermed også sesongens lengde, vil variere fra øverst til nederst på breen.

### Feltmålinger

Vinterbalansen er vanligvis blitt målt i april eller mai. Da er snødypet blitt målt med sondering til fjorårets SO. Sonderingene er ofte verifisert med stakemålinger og kjerneprøver. Snøens tetthet er målt i ett eller flere punkt. Tettheten er vanligvis blitt målt samtidig med målinger av snødyp. I 1960- og 70-årene var det imidlertid ikke uvanlig at snøens tetthet ble målt to eller flere ganger gjennom vinteren.

Sommerbalansen og årlig balanse er bestemt med stakemålinger, vanligvis i september eller oktober. Etter spesielt kjølige somre eller ved mye gjenværende snø på høsten, er tettheten i enkelte tilfeller blitt målt.

### Beregninger

Fra 1962 til 1988 ble massebalansen beregnet ved manuell interpolasjon og ekstrapolasjon fra punktmålingene. Isolinjer med intervall på 1,0 m v.e.kv. ble tegnet for både vinter- og sommerbalansen. Beregning av total massebalanse var basert på arealet mellom disse linjene. Arealet mellom tilliggende isolinjer innenfor hvert høydeintervall på 50 eller 100 m ble integrert ved å bruke et planimeter, og den totale summen av akkumulasjon og ablasjon ble beregnet for hvert høydeintervall. Totalarealet for brefeltet kunne derfor variere noe fra år til år. Til slutt ble balanseverdier beregnet for hver høydesone og summert for hele brefeltet. Metoden kalles «konturlinjemetoden».

Siden 1989 er de høydefordelte massebalansekurvene blitt laget ved å plote punktmålinger for vinter- sommer- og årlig balanse mot høyde. Representative verdier for hver 50 eller 100 m høydeintervall er så trukket ut fra plottene. I områder uten målinger, f.eks. i brefall, er balanseverdiene interpolert eller ekstrapolert. Metoden kalles «profilmetoden».

# 2 Data og metode

## 2.1 Kart/DTM

De første detaljerte topografiske kart over breer i Norge ble laget på 1920-tallet ved hjelp av oppmålinger eller terrestriske bilder (Hoel og Werenskiold, 1962 og Liestøl, 1967). Fra slutten av 1950-tallet ble kartene vanligvis konstruert analogt (A) på bakgrunn av flybilder (vertikalbilder) og trykket på papir. Denne metoden ble brukt fram til slutten av 1980-tallet da kartkonstruksjonen ble lagt om til digital (D) produksjon. Fram til slutten av 1990-tallet besto datafangsten utelukkende av flyfoto. På 2000-tallet ble laserskanning (Lidar) mer vanlig for å samle inn høydedata. For kartlegging av breer er det i dag mest vanlig å kombinere flybilder/ortofoto for å konstruere brekant, med Lidar for å generere terrengmodell.

**Tabell 2**  
Tilgjengelige kart og terrengmodeller som er brukt i homogeniseringsprosessen. Bre-ID er hentet fra Breatlaset.

Område	Bre-ID	Brenavn	Geografiske koordinater	Periode(r)	Kart år	F/L <sub>1</sub>	A/D <sub>2</sub>
Folgefonna	3133	Bondhusbrea	60°3'N, 6°20'E	1977-81	1979	F	A
	3128	Breidablikkbrea	60°4'N, 6°22'E	1963-68	1959	F	A
				2003-07	2007	L	D
				1964-68	1959	F	A
	3127	Gråfjellsbrea	60°5'N, 6°24'E	1974-75	1959	F	A
				2003-07	2007	L	D
1964-68				1959	F	A	
3126	Blåbreen	60°5'N, 6°26'E	1963-68	1959	F	A	
3129	Ruklebreen	60°4'N, 6°26'E	1964-68	1959	F	A	
Jostedalsbreen	2474	Vesledalsbreen	61°50'N, 7°16'E	1967-72	1966	F	A
	2320	Tunsbergdalsbreen	61°37'N, 7°2'E	1966-72	1964	F	A
	2148 <sub>3</sub>	Jostefonn	61°25'N, 6°33'E	1996-2000	1993	F	D
Breheimen	2514	Harbardsbreen	61°41'N, 7°40'E	1997-2001	1996	F	D
Jotunheimen	2772	Vestre Memurubre	61°32'N, 8°28'E	1968-72	1966	F	A
	2769 <sub>4</sub>	Austre Memurubre	61°33'N, 8°30'E	1968-72	1966	F	A
Svartisen	1144	Høgtuvbreen	66°27'N, 13°38'E	1971-77	1972	F	A
	1135	Svartisheibreen	66°33'N, 13°46'E	1988-90	1985	F	D
				1991-95	1995	F	D
				1970-75	1968	F	D
	1280	Trollbergdalsbreen	66°43'N, 14°26'E	1990-91	1985	F	D
			1992-94	1998	F	D	
Blåmannsisen	941	Rundvassbreen	67°17'N, 16°3'E	2002-04	1998	F	D
Skjomen	596	Blåisen	68°20'N, 17°51'E	1963-68	1959	F	A
	675	Storsteinsfjellbreen	68°13'N, 17°55'E	1964-68	1960	F	A
	703	Cainharvarre	68°6'N, 17°60'E	1991-95	1993	F	A
			1965-68	1960	F	A	

<sub>1</sub>Høydedata fra flyfoto (F) eller Lidar (L).

<sub>2</sub>Kart/DTM konstruert analogt (A) eller digitalt (D).

<sub>3</sub>Omfatter også Bre-ID 2146.

<sub>4</sub>Omfatter også Bre-ID 2765 og 2766.

## 2.2 Massebalansedata

Måledata fra staker, sonderinger og tetthetsprøver er tilgjengelig for de fleste årene for alle 18 breene. Posisjoner for målepunktene er funnet og digitalisert ut fra papirkart. Fram til slutten av 1990-årene ble målepunktene posisjon oftest bestemt ut fra kartavlesning, gjerne kombinert med bruk av høydemåler (barometer). I enkelte tilfeller ble målepunktene posisjonert med tradisjonelt landmålerutstyr (teodolitt og avstandsmåler). Senere, fra omkring 2000, ble målepunktene bestemt med GNSS-målinger. Målepunkt (sonderinger, staker og tetthetsprøver), kartgrunnlag (høyde-arealfordeling) og høydefordelte tabellverdier (vinter-, sommer- og årlig balanse) er lagt inn i NVEs datarkiv (HYDRAII-databasen). Historiske papirkart med målepunkt og arealfordelt vinter- og sommerbalanse er skannet og lagret digitalt i NVEs arkiv.

## 2.3 Homogenisering

Metodikken for beregning av breenes massebalanse har endret seg siden målingene startet tidlig på 1960-tallet. En homogenisering av måleseriene er derfor nødvendig. Det er i hovedsak tre faktorer som er undersøkt og beskrevet:

- bruk av tilgjengelige kart og terrengmodeller
- konvertering fra snødyp til vannekvivalent
- overgang fra konturlinjemetoden til profilmetoden

### 2.3.1 Kart og DTM

På 1960-, 1970- og 1980-tallet ble brekartene konstruert analytisk og trykket i papirutgaver. Isskillet, eller skillet mellom to brefelt, ble trukket manuelt på papirkartet ut fra en subjektiv tolkning, mens høyde-arealfordelingen ble målt og beregnet ved bruk av planimeter.

Under homogeniseringsprosessen er brekart som fantes kun i papirutgaver blitt skannet og vektorisert. Fra de digitale kartdataene er det generert terrengmodell. For enkelte brefelt er det beregnet nytt isskille ved bruk av GIS (Surfer). Som følge av konverteringen til digitale kartdata er høyde-arealfordelingen endret. I noen tilfeller er det nye isskillet omtrent identisk med det originale som da er beholdt i homogeniseringen.

De originale massebalanseseriene ble i sin tid beregnet på basis av det til enhver tid tilgjengelige kartgrunnlaget. Det betyr at det for enkelte breer kan være mange års tidsforskyvning mellom kartgrunnlaget og den målte serien. Under homogeniseringen er nyere kart, som tidsmessig er nærmere måleserien, brukt for de breene hvor dette har vært tilgjengelig.

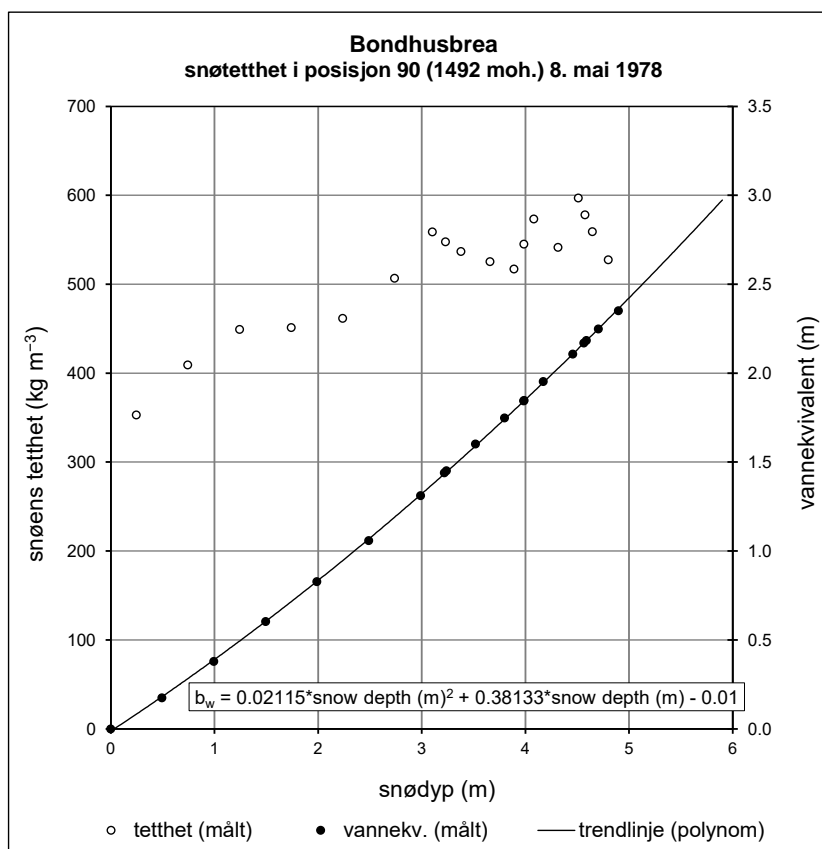
### 2.3.2 Konvertering fra snødyp til vannekvivalent

Beregning av vinterbalansen er basert på målinger av snødyp og snøens tetthet. Prosedyren for konvertering fra snødyp til vannekvivalent har variert opp gjennom årene. For de første tiårene (fra 1960- til 1990-årene) mangler det ofte dokumentasjon på konverteringsprosedyrene. Likevel kan det for noen år synes som en gjennomsnittlig tetthet ( $\rho_{av}$ ) for snøpakken er brukt for hvert målepunkt ( $c_a$ ) uttrykt som:  $bv = c_a \text{ (m)} * \rho_{av} \text{ (kg m}^{-3}\text{)}/1000$ . For andre år kan det virke som at en unik tetthet for hvert snødyp ble beregnet på grunnlag av målt gjennomsnittlig tetthet. På 1990-tallet ble konverteringen foretatt med en erfaringsbasert modell utviklet av Tron Laumann, som på den tiden var

ansatt i NVE. Modellen, i denne sammenheng kalt «Laumann-modellen», var basert på måling kun av de to øverste meterne.

I homogeniseringsprosessen er det benyttet samme konverteringsmetode som er brukt på alle breer i Norge siden 2001, i denne sammenheng kalt «trendlinje-modell». Det betyr at snøens tetthet og vannekvivalent er målt og beregnet for hver enkelt delprøve av et helt snøprøveprofil. Akkumulert vannekvivalent er plottet med økende snødyb og en matematisk trendlinje med funksjon er bestemt. Vanligvis er det brukt en polynom trendlinje av 2. orden uttrykt som:  $b_v = a * c_a^2 + b * c_a + c$  (a, b og c er koeffisienter). Et eksempel fra Bondhusbrea i 1978 er vist i figur 2.

For enkelte år ble snøens tetthet målt flere ganger gjennom vinteren. I disse tilfellene er det ikke mulig å lage en konverteringsmodell for hele snøpakka. Originale vannkvivalentverdier er da beholdt.

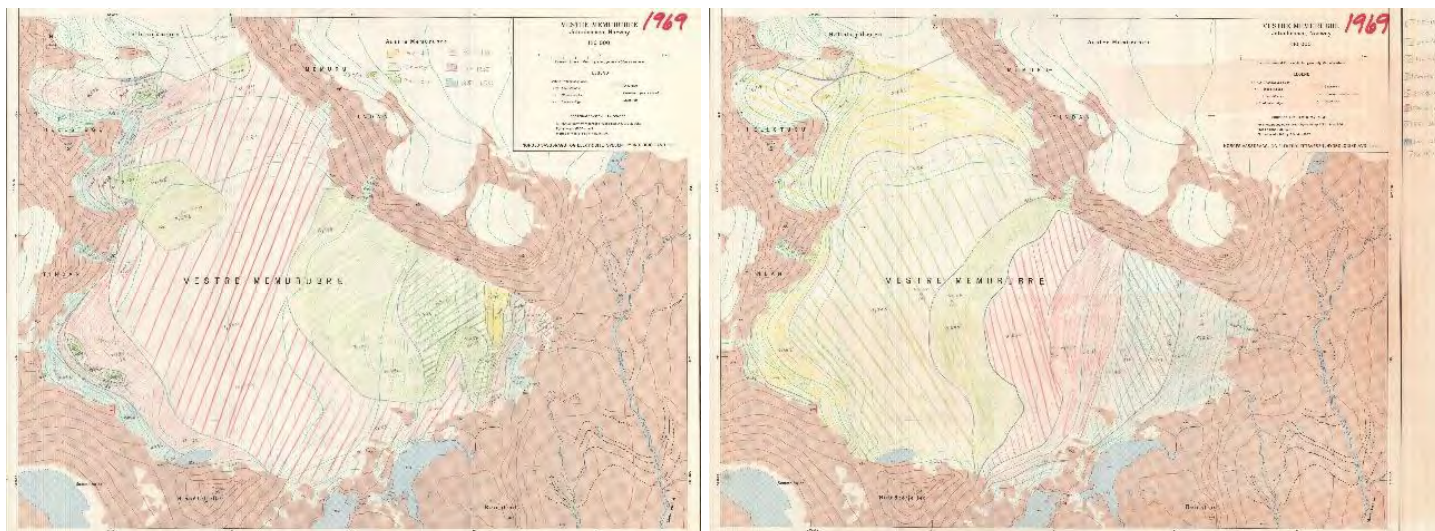


**Figur 2**  
Eksempel på måling av snøens tetthet på Bondhusbrea i 1978. Snøens tetthet for hver delprøve er vist på den venstre aksene og akkumulert vannekvivalent er vist på den høyre aksene. Funksjonen for konvertering er vist i rammen nederst i diagrammet.

### 2.3.3 Fra konturlinje- til profilmethoden

Fra 1962 til 1988 ble både vinter- og sommerbalansen beregnet med den såkalte konturlinjemethoden (fig. 3). Metoden besto i at man ved hjelp av punktmålingene manuelt laget kart der isolinjer med visse intervaller (0,1-1,0 m v.ekv.) ble tegnet for både vinter- og sommerbalanse. Beregningen av massebalansen var basert på arealet mellom isolinjene. Arealet mellom to isolinjer innenfor hvert høydeintervall (50-100 m) ble integrert ved å bruke et planimeter, og den totale vinter- og sommerbalansen ble beregnet for hvert høydeintervall.

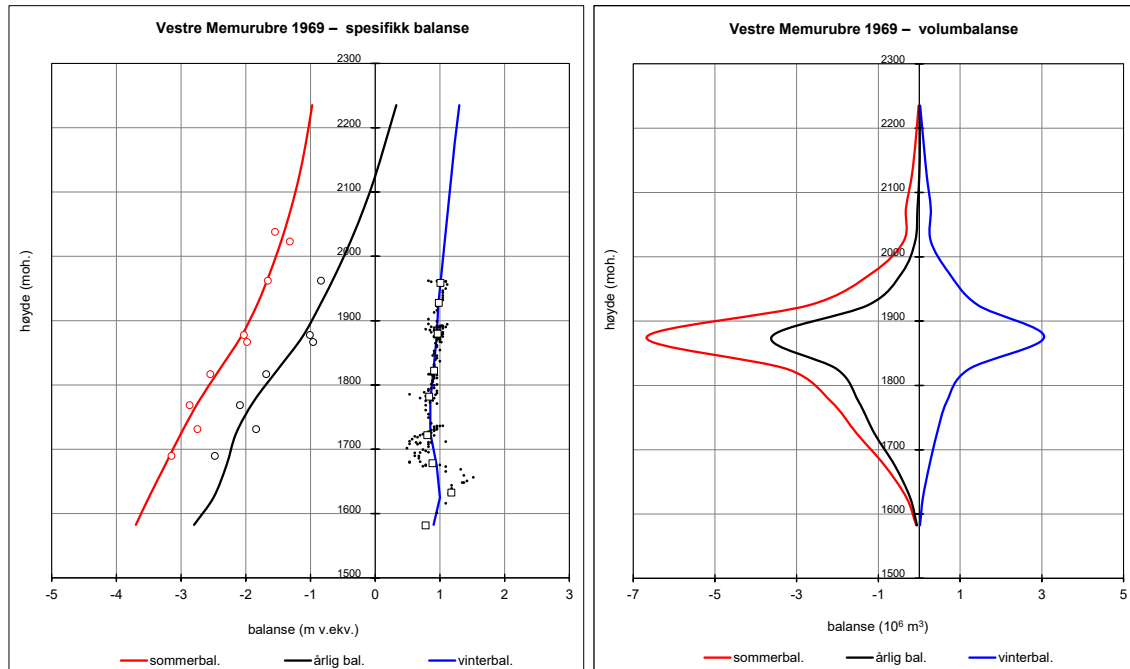




**Figur 3**  
Kart som viser romlig fordeling av vinterbalansen (venstre) og sommerbalansen (høyre) på Vestre Memurubre i 1969.

Fra 1989 gikk man over til det vi kaller profilmetoden (fig. 4). Med denne metoden plottes punktmålingene for vinter- og sommerbalansen mot høyde i et diagram og representative verdier for hvert høydeintervall bestemmes. Balanseverdiene kan bestemmes matematisk (middelverdier eller trendlinje med funksjon), manuelt, eller en kombinasjon.

For å sikre en enhetlig metodikk er vinter- og sommerbalansen beregnet med profilmetoden i homogeniseringen.



**Figur 4**  
Vinter-, sommer- og årlig balansekurver fra Vestre Memurubre i 1969 plottet mot høyde, spesifikk balanse til venstre og volumbalanse til høyre. Punktverdiene for  $b_v$  ( $\bullet$ ),  $b_s$  ( $\circ$ ) og  $b_a$  ( $\square$ ) sammen med gjennomsnittlig  $b_v$  ( $\square$ ) for hvert 50 m høydeintervall er også plottet. Denne beregningsmetoden er benyttet i homogeniseringen.

### 3 Homogeniserte måleserier

De 18 homogeniserte massebalanseseriene som er omtalt i denne rapporten er fordelt over sju områder og strekker seg over tidsrommet fra 1963 til 2007 (fig. 5). Måleserienes lengde varierer fra tre til sju år og noen av seriene går over to eller tre perioder. I det etterfølgende er datagrunnlag, beregninger og resultater for hvert brefelt innenfor hvert område beskrevet.

	1960	1970	1980	1990	2000
Bondhusbrea			x x x x x		
Breidablikkbrea	x x x x x				x x x x x
Gråfjellsbrea	x x x x x	x x			x x x x x
Blåbreen	x x x x x				
Ruklebreen	x x x x x				
Vesledalsbreen		x x x x x x			
Tunsbergdalsbreen		x x x x x x x			
Jostefonn					x x x x x
Harbardsbreen					x x x x x
Vestre Memurubre		x x x x x			
Austre Memurubre		x x x x x			
Høgtuvbreen		x x x x x x x			
Svartisheibreen				x x x x x x x x	
Trollbergdalsbreen		x x x x x x		x x x x x	
Rundvassbreen					x x x
Blåisen	x x x x x x				
Storsteinsfjellbreen	x x x x x			x x x x x	
Cainhavarre	x x x x				

**Figur 5**  
De homogeniserte måleseriene strekker seg over tidsrommet fra 1963 til 2007, og for noen av breene er seriene målt over to eller tre perioder.

#### 3.1 Folgefonna

Massebalanseseriene til fem brefelt på Folgefonna er homogenisert og beskrevet (fig. 7). De fem brefeltene, som alle er utløpere fra Søndre Folgefonna, er Bondhusbrea, Breidablikkbrea, Gråfjellsbrea, Blåbreen og Ruklebreen.



**Figur 6**  
Stakemåling på Breidablikkbrea våren 1965. Foto: Randi Pytte.



**Figur 7**  
 Massebalanseseriene til fem brefelt på Søndre Folgefonna er homogenisert.

### 3.1.1 Bondhusbrea

Bondhusbrea (bre-ID 3133) er en nordvendt breutløper fra Søndre Folgefonna (fig. 7). Massebalansen ble målt i fem år, fra 1977 til 1981 (Haakensen, 1984). En homogenisert massebalanseserie er beregnet for alle fem årene. En kartlegging fra 1979 viser at breen på denne tiden dekket et areal på 10,7 km<sup>2</sup> og strakk seg fra 477 til 1636 moh.

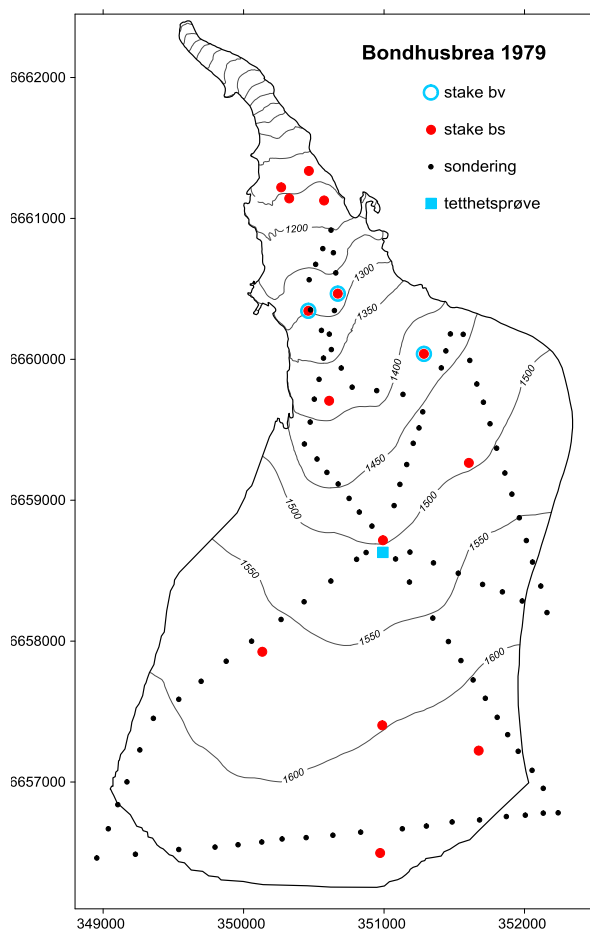


**Figur 8**  
 Bondhusbrea fotografert mot sørøst den 7. juli 1952. Foto: Fjellanger Widerøe.

## Massebalanse - felldata

I brefallet nedenfor 1100 moh. finnes det ikke måledata for noen av årene. I områdene over 1100 moh. var antallet sonderinger mellom 79 og 121 med gjennomsnitt på 102. Smeltingen ble målt på åtte til 17 staker med gjennomsnitt på 11. Snøens tetthet ble målt i én til tre lokaliteter.

I 1977 ble det tatt to tetthetsprøver. Den ene prøven virker lite pålitelig (tetthet mellom 428 og 900 kg m<sup>-3</sup>) og går ned til bare 85 cm dyp. Denne prøven er derfor utelatt i beregningene. I datamaterialet er det oppgitt flere snødyp i hvert målepunkt. I homogeniseringen er det største snødypet valgt systematisk da det virker som at dette også er gjort i originalberegningene.



Lokalisering av målepunkt for snødyp, tetthet og smelting for 1979, som er et representativt år, er vist i figur 9. En oversikt over antall målinger for hele perioden 1977-81 er vist i tabell 3.

**Figur 9**  
Bondhusbrea 1979, et år med typisk måleopplegg for måleperioden 1977-81. I brefallet nedenfor 1100 moh. finnes det ingen målinger. Kartgrunnlag fra 1979.

**Tabell 3**  
Oversikt over antall målinger på Bondhusbrea i perioden 1977-81.

År	Staker			Tetthet	Sond.	Data-kvalitet	Anmerkning
	b <sub>w</sub>	b <sub>s</sub>	b <sub>a</sub>				
1977	3	8	1	1	87	Middels	En annen tetthetsprøve ble kassert.
1978	2	8	6	1	121	Middels	
1979	3	14	11	1	106	Middels	Vanskelige sonderingsforhold øverst på breen.
1980	8	17	15	3	115	Middels	Tetthet målt i november 1979 og januar og april 1980. Vanskelige sonderingsforhold.
1981	*	9	9	1	79	Middels	Vanskelige sonderingsforhold med harde islag.

Felles for alle årene er at det ikke finnes måledata nedenfor 1050 moh.

\* Ingen dokumentasjon

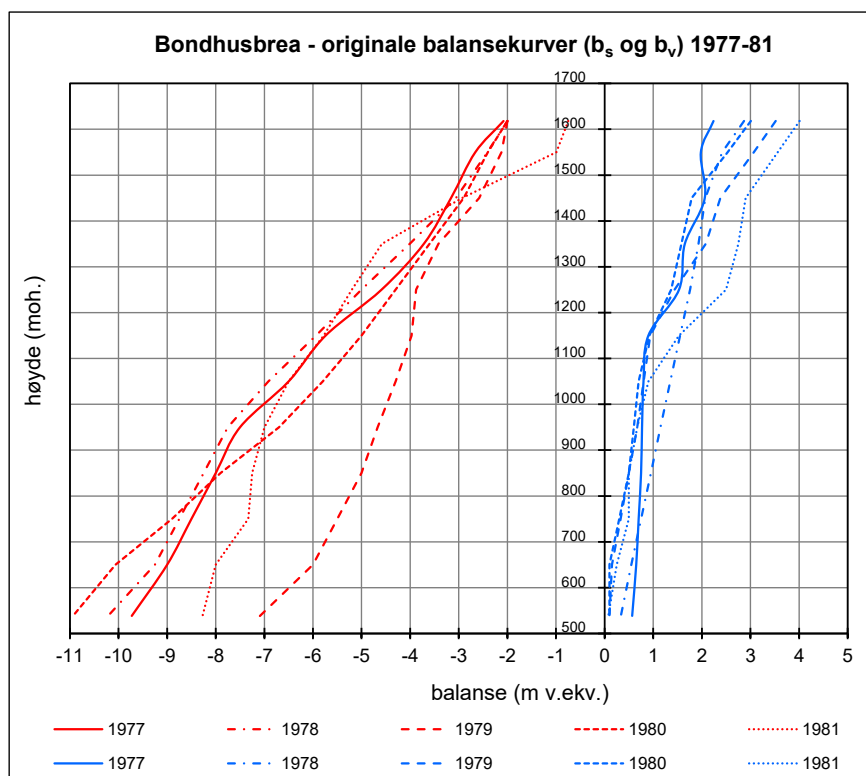
## Massebalanse – beregning

I originalberegningene ble massebalansen for årene 1977 og 1978 beregnet på grunnlag av et kart konstruert etter flyfoto fra 1950. Et «nytt» kart ble konstruert i 1979 etter flyfoto fra 11. august samme år. I homogeniseringen er hele måleperioden 1977-81 beregnet på grunnlag av kartet fra 1979.

Balansekurver basert på de originale verdiene for vinter- og sommerbalansen i perioden 1977-81 er vist i figur 10. Nedenfor 1100 m nivå finnes det ikke punktmålinger for noen av årene, og kurveforløpet i de seks nederste høydeintervallene (<1100 moh.) ble bestemt etter skjønn.

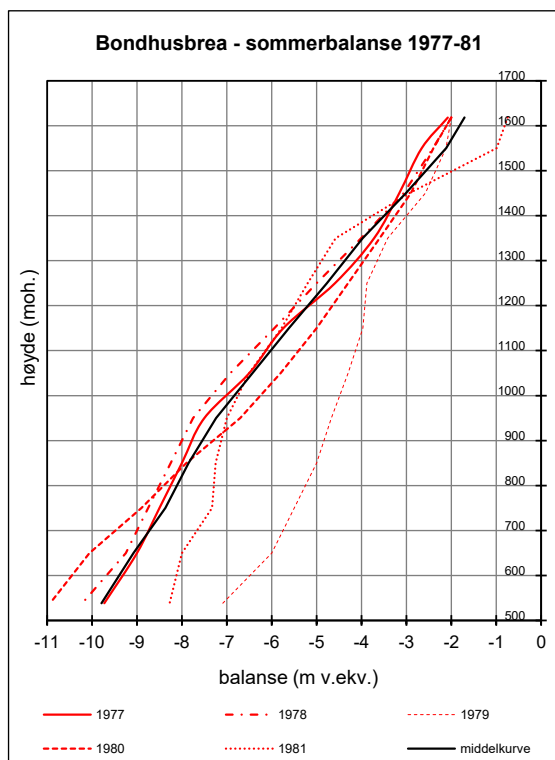
De originale kurvene for vinterbalansen har noenlunde lik form nedenfor 1100 m nivå hvor det ikke finnes punktmålinger (fig. 10).

De originale kurvene for sommerbalansen har mer sprikende form nedenfor 1100 m nivå (fig. 10). Ettersom det ikke finnes punktmålinger nedenfor 1100 m nivå er det heller ikke grunnlag for å tro at kurveforløpene skal være særlig forskjellige fra år til år.



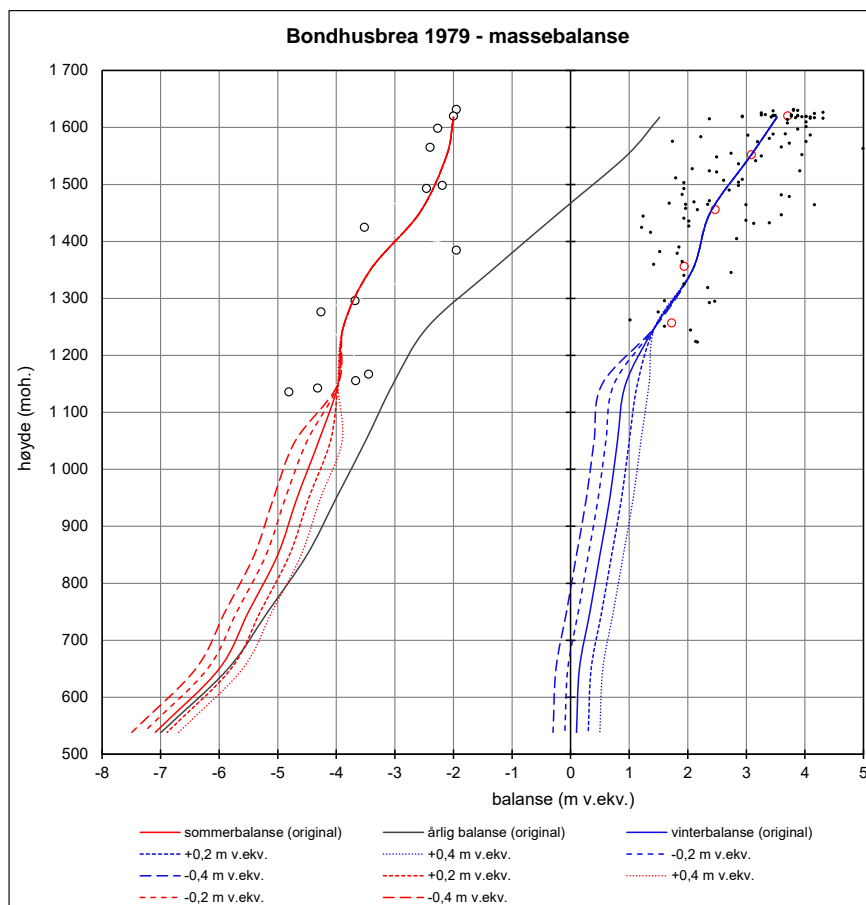
**Figur 10**  
Originale balansekurver ( $b_v$  og  $b_s$ ) for 1977-81. Nedenfor 1100 m nivå finnes det ikke punktmålinger for noen av årene. Likevel er kurveforløpene for sommerbalansen svært forskjellige fra år til år.

Det er derfor beregnet en middelkurve for sommerbalansen basert på originalverdiene for de fire årene 1977, 1978, 1980 og 1981 (fig. 11). Balansekurven for 1979 avviker betydelig fra de andre årene og er derfor utelatt fra beregningen av middelkurven. De homogeniserte sommerbalansekurvene for alle årene 1977-81 er ekstrapolert ut fra helningen av denne middelkurven i de seks nederste høydeintervallene (fig. 13).



**Figur 11**  
 En midlere sommerbalansekurve (svart linje) basert på originalverdier for årene 1977, 78, 80 og 81 er brukt for å ekstrapolere de homogeniserte sommerbalansekurvene i høydeintervallene nedenfor 1100 moh. For høydeintervallene over 1100 moh. er balansekurvene fortsatt bestemt ut fra punktmålingene.

Manglende målinger med påfølgende skjønnsmessig bestemmelse av kurveforløpet i de seks nederste høydeintervallene påfører en ekstra usikkerhet i beregningen av breens massebalanse. Arealet nedenfor 1100 moh. utgjør imidlertid bare 0,27 km<sup>2</sup>, eller 3 % av brefeltets totalareal og balanseverdiene i dette området betyr derfor lite for den totale massebalansen. Dette er vist i figur 12 og tabell 4, der kurveforløpet fra originalserien i 1979 er sammenlignet med andre mulige kurveverdier i områdene nedenfor 1200 moh. ( $b_w$ ) og 1100 moh. ( $b_s$ ), hvor det ikke finnes målinger. I scenario I er vinter- og sommerbalanseverdiene nedenfor 1200 (1100) moh. økt med 0,2 m v.ekv., i scenario II økt med 0,4 m, i scenario III senket med 0,2 m og i scenario IV senket med 0,4 m v.ekv.



**Figur 12**  
**Originale (heltrukne linjer) balansekurver for sommerbalanse (rød) og vinterbalanse (blå) i 1979 sammenlignet med ulike kurveforløp (stiplede linjer) i høydeintervallene hvor det ikke finnes målinger. De målte punktverdiene for sommerbalanse (○) og vinterbalanse (●), samt midlere vinterbalanse for hver 100 m høydeintervall (◊) er også er også plottet.**

**Tabell 4**  
**Vinter- ( $B_w$ ), sommer- ( $B_s$ ) og årlig ( $B_a$ ) balanse i 1979 ved ulike kurveforløp i områdene hvor det ikke finnes målinger.**

Ulike kurveforløp	$B_w$ (m v.ekv.)	$B_s$ (m v.ekv.)	$B_a$ (m v.ekv.)
Originalserie	2.807	-2.459	0.348
Scenario I (+0.2 m v.ekv.)	2.818	-2.454	0.364
Scenario II (+0.4 m v.ekv.)	2.829	-2.448	0.381
Scenario III (-0.2 m v.ekv.)	2.796	-2.464	0.332
Scenario IV (-0.4 m v.ekv.)	2.785	-2.469	0.316

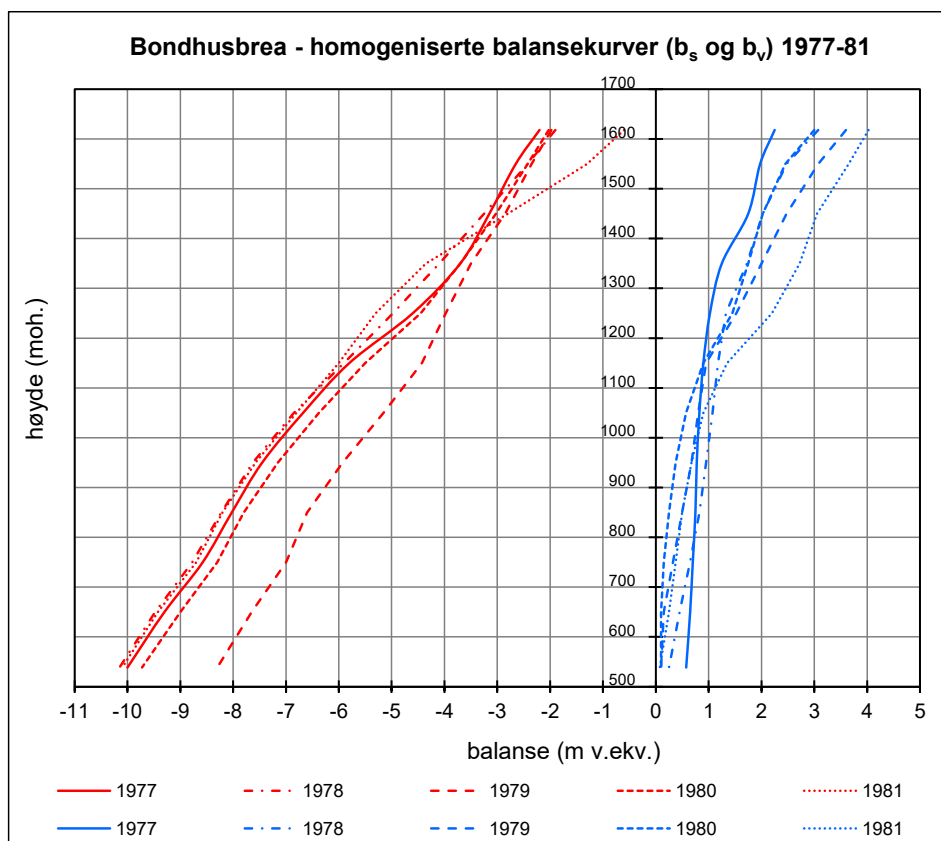
Resultatene fra denne testen viser at dersom man øker vinter- ( $B_w$ ) og sommerbalanseverdiene ( $B_s$ ) i høydeintervallene uten målinger med 0,2 m v.ekv., så økes den årlige balansen ( $B_a$ ) fra 0,348 til 0,364 m v.ekv. Dersom verdiene i høydeintervallene økes med 0,4 m v.ekv., økes  $B_a$  fra 0,348 til 0,381 m v.ekv. Dersom balanseverdiene senkes med hhv. 0,2 og 0,4 m v.ekv, senkes  $B_a$  fra 0,348 til hhv. 0,332 og 0,316 m v.ekv. Maksimum og minimum  $B_a$  blir da 0,316 og 0,381 m v.ekv., hvilket betyr en maksimal forskjell på 0,06 m v.ekv. Dette viser at valg av kurveforløp i de høydeintervallene hvor det ikke finnes målinger ikke påvirker den totale massebalansen vesentlig.

Modellen for konvertering av snødyp til vannekvivalent for 1979 gir gjennomgående høyere punktverdier enn i originalberegningene. I originalberegningene er hvert målepunkt gitt en tetthet mellom 445 og 472 kg m<sup>-3</sup>. Det kan synes som dette er for lav tetthet da gjennomsnittlig tetthet for hele prøven på 5,53 m er 472 kg m<sup>-3</sup>.

Vinteren 1979-80 ble snøens tetthet målt tre ganger; i november 1979 og i januar og april 1980. Det er derfor ikke mulig å lage en konverteringsmodell for hele snøpakka dette året og originale punktverdier er beholdt.

### Massebalanse – resultat

Årlige balansekurver basert på de homogeniserte verdiene for vinter- og sommerbalansen i perioden 1977-81 er vist i figur 13.



**Figur 13**  
Homogeniserte balansekurver for vinterbalanse (blå linjer) og sommerbalanse (rød linjer) for 1977-81.

Original og homogenisert massebalanseserie for Bondhusbrea 1977-81 er vist i tabell 5 og figur 14.

**Tabell 5**  
Original og homogenisert massebalanseserie for Bondhusbrea 1977-81.

År	Original massebalanseserie								Homogenisert massebalanseserie								Homogenisert med hensyn til			
	B <sub>w</sub>	B <sub>s</sub>	B <sub>a</sub>	ΣB <sub>a</sub>	ELA	AAR	DTM	Areal	B <sub>w</sub>	B <sub>s</sub>	B <sub>a</sub>	ΣB <sub>a</sub>	ELA	AAR	DTM	Areal	Metode	Tetthet	DTM <sub>dig</sub>	DTM <sub>ny</sub>
1977	1.96	-2.96	-1.00	-1.00	1620		1950	10.16	1.86	-3.00	-1.14	-1.14	1610	20	1979	10.67	x	x	x	x
1978	2.37	-2.88	-0.51	-1.51	1540		1950	10.16	2.37	-2.90	-0.52	-1.66	1545	50	1979	10.67	x	x	x	x
1979	2.80	-2.47	0.33	-1.18	1445		1979	10.67	2.84	-2.65	0.20	-1.47	1485	71	1979	10.67	x	x	x	
1980	2.32	-2.76	-0.44	-1.62	1500		1979	10.82	2.33	-2.82	-0.49	-1.95	1550	49	1979	10.67	x		x	
1981	3.32	-2.00	1.32	-0.30	1460		1979	10.67	3.38	-2.06	1.32	-0.63	1440	79	1979	10.67	x	x	x	

Metode - metodikken for beregning av vinter- og sommerbalanse er endret fra arealfordelte (planimeter) til høydefordelte verdier.

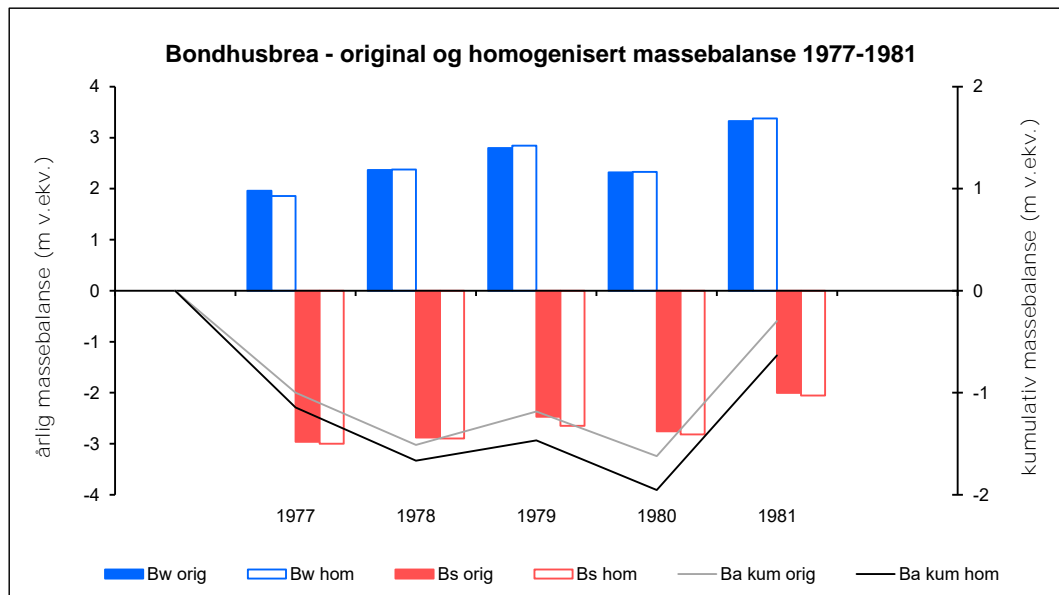
Tetthet - konverteringen fra snødyp til vannekvivalent er basert på en trendlinjemodell.

DTM<sub>dig</sub> - papirkart er digitalisert og ny høydefordeling er beregnet.

DTM<sub>ny</sub> - en nyere DTM er benyttet i beregningene.



Forskjellen mellom originale og homogeniserte verdier er relativt liten. Både vinter- og sommerbalansen ble gjennomgående litt større etter homogeniseringen. Den kumulative massebalansen for 1977-81 ble endret fra  $-0,30$  til  $-0,63$  m v.ekv., hvilket betyr en gjennomsnittlig årlig endring på  $-0,067$  m v.ekv.



**Figur 14**  
Original og homogenisert vinterbalanse (blå søyler) og sommerbalanse (rød søyler), samt kumulativ årlig balanse (grå og svart strek) for Bondhusbrea 1977-81.

### 3.1.2 Breidablikkbrea

Breidablikkbrea (bre-ID 3128) er en nordvendt breutløper fra Søndre Folgefonna (fig. 7). Massebalansen ble målt i 17 år fordelt over to perioder, den første fra 1963 til 1968 (Pytte, 1969) og den andre fra 2003 til 2013 (Kjøllmoen, 2014). I perioden 1964-68 ble massebalansen på Breidablikkbrea og Gråfjellsbrea målt og beregnet som ett brefelt som ble kalt «Vestsiden». Homogeniserte massebalanseserier for brefeltet Breidablikkbrea er beregnet for periodene 1963-68 og 2003-07. For årene 2008-13 er de originale balanseverdiene korrekt mht. metodikk og kartgrunnlag, og homogenisering er derfor ikke nødvendig for disse årene. En kartlegging fra 1959 viste at breen dekket et areal på  $3,9 \text{ km}^2$  og strakk seg fra 1217 til 1660 moh. En ny kartlegging fra 2007 viste at brearealet var krympet til  $3,4 \text{ km}^2$  og at høydeintervallet gikk fra 1234 til 1651 moh.



**Figur 15**  
Breidablikkbrea fotografert den 9. august 2007. Foto: Hallgeir Elvehøy.

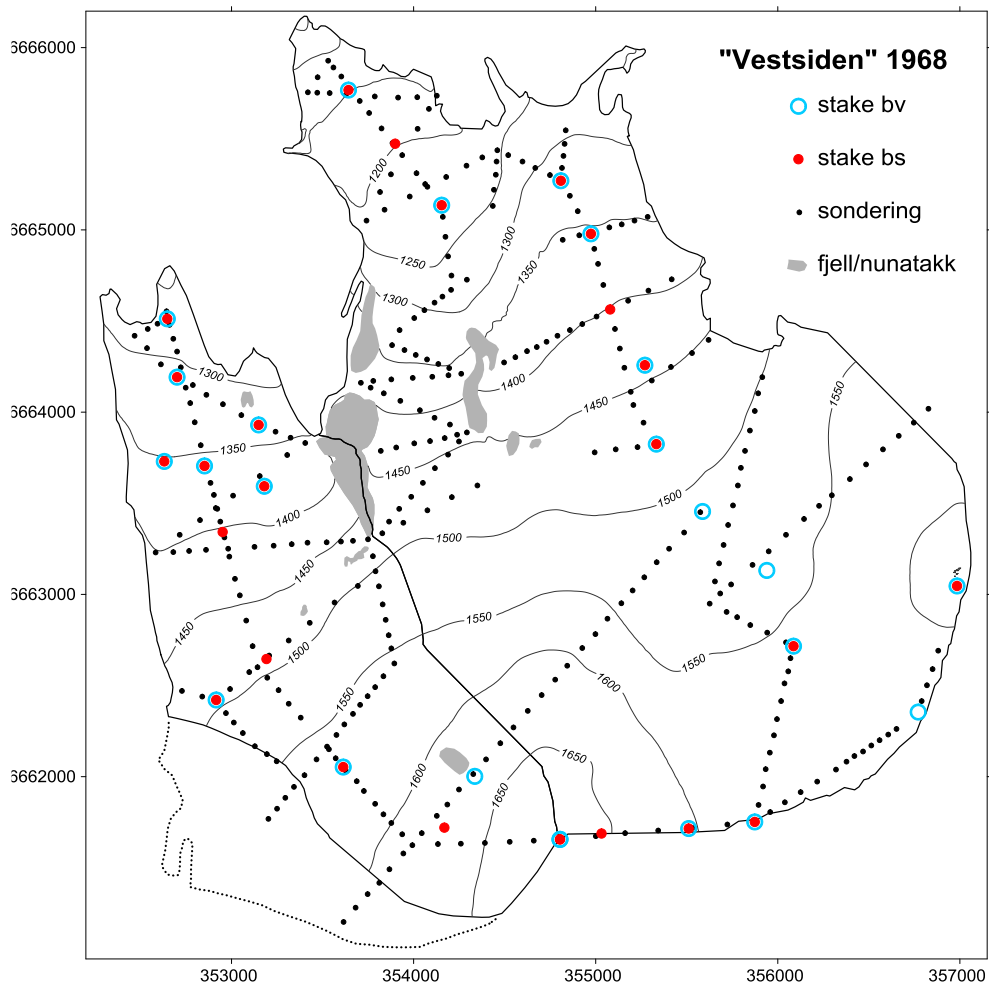
#### Massebalanse – felldata

Alle høydenivåer over hele breen var dekket med målepunkt i begge periodene. I perioden 1963-68 varierte antall sonderinger mellom 50 og 198 med gjennomsnitt på 122. Smeltingen ble målt på fem til 17 staker med gjennomsnitt på 10. Snøens tetthet ble målt i null til fire lokaliteter. I perioden 2003-07 varierte antall sonderinger mellom 34 og 56 med gjennomsnitt på 48, mens smeltingen ble målt på fem til ni staker. Tetthet ble ikke målt på Breidablikkbrea i denne perioden. Tetthetsmålingene fra Gråfjellsbrea ble brukt også på Breidablikkbrea for disse årene.

I 1963 var det ingen staker nedenfor 1500 moh. Én av stakene på bretunga på nabobreen (Gråfjellsbrea) ble derfor brukt for å «styre» sommerbalansekurven i de nederste høydeintervallene. Dette ble gjort både i originalberegningen og i den homogeniserte beregningen.

I 1968 ble snømålingene gjort i midten av mars. Et islag fra november 1967 ble brukt som referanseflate for sonderingene, mens totalt snødyp fra akkumulasjonen begynte tidligere på høsten ble målt på ni staker. Tilleggsakkumulasjonen etter 15. mars er bestemt ved stakemålinger og tetthetsprøve 2. juni.

Lokalisering av målepunkt for snødyp og smelting for 1968 og 2005, som er representative år for periodene 1964-68 og 2003-07, er vist i figurene 16 og 17. En oversikt over antall målinger for begge periodene er vist i tabell 6.



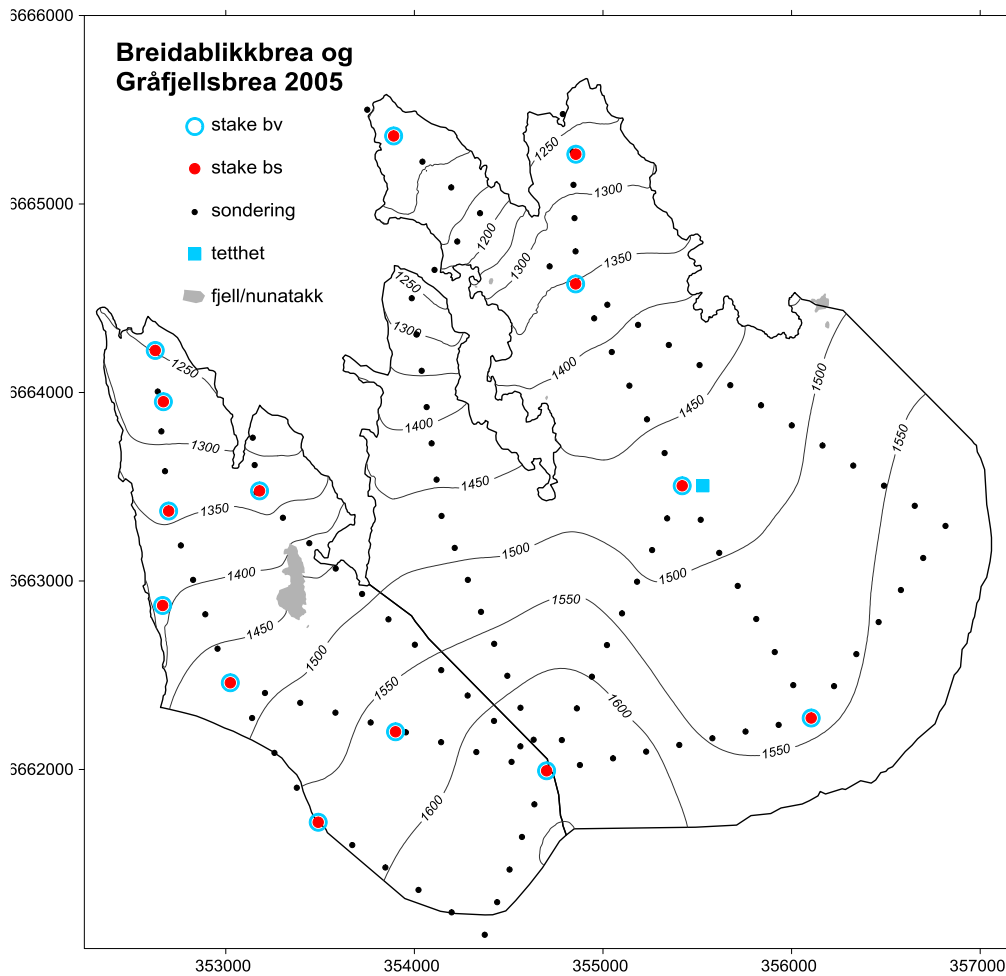
**Figur 16**  
«Vestsiden» 1968 da måleopplegget er representativt for måleperioden 1964-68. Den stiplede linjen viser brefeltets avgrensning i sørvest som ble brukt i den originale måleserien. Kartgrunnlag fra 1959.

**Tabell 6**  
Oversikt over antall målinger på Breidablikkbrea i periodene 1963-68 og 2003-07.

År	Staker			Tetthet	Sond.	Data-kvalitet	Anmerkning
	$b_w$	$b_s$	$b_a$				
1963	0	5	4	4	198	God	En av stakene ligger på Gråfjellsbrea.
1964	*	7	7	1	193	God	Snømålinger 3.-5. mai og tilleggsakkumulasjon målt 28. mai.
1965	4	17	3	0	53	God	Snømålinger 24.-31. mars og tilleggsakkumulasjon målt 26.-27. mai.
1966	8	11	10	0	50	God	Snømålinger 18. april og tilleggsakkumulasjon målt 28. mai og 6. juni.
1967	*	10	10	0	114	God	Snømålinger 24. april-5. mai og tilleggsakkumulasjon ble målt utover i mai, juni og juli.
1968	9	12	9	0	122	Middels	Snømålinger i midten av mars og tilleggsakkumulasjon målt 2. juni.
2003	5	5	5	0	56	God	
2004	5	5	5	0	50	God	
2005	5	9	9	0	47	God	
2006	9	9	9	0	52	God	
2007	4	8	8	0	34	God	

For årene 1965-68 og 2003-07 er tetthetsmålinger fra Gråfjellsbrea brukt.

\*Ingen dokumentasjon.



**Figur 17**  
Breidablikkbrea og Gråfjellsbrea 2005 da måleopplegget er representativt for måleperioden 2003-07.  
Kartgrunnlag fra 2007.

I årene 1964-68 ble det i tillegg til ordinære snømålinger foretatt målinger av tilleggsakkumulasjon. En oversikt over måling og behandling av tilleggsakkumulasjonen er vist i tabell 7.

**Tabell 7**  
Dato for ordinær snømåling, dato og informasjon om målt tilleggsakkumulasjon, og hvorvidt tilleggsakkumulasjonen er regnet som del av vinterbalansen.

Snømåling Dato	Tilleggsakkumulasjon		Till.akk. medregnet	
	Dato	Målinger	Orig. serie	Homog. serie
21.04.-04.05.1963	ikke målt		nei	nei
03.-05.05.1964	28.05.	19 staker	ja	ja
24.-31.03.1965	26.-27.05.	ingen dokumentasjon	ja	nei
medio april 1966	28.05/06.06.	10 staker	ja	ja
24.04.-05.05.1967	mai, juni, juli	13 staker og nedbørdata	ja	nei
medio mars 1968	02.06.	10 staker og tetthetsprøve	ja	ja

## Massebalanse – beregning

I den originale måleserien er massebalansen for 1963 målt og beregnet for Breidablikkbrea, mens perioden 1964-68 er målt og beregnet for «Vestsiden». I originalberegningene er brefeltet for Breidablikkbrea noe større enn i den homogeniserte serien (fig. 16). I homogeniseringsprosessen ble isskillet beregnet på grunnlag av kartleggingen fra 2007 som anses som mer nøyaktig enn kartleggingen fra 1959. Denne justeringen av isskillet medførte en reduksjon av arealet til Breidablikkbrea i 1959 fra 5,1 til 3,9 km<sup>2</sup>.

I originalberegningene ble massebalansen for årene 2003 til 2006 beregnet på grunnlag av et kart konstruert etter flyfoto fra 1997. En ny terrengmodell (DTM) ble generert fra flyfoto og laserskanning den 21. august 2007. I homogeniseringen er måleperioden 2003-07 beregnet på grunnlag av DTM fra 2007. I perioden fra 1997 til 2007 krympet arealet av Breidablikkbrea fra 3,6 til 3,4 km<sup>2</sup>.

I den originale måleserien er tilleggsakkumulasjonen tatt med som en del av vinterbalansen for årene 1964-68. I 1963 ble det ikke målt tilleggsakkumulasjon. For årene 1964, 1966 og 1968 er måling og beregning av tilleggsakkumulasjon godt dokumentert. For 1965 finnes det ingen dokumentasjon på verken måling eller beregning av tillegget. For 1967 ble det målt tilleggsakkumulasjon flere ganger fram til begynnelsen av juli. I tillegg ble nedbørdata fra den meteorologiske stasjonen Indre Matre brukt under beregningene. I homogeniseringsprosessen er dermed tilleggsakkumulasjonen tatt med som en del av vinterbalansen for årene 1964, 1966 og 1968. For årene 1965 og 1967 er tilleggsakkumulasjonen ikke tatt med i vinterbalansen, og blir dermed en del av sommerbalansen. En oversikt over hvor mye tilleggsakkumulasjonen utgjør for den originale og den homogeniserte måleserien er vist i tabell 8.

