



Undersøkelser ved Blåmannisen 2004

Rune V. Engeset

3
2005

O P P D R A G S R A P P O R T A



Undersøkelser ved Blåmannsisen 2004

Norges vassdrags- og energidirektorat
2005

Oppdragsrapport serie A nr 3

Undersøkelser ved Blåmannsisen 2004

Oppdragsgiver: Elkem Energi Siso AS

Forfatter: Rune V. Engeset

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 50

Forsidefoto: Kalvingsfronten på Rundvassbreen, en bream av Blåmannsisen som demmer Øvre Messingmalmvatn. Fotografert 21. april 2004 av Rune V. Engeset

Sammendrag: Undersøkelsene er knyttet til jøkulhlaupet ved Rundvassbreen, Blåmannsisen i september 2001, og muligheten for et nytt jøkulhlaup. Rapporten innholder resultatene av målingene av massebalanse for Rundvassbreen og endringer i isdammen utført i 2004. Videre beskrives instrumentering for tidlig varsling og observasjon av et nytt jøkulhlaup.

Rundvassbreenes vinter-, sommer- og nettobalanse for 2004 var hhv. 2,0 m, -2,2 m og -0,2 m vannekvalenter. Dette utgjør et nettotap på 2,4 millioner m³ vann. Den delen av breen som demmer Øvre Messingmalmvatn har blitt en meter tynnere det siste året og totalt 4,5 m tynnere etter jøkulhlaupet. Øvre Messingmalmvatn var igjen fullt i august 2004, i underkant av tre år etter jøkulhlaupet, og rant igjen over fjellet til Sverige.

Bresmelting fra Rundvassbreen i 2004 tilsvarer 5,5 GWh over normalen på 37 GWh for perioden 1980-99. Brefeltet som drenerer til Sisovatn utgjør 55,4 km². Av dette utgjør Rundvassbreen 21 %. Dette forholdet brukes for å anslå det totale bidraget fra bresmelting til Sisovatn i 2004 til 26 GWh over normalen på 159 GWh.

Emneord: Jøkulhlaup, massebalanse, sikkerhet

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthuns gate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95

Telefaks: 22 95 90 00

Internett: www.nve.no

Innhold

Forord	4
Sammendrag	5
1. Innledning.....	6
2. Målinger i Øvre Messingmalmvatn.....	6
3. Endring i isdammen.....	8
4. Massebalanse.....	9
Feltarbeid.....	9
Resultater	9
5. Bretilsig.....	12
Brefelt som drenerer til Sisovatn	12
Estimert tilsig fra bresmelting	12
6. Instrumentering for tidlig varsling.....	14
Instrumentering og kommunikasjonsløsning for tidlig varsling..	14
Observasjon av nytt jøkulhlaup.....	16
7. Videre arbeid	18
Referanser	18

Forord

På oppdrag for Elkem Energi Siso AS har NVE, Hydrologisk avdeling, utført hydrologiske undersøkelser og analyser på Blåmannsisen. Undersøkelsene er gjort i 2004 retter seg mot et nytt mulig jøkulhlaup.

Undersøkelsene har omfattet måling av massebalanse for breen Rundvassbreen, oppfylling av Øvre Messingmalmvatn (tidligere kalt Vatn 1051) og endring i isdammens tykkelse. I tillegg beskrives instrumentering