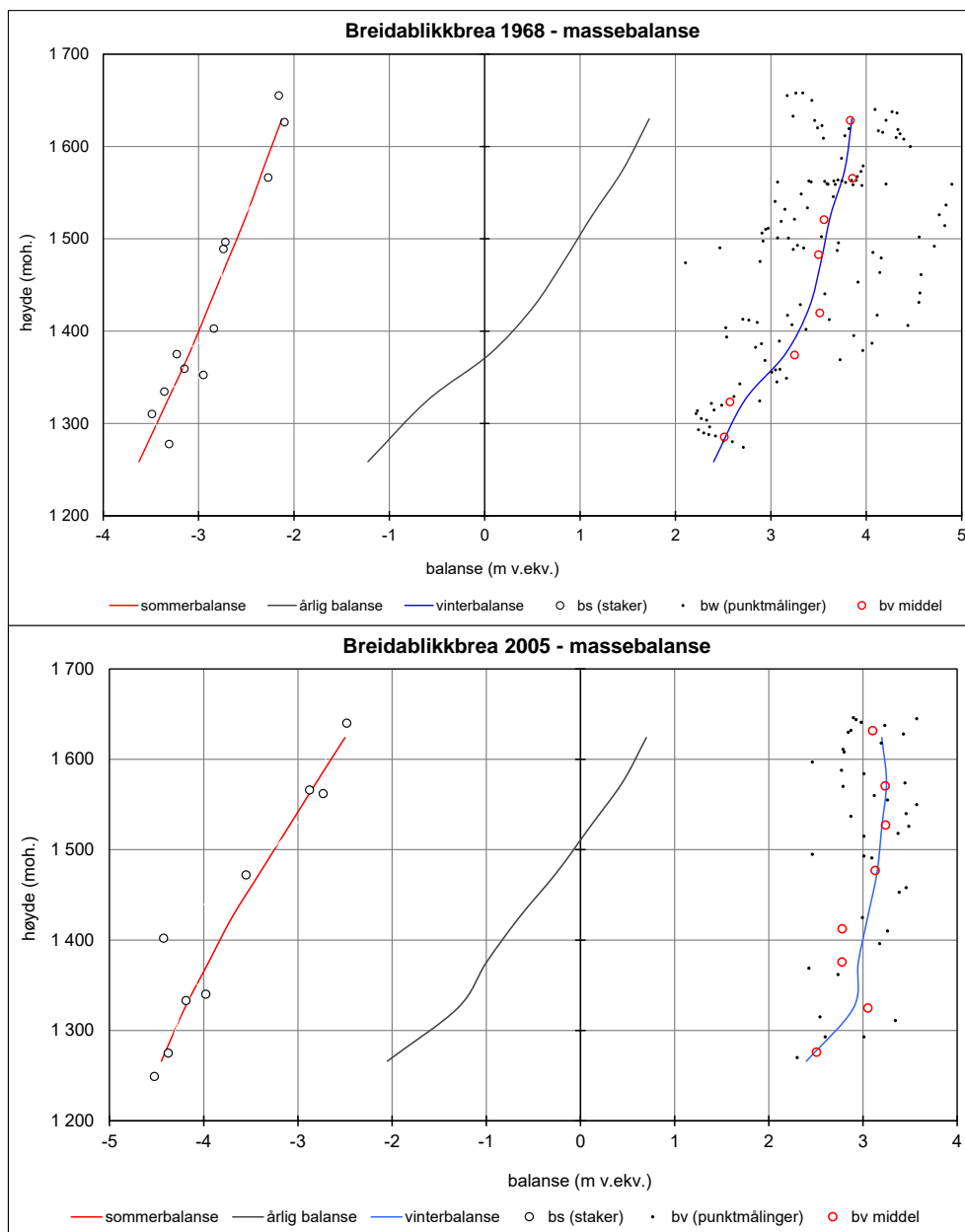
**Tabell 8**

**Tilleggsakkumulasjonen på Breidablikkbrea/«Vestsiden» ble målt og/eller estimert i årene 1964-68. Tillegg er hvor mye som ble tillagt hvert målepunkt og  $\delta b_v$  er hvor mye tilleggsakkumulasjonen utgjør for hele brefeltet.**

År	Original måleserie			Homogenisert måleserie		
	Tillegg (m v.ekv.)	Høydeint. (moh.)	$\delta b_v$ (m v.ekv.)	Tillegg (m v.ekv.)	Høydeint. (moh.)	$\delta b_v$ (m v.ekv.)
1963	ikke målt tilleggsakkumulasjon					
1964	0,05-0,25	hele	0,1	0,01-0,17	1360-1660	0,1
1965	ingen dokumentasjon			tilleggsakkumulasjon ikke lagt til		
1966	0,17-0,35	hele	0,2	0,17-0,35	hele	0,2
1967	0,33-0,55	1290-1660	0,5	tilleggsakkumulasjon ikke lagt til		
1968	0,28-1,03	hele	ca. 0,6	0,28-1,03	hele	ca. 0,6

For årene 1966 og 1968 finnes det ingen dokumentasjon på tetthetsmåling og originale vannverdier for punktmålingene er derfor brukt under homogeniseringen. I periodene 1965-68 og 2003-07 ble det ikke målt tetthet på Breidablikkbrea. For disse årene er tetthetsmålinger fra Gråfjellsbrea brukt i beregningene.

Punktmålinger og homogeniserte kurver for vinterbalanse, sommerbalanse og årlig balanse for årene 1968 og 2005, som er representative år for periodene 1964-68 og 2003-07, er vist i figur 18.



**Figur 18**  
 Homogeniserte balansekurver for sommerbalanse (rød), årlig balanse (svart) og vinterbalanse (blå) for 1968 (øverst), som er representativt for måleperioden 1963-68, og 2005 (nederst), som er representativt for perioden 2003-07. Punktverdier for sommerbalanse (○), vinterbalanse (●) samt midlere vinterbalanse for hver 50 m høydeintervall (○) er også plottet.

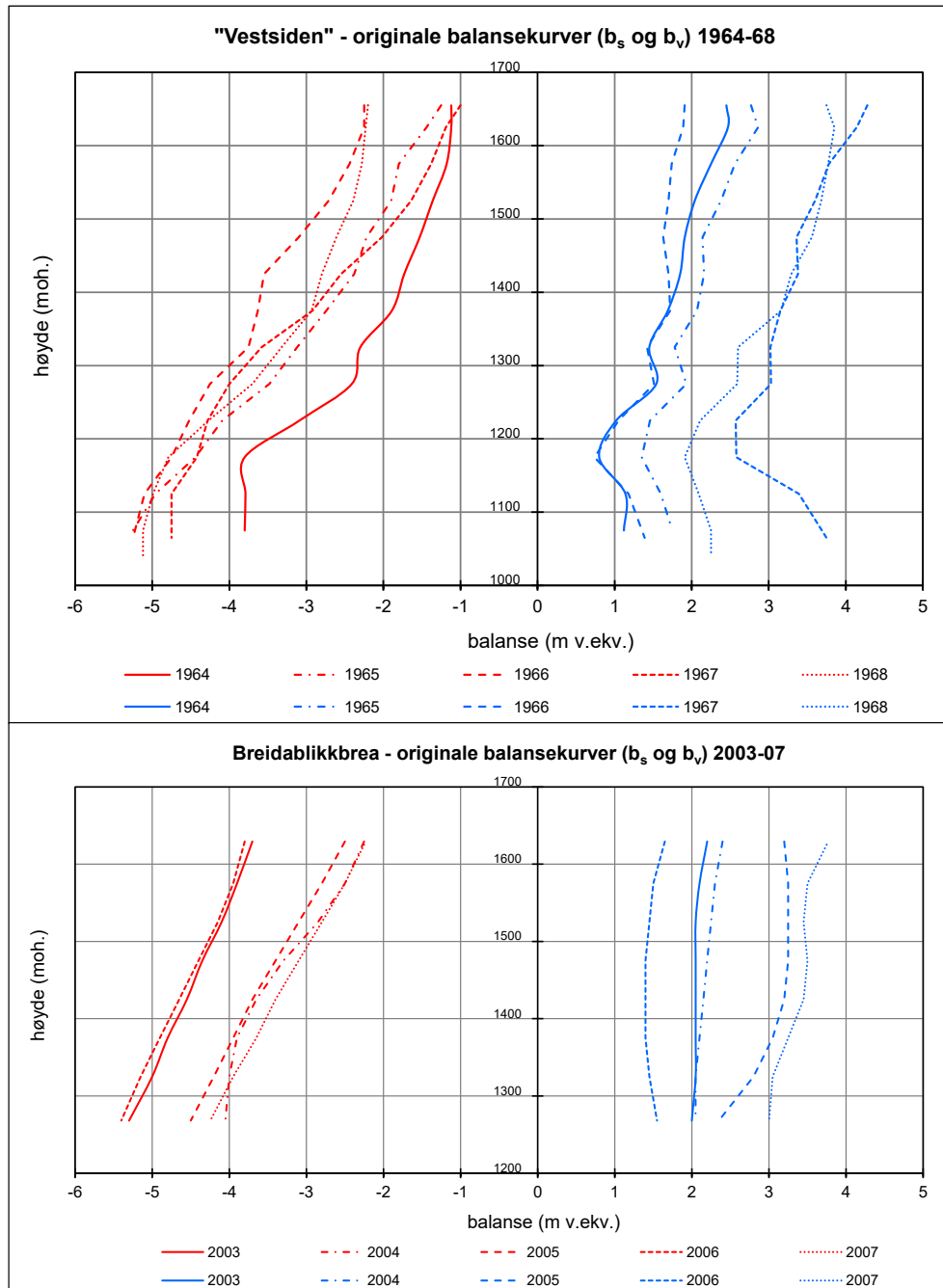
### Massebalanse – resultat

Original og homogenisert måleserie for årene 1964-68 kan ikke sammenlignes direkte ettersom brefeltene («Vestsiden» og Breidablikkbrea) er forskjellige. For 1963 ble vinterbalansen 0,12 m v.ekv. mindre og sommerbalansen 0,14 m v.ekv. større (i tallverdi). Den årlige balansen ble dermed endret fra  $-1,03$  til  $-1,29$  m v.ekv.

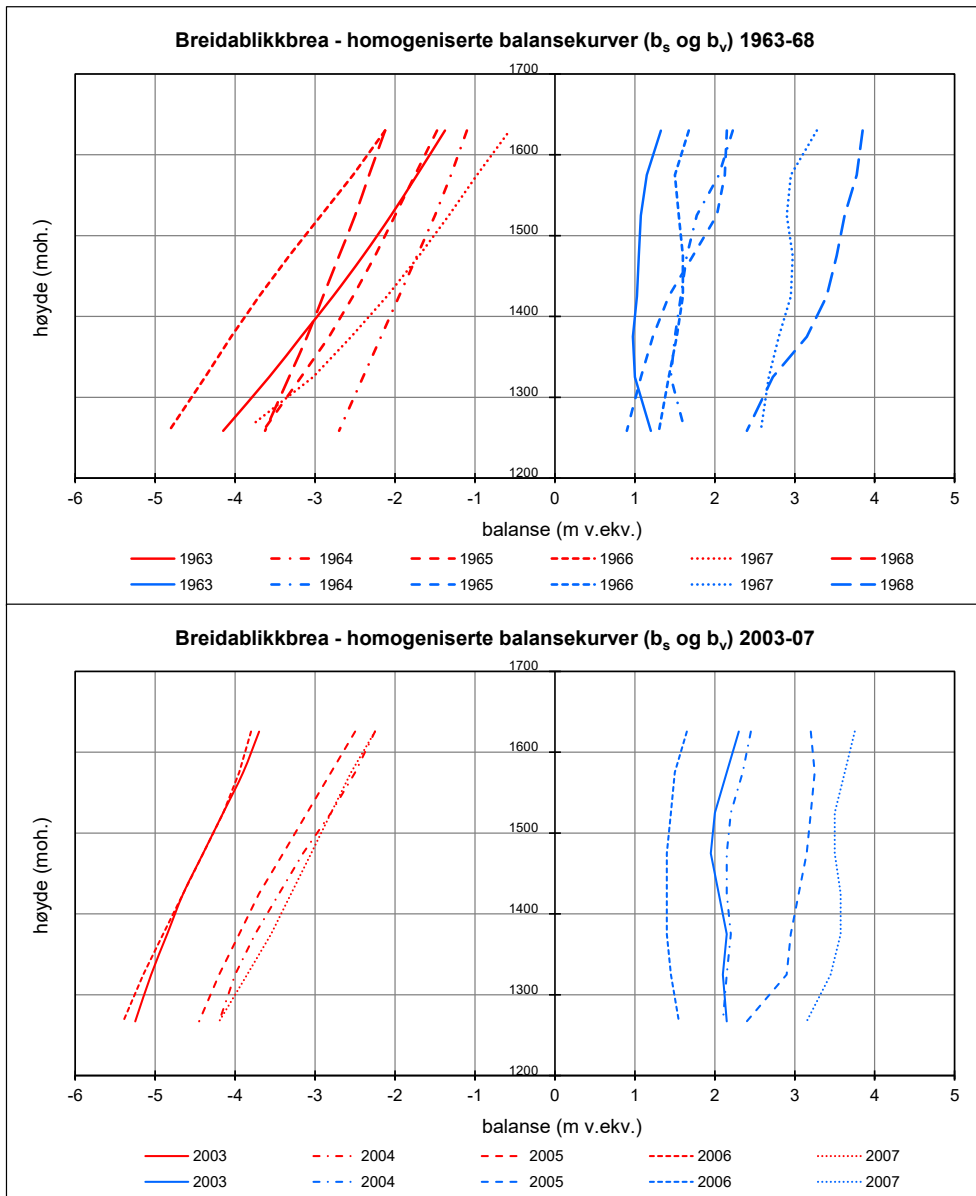
I perioden 2003-07 ble vinterbalansen marginalt større og sommerbalansen marginalt mindre etter homogeniseringen. Den kumulative massebalansen ble endret fra  $-6,12$  til  $-5,93$  m v.ekv., hvilket betyr en gjennomsnittlig årlig endring på  $+0,038$  m v.ekv.

Årlige balansekurver basert på de originale verdiene for vinter- og sommerbalansen for brefeltet «Vestsiden» i perioden 1964-68, og for Breidablikkbrea i perioden 2003-07 er vist i figur 19.

Årlige balansekurver basert på de homogeniserte verdiene for Breidablikkbrea 1963-68 og 2003-07 er vist i figur 20.



**Figur 19**  
Originale balansekurver ( $b_v$  blå linjer og  $b_s$  røde linjer) for «Vestsiden» 1964-68 (øverst) og for Breidablikkbrea 2003-07 (nederst).



**Figur 20**  
**Homogeniserte balansekurver for vinterbalanse (blå linjer) og sommerbalanse (rød linjer) for Breidablikkbrea 1963-68 (øverst) og 2003-07 (nederst).**

Original og homogenisert massebalanseserie for Breidablikkbrea/«Vestsiden» 1963-68 og 2003-12 er vist i tabell 9 og figur 21.



**Tabell 9**

**Original og homogenisert massebalanseserie for Breidablikkbrea/«Vestsiden» 1963-68 og 2003-07. For årene 1963 og 2003-07 er både original og homogenisert måleserie beregnet for Breidablikkbrea. For perioden 1964-68 er original måleserie beregnet for brefeltet «Vestsiden», mens homogenisert måleserie er beregnet for Breidablikkbrea. Tallene for perioden 1964-68 er dermed ikke direkte sammenlignbare.**

År	Original massebalanseserie Breidablikkbrea/"Vestsiden"								Homogenisert massebalanseserie Breidablikkbrea								Homogenisert med hensyn til			
	B <sub>w</sub>	B <sub>s</sub>	B <sub>a</sub>	ΣB <sub>a</sub>	ELA	AAR	DTM	Areal	B <sub>w</sub>	B <sub>s</sub>	B <sub>a</sub>	ΣB <sub>a</sub>	ELA	AAR	*DTM	Areal	Metode	Tetthet	DTM <sub>dig</sub>	DTM <sub>ny</sub>
1963	1.23	-2.26	-1.03	-1.03	1620	12	1959	5.06	1.11	-2.40	-1.29	-1.29	1635	8	1959	3.92	x	x	x	
1964	1.96	-1.62	0.34	-0.69	1400		1959	15.36	1.79	-1.71	0.08	-1.20	1485	52	1959	3.92	x	x	x	
1965	2.29	-2.26	0.03	-0.65	1480		1959	15.27	1.70	-2.26	-0.55	-1.76	1520	43	1959	3.92	x	x	x	
1966	1.66	-3.03	-1.38	-2.03	>1660	0	1959	15.27	1.55	-3.23	-1.68	-3.44	>1660	0	1959	3.92	x		x	
1967	3.52	-2.14	1.38	-0.65	1360		1959	15.27	2.94	-1.72	1.23	-2.21	1355	83	1959	3.92	x	x	x	
1968	3.41	-2.70	0.72	0.07	1360		1959	15.16	3.44	-2.69	0.75	-1.46	1370	80	1959	3.92	x		x	
2003	2.08	-4.35	-2.26	-2.26	>1659	0	1997	3.61	2.12	-4.38	-2.26	-2.26	>1651	0	2007	3.37		x		x
2004	2.21	-3.16	-0.94	-3.21	1605	17	1997	3.61	2.25	-3.12	-0.87	-3.13	1595	19	2007	3.37		x		x
2005	3.09	-3.37	-0.28	-3.49	1500	48	1997	3.61	3.04	-3.37	-0.33	-3.45	1510	45	2007	3.37		x		x
2006	1.49	-4.43	-2.94	-6.43	>1659	0	1997	3.61	1.49	-4.44	-2.95	-6.40	>1651	0	2007	3.37		x		x
2007	3.41	-3.10	0.31	-6.12	1420	66	2007	3.37	3.54	-3.07	0.47	-5.93	1370	72	2007	3.37		x		

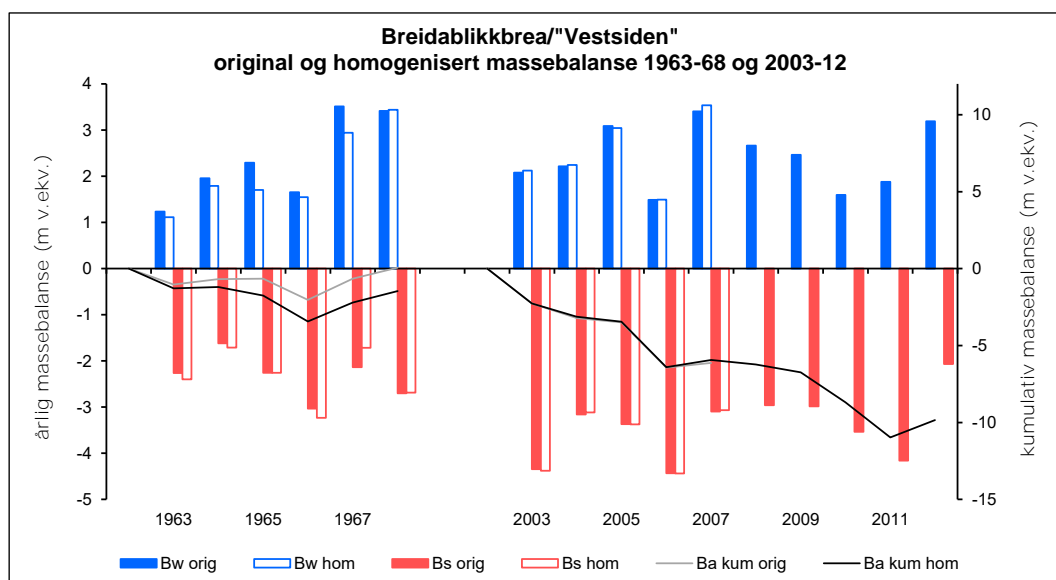
\*Isskillet fra DTM 2007 er brukt for begge terrengmodellene.

Metode - metodikken for beregning av vinter- og sommerbalanse er endret fra arealfordelte (planimeter) til høydefordelte verdier.

Tetthet - konverteringen fra snødyb til vannekvivalent er endret og basert på en trendlinjemodell.

DTM<sub>dig</sub> - papirkart er digitalisert og ny høydefordeling er beregnet.

DTM<sub>ny</sub> - en nyere DTM er benyttet i beregningene.



**Figur 21**

**Original og homogenisert vinterbalanse (blå søyler) og sommerbalanse (rød søyler), samt kumulativ årlig balanse (grå og svart strek) for Breidablikkbrea 1963-68 og 2003-12. Årene 2008-12 er ikke homogenisert ettersom de originale balanseverdiene er korrekt mht. metodikk og kartgrunnlag. Originale søyler for årene 1964-68 er beregnet for brefeltet «Vestsiden», og er dermed ikke direkte sammenlignbare med de homogeniserte søylene, som er beregnet for Breidablikkbrea.**

### 3.1.3 Gråfjellsbrea

Gråfjellsbrea (bre-ID 3127) er en nordvendt breutløper fra Søndre Folgefonna (fig. 7). Massebalansen ble målt i 18 år fordelt over tre perioder, den første fra 1964 til 1968 (Pytte, 1969), den andre fra 1974 til 1975 (Wold og Hagen, 1977) og den siste fra 2003 til 2013 (Kjøllmoen, 2014). I perioden 1964-68 ble massebalansen på Breidablikkbrea og Gråfjellsbrea målt og beregnet som ett brefelt som ble kalt «Vestsiden». Homogeniserte måleserier for Gråfjellsbrea er beregnet for periodene 1964-68, 1974-75 og 2003-07. For årene 2008-13 er de originale balanseverdiene korrekt mht. metodikk og kartgrunnlag, og homogenisering er derfor ikke nødvendig for disse årene. En kartlegging fra 1959 viste at breen dekket et areal på 9,7 km<sup>2</sup> og strakk seg fra 1034 til 1656 moh. En ny kartlegging

fra 2007 viste at brearealet var krympet til 8,4 km<sup>2</sup> og at høydeintervallet gikk fra 1049 til 1651 moh.



**Figur 22**  
Gråfjellsbrea fotografert den 9. august 2007. Foto: Hallgeir Elvehøy.

#### Massebalanse – feltdata

Alle høydenivåer over hele breen var dekket med målepunkt i begge periodene. I perioden 1964–68 varierte antall sonderinger mellom 157 og 309 med gjennomsnitt på 231. Smeltingen ble målt på 14 til 17 staker med gjennomsnitt på 15. Snøens tetthet ble målt i én til to lokaliteter, bortsett fra i 1968 da det ikke ble målt tetthet på Gråfjellsbrea. Tetthetsmålingen fra Blåbreen ble brukt dette året. I årene 1974 og 75 var antallet sonderinger 120 og 136. Smeltingen ble målt på 12 og 13 staker og tettheten ble målt i én lokalitet. I perioden 2003–07 varierte antall sonderinger mellom 73 og 102 med gjennomsnitt på 79, mens smeltingen ble målt på seks til sju staker. Tetthet ble målt i én lokalitet i hele perioden.

I 1968 ble snømålingene gjort i midten av mars. Et islag fra november 1967 ble brukt som referanseflate for sonderingene, mens totalt snødyp fra akkumulasjonen begynte tidligere på høsten ble målt på ni staker. Tilleggsakkumulasjonen etter 15. mars er bestemt ved stakemålinger og tetthetsprøve 2. juni.

Lokalisering av målepunkt for snødyp, tetthet og smelting for 1968 og 2005, som er representative år for periodene 1964–68/1974–75 og 2003–07, er vist i figurene 16 og 17. En oversikt over antall målinger i begge periodene er vist i tabell 10.

**Tabell 10****Oversikt over antall målinger på Gråfjellsbrea i periodene 1964-68, 1974-75 og 2003-07.**

År	Staker			Tetthet	Sond.	Data- kvalitet	Anmerkning
	b <sub>w</sub>	b <sub>s</sub>	b <sub>a</sub>				
1964	0	14	14	2	309	God	Snømålinger 3.-5. mai og tilleggsakkumulasjon målt 28. mai.
1965	11	16	10	1	157	God	Snømålinger 24.-31. mars og tilleggsakkumulasjon målt 26.-27. mai.
1966	14	17	17	1	201	God	Snømålinger 18. april og tilleggsakkumulasjon målt 28. mai og 6. juni.
1967	10	15	15	1	266	God	Snømålinger 24. april-5. mai og tilleggsakkumulasjon ble målt utover i mai, juni og juli.
1968	10	14	11	0*	220	Middels	Snømålinger i midten av mars og tilleggsakkumulasjon målt 2. juni.
1974	0	12	9	1	120	God	
1975	12	13	13	1	136	God	Tetthetsprøve tatt øst for brefeltet, men det finnes ingen dokumentasjon.
2003	5	6	6	1	102	God	
2004	6	6	6	1	73	God	
2005	6	6	6	1	75	God	
2006	7	7	7	1	73	God	
2007	2	6	6	1	73	God	

\*For 1968 er tetthetsmåling fra Blåbreen brukt.

I årene 1964-68 ble det i tillegg til ordinære snømålinger foretatt målinger av tilleggsakkumulasjon. En oversikt over måling og behandling av tilleggsakkumulasjonen er vist i tabell 11.

**Tabell 11****Dato for ordinær snømåling, dato og informasjon om målt tilleggsakkumulasjon, og hvorvidt tilleggsakkumulasjonen er regnet som del av vinterbalansen.**

Snømåling Dato	Tilleggsakkumulasjon		Till.akk. medregnet	
	Dato	Målinger	Orig. serie	Homog. serie
03.-05.05.1964	28.05.	11 staker	ja	ja
24.-31.03.1965	26.-27.05.	ingen dokumentasjon	ja	nei
medio april 1966	28.05/06.06.	14 staker	ja	ja
24.04.-05.05.1967	mai, juni, juli	22 staker og nedbørdata	ja	nei
medio mars 1968	02.06.	14 staker og tetthetsprøve	ja	ja

### Massebalanse – beregning

I den originale måleserien for perioden 1964-68 er massebalansen målt og beregnet for brefeltet «Vestsiden», mens årene 1974 og 75 er målt og beregnet for Gråfjellsbrea.

I originalberegningene ble massebalansen for årene 2003 til 2006 beregnet på grunnlag av et kart konstruert etter flyfoto fra 1997. En ny terrengmodell (DTM) ble generert i 2007 etter flyfoto og laserskanning fra 21. august samme år. I homogeniseringen hele er måleperioden 2003-07 beregnet på grunnlag av DTM fra 2007.

I den originale måleserien er tilleggsakkumulasjonen tatt med som en del av vinterbalansen for årene 1964-68. For årene 1964, 1966 og 1968 er måling og beregning av tilleggsakkumulasjon godt dokumentert. For 1965 finnes det ingen dokumentasjon på verken måling eller beregning av tillegget. For 1967 ble det målt tilleggsakkumulasjon flere ganger fram til begynnelsen av juli. I tillegg ble nedbørdata fra den meteorologiske stasjonen Indre Matre brukt under beregningene. I homogeniseringsprosessen er dermed tilleggsakkumulasjonen tatt med som en del av vinterbalansen for årene 1964, 1966 og 1968. For årene 1965 og 1967 er tilleggsakkumulasjonen ikke tatt med i vinterbalansen, og blir dermed en del av sommerbalansen. En oversikt over hvor mye tilleggsakkumulasjonen utgjør for den originale og den homogeniserte måleserien er vist i tabell 12.

**Tabell 12**

Tilleggsakkumulasjonen på Gråfjellsbrea/«Vestsiden» ble målt og/eller estimert i årene 1964-68. Tillegg er hvor mye som ble tillagt hvert målepunkt og  $\delta b_v$  er hvor mye tilleggsakkumulasjonen utgjør for hele brefeltet.

År	Original måleserie			Homogenisert måleserie		
	Tillegg (m v.ekv.)	Høydeint. (moh.)	$\delta b_v$ (m v.ekv.)	Tillegg (m v.ekv.)	Høydeint. (moh.)	$\delta b_v$ (m v.ekv.)
1964	0,05-0,25	1300-1656	0,1	0,05-0,25	1360-1656	0,1
1965	ingen dokumentasjon			tilleggsakkumulasjon ikke lagt til		
1966	0,14-0,35	hele	0,2	0,14-0,35	hele	0,2
1967	0,15-0,59	hele	0,5	tilleggsakkumulasjon ikke lagt til		
1968	0,07-0,77	hele	ca. 0,6	0,07-0,77	hele	ca. 0,6

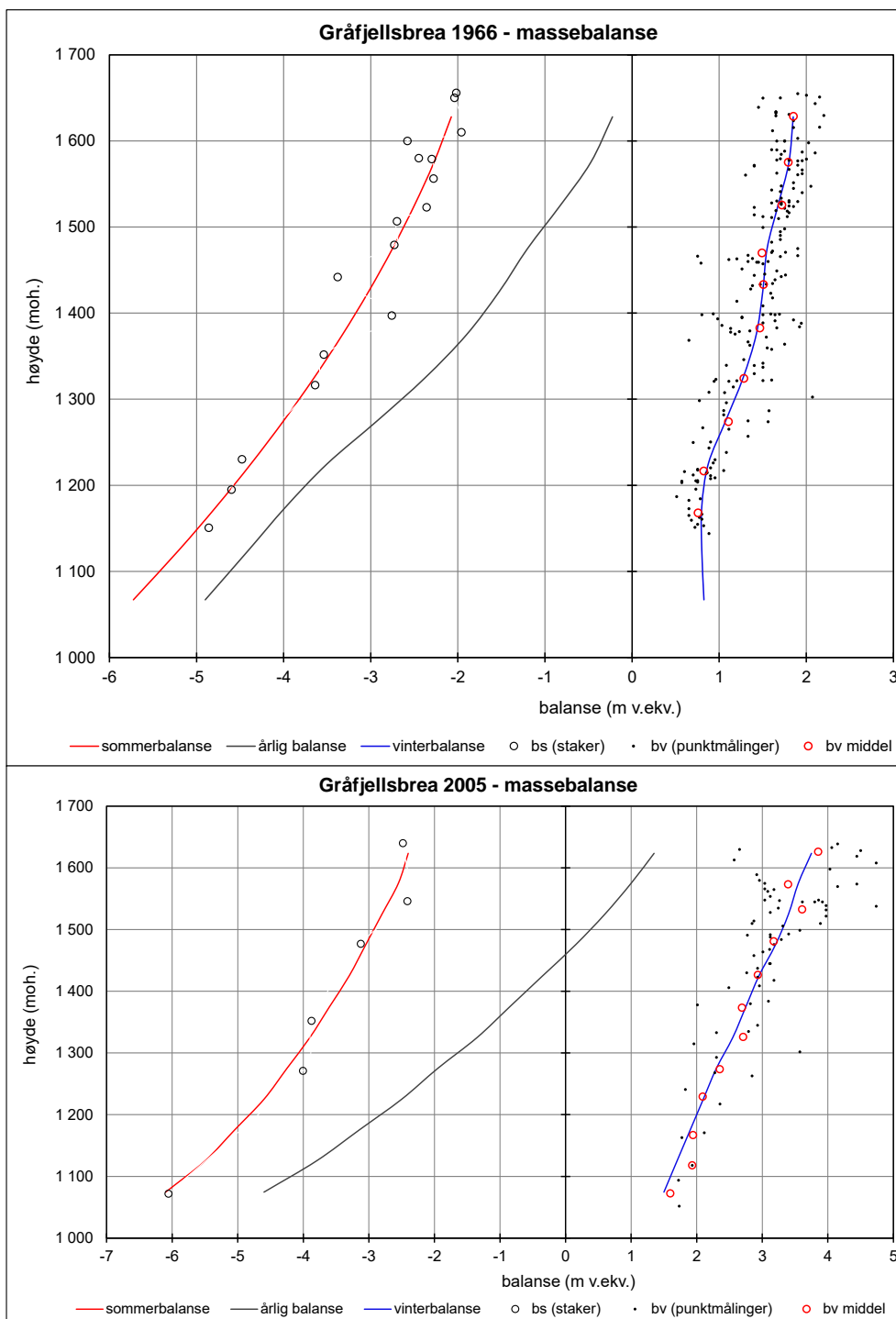
I 1964 ble det målt tetthet i to posisjoner på breen. Prøvestedene ligger nær hverandre i både høyde og avstand, hhv. 1588 og 1600 moh. og ca. 600 m fra hverandre. Snødyppet på de to stedene var også omtrent likt, hhv. 3,4 og 3,5 m. Tallene fra tetthetsprøven var imidlertid noe forskjellig. Gjennomsnittlig tetthet var hhv. 567 og 474 kg m<sup>-3</sup>, og forskjellen ved bruk av tetthetsmodellene er i gjennomsnitt 0,2 m v.ekv. Det er derfor ikke likegyldig hvilken tetthetsmodell man bruker. Det finnes ingen dokumentasjon på hvordan tetthetsprøvene ble brukt i originalberegningene, og det er derfor valgt å bruke originale vannverdier for punktmålingene under homogeniseringen.

For årene 1966, 1968 og 1975 finnes det ingen dokumentasjon av tetthetsmåling, og originale vannverdier for punktmålingene er derfor brukt under homogeniseringen.

Punktmålinger og homogeniserte kurver for vinterbalanse, sommerbalanse og årlig balanse for årene 1966 og 2005, som er representative år for periodene 1964-68 og 2003-07, er vist i figur 24.



**Figur 23**  
Omboring av staker på Folgefonna i 1968. Foto: Arve Tvede.



**Figur 24**

Homogeniserte balansekurver for sommerbalanse (rød), årlig balanse (svart) og vinterbalanse (blå) for 1966 (øverst), som er representativt for måleperioden 1964-68, og 2005 (nederst), som er representativt for perioden 2003-07. Punktvrdier for sommerbalanse (○), vinterbalanse (·) samt midlere vinterbalanse for hver 50 m høydeintervall (○) er også plottet.

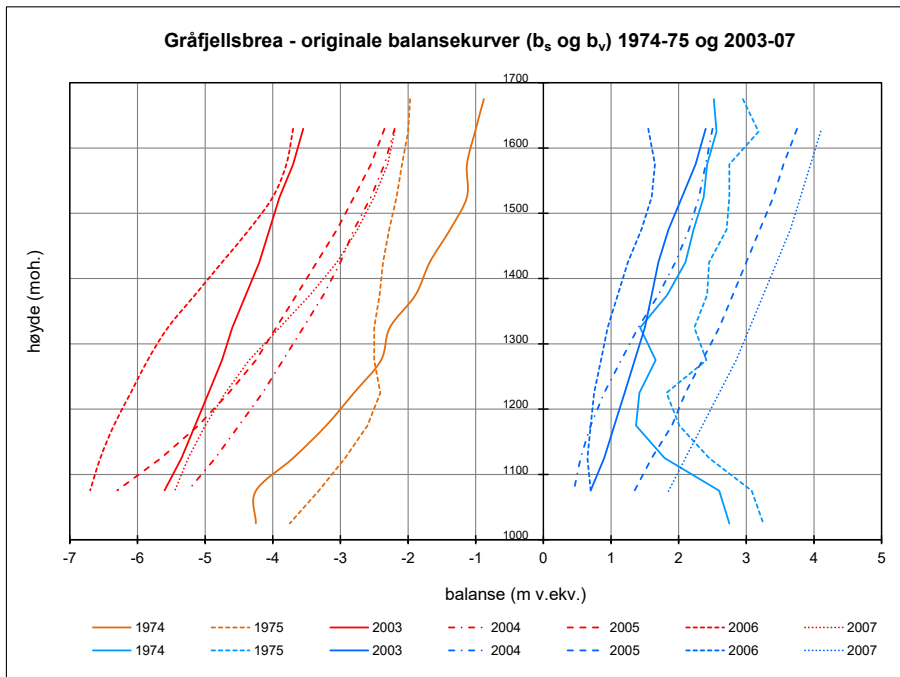
### Massebalanse – resultat

Original og homogenisert måleserie for årene 1964-68 kan ikke sammenlignes direkte ettersom brefeltene («Vestsiden» og Gråfjellsbrea) er forskjellige.

For periodene 1974-75 og 2003-07 ble endringene marginale. Den kumulative massebalansen for 1974-75 ble endret fra 0,97 til 0,90 m v.ekv., og for perioden 2003-07 ble den endret fra -5,33 til -5,32 m v.ekv. Gjennomsnittlige årlige endringer ble dermed -0,035 m v.ekv. (1974-75) og +0,004 m v.ekv. (2003-07).

Årlige balansekurver basert på de originale verdiene for vinter- og sommerbalansen for brefeltet Gråfjellsbrea i periodene 1974-75 og 2003-07 er vist i figur 25. Årlige originalkurver for «Vestsiden» 1964-68 er vist i figur 19.

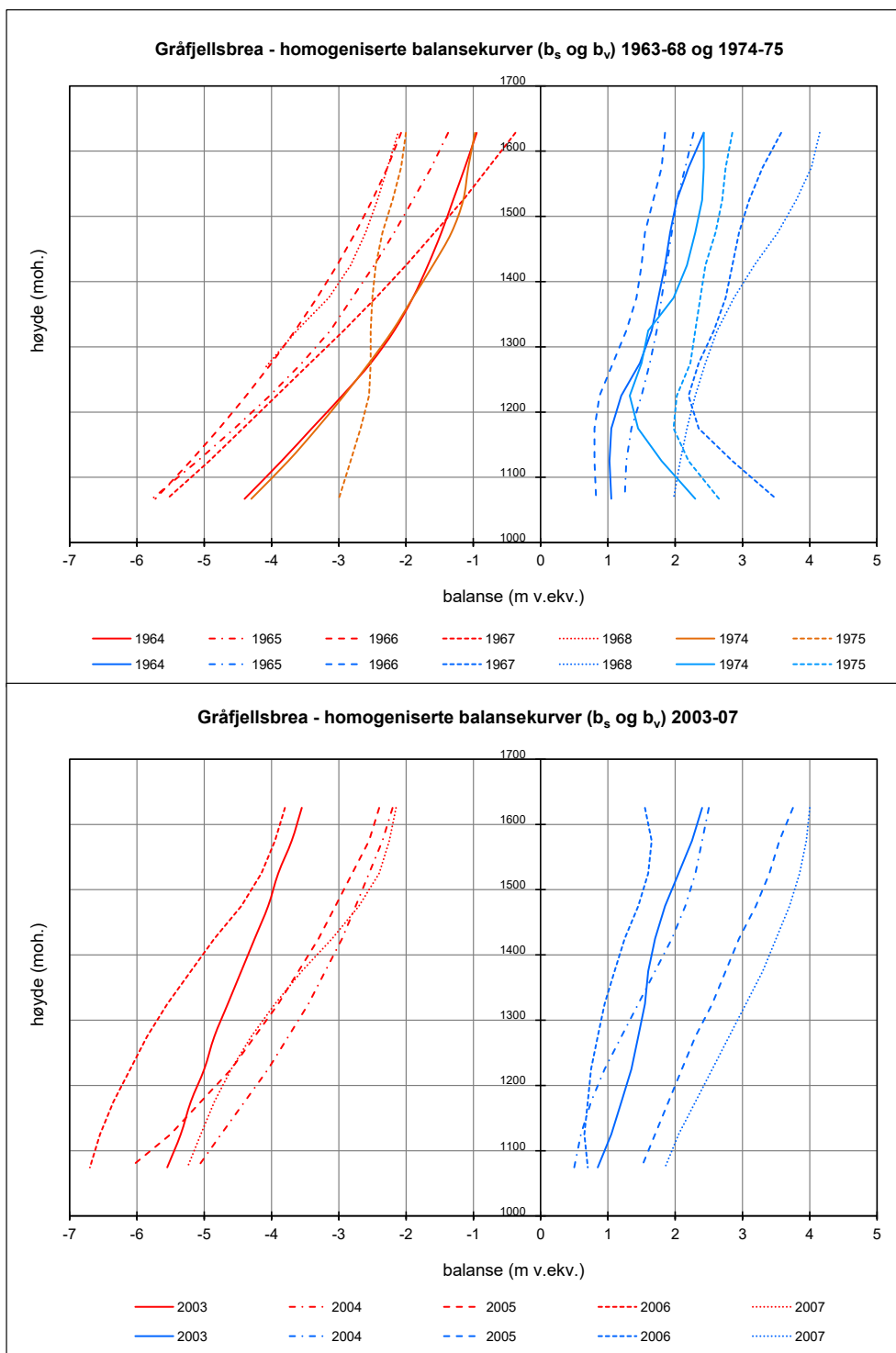
Årlige balansekurver basert på de homogeniserte verdiene i periodene 1964-68, 1974-75 og 2003-07 er vist i figur 27.



**Figur 25**  
Originale balansekurver ( $b_v$  blå linjer og  $b_s$  rød linjer) for Gråfjellsbrea 1974-75 og 2003-07.



**Figur 26**  
Snømålinger utført med hjelp av skifly og snøskuter på Folgefonna i 1964. Foto: Randi Pytte.



**Figur 27**  
**Homogeniserte balansekurver for vinterbalansen (blå linjer) og sommerbalansen (rød linjer) for Gråfjellsbrea 1964-68/1974-75 (øverst) og 2003-07 (nederst).**

Original og homogenisert massebalanseserie for Gråfjellsbrea/»Vestsiden« 1964-68, 1974-75 og 2003-12 er vist i tabell 13 og figur 28.

Tabell 13

Original og homogenisert massebalanseserie for Gråfjellsbrea/«Vestsiden» 1964-68, 1974-75 og 2003-07. For perioden 1964-68 er original måleserie beregnet for brefeltet «Vestsiden», mens homogenisert måleserie er beregnet for Gråfjellsbrea. Originale og homogeniserte verdier er dermed ikke direkte sammenlignbare for denne perioden. For årene 1974-75 og 2003-07 er både original og homogenisert måleserie beregnet for Gråfjellsbrea, og måleseriene er da sammenlignbare.

År	Original massebalanseserie Gråfjellsbrea/"Vestsiden"								Homogenisert massebalanseserie Gråfjellsbrea								Homogenisert med hensyn til			
	B <sub>w</sub>	B <sub>s</sub>	B <sub>a</sub>	ΣB <sub>a</sub>	ELA	AAR	DTM	Areal	B <sub>w</sub>	B <sub>s</sub>	B <sub>a</sub>	ΣB <sub>a</sub>	ELA	AAR	*DTM	Areal	Metode	Tetthet	DTM <sub>dig</sub>	DTM <sub>ny</sub>
1964	1.96	-1.62	0.34	0.34	1400	0	1959	15.36	1.93	-1.62	0.31	0.31	1395	73	1959	9.69	x		x	
1965	2.29	-2.26	0.03	0.38	1480	0	1959	15.27	1.95	-2.31	-0.37	-0.06	1505	52	1959	9.69	x	x	x	
1966	1.66	-3.03	-1.38	-1.00	>1660	0	1959	15.27	1.54	-2.88	-1.33	-1.39	>1656	0	1959	9.69	x		x	
1967	3.52	-2.14	1.38	0.38	1360	0	1959	15.27	3.00	-1.70	1.30	-0.10	1350	80	1959	9.69	x	x	x	
1968	3.41	-2.70	0.72	1.09	1360	0	1959	15.16	3.46	-2.84	0.62	0.53	1395	73	1959	9.69	x		x	
1974	2.16	-1.56	0.60	0.60	1380	75	1959	9.55	2.17	-1.55	0.62	0.62	1370	77	1959	9.69	x	x	x	
1975	2.63	-2.25	0.37	0.97	1375	76	1959	9.55	2.57	-2.28	0.28	0.90	1425	69	1959	9.69	x		x	
2003	1.90	-4.07	-2.17	-2.17	>1659	0	1997	8.94	1.91	-4.09	-2.18	-2.18	>1651	0	2007	8.41		x		x
2004	2.04	-2.85	-0.81	-2.98	1565	24	1997	8.94	2.05	-2.82	-0.76	-2.95	1565	19	2007	8.41		x		x
2005	3.16	-3.15	0.01	-2.97	1460	67	1997	8.94	3.15	-3.13	0.02	-2.93	1460	67	2007	8.41		x		x
2006	1.40	-4.44	-3.04	-6.01	>1659	0	1997	8.94	1.40	-4.55	-3.15	-6.07	>1651	0	2007	8.41		x		x
2007	3.58	-2.90	0.68	-5.33	1390	79	2007	8.41	3.60	-2.85	0.75	-5.32	1395	80	2007	8.41		x		x

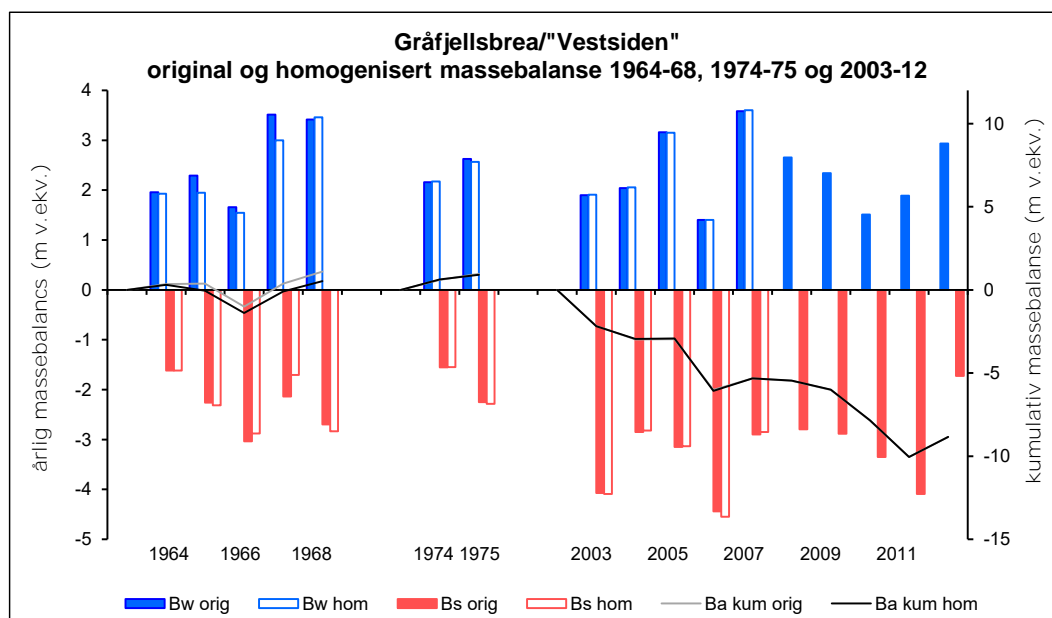
\*Isskillet fra DTM 2007 er brukt for begge terrengmodellene.

Metode - metodikken for beregning av vinter- og sommerbalanse er endret fra arealfordelte (planimeter) til høydefordelte verdier.

Tetthet - konverteringen fra snødybde til vannekvivalent er endret og basert på en trendlinjemetode.

DTM<sub>dig</sub> - papirkart er digitalisert og ny høydefordeling er beregnet.

DTM<sub>ny</sub> - en nyere DTM er benyttet i beregningene.



Figur 28

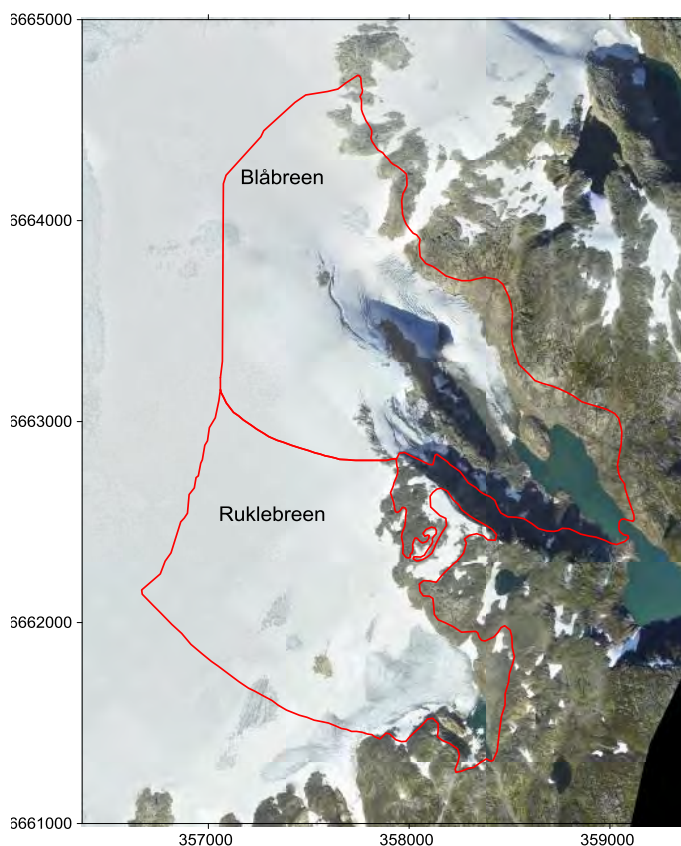
Original og homogenisert vinterbalanse (blå søyler) og sommerbalanse (rød søyler), samt kumulativ årlig balanse (grå og svart strek) for Gråfjellsbrea 1964-68, 1974-75 og 2003-12. Årene 2008-12 er ikke homogenisert ettersom de originale balanseverdiene er korrekt mht. metodikk og kartgrunnlag. Originale søyler for årene 1964-68 er beregnet for brefeltet «Vestsiden», og er dermed ikke direkte sammenlignbare med de homogeniserte søylene, som er beregnet for Gråfjellsbrea.

### 3.1.4 Blåbreen og Ruklebreen

Blåbreen (bre-ID 3126) og Ruklebreen (bre-ID 3129) er to østvendte breutløpere fra Søndre Folgefonna (fig. 7). Massebalansen ble målt i seks år – fra 1963 til 1968 (Pytte, 1969), altså i samme periode som Breidablikkbrea/Gråfjellsbrea. I 1963 foregikk målingene kun på Blåbreen. For årene 1964-68 ble massebalansen målt og beregnet for Blåbreen og Ruklebreen som ett brefelt, rapportert som «Østsiden». I homogeniseringsprosessen er brefeltene adskilt slik at massebalansen er beregnet for hvert av de to



brefeltene. En kartlegging fra 1959 viste at Blåbreen dekket et areal på 2,3 km<sup>2</sup> og strakk seg fra 1060 til 1602 moh., og Ruklebreen dekket et areal på 1,8 km<sup>2</sup> med høydeintervall fra 1235 til 1602 moh.



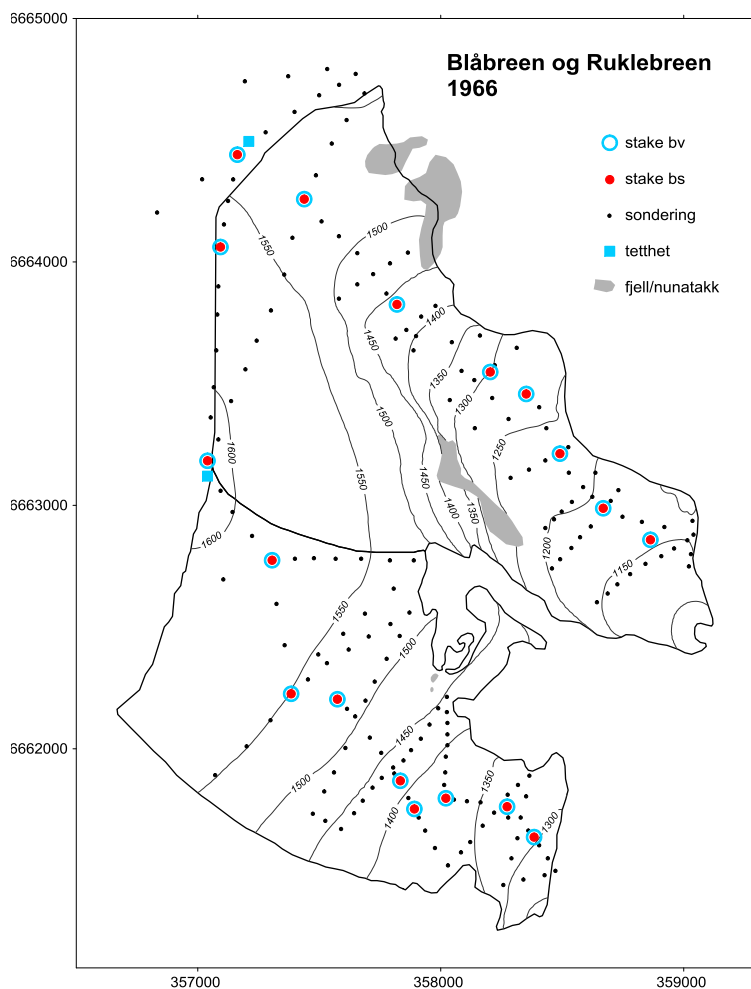
**Figur 29**  
Ortofoto som viser Blåbreen og Ruklebreen den 20. september 2013. De røde grensene viser brefeltenes utstrekning i 1959. Begge brefeltene har krympet betydelig i denne perioden på 54 år. Foto: Terratec AS.

### Massebalanse – felldata

Alle høydenivåer var dekket med målepunkt for begge brefeltene, men i sørvestre delen av Blåbreen og den vestre delen av Ruklebreen ble det ikke gjort målinger i noen av årene (fig. 30). På Blåbreen varierte antall sonderinger mellom 51 og 167 med gjennomsnitt på 231, mens smeltingen ble målt på seks til 10 staker. Snøens tetthet ble målt i én til seks lokaliteter, med unntak av 1965 da det ikke ble målt tetthet på Blåbreen. På Ruklebreen varierte antall sonderinger mellom 45 og 123 med gjennomsnitt på 77, mens smeltingen ble målt på seks til ni staker. Tetthet ble målt i én lokalitet i 1964 og 66. I 1965, 67 og 68 ble det ikke målt tetthet på Ruklebreen.

I 1968 ble snømålingene gjort i midten av mars. Et islag fra november 1967 ble brukt som referanseflate for sonderingene, mens totalt snødyp fra akkumulasjonen begynte tidligere på høsten ble målt på ni staker. Tilleggsakkumulasjonen etter 15. mars er bestemt ved stakemålinger og tetthetsprøve 2. juni.

Lokalisering av målepunkt for snødyp, tetthet og smelting for 1966, som er et representativt år for måleperioden 1963-68, er vist i figur 30. En oversikt over antall målinger i hele måleperioden er vist i tabell 14.



**Figur 30**  
**Blåbreen og Ruklebreen**  
**1966, et representativt år**  
**for måleperioden 1963-68.**  
**Kartgrunnlag fra 1959.**

**Tabell 14**  
**Oversikt over antall målinger på Blåbreen og Ruklebreen i perioden 1963-68.**

År	Staker		Tetthet	Sond.	Data- kvalitet	Anmerkning
	b <sub>w</sub>	b <sub>s</sub>				
Blåbreen						
1963	0	6	6	6	167	God
1964	7	6	6	1	86	Middels Snømålinger 3.-5. mai og tilleggsakkumulasjon målt 28. mai.
1965	1	8	2	0*	54	Middels Snømålinger 24.-31. mars og tilleggsakkumulasjon målt 26.-27. mai.
1966	10	10	10	1	90	God Snømålinger 18. april og tilleggsakkumulasjon målt 28. mai og 6. juni.
1967	10	8	7	2	81	Middels Snømålinger 24. april-5. mai og tilleggsakkumulasjon ble målt utover i mai, juni og juli.
1968	6	7	7	1	51	Middels Snømålinger i midten av mars og tilleggsakkumulasjon målt 2. juni.
Ruklebreen						
1964	0	6	6	1	123	Middels Snømålinger 3.-5. mai og tilleggsakkumulasjon målt 28. mai.
1965	5	9	5	0*	62	God Snømålinger 24.-31. mars og tilleggsakkumulasjon målt 26.-27. mai.
1966	8	8	8	1	84	God Snømålinger 18. april og tilleggsakkumulasjon målt 28. mai og 6. juni.
1967	6	7	6	0**	45	Middels Snømålinger 24. april-5. mai og tilleggsakkumulasjon ble målt utover i mai, juni og juli.
1968	6	6	5	0**	72	God Snømålinger i midten av mars og tilleggsakkumulasjon målt 2. juni.

Blåbreen: \*For 1965 er tetthetsmåling fra Gråfjellsbrea brukt.

Ruklebreen: \*For 1965 er tetthetsmåling fra Gråfjellsbrea brukt og \*\*for 1967 og 1968 er tetthetsmålinger fra Blåbreen brukt.

I årene 1964-68 ble det i tillegg til ordinære snømålinger foretatt målinger av tilleggsakkumulasjon. En oversikt over måling og behandling av tilleggsakkumulasjonen er vist i tabell 15.

**Tabell 15**

**Dato for ordinær snømåling, dato og informasjon om målt tilleggsakkumulasjon, og hvorvidt tilleggsakkumulasjonen er regnet som del av vinterbalansen.**

Snømåling Dato	Tilleggsakkumulasjon		Till.akk. medregnet	
	Dato	Målinger (Blåbr./Ruklebr.)	Orig. serie	Homog. serie
03.-05.05.1964	28.05.	6/7 staker	ja	ja
24.-31.03.1965	26.-27.05.	ingen dokumentasjon	ja	nei
medio april 1966	28.05/06.06.	10/8 staker	ja	ja
24.04.-05.05.1967	mai, juni, juli	10/6 staker og nedbørdata	ja	nei
medio mars 1968	02.06.	6 staker og tetthetsprøve	ja	ja

### Massebalanse – beregning

I den originale måleserien er massebalansen for 1963 målt og beregnet for Blåbreen, mens det i perioden 1964-68 er målt og beregnet for «Østsiden».

I den originale måleserien tilleggsakkumulasjonen tatt med som en del av vinterbalansen for årene 1964-68. I 1963 ble det ikke målt tilleggsakkumulasjon. For årene 1964, 1966 og 1968 er måling og beregning av tilleggsakkumulasjon godt dokumentert. For 1965 finnes det ingen dokumentasjon på verken måling eller beregning av tillegget. For 1967 ble det målt tilleggsakkumulasjon flere ganger fram til begynnelsen av juli. I tillegg ble nedbørdata fra den meteorologiske stasjonen Indre Matre brukt under beregningene. I homogeniseringsprosessen er dermed tilleggsakkumulasjonen tatt med som en del av vinterbalansen for årene 1964, 1966 og 1968. For årene 1965 og 1967 er tilleggsakkumulasjonen ikke tatt med i vinterbalansen, og blir dermed en del av sommerbalansen. En oversikt over hvor mye tilleggsakkumulasjonen utgjør i den originale og den homogeniserte måleserien er vist i tabell 16.

**Tabell 16**

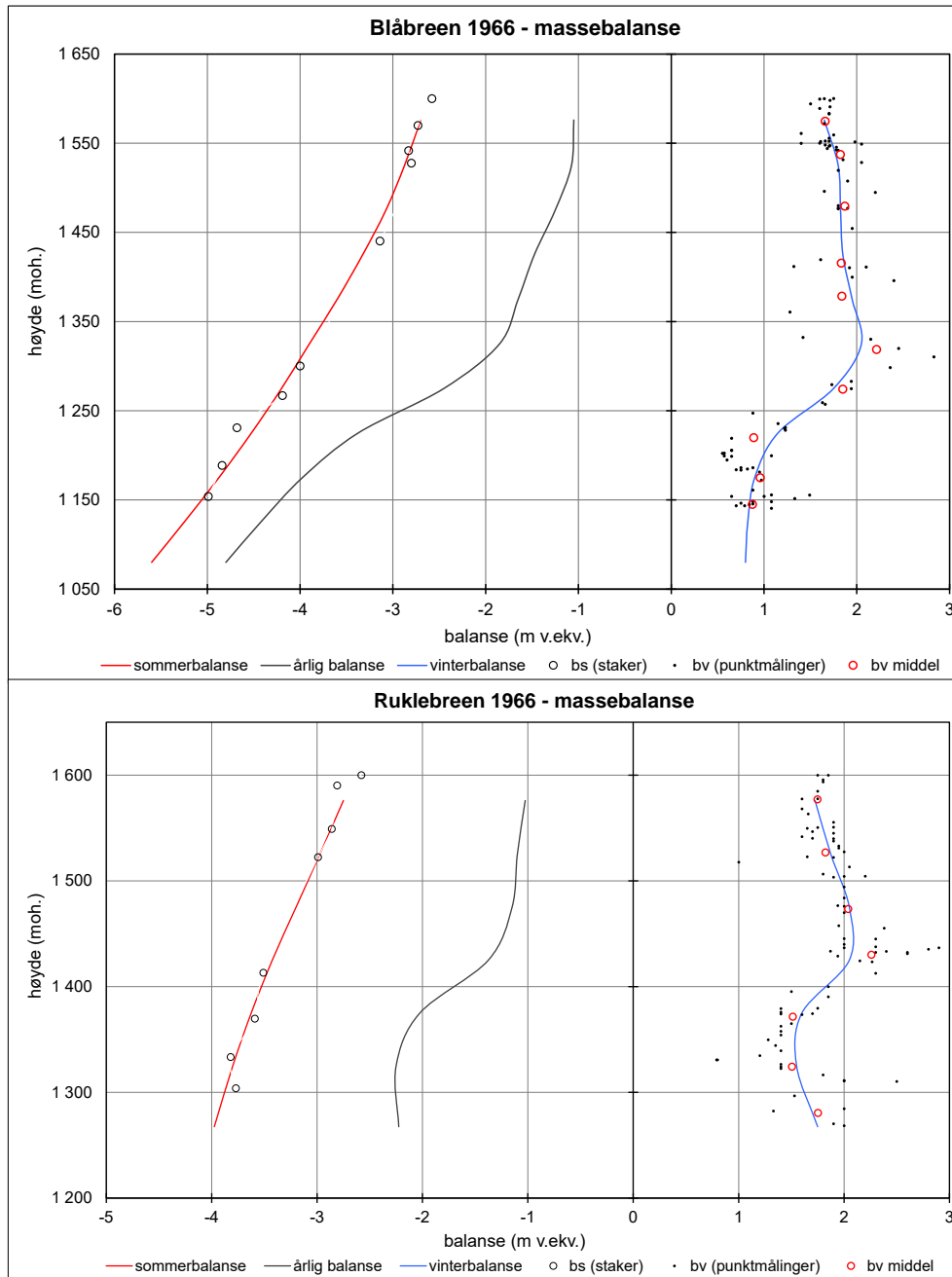
**Tilleggsakkumulasjonen på Blåbreen og Ruklebreen («Østsiden») ble målt og/eller estimert i årene 1964-68. Tillegg er hvor mye som ble tillagt hvert målepunkt og  $\delta b_v$ , er hvor mye tilleggsakkumulasjonen utgjør for hele brefeltet.**

År	Original måleserie			Homogenisert måleserie		
	Tillegg (m v.ekv.)	Høydeint. (moh.)	$\delta b_v$ (m v.ekv.)	Tillegg (m v.ekv.)	Høydeint. (moh.)	$\delta b_v$ (m v.ekv.)
1963	ikke målt tilleggsakkumulasjon					
1964 Blå	0,10-0,25	1450-1602	0,1	0,06-0,13	1450-1602	0,1
1964 Ruk	0,10-0,15	1530-1602	0,1	0,01-0,14	1370-1602	0,1
1965 Blå	ingen dokumentasjon			tilleggsakkumulasjon ikke lagt til		
1965 Ruk						
1966 Blå	0,09-0,35	hele	0,2	0,09-0,35	hele	0,2
1966 Ruk	0,11-0,55	hele	0,2	0,11-0,55	hele	0,2
1967 Blå	0,10-0,55	hele	0,4	tilleggsakkumulasjon ikke lagt til		
1967 Ruk	0,40-0,55	hele	0,5			
1968 Blå	0,14-0,79	1250-1602	ca. 0,5	0,14-0,79	1250-1602	ca. 0,5
1968 Ruk	0,41-0,81	hele	ca. 0,7	0,41-0,81	hele	ca. 0,7

For 1963 er målt snødyb på Blåbreen mangelfullt, og for 1966 og 1968 finnes det ingen dokumentasjon på tetthetsmåling på noen av breene. For disse årene er derfor originale vannverdier for punktmålingene brukt under homogeniseringen. I 1965 ble det ikke målt tetthet på verken Blåbreen eller Ruklebreen, og tetthetsprøven fra Gråfjellsbrea er brukt

for begge breene dette året. På Ruklebreen ble det heller ikke målt tetthet i 1967 og 1968 og tetthetsprøven fra Blåbreen er brukt.

Punktmålinger og homogeniserte kurver for vinterbalanse, sommerbalanse og årlig balanse for Blåbreen og Ruklebreen 1966, som er et representativt år for perioden 1964-68, er vist i figur 31.



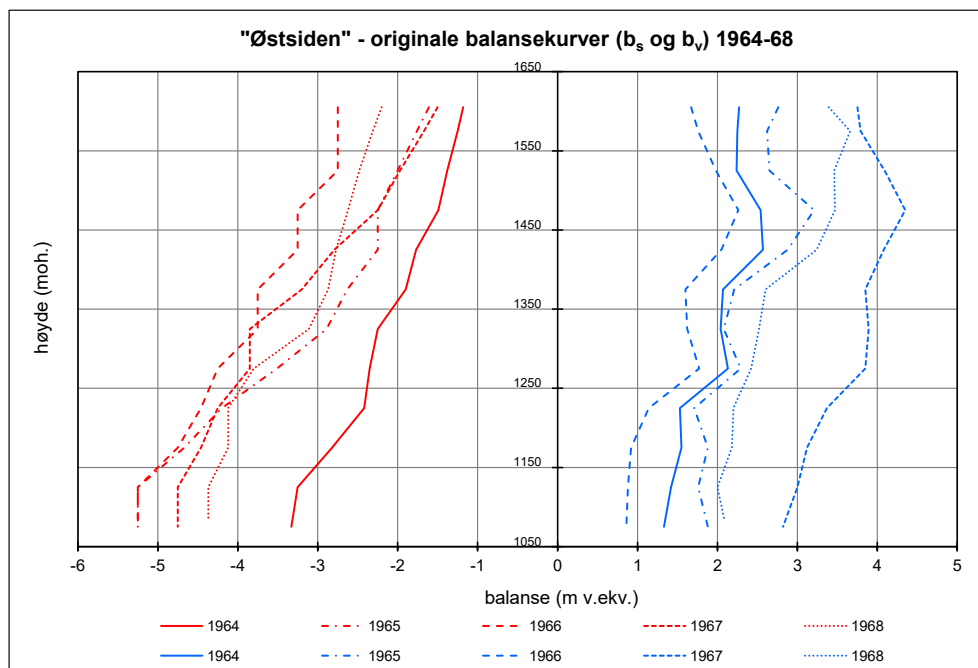
**Figur 31**  
**Homogeniserte balansekurver for sommerbalanse (rød), årlig balanse (svart) og vinterbalanse (blå) for Blåbreen (øverst) og Ruklebreen (nederst) i 1966, som er et representativt år for perioden 1964-68. Punktværdier for sommerbalanse (○), vinterbalanse (•) samt midlere vinterbalanse for hver 50 m høydeintervall (○) er også plottet.**

## Massebalanse – resultat

Originale og homogeniserte måleserier for årene 1964-68 kan ikke sammenlignes direkte ettersom brefeltene («Østsiden» vs Blåbreen/Ruklebreen) er forskjellige. Blåbreen 1963 er imidlertid sammenlignbar, og for dette året ble den årlige balansen endret fra  $-2,11$  til  $-2,30$  m v.ekv.

Årlige balansekurver basert på de originale verdiene for vinter- og sommerbalansen for brefeltet «Østsiden» i perioden 1964-68 er vist i figur 32.

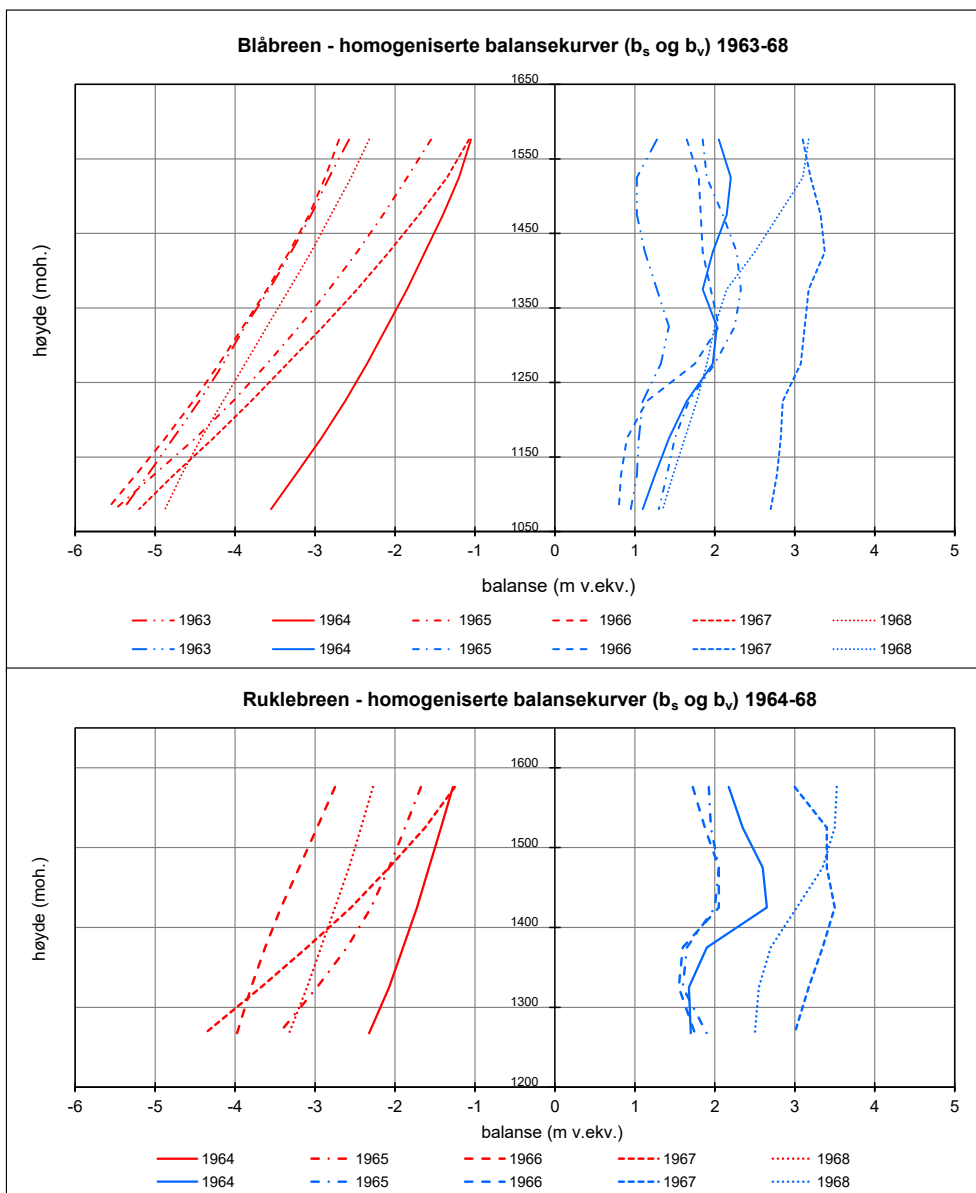
Årlige balansekurver basert på de homogeniserte verdiene for hhv. Blåbreen 1963-68 og Ruklebreen 1964-68 er vist i figur 34.



Figur 32  
Originale balansekurver (b<sub>v</sub>, blå linjer og b<sub>s</sub>, rød linjer) for brefeltet «Østsiden» 1964-68.



Figur 33  
Med helikopter på Folgefonna i 1963. Foto: Randi Pytte.



**Figur 34**  
**Homogeniserte balansekurver for vinterbalanse (blå linjer) og sommerbalanse (rød linjer) for Blåbreen 1963-68 (øverst) og Ruklebreen 1964-68 (nederst).**

Originale og homogeniserte massebalanseserier for «Østsiden» og Blåbreen/Ruklebreen er vist i tabell 17, og i figurene 35 og 36.

**Tabell 17**

**Originale og homogeniserte massebalanseserier for Blåbreen/«Østsiden» 1963-68 (øverst) og for Ruklebreen/«Østsiden» 1964-68 (nederst). For årene 1964-68 er original måleserie beregnet for brefeltet «Østsiden», mens homogeniserte serier er beregnet separat for Blåbreen og Ruklebreen. Originale og homogeniserte verdier er dermed ikke direkte sammenlignbare for denne perioden. For året 1963 er både originale og homogeniserte verdier beregnet kun for Blåbreen, og tallene er da sammenlignbare.**

År	Original massebalanseserie Blåbreen/"Østsiden"								Homogenisert massebalanseserie Blåbreen								Homogenisert med hensyn til			
	B <sub>w</sub>	B <sub>s</sub>	B <sub>a</sub>	ΣB <sub>a</sub>	ELA	AAR	DTM	Areal	B <sub>w</sub>	B <sub>s</sub>	B <sub>a</sub>	ΣB <sub>a</sub>	ELA	AAR	*DTM	Areal	Metode	Tetthet	DTM <sub>dig</sub>	Brefelt
1963	1.29	-3.39	-2.11	-2.11	>1620	0	1959	2.59	1.15	-3.44	-2.30	-2.30	>1602	0	1959	2.31	x		x	
1964	2.18	-1.68	0.50	-1.61	1340		1959	4.50	1.93	-1.76	0.17	-2.13	1375	63	1959	2.31	x	x	x	x
1965	2.53	-2.48	0.05	-1.56	1400		1959	4.46	1.87	-2.69	-0.82	-2.95	1500	47	1959	2.31	x	x	x	x
1966	1.76	-3.26	-1.50	-3.06	>1610	0	1959	4.46	1.58	-3.52	-1.94	-4.89	>1602	0	1959	2.31	x		x	x
1967	3.86	-2.56	1.30	-1.76	1300		1959	4.46	3.09	-2.30	0.79	-4.10	1300	68	1959	2.31	x	x	x	x
1968	3.18	-2.80	0.38	-1.38	1390		1959	4.46	2.54	-3.16	-0.61	-4.72	1475	52	1959	2.31	x		x	x

\*Isskillet beregnet fra DTM 2007 er brukt for DTM 1959.

Metode - metodikken for beregning av vinter- og sommerbalanse er endret fra arealfordelte (planimeter) til høydefordelte verdier.

Tetthet - konverteringen fra snødyp til vannekvivalent er endret og basert på en trendlinjemodell.

DTM<sub>dig</sub> - papirkart er digitalisert og ny høydefordeling er beregnet.

Brefelt - brefeltet er endret fra det originale "Østsiden" til hhv. Blåbreen og Ruklebreen.

År	Original massebalanseserie "Østsiden"								Homogenisert massebalanseserie Ruklebreen								Homogenisert med hensyn til			
	B <sub>w</sub>	B <sub>s</sub>	B <sub>a</sub>	ΣB <sub>a</sub>	ELA	AAR	DTM	Areal	B <sub>w</sub>	B <sub>s</sub>	B <sub>a</sub>	ΣB <sub>a</sub>	ELA	AAR	*DTM	Areal	Metode	Tetthet	DTM <sub>dig</sub>	Brefelt
1964	2.18	-1.68	0.50	0.50	1340		1959	4.50	2.23	-1.55	0.68	0.68	1375	84	1959	1.85	x	x	x	x
1965	2.53	-2.48	0.05	0.55	1400		1959	4.46	1.90	-2.08	-0.18	0.50	1485	60	1959	1.85	x	x	x	x
1966	1.76	-3.26	-1.50	-0.95	>1610	0	1959	4.46	1.81	-3.13	-1.33	-0.83	>1602	0	1959	1.85	x		x	x
1967	3.86	-2.56	1.30	0.35	1300		1959	4.46	3.24	-2.04	1.19	0.36	1360	87	1959	1.85	x	x	x	x
1968	3.18	-2.80	0.38	0.73	1390		1959	4.46	3.25	-2.56	0.69	1.06	1400	79	1959	1.85	x		x	x

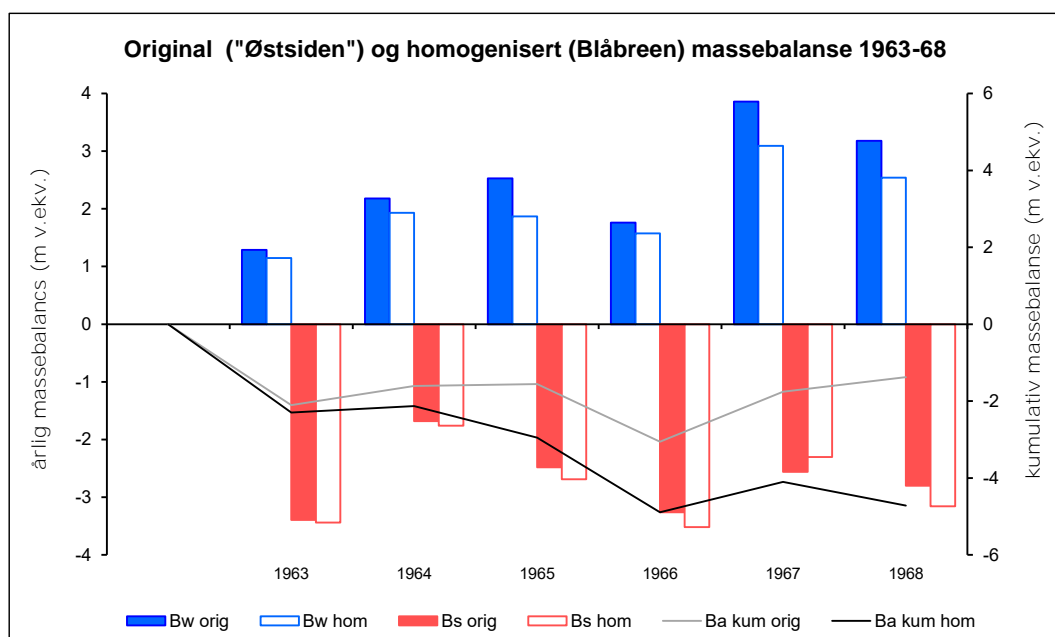
\*Isskillet beregnet fra DTM 2007 er brukt for DTM 1959.

Metode - metodikken for beregning av vinter- og sommerbalanse er endret fra arealfordelte (planimeter) til høydefordelte verdier.

Tetthet - konverteringen fra snødyp til vannekvivalent er endret og basert på en trendlinjemodell.

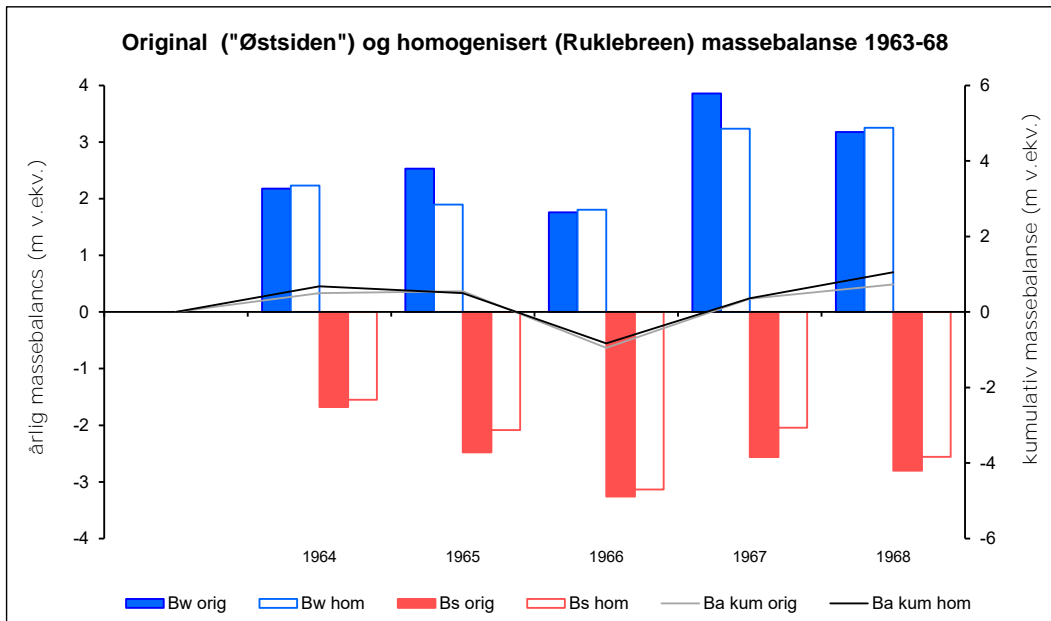
DTM<sub>dig</sub> - papirkart er digitalisert og ny høydefordeling er beregnet.

Brefelt - brefeltet er endret fra det originale "Østsiden" til hhv. Blåbreen og Ruklebreen.



**Figur 35**

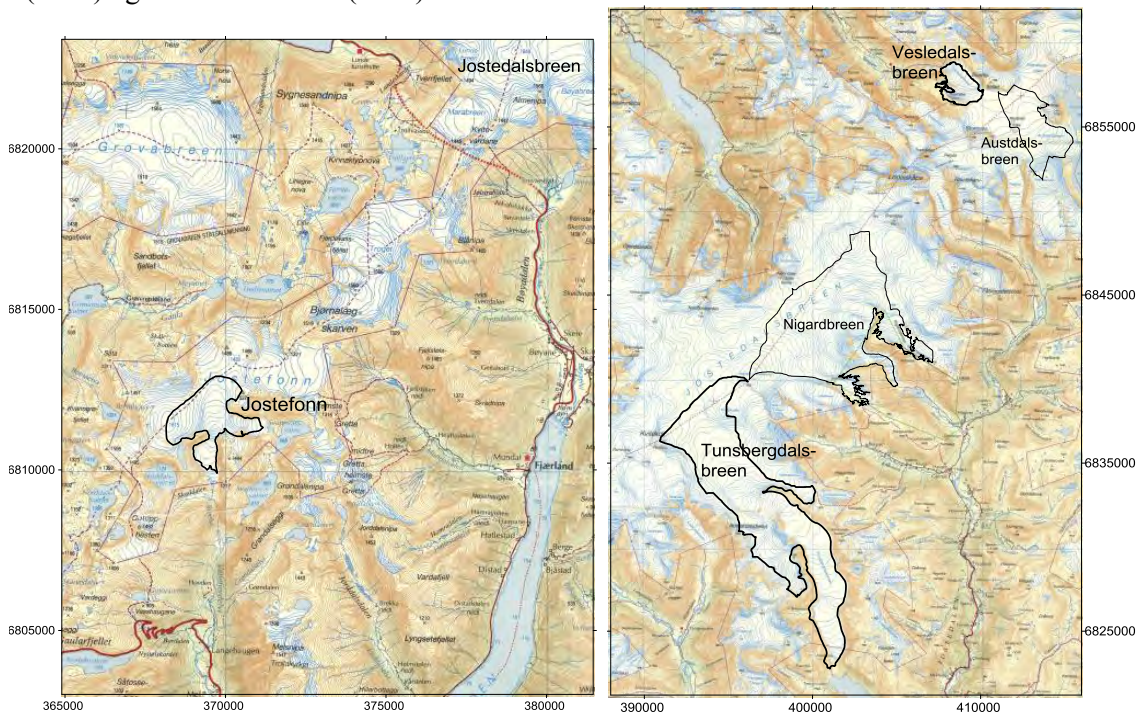
**Original og homogenisert vinterbalanse (blå søyler) og sommerbalanse (rød søyler), samt kumulativ årlig balanse (grå og svart strek) for «Østsiden» (original) og Blåbreen (homogenisert) 1963-68. Originale og homogeniserte søyler og kurver for 1964-68 er ikke direkte sammenlignbare.**



**Figur 36**  
Original og homogenisert vinterbalanse (blå søyler) og sommerbalanse (rød søyler), samt kumulativ årlig balanse (grå og svart strek) for «Østsiden» (original) og Ruklebreen (homogenisert) 1964-68. Originale og homogeniserte søyler og kurver er ikke direkte sammenlignbare.

### 3.2 Jostedalsbreen

Massebalanseseriene til tre brefelt på Jostedalsbreen: Vesledalsbreen, Tunsbergdalsbreen og Jostefonn, er homogenisert og beskrevet (fig. 37). En reanalyse av måleseriene for to andre brefelt på Jostedalsbreen: Nigardsbreen og Austdalsbreen, er beskrevet i Kjølmoen (2016) og Andreassen mfl. (2016).



**Figur 37**  
Massebalanseseriene til brefeltene Jostefonn (venstre), og Vesledalsbreen og Tunsbergdalsbreen (høyre) er homogenisert og beskrevet i denne rapporten. Måleseriene for Austdalsbreen og Nigardsbreen er homogenisert tidligere.



### 3.2.1 Vesledalsbreen

Vesledalsbreen (bre-ID 2474) er en nordvestvendt breutløper fra den nordlige delen av Jostedalbreen (fig. 37). Massebalansen ble målt i seks år, fra 1967 til 1972 (Tvede, 1974). En homogenisert massebalanseserie er beregnet for alle seks årene. En kartlegging fra 1966 viste at breen på denne tiden dekket et areal på 4,1 km<sup>2</sup> og strakk seg fra 1126 til 1745 moh. En senere kartlegging fra 2006 viste at brearealet var krympet til 3,4 km<sup>2</sup>, og at høydeintervallet gikk fra 1221 til 1757 moh. (Andreassen mfl., 2012).



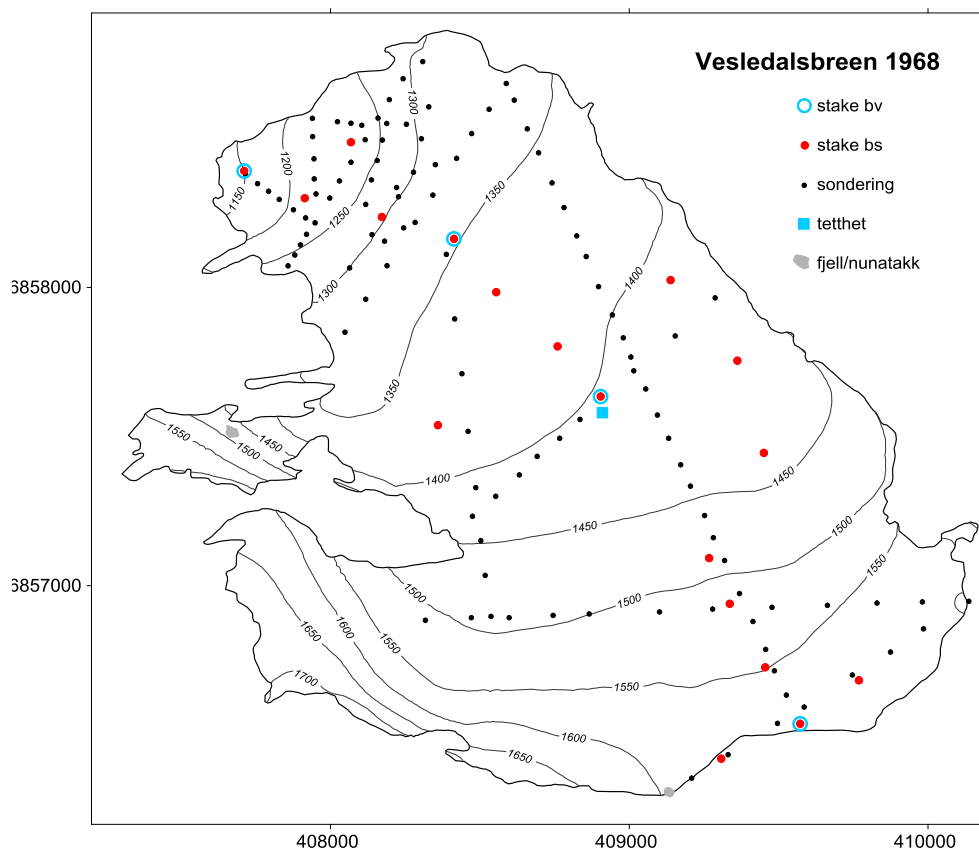
**Figur 38**  
Nedre del av Vesledalsbreen fotografert mot sørøst. Årstall og fotograf er ukjent.

#### Massebalanse – felldata

I de høyereliggende (>1580 moh.), bratte områdene i vest finnes det ikke måledata for noen av årene (fig. 39). Antallet sonderinger varierte mellom 99 og 155 med gjennomsnitt på 135. Smeltingen ble målt på 15 til 20 staker med gjennomsnitt på 18. Snøens tetthet ble målt i én til to lokaliteter.

I årsrapporten for 1971 er det oppgitt at det ble sondert snødyp i 147 målepunkt. Bortsett fra stakemålinger finnes det imidlertid ingen dokumentasjon på snødyp eller vannekvi- valenter for dette året.

Lokalisering av målepunkt for snødyp, tetthet og smelting for 1968, som er et representativt år for måleperioden 1967-72, er vist i figur 39. En oversikt over antall målinger for hele måleperioden er vist i tabell 18.



**Figur 39**  
Vesledalsbreen 1968, et representativt år for måleperioden 1967-72. I de høyere liggende, bratte områdene i vest finnes det ingen målinger. Kartgrunnlag fra 1966.

**Tabell 18**  
Oversikt over antall målinger på Vesledalsbreen i perioden 1967-72.

År	Staker			Tetthet	Sond.	Data-kvalitet	Anmerking
	$b_w$	$b_s$	$b_a$				
1967	0	17	17	2	99	God	Snømålinger 11.-14. juni og tilleggsakkumulasjon målt utover sommeren.
1968	4	18	18	1	126	God	Snømålinger 18.-19. april og tilleggsakkumulasjon 20. mai.
1969	20	20	20	1	138	God	Snømålinger 10. april og tilleggsakkumulasjon 20. mai.
1970	15	19	19	2	155	God	
1971	15	15	15	1	147	Middels	Det finnes ingen dokumentasjon på sonderte snødyp.
1972	17	17	17	1	144	God	

I årene 1967-69 ble det i tillegg til ordinære snømålinger foretatt målinger av tilleggsakkumulasjon. En oversikt over måling og behandling av tilleggsakkumulasjonen er vist i tabell 19.

**Tabell 19**  
Dato for ordinær snømåling, dato og informasjon om målt tilleggsakkumulasjon, og hvorvidt tilleggsakkumulasjonen er regnet som del av vinterbalansen i den homogeniserte serien.

Snømåling Dato	Tilleggsakkumulasjon		Till.akk. medregnet	
	Dato	Målinger	Orig. serie	Homog. serie
11.-14.06.1967	13.07.	10 staker	ja	nei
18.-19.04.1968	20.05.	18 staker	ja	ja
10.04.1969	20.05.	20 staker	ja	ja

## Massebalanse – beregning

I den originale måleserien er tilleggsakkumulasjonen tatt med som en del av vinterbalansen for årene 1967-69. I årene 1970-72 ble det ikke målt tilleggsakkumulasjon. For årene 1968 og 1969 er måling og beregning av tilleggsakkumulasjon godt dokumentert og avgrenset til 20. mai for begge årene. I 1967 ble tilleggsakkumulasjonen målt flere ganger fram til 13. juli. I homogeniseringsprosessen er dermed tilleggsakkumulasjonen tatt med som en del av vinterbalansen for 1968 og 1969. For 1967 er tilleggsakkumulasjonen ikke tatt med i vinterbalansen, og blir dermed en del av sommerbalansen. En oversikt over hvor mye tilleggsakkumulasjonen utgjør for den originale og den homogeniserte måleserien er vist i tabell 20.

**Tabell 20**

**Tilleggsakkumulasjonen på Vesledalsbreen ble målt og estimert i årene 1967-69. Tillegg er hvor mye som ble tillagt hvert målepunkt og  $\delta b_v$  er hvor mye tilleggsakkumulasjonen utgjør for hele brefeltet.**

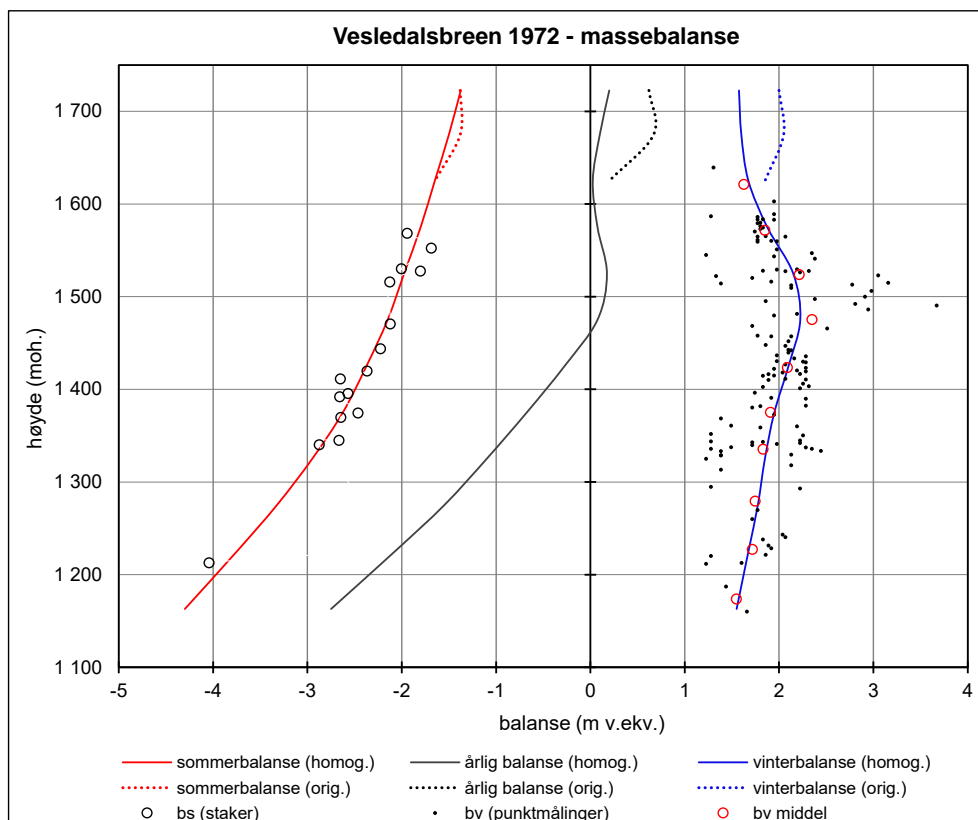
År	Original måleserie			Homogenisert måleserie		
	Tillegg (m v.ekv.)	Høydeint. (moh.)	$\delta b_v$ (m v.ekv.)	Tillegg (m v.ekv.)	Høydeint. (moh.)	$\delta b_v$ (m v.ekv.)
1967	0,04-0,15	hele	0,1	Tilleggsakkumulasjon ikke lagt til		
1968	0,15	hele	0,15	0,15	hele	0,15
1969	0,20	hele	0,2	0,20	hele	0,2

For 1971 finnes det dokumentasjon på snødyp og vannekvivalenter kun ved stakene. Det er derfor ikke mulig å beregne vinterbalansen på nytt, og de originale tabellverdiene er beholdt.

I de høyereliggende, bratte områdene i vest finnes det ikke måledata. Vinter- og sommerbalansekurvene for både den originale og den homogeniserte måleserien ble dermed trukket etter skjønn i de tre øverste høydeintervallene. Arealet i de tre høydeintervallene mellom 1600 og 1745 moh. (0,32 km<sup>2</sup>) utgjør 8 % av Vesledalsbreens totale areal, og en variasjon av balanseverdiene i disse intervallene betyr derfor lite for breens totale massebalanse. Dette er vist i figur 41, der kurveforløpene fra den originale og den homogeniserte måleserien i 1972 er sammenlignet. Årlig balanseverdier for de tre øverste høydeintervallene er endret med hhv. 0,42, 0,57 og 0,18 m v.ekv.



**Figur 40**  
Landmåling på Vesledalsbreen på 1970-tallet. Foto: Nils Haakensen.



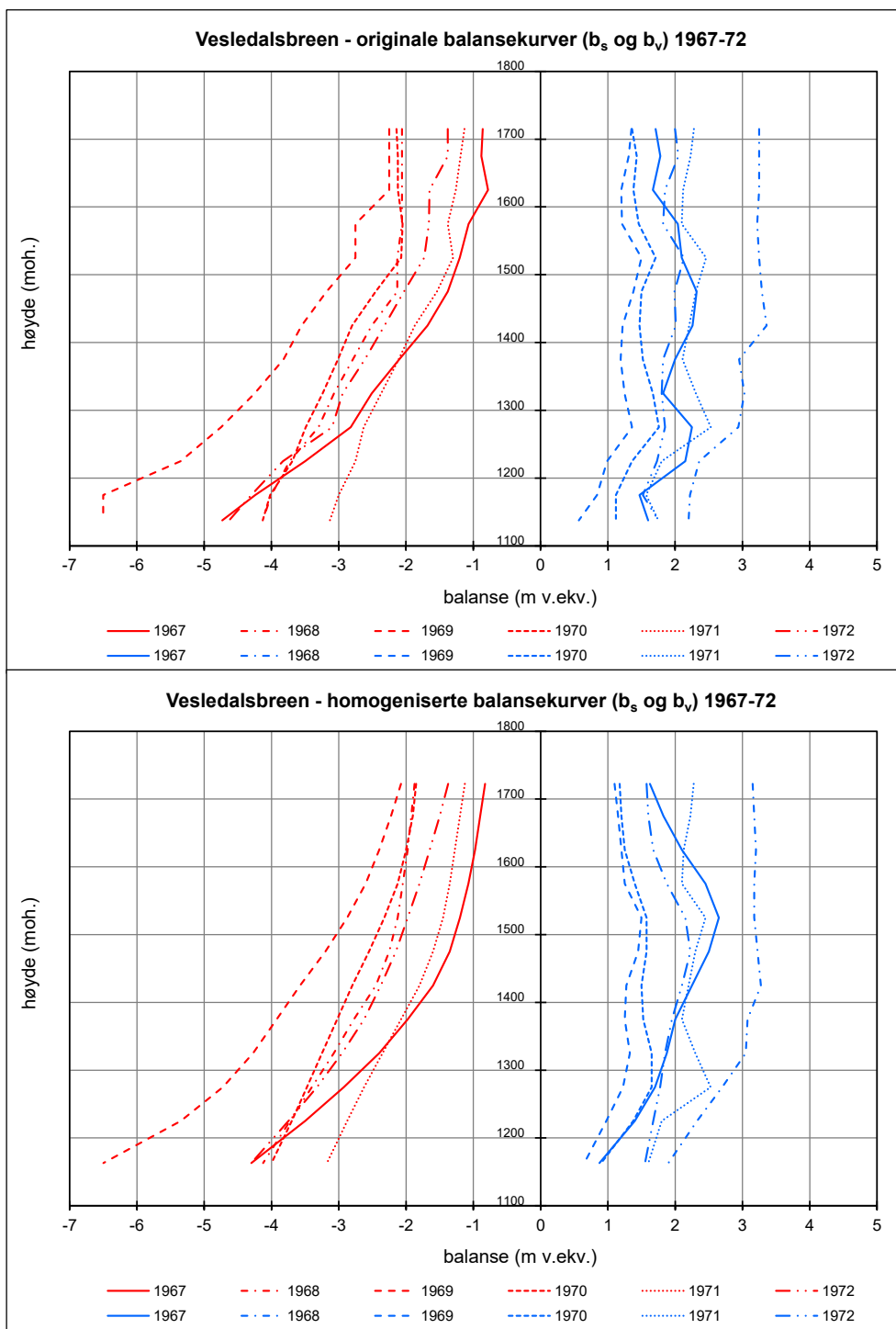
**Figur 41**  
**Homogeniserte (heltrukne linjer) balansekurver for sommerbalanse (rød), årlig balanse (svart) og vinterbalanse (blå) for 1972 er sammenlignet med de originale balansekurvene (stiplede linjer) i de tre øverste høydeintervallene. De målte punktverdiene for sommerbalanse (○) og vinterbalanse (●) samt middelverdier for vinterbalansen (○) innenfor hver 50 m høydeintervall er også plottet.**

Resultatene fra denne sammenligningen viser at ved å endre kurveforløpet som vist i figur 41, så endres den totale vinter- og sommerbalansen med hhv. 0,023 og 0,003 m v.ekv. Følgelig endres den totale massebalansen ( $B_a$ ) for hele breen med så lite som 0,026 m v.ekv. Dette viser at valg av kurveforløp i de tre øverste høydeintervallene hvor det ikke finnes målinger, ikke påvirker den totale massebalansen nevneverdig.

Måleopplegget for 1972 er for øvrig et representativt år for hele måleperioden.

#### Massebalanse – resultat

Årlige balansekurver basert på de originale og de homogeniserte verdiene for vinter- og sommerbalansen i perioden 1967-72 er vist i figur. 42.



**Figur 42**  
**Originale (øverst) og homogeniserte (nederst) balansekurver for vinterbalanse (blå linjer) og sommerbalanse (rød linjer) for 1967-72.**

Forskjellene mellom originale og homogeniserte årlige verdier er relativt små ( $<0,14$  m v.ekv.). Både vinter- og sommerbalansen ble gjennomgående litt større etter homogeniseringen, og den kumulative massebalansen for 1967-72 ble endret fra  $-2,24$  til  $-2,33$  m v.ekv., hvilket betyr en gjennomsnittlig årlig endring på  $-0,016$  m v.ekv.

Original og homogenisert massebalanseserie for Vesledalsbreen 1967-72 er vist i tabell 20 og figur 43.

**Tabell 20**

**Original og homogenisert massebalanseserie for Vesledalsbreen 1967-72.**

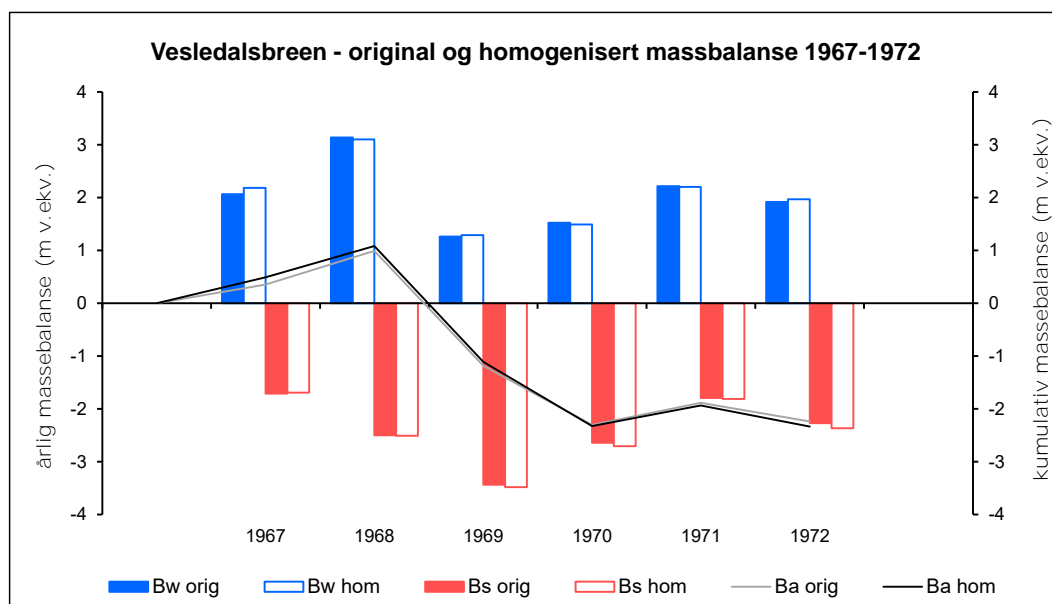
År	Original massebalanseserie								Homogenisert massebalanseserie								Homogenisert med hensyn til			
	B <sub>w</sub>	B <sub>s</sub>	B <sub>a</sub>	ΣB <sub>a</sub>	ELA	AAR	DTM	Areal	B <sub>w</sub>	B <sub>s</sub>	B <sub>a</sub>	ΣB <sub>a</sub>	ELA	AAR	DTM	Areal	Metode	Tetthet	DTM <sub>dig</sub>	DTM <sub>ny</sub>
1967	2.07	-1.71	0.35	0.35	1400		1966	4.22	2.18	-1.69	0.49	0.49	1375	73	1966	4.10	x	x	x	
1968	3.14	-2.50	0.64	0.99	1320		1966	4.22	3.10	-2.51	0.59	1.08	1325	87	1966	4.10	x	x	x	
1969	1.26	-3.44	-2.18	-1.19	>1730		1966	4.22	1.29	-3.48	-2.19	-1.11	>1745	0	1966	4.10	x	x	x	
1970	1.52	-2.64	-1.12	-2.31	>1730		1966	4.22	1.49	-2.71	-1.21	-2.33	>1745	0	1966	4.10	x*	x	x	
1971	2.22	-1.80	0.42	-1.89	1375		1966	4.22	2.20	-1.81	0.39	-1.94	1370	75	1966	4.10	x		x	
1972	1.92	-2.27	-0.35	-2.24	1570		1966	4.22	1.97	-2.37	-0.40	-2.33	1460	44	1966	4.10	x	x	x	

Metode - metodikken for beregning av vinter- og sommerbalanse er endret fra arealfordelte (planimeter) til høydefordelte verdier.

Tetthet - konverteringen fra snødyp til vannekvivalent er basert på en trendlinjemodell.

DTM<sub>dig</sub> - papirkart er digitalisert og ny høydefordeling er beregnet.

\*Gjelder bare B<sub>s</sub>. De originale høydefordelte verdiene for B<sub>w</sub> er beholdt.



**Figur 43**

**Original og homogenisert vinterbalanse (blå søyler) og sommerbalanse (rød søyler), samt kumulativ årlig balanse (grå og svart strek) for Vesledalsbreen 1967-72.**

### 3.2.2 Tunsbergdalsbreen

Tunsbergdalsbreen (bre-ID 2320) er en sørøstlig breutløper fra Jostedalsbreen (fig. 37). Massebalansen ble målt i sju år, fra 1966 til 1972 (Tvede, 1974). En homogenisert massebalanseserie er beregnet for alle sju årene. I 1964 ble det foretatt en flyfotografering som dekker store områder av Jostedalsbreen. Fotograferingen var imidlertid noe mangelfull og på Tunsbergdalsbreen var bretungen nedenfor 1300 moh. ikke dekket av fotograferingen. Høydekurvene nedenfor 1300 moh. er derfor konstruert fra en flyfotografering fra 1955. Kartleggingen fra 1964/1955 viste at breen dekket et areal på 52,2 km<sup>2</sup> og strakk seg fra 536 til 1942 moh. En ny kartlegging i 2013 viste at brearealet var krympet til 48,5 km<sup>2</sup>, og at høydeintervallet gikk fra 531 til 1956 moh. Tunsbergdalsbreen er den nest største breutløperen i Norge (Andreassen mfl., 2012).



**Figur 44**  
Midtre deler av Tunsbergdalsbreen fotografert 16. oktober 2005. Brefallet mellom 1200 og 1600 moh. kan ses midt i bildet. Foto: Miriam Jackson.

#### Massebalanse – feltdata

Det er noen mangler i det dokumenterte datagrunnlaget for Tunsbergdalsbreen. For årene 1966, 1968 og 1970 er det beskrevet i årsrapportene at det ble foretatt hhv. 250, 102 og 260 sonderinger av snødypet. Det finnes imidlertid ingen dokumentasjon på verken snødyp eller vannverdier utenom stakene for disse tre årene.

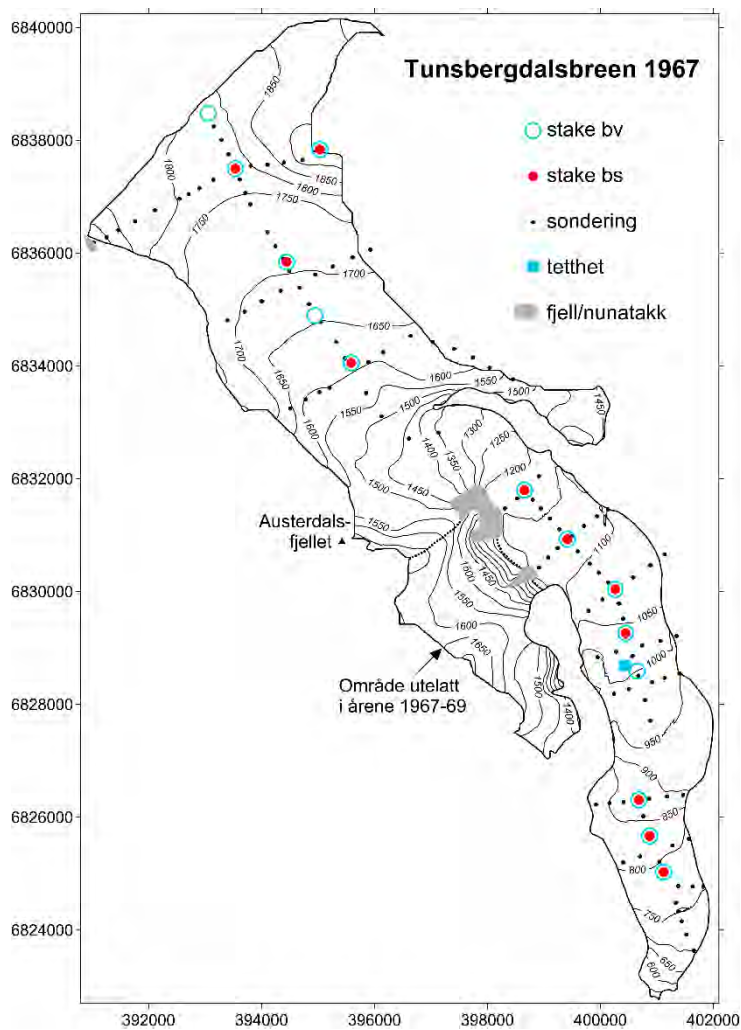
I de tre første årene (1966-68) ble massebalansen målt og beregnet uten breområdet sørøst for Austerdalsfjellet (fig. 45). Fra 1969 ble området innlemmet i måleprogrammet og brefeltet ble dermed utvidet med 6 km<sup>2</sup>.

I det bratte partiet mellom 1200 og 1600 moh. ble det ikke gjort stakemålinger i noen av årene (fig. 45). For to av årene (1971 og 1972) er det også dokumentert at det heller ikke ble gjort målinger av snødyp i dette høydeintervallet. I områdene ovenfor det bratte partiet ligger målepunktene stort sett mellom 1600 og 1800 moh., og nedenfor brefallet stort sett mellom 700 og 1200 moh. Antallet sonderinger varierte mellom 59 og 551 med gjennomsnitt på 206. Smeltingen ble målt på ni til 14 staker med gjennomsnitt på 12. Snøens tetthet ble målt i én til to lokaliteter.

I 1966 var alle stakene smeltet ut ved et besøk på breen den 21. juli. I 1967 og 1969 ble det ikke målt smelting etter hhv. 22. august og 30. august.

I 1968 ble snødypet målt med sondering opp til ca. 1300 moh. Ovenfor 1300 moh. ble snødypet bestemt med 15 kjerneboringer. I 1971 og 1972 var sonderingsforholdene vanskelig i de aller øverste deler av platået og sonderingene er karakterisert som upålitelige (1971) og usikre (1972).

Lokalisering av målepunkt for snødyp, tetthet og smelting for 1967, som er et år med noen færre målepunkt enn gjennomsnittet for måleperioden 1966-72, er vist i figur 45. En oversikt over antall målinger for hele perioden 1966-72 er vist i tabell 21.



**Figur 45**  
Tunsbergdalsbreen 1967, et år da snødyppet ble målt i 126 sonderingspunkt og smeltningen på 11 staker. I det bratte partiet mellom 1200 og 1600 moh. finnes det ikke stakemålinger for noen av årene. I årene 1967-69 ble massebalansen målt og beregnet uten området sørøst for Austerdalsfjellet (avgrenset med stiplede linjer). Kartgrunnlag fra 1964.

**Tabell 21**  
Oversikt over antall målinger på Tunsbergdalsbreen i perioden 1966-72.

År	Staker			Tetthet	Sond.	Data-kvalitet	Anmerkning
	b <sub>w</sub>	b <sub>s</sub>	b <sub>a</sub>				
1966	0	12	12	2	250	Middels	Det finnes ingen dokumentasjon på snødypp eller vannverdier utenom ved stakene.
1967	0	11	11	1	128	Middels	
1968	1	14	13	2	102	Middels	Det finnes ingen dokumentasjon på snødypp eller vannverdier utenom ved stakene.
1969	9	14	14	2	551	Middels	
1970	7	9	9	1	260	Middels	Det finnes ingen dokumentasjon på snødypp eller vannverdier utenom ved stakene.
1971	0	13	13	1	92	Middels	
1972	0	11	11	2	59	Middels	

I årene 1966-70 ble det i tillegg til ordinære snømålinger foretatt målinger og/eller estimering av tilleggsakkumulasjon. I 1968 ble tilleggsakkumulasjonen målt på Tunsbergdalsbreen 20. mai og på Nigardsbreen 20. mai og 10. juni. I 1969 er det beskrevet i årsrapporten at tilleggsakkumulasjonen ble målt ved «direkte målinger», men ikke noe om hvor og når målingene ble gjort. For årene 1966 og 1967 er tilleggsakkumulasjonen ikke målt, men estimert på grunnlag av sammenligning med Nigardsbreen og Store Supphellebre (1967), og på grunnlag av meteorologiske observasjoner fra Luster og Fanaråken (1967). I 1970 ble tilleggsakkumulasjonen estimert på grunnlag av meteorologiske observasjoner fra nærliggende stasjoner. For årene 1971 og 1972 er det ikke noen dokumentasjon på tilleggsakkumulasjon.



En oversikt over måling og behandling av tilleggsakkumulasjonen er vist i tabell 22.

**Tabell 22**

**Dato for ordinær snømåling, dato og informasjon om målt tilleggsakkumulasjon, og hvorvidt tilleggsakkumulasjonen er regnet som del av vinterbalansen i den homogeniserte serien.**

Snømåling Dato	Tilleggsakkumulasjon		Till.akk. medregnet	
	Dato	Målinger	Orig. serie	Homog. serie
08.-10.05.1966		estimert	ja	ja
13.-20.04.1967		estimert	ja	ja
11.-16.04.1968	20.05./10.06	ukjent antall stakemålinger	ja	ja
20.-23.04.1969	ukjent	ukjent antall stakemålinger	ja	ja
06.-08.04.1970		estimert	ja	ja

### Massebalanse – beregning

I originalberegningene ble tilleggsakkumulasjonen tatt med som en del av vinterbalansen for alle fem årene i perioden 1966-70.

Ettersom det dokumenterte datagrunnlaget er såpass mangelfullt er det ikke gjort noe forsøk på å fjerne tilleggsakkumulasjonen i homogeniseringsprosessen. Dermed er tilleggsakkumulasjonen også en del av vinterbalansen i den homogeniserte serien.

For 1966 ble ablasjonen fra 19. juni til 21. juli estimert ved sammenligning med målinger fra Nigardsbreen. Vinterbalansen kan ikke beregnes på nytt ettersom det ikke finnes dokumentasjon på verken snødyb eller vannekvivalentverdier.

For 1967 ble konvertering fra snødyb til vannekvivalent oppe på plataået (>1347 moh.) basert på tetthetsmåling fra Nigardsbreen, mens ablasjon etter 22. august ble estimert ut fra målinger på Nigardsbreen og Store Supphellebre.

For 1968 kan ikke vinterbalansen beregnes på nytt da det ikke finnes dokumentasjon på verken snødyb eller vannekvivalentverdier.

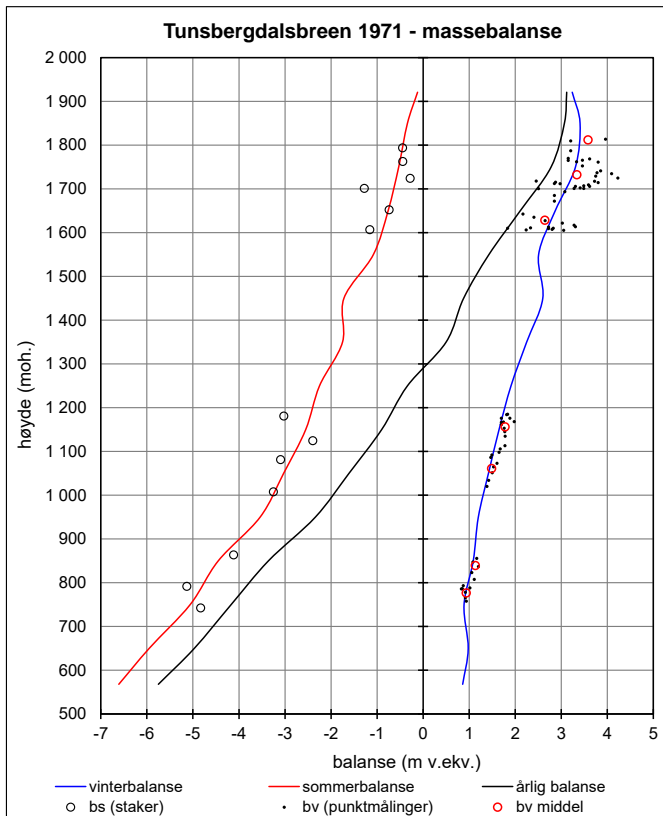
Fra og med 1969 ble breområdet sørøst for Austerdalsfjellet (fig. 45) tatt med i de originale massebalanseberegningene, hvilket betød en arealøkning på over 6 km<sup>2</sup>. I den homogeniserte serien er dette breområdet innlemmet for hele perioden.

For 1970 kan ikke vinterbalansen beregnes på nytt da det ikke finnes dokumentasjon på verken snødyb eller vannekvivalentverdier, mens ablasjon etter 30. august er estimert ved sammenligning med målinger fra Nigardsbreen og Ålfotbreen.

For 1971 og 1972 ble vinterbalansen beregnet dels fra målingene, og med støtte fra et kart over den relative snøfordelingen for årene 1966-70.

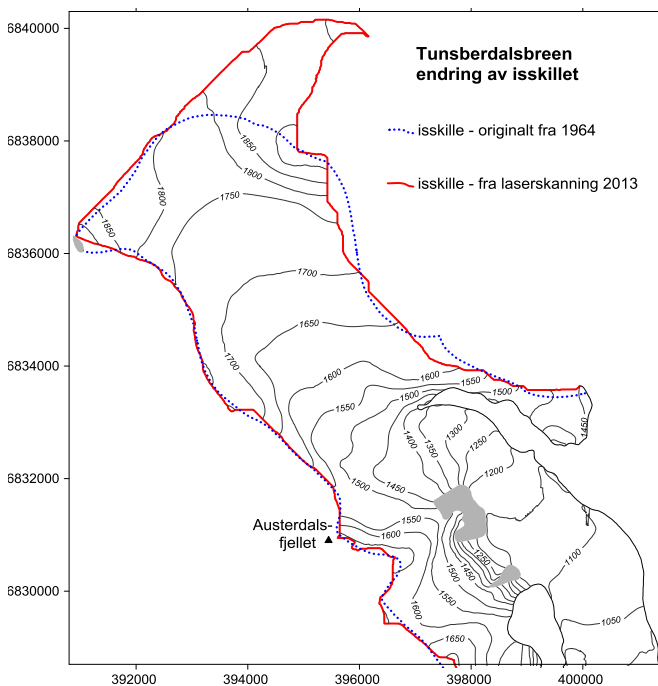
Med bakgrunn i mangelfullt datagrunnlag, uklar beregning og behandling av tilleggsakkumulasjon, delvis estimert ablasjon og bruk av snøfordelingskart, er det mulig å rekalkulere massebalansen for bare tre (1969, 1971 og 1972) av sju år. Det er derfor valgt å homogenisere måleserien kun ved å benytte en reproduert DTM fra 1964. De originale verdiene for vinter- og sommerbalanse innenfor hvert 100 m høydeintervall er dermed beholdt under homogeniseringen.

Punktmålinger og kurver for vinterbalanse, sommerbalanse og årlig balanse eksempelvis for 1971 er vist i figur 46.



**Figur 46**  
 Balansekurver for sommerbalanse (rød), årlig balanse (svart) og vinterbalanse (blå) for 1971. Punktverdier for sommerbalanse (○), vinterbalanse (•) samt midlere vinterbalanse for hver 100 m høydeintervall (○) er også plottet. Mellom 1200 og 1600 moh. finnes det ikke måledata for noen av årene.

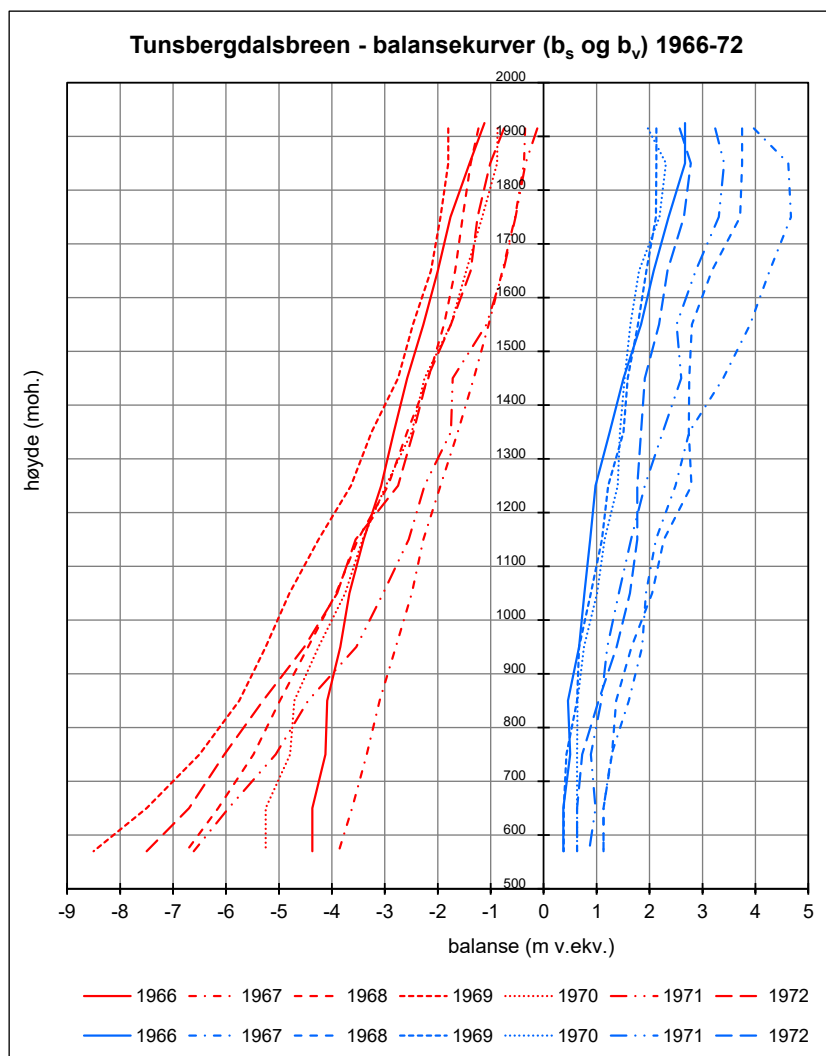
Den reproduerte DTMen ble laget ved å skanne papirkartet fra 1964/55, georeferere dette og deretter digitalisere høydekurver og brekant. I tillegg ble et nytt isskille generert fra laserskanning i 2013, som er en betydelig mer nøyaktig kartlegging enn tradisjonell flyfotografering. Det antas at isskillet mot tilgrensede brefelt er tilnærmet uforandret over tid. Det nye isskillet medførte at brefeltet ble noe utvidet i nord og arealet økte fra rundt 50 km<sup>2</sup> til 52,2 km<sup>2</sup> (fig. 47).



**Figur 47**  
 Endring av brefeltet som følge av beregning av nytt isskille basert på laserskanning fra 2013.

## Massebalanse – resultat

Årlige balansekurver for vinter- og sommerbalansen i perioden 1966-72 er vist i figur 48.



**Figur 48**  
Balansekurver for vinterbalanse (blå linjer) og sommerbalanse (rød linjer) for 1966-72. De høydefordelte verdiene er uendret fra den originale til den homogeniserte måleserien, og balansekurvene er dermed også uendret.

Original og homogenisert massebalanseserie for Tunsbergdalsbreen 1966-72 er vist i tabell 23 og figur 49.

**Tabell 23**  
Original og homogenisert massebalanseserie for Tunsbergdalsbreen 1966-72.

År	Original massebalanseserie								Homogenisert massebalanseserie								Homogenisert med hensyn til		
	$B_w$	$B_s$	$B_a$	$\Sigma B_a$	ELA	AAR	DTM	Areal	$B_w$	$B_s$	$B_a$	$\Sigma B_a$	ELA	AAR	*DTM	Areal	Metode	Tetthet	DTM <sub>dig</sub>
1966	1.57	-2.66	-1.09	-1.09	1640		1964	43.77	1.65	-2.55	-0.90	-0.90	1635	39	1964	52.21			x
1967	3.31	-1.52	1.79	0.71	1160		1964	43.77	3.43	-1.41	2.02	1.12	1175	72	1964	52.21			x
1968	2.74	-2.70	0.04	0.75	1270		1964	43.77	2.81	-2.55	0.26	1.38	1280	68	1964	52.21			x
1969	1.53	-3.23	-1.69	-0.95	1700		1964	50.11	1.57	-3.15	-1.59	-0.21	1700	28	1964	52.21			x
1970	1.54	-2.38	-0.84	-1.79	1590		1964	50.11	1.58	-2.30	-0.72	-0.93	1570	49	1964	52.21			x
1971	2.36	-1.79	0.57	-1.22	1290		1964	49.35	2.43	-1.71	0.72	-0.22	1290	68	1964	52.21			x
1972	2.02	-2.52	-0.50	-1.72	1490		1964	49.86	2.07	-2.44	-0.37	-0.59	1490	57	1964	52.21			x

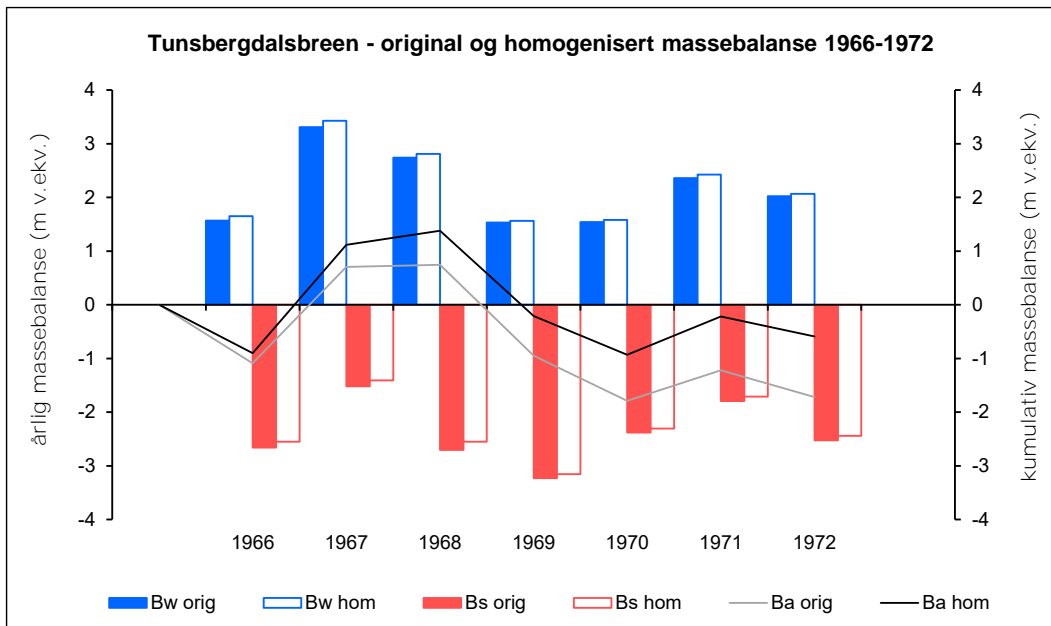
\*Isskillet beregnet fra DTM 2013 er også brukt for DTM 1964.

Metode - metodikken for beregning av vinter- og sommerbalanse er endret fra arealfordelte (planimeter) til høydefordelte verdier.

Tetthet - konverteringen fra snødyp til vannekivalent er basert på en trendlinjemodell.

DTM<sub>dig</sub> - papirkart er digitalisert og ny høydefordeling er beregnet.

Forskjellene mellom original og homogenisert årlig balanse varierer mellom 0,10 og 0,23 m v.ekv. Vinterbalanse ble gjennomgående større etter homogeniseringen, mens sommerbalansen ble mindre. Den kumulative massebalansen for 1966-72 ble endret fra -1,72 til -0,59 m v.ekv., hvilket betyr en gjennomsnittlig årlig endring på +0,161 m v.ekv.

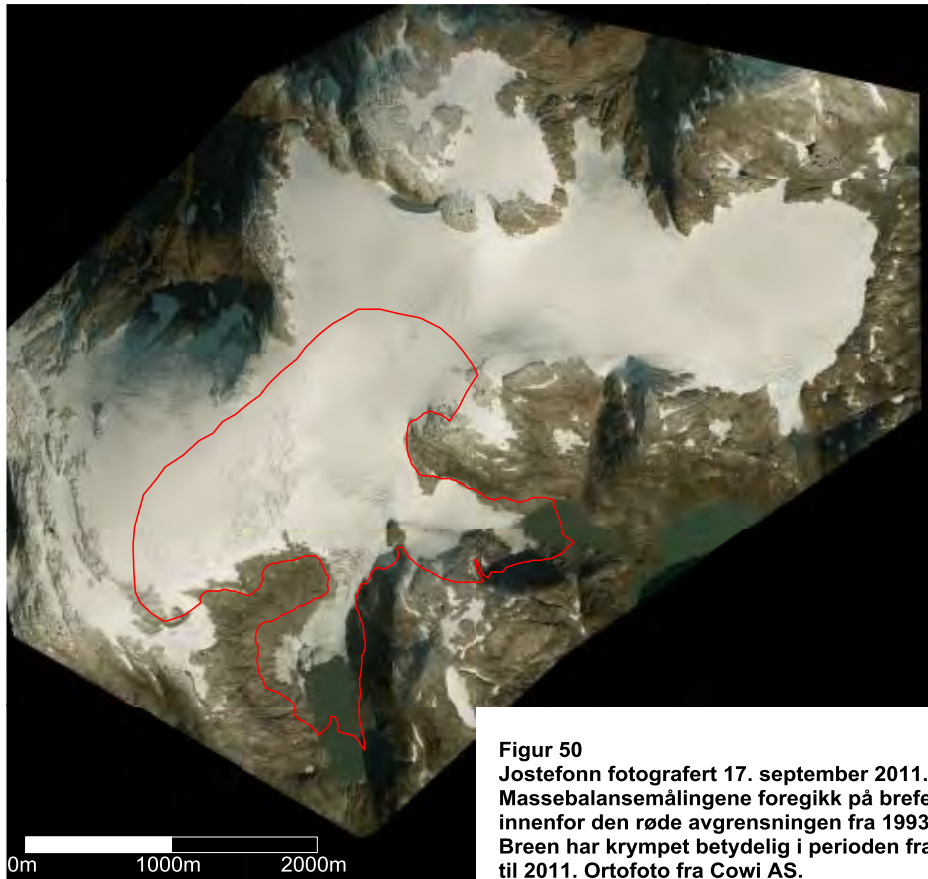


**Figur 49**  
Original og homogenisert vinterbalanse (blå søyler) og sommerbalanse (rød søyler), samt kumulativ årlig balanse (grå og svart strek) for Tunsbergdalsbreen 1966-72.

### 3.2.3 Jostefonn

Jostefonn er en liten platåbre (10,5 km<sup>2</sup> i 2006) som ligger sørvest for selve Jostedalsbreen (fig. 37).

Massebalansen ble målt i fem år, fra 1996 til 2000 (Elvehøy, 2001) på et brefelt som omfatter to breenheter; bre-ID 2146 og bre-ID 2148 (ref. tab. 2). I NVEs database HYDRAII er målinger og beregninger registrert på bre-ID 2148. En homogenisert massebalanseserie er beregnet for alle fem årene. En kartlegging fra 1993 viste at brefeltet hvor massebalansemålingene foregikk, dekket et areal på 3,9 km<sup>2</sup> og strakk seg fra 964 til 1621 moh. En senere kartlegging fra 2006 viste at brearealet var krympet til 3,2 km<sup>2</sup>, og at høydeintervallet gikk fra 962 til 1613 moh. (Andreassen mfl., 2012). Volumendringer for perioden 1966-93 er tidligere beregnet (Andreassen, 1998).

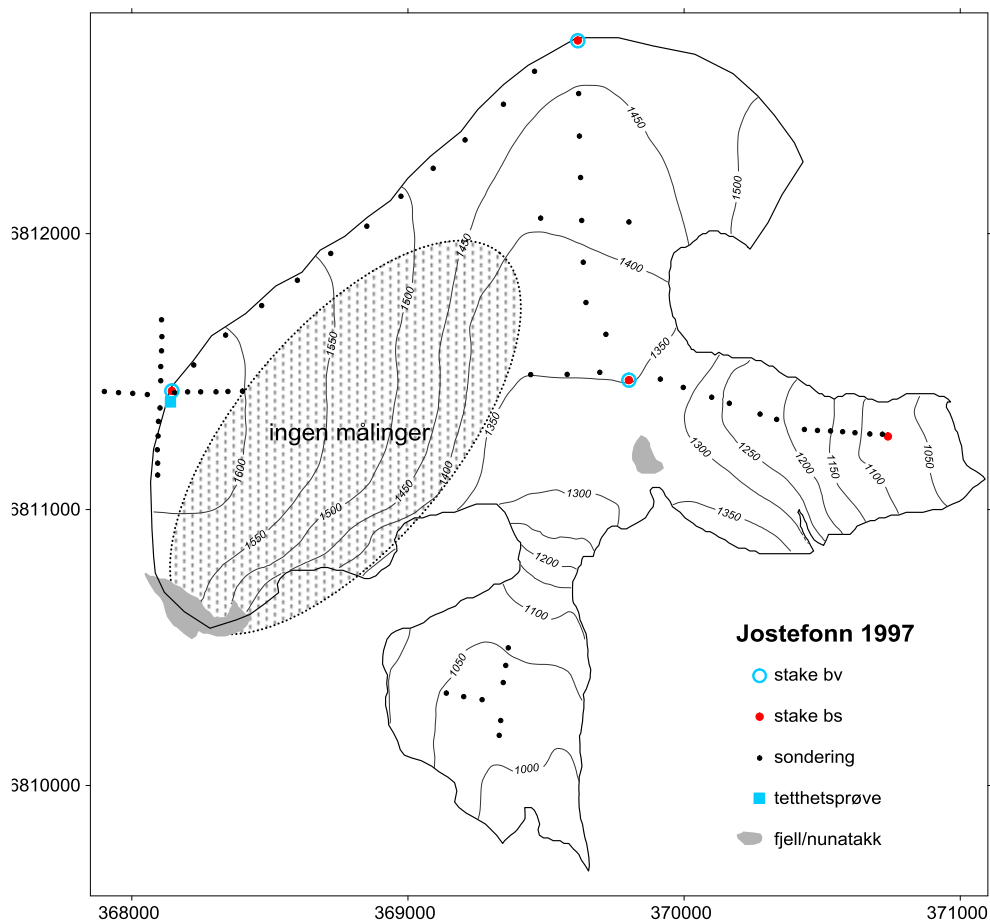


**Figur 50**  
 Jostefonn fotografert 17. september 2011.  
 Massebalansemålingene foregikk på brefeltet  
 innenfor den røde avgrensningen fra 1993.  
 Breen har krympet betydelig i perioden fra 1993  
 til 2011. Ortofoto fra Cowi AS.

### Massebalanse - felldata

Med unntak av det nederste høydeintervallet (964-1000 moh.) er alle høydenivåer på breen dekket med målepunkt for snødyp, dog forholdsvis få målinger mellom 1100 og 1300 moh. I et forholdsvis stort område mellom 1400 og 1600 moh. på den vestlige delen av brefeltet ble det ikke gjort målinger av verken snødyp eller smelting. I de bratte områdene mellom 1080 og 1330 moh. finnes det heller ikke stakedata for noen av årene. Antallet sonderinger varierte mellom 59 og 86 med gjennomsnitt på 71. Smeltingen ble målt på fire til fem staker, og snøens tetthet ble målt i én lokalitet.

Lokalisering av målepunkt for snødyp, tetthet og smelting for 1997, som er et representativt år, er vist i figur 51. En oversikt over antall målinger for hele perioden 1996-2000 er vist i tabell 24.



**Figur 51**  
**Jostefonn 1997, et år med typisk måleomfang for måleperioden 1996-2000. I det skraverte området ble det ikke gjort noen målinger. Brefeltet består av to breenheter; bre-ID 2146 og 2148. Kartgrunnlag fra 1993.**

**Tabell 24**  
**Oversikt over antall målinger på Jostefonn i perioden 1996-2000.**

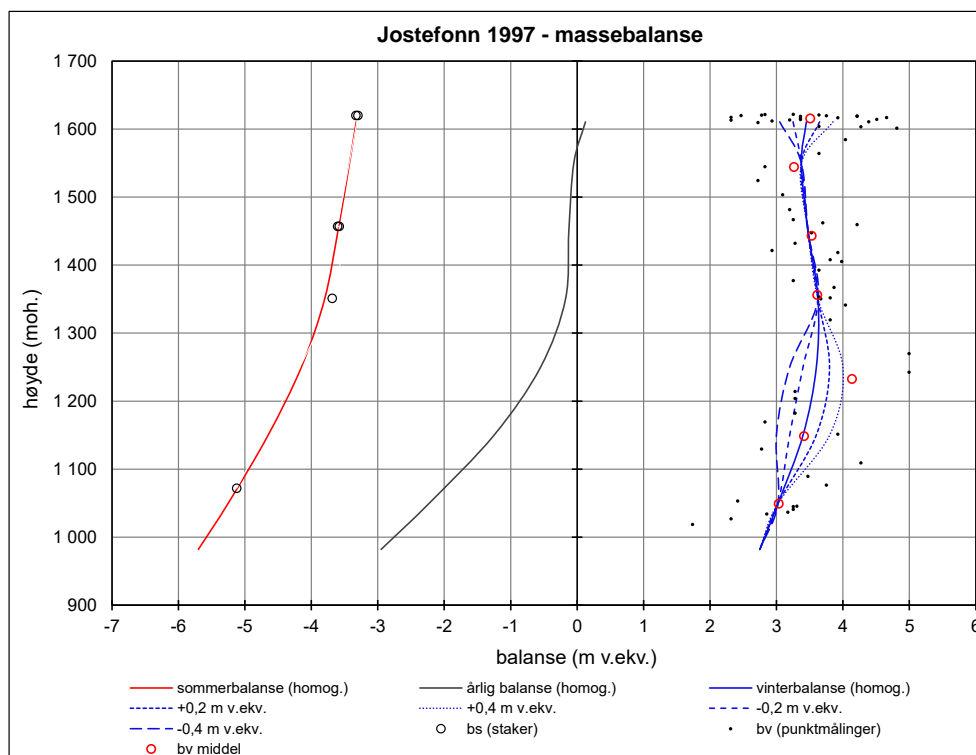
År	Staker			Tetthet	Sond.	Data- kvalitet	Anmerkning
	b <sub>w</sub>	b <sub>s</sub>	b <sub>a</sub>				
1996	0	5	5	1	59	Middels	Sommeroverflaten var svært enkel å finne.
1997	3	4	6	1	68	Middels	Veldig klar sommeroverflate.
1998	4	4	4	1	86	Middels	Gode sonderingsforhold over hele breen.
1999	2	5	5	1	80	Middels	Gode sonderingsforhold over hele breen.
2000	0	5	5	1	61	Middels	Sommeroverflaten var grei å identifisere med unntak av områdene på toppen.

Felles for alle årene er at det ikke finnes stakedata mellom 1330 og 1080 moh.

### Massebalanse – beregning

For tre av årene (1997, 98 og 2000) varierer snødyppet innenfor hvert høydeintervall forholdsvis mye. Variasjonsbredden er spesielt stor i det øverste høydeintervallet (1600-1621 moh.), noe som vises tydelig i figur 52 der punktmålingene mellom 1600 og 1621 moh. varierer mellom 2,31 og 4,81 m v.ekv. Mellom 1100 og 1300 moh. er det forholdsvis få målinger, og kurveforløpet er dermed sensibelt mht. enkeltmålinger. Arealet i disse høydeintervallene (1600-1621 og 1100-1300 moh.) utgjør 0,61 km<sup>2</sup>, eller 16 % av brefeltets totale areal. En variasjon av balanseverdier i disse intervallene betyr derfor forholdsvis lite for brefeltets totale massebalanse. Dette er vist i figur 52 og tabell 25, der kurveforløpet fra de homogeniserte verdiene i 1997 er sammenlignet med andre mulige kurveverdier. I scenario I er vinter- og sommerbalanseverdier i de nevnte høydeinter-

vallene økt med 0,2 m v.ekv., i scenario II økt med 0,4 m, i scenario III senket med 0,2 m og i scenario IV senket med 0,4 m v.ekv.



**Figur 52**  
Homogeniserte (heltrukne linjer) balansekurver for sommerbalanse (rød), årlig balanse (svart) og vinterbalanse (blå) for 1997. Vinterbalansekurven er sammenlignet med ulike kurveforløp (stiplede linjer) i høydeintervallene 1600-1621, 1200-1300 og 1100-1200 moh. De målte punktverdiene for sommerbalanse (○) og vinterbalanse (●) samt middelværdier for vinterbalansen (○) innenfor hver 100 m høydeintervall er også plottet.

**Tabell 25**  
Vinter- ( $B_w$ ), sommer- ( $B_s$ ) og årlig ( $B_a$ ) balanse i 1997 ved ulike kurveforløp i høydeintervallene med stor spredning eller få målinger.

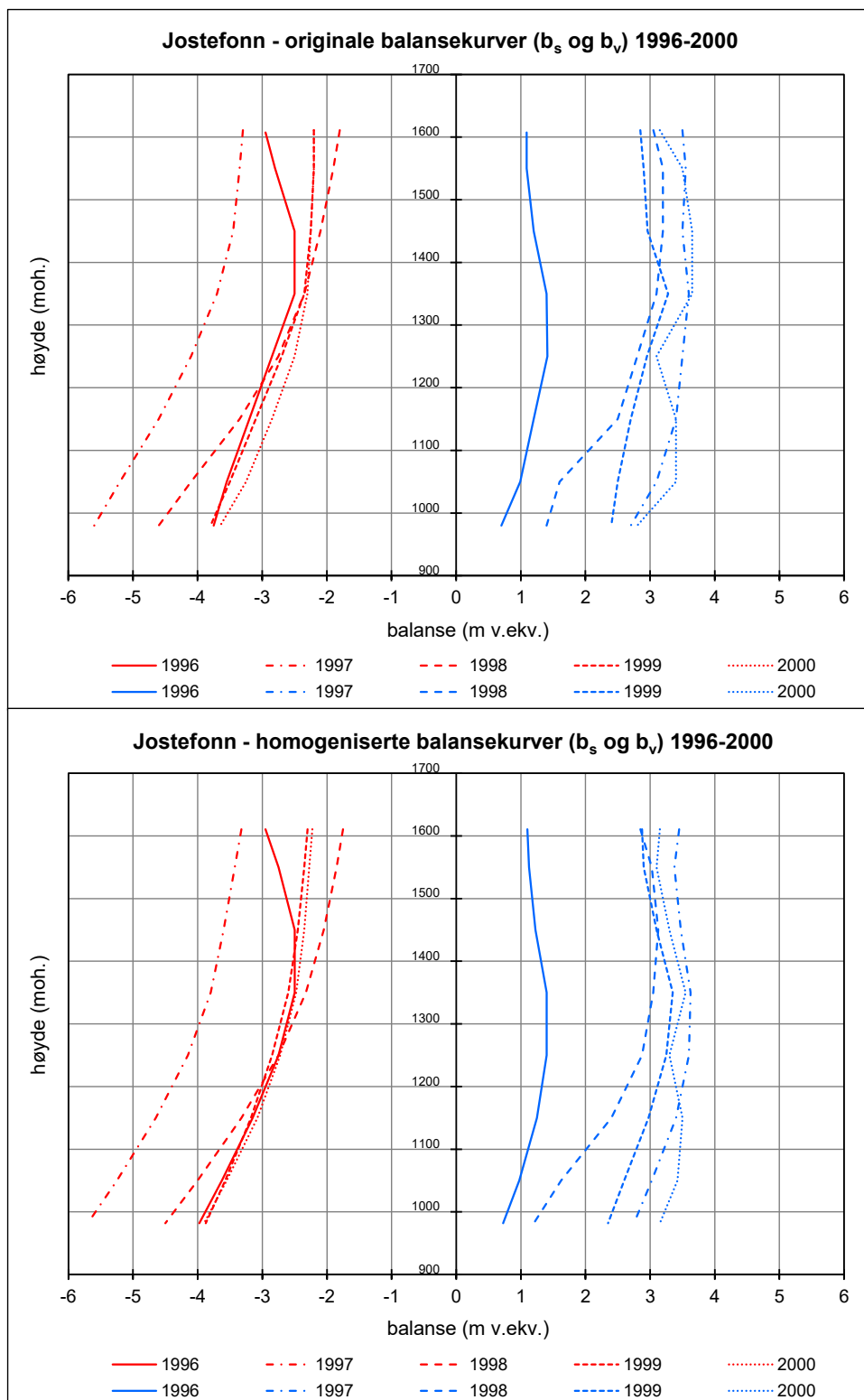
Ulike kurveforløp	$B_w$ (m v.ekv.)	$B_s$ (m v.ekv.)	$B_a$ (m v.ekv.)
Homogenisert serie	3.413	-3.957	-0.544
Scenario I (+0.2 m v.ekv.)	3.444	-3.957	-0.513
Scenario II (+0.4 m v.ekv.)	3.476	-3.957	-0.482
Scenario III (-0.2 m v.ekv.)	3.382	-3.957	-0.576
Scenario IV (-0.4 m v.ekv.)	3.350	-3.957	-0.607

Resultatene fra denne sammenligningen viser at ved å endre kurveforløpet som vist i figur 52, så endres vinterbalansen (og årlig balanse) med maksimalt  $\pm 0,063$  m v.ekv. Dette viser at valg av kurveforløp i høydeintervallene 1600-1621 moh., hvor spredningen er stor, og 1200-1300 og 1100-1200 moh., hvor det er få målinger, ikke påvirker den totale massebalansen nevneverdig.

Måleomfanget for 1997 er for øvrig et representativt år for hele måleperioden.

## Massebalanse – resultat

Årlige balansekurver basert på de originale og de homogeniserte verdiene for vinter- og sommerbalansen i perioden 1996-2000 er vist i figur. 53.



**Figur 53**  
Originale (øverst) og homogeniserte (nederst) balansekurver for vinterbalanse (blå linjer) og sommerbalanse (rød linjer) for 1996-2000.



Original og homogenisert massebalanseserie for Jostefonn 1997-2000 er vist i tabell 26 og figur 54.

**Tabell 26**  
**Original og homogenisert massebalanseserie for Jostefonn 1997-2000.**

År	Original massebalanseserie							Homogenisert massebalanseserie							Homogenisert med hensyn til					
	B <sub>w</sub>	B <sub>s</sub>	B <sub>a</sub>	ΣB <sub>a</sub>	ELA	AAR	DTM	Areal	B <sub>w</sub>	B <sub>s</sub>	B <sub>a</sub>	ΣB <sub>a</sub>	ELA	AAR	DTM	Areal	Metode	Tetthet	DTM <sub>repr</sub>	DTM <sub>ny</sub>
1996	1.19	-2.81	-1.63	-1.63	>1615	0	1993	3.81	1.20	-2.80	-1.60	-1.60	>1621	0	1993	3.88		x	x	
1997	3.45	-3.87	-0.42	-2.05	1400		1993	3.81	3.41	-3.96	-0.54	-2.14	1570	10	1993	3.88		x	x	
1998	2.84	-2.54	0.30	-1.75	1250	79	1993	3.81	2.78	-2.49	0.29	-1.85	1235	78	1993	3.88		x	x	
1999	2.92	-2.54	0.38	-1.37	1200	79	1993	3.81	3.02	-2.70	0.32	-1.53	1180	80	1993	3.88		x	x	
2000	3.49	-2.47	1.03	-0.34	1050	90	1993	3.81	3.33	-2.62	0.72	-0.82	1070	88	1993	3.88		x	x	

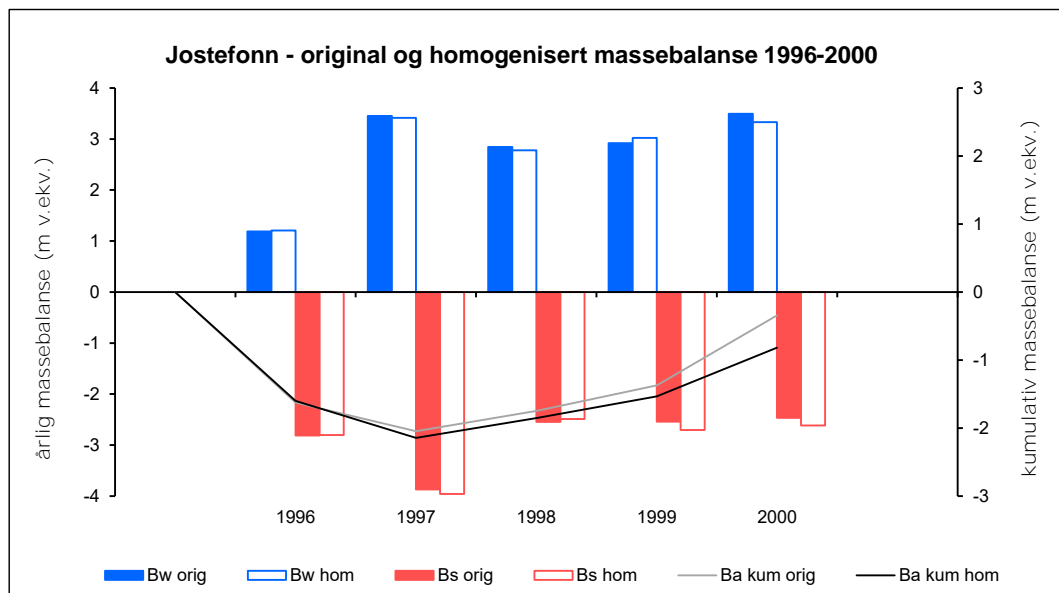
Metode - metodikken for beregning av vinter- og sommerbalanse er endret fra arealfordelte (planimeter) til høydefordelte verdier.

Tetthet - konverteringen fra snødyb til vannekvivalent er basert på en trendlinjemodell.

DTM<sub>repr</sub> - terrengmodellen er generert på nytt og ny høydefordeling er beregnet.

DTM<sub>ny</sub> - en nyere DTM er benyttet i beregningene.

Forskjellen mellom originale og homogeniserte verdier er liten. Vinterbalansen ble gjennomgående litt mindre og sommerbalansen litt større etter homogeniseringen. Den kumulative massebalansen for 1997-2000 ble endret fra -0,34 til -0,82 m v.ekv., hvilket betyr en gjennomsnittlig årlig endring på -0,095 m v.ekv.

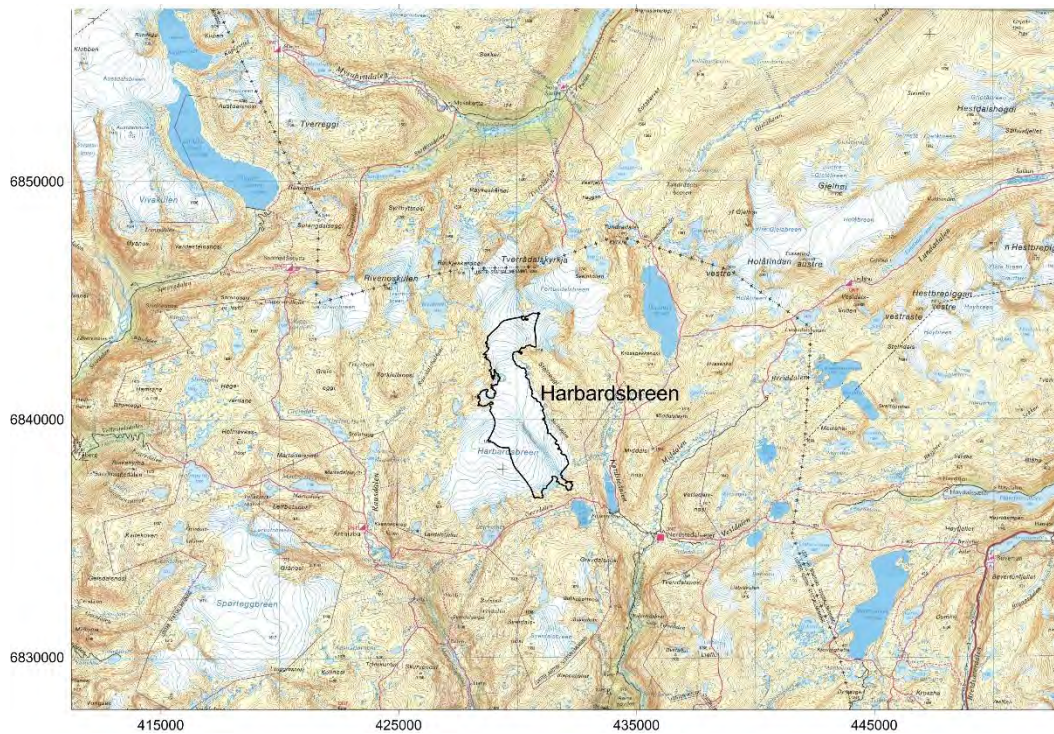


**Figur 54**  
**Original og homogenisert vinterbalanse (blå søyler) og sommerbalanse (rød søyler), samt kumulativ årlig balanse (grå og svart strek) for Jostefonn 1997-2000.**

### 3.3 Breheimen

Harbardsbreen er en platåbreen (25 km<sup>2</sup> i 2006) i Breheimen, mellom Jostedalsbreen i vest og Jotunheimen i øst. Massebalanseserien for et brefelt som også kalles Harbardsbreen (bre-ID 2514), er homogenisert og beskrevet (fig. 55).

Av andre undersøkelser på Harbardsbreen kan det nevnes at breendringer for periodene 1966-1996 og 1996-2010 er beregnet ved sammenligning av kart (Kjøllmoen, 1997 og Andreassen, 2013).



**Figur 55**  
Brefeltet på Harbardsbreen som drenerer østover til Fivlemyrane er homogenisert.

### 3.3.1 Harbardsbreen

Fra 1997 til 2001 ble massebalansen målt på brefeltet som drenerer østover (fig. 55), i denne sammenheng også kalt Harbardsbreen (Kjøllmoen og Engeset, 2003). En homogenisert massebalanseserie er beregnet for alle fem årene. En kartlegging fra 1996 viste at brefeltet hvor massebalansemålingene foregikk dekket et areal på 13,2 km<sup>2</sup> og strakk seg fra 1242 til 1978 moh. En senere kartlegging fra 2006 viste at brearealet var krympet til 11,4 km<sup>2</sup>, og at høydeintervallet gikk fra 1265 til 1957 moh. (Andreassen mfl., 2012).

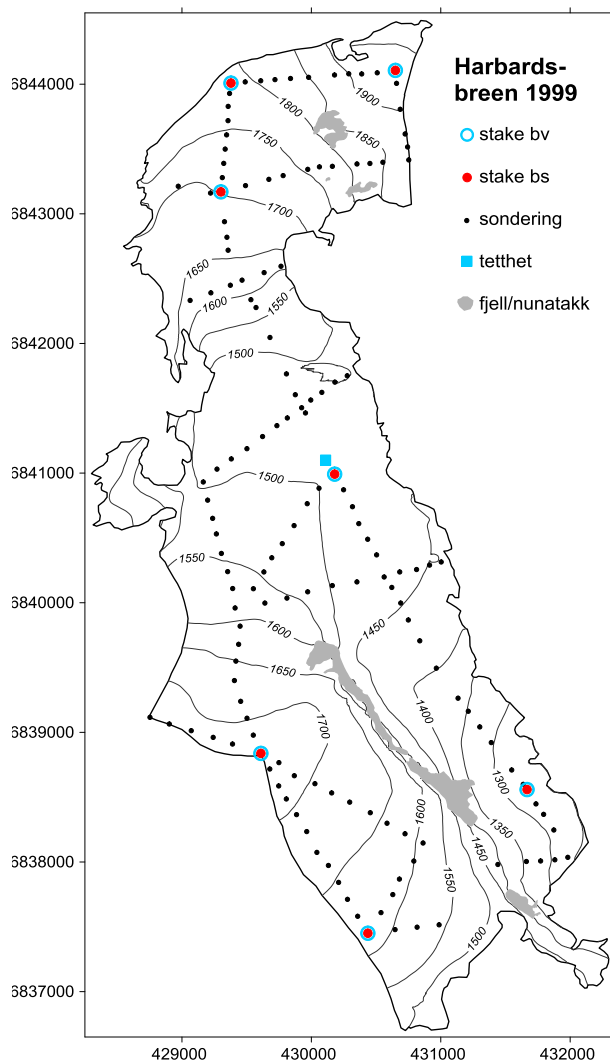


**Figur 56**  
Øvre del av Harbardsbreen fotografert 23. september 1998. Foto: Hallgeir Elvehøy.

## Massebalanse – felldata

Det er et par mangler i det dokumenterte datagrunnlaget for Harbardsbreen. For årene 1997 og 1998 finnes det ingen dokumentasjon på tetthetsmåling, og i 2000 ble tettheten målt ned til bare 1,5 m dyp.

Alle høydenivåer over hele breen var dekket med målepunkt. Antall sonderinger varierte mellom 142 og 185 med gjennomsnitt på 157. Smeltingen ble målt på sju til åtte staker, mens tetthet ble målt i én lokalitet i alle fem årene.



Lokalisering av målepunkt for snødyp, tetthet og smelting for 1999, som er et representativt år for måleperioden 1997-2001, er vist i figur 57. En oversikt over antall målinger for hele perioden er vist i tabell 27.

**Figur 57**  
Harbardsbreen 1999, et representativt år for måleperioden 1997-2001. Kartgrunnlag fra 1996.

**Tabell 27**  
Oversikt over antall målinger på Harbardsbreen i perioden 1997-2001.

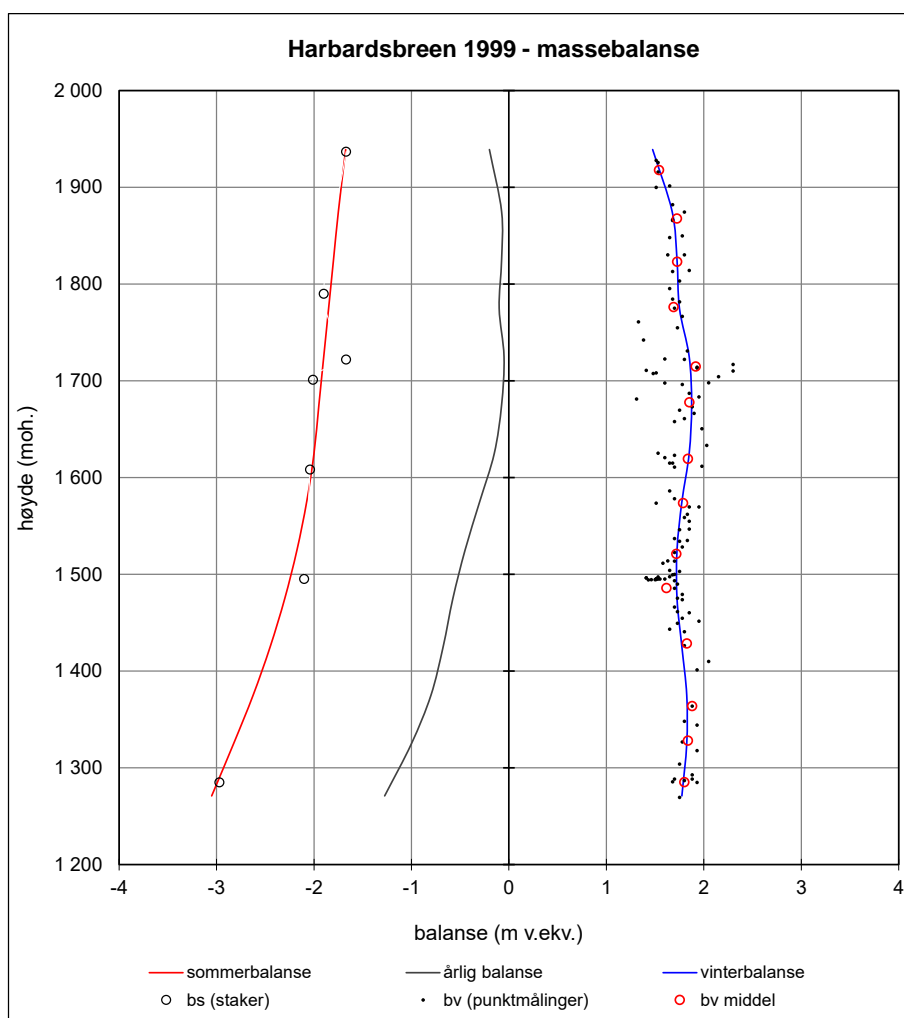
År	Staker		Tetthet	Sond.	Data-kvalitet	Anmerkning	
	b <sub>w</sub>	b <sub>s</sub>					b <sub>a</sub>
1997	6	7	7	1	185	God	Snømålinger både 9. og 19. mai.
1998	4	8	8	1	142	God	
1999	7	7	8	1	154	God	
2000	8	8	8	1	148	Middels	Tetthetsmåling ned til bare 1.5 m dyp.
2001	8	8	8	1	154	God	

## Massebalanse – beregning

I den originale måleserien er konvertering fra snødyp til vannekvivalent utført med den såkalte «Laumann-modellen». I homogeniseringsprosessen er ett av målene å foreta konverteringen med en trendlinjemodell. På grunn av manglende dokumentasjon er det ikke mulig å beregne trendlinjemodell for årene 1997 og 1998. I 2000 ble tettheten målt ned til bare 1,5 m, og konverteringen ble derfor foretatt med tetthetsprøven fra Austdalsbreen. Ettersom det er mulig å beregne trendlinjemodell fra kun to av fem år er det valgt å bruke de originale vannverdiene fra «Laumann-modellen» også i homogeniseringen.

Høsten 2000 forekom det noe smelting etter minimumsmåling den 13. september. I originalberegningene ble denne smeltingen tillagt vinterbalansen for 2001. I homogeniseringen er smeltingen lagt til sommerbalansen for 2000.

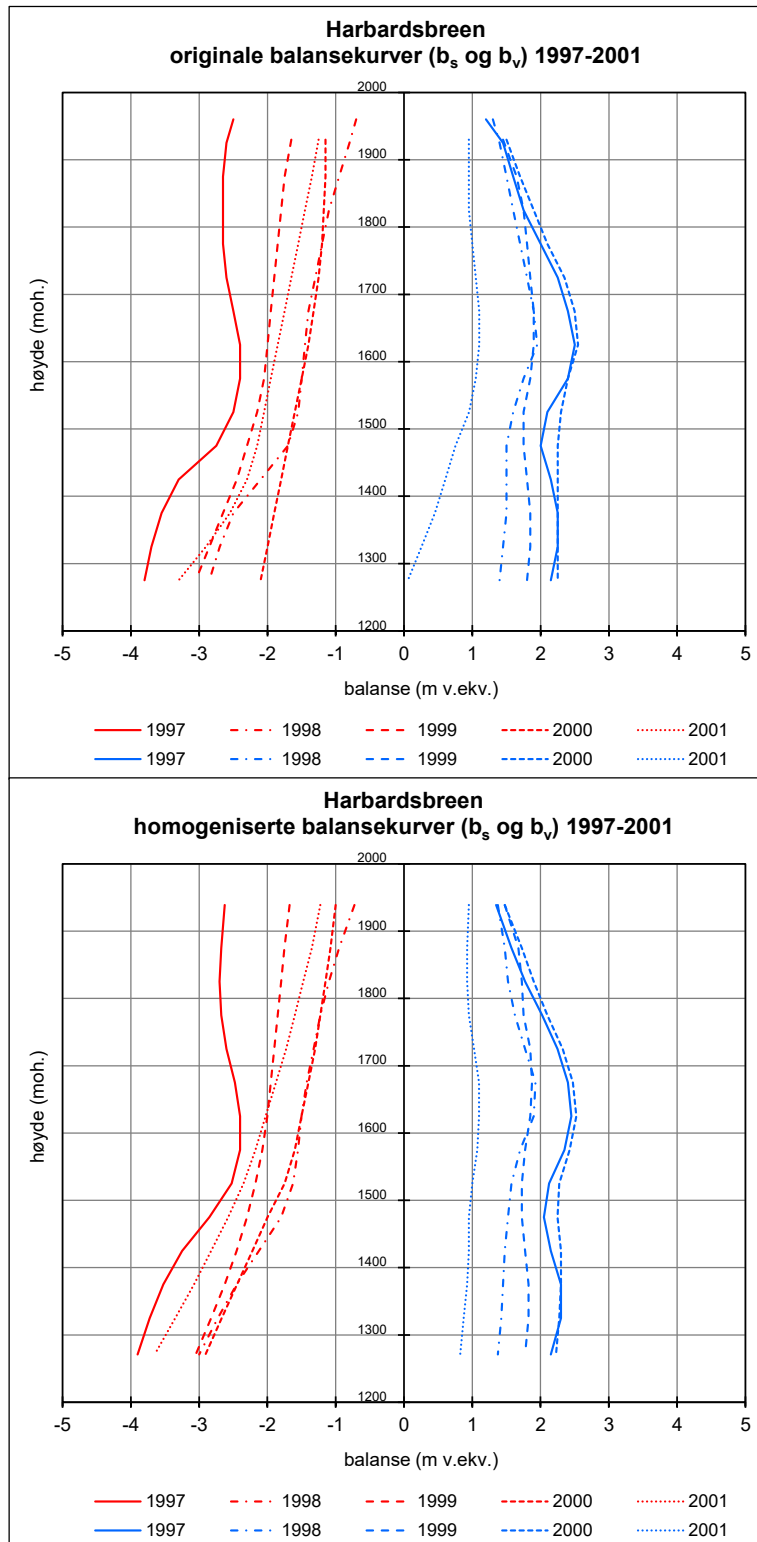
Punktmålinger og kurver for vinterbalanse, sommerbalanse og årlig balanse for 1999, som er et representativt år for hele måleperioden, er vist i figur 58.



**Figur 58**  
Balansekurver for sommerbalanse (rød), årlig balanse (svart) og vinterbalanse (blå) for 1999. Punktverdier for sommerbalanse (○), vinterbalanse (•) samt midlere vinterbalanse for hver 50 m høydeintervall (○) er også plottet.

## Massebalanse – resultat

Årlige balansekurver basert på de originale og de homogeniserte verdiene for vinter- og sommerbalansen i perioden 1997-2001 er vist i figur. 59.



**Figur 59**  
Originale (øverst) og homogeniserte (nederst) balansekurver for vinterbalanse (blå linjer) og sommerbalanse (rød linjer) for 1997-2001.

Original og homogenisert massebalanseserie for Harbardsbreen 1997-2001 er vist i tabell 28 og figur 60.

**Tabell 28**  
Original og homogenisert massebalanseserie for Harbardsbreen 1997-2001.

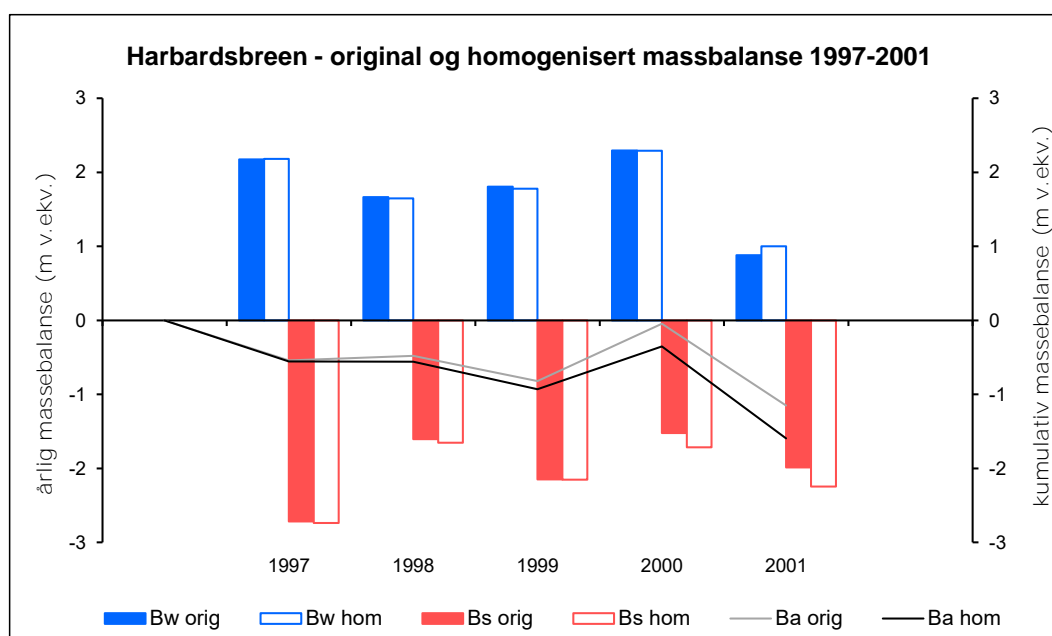
År	Original massebalanseserie								Homogenisert massebalanseserie								Homogenisert med hensyn til		
	B <sub>w</sub>	B <sub>s</sub>	B <sub>a</sub>	ΣB <sub>a</sub>	ELA	AAR	DTM	Areal	B <sub>w</sub>	B <sub>s</sub>	B <sub>a</sub>	ΣB <sub>a</sub>	ELA	AAR	DTM	Areal	Metode	Tetthet	DTM <sub>repr</sub>
1997	2.17	-2.72	-0.54	-0.54	>1970	0	1996	13.16	2.18	-2.74	-0.55	-0.55	Undef.	0	1996	13.17			x
1998	1.66	-1.60	0.06	-0.48	1500	75	1996	13.16	1.65	-1.65	0.00	-0.56	1535	56	1996	13.17			x
1999	1.81	-2.15	-0.34	-0.82	>1960	0	1996	13.16	1.78	-2.15	-0.37	-0.93	>1978	0	1996	13.17			x
2000	2.30	-1.52	0.77	-0.04	1250	100	1996	13.16	2.29	-1.71	0.58	-0.35	1405	90	1996	13.17			x
2001	0.88	-1.99	-1.11	-1.15	>1960	0	1996	13.16	1.00	-2.24	-1.24	-1.59	>1978	0	1996	13.17			x

Metode - metodikken for beregning av vinter- og sommerbalanse er endret fra arealfordelte (planimeter) til høydefordelte verdier.

Tetthet - konverteringen fra snødyb til vannekvivalent er basert på en trendlinjemodell.

DTM<sub>repr</sub> - DTM er reproduisert og ny høyde- arealfordeling er beregnet.

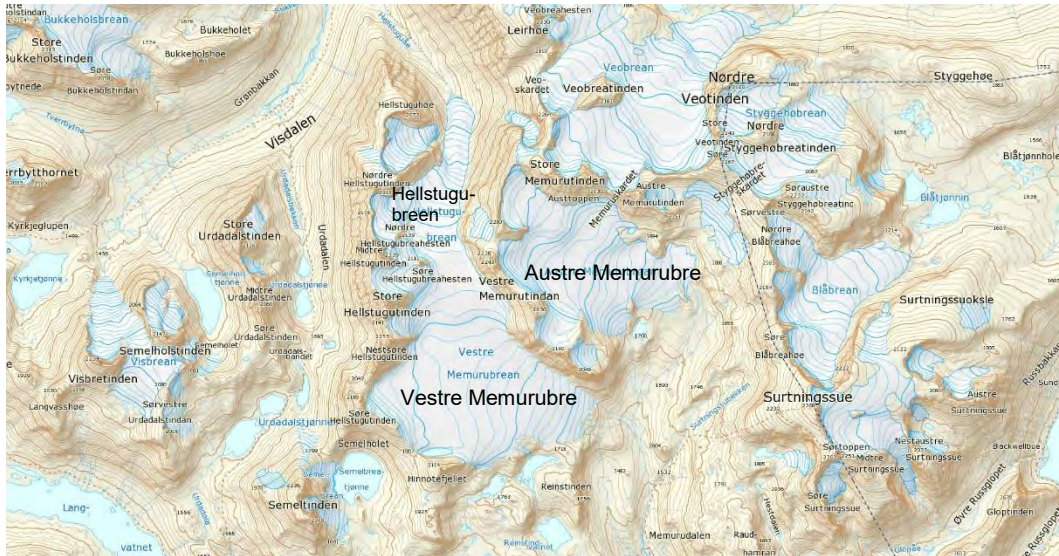
Forskjellene mellom originale og homogeniserte årlige balanseverdier er små (<0,06 m v.ekv.) for de tre første årene, og noe større for de to siste årene (0,20 og 0,14 m v.ekv.). Generelt ble vinterbalansen omtrent uendret, mens sommerbalansen ble litt større etter homogeniseringen. Den kumulative massebalansen for 1997-2001 ble endret fra -1,15 til -1,59 m v.ekv., hvilket betyr en gjennomsnittlig årlig endring på -0,088 m v.ekv.



**Figur 60**  
Original og homogenisert vinterbalanse (blå søyler) og sommerbalanse (rød søyler), samt kumulativ årlig balanse (grå og svart strek) for Harbardsbreen 1997-2001.

### 3.4 Jotunheimen

Massebalanseseriene til to brefelt sentralt beliggende i Jotunheimen, Vestre- og Austre Memurubre, er homogenisert og beskrevet (fig. 61). En reanalyse av måleseriene for tre andre brefelt i Jotunheimen, Storbreen, Hellstugubreen og Gråsubreen, er beskrevet i Andreassen m.fl. (2016).



Figur 61  
Brefeltene Vestre- og Austre Memurubreen i Jotunheimen er homogenisert.

### 3.4.1 Vestre Memurubreen

Vestre Memurubreen (bre-ID 2772) er en dalbreen som deler isskille med Høllstugubreen i nord (fig. 61). Massebalansen ble målt i fem år, fra 1968 til 1972 (Tvede, 1974). En homogenisert massebalanseserie er beregnet for alle fem årene. En kartlegging fra 1966 viste at breen på denne tiden dekket et areal på 9,2 km<sup>2</sup> og strakk seg fra 1565 til 2270 moh. En senere kartlegging fra 2003 viste at brearealet var krympet til 8,6 km<sup>2</sup>, og at høydeintervallet gikk fra 1631 til 2229 moh. (Andreassen mfl., 2012).

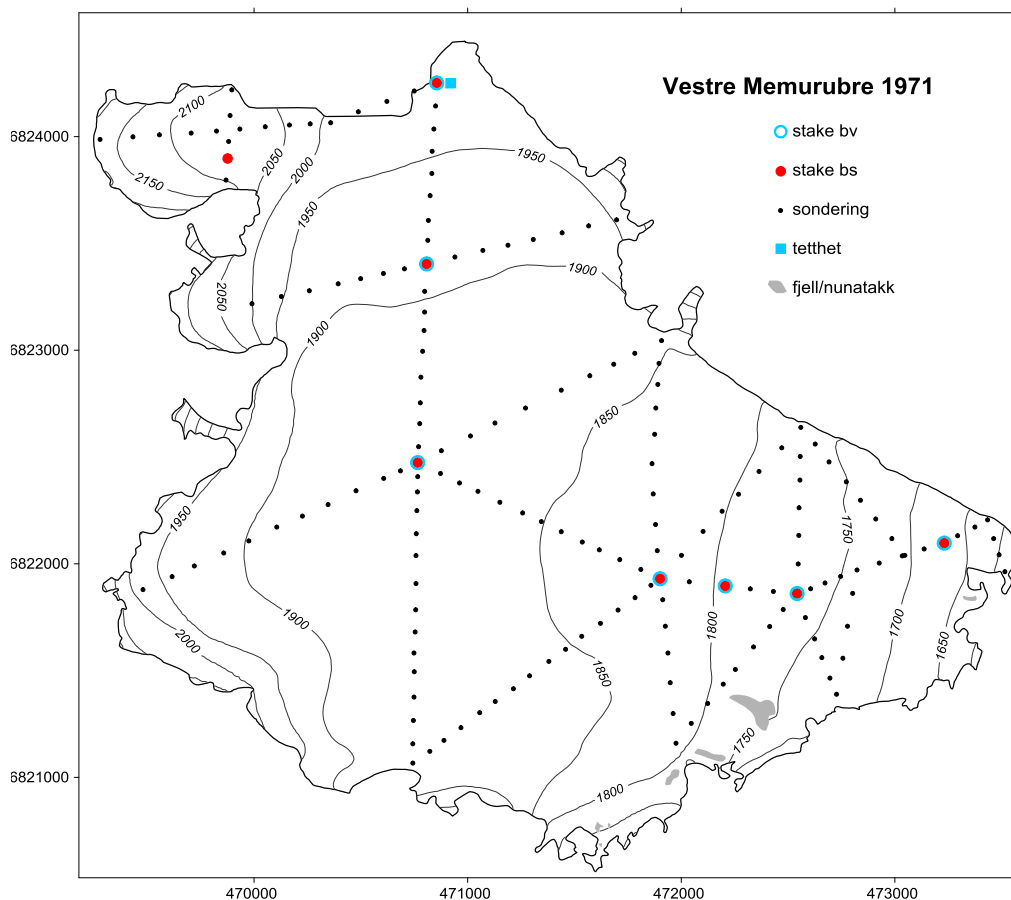


Figur 62  
Vestre Memurubreen fotografert mot nord, ukjent årstall. Foto: Fjellanger Widerøe.

## Massebalanse – felldata

I de bratteste områdene over 2175 moh. finnes det ikke måledata for verken snødyp eller smelting for noen av årene (fig. 63). For årene 1968 og 1969 ble det ikke gjort målinger over 1960 moh. Antallet sonderinger varierte mellom 83 og 195 med gjennomsnitt på 148, mens smeltingen ble målt på seks til ni staker. Snøens tetthet ble målt i én lokalitet med unntak av 1972 da det ikke ble målt tetthet. Dette året ble tetthetsmålingen fra Austre Memurubre også brukt på Vestre Memurubre.

Lokalisering av målepunkt for snødyp, tetthet og smelting for 1971, som er et representativt år for hele måleperioden 1968-72, er vist i figur 63. En oversikt over antall målinger for hele perioden er vist i tabell 29.



**Figur 63**  
Vestre Memurubre 1971, et representativt år for måleperioden 1968-72. Kartgrunnlag fra 1966.

**Tabell 29**  
Oversikt over antall målinger på Vestre Memurubre i perioden 1968-72.

År	Staker			Tetthet	Sond.	Data- kvalitet	Anmerkning
	b <sub>w</sub>	b <sub>s</sub>	b <sub>a</sub>				
1968	0	6	3	1	83	Middels	Snømålinger medio april og tilleggsakkumulasjon målt 3. juni.
1969	9	9	7	1	195	Middels	Snømålinger 7.-8. mai og tilleggsakkumulasjon målt 5. juni.
1970	3	8	7	1	106	God	Snømålinger 2. april og tilleggsakkumulasjon beregnet fram til 3. juni.
1971	7	8	8	1	175	God	Snømålinger 4.-5. mai. Ingen tilleggsakkumulasjon målt eller beregnet.
1972	2	8	8	0	180	God	Snømålinger 25. april. Ingen tilleggsakkumulasjon målt eller beregnet.

I årene 1968-70 ble det i tillegg til ordinære snømålinger foretatt målinger av tilleggsakkumulasjon. I originalberegningene er denne tilleggsakkumulasjonen tatt med som en



del av vinterbalansen for disse tre årene. En oversikt over måling og behandling av tilleggsakkumulasjonen er vist i tabell 30.

**Tabell 30**

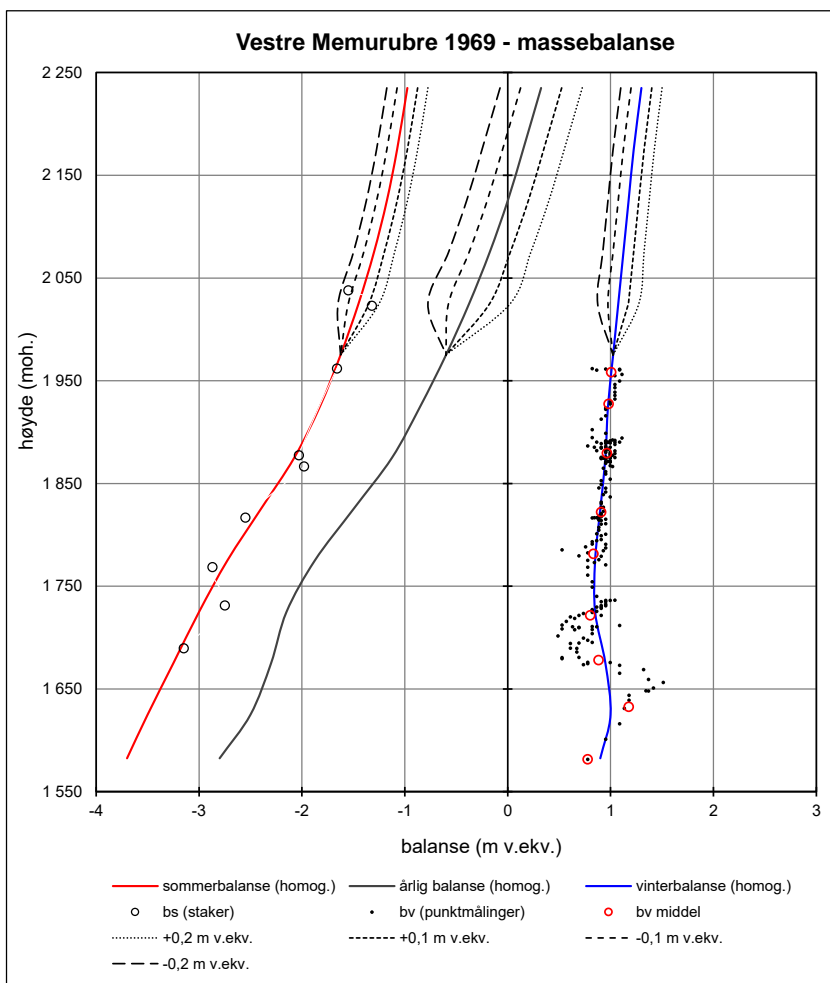
**Dato for ordinær snømåling, dato og informasjon om målt tilleggsakkumulasjon, og hvorvidt tilleggsakkumulasjonen er regnet som del av vinterbalansen i den homogeniserte serien.**

Snømåling Dato	Tilleggsakkumulasjon		Till.akk. medregnet	
	Dato	Målinger	Orig. serie	Homog. serie
Medio april 1968	03.06.	ukjent antall staker	ja	nei
07.-08.05.1969	05.06.	ukjent antall staker	ja	nei
02.04.1970	03.06.	met. observasjoner	ja	nei

### Massebalanse – beregning

For årene 1968 og 1969 er måling og beregning av tilleggsakkumulasjon godt dokumentert. I 1970 ble tilleggsakkumulasjonen estimert ut fra meteorologiske observasjoner fra nærliggende stasjoner. I originalserien er dette tillegget tatt med som en del av vinterbalansen og er estimert til 0,10 m v.ekv. for 1968 og 1969 og 0,05 m v.ekv. for 1970. I homogeniseringsprosessen derimot, er tilleggsakkumulasjonen ikke tatt med i vinterbalansen for noen av årene, og blir dermed en del av sommerbalansen.

I de høyereliggende, bratte områdene i vest (fig. 63) er det lite eller ingen måledata over 1960 moh. Kurveforløpet i de fem øverste høydeintervallene mellom 2000 og 2270 moh. er dermed sensibelt mht. enkeltmålinger. Arealet i disse høydeintervallene utgjør 0,77 km<sup>2</sup>, eller 8 % av brefeltets totale areal. En variasjon av balanseverdiene i disse intervallene betyr derfor lite for breens totale massebalanse. Dette er vist i figur 64 og tabell 31, der kurveforløpene fra den homogeniserte måleserien i 1969 er sammenlignet med andre mulige kurveverdier. I scenario I er vinter- og sommerbalanseverdiene i de nevnte høydeintervallene økt med 0,1 m v.ekv., i scenario II økt med 0,2 m, i scenario III senket med 0,1 m og i scenario IV senket med 0,2 m v.ekv.



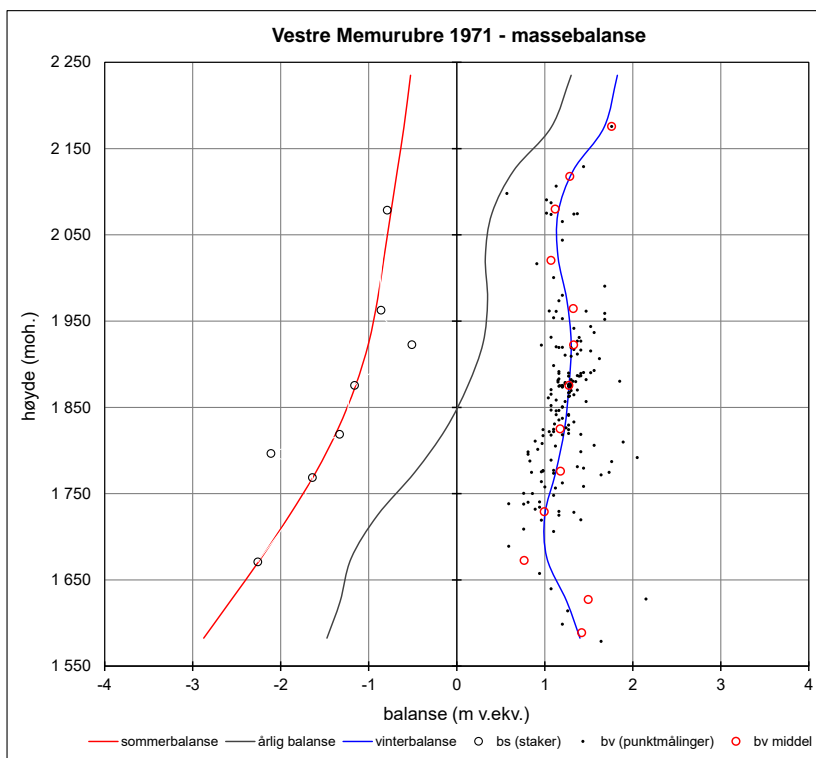
**Figur 64**  
**Homogeniserte (heltrukne linjer) balansekurver for sommerbalanse (rød), årlig balanse (svart) og vinterbalanse (blå) for 1969. Balansekurvene er sammenlignet med ulike kurveforløp (stiplede linjer) i de fem øverste høydeintervallene mellom 2000 og 2270 moh. De målte punktverdiene for sommerbalanse (○) og vinterbalanse (●), samt middelverdier for vinterbalansen (○) innenfor hver 50 m høydeintervall er også plottet.**

**Tabell 31**  
**Vinter- ( $B_w$ ), sommer- ( $B_s$ ) og årlig ( $B_a$ ) balanse i 1969 ved ulike kurveforløp i høydeintervallene mellom 2000 og 2270 moh. hvor det er få eller ingen målinger.**

Ulike kurveforløp	$B_w$ (m v.ekv.)	$B_s$ (m v.ekv.)	$B_a$ (m v.ekv.)
Homogenisert serie	0.95	-2.14	-1.19
Scenario I (+0.1 m v.ekv.)	0.96	-2.13	-1.17
Scenario II (+0.2 m v.ekv.)	0.97	-2.12	-1.15
Scenario III (-0.1 m v.ekv.)	0.95	-2.15	-1.20
Scenario IV (-0.2 m v.ekv.)	0.94	-2.16	-1.22

Resultatene fra denne sammenligningen viser at ved å endre kurveforløpet som vist i figur 64, så endres den årlige balansen med maksimalt  $\pm 0,034$  m v.ekv. Dette viser at valg av kurveforløp i de øverste fem høydeintervallene mellom 2000 og 2270 moh. ikke påvirker den totale massebalansen nevneverdig.

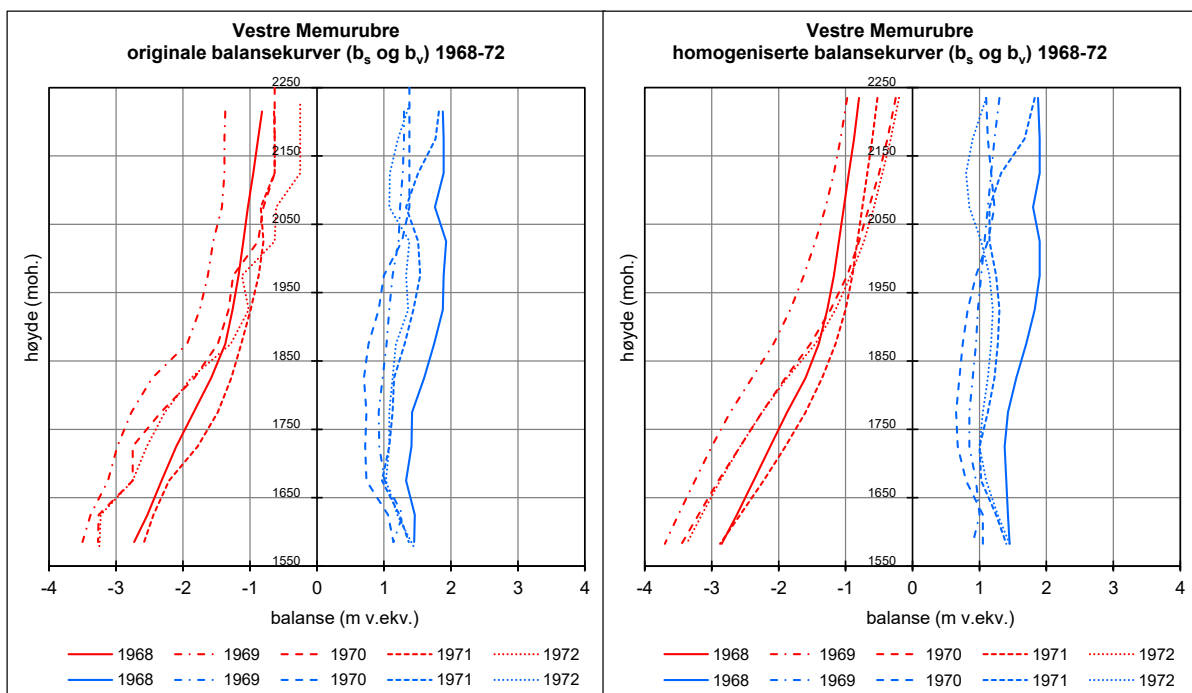
Punktmålinger og kurver for vinterbalanse, sommerbalanse og årlig balanse for 1971, som er et mer representativt år enn 1969, er vist i figur 65.



**Figur 65**  
Balansekurver for sommerbalanse (rød), årlig balanse (svart) og vinterbalanse (blå) for 1971. Punktverdier for sommerbalanse (○), vinterbalanse (•) samt midlere vinterbalanse for hver 50 m høydeintervall (○) er også plottet.

#### Massebalanse – resultat

Årlige balansekurver basert på de originale og de homogeniserte verdiene for vinter- og sommerbalansen i perioden 1968-72 er vist i figur. 66.



**Figur 66**  
Originale (venstre) og homogeniserte (høyre) balansekurver for vinterbalanse (blå linjer) og sommerbalanse (rød linjer) for 1968-72.

Forskjellene mellom originale og homogeniserte årlige verdier er relativt små (<0,14 m v.ekv.). Vinterbalansen ble gjennomgående litt mindre og sommerbalansen litt større etter homogeniseringen. Den kumulative massebalansen for 1968-72 ble endret fra -1,78 til -2,20 m v.ekv., hvilket betyr en gjennomsnittlig årlig endring på -0,084 m v.ekv.

Original og homogenisert massebalanseserie for Vestre Memurubre 1968-72 er vist i tabell 32 og figur 67.

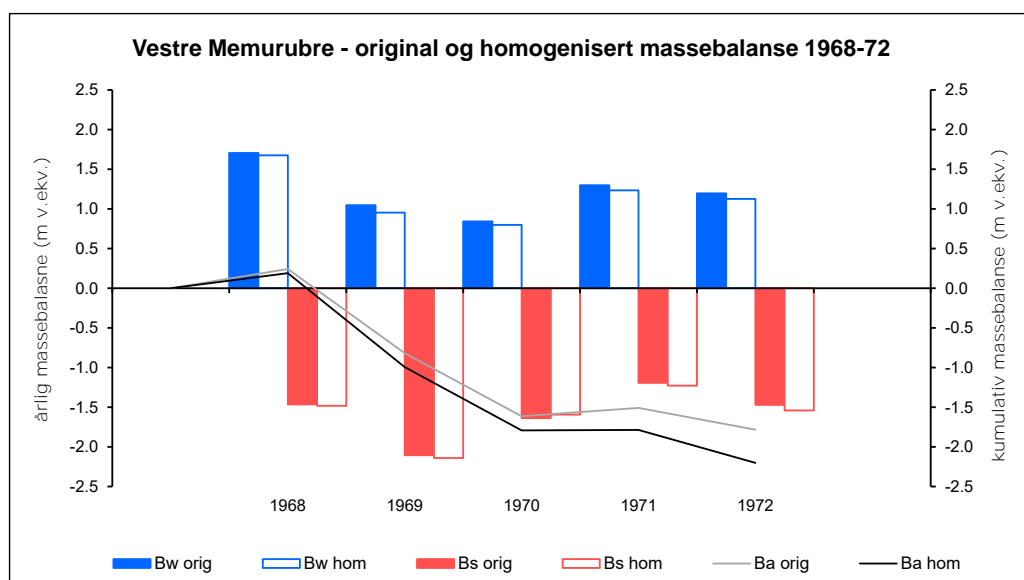
**Tabell 32**  
**Original og homogenisert massebalanseserie for Vestre Memurubre 1968-72.**

År	Original massebalanseserie							Homogenisert massebalanseserie							Homogenisert med hensyn til				
	B <sub>w</sub>	B <sub>s</sub>	B <sub>a</sub>	ΣB <sub>a</sub>	ELA	AAR	DTM	Areal	B <sub>w</sub>	B <sub>s</sub>	B <sub>a</sub>	ΣB <sub>a</sub>	ELA	AAR	DTM	Areal	Metode	Tetthet	DTM <sub>dig</sub>
1968	1.70	-1.46	0.24	0.24	1820		1966	9.05	1.67	-1.48	0.19	0.19	1830	75	1966	9.17	x	x	x
1969	1.05	-2.11	-1.06	-0.82	2170		1966	9.05	0.95	-2.14	-1.19	-0.99	2125	2	1966	9.17	x	x	x
1970	0.84	-1.64	-0.80	-1.61	1990		1966	9.01	0.80	-1.59	-0.80	-1.79	1980	11	1966	9.17	x		x
1971	1.30	-1.19	0.10	-1.51	1850		1966	9.05	1.23	-1.23	0.00	-1.79	1845	69	1966	9.17	x		x
1972	1.20	-1.47	-0.27	-1.78	1885		1966	8.96	1.13	-1.54	-0.41	-2.20	1915	26	1966	9.17	x		x

Metode - metodikken for beregning av vinter- og sommerbalanse er endret fra arealfordelte (planimeter) til høydefordelte verdier.

Tetthet - konverteringen fra snødyp til vannekvivalent er basert på en trendlinjemodell.

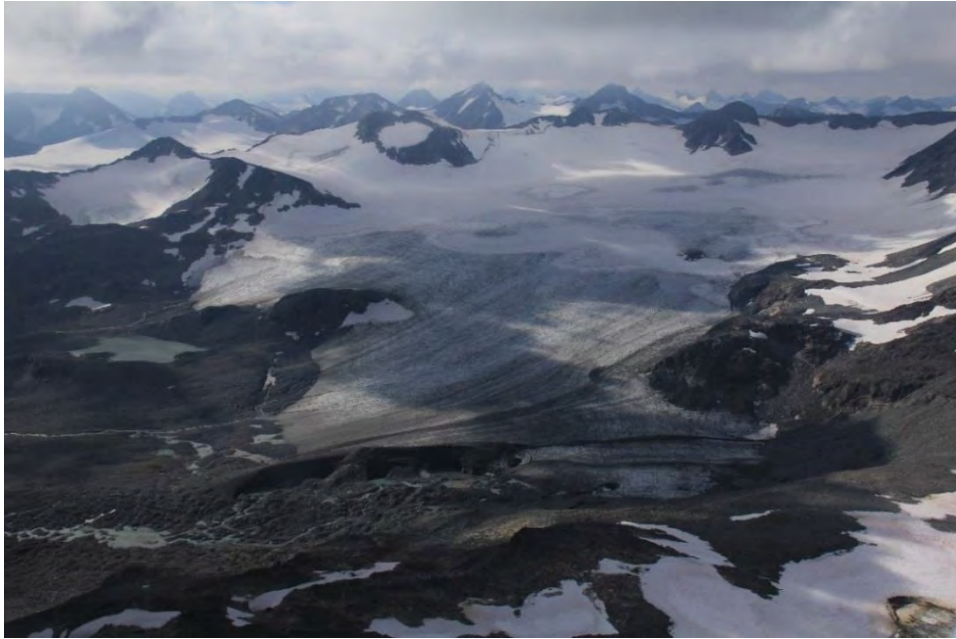
DTM<sub>dig</sub> - papirkart er digitalisert og ny høydefordeling er beregnet.



**Figur 67**  
**Original og homogenisert vinterbalanse (blå søyler) og sommerbalanse (rød søyler), samt kumulativ årlig balanse (grå og svart strek) for Vestre Memurubre 1968-72.**

### 3.4.2 Austre Memurubre

Austre Memurubre (bre-ID 2769) er en selvstendig dalbre nordøst for Vestre Memurubre (fig. 61). Massebalansen ble målt i fem år, fra 1968 til 1972 (Tvede, 1974). En homogenisert massebalanseserie er beregnet for alle fem årene. Da målingene ble utført besto Austre Memurubre av én breenhet (bre-ID 2769), og i 1966 dekket breen et areal på 8,7 km<sup>2</sup> og strakk seg fra 1627 til 2277 moh. Senere har breen krympet, og en kartlegging fra 2003 viste at den nordøstlige delen av breen var adskilt fra hovedbreen og splittet i to mindre breenheter (bre-ID 2765 og 2766). I 2003 var arealet av de tre breenhetene til sammen 6,7 km<sup>2</sup> (Andreassen mfl., 2012).



**Figur 68**  
Austre Memurubre fotografert 20. september 2016. Foto: Hallgeir Elvehøy.

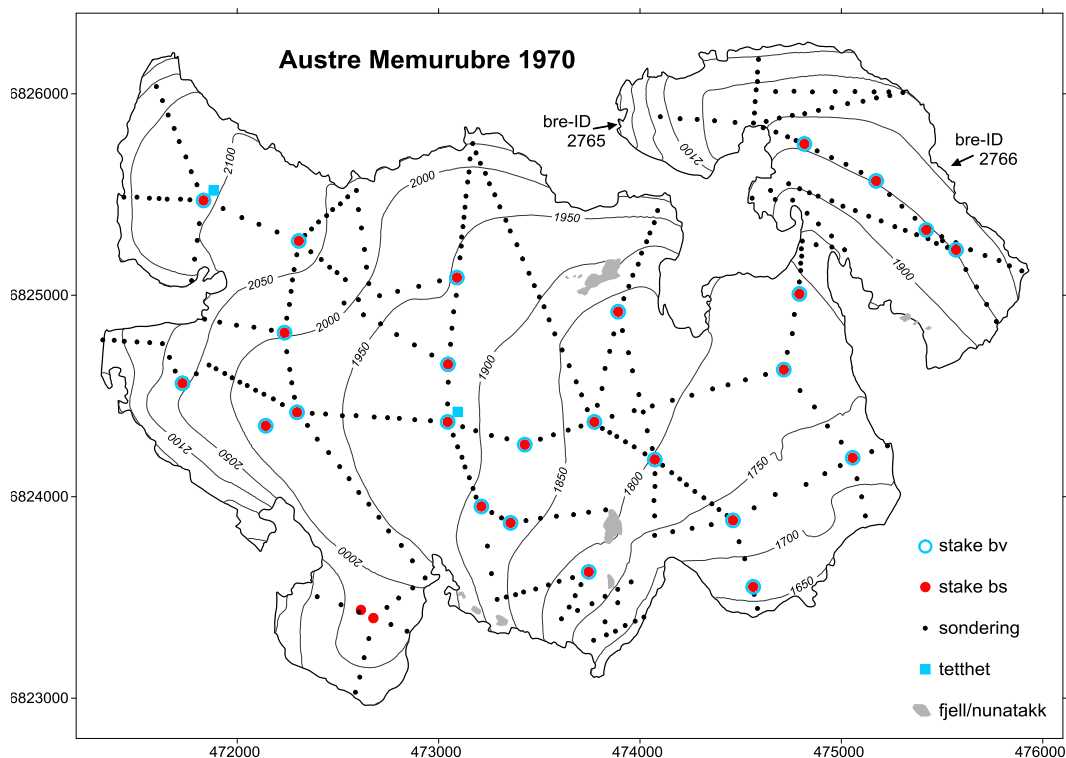
#### Massebalanse – feltdata

I de bratteste områdene over 2105 moh. finnes ikke stakedata for noen av årene (fig. 70). Sondring av snødyp ble gjort opp til ca. 2200 moh. og antallet varierte mellom 238 og 540 med gjennomsnitt på 350. Smeltingen ble målt på 16-27 staker med gjennomsnitt på 23 staker. Snøens tetthet ble målt i to-tre lokaliteter.

Lokalisering av målepunkt for snødyp, tetthet og smelting for 1970, som er et representativt år for måleperioden 1968-72, er vist i figur 70. En oversikt over antall målinger for hele perioden er vist i tabell 33.



**Figur 69**  
Minimumsmåling på Austre Memurubre 2. oktober 1970. Foto: NVE.



**Figur 70**  
Austre Memurubre 1970, et representativt år for måleperioden 1968-72. Kartgrunnlag fra 1966. Etter 1966 har breen krympet, og en kartlegging fra 2003 viste at nordøstlige delen var adskilt fra resten av breen og splittet i to nye breenheter (bre-ID 2765 og 2766).

**Tabell 33**  
Oversikt over antall målinger på Austre Memurubre i perioden 1968-72.

År	Staker			Tetthet Sond.	Data-kvalitet	Anmerking	
	$b_w$	$b_s$	$b_a$				
1968	0	16	21	2	315	God	Snømålinger 10.-14. april og tilleggsakkumulasjon målt 3. juni.
1969	24	27	27	3	540	God	Snømålinger 9.-11. mai og tilleggsakkumulasjon målt 5. juni.
1970	25	27	27	2	390	God	Snømålinger 1. april og tilleggsakkumulasjon beregnet fram til 3. juni.
1971	21	21	21	2	265	God	Snømålinger 4.-5. mai. Ingen tilleggsakkumulasjon målt eller beregnet.
1972	25	25	25	2	238	God	Snømålinger 23.-25. april. Ingen tilleggsakkumulasjon målt eller beregnet.

I årene 1968-70 ble det i tillegg til ordinære snømålinger foretatt målinger av tilleggsakkumulasjon. I originalberegningene er denne tilleggsakkumulasjonen tatt med som en del av vinterbalansen for disse tre årene. En oversikt over måling og behandling av tilleggsakkumulasjonen er vist i tabell 34.

**Tabell 34**  
Dato for ordinær snømåling, dato og informasjon om målt tilleggsakkumulasjon, og hvorvidt tilleggsakkumulasjonen er regnet som del av vinterbalansen i den homogeniserte serien.

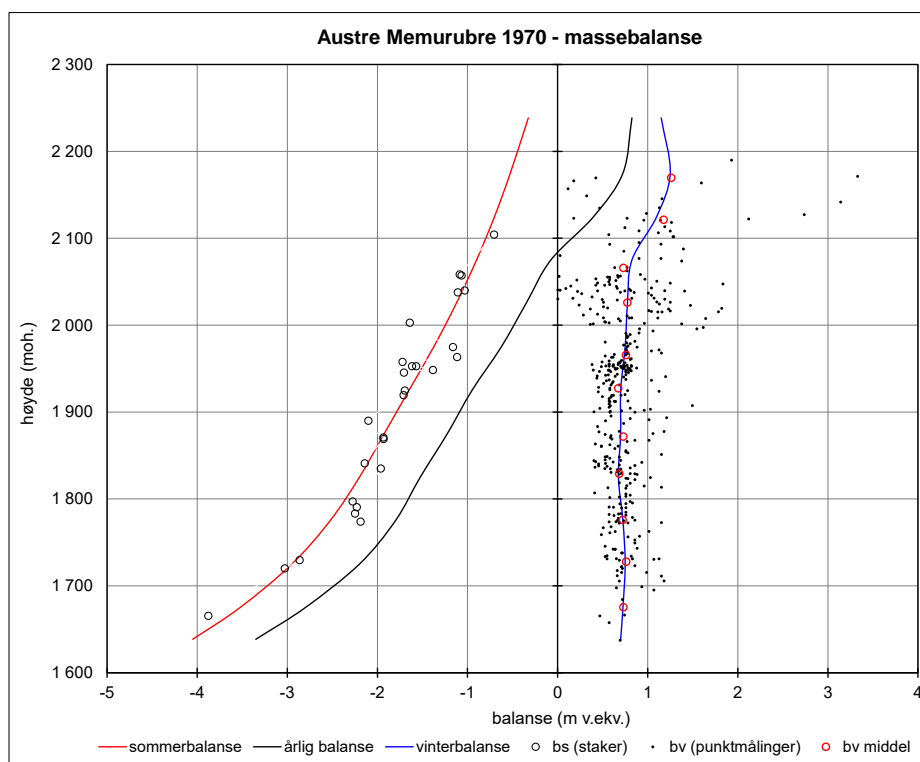
Snømåling Dato	Tilleggsakkumulasjon		Till.akk. medregnet	
	Dato	Målinger	Orig. serie	Homog. serie
10.-14.04 1968	03.06.	ukjent antall staker	ja	nei
09.-11.05.1969	05.06.	ukjent antall staker	ja	nei
01.04.1970	03.06.	met. observasjoner	ja	nei

## Massebalanse – beregning

For årene 1968 og 1969 er måling og beregning av tilleggsakkumulasjon godt dokumentert. I 1970 ble tilleggsakkumulasjonen estimert ut fra meteorologiske observasjoner fra nærliggende stasjoner. I originalserien er dette tillegget tatt med som en del av vinterbalansen og er estimert til 0,10 m v.ekv. for 1968 og 1969 og 0,05 m v.ekv. for 1970. I homogeniseringsprosessen derimot, er tilleggsakkumulasjonen ikke tatt med i vinterbalansen for noen av årene, og blir dermed en del av sommerbalansen.

I de bratteste områdene av breen er det ingen stakedata for smelting over 2105 moh., og lite eller ingen snødypmålinger over 2200 moh. Arealet i de to høydeintervallene (2150-2200 og 2200-2277 moh.) med lite eller ingen målinger utgjør 0,25 km<sup>2</sup>, eller 3 % av brefeltets totale areal. En variasjon av balanseverdiene i disse intervallene på ±0,4 m v.ekv. utgjør så lite som 0,01 m v.ekv. for breens totale massebalanse. Usikkerheten i kurveforløpet i de to øverste høydeintervallene som følge av lite eller ingen målinger er dermed uten betydning.

Punktmålinger og kurver for vinterbalanse, sommerbalanse og årlig balanse for 1970, som er et representativt år for hele måleperioden, er vist i figur 71.

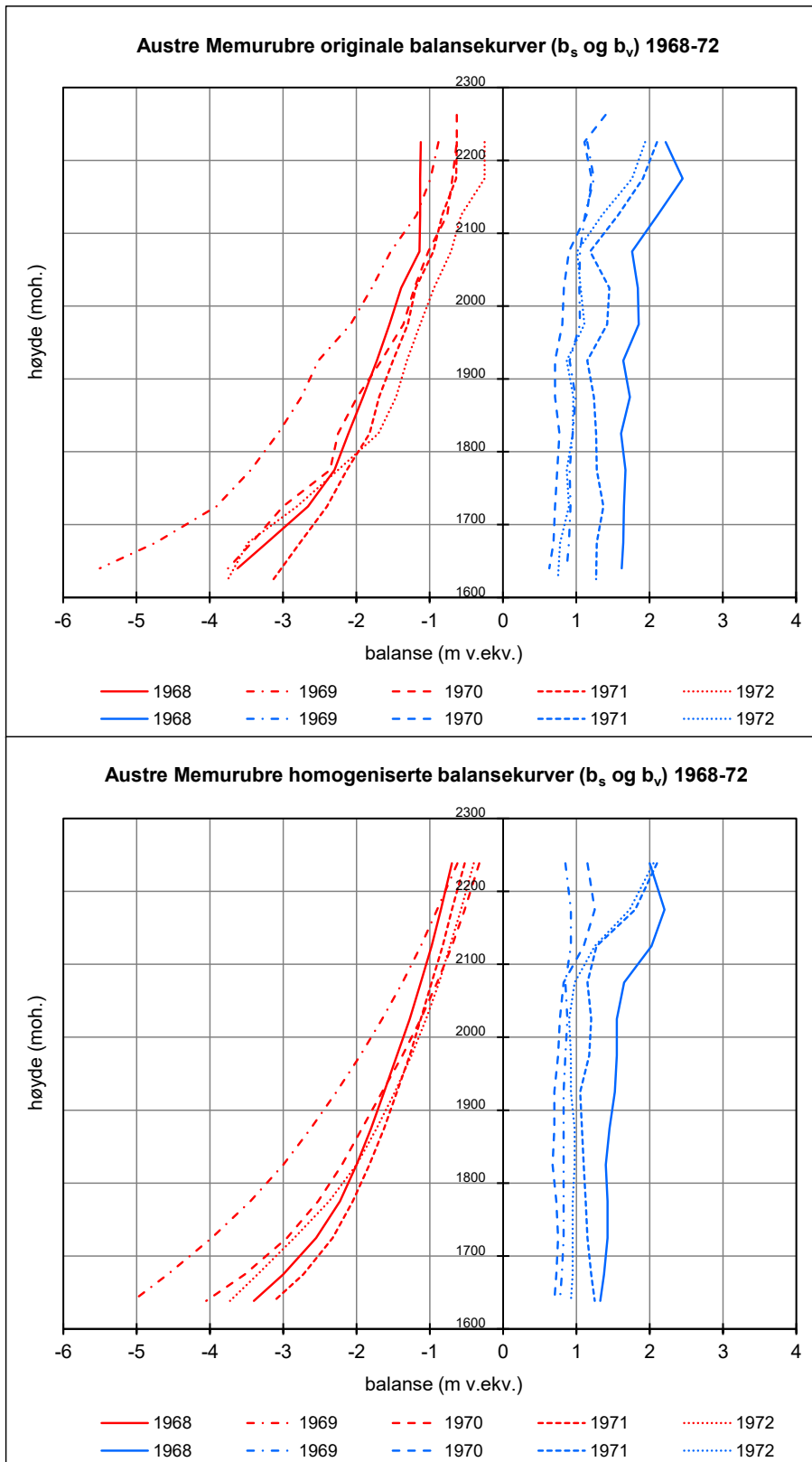


**Figur 71**

Balansekurver for sommerbalanse (rød), årlig balanse (svart) og vinterbalanse (blå) for 1970. Punktverdier for sommerbalanse (○), vinterbalanse (●) samt midlere vinterbalanse for hver 50 m høydeintervall (○) er også plottet.

## Massebalanse – resultat

Årlige balansekurver basert på de originale og de homogeniserte verdiene for vinter- og sommerbalansen i perioden 1968-72 er vist i figur 72.



**Figur 72**  
**Originale (øverst) og homogeniserte (nederst) balansekurver for vinterbalanse (blå linjer) og sommerbalanse (rød linjer) for måleperioden 1968-72.**



Forskjellene mellom originale og homogeniserte årlige balanseverdier er relativt små (<0,21 m v.ekv.). Både vinterbalansen og sommerbalansen ble gjennomgående litt mindre etter homogeniseringen. Den kumulative massebalansen for 1968-72 ble endret fra -2,93 til -3,41 m v.ekv., hvilket betyr en gjennomsnittlig årlig endring på -0,096 m v.ekv.

Original og homogenisert massebalanseserie for Austre Memurubre 1968-72 er vist i tabell 35 og figur 73.

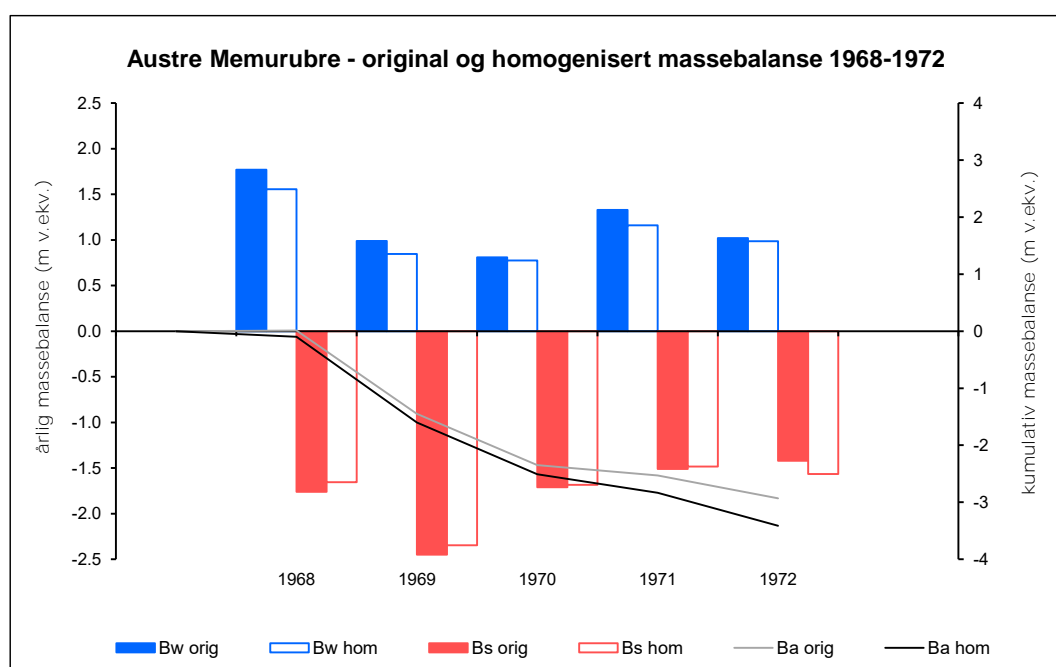
**Tabell 35**  
Original og homogenisert massebalanseserie for Austre Memurubre 1968-72.

År	Original massebalanseseries								Homogenisert massebalanseserie								Homogenisert med hensyn til		
	B <sub>w</sub>	B <sub>s</sub>	B <sub>a</sub>	ΣB <sub>a</sub>	ELA	AAR	DTM	Areal	B <sub>w</sub>	B <sub>s</sub>	B <sub>a</sub>	ΣB <sub>a</sub>	ELA	AAR	DTM	Areal	Metode	Tetthet	DTM <sub>dig</sub>
1968	1.77	-1.76	0.01	0.01	1960		1966	8.86	1.56	-1.66	-0.10	-0.10	1950	46	1966	8.75	x	x	x
1969	0.99	-2.45	-1.46	-1.45	2130		1966	8.86	0.85	-2.35	-1.50	-1.60	2170	1	1966	8.75	x	x	x
1970	0.81	-1.71	-0.90	-2.35	2090		1966	8.86	0.77	-1.68	-0.91	-2.51	2085	12	1966	8.75	x	x	x
1971	1.33	-1.51	-0.18	-2.53	1960		1966	8.86	1.16	-1.48	-0.32	-2.83	2000	31	1966	8.75	x	x	x
1972	1.02	-1.42	-0.40	-2.93	1985		1966	8.86	0.99	-1.56	-0.58	-3.41	2055	18	1966	8.75	x	x	x

Metode - metodikken for beregning av vinter- og sommerbalanse er endret fra arealfordelte (planimeter) til høydefordelte verdier.

Tetthet - konverteringen fra snødyb til vannekvivalent er basert på en trendlinjemodell.

DTM<sub>dig</sub> - papirkart er digitalisert og ny høydefordeling er beregnet.



**Figur 73**  
Original og homogenisert vinterbalanse (blå søyler) og sommerbalanse (rød søyler), samt kumulativ årlig balanse (grå og svart strek) for Austre Memurubre 1968-72.

### 3.5 Svartisen

I Svartisenområdet er massebalanseseriene til de tre brefeltene Høgtuvbreen, Svartiseibreen og Trollbergdalsbreen homogenisert og beskrevet (fig. 74). En reanalyse av måleserien for Engabreen er beskrevet i Elvehøy (2016).



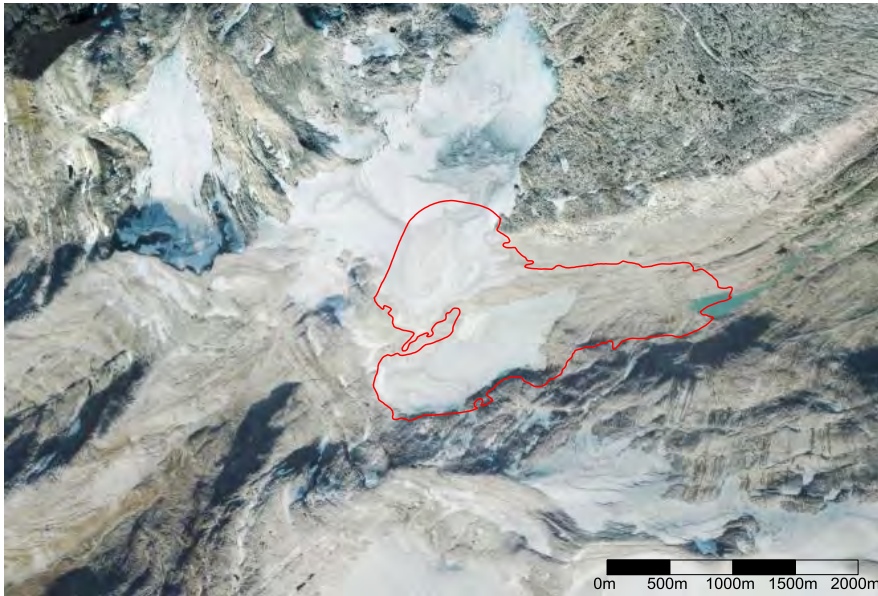
**Figur 74**  
I Svartisenområdet er brefeltene Høgtuvbreen, Svartisheibreen og Trollbergdalsbreen homogenisert.

### 3.5.1 Høgtuvbreen

Høgtuvbreen består av flere adskilte breområder (ca. 15 km<sup>2</sup> i 2013, ref. norgebilder.no) sørvest for Svartisen (fig. 76). Massebalansen ble målt i sju år, fra 1971 til 1977 (Wold og Haakensen, 1978), på en østvendt utløper (bre-ID 1144) fra den nordlige delen av breområdet (fig. 76). En homogenisert massebalanseserie for brefeltet, som i denne sammenheng også kalles Høgtuvbreen, er beregnet for hele måleperioden. En kartlegging fra 1972 viste at breen på den tiden dekket et areal på 2,6 km<sup>2</sup> og strakk seg fra 588 til 1162 moh. Endringer av Høgtuvbreen er forøvrig beskrevet i Andreassen, 2000.



**Figur 75**  
Mye snø rundt brehytta ved Høgtuvbreen våren 1977. Foto: Nils Haakensen.



**Figur 76**  
**Høgtuvbreen fotografert 4. oktober 2013. Massebalansemålingene foregikk på brefeltet innenfor den røde avgrensningen fra 1972. Breen har krympet betydelig i perioden fra 1972 til 2013. Ortofoto fra norgebilder.no.**

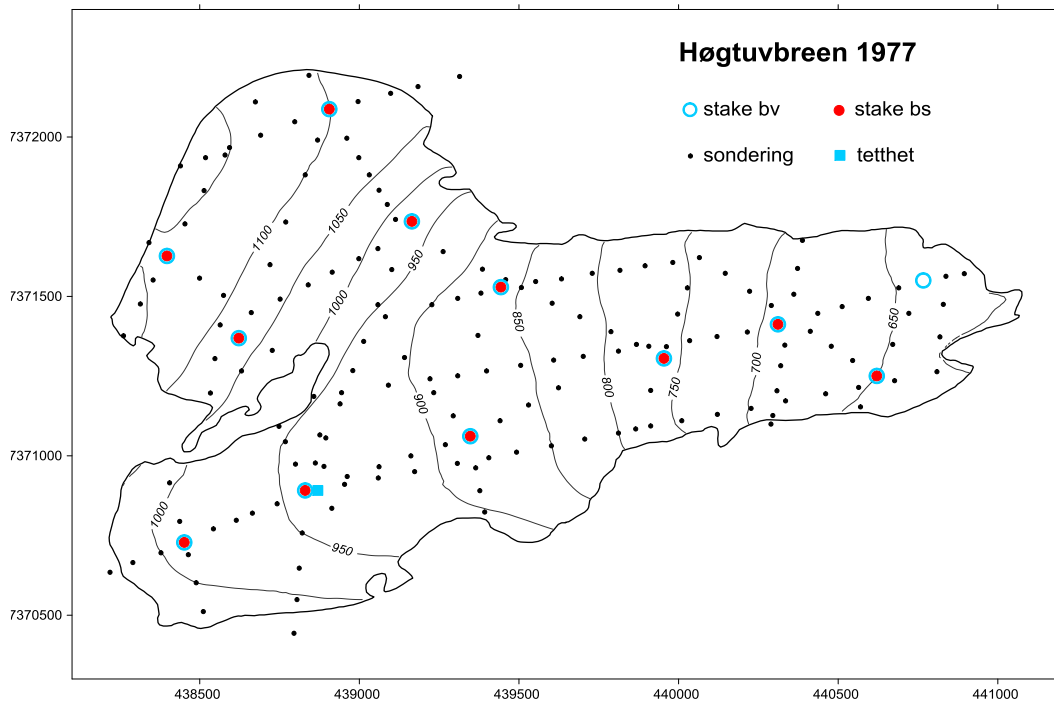
#### Massebalanse – feltdata

Med unntak av de to første årene var alle høydenivåer over hele breen dekket med målepunkt. I 1971 var det ingen stakemåling (smelting) over 980 moh. og i 1972 ingen over 1080 moh. Snødypsonderinger dekket alle høydenivåer i hele måleperioden og antallet varierte mellom 119 og 201 med gjennomsnitt på 169. Smeltingen ble målt på åtte til 12 staker med gjennomsnitt på 11. Snøens tetthet ble målt i én til tre lokaliteter.

Lokalisering av målepunkt for snødypp, tetthet og smelting for 1977, som er et representativt år for måleperioden 1971-77, er vist i figur 78. En oversikt over antall målinger for hele perioden er vist i tabell 36.



**Figur 77**  
**Sondering av snødypp på Høgtuvbreen våren 1976. Foto: Ola Kjeldsen.**



**Figur 78**  
Høgtuvbreen 1977, et representativt år for hele måleperioden 1971-77. Kartgrunnlag fra 1972.

**Tabell 36**  
Oversikt over mengden med måledata på Høgtuvbreen i perioden 1971-77.

År	Staker			Tetthet	Sond.	Data- kvalitet	Anmerking
	b <sub>w</sub>	b <sub>s</sub>	b <sub>a</sub>				
1971	0	8	8	1	161	God	Snømålinger i midten av mai.
1972	5	11	5	1	119	God	Snømålinger 27. april.
1973	11	11	11	2	196	God	Snømålinger 4.-7. mai.
1974	12	12	11	1	201	God	Snømålinger 3.-7. mai.
1975	uvisst	12	12	1*	199	God	Snømålinger 17.-18. april og tilleggsakkumulasjon 1. juni.
1976	12	12	12	3	140	God	Snømålinger 9.-11. mai.
1977	12	11	11	1	170	God	Snømålinger 29. april-1. mai.

\*Under målingene 1. juni ble det tatt fem tetthetsprøver av tilleggsakkumulasjonen.

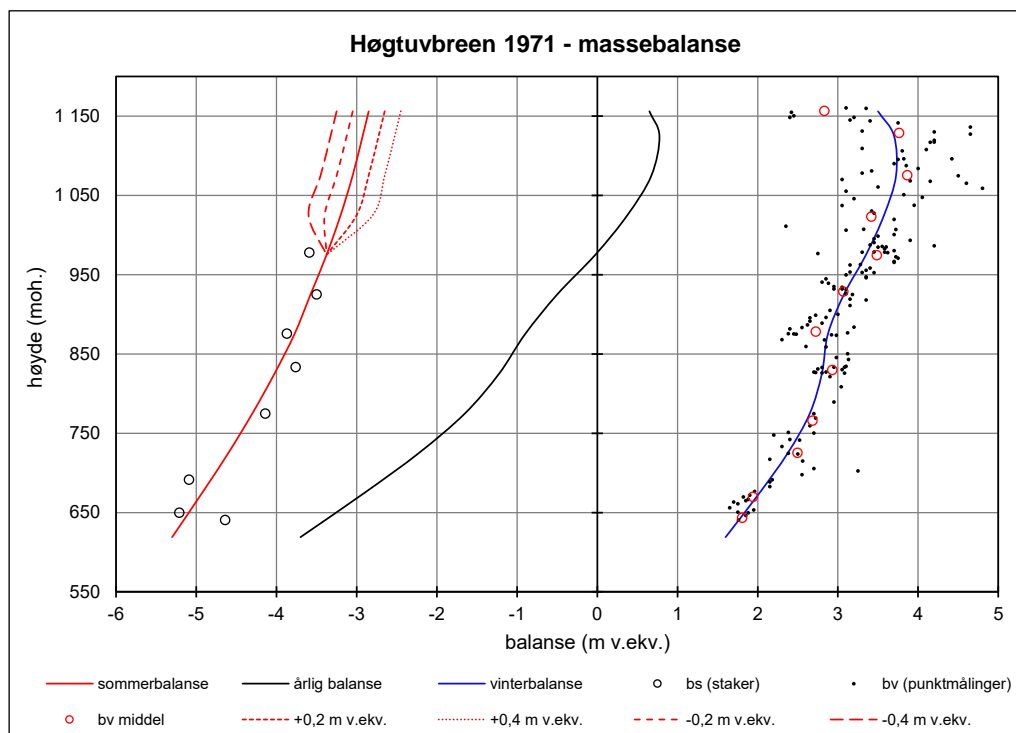
I 1975 ble det i tillegg til ordinære snømålinger i april foretatt målinger av tilleggsakkumulasjon den 1. juni.

### Massebalanse – beregning

Tilleggsakkumulasjonen som ble målt i 1975 er lite dokumentert. Det er ikke kjent hvordan akkumulasjonen ble målt og beregnet, og heller ikke hvor mye tillegget utgjorde. Tilleggsakkumulasjonen er derfor tatt med som en del av vinterbalansen både i den originale og den homogeniserte måleserien.

For perioden 1973-77 er alle høydenivåer representert med måledata og beregningene for disse årene antas å ha god kvalitet. I 1971 og 1972 mangler det stakedata for smelting over hhv. 978 og 1076 moh. Arealet i de fire øverste høydeintervallene (>1000 moh.) uten målinger i 1971 utgjør 0,77 km<sup>2</sup>, eller 30 % av brefeltets totale areal, og en variasjon av sommerbalanseverdiene i disse høydeintervallene vil ha en viss betydning for den totale massebalansen. Dette er vist i figur 79 og tabell 37, der kurveforløpet fra den homogeniserte måleserien er sammenlignet med andre mulige kurveverdier for sommerbalansen ovenfor 1000 moh. hvor det ikke finnes målinger. I scenario I er sommer-

balanseverdiene ovenfor 1000 moh. økt med 0,2 m v.ekv., i scenario II økt med 0,4 m, i scenario III senket med 0,2 m og i scenario IV senket med 0,4 m v.ekv.



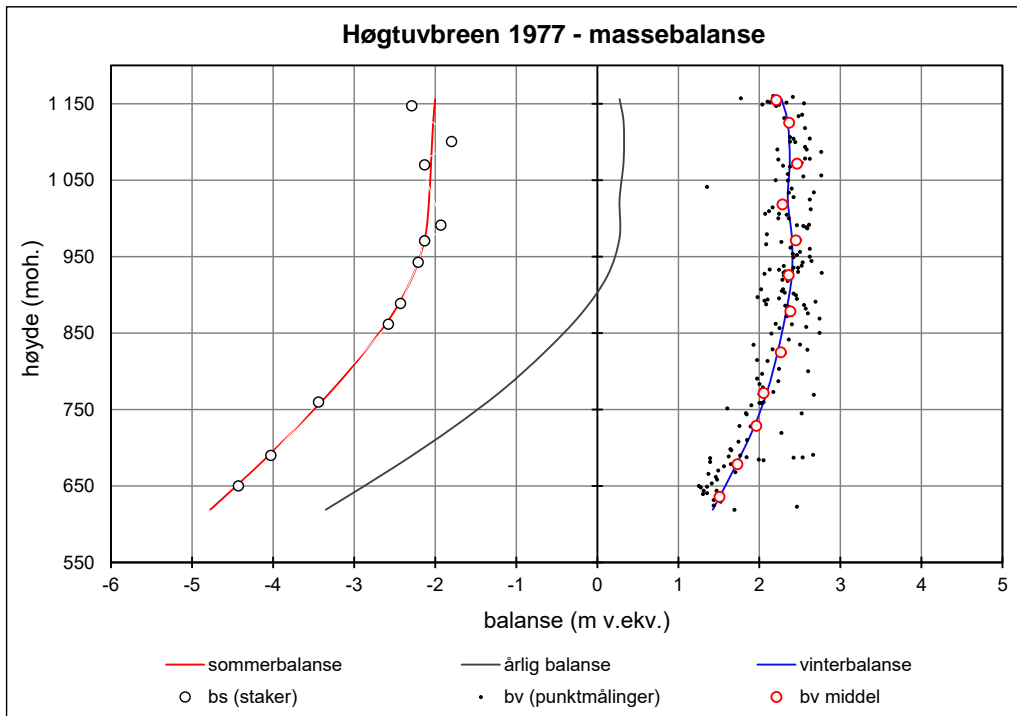
**Figur 79**  
Homogeniserte (heltrukne linjer) balansekurver for sommerbalanse (rød) og vinterbalanse (blå) i 1971 sammenlignet med ulike kurveforløp (stiplede linjer) for sommerbalansen i høydeintervallene over 1000 moh. hvor det ikke finnes målinger. De målte punktverdiene for sommerbalanse (○) og vinterbalanse (●), samt middelverdier for vinterbalansen (○) innenfor hver 50 m høydeintervall er også plottet.

**Tabell 37**  
Vinter- ( $B_w$ ), sommer- ( $B_s$ ) og årlig ( $B_a$ ) balanse i 1971 ved ulike kurveforløp i høydeintervallene ovenfor 1000 moh. hvor det ikke finnes målinger.

Ulike kurveforløp	$B_w$ (m v.ekv.)	$B_s$ (m v.ekv.)	$B_a$ (m v.ekv.)
Homogenisert serie	2.99	-3.77	-0.77
Scenario I (+0.2 m v.ekv.)	2.99	-3.71	-0.71
Scenario II (+0.4 m v.ekv.)	2.99	-3.65	-0.65
Scenario III (-0.2 m v.ekv.)	2.99	-3.83	-0.83
Scenario IV (-0.4 m v.ekv.)	2.99	-3.89	-0.89

En variasjon av sommerbalanseverdiene i høydeintervallene ovenfor 1000 moh. med opptil  $\pm 0,4$  m v.ekv. utgjør 0,12 m v.ekv. for breens totale massebalanse. Usikkerheten av massebalansen er dermed litt større for 1971 enn for de andre årene i serien.

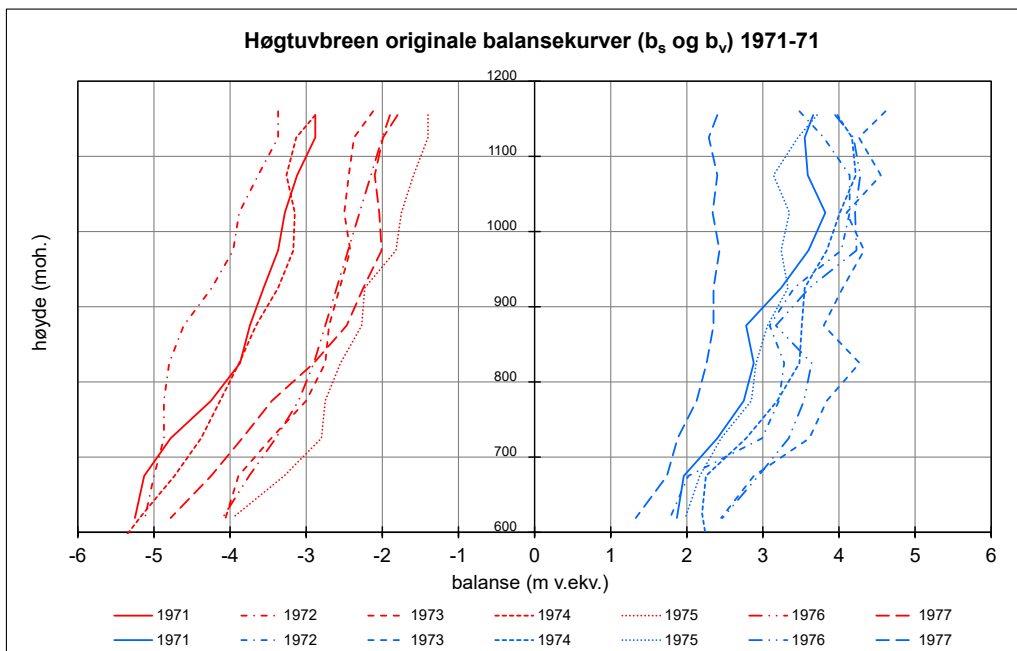
Punktmålinger og kurver for vinterbalanse, sommerbalanse og årlig balanse for 1977, som er et mer representativt år enn 1971, er vist i figur 80.



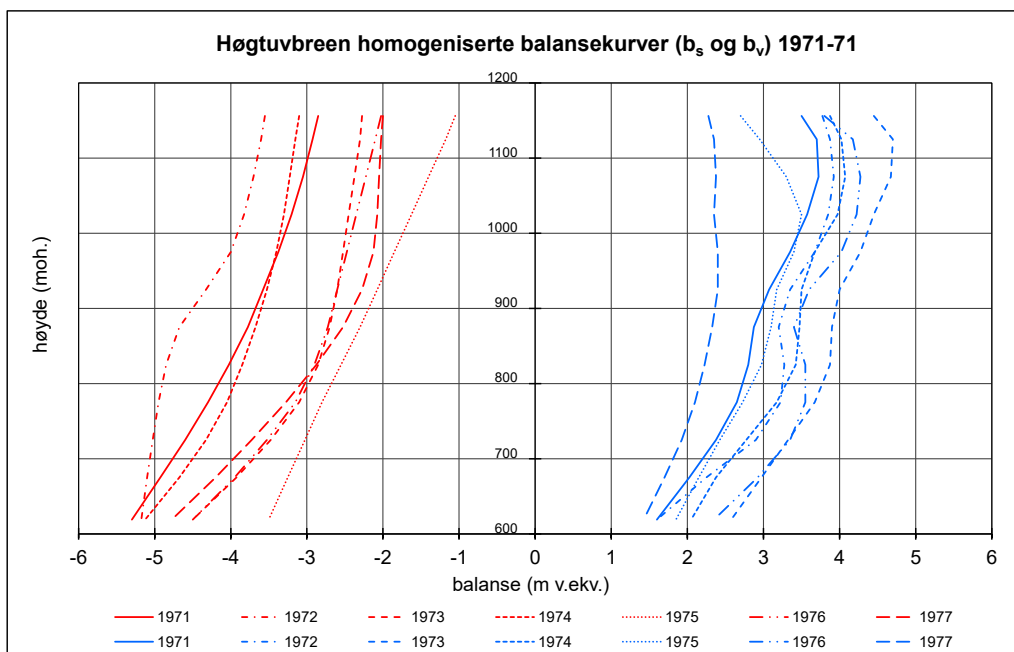
**Figur 80**  
 Balansekurver for sommerbalanse (rød), årlig balanse (svart) og vinterbalanse (blå) for 1977. Punktverdier for sommerbalanse (○), vinterbalanse (•) samt midlere vinterbalanse for hver 50 m høydeintervall (○) er også plottet.

#### Massebalanse – resultat

Årlige balansekurver basert på de originale og de homogeniserte verdiene for vinter- og sommerbalansen i perioden 1971-77 er vist i figurene 81 og 82.



**Figur 81**  
 Originale balansekurver for vinterbalanse (blå linjer) og sommerbalanse (rød linjer) for 1971-77.



**Figur 82**  
Homogeniserte balansekurver for vinterbalanse (blå linjer) og sommerbalanse (rød linjer) for 1971-77.

Forskjellene mellom originale og homogeniserte årlige balanseverdier er relativt små (<0,12 m v.ekv.). Vinterbalansen ble gjennomgående litt mindre og sommerbalansen litt større etter homogeniseringen. Den kumulative massebalansen for 1971-77 ble endret fra +0,29 til +0,03 m v.ekv., hvilket betyr en gjennomsnittlig årlig endring på -0,037 m v.ekv.

Original og homogenisert massebalanseserie for Høgtuvbreen 1971-77 er vist i tabell 38 og figur 83.

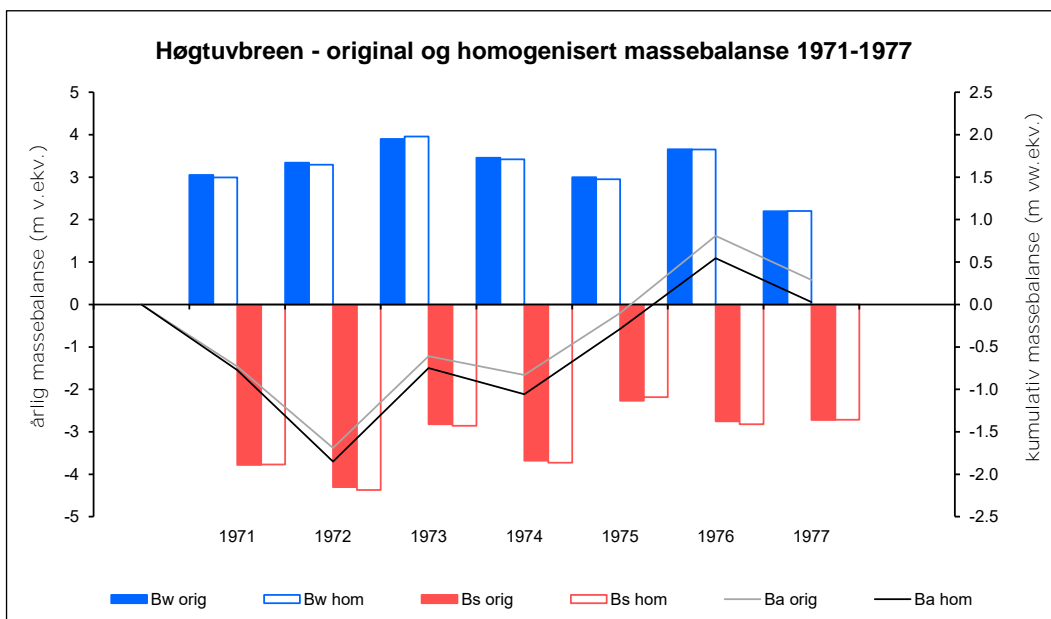
**Tabell 38**  
Original og homogenisert massebalanseserie for Høgtuvbreen 1972-77.

År	Original massebalanseserie							Homogenisert massebalanseserie							Homogenisert med hensyn til				
	B <sub>w</sub>	B <sub>s</sub>	B <sub>a</sub>	ΣB <sub>a</sub>	ELA	AAR	DTM	Areal	B <sub>w</sub>	B <sub>s</sub>	B <sub>a</sub>	ΣB <sub>a</sub>	ELA	AAR	DTM	Areal	Metode	Tetthet	DTM <sub>dig</sub>
1971	3.05	-3.78	-0.73	-0.73	950		1972	2.58	2.99	-3.77	-0.77	-0.77	980	34	1972	2.56	x		x
1972	3.34	-4.30	-0.96	-1.69	970		1972	2.58	3.29	-4.37	-1.08	-1.85	1020	26	1972	2.56	x	x	x
1973	3.90	-2.82	1.08	-0.61	720		1972	2.58	3.96	-2.86	1.10	-0.75	735	81	1972	2.56	x	x	x
1974	3.46	-3.68	-0.22	-0.83	900		1972	2.58	3.42	-3.73	-0.31	-1.06	930	47	1972	2.56	x	x	x
1975	3.00	-2.27	0.73	-0.10	760		1972	2.58	2.95	-2.18	0.77	-0.29	780	76	1972	2.56	x		x
1976	3.66	-2.75	0.91	0.81	730		1972	2.58	3.65	-2.82	0.83	0.55	740	81	1972	2.56	x		x
1977	2.20	-2.72	-0.52	0.29	900		1972	2.58	2.20	-2.72	-0.52	0.03	905	54	1972	2.56	x		x

Metode - metodikken for beregning av vinter- og sommerbalanse er endret fra arealfordelte (planimeter) til høydefordelte verdier.

Tetthet - konverteringen fra snødyp til vannekvivalent er basert på en trendlinjemodell.

DTM<sub>dig</sub> - papirkart er digitalisert og ny høydefordeling er beregnet.



**Figur 83**  
Original og homogenisert vinterbalanse (blå søyler) og sommerbalanse (rød søyler), samt kumulativ årlig balanse (grå og svart strek) for Høgtuvbreen 1971-77.

### 3.5.2 Svartisheibreen

Svartisheibreen (bre-ID 1135) er en dalbreen som ligger sørvest for Vestre Svartisen (fig. 74). Massebalansen ble målt i sju år, fra 1988 til 1994 (Kjøllmoen og Kennett, 1995). En homogenisert massebalanseserie er beregnet for hele måleperioden. En kartlegging fra 1995 viste at breen dekket et areal på 5,7 km<sup>2</sup> og strakk seg fra 1424 moh. og ned til 765 moh. hvor breen kalver i et lite vann kalt Svartisheivatnet (fig. 84).



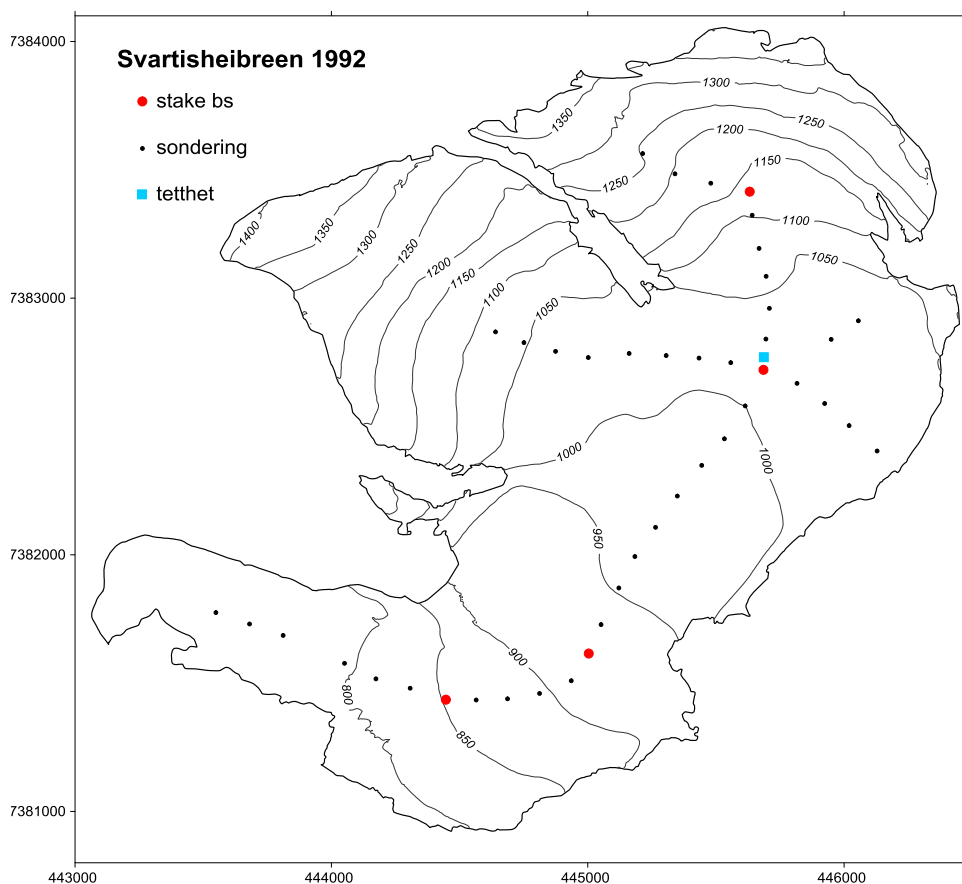
**Figur 84**  
Nedre del av Svartisheibreen fotografert 21. september 2000. Breen kalver i det lille vannet Svartisheivatnet. Foto: Hallgeir Elvehøy.



## Massebalanse – felldata

I de bratte områdene ovenfor 1240 moh. er det lite eller ingen måledata. Det er spesielt stakedata for smelting som er mangelfull, og i perioden 1988-91 finnes det ikke stakedata ovenfor 1036 moh. Mengde og utbredelse av snødypmålinger varierer mye (tab. 38). I 1988 ble det målt opp til 1384 moh., mens det i 1990 ble målt opp til bare 1011 moh. Det betyr at flere høydenivåer mangler data, spesielt for sommerbalansen. Antall sonderinger varierte mellom 11 og 124 med gjennomsnitt på 46. Smeltingen ble målt på to til sju staker, mens tetthet ble målt i én lokalitet i alle sju årene.

Lokalisering av målepunkt for snødyp, tetthet og smelting for 1992, som er et representativt år for måleperioden 1988-94, er vist i figur 85. En oversikt over antall målinger for hele perioden er vist i tabell 39.



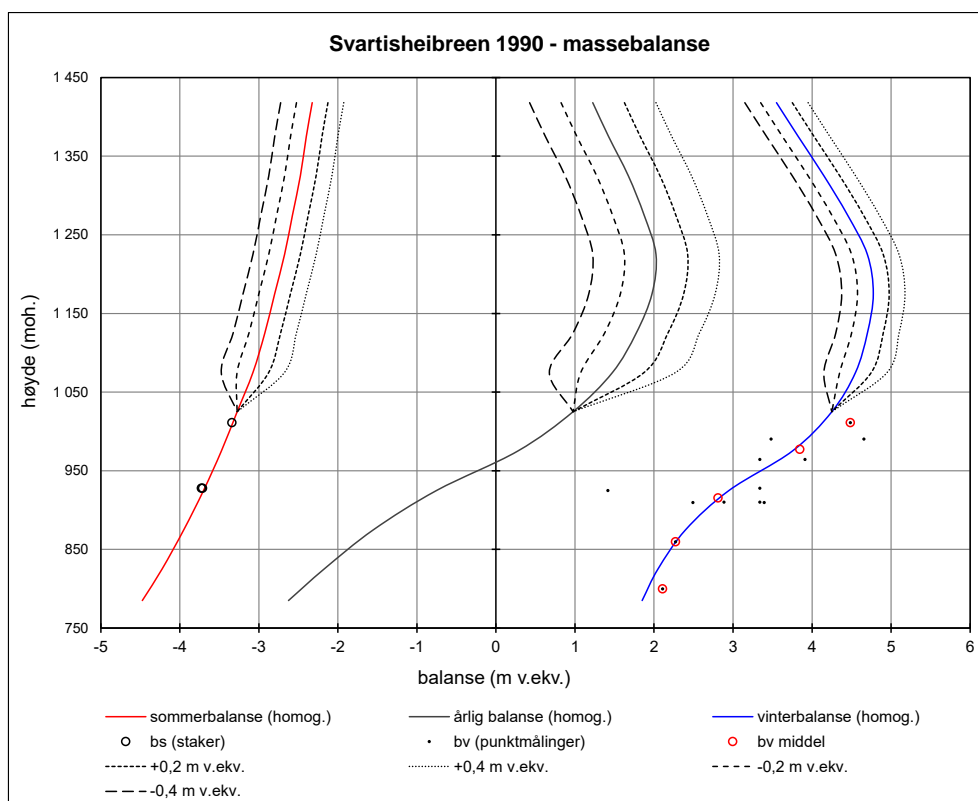
**Figur 85**  
Svartiseibreen 1992, et representativt år for måleperioden 1988-94. Kartgrunnlag fra 1995.

**Tabell 39**  
Oversikt over antall målinger på Svartiseibreen i perioden 1988-1994.

År	Staker			Tetthet	Sond.	Data- kvalitet	Høydeutstrekning av målepunkt	
	$b_w$	$b_s$	$b_a$				$b_v$ (moh.)	$b_s$ (moh.)
1988	7	7	7	1	124	Middels	777 - 1384	912 - 1036
1989	4	4	7	1	14	Dårlig	794 - 1300	825 - 1021
1990	0	2	7	1	11	Dårlig	800 - 1011	928 - 1011
1991	0	3	6	1	50	Middels	772 - 1264	841 - 1012
1992	0	4	8	1	44	Middels	780 - 1245	852 - 1140
1993	0	4	11	1	27	Dårlig	781 - 1168	805 - 1122
1994	4	6	13	1	50	Middels	778 - 1238	780 - 1122

## Massebalanse – beregning

Som tabell 39 viser er det generelt lite og til dels ingen målepunkt i de bratte, høyere-liggende områdene ovenfor 1100 moh. Vinter- og sommerbalansekurvene er derfor skjønsmessig trukket i høydeintervallene hvor det ikke er data. Året 1990 framstår spesielt som et år med svært få målepunkt. I de åtte øverste høydeintervallene finnes det ikke data for verken vinter- eller sommerbalansen. Arealet i disse høydeintervallene utgjør 2,18 km<sup>2</sup>, eller 40 % av brefeltets totale areal. En variasjon av balanseverdiene i disse intervallene betyr forholdsvis mye for den totale massebalansen. Dette er vist i figur 86 og tabell 40, der kurveforløpet fra den homogeniserte måleserien er sammenlignet med andre mulige kurveverdier ovenfor 1050 moh. hvor det ikke finnes målinger. I scenario I er balanseverdiene i de nevnte høydeintervallene økt med 0,2 m v.ekv., i scenario II økt med 0,4 m, i scenario III senket med 0,2 m og i scenario IV senket med 0,4 m v.ekv.



**Figur 86**

Homogeniserte (heltrukne linjer) balansekurver for sommerbalanse (rød), årlig balanse (svart) og vinterbalanse (blå) for 1990. Balansekurvene er sammenlignet med ulike kurveforløp (stiplede linjer) i de åtte øverste høydeintervallene mellom 1050 og 1436 moh. De målte punktverdiene for sommerbalanse (○) og vinterbalanse (•), samt middelverdier for vinterbalansen (○) innenfor hver 50 m høydeintervall er også plottet.

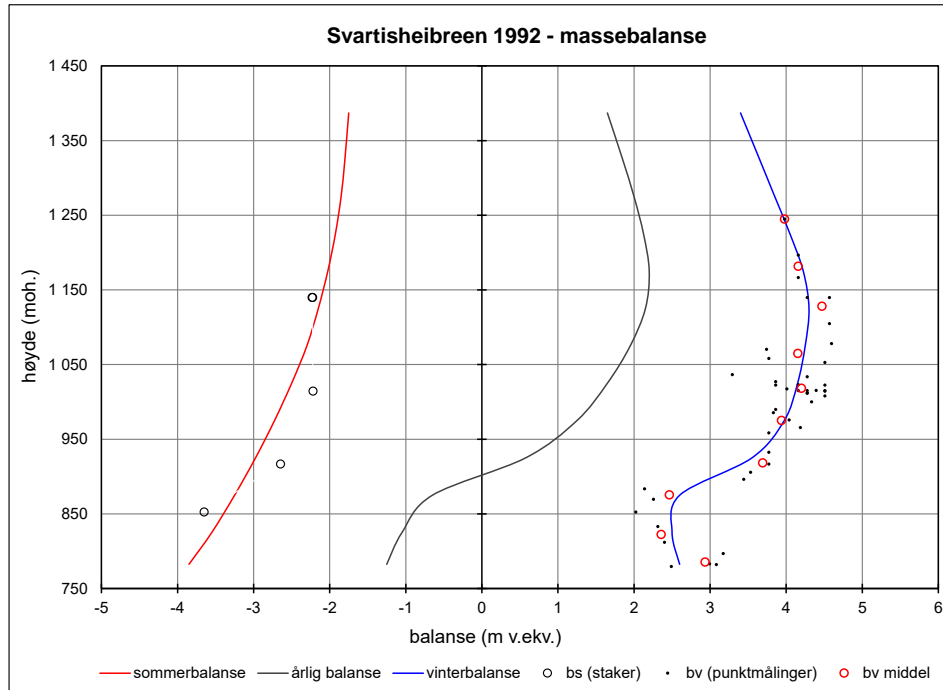
**Tabell 40**

Vinter- ( $B_w$ ), sommer- ( $B_s$ ) og årlig ( $B_a$ ) balanse i 1990 ved ulike kurveforløp i høydeintervallene mellom 1050 og 1436 moh., hvor det ikke er punktmålinger.

Ulike kurveforløp	$B_w$ (m v.ekv.)	$B_s$ (m v.ekv.)	$B_a$ (m v.ekv.)
Homogenisert serie	3.74	-3.32	0.43
Scenario I (+0.2 m v.ekv.)	3.82	-3.24	0.58
Scenario II (+0.4 m v.ekv.)	3.90	-3.16	0.74
Scenario III (-0.2 m v.ekv.)	3.66	-3.40	0.27
Scenario IV (-0.4 m v.ekv.)	3.59	-3.48	0.11

Resultatene fra denne sammenligningen viser at ved å endre kurveforløpet som vist i figur 86, så endres den årlige balansen for hele breen med maksimalt  $\pm 0,32$  m v.ekv.

Punktmålinger og kurver for vinterbalanse, sommerbalanse og årlig balanse for 1992, som er et representativt år, er vist i figur 87.



**Figur 87**

Balansekurver for sommerbalanse (rød), årlig balanse (svart) og vinterbalanse (blå) for 1992. Punktverdier for sommerbalanse ( $\circ$ ), vinterbalanse ( $\bullet$ ) samt midlere vinterbalanse for hver 50 m høydeintervall ( $\circ$ ) er også plottet.

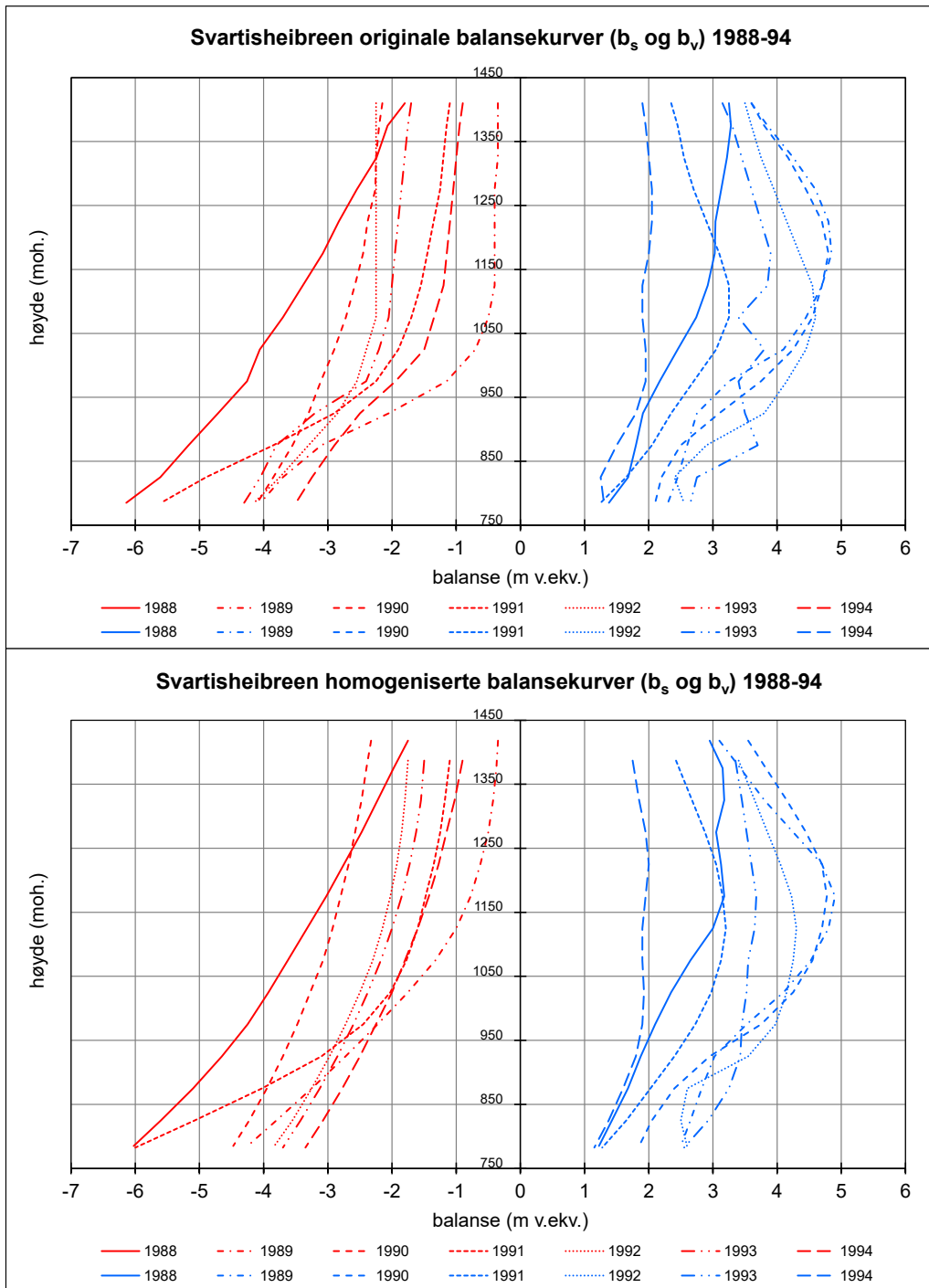
### Massebalanse – resultat

Årlige balansekurver for originale og homogeniserte måleserier for vinter- og sommerbalansen i perioden 1988-94 er vist i figur 89.



**Figur 88**

Utsetting av erstatningsstaker på Svartisheibreen i mai 1994. Foto: Bjarne Kjølmoen.



**Figur 89**  
**Originale (øverst) og homogeniserte (nederst) balansekurver for vinterbalanse (blå linjer) og sommerbalanse (rød linjer) for 1988-94.**

Årlige forskjeller mellom originale og homogeniserte balanseverdier er til dels store. Den største endringen er for sommerbalansen 1989 som ble endret fra  $-1,36$  til  $-1,92$  m v.ekv. Generelt ble vinterbalansen litt mindre og sommerbalansen litt større etter homogeniseringen. Den kumulative massebalansen for 1988-1994 ble endret fra  $+3,84$  til  $+2,56$  m v.ekv., hvilket betyr en gjennomsnittlig årlig endring på  $-0,183$  m v.ekv.

Original og homogenisert massebalanseserie for Svartisheibreen 1988-1994 er vist i tabell 41 og figur 90.

**Tabell 41**  
**Original og homogenisert massebalanseserie for Svartisheibreen 1988-1994.**

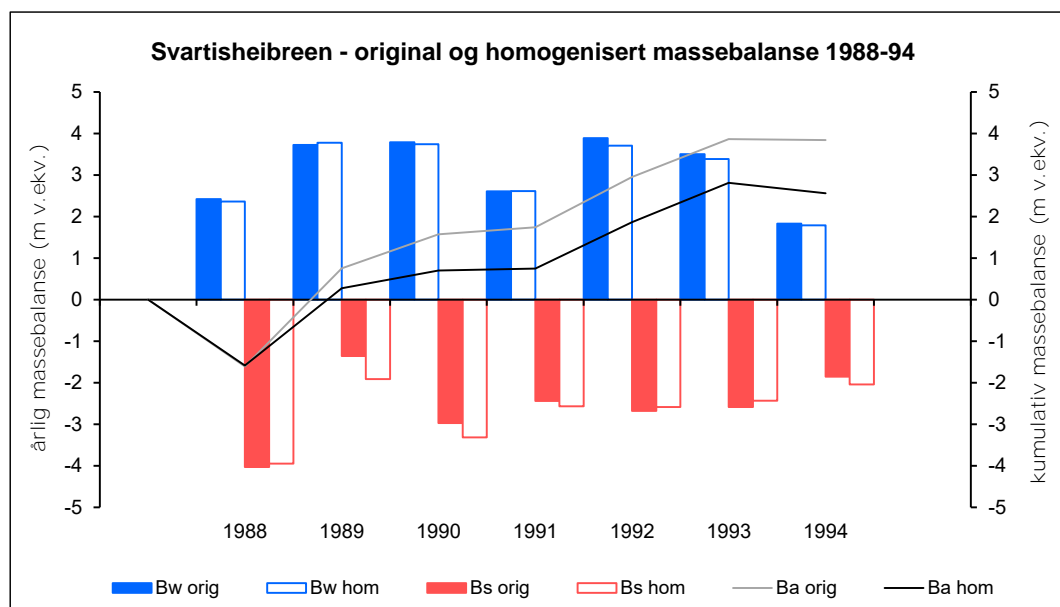
År	Original massebalanseserie								Homogenisert massebalanseserie								Homogenisert med hensyn til			
	B <sub>w</sub>	B <sub>s</sub>	B <sub>a</sub>	ΣB <sub>a</sub>	ELA	AAR	DTM	Areal	B <sub>w</sub>	B <sub>s</sub>	B <sub>a</sub>	ΣB <sub>a</sub>	ELA	AAR	DTM	Areal	Metode	Tetthet	DTM <sub>repr</sub>	DTM <sub>ny</sub>
1988	2.42	-4.03	-1.61	-1.61	1180	22	1985	5.48	2.36	-3.95	-1.59	-1.59	1155	26	1985	5.51	x	x	x	
1989	3.72	-1.36	2.36	0.75	900	80	1985	5.48	3.78	-1.92	1.86	0.28	905	80	1985	5.51		x	x	
1990	3.79	-2.97	0.82	1.57	930	74	1985	5.48	3.74	-3.32	0.43	0.70	960	68	1985	5.51		x	x	
1991	2.61	-2.44	0.17	1.74	950	70	1985	5.48	2.61	-2.57	0.04	0.75	960	66	1995	5.53		x		x
1992	3.89	-2.68	1.21	2.95	890	81	1985	5.48	3.70	-2.59	1.12	1.86	900	77	1995	5.53		x		x
1993	3.50	-2.59	0.91	3.86	880	81	1985	5.48	3.38	-2.43	0.95	2.81	865	81	1995	5.53		x		x
1994	1.83	-1.85	-0.02	3.84	975	65	1985	5.48	1.79	-2.04	-0.25	2.56	1045	40	1995	5.53		x		x

Metode - metodikken for beregning av vinter- og sommerbalanse er endret fra arealfordelte (planimeter) til høydefordelte verdier.

Tetthet - konverteringen fra snødyp til vannekvivalent er basert på en trendlinjemodell.

DTM<sub>repr</sub> - terrengmodellen er generert på nytt og ny høydefordeling er beregnet.

DTM<sub>ny</sub> - en nyere DTM er benyttet i beregningene.



**Figur 90**  
**Original og homogenisert vinterbalanse (blå søyler) og sommerbalanse (rød søyler), samt kumulativ årlig balanse (grå og svart strek) for Svartisheibreen 1988-1994.**

### 3.5.3 Trollbergdalsbreen

Trollbergdalsbreen (bre-ID 1280) er en liten dalbre nordøst for Østre Svartisen (fig. 74). Massebalansen ble målt i 11 år fordelt over to perioder, den første fra 1970 til 1975 (kun årlig balanse i 1975) (Wold og Hagen, 1977) og den andre fra 1990 til 1994 (Kjøllmoen, 1995). Homogeniserte massebalanseserier er beregnet for begge periodene. En kartlegging fra 1968 viste at breen dekket et areal på 2,0 km<sup>2</sup> og strakk seg fra 907 til 1366 moh. En senere kartlegging fra 1985 viste at brearealet var krympet til 1,7 km<sup>2</sup> med et høydeintervall mellom 907 og 1314 moh. Endringer av Trollbergdalsbreen er også beskrevet i Andreassen, 2000.



**Figur 91**  
Trollbergdalsbreen fotografert den 10. september 2016. Foto: Jan Inge Karlsen.

### Massebalanse – felldata

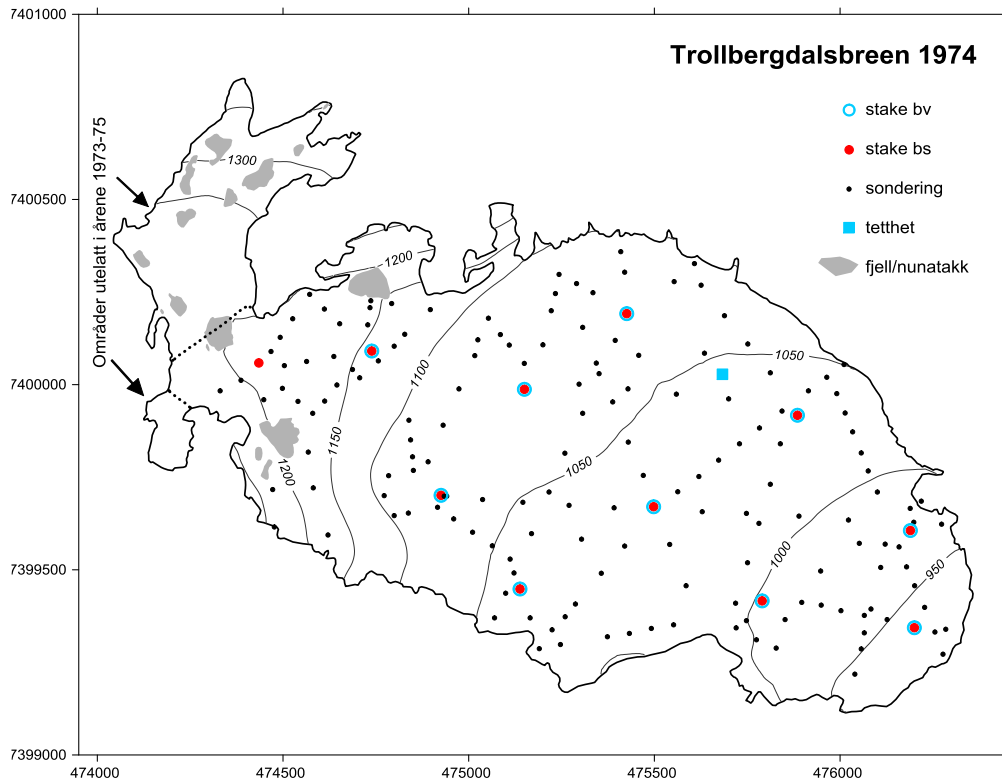
I årene 1973-75 ble massebalansen i den originale serien målt og beregnet uten to bre-områder i nordvest (fig. 93). I den homogeniserte serien er dette området (ca. 0,2 km<sup>2</sup>) tatt med i beregningene for begge måleperiodene.

I de bratteste områdene over 1240 moh. finnes det ikke snødypmålinger for noen av årene (tab. 42). Måling av smelting ble gjort opp til 1196 moh. I perioden 1970-74 varierte antall sonderinger mellom 118 og 228 med gjennomsnitt på 157. Smeltingen ble målt på ni til 11 staker og snøens tetthet ble målt i én lokalitet. I perioden 1990-94 varierte antall sonderinger mellom 18 og 52 med gjennomsnitt på 38. Smeltingen ble målt på to til sju staker og tettheten ble målt i én lokalitet.

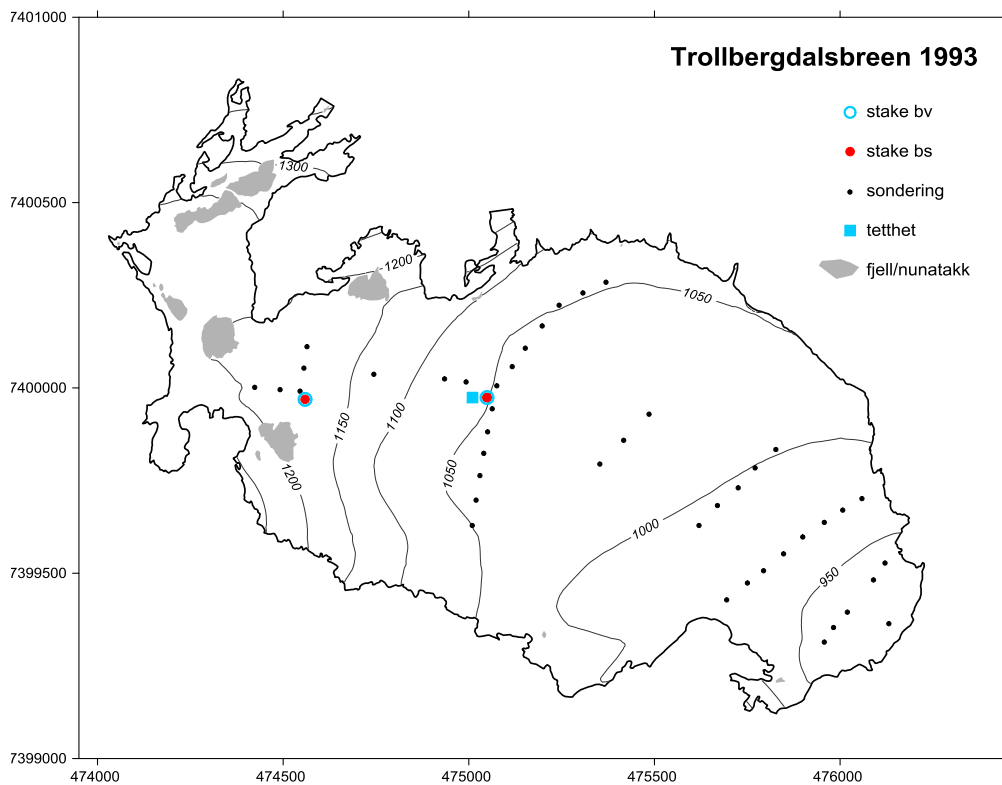
Lokalisering av målepunkt for snødyb, tetthet og smelting for 1974 og 1993, som er representative år for måleperiodene 1970-75 og 1990-94, er vist i figurene 93 og 94. En oversikt over antall målinger for begge periodene er vist i tabell 42.



**Figur 92**  
Brehytta ved Trollbergdalsbreen som ble brukt under feltarbeidet på 1970- og 1990-tallet fotografert 30. august 2014. Foto: Jan Inge Karlsen.



**Figur 93**  
**Trollbergdalsbreen 1974, et år der måleomfanget er representativt for måleperioden 1970-75. I årene 1973-75 ble massebalansen originalt målt og beregnet uten de to områdene i vest og nordvest (avgrenset med stiplede linjer). Kartgrunnlag fra 1968.**



**Figur 94**  
**Trollbergdalsbreen 1993 da måleopplegget er representativt for måleperioden 1990-94. Kartgrunnlag fra 1998.**

**Tabell 42****Oversikt over antall målinger på Trollbergdalsbreen i periodene 1970-75 og 1990-94.**

År	Staker			Tetthet	Sond.	Data- kvalitet	Høydeutstrekning av målepunkt	
	b <sub>w</sub>	b <sub>s</sub>	b <sub>a</sub>				b <sub>v</sub> (moh.)	b <sub>s</sub> (moh.)
1970	8	9	8	1	118	Middels	939 - 1215	940 - 1191
1971	7	11	7	1	228	Middels	920 - 1240	938 - 1192
1972	*	10	*	1	126	Middels	934 - 1240	938 - 1193
1973	10	11	11	1	141	Dårlig	909 - 1237	940 - 1196
1974	10	11	11	1	172	Middels	912 - 1239	937 - 1193
1975			11**			Middels		937 - 1193**
1990	0	4	4	1	18	Dårlig	945 - 1160	945 - 1160
1991	0	2	3	1	35	Dårlig	940 - 1201	1070 - 1190
1992	3	4	4	1	52	Middels	930 - 1202	931 - 1187
1993	1	2	5	1	43	Dårlig	916 - 1196	1051 - 1179
1994	4	7	7	1	40	Dårlig	923 - 1197	934 - 1197

\*Ingen dokumentasjon

\*\*Kun årlig balanse ble målt

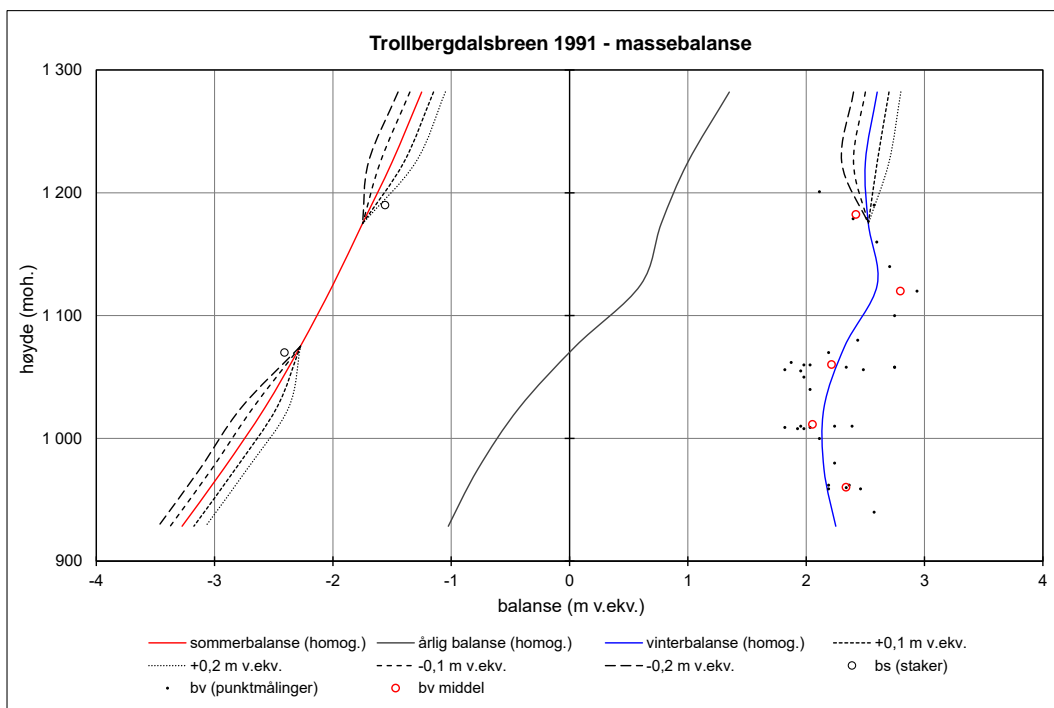
### Massebalanse – beregning

I 1975 ble det målt kun årlig balanse.

For årene 1971 og 1972 finnes det ingen dokumentasjon på verken tetthetsmåling eller snødyb, og for 1974 er tetthetsmålingen svært usikker. Originale vannverdier for punktmålingene i disse årene er derfor brukt under homogeniseringen.

Som tabell 42 viser er det generelt lite og til dels ingen målepunkt i de høyereliggende områdene ovenfor 1200 moh. For årene 1991 og 1993 mangler det stakedata for smelting nedenfor hhv. 1070 og 1051 moh. Vinter- og sommerbalansekurvene er derfor skjønnsmessig trukket i høydeintervallene hvor det ikke er data. I 1991 er det spesielt lite data, og arealet av høydeintervallene uten stakedata for smelting utgjør 1,32 km<sup>2</sup>, eller 78 % av brefeltetes totale areal. Arealet av høydeintervallene uten snødypmålinger i 1991 utgjør 0,16 km<sup>2</sup>, eller 10 % av totalarealet. En variasjon av balanseverdiene i disse intervallene betyr forholdsvis mye for den totale massebalansen. Dette er vist i figur 95 og tabell 43, der kurveforløpet fra den homogeniserte måleserien er sammenlignet med andre mulige kurveverdier i høydeintervallene hvor det ikke finnes målinger. I scenario I er balanseverdiene i høydeintervallene uten målinger økt med 0,1 m v.ekv., i scenario II økt med 0,2 m, i scenario II senket med 0,1 m og i scenario IV senket med 0,2 m v.ekv.





**Figur 95**  
 Homogeniserte (heltrukne linjer) balansekurver for sommerbalanse (rød), årlig balanse (svart) og vinterbalanse (blå) for 1991. Balansekurvene er sammenlignet med ulike kurveforløp (stiplede linjer) i høydeintervallene uten målinger. De målte punktverdiene for sommerbalanse (o) og vinterbalanse (•), samt middelverdier for vinterbalansen (◐) innenfor hver 50 m høydeintervall er også plottet.

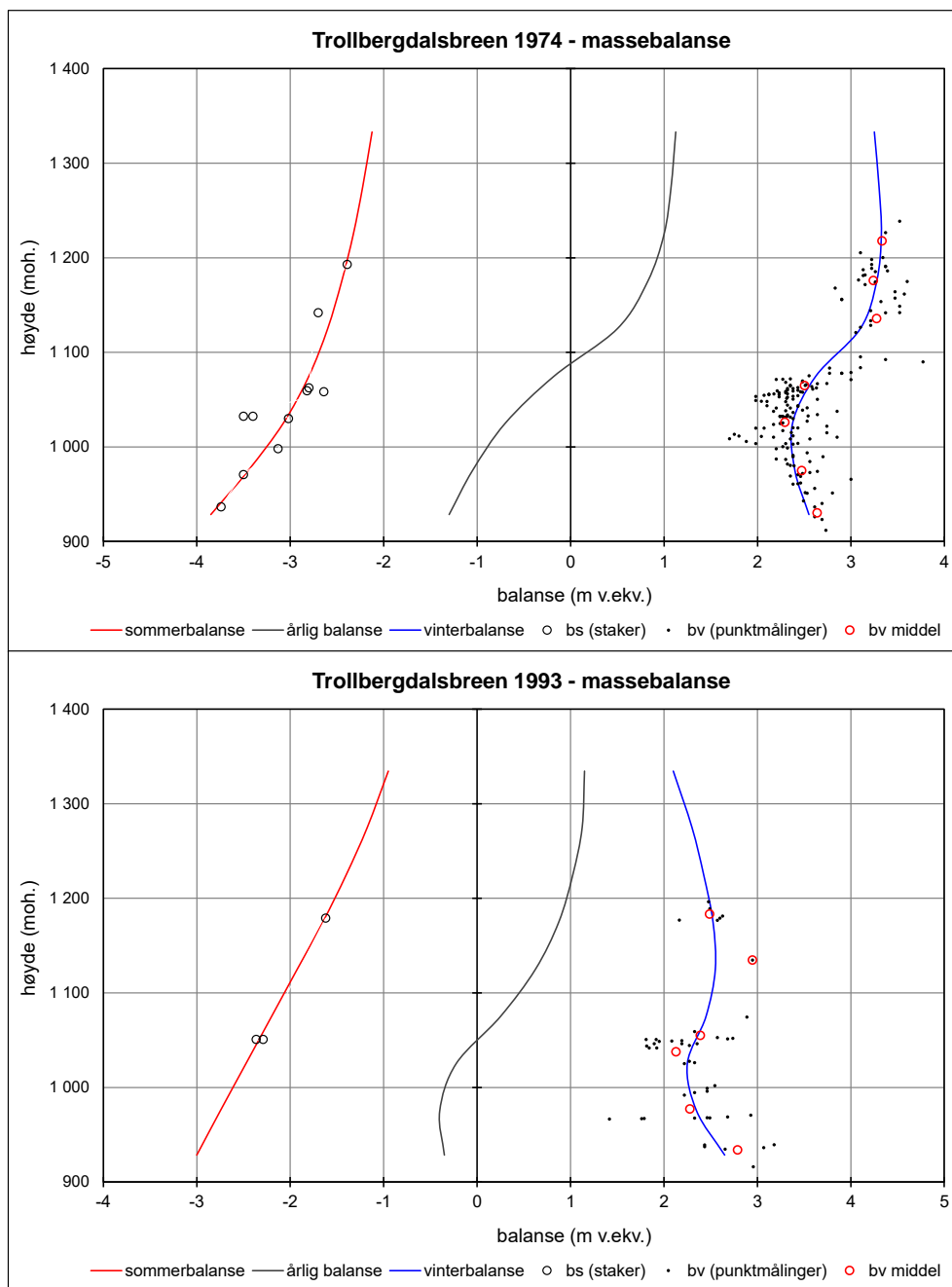
**Tabell 43**

Vinter- ( $B_w$ ), sommer- ( $B_s$ ) og årlig ( $B_a$ ) balanse i 1991 ved ulike kurveforløp i de høydeintervallene hvor det ikke er punktmålinger.

Ulike kurveforløp	$B_w$ (m v.ekv.)	$B_s$ (m v.ekv.)	$B_a$ (m v.ekv.)
Homogenisert serie	2.27	-2.41	-0.14
Scenario I (+0.1 m v.ekv.)	2.28	-2.34	-0.06
Scenario II (+0.2 m v.ekv.)	2.29	-2.27	0.02
Scenario III (-0.1 m v.ekv.)	2.26	-2.48	-0.22
Scenario IV (-0.2 m v.ekv.)	2.25	-2.56	-0.30

Resultatene fra denne sammenligningen viser at ved å endre kurveforløpet som vist i figur 95, så endres den årlige balansen for hele breen med maksimalt  $\pm 0,16$  m v.ekv. Usikkerheten i massebalansen for 1991 og 1993 må dermed anses som litt større enn for de andre årene i serien.

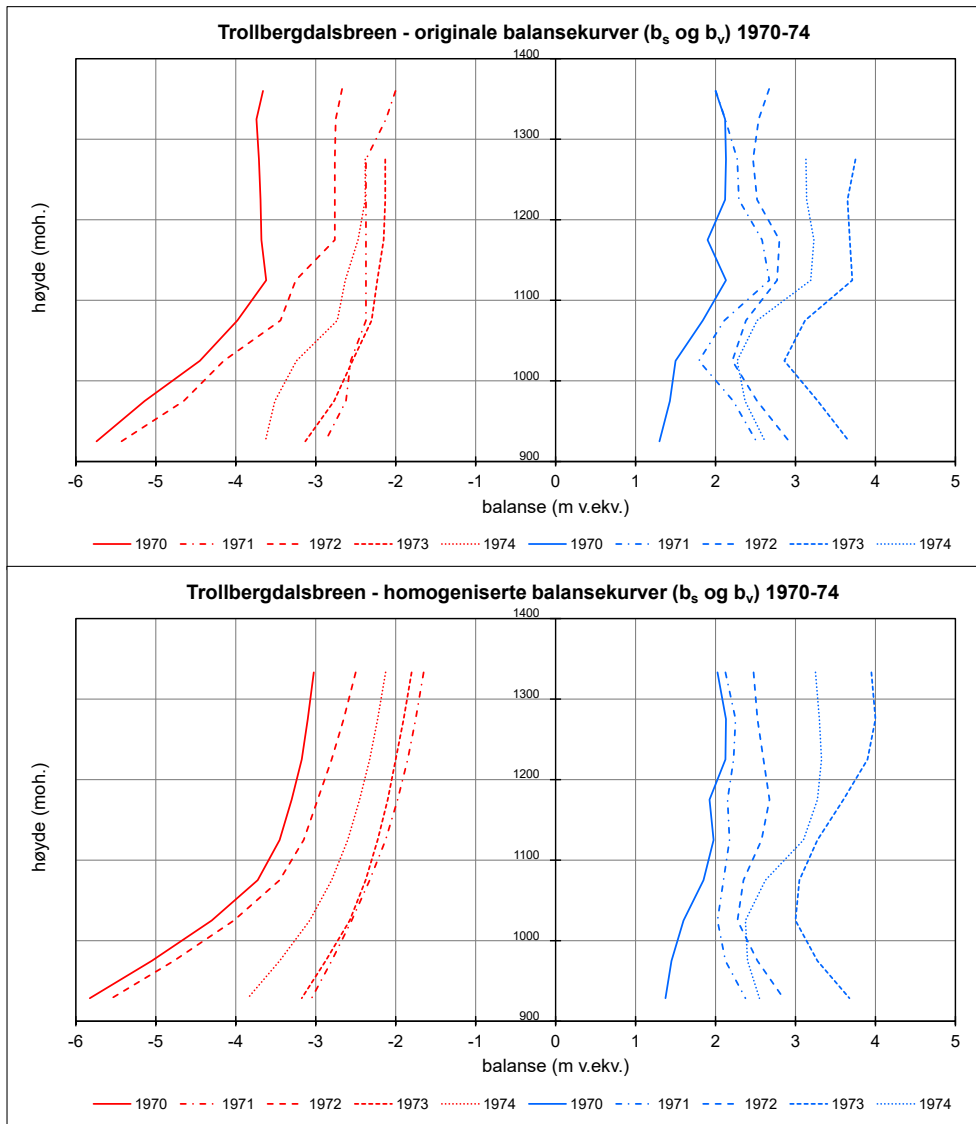
Punktmålinger og kurver for vinterbalanse, sommerbalanse og årlig balanse for 1974 og 1993, som er representative år for hver sin måleperiode, er vist i figur 96.



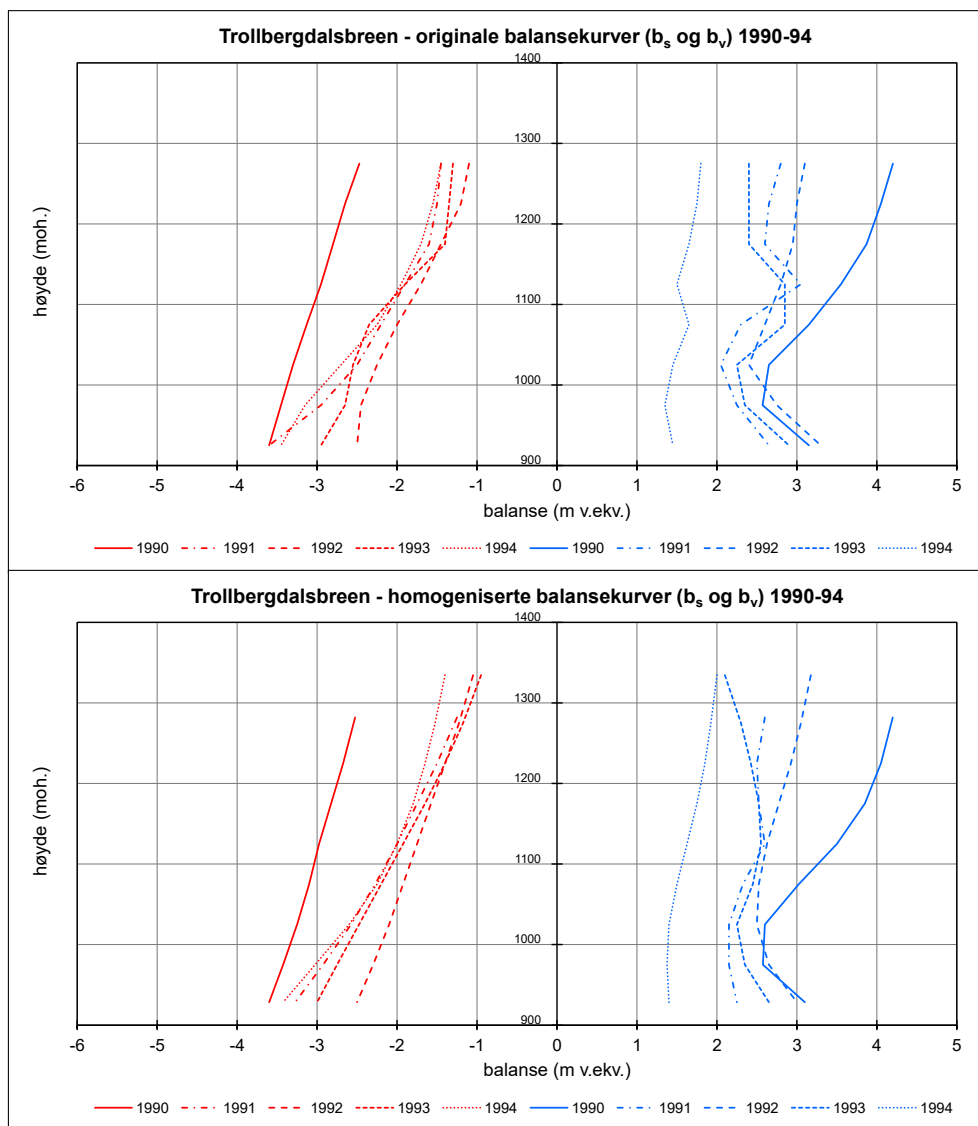
**Figur 96**  
**Homogeniserte balansekurver for sommerbalanse (rød), årlig balanse (svart) og vinterbalanse (blå) for 1974 (øverst) og 1993 (nederst). Punktverdier for sommerbalanse (○), vinterbalanse (·) samt midlere vinterbalanse for hver 50 m høydeintervall (○) er også plottet.**

### Massebalanse – resultat

Årlige balansekurver basert på de originale og de homogeniserte verdiene for vinter- og sommerbalansen i periodene 1970-74 og 1990-94 er vist i figurene 97 og 98.



**Figur 97**  
**Originale (øverst) og homogeniserte (nederst) balansekurver for vinterbalanse (blå linjer) og sommerbalanse (rød linjer) for 1970-74.**



**Figur 98**  
**Originale (øverst) og homogeniserte (nederst) balansekurver for vinterbalanse (blå linjer) og sommerbalanse (rød linjer) for 1990-94.**

Forskjellene mellom originale og homogeniserte årlige massebalanseverdier er opp til 0,29 m v.ekv.

I måleperioden 1970-75 ble vinterbalansen gjennomgående litt større og sommerbalansen litt mindre etter homogeniseringen. Den kumulative massebalansen for denne perioden ble endret fra  $-3,96$  til  $-2,99$  m v.ekv., hvilket betyr en gjennomsnittlig årlig endring på  $+0,161$  m v.ekv.

I måleperioden 1990-94 ble både vinter- og sommerbalansen gjennomgående litt mindre etter homogeniseringen. Den kumulative massebalansen for denne perioden ble omtrent uendret, fra  $-0,39$  til  $-0,41$  m v.ekv., hvilket betyr en gjennomsnittlig årlig endring på  $-0,004$  m v.ekv.

Original og homogenisert massebalanseserie for Trollbergdalsbreen 1970-75 og 1990-94 er vist i tabell 44 og figur 99.

**Tabell 44**

**Original og homogenisert massebalanseserie for Trollbergdalsbreen 1970-75 og 1990-94.**

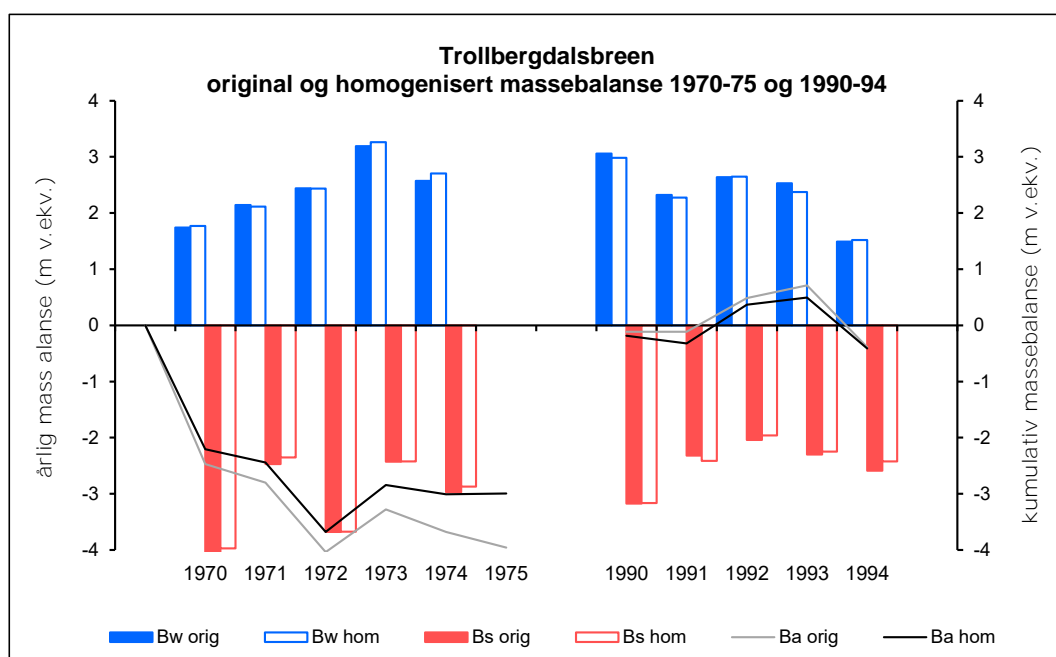
År	Original massebalanseserie								Homogenisert massebalanseserie								Homogenisert med hensyn til			
	B <sub>w</sub>	B <sub>s</sub>	B <sub>a</sub>	ΣB <sub>a</sub>	ELA	AAR	DTM	Areal	B <sub>w</sub>	B <sub>s</sub>	B <sub>a</sub>	ΣB <sub>a</sub>	ELA	AAR	DTM	Areal	Metode	Tetthet	DTM <sub>repr</sub>	DTM <sub>ny</sub>
1970	1.74	-4.21	-2.47	-2.47	>1370	0	1968	2.06	1.77	-3.97	-2.21	-2.21	>1366	0	1968	1.99	x	x	x	
1971	2.14	-2.47	-0.33	-2.80	1100	29	1968	2.02	2.12	-2.35	-0.24	-2.44	1115	26	1968	1.99	x		x	
1972	2.44	-3.68	-1.24	-4.04	1160	21	1968	2.01	2.44	-3.67	-1.24	-3.68	1335	1	1968	1.99	x		x	
1973	3.19	-2.43	0.76	-3.28	<900	100	1968	1.82	3.26	-2.42	0.84	-2.84	<907	100	1968	1.99	x	x	x	
1974	2.57	-2.97	-0.40	-3.68	1105	26	1968	1.82	2.71	-2.87	-0.17	-3.01	1090	33	1968	1.99	x		x	
1975			-0.28	-3.96	1070	26	1968	1.82			0.01	-2.99	1065	47	1968	1.99	x		x	
1990	3.06	-3.17	-0.11	-0.11	1060	59	1968	1.82	2.98	-3.17	-0.18	-0.18	1080	29	1985	1.69		x	x	x
1991	2.32	-2.32	0.00	-0.11	1070	38	1968	1.82	2.27	-2.41	-0.14	-0.32	1070	31	1985	1.69		x	x	x
1992	2.64	-2.04	0.60	0.48	<900	100	1968	1.82	2.65	-1.96	0.69	0.37	<907	100	1998	1.80		x	x	x
1993	2.53	-2.30	0.23	0.71	1050	50	1968	1.82	2.38	-2.25	0.13	0.49	1050	43	1998	1.80		x	x	x
1994	1.49	-2.59	-1.10	-0.39	1180	6	1985	1.58	1.52	-2.42	-0.90	-0.41	1185	16	1998	1.80		x	x	x

Metode - metodikken for beregning av vinter- og sommerbalanse er endret fra arealfordelte (planimeter) til høydefordelte verdier.

Tetthet - konverteringen fra snødypp til vannkveivalent er endret og basert på en trendlinjemodell.

DTM<sub>repr</sub> - papirkart er digitalisert og ny høydefordeling er beregnet.

DTM<sub>ny</sub> - en nyere DTM er benyttet i beregningene.

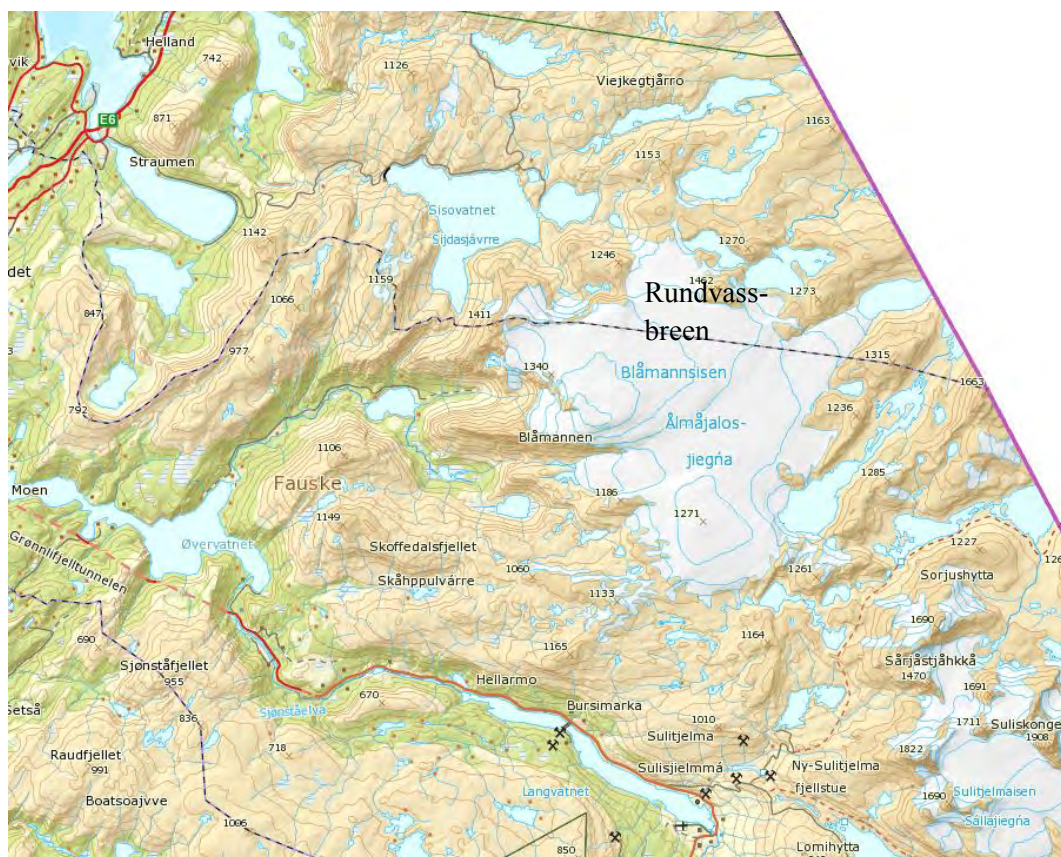


**Figur 99**

**Original og homogenisert vinterbalanse (blå søyler) og sommerbalanse (rød søyler), samt kumulativ årlig balanse (grå og svart strek) for Trollbergdalsbreen 1970-75 og 1990-94.**

## 3.6 Blåmannsisen

Blåmannsisen (91 km<sup>2</sup> i 2011) er en platåbre som ligger nordøst for Svartisen. En massebalanseserie for Rundvassbreen er homogenisert og beskrevet (fig. 100).

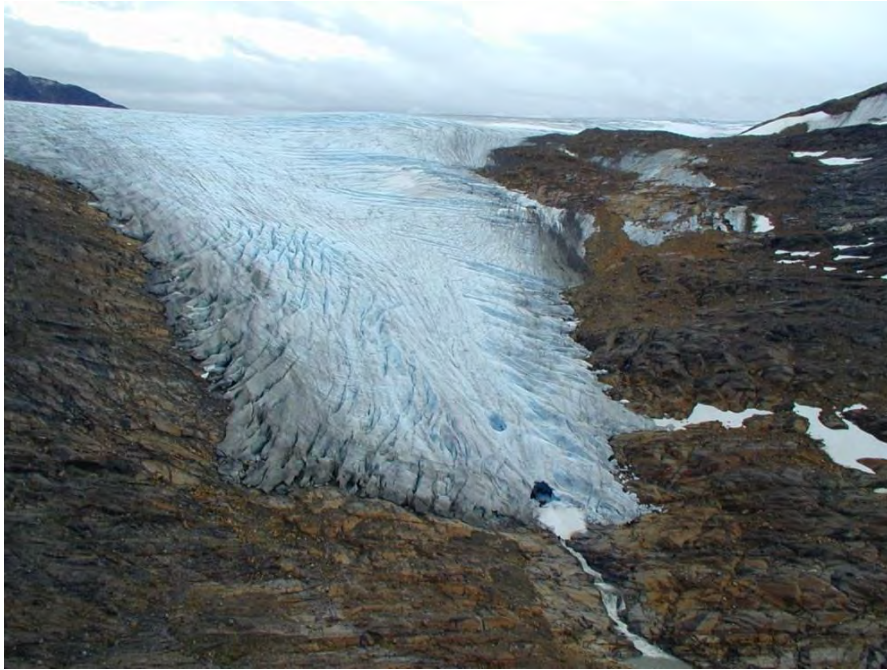


**Figur 100**  
Brefeltet Rundvassbreen på Blåmannsisen er homogenisert.

### 3.6.1 Rundvassbreen

Rundvassbreen (bre-ID 941) er en nordvendt breutløper fra Blåmannsisen (fig. 100). Massebalansen er målt i ni år fordelt over to perioder, den første fra 2002 til 2004 (Kjøllmoen, 2005) og den andre fra 2011 til 2016 (Kjøllmoen, 2016). Homogenisert massebalanseserie er beregnet for perioden 2002-04. For perioden 2011-16 er den originale måleserien korrekt mht. metodikk og kartgrunnlag, og homogenisering er derfor ikke aktuelt før en ny kartlegging eventuelt foreligger. En kartlegging fra 1998 viste at Rundvassbreen dekket et areal på 11,7 km<sup>2</sup> og strakk seg fra 788 til 1533 moh. En ny kartlegging fra 2011 viste at brearealet var krympet til 10,9 km<sup>2</sup> og høydeintervallet gikk fra 836 til 1525 moh.

Av andre undersøkelser på Rundvassbreen kan nevnes at det siden 2001 er gjort flere målinger ifm. jøkulhlaup under breen (Engeset mfl., 2005).



**Figur 101**  
Bretunga på Rundvassbreen fotografert den 4. september 2002. Foto: Bjarne Kjøllmoen.

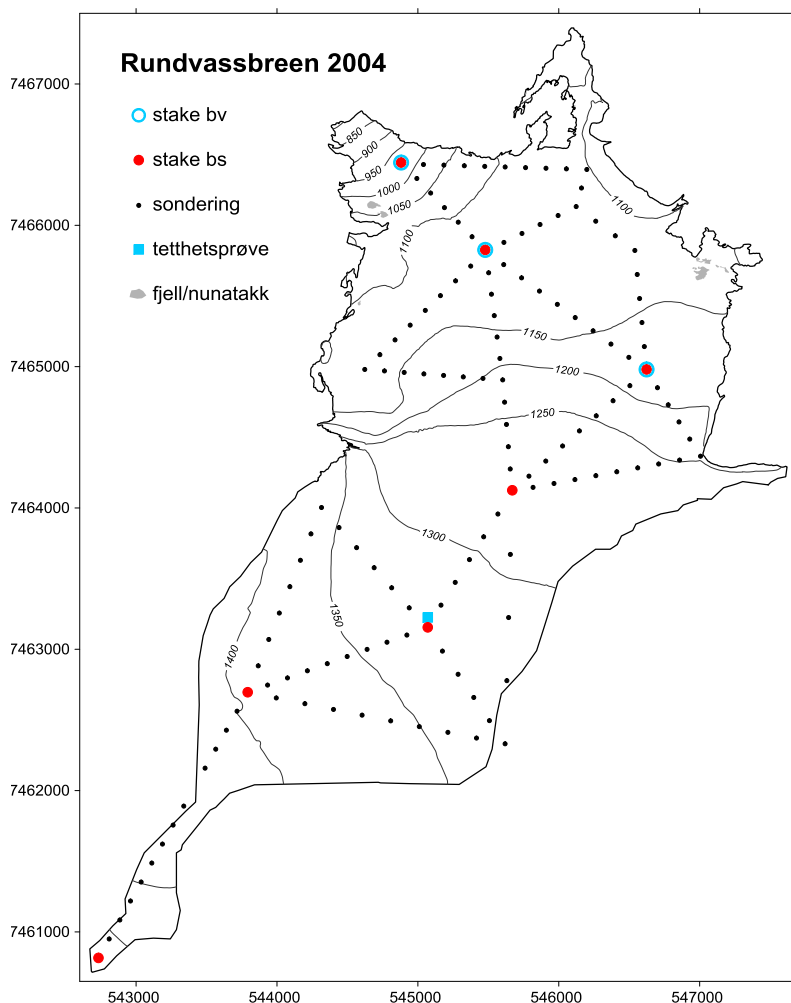
#### Massebalanse – feltdata

Alle høydenivåer ned til 970 moh. var dekket med målepunkt i årene 2002-04. Antall sonderinger varierte mellom 107 og 169 med gjennomsnitt på 139. Smeltingen ble målt på sju staker og snøens tetthet ble målt i én til to lokaliteter.

Lokalisering av målepunkt for snødyp, tetthet og smelting for 2004, som er mest representativ for perioden 2002-04, er vist i figur 103. En oversikt over antall målinger for årene 2002-04 er vist i tabell 45.



**Figur 102**  
Innmåling av staker på Rundvassbreen 16. juni 2002. Foto: Hans Martin Hjemås.



**Figur 103**  
Rundvassbreen 2004  
da måleopplegget er  
mest representativt for  
årene 2002-04.

**Tabell 45**  
Oversikt over antall målinger på Rundvassbreen i perioden 2002-04.

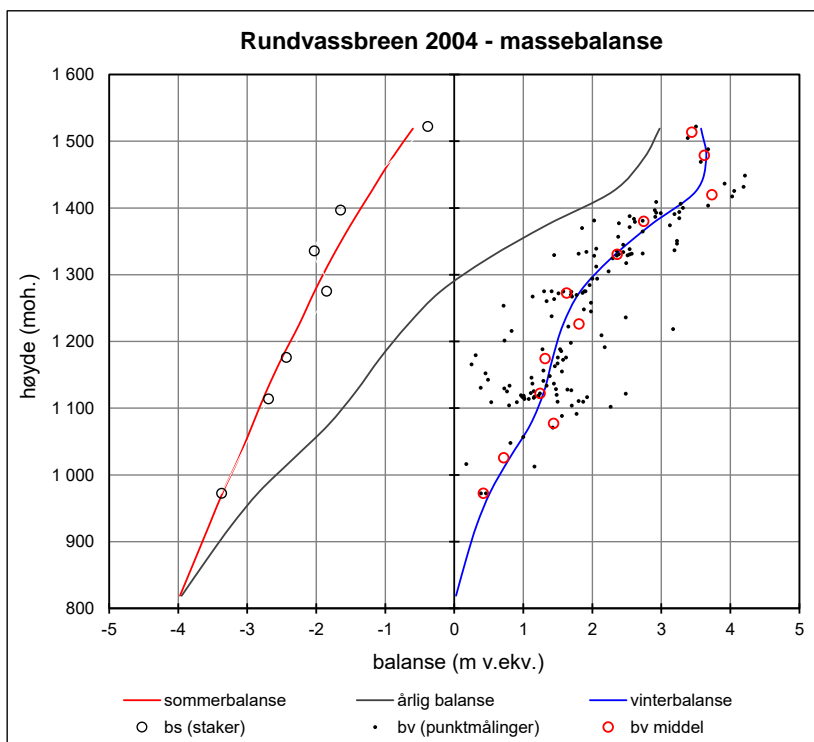
År	Staker			Tetthet	Sond.	Data- kvalitet	Anmerkning
	b <sub>w</sub>	b <sub>s</sub>	b <sub>a</sub>				
2002	0	7	7	1	107	God	Det ble tatt sju kjerneprøver.
2003	5	7	7	2	169	God	Det ble tatt seks kjerneprøver.
2004	3	7	7	1	140	God	

### Massebalanse – beregning

Nedenfor 970 moh. på Bretunga er det ingen målepunkt for verken snødyp eller smelting. Arealen i de tre nederste høydeintervallene uten målinger utgjør 0,14 km<sup>2</sup>, eller 1 % av brefeltets totale areal. En variasjon av balanseverdier i disse intervallene på ±0,4 m v.ekv. utgjør så lite som 0,01 m v.ekv. for breens totale massebalanse. Usikkerheten i kurveforløpet i de tre nederste høydeintervallene som følge av manglende målinger er dermed uten betydning.

Punktmålinger og kurver for vinterbalanse, sommerbalanse og årlig balanse for 2004, som er mest representativt for årene 2002-04, er vist i figur 104.

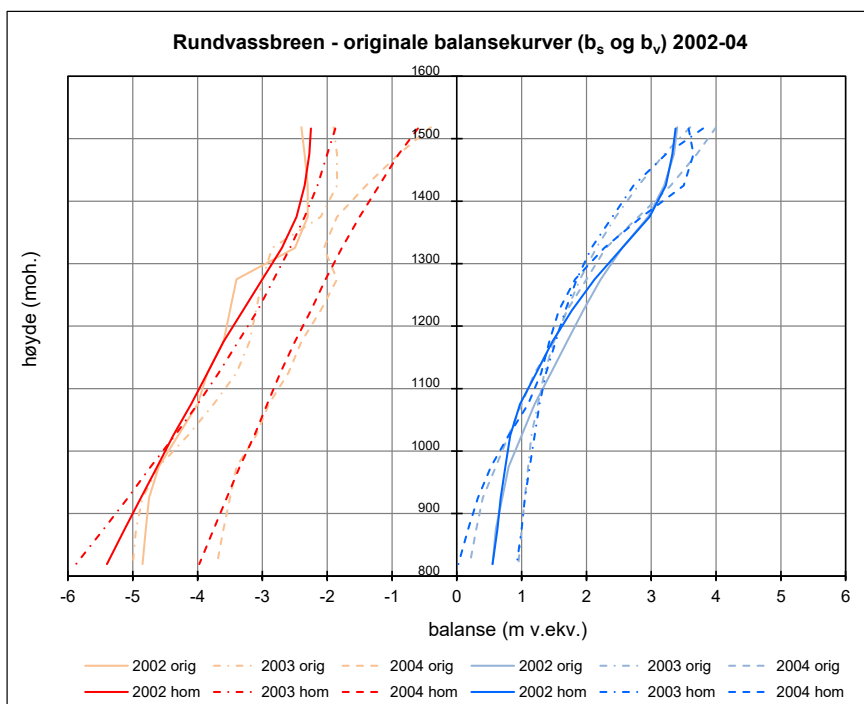




**Figur 104**  
**Balansekurver for sommerbalanse (rød), årlig balanse (svart) og vinterbalanse (blå) for 2004.**  
**Punktverdier for sommerbalanse (○), vinterbalanse (•) samt midlere vinterbalanse for hver 50 m høydeintervall (○) er også plottet.**

### Massebalanse – resultat

Årlige balansekurver basert på de originale og de homogeniserte verdiene for vinter- og sommerbalansen i perioden 2002-04 er vist i figur 105.



**Figur 105**  
**Originale og homogeniserte balansekurver for vinterbalanse (blå linjer) og sommerbalanse (rød linjer) for 2002-04.**

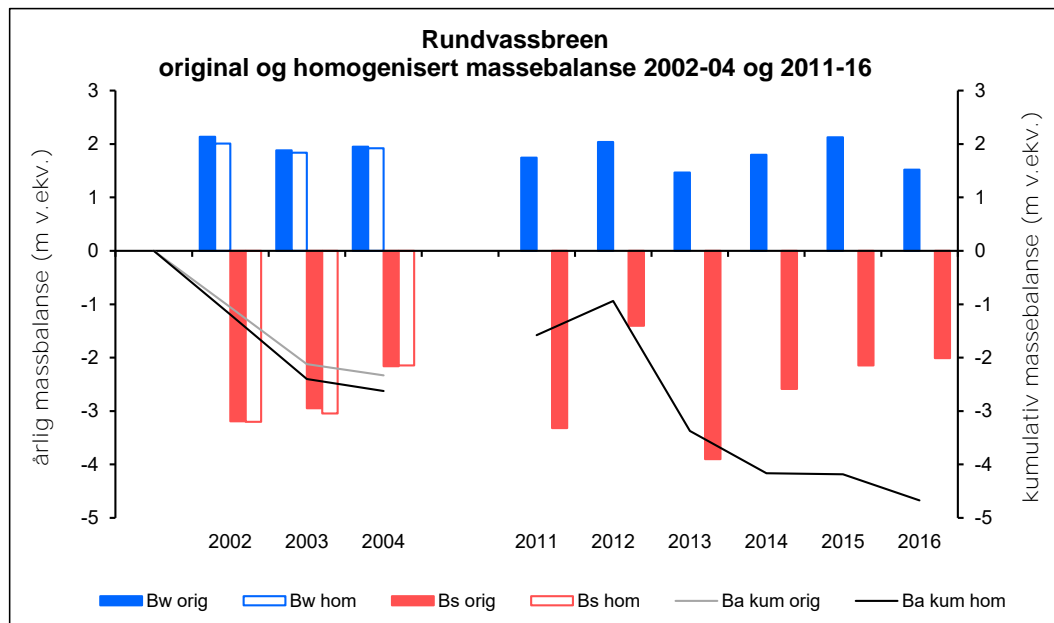
Forskjellene mellom originale og homogeniserte massebalanseverdier er relativt små (<0,14 m v.ekv.). Vinterbalansen ble litt mindre og sommerbalansen litt større etter homogeniseringen. Den kumulative massebalansen for 2002-04 ble endret fra -2,33 til -2,63 m v.ekv., hvilket betyr en gjennomsnittlig årlig endring på -0,099 m v.ekv.

Original og homogenisert massebalanseserie for Rundvassbreen 2002-04 er vist i tabell 46 og figur 106.

**Tabell 46**  
**Original og homogenisert massebalanseserie for Rundvassbreen 2002-04.**

År	Original massebalanseserie								Homogenisert massebalanseserie								Homogenisert med hensyn til		
	B <sub>w</sub>	B <sub>s</sub>	B <sub>a</sub>	ΣB <sub>a</sub>	ELA	AAR	DTM	Areal	B <sub>w</sub>	B <sub>s</sub>	B <sub>a</sub>	ΣB <sub>a</sub>	ELA	AAR *DTM	Areal	Tetthet	Areal	DTM <sub>repr</sub>	
2002	2.14	-3.19	-1.05	-1.05	1320	32	1998	11.58	2.01	-3.20	-1.19	-1.19	1335	26	1998	11.71	x	x	x
2003	1.88	-2.95	-1.07	-2.12	1360	19	1998	11.58	1.84	-3.05	-1.21	-2.40	1370	15	1998	11.71	x	x	x
2004	1.95	-2.16	-0.21	-2.33	1260	51	1998	11.58	1.92	-2.15	-0.23	-2.63	1290	41	1998	11.71	x	x	x

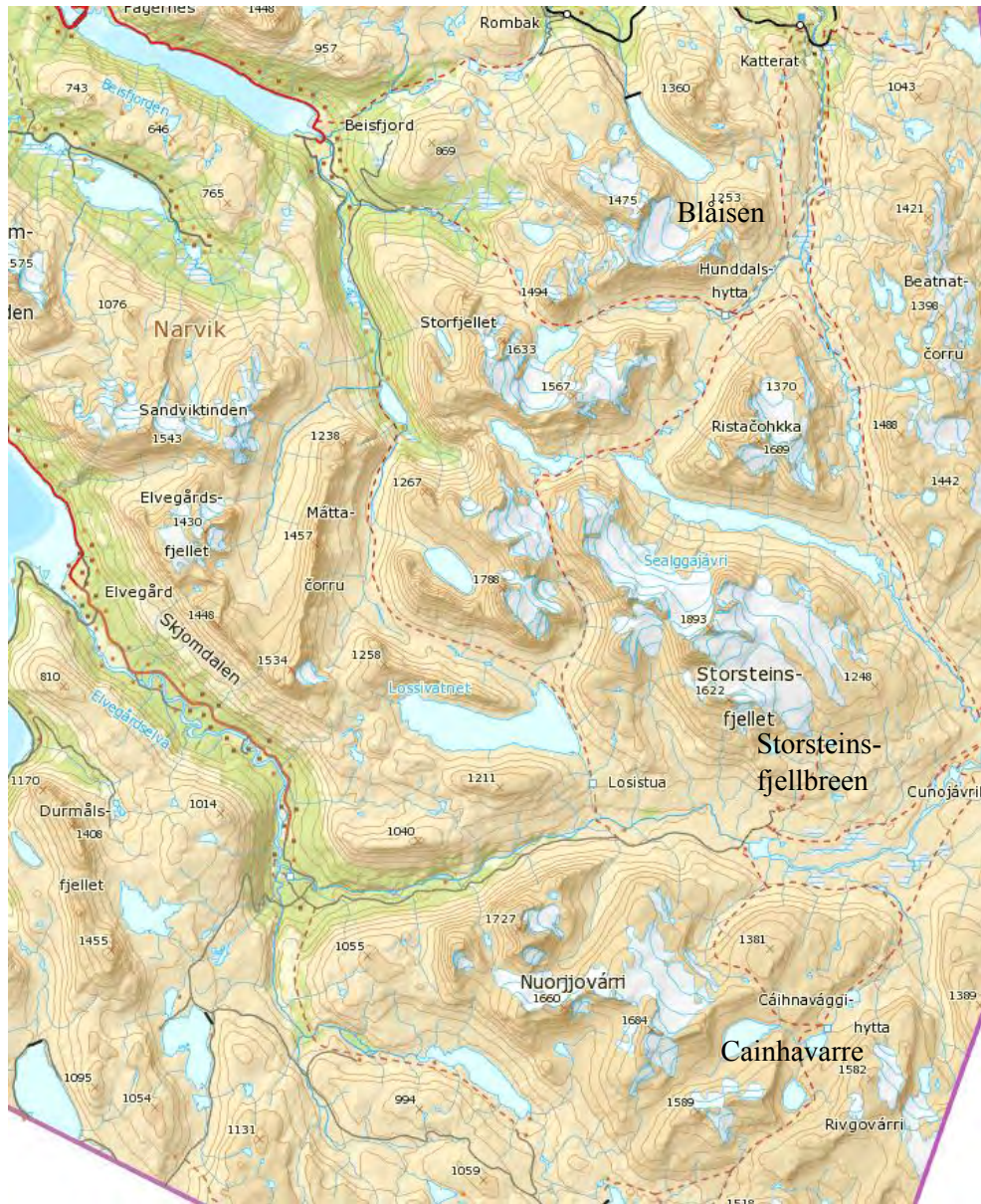
\*Isskillet beregnet fra DTM 2011 er også brukt for DTM 1998.  
Tetthet - konverteringen fra snødyp til vannekvivalent er basert på en trendlinjemodell.  
Areal - Arealet er beregnet ut fra isskillet fra DTM 2011.  
DTM<sub>repr</sub> - DTM er reproduisert og ny høyde- arealfordeling er beregnet.



**Figur 106**  
**Original og homogenisert vinterbalanse (blå søyler) og sommerbalanse (rød søyler), samt kumulativ årlig balanse (grå og svart strek) for Rundvassbreen 2002-04 og 2011-16. Årene 2011-16 er ikke homogenisert ettersom de originale balanseverdiene er korrekt mht. metodikk og kartgrunnlag.**

## 3.7 Skjomen

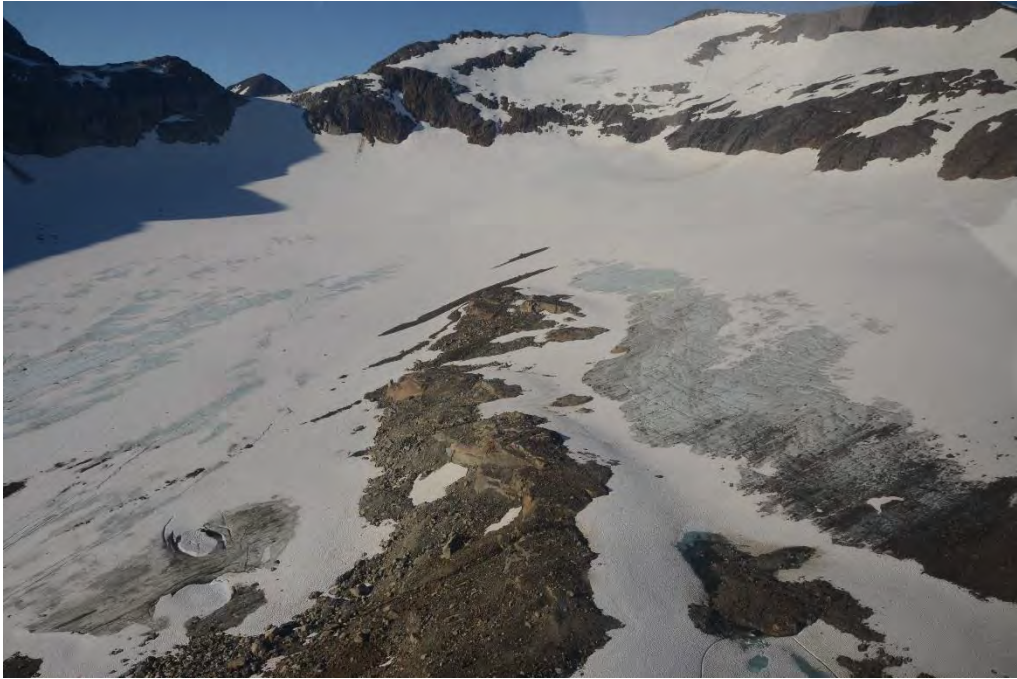
I fjellområdene øst for Skjomen i Nordland er massebalanseseriene til de tre brefeltene Blåisen, Storsteinsfjellbreen og Cainhavarre homogenisert og beskrevet (fig. 107).



Figur 107  
Brefeltene Blåisen, Storsteinsfjellbreen og Cainhavarre øst for Skjomen er homogenisert.

### 3.7.1 Blåisen

Blåisen (bre-ID 596) er en liten botnbre nordøst for Skjomen (fig. 107). Massebalansen ble målt i seks år fra 1963 til 1968 (Pytte, 1969). En homogenisert massebalanseserie er beregnet for hele måleperioden. En kartlegging fra 1959 viste at breen dekket et areal på 2,2 km<sup>2</sup> og med et høydeintervall fra 860 til 1204 moh. En senere kartlegging fra 2001 viste at brearealet var krympet til 1,8 km<sup>2</sup> (Andreassen mfl., 2012).

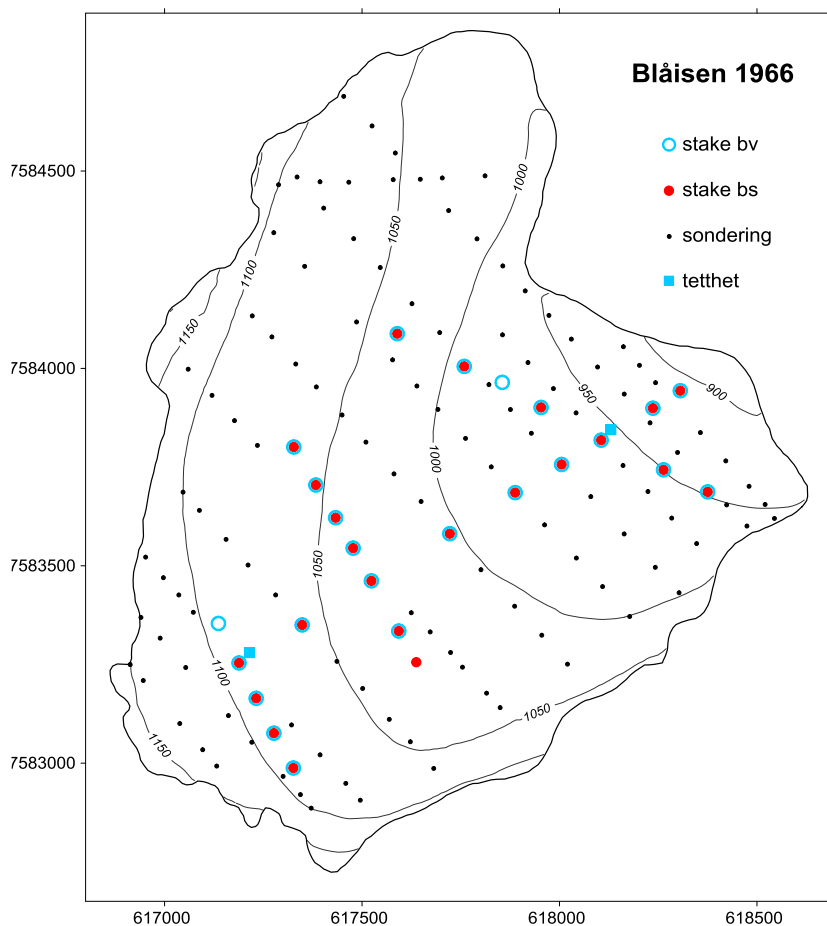


**Figur 108**  
Deler av Blåisen fotografert den 20. august 2015. Foto: Roger Sværd.

#### Massebalanse – felldata

I de bratteste områdene over 1150 moh. finnes det ikke snødypmålinger for noen av årene (tab. 47), mens stakemålinger for smelting ble målt opp til ca. 1100 moh. Nederst på breen ble det gjort lite eller ingen målinger nedenfor 900 moh. Antall sonderinger varierte mellom 74 og 192 med gjennomsnitt på 128, mens smeltingen ble målt på 14 til 28 staker med gjennomsnitt på 21. Snøens tetthet ble målt i én til tre lokaliteter. I 1968 ble det ikke målt tetthet på Blåisen fordi feltarbeiderne hadde glemt å ta med vekt.

Lokalisering av målepunkt for snødyp, tetthet og smelting for 1966, som er et representativt år for måleperioden 1963-68, er vist i figur 109. En oversikt over antall målinger for hele perioden er vist i tabell 47.



**Figur 109**  
Måleomfanget på Blåisen i 1966, som er et representativt år for måleperioden 1963-68.

**Tabell 47**  
Oversikt over antall målinger på Blåisen i perioden 1963-68.

År	Staker			Tetthet Sond.	Data-kvalitet	Høydeutstrekning av målepunkt		
	$b_w$	$b_s$	$b_a$			$b_v$ (moh.)	$b_s$ (moh.)	
1963	0	14	14	2	136	Middels	918 - 1107	919 - 1095
1964	18	17	17	3	192	God	876 - 1150	919 - 1130
1965	16	14	12	1	106	God	900 - 1143	912 - 1090
1966	24	23	23	2	141	God	912 - 1151	912 - 1088
1967	28	28	28	2	74	God	910 - 1143	910 - 1098
1968	29	28	28	0*	120	God	902 - 1117	910 - 1100

\*Tetthetsmåling fra Storsteinsfjellbreen ble brukt

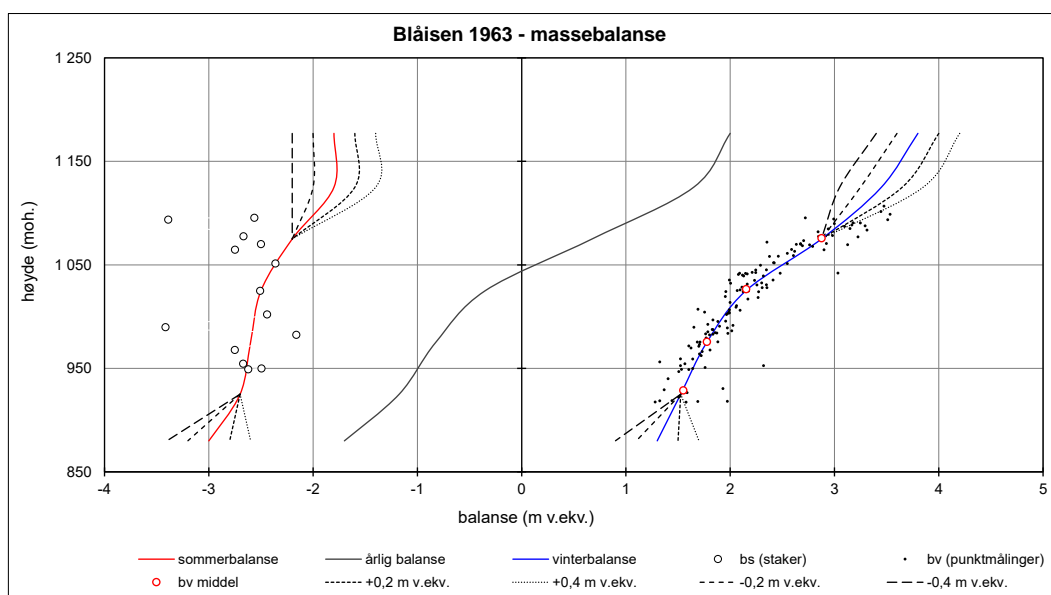
### Massebalanse – beregning

På grunnlag av meteorologiske observasjoner fra stasjonen «Riksgränsen» (Østrem og Pytte, 1968) ble det beregnet tilleggsakkumulasjon for årene 1966 og 1967 på hhv. 0,04 og 0,03 m v.eqv. I originalberegningene er denne tilleggsakkumulasjonen tatt med som en del av vinterbalansen for disse to årene. I homogeniseringen er tilleggsakkumulasjon ikke tatt med i vinterbalansen, men behandles som en del av sommerbalansen.

Vanligvis er det en viss sammenheng mellom målt smelting og høyden over havet. I 1963 er sammenhengen svært dårlig (fig. 110.). De originale kurveverdiene for sommerbalansen er derfor beholdt i homogeniseringen.

For årene 1965 og 1967 finnes det ingen dokumentasjon på snødyp, og originale vannverdier for punktmålingene er beholdt i homogeniseringen. I 1968 ble tetthetsmålingen fra Storsteinsfjellbreen brukt for å beregne vannverdier på Blåisen. Modellen gir imidlertid en så dårlig trendlinje at de originale punktverdiene er beholdt.

I de bratte høyereliggende (>1100 moh.) områdene i vest og de aller laveste (<900 moh.) områdene i øst (fig. 109) er det lite og til dels ingen måledata. Kurveforløpet i de to øverste høydeintervallene mellom 1100 og 1204 moh. samt det nederste intervallet mellom 860 og 900 moh. er dermed sensibelt mht. enkeltmålinger. Arealet i disse tre høydeintervallene utgjør 0,30 km<sup>2</sup>, eller 14 % av brefeltets totale areal. En variasjon av massebalanseverdiene i disse intervallene betyr derfor lite for breens totale massebalanse. Dette er vist i figur 110 og tabell 48, der kurveforløpene fra den homogeniserte måleserien i 1963 er sammenlignet med andre mulige kurveverdier. Dette er et år med spesielt stor spredning av stakemålingene for smelting. I scenario I er vinter- og sommerbalanseverdiene i de nevnte høydeintervallene økt med 0,2 m v.ekv., i scenario II økt med 0,4 m, i scenario III senket med 0,2 m og i scenario IV senket med 0,4 m v.ekv.



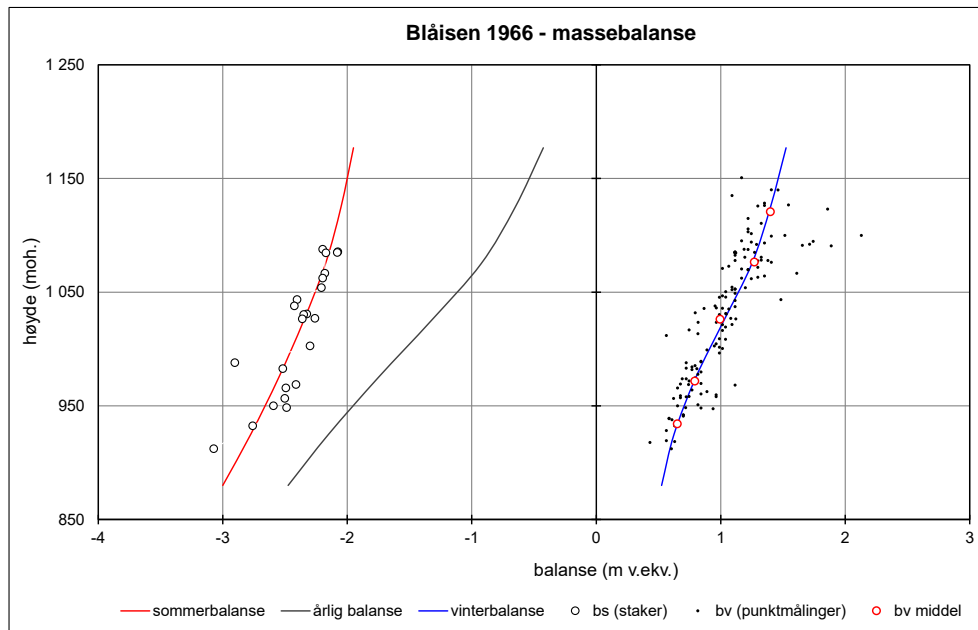
**Figur 110**  
Homogeniserte (heltrukne linjer) massebalansekurver for sommerbalanse (rød), årlig balanse (svart) og vinterbalanse (blå) for 1963. Balansekurvene er sammenlignet med ulike kurveforløp (stiplede linjer) i de to øverste høydeintervallene mellom 1100 og 1204 moh. og det nederste intervallet mellom 860 og 900 moh. De målte punktverdiene for sommerbalanse (o) og vinterbalanse (•), samt middelverdier for vinterbalansen (◦) innenfor hver 50 m høydeintervall er også plottet.

**Tabell 48**  
Vinter- ( $B_w$ ), sommer- ( $B_s$ ) og årlig ( $B_a$ ) balanse i 1963 ved ulike kurveforløp høydeintervallene med få eller ingen målinger.

Ulike kurveforløp	$B_w$ (m v.ekv.)	$B_s$ (m v.ekv.)	$B_a$ (m v.ekv.)
Homogenisert serie	2.42	-2.36	0.06
Scenario I (+0.2 m v.ekv.)	2.44	-2.33	0.11
Scenario II (+0.4 m v.ekv.)	2.47	-2.30	0.17
Scenario III (-0.2 m v.ekv.)	2.39	-2.39	0.00
Scenario IV (-0.4 m v.ekv.)	2.36	-2.41	-0.05

Resultatene fra denne sammenligningen viser at ved å endre kurveforløpet som vist i figur 110, så endres den årlige balansen med maksimalt  $\pm 0,11$  m v.ekv. Dette viser at valg av kurveforløp i de tre høydeintervallene påvirker den totale massebalansen for til en viss grad. For de andre fem årene er imidlertid spredningen av punktmålingene for sommerbalansen mindre og punktmålinger for vinterbalansen mangler for bare det øverste høydeintervallet. Usikkerheten i massebalansen for 1963 må dermed anses som litt større enn for de andre fem årene i serien.

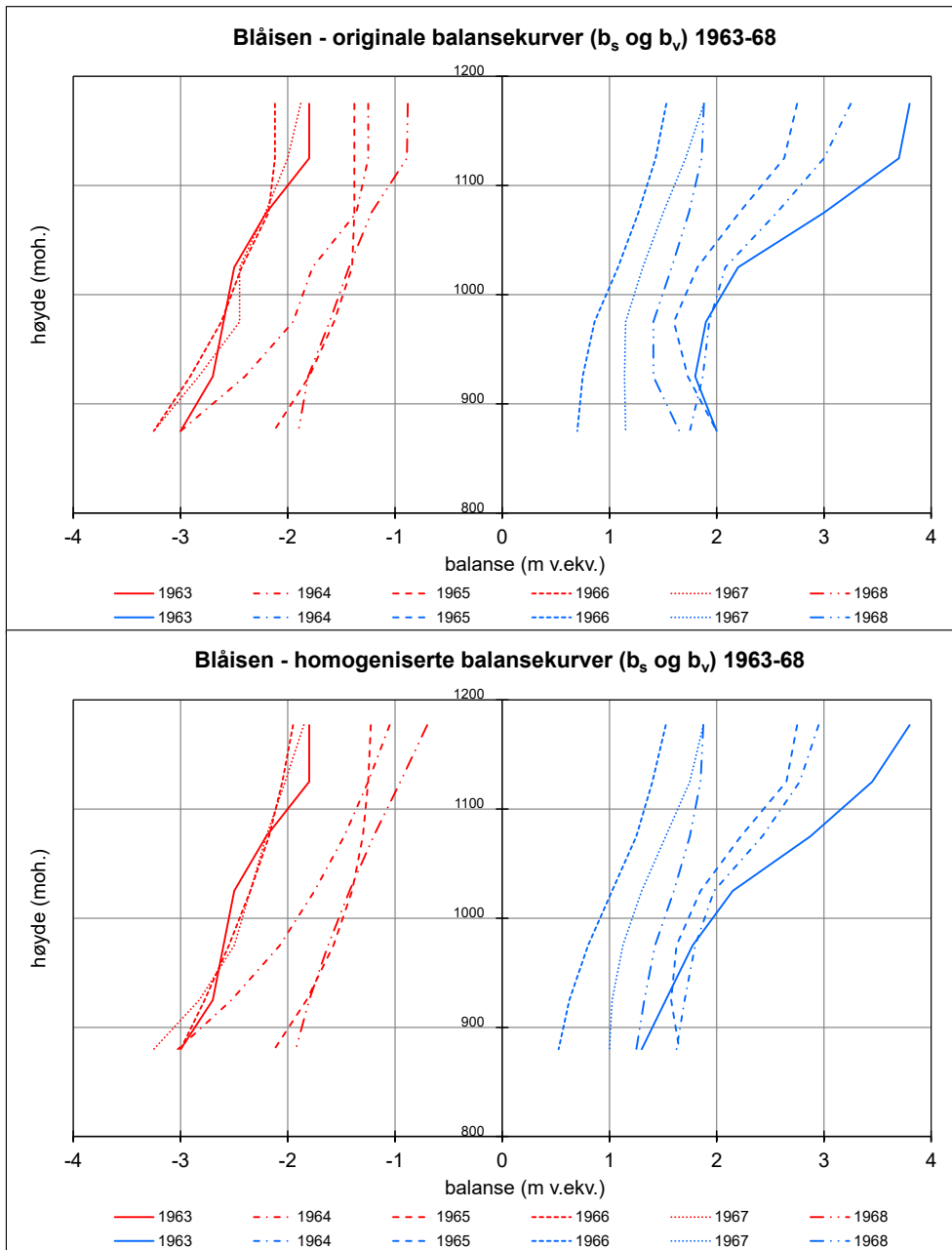
Punktmålinger og kurver for vinterbalanse, sommerbalanse og årlig balanse for 1966, som er et mer representativt år enn 1963, er vist i figur 111.



**Figur 111**  
**Massebalansekurver for sommerbalanse (rød), årlig balanse (svart) og vinterbalanse (blå) for 1966. Punktværdier for sommerbalanse (○), vinterbalanse (•) samt midlere vinterbalanse for hver 50 m høydeintervall (○) er også plottet.**

#### Massebalanse – resultat

Årlige balansekurver basert på de originale og de homogeniserte verdiene for vinter- og sommerbalansen i perioden 1963-68 er vist i figur 112.



**Figur 112**  
**Originale (øverst) og homogeniserte (nederst) balansekurver for vinterbalanse (blå linjer) og sommerbalanse (rød linjer) for 1963-68.**

Forskjellene mellom originale og homogeniserte årlige balanseverdier er relativt små ( $<0,20$  m v.ekv.). Både vinter- og sommerbalansen ble gjennomgående litt mindre etter homogeniseringen. Den kumulative massebalansen for 1963-68 ble endret fra  $-0,62$  til  $-0,90$  m v.ekv., hvilket betyr en gjennomsnittlig årlig endring på  $-0,046$  m v.ekv.

Original og homogenisert massebalanseserie for Blåisen 1963-68 er vist i tabell 49 og figur 113.



**Tabell 49**

**Original og homogenisert massebalanseserie for Blåisen 1963-68.**

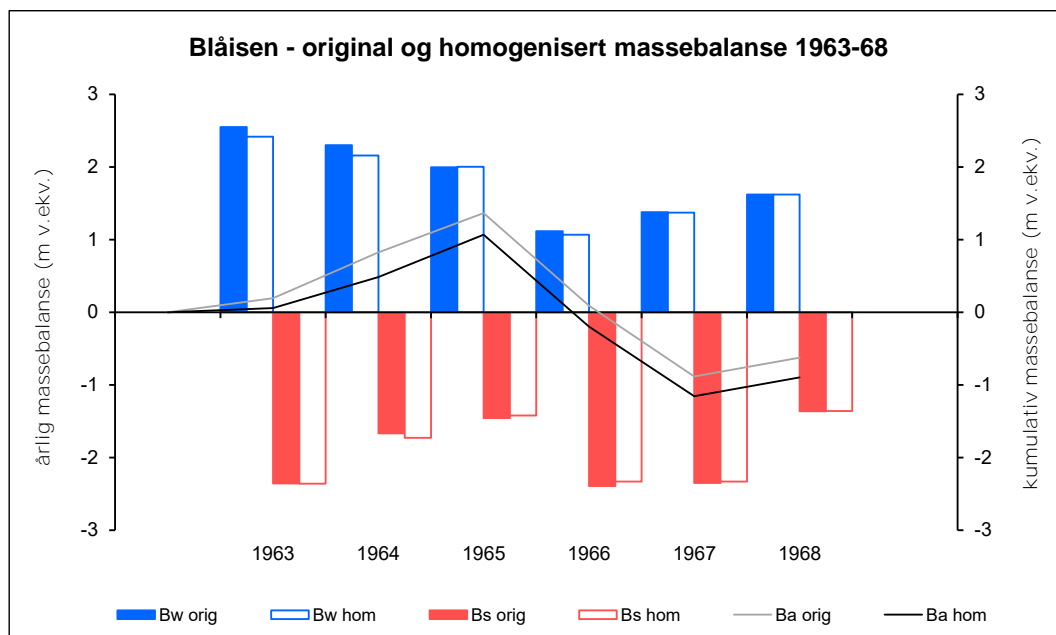
År	Original massebalanseserie								Homogenisert massebalanseserie								Homogenisert med hensyn til		
	B <sub>w</sub>	B <sub>s</sub>	B <sub>a</sub>	ΣB <sub>a</sub>	ELA	AAR	DTM	Areal	B <sub>w</sub>	B <sub>s</sub>	B <sub>a</sub>	ΣB <sub>a</sub>	ELA	AAR	DTM	Areal	Metode	Tetthet	DTM <sub>dig</sub>
1963	2.55	-2.36	0.19	0.19	1040	49	1959	2.18	2.42	-2.36	0.06	0.06	1045	46	1959	2.18	x*	x	x
1964	2.30	-1.67	0.63	0.83	980	82	1959	2.18	2.16	-1.73	0.43	0.49	1005	70	1959	2.18	x	x	x
1965	2.00	-1.46	0.54	1.37	960	89	1959	2.18	2.00	-1.42	0.58	1.07	965	88	1959	2.18	x		x
1966	1.12	-2.39	-1.28	0.09	>1200	0	1959	2.18	1.07	-2.33	-1.27	-0.20	>1204	0	1959	2.18	x	x	x
1967	1.38	-2.35	-0.97	-0.88	1175	0	1959	2.18	1.37	-2.33	-0.96	-1.16	1175	0	1959	2.18	x	x	x
1968	1.62	-1.36	0.26	-0.62	1010	67	1959	2.18	1.62	-1.36	0.26	-0.90	1005	70	1959	2.18	x		x

Metode - metodikken for beregning av vinter- og sommerbalanse er endret fra arealfordelte (planimeter) til høydefordelte verdier.

Tetthet - konverteringen fra snødyb til vannekvivalent er basert på en trendlinjemodell.

DTM<sub>dig</sub> - papirkart er digitalisert og ny høydefordeling er beregnet.

\*Gjelder bare B<sub>w</sub>. De originale høydefordelte verdiene for B<sub>s</sub> er beholdt.



**Figur 113**

**Original og homogenisert vinterbalanse (blå søyler) og sommerbalanse (rød søyler), samt kumulativ årlig balanse (grå og svart strek) for Blåisen 1963-68.**

### 3.7.2 Storsteinsfjellbreen

Storsteinsfjellbreen (bre-ID 675) er en dalbre som ligger øst for Skjomen (fig. 107). Massebalansen er målt i 10 år fordelt over to perioder, den første fra 1964 til 1968 (Pytte, 1969) og den andre fra 1991 til 1995 (Kjøllmoen, 1996). Homogeniserte massebalanseserier er beregnet for begge måleperiodene. En kartlegging fra 1960 viste at breen dekket et areal på 6,2 km<sup>2</sup> og med et høydeintervall fra 926 til 1846 moh. En senere kartlegging fra 1993 viste at brearealet var krympet til 5,9 km<sup>2</sup> med høydeintervall mellom 969 og 1852 moh. Endringer av Storsteinsfjellbreen er forøvrig beskrevet i Andreassen, 2000 og i Kjøllmoen og Østrem, 1997.



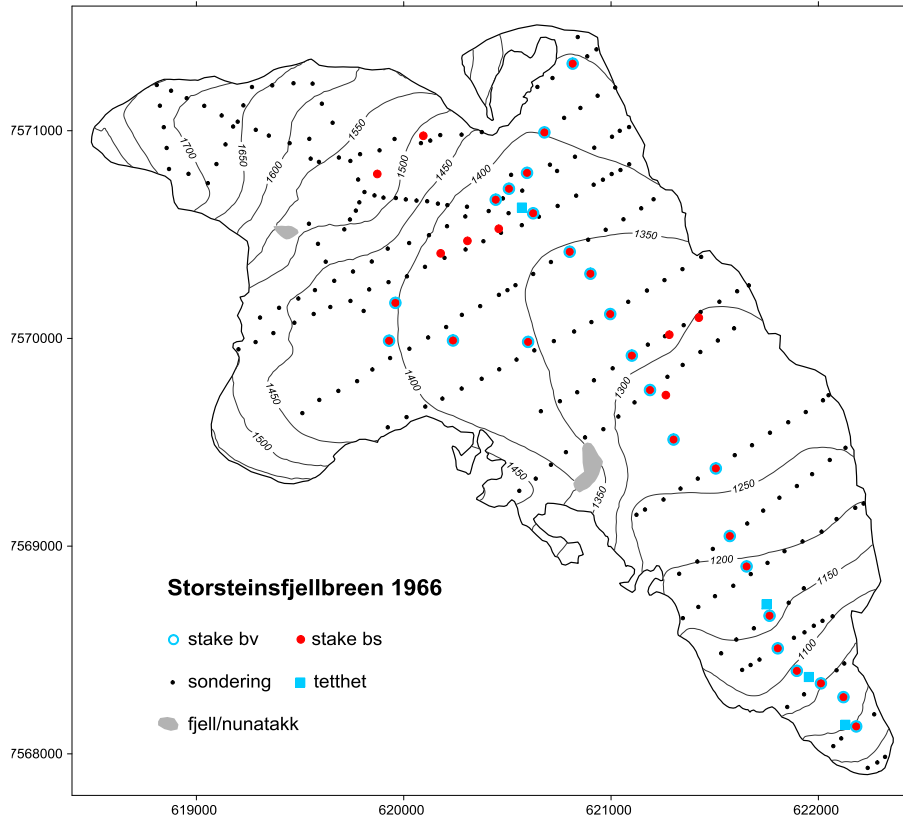
**Figur 114**  
**Storsteinsfjellbreen fotografert i september 1964. Foto: Gunnar Østrem.**

#### Massebalanse – felldata

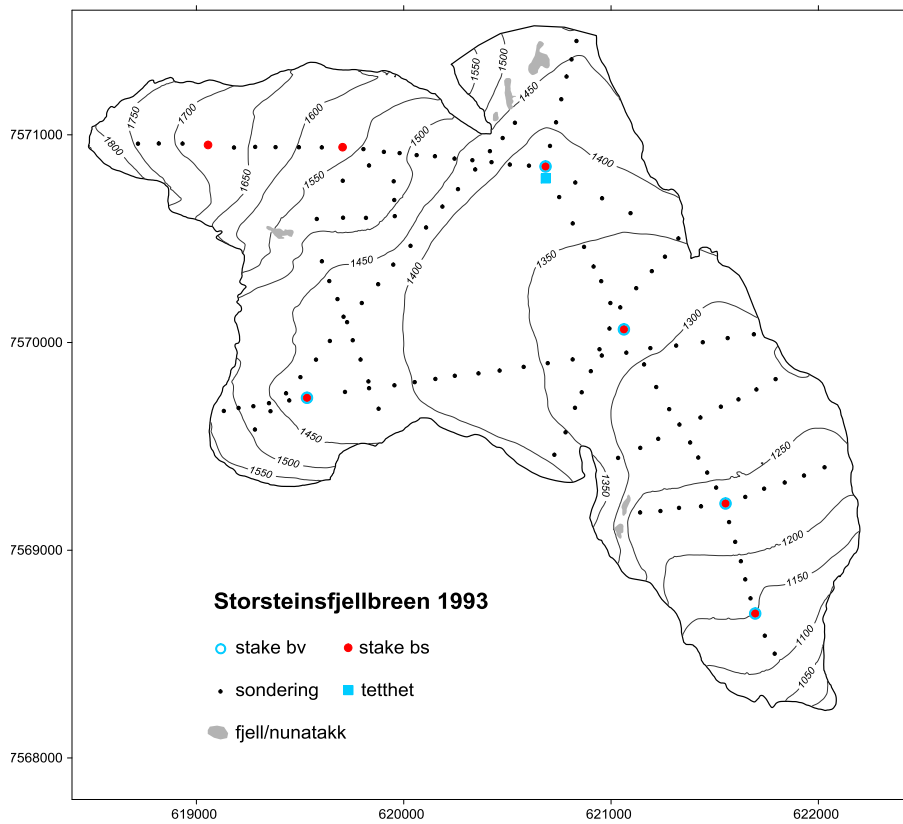
I 1964 ble snømålingene gjort i tre omganger. Mellom 22. og 26. mai ble det foretatt målinger nede på bretunga. Fra 3. til 6. juni ble en liten del av akkumulasjonsområdet målt, og mellom 22. og 25. juni ble det gjort målinger på resten av akkumulasjonsområdet.

I de aller bratteste områdene over 1770 moh. finnes det ikke snødypmålinger for noen av årene (tab. 50). Måling av smelting ble gjort opp til maksimalt 1687 moh. Nede på bretunga ble det gjort punktmålinger helt ned til ca. 950 moh. i den første måleperioden, mens det i den andre perioden ble målt ned til ca. 1100 moh. I perioden 1964-68 varierte antall sonderinger mellom 160 og 457 med gjennomsnitt på 254. Smeltingen ble målt på 19 til 38 staker med gjennomsnitt på 32, og snøens tetthet ble målt i én til åtte lokaliteter. I perioden 1991-95 varierte antall sonderinger mellom 53 og 184 med gjennomsnitt på 139. Smeltingen ble målt på fem til åtte staker, mens tettheten ble målt i én lokalitet.

Lokalisering av målepunkt for snødyp, tetthet og smelting for 1966 og 1993, som er representative år for periodene 1964-68 og 1991-95, er vist i figurene 115 og 116. En oversikt over antall målinger for begge periodene er vist i tabell 50.



**Figur 115**  
**Storsteinsfjellbreen 1966, et år der måleomfanget er representativt for måleperioden 1964-68.**



**Figur 116**  
**Storsteinsfjellbreen 1993, et år der måleomfanget er representativt for måleperioden 1991-95.**

**Tabell 50**  
Oversikt over antall målinger på Storsteinsfjellbreen i periodene 1964-68 og 1991-95.

År	Staker			Tetthet	Sond.	Data- kvalitet	Høydeutstrekning av målepunkt	
	b <sub>w</sub>	b <sub>s</sub>	b <sub>a</sub>				b <sub>v</sub> (moh.)	b <sub>s</sub> (moh.)
1964	38	38	38	8	457	God	956 - 1717	965 - 1668
1965	30	28	24	3	230	God	955 - 1741	955 - 1670
1966	25	33	25	6	236	God	933 - 1745	994 - 1514
1967	34	34	35	2	188	God	977 - 1675	980 - 1675
1968	29	28	19	1	160	God	938 - 1762	998 - 1507
1991	7*	7	7	1	53	God	1144 - 1736	1151 - 1685
1992	4	5	5	1	160	Middels	1124 - 1737	1151 - 1430
1993	5	7	7	1	135	God	1111 - 1744	1149 - 1686
1994	6	7	8	1	184	God	1090 - 1771	1150 - 1685
1995	7	8	10	1	165	God	1099 - 1768	1150 - 1687

\*Kjerneprøver

### Massebalanse – beregning

I 1965 ble tilleggsakkumulasjon målt og beregnet, men det finnes ingen dokumentasjon på hvor mye som er tillagt. I 1966 og 1967 er tilleggsakkumulasjon estimert på grunnlag av meteorologiske observasjoner. Tillegget utgjør 0,05 m v.ekv. for 1966, og hhv. 0,03 (<1300 moh.) og 0,07 (>1300 moh.) m v.ekv. for 1967. I 1964 og 1968 ble det ikke målt tilleggsakkumulasjon. I originalserien er tilleggsakkumulasjonen tatt med som en del av vinterbalansen for årene 1965-67. I homogeniseringen er tillegget tatt med i vinterbalansen for 1965. For 1966 og 1967 er den ikke tatt med i vinterbalansen, men behandles som en del av sommerbalansen.

En oversikt over måling, estimering og behandling av tilleggsakkumulasjonen er vist i tabell 51.

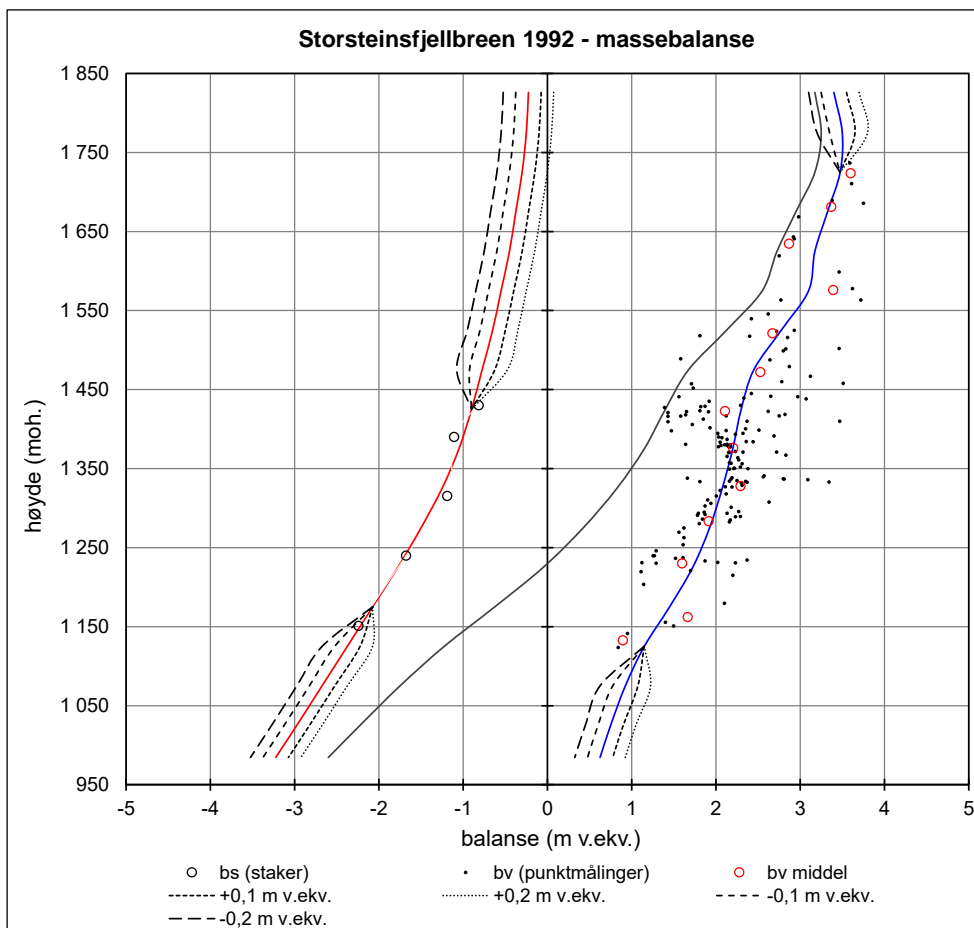
**Tabell 51**  
Dato for ordinær snømåling, dato og informasjon om målt eller estimert tilleggsakkumulasjon, og hvorvidt tillegget er regnet som del av vinterbalansen.

Snømåling Dato	Tilleggsakkumulasjon		Till.akk. medregnet	
	Dato	Målt/Estimert	Orig. serie	Homog. serie
22.-25.06.1964		ingen tilleggsakk.		
21.-24.04.1965	24.05.	målt, ingen dokumentasjon	ja	ja
18.-19.05.1966		estimert	ja	nei
21.-24.05.1967		estimert	ja	nei
10.-14.05.1968		ingen tilleggsakk.		

I 1964 ble snødyp og tetthet målt i tre omganger med i alt åtte tetthetsmålinger. Det er vanskelig å finne ut hvordan snødyp og tetthet er koblet sammen i beregningene. For årene 1965, 66, 67 og 1992 finnes det ingen dokumentasjon på snødyp, og for 1968 gir tetthetsmålingen en svært dårlig trendlinjemodell. Originale vannverdier for punkt-målingene i alle disse årene er derfor brukt under homogeniseringen.

Som tabell 50 viser er det generelt lite og til dels ingen målepunkt i de høyereliggende områdene ovenfor 1700 moh. Det gjelder begge måleperiodene. I den andre måleperioden er det dessuten lite eller ingen målepunkt nedenfor 1150 moh. Vinter- og sommerbalanskurvene er derfor skjønsmessig trukket i høydeintervallene hvor det ikke er data. I 1992 er det spesielt lite data, og arealet av høydeintervallene uten stakedata for smelting utgjør

2,08 km<sup>2</sup>, eller 35 % av brefeltets totale areal. Arealet av høydeintervallene uten snødypmålinger i 1992 utgjør 0,19 km<sup>2</sup>, eller 3 % av totalarealet. En variasjon av massebalanseverdiene i disse intervallene betyr ikke mye for den totale massebalansen. Dette er vist i figur 117 og tabell 52, der kurveforløpet fra den homogeniserte måleserien er sammenlignet med andre mulige kurveverdier i høydeintervallene hvor det ikke finnes målinger. I scenario I er balanseverdiene i høydeintervallene uten målinger økt med 0,15 m v.ekv., i scenario II økt med 0,30 m, i scenario III senket med 0,15 m og i scenario IV senket med 0,30 m v.ekv.



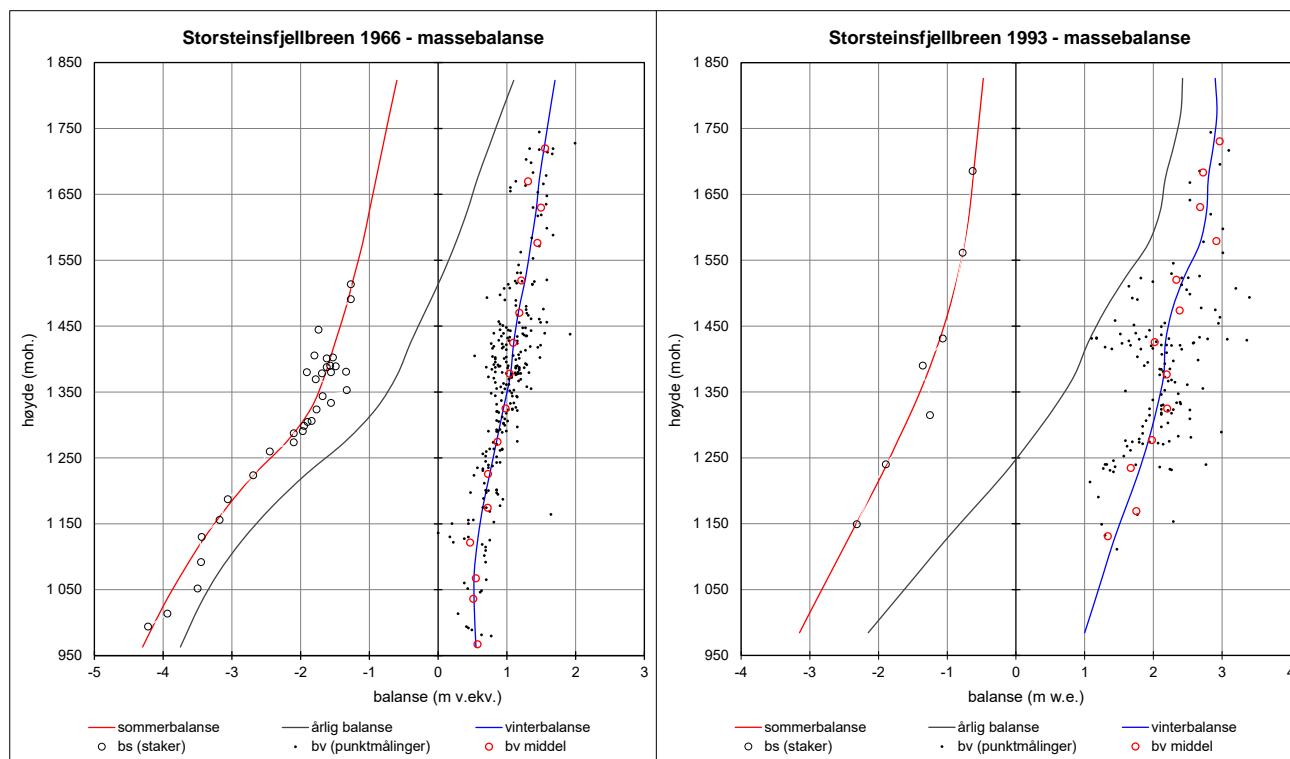
**Figur 117**  
Homogeniserte (heltrukne linjer) balansekurver for sommerbalanse (rød), årlig balanse (svart) og vinterbalanse (blå) for 1992. Balansekurvene er sammenlignet med ulike kurveforløp (stiplede linjer) i høydeintervallene uten målinger. De målte punktverdiene for sommerbalanse (○) og vinterbalanse (●), samt middelverdier for vinterbalansen (○) innenfor hver 50 m høydeintervall er også plottet.

**Tabell 52**  
Vinter- ( $B_w$ ), sommer- ( $B_s$ ) og årlig ( $B_a$ ) balanse i 1992 ved ulike kurveforløp i de høydeintervallene hvor det ikke er punktmålinger.

Ulike kurveforløp	$B_w$ (m v.ekv.)	$B_s$ (m v.ekv.)	$B_a$ (m v.ekv.)
Homogenisert serie	2.26	-1.13	1.12
Scenario I (+0.15 m v.ekv.)	2.26	-1.08	1.18
Scenario II (+0.30 m v.ekv.)	2.27	-1.03	1.24
Scenario III (-0.15 m v.ekv.)	2.25	-1.18	1.07
Scenario IV (-0.30 m v.ekv.)	2.25	-1.24	1.01

Resultatene fra denne sammenligningen viser at ved å endre kurveforløpet som vist i figur 117, så endres den årlige balansen for hele breen med maksimalt  $\pm 0,12$  m v.ekv.

Punktmålinger og kurver for vinterbalanse, sommerbalanse og årlig balanse for 1966 og 1993, som er representative år for hver sin måleperiode, er vist i figur 118.



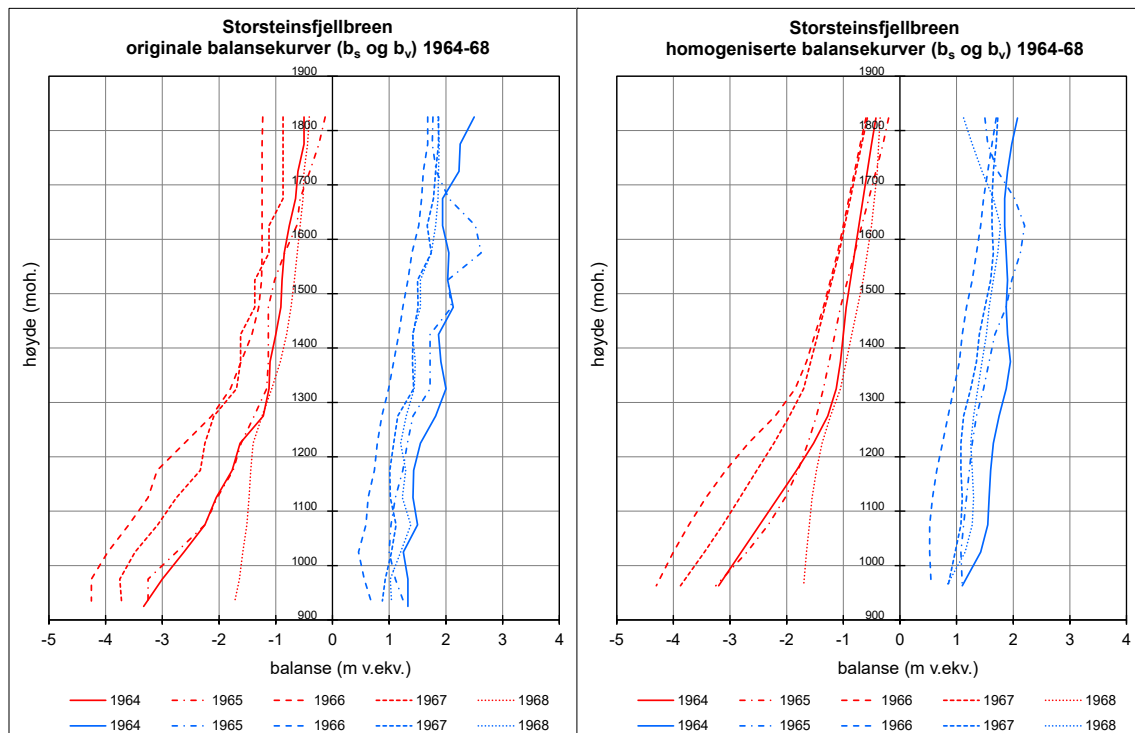
**Figur 118**  
**Homogeniserte balansekurver for sommerbalanse (rød), årlig balanse (svart) og vinterbalanse (blå) for 1966 (venstre) og 1993 (høyre). Punktværdier for sommerbalanse (○), vinterbalanse (•) samt midlere vinterbalanse for hver 50 m høydeintervall (○) er også plottet.**



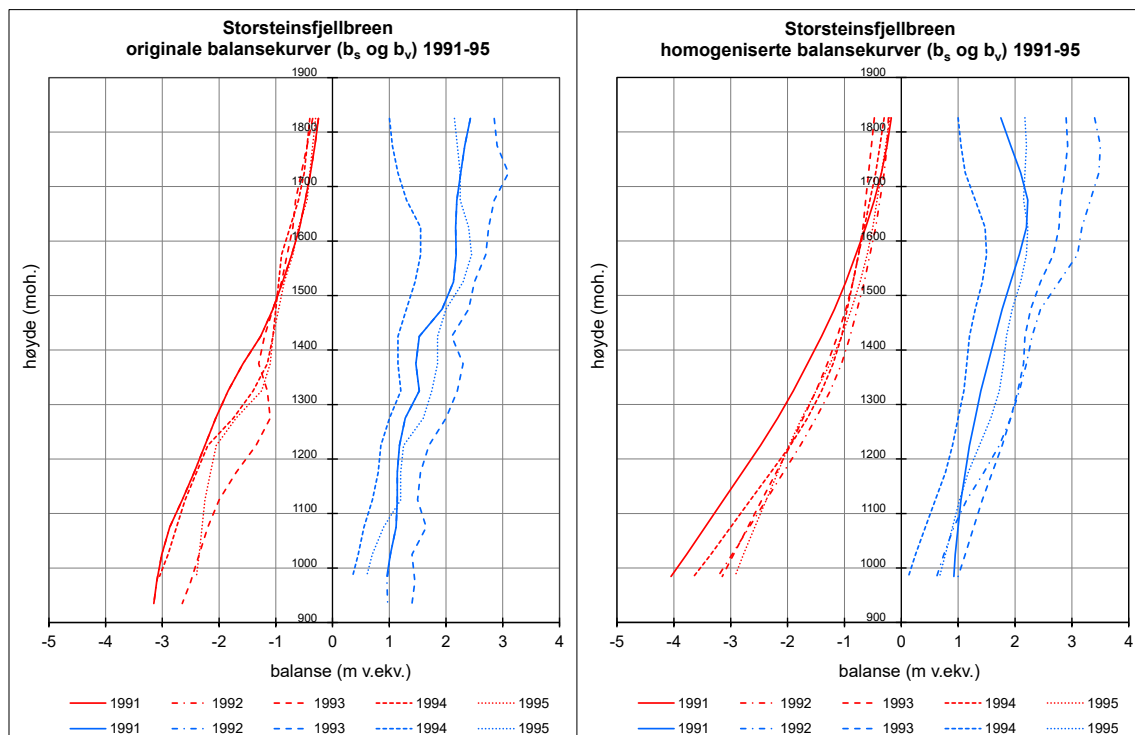
**Figur 119**  
**Bremålinger og meteorologiske målinger på Storsteinsfjellbreen i 1965. Foto: NVE.**

## Massebalanse – resultat

Årlige balansekurver basert på de originale og de homogeniserte verdiene for vinter- og sommerbalansen i periodene 1964-68 og 1991-95 er vist i figurene 120 og 121.



**Figur 120**  
Originale (venstre) og homogeniserte (høyre) balansekurver for vinterbalanse (blå linjer) og sommerbalanse (rød linjer) for 1964-68.



**Figur 121**  
Originale (venstre) og homogeniserte (høyre) balansekurver for vinterbalanse (blå linjer) og sommerbalanse (rød linjer) for 1991-95.

Forskjellene mellom originale og homogeniserte massebalanseverdier er relativt små (<0,16 m v.ekv.).

I måleperioden 1964-68 ble vinterbalansen gjennomgående litt mindre etter homogeniseringen. Sommerbalansen ble omtrent uendret. Den kumulative massebalansen for denne perioden ble endret fra +0,32 til +0,10 m v.ekv., hvilket betyr en gjennomsnittlig årlig endring på -0,045 m v.ekv.

I måleperioden 1991-95 ble vinterbalansen større i 1992, ellers omtrent uendret etter homogeniseringen. Sommerbalansen ble gjennomgående litt større. Den kumulative massebalansen for denne perioden ble endret fra +2,33 til +2,16 m v.ekv., hvilket betyr en gjennomsnittlig årlig endring på -0,035 m v.ekv.

Original og homogenisert massebalanseserie for Storsteinsfjellbreen 1964-68 og 1991-95 er vist i tabell 53 og figur 122.

**Tabell 53**  
Original og homogenisert massebalanseserie for Storsteinsfjellbreen 1964-68 og 1991-95.

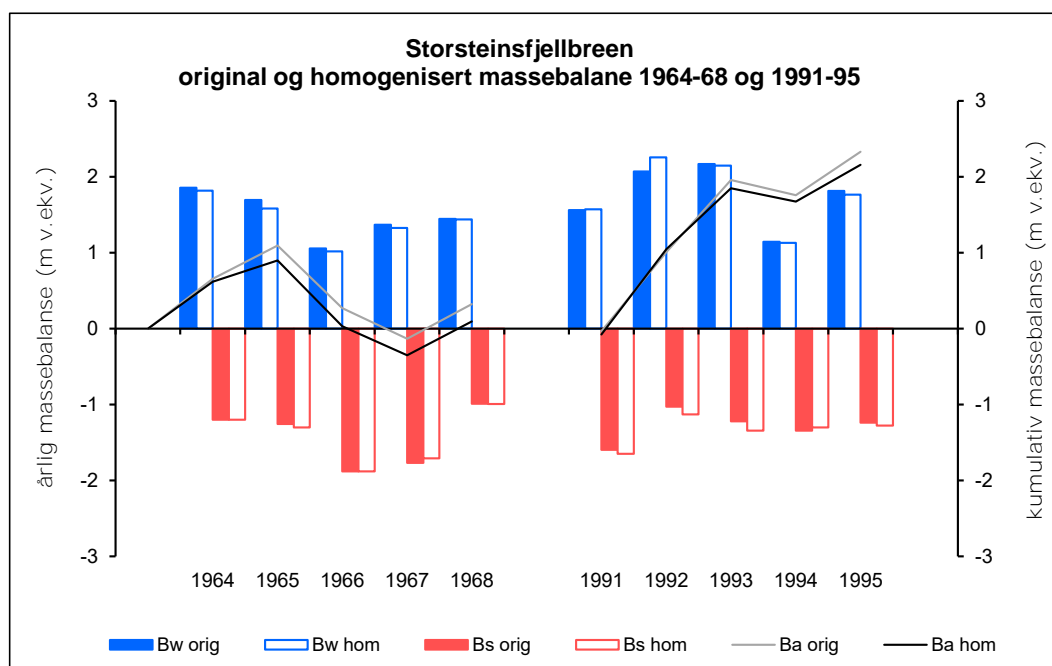
År	Original massebalanseserie								Homogenisert massebalanseserie								Homogenisert med hensyn til			
	B <sub>w</sub>	B <sub>s</sub>	B <sub>a</sub>	ΣB <sub>a</sub>	ELA	AAR	DTM	Areal	B <sub>w</sub>	B <sub>s</sub>	B <sub>a</sub>	ΣB <sub>a</sub>	ELA	AAR	DTM	Areal	Metode	Tetthet	DTM <sub>repr</sub>	DTM <sub>ny</sub>
1964	1.85	-1.20	0.65	0.65	1220	85	1960	6.09	1.82	-1.20	0.62	0.62	1205	86	1960	6.19	x		x	
1965	1.69	-1.25	0.44	1.09	1270	76	1960	6.12	1.58	-1.30	0.28	0.90	1300	69	1960	6.19	x		x	
1966	1.05	-1.88	-0.83	0.27	1500	18	1960	6.12	1.02	-1.88	-0.86	0.03	1515	16	1960	6.19	x		x	
1967	1.37	-1.77	-0.40	-0.13	1450	26	1960	6.12	1.33	-1.71	-0.38	-0.35	1435	30	1960	6.19	x		x	
1968	1.44	-0.99	0.45	0.32	1275	73	1960	6.12	1.44	-0.99	0.45	0.10	1255	80	1960	6.19	x		x	
1991	1.56	-1.60	-0.04	-0.04	1395	43	1960	6.12	1.57	-1.65	-0.08	-0.08	1390	47	1993	5.91		x	x	x
1992	2.07	-1.03	1.04	1.01	1205	86	1960	6.12	2.26	-1.13	1.12	1.05	1230	87	1993	5.91		x	x	x
1993	2.17	-1.22	0.95	1.96	1190	88	1960	6.12	2.15	-1.34	0.80	1.85	1245	84	1993	5.91		x	x	x
1994	1.15	-1.35	-0.20	1.76	1375	53	1993	5.91	1.13	-1.30	-0.18	1.67	1385	49	1993	5.91		x	x	
1995	1.81	-1.24	0.57	2.33	1280	77	1993	5.91	1.76	-1.28	0.48	2.16	1295	73	1993	5.91		x	x	

Metode - metodikken for beregning av vinter- og sommerbalanse er endret fra arealfordelte (planimeter) til høydefordelte verdier.

Tetthet - konverteringen fra snødyb til vannekvivalent er basert på en trendlinjemodell.

DTM<sub>repr</sub> - terrengmodellen er generert på nytt og ny høydefordeling er beregnet.

DTM<sub>ny</sub> - en nyere DTM er benyttet i beregningene.



**Figur 122**  
Original og homogenisert vinterbalanse (blå søyler) og sommerbalanse (rød søyler), samt kumulativ årlig balanse (grå og svart strek) for Storsteinsfjellbreen 1964-68 og 1991-95.



### 3.7.3 Cainhavarre

Cainhavarre (bre-ID 703) er en liten bre sørøst for Skjomen (fig. 107). Massebalansen ble målt i fire år fra 1965 til 1968 (Pytte, 1969). En homogenisert massebalanseserie er beregnet for hele måleperioden. En kartlegging fra 1960 viste at breen dekket et areal på 0,7 km<sup>2</sup> med et høydeintervall fra 1214 til 1538 moh.

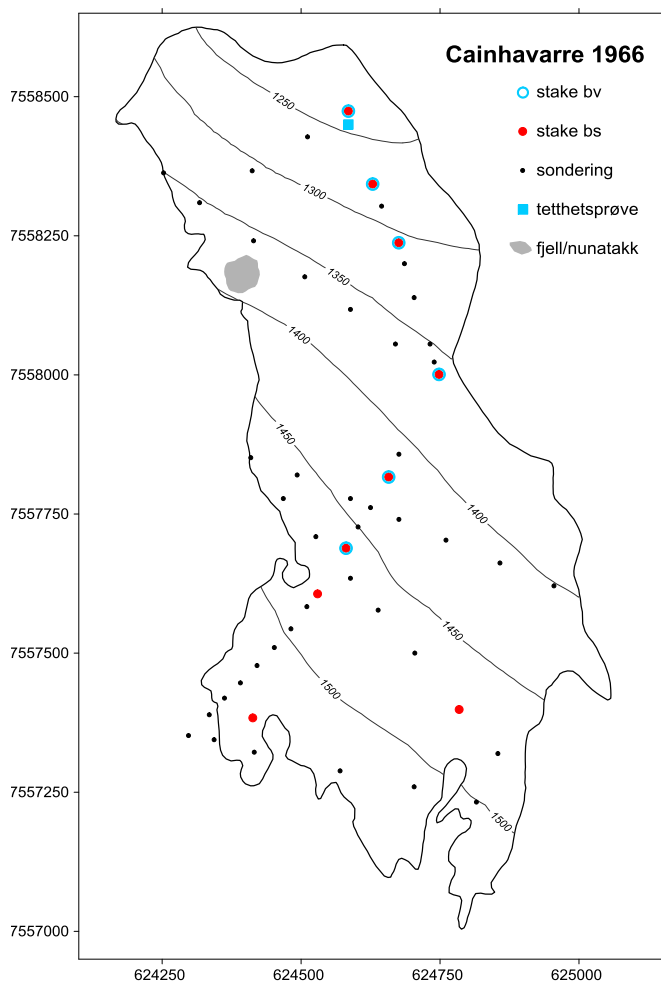


**Figur 123**  
Ortofotogram av Cainhavarre fra 18. august 2010. Kilde: Norgebilder.no.

#### Massebalanse – felldata

Alle høydenivåer på breen var dekket med målepunkt i alle fire årene. Antall sonderinger varierte mellom 30 og 75 med gjennomsnitt på 46. Smeltingen ble målt på fem til ni staker og snøens tetthet ble målt i én til to lokaliteter.

Lokalisering av målepunkt for snødyb, tetthet og smelting for 1966, som er et representativt år for måleperioden 1965-68, er vist i figur 124. En oversikt over antall målinger for hele perioden er vist i tabell 54.



**Figur 124**  
Cainhavarre 1966, et år der måleomfanget er representativt for måleperioden 1965-68.

**Tabell 54**  
Oversikt over antall målinger på Cainhavarre i perioden 1965-68.

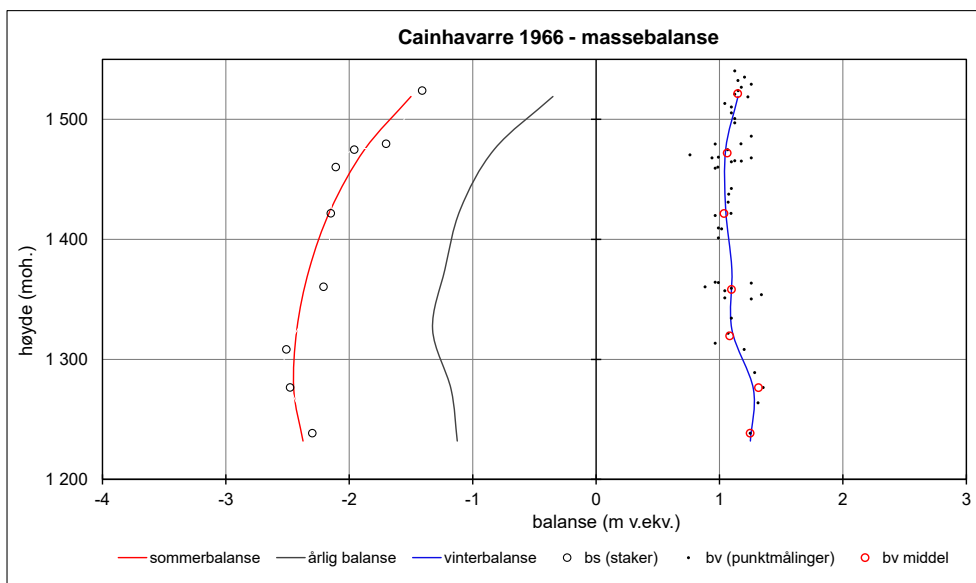
År	Staker			Tetthet	Sond.	Data- kvalitet	Høydeutstrekning av målepunkt	
	$b_w$	$b_s$	$b_a$				$b_v$ (moh.)	$b_s$ (moh.)
1965	9	9	9	2	75	God	1235 - 1549	1235 - 1525
1966	6	9	9	1	43	God	1239 - 1540	1239 - 1524
1967	6	8	8	1	30	God	1239 - 1524	1239 - 1524
1968	4	5	4	1	37	God	1239 - 1530	1239 - 1422

### Massebalanse – beregning

For årene 1966-68 ble det beregnet tilleggsakkumulasjon på hhv. 0,03, 0,03 og 0,06 m v.ekv. Beregningene av tillegget er ellers lite dokumentert og det er valgt å ta med tilleggsakkumulasjonen i vinterbalansen også for den homogeniserte serien.

For 1965 finnes det ingen dokumentasjon på snødyp og originale vannverdier for punktmålingene er beholdt i homogeniseringen.

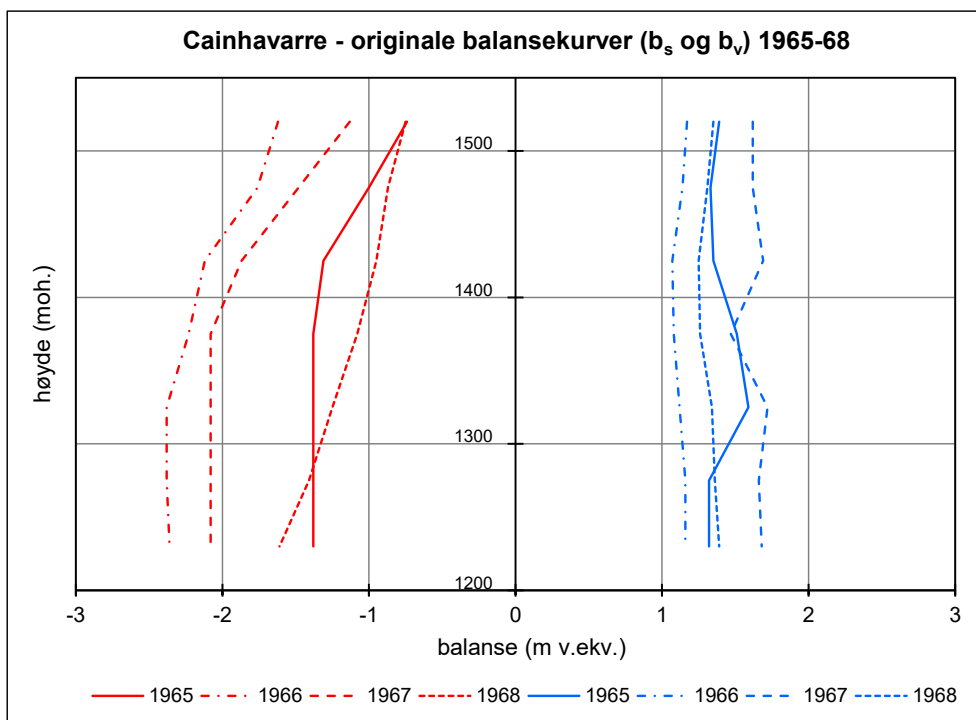
Punktmålinger og kurver for vinterbalanse, sommerbalanse og årlig balanse for 1966, som er et representativt år for måleperioden, er vist i figur 125.



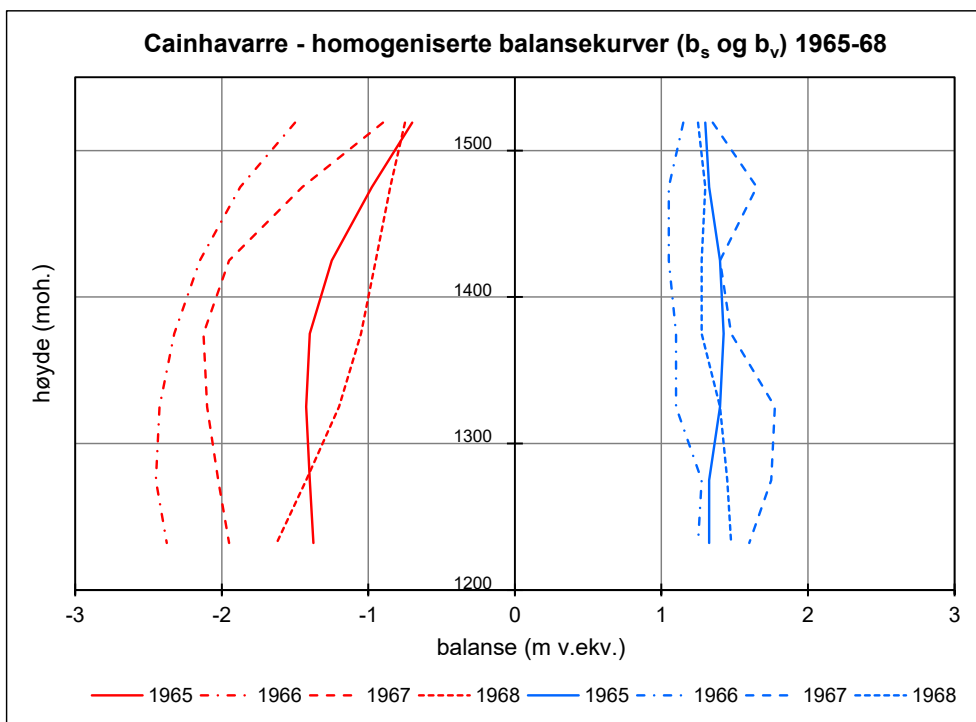
**Figur 125**  
**Massebalansekurver for sommerbalanse (rød), årlig balanse (svart) og vinterbalanse (blå) for 1966. Punktverdier for sommerbalanse (○), vinterbalanse (●) samt midlere vinterbalanse for hver 50 m høydeintervall (○) er også plottet.**

### Massebalanse – resultat

Årlige balansekurver basert på de originale og de homogeniserte verdiene for vinter- og sommerbalansen i perioden 1965-68 er vist i figurene 126 og 127.



**Figur 126**  
**Originale balansekurver for vinterbalanse (blå linjer) og sommerbalanse (rød linjer) for 1965-68.**



**Figur 127**  
Homogeniserte balansekurver for vinterbalanse (blå linjer) og sommer-balanse (rød linjer) for 1965-68.

Forskjellene mellom originale og homogeniserte årlige massebalanseverdier er små ( $<0,08$  m v.ekv.). Både vinter- og sommerbalansen ble gjennomgående litt mindre etter homogeniseringen. Den kumulative massebalansen for 1966-68 ble endret fra  $-0,64$  til  $-0,73$  m v.ekv., hvilket betyr en gjennomsnittlig årlig endring på  $-0,022$  m v.ekv.

Original og homogenisert massebalanseserie for Cainhavarre 1966-68 er vist i tabell 55 og figur 128.

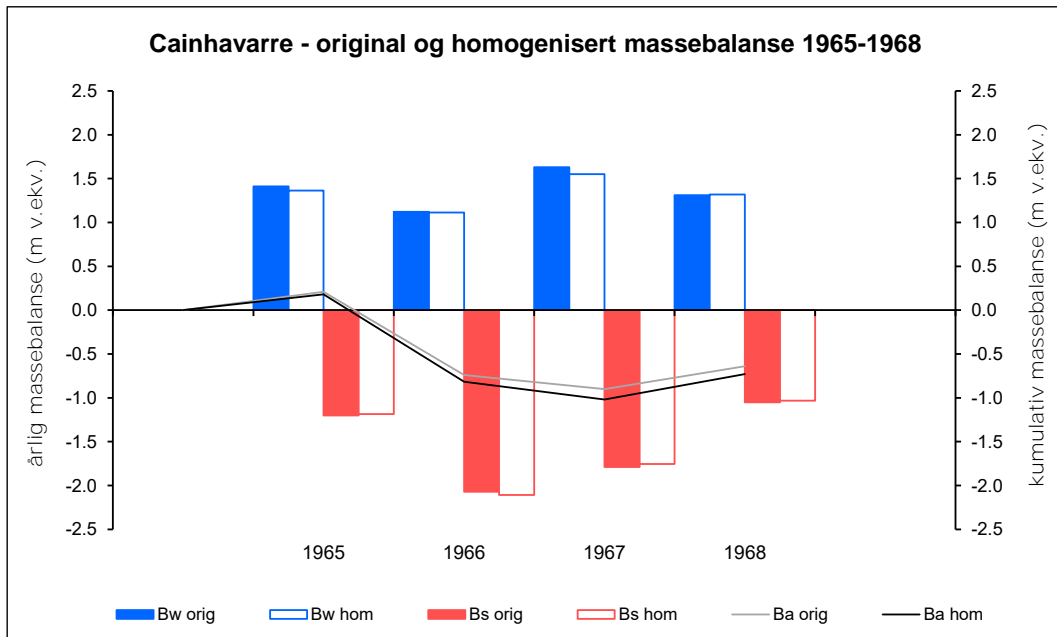
**Tabell 55**  
Original og homogenisert massebalanseserie for Cainhavarre 1965-68.

År	Original massebalanseserie							Homogenisert massebalanseserie							Homogenisert med hensyn til				
	$B_w$	$B_s$	$B_a$	$\Sigma B_a$	ELA	AAR	DTM	Areal	$B_w$	$B_s$	$B_a$	$\Sigma B_a$	ELA	AAR	DTM	Areal	Metode	Tetthet	DTM <sub>dig</sub>
1965	1.41	-1.20	0.21	0.21	1300		1960	0.68	1.36	-1.18	0.18	0.18	1350	72	1960	0.69	x		x
1966	1.12	-2.07	-0.95	-0.74	>1550		1960	0.68	1.11	-2.11	-0.99	-0.82	>1538	0	1960	0.69	x	x	x
1967	1.63	-1.79	-0.16	-0.90	1450		1960	0.68	1.55	-1.75	-0.20	-1.02	1460	31	1960	0.69	x	x	x
1968	1.31	-1.05	0.26	-0.64	1290		1960	0.68	1.32	-1.03	0.29	-0.73	1270	91	1960	0.69	x	x	x

Metode - metodikken for beregning av vinter- og sommerbalanse er endret fra arealfordelte (planimeter) til høydefordelte verdier.

Tetthet - konverteringen fra snødyp til vannekvivalent er basert på en trendlinjmodell.

DTM<sub>dig</sub> - papirkart er digitalisert og ny høydefordeling er beregnet.



**Figur 128**  
**Original og homogenisert vinterbalanse (blå søyler) og sommerbalanse (rød søyler), samt kumulativ årlig balanse (grå og svart strek) for Cainhavarre 1966-68.**

# 4 Diskusjon

## 4.1 Betydning av homogeniseringen

Homogeniserte måleserier for 18 brefelt er presentert i denne rapporten. Sammenlignbare resultater fra 17 av brefeltene er oppsummert og presentert i tabell 56. Den homogeniserte måleserien for Ruklebreen dannet, sammen med Blåbreen, brefeltet «Østsiden» i den originale serien 1964-68, og seriene er derfor ikke sammenlignbare. På samme måte dannet Breidablikkbrea og Gråfjellsbrea brefeltet «Vestsiden» i den originale serien 1964-68.

**Tabell 56**  
Sammenlignbare originale og homogeniserte måleserier for gjennomsnittlig vinterbalanse ( $B_w$ ), sommerbalanse ( $B_s$ ) og årlig balanse ( $B_a$ ) for hvert brefelt. Gjennomsnittlig ( $B_a \text{ år}^{-1}$ ) og akkumulert endring for hvert brefelt er vist i de to kolonnene lengst til høyre. Brefelt med to måleperioder er gitt verdier for hver periode.

Brefelt	Periode(r)	Original serie			Homogenisert serie			Endring	
		$B_w$	$B_s$	$B_a$	$B_w$	$B_s$	$B_a$	$B_a \text{ år}^{-1}$	$\Sigma B_a$
Bondhusbrea	1977-81	2.55	-2.61	-0.06	2.56	-2.68	-0.13	-0.07	-0.34
Breidablikkbrea	1963	1.23	-2.26	-1.03	1.11	-2.40	-1.29	-0.26	-0.26
	2003-07	2.46	-3.68	-1.22	2.49	-3.67	-1.19	0.04	0.19
Gråfjellsbrea	1974-75	2.39	-1.90	0.49	2.37	-1.92	0.45	-0.04	-0.07
	2003-07	2.42	-3.48	-1.07	2.42	-3.49	-1.06	0.00	0.01
Blåbreen	1963	1.29	-3.39	-2.11	1.15	-3.44	-2.30	-0.19	-0.19
Vesledalsbreen	1967-72	2.02	-2.39	-0.37	2.05	-2.44	-0.39	-0.01	-0.08
Tunsbergdalsbreen	1966-72	2.15	-2.40	-0.25	2.22	-2.30	-0.08	0.16	0.97
Jostefonn	1996-2000	2.78	-2.85	-0.07	2.75	-2.91	-0.16	-0.10	-0.48
Harbardsbreen	1997-2001	1.76	-1.99	-0.23	1.78	-2.10	-0.32	-0.09	-0.44
Vestre Memurubre	1968-72	1.22	-1.57	-0.36	1.16	-1.60	-0.44	-0.08	-0.42
Austre Memurubre	1968-72	1.18	-1.77	-0.59	1.06	-1.75	-0.68	-0.10	-0.48
Høgtuvbreen	1971-77	3.23	-3.19	0.04	3.21	-3.21	0.00	-0.04	-0.26
Svartisheibreen	1988-94	3.11	-2.56	0.55	3.05	-2.69	0.37	-0.18	-1.28
Trollbergdalsbreen	1970-74	2.42	-3.15	-0.74	2.46	-3.06	-0.60	0.13	0.67
	1990-94	2.41	-2.49	-0.08	2.36	-2.44	-0.08	0.00	-0.02
Rundvassbreen	2002-04	1.99	-2.77	-0.78	1.92	-2.80	-0.88	-0.10	-0.30
Blåisen	1963-68	1.83	-1.93	-0.10	1.77	-1.92	-0.15	-0.05	-0.27
Storsteinsfjellbreen	1964-68	1.48	-1.42	0.06	1.44	-1.42	0.02	-0.05	-0.23
	1991-95	1.75	-1.29	0.47	1.77	-1.34	0.43	-0.03	-0.17
Cainhavarre	1965-68	1.37	-1.53	-0.16	1.34	-1.52	-0.18	-0.02	-0.09

Gjennomsnittlig årlige endringer for alle brefeltene varierer mellom  $-0,26$  (Breidablikkbrea 1963) og  $+0,16$  m v.ekv. (Tunsbergdalsbreen 1966-72). Gjennomsnittet for alle brefeltene ble  $-0,05$  m v.ekv. Den største akkumulerte endringen har den sju år lange måleserien på Svartisheibreen med  $-1,28$  m v.ekv., som gir en årlig gjennomsnittlig endring på  $-0,18$  m v.ekv. Sammenligner man årlig original og homogenisert vinterbalanse og sommerbalanse hver for seg er endringene ganske likt fordelt:  $-0,029$  m v.ekv. ( $B_w$ ) og  $-0,022$  m v.ekv. ( $B_s$ ). Minst endring har måleseriene på Gråfjellsbrea 2003-07 og på Trollbergdalsbreen 1990-94 med akkumulert endring på hhv. 0,01 og 0,02 m v.ekv.

I homogeniseringsprosessen er det i hovedsak tre faktorer som det er sett på: bruken av kart og terrengmodeller, konvertering fra snødyp til vannekvivalent, og overgang fra konturlinjemetoden til profilmemetoden. Ved beregning av massebalanse er det i tillegg rom for tolkninger. Enkeltmålinger av snødyp, smelting og tetthet som avviker mye kan vekt-

legges på forskjellig vis, eller fjernes helt fra datagrunnlaget. Kurvetrekking foregår også delvis på grunnlag av tolkning.

Det er ikke foretatt en fullstendig analyse på hvor mye hver enkelt faktor utgjør på resultatene. Det er imidlertid gjort en enkel analyse av Bondhusbrea for 1978 der de originale tallene er sammenlignet med homogeniserte verdier basert på hver enkelt faktor. Bondhusbrea 1978 ble valgt fordi homogeniseringen besto av alle tre faktorene: overgang til nyere DTM, bruk av trendlinjemodell og overgang til profilmethoden. I den originale måleserien for Bondhusbrea 1978 er beregningene basert på DTM fra 1950, konverteringen fra snødyp til vannekvivalent er gjort ved å multiplisere snødyppet med en fast tetthet ( $479 \text{ kg m}^{-3}$ ), og beregningene er foretatt med konturlinjemetoden.

I denne enkle analysen av Bondhusbrea 1978 er det gjort tre tester med delhomogeniserte verdier. I den første testen (DTM) er DTM fra 1950 byttet ut med DTM fra 1979. Det betyr at den originale beregningen er endret ved at høyde-arealfordelingen fra  $DTM_{1950}$  er byttet ut med høyde-arealfordelingen fra  $DTM_{1979}$ , mens original tetthetskonvertering og konturlinjemetoden er beholdt. I den andre testen (Tetthet) er original tetthetskonvertering byttet ut med trendlinjemodell. Det betyr at den originale beregningen er endret ved at alle snødyp er konvertert til vannekvivalenter ved å bruke en trendlinjemodell, mens original høyde-arealfordeling fra  $DTM_{1950}$  og konturlinjemetoden er beholdt. I den tredje testen (Profil) er konturlinjemetoden byttet ut med profilmethoden for å beregne vinter- og sommerbalansen, mens original høyde-arealfordeling fra  $DTM_{1950}$  og tetthetskonvertering er beholdt. Resultatene er vist i tabell 57.

**Tabell 57**

**Originale (til venstre) og homogeniserte (til høyre) tall fra Bondhusbrea 1978 sammenlignet med tre ulike testeksempler. I kolonnen under «DTM» er den originale høyde-arealfordelingen fra  $DTM_{1950}$  byttet ut med høyde-arealfordelingen fra  $DTM_{1979}$ . I kolonnen under «Tetthet» er den originale tetthetskonverteringen byttet ut med tetthetskonvertering fra en trendlinjemodell. I kolonnen under «Profil» er den originale konturlinjemetoden byttet ut med profilmethoden.**

Bondhusbrea 1978	Original	DTM	Tetthet	Profil	Homogenisert
$B_w$	2.37	2.35	2.41	2.31	2.37
$B_s$	-2.88	-2.88	-2.88	-2.89	-2.90
$B_a$	-0.51	-0.53	-0.47	-0.58	-0.52

Resultatene fra denne enkle testen viser at ved å bytte ut den originale arealhøydefordelingen fra  $DTM_{1950}$  med arealhøydefordelingen fra  $DTM_{1979}$ , endres  $B_a$  svært lite, fra  $-0,51$  til  $-0,53$  m v.ekv. Dersom man bytter ut den originale metoden for å konvertere snødyp til vannekvivalenter, endres  $B_a$  litt mer; fra  $-0,51$  til  $-0,47$  m v.ekv. I den siste testen er konturlinjemetoden erstattet med profilmethoden. Dette byttet av beregningsmetode gir størst endring av  $B_a$ , fra  $-0,51$  til  $-0,58$  m v.ekv.

Denne testen fra Bondhusbrea 1978 er langt fra utfyllende og må kun ses på som en enkel test. Lignende tester fra andre år og andre brefelt vil ikke nødvendigvis gi samme utslag.

## 4.2 Usikkerhet i målingene

Usikkerhet i massebalansemålingene kan deles i systematiske og tilfeldige feil. Usikkerhetene kan skyldes usikkerhet i selve punktmålingene (vanskelighet med å treffe forrige SO, feilavlesning av staker, tetthetsmålinger og tetthetsestimater), usikkerhet i interpoleringen fra punkt til areal-vektede verdier for hele breen (hvor godt punktmålingene er

representative og hvor god fordeling det er av målepunkter), og usikkerhet i breens areal (pga. endringer i breene eller usikkerhet med å bestemme isskille). En stor bre med få målinger, usikkert isskille og stor masseomsetning vil ha større usikkerhet enn en liten, klart avgrenset bre med mindre masseomsetning og tett med målinger.

I reanalysen av de ti lengste måleseriene ble det estimert at usikkerheten i glasiologisk massebalanse var minst for Gråsubreen med  $0.10 \text{ m w.e. } \text{å}^{-1}$  og størst for Nigardsbreen med  $0.33 \text{ m w.e. } \text{å}^{-1}$  (Andreassen mfl., 2016). Usikkerheten i punktmålinger ( $0.07\text{-}0.26 \text{ m w.e. } \text{å}^{-1}$ ) ble estimert til omtrent samme størrelse som usikkerhet i romlig interpolering ( $0.07\text{-}0.21 \text{ m w.e. } \text{å}^{-1}$ ), mens betydning av isskillet var estimert til å ha mindre betydning ( $0.01\text{-}0.06 \text{ m w.e. } \text{å}^{-1}$ ).

I dette arbeidet er det ikke kvantifisert usikkerhet per år per bre, men det er å anta at usikkerhetene ligger i samme område. Det er ikke sett på usikkerhet i enkeltpunkt, men usikkerhetene i romlig interpolering ved kurvetrekking (profilmetoden) fra punkt til arealvektet verdi er undersøkt for en rekke breer. Det må bemerkes at profilmetoden er sensitiv til høyde og romlig fordeling av punktobservasjonene (Escher-Vetter mfl., 2009). Profilmetoden avhenger av at den årlige massebalansegradienten er konsistent. Tidligere analyser av massebalansegradienter i Norge viser at profiler av vinter-, sommer- og årlig balansegradienter varierer lite fra år til år (Rasmussen, 2004; Rasmussen og Andreassen, 2005). Studier fra Lemon Creek og Taku Glacier i Alaska, viser også at årlige massebalansegradienter kan være stabile (Pelto mfl., 2013).

I mange av de undersøkte årene er det godt datagrunnlag. For enkelte breer er det år med få punkter i visse områder. I år med få målinger (f.eks. Svartisheibreen 1990) eller stor variasjon mellom verdiene (f.eks. Ruklebreen 1964 [ $b_w$ ]) vil usikkerheten være større.

Måleseriene for Breidablikkbrea, Gråfjellsbrea, Vesledalsbreen, Harbardsbreen, Vestre og Austre Memurubre, Høgtuvbreen, Rundvassbreen, Blåisen, Storsteinsfjellbreen og Cainhavarre har stort sett god romlig dekning i alle år og er ansett for å være av god kvalitet. Måleseriene for Svartisheibreen og Trollbergdalsbreen har mer usikkerhet omkring de avledede verdiene og hvorvidt de er representative for breen. I rapporten er det angitt en kvalitetskode for å merke seriene: «God», «Middels» og «Dårlig». I kodingen er det tatt hensyn til målepunktens antall og romlige dekning, spredningen i datasettene og beskrivelser om gode eller dårlige måleforhold. Av de totalt 120 «måleårene» som er homogenisert er 71 (59 %) av dem gitt kvalitetskoden «God», 41 måleår (34 %) er karakterisert som «Middels» og 8 måleår (7 %) er kodet som «Dårlig».

Det må likevel understrekes at en slik vurdering vil være noe subjektiv og tar kun utgangspunkt i måleomfanget og tilgang på data.

### 4.3 Geodetisk massebalanse

For lengre massebalanseserier er det anbefalt å sjekke resultatene av de homogeniserte massebalanseverdiene basert på feltmålinger (glasiologisk massebalanse) med massebalanse beregnet fra repeterte kartsammenligninger (geodetisk massebalanse) for å avdekke systematiske avvik (Zemp mfl., 2013). For å kunne gjøre en slik sammenligning trenger man høydemodeller (DTM) fra starten av måleperioden og fra slutten av perioden. Geodetisk massebalanse beregnes ved å differensiere høydemodellene og multiplisere høydedifferansen med en tetthetskonverteringsfaktor (Huss, 2013). Ved statistisk



signifikant forskjell mellom metodene kan den glasiologiske massebalansen også kalibreres (Zemp mfl., 2013), slik som det er blitt gjort for enkelte av de lange norske måleseriene (Andreassen mfl., 2016). For disse breene med korte måleserier var det ikke mulig å beregne geodetisk massebalanse og sammenligne det med glasiologisk massebalanse fordi det ikke foreligger repeterte terrengmodeller som dekker de relativt korte måleperiodene.

## 4.4 Tilgjengeliggjøring av data

Både de originale og homogeniserte massebalansedataene er lagret i NVEs database HYDRAII som ulike generasjoner merket med status original og homogenisert og med kilde. De nye homogeniserte verdiene vil bli levert til World Glacier Monitoring Service. Årlig verdier vil kunne lastes ned fra NVEs nettsider: [www.nve.no/bre](http://www.nve.no/bre).

# 5 Konklusjon

I denne rapporten er 18 måleserier av massebalanse homogenisert. Homogeniseringen har hovedsakelig bestått av tre faktorer; bruk av kart og terrengmodeller, konvertering fra snødyp til vannekvivalent, og overgang fra konturlinjemetoden til profilmetoden.

For noen av breene er datagrunnlaget mangelfullt eller svært usikkert for enkelte år. Manglende dokumentasjon på målt snødyp og/eller tetthet, samt usikre tetthetsmålinger er mest vanlig. Ved to tilfeller (Bondhusbrea 1980 og Storsteinsfjellbreen 1964) er tetthet og snødyp (bare Storsteinsfjellbreen) målt på tre ulike tidspunkt. I slike tilfeller er originale vannekvivalentverdier beholdt for punktmålingene. For Vesledalsbreen 1971 finnes det ingen dokumentasjon på verken målte snødyp eller beregnede vannekvivalenter. De originale høydefordelte verdiene ( $B_w$ ) er da beholdt. For Blåisen 1963 er spredningen av punktmålingene ( $b_s$ ) svært stor, og det er valgt å beholde de originale høydefordelte verdiene ( $B_s$ ). For Tunsbergdalsbreen er datagrunnlaget mangelfullt for fire av sju år. Dessuten er metodikken rundt beregning av tilleggsakkumulasjon uklar, ablasjonen er delvis estimert og akkumulasjonen er delvis bestemt ved bruk av snøfordelingskart. Homogeniseringen av hele måleserien for Tunsbergdalsbreen er derfor forenklet, og består kun av digitalisering av papirkart, beregning av nytt isskille, og følgelig, en endret høyde-arealfordeling.

Forskjellen mellom originale og homogeniserte årlige balanseverdier er relativt små, i gjennomsnitt  $-0,05$  m v.ekv.  $\text{år}^{-1}$ . Størst årlig forskjell var det for Breidablikkbrea 1963 ( $-0,26$  m v.ekv.), Blåbreen 1963 ( $-0,19$  m v.ekv.) og Svartisheibreen 1988-94 ( $-0,18$  m v.ekv.). Minst årlig forskjell var det for Gråfjellsbrea 2003-07 ( $0,002$  m v.ekv.), Trollbergdalsbreen 1990-94 ( $-0,004$  m v.ekv.) og Vesledalsbreen 1967-72 ( $-0,014$  m v.ekv.).

Massebalansedataene er lagret i NVEs database HYDRAII som ulike generasjoner merket med status «original» og «homogenisert» og med kilde. De nye homogeniserte verdiene vil bli levert til World Glacier Monitoring Service.

# Referanser

- Andreassen, L.M., H. Elvehøy, B. Kjøllmoen og R. Engeset  
2016: Reanalysis of long-term series of glaciological and geodetic mass balance for 10 Norwegian glaciers. *The Cryosphere*, 10, 1–18, 2016.
- Andreassen, L.M.  
2013: Endringer av Harbardsbreen 1996-2010. *NVE Oppdragsrapport B nr. 1 2013*, 17 s.
- Andreassen, L.M. og S.H. Winsvold (red.), F. Paul og J.E. Hausberg  
2012: Inventory of Norwegian glaciers. *NVE Report 38 2012*, 236 s.
- Andreassen, L.M.  
2000: Regional change of glaciers in northern Norway. *NVE Report No. 1 2000*, 122 s.
- Andreassen, L.M.  
1998: Volumendringer på Jostefonn 1966-93. *NVE Rapport nr. 3 1998*, 10 s.
- Braithwaite, R.  
2002: Glacier mass balance: The first 50 years of international monitoring. *Progress in Physical Geography*, 26(1), 76-95. DOI: 10.1191/0309133302pp326ra, s. 76-95.
- Cogley, J. G., R. Hock, A.L. Rasmussen, A.A. Arendt, A. Bauder, R.J. Braithwaite, P. Jansson, G. Kaser, M. Möller, L. Nicholson og M. Zemp  
2011: Glossary of Glacier Mass Balance and Related Terms. *IHP-VII Technical Documents in Hydrology No. 86, IACS Contribution No. 2, Paris, UNESCO-IHP*, 114 s.
- Elvehøy, H.  
2016: Reanalysing of a mass balance record, Engabreen 1970-2014. *NVE Rapport 29 2016*, 51 s.
- Elvehøy, H.  
2001: Sluttrapport for glasiologiske undersøkelser på Jostefonn 1996-2001. *NVE Oppdragsrapport 11 2001*, 28 s.
- Engeset, R, Thomas V. Schuler og M. Jackson  
2005: Analysis of the first jökulhlaup at Blåmannsisen in northern Norway and implications for future events. *Annals of Glaciology*, 42, s. 35-41.
- Escher-Vetter, H., M. Kuhn og M. Weber  
2009: Four decades of winter mass balance of Vernagtferner and Hintereisferner, Austria: methodology and results. *Ann. Glaciol.*, 50, s 87-95.
- Haakensen, N (red.).  
1984: Glasiologiske undersøkelser i Norge 1981. *NVE Rapport nr. 1-84*, 79 s.
- Hoel, A og W. Werenskiold  
1962: Glaciers and snowfields in Norway. *Norsk Polarinstitutt Skrifter Nr. 114*, 291 s.
- Huss, M.  
2013: Density assumptions for converting geodetic glacier volume change to mass change. *The Cryosphere*, 7, 877–887, doi:10.5194/tc-7-877-2013, 2013.

Kjøllmoen, B. (Ed.), L. M. Andreassen, H. Elvehøy, M. Jackson og R. H. Giesen  
2016: Glaciological investigations in Norway 2011-2015. *NVE Rapport 88 2016*, 171 s. + app.

Kjøllmoen, B.  
2016: Reanalysing a glacier mass balance measurement series – Nigardsbreen 1962-2013. *NVE Rapport 30 2016*, 59 s.

Kjøllmoen, B.  
2016b: Reanalysing a glacier mass balance measurement series – Ålfotbreen (1963-2010) and Hansebreen (1986-2010). *NVE Rapport 31 2016*, 60 s.

Kjøllmoen, B.  
2014: Glasiologiske undersøkelser på Folgefonna 2002-2013. Sluttrapport. *NVE Oppdragsrapport A 9 2014*, 48 s.

Kjøllmoen, B. (Ed.)  
2005: Glaciological investigations in Norway in 2004. *NVE Report 2 2005*, 90 s.

Kjøllmoen, B. og R. Engeset  
2003: Glasiologiske undersøkelser på Harbardsbreen 1996-2001. Sluttrapport. *NVE Oppdragsrapport A 1 2003*, 33 s.

Kjøllmoen, B.  
1997: Volumendringer på Harbardsbreen 1966-96. *NVE Rapport 6 1997*, 17 s.

Kjøllmoen, B og G. Østrem  
1997: Storsteinsfjellbreen: Variations in mass balance from the 1960s to the 1990s. *Geografiska Annaler*, 79 A(3), s. 195-200.

Kjøllmoen, B.  
1996: Massebalansemålinger Storsteinsfjellbreen (173.AB6Z) 1991-95. Sluttrapport. *NVE Rapport 05 1996*, 23 s.

Kjøllmoen, B. og M. Kennett  
1995: Breundersøkelser på Svartisheibreen 1988-94. *NVE Rapport 17 1995*, 35 s.

Kjøllmoen, B.  
1995: Massebalansemålinger Trollbergdalsbreen (161.F) 1990-94. Sluttrapport. *NVE Rapport 14 1995*, 27 s.

Liestøl, O.  
1967: Storbreen glacier in Jotunheimen, Norway. *Norsk Polarinstitutt Skrifter nr. 141*, 63 s.

Pelto, M., J. Kavanaugh og C. McNeil  
2013: Juneau Icefield Mass Balance Program 1946-2011. *Earth Syst. Sci. Data*, 5, s. 319-330, doi:10.5194/essd-5-319-2013, 2013.

Pytte, R. (red.)  
1969: Glasiologiske undersøkelser i Norge 1968. *NVE Rapport nr. 5/69*, 149 s.

- Pytte, R. og O. Liestøl  
1966: Glasio-hydrologiske undersøkelser i Norge 1965. *NVE Årsrapport fra Brekontoret*, 64 s.
- Pytte, R. og G. Østrem (red.)  
1965: Glasio-hydrologiske undersøkelser i Norge 1964. *NVE Meddelelse nr. 14*, 91 s.
- Rasmussen, L.A.  
Altitude variation of glacier mass balance in Scandinavia. *Geophys. Res. Lett.*, 31, L13401, doi:10.1029/2004GL020273, 2004.
- Rasmussen, L.A. og L.M. Andreassen  
2005: Seasonal mass balance gradients in Norway. *J. Glaciol.*, 51, s. 601-606.
- Tvede, A.M. (red.)  
1974: Glasiologiske undersøkelser i Norge 1972. *NVE Rapport nr. 1-74*, 99 s.
- Wold, B og N. Haakensen (red.)  
1978: Glasiologiske undersøkelser i Norge 1977. *NVE Rapport nr. 3-78*, 54 s.
- Wold, B og J.O. Hagen (red.)  
1977: Glasiologiske undersøkelser i Norge 1975. *NVE Rapport nr. 2-77*, 66 s.
- Zemp, M., E. Thibert, M. Huss, D. Stumm, C. Rolstad Denby, C. Nuth, S.U. Nussbaumer, G. Moholdt, A. Mercer, C. Mayer, P. C. Joerg, P. Jansson, B. Hynek, A. Fischer, H. Escher-Vetter, H. Elvehøy og L.M. Andreassen  
2013: Reanalysing glacier mass balance measurements series. *The Cryosphere* 7, s. 1227-1245.
- Østrem, G. og M. Brugman  
1991: Glacier mass-balance measurements. A manual for field and office work. National Hydrology Research Institute, Scientific Report, No. 4. Environment Canada, N.H.R.I., Saskatoon and Norwegian Water Resources and Energy Directorate, Oslo, 224 s.
- Østrem, G og R. Pytte  
1968: Glasiologiske undersøkelser i Norge 1967. *NVE Rapport nr. 4/68*, 131 s.
- Østrem, G og O. Liestøl  
1964: Glasiologiske undersøkelser i Norge 1963. *NVE Meddelelse nr. 4*, 60 s.



Norges  
vassdrags- og  
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29  
Postboks 5091 Majorstuen  
0301 Oslo

Telefon: 09575  
Internett: [www.nve.no](http://www.nve.no)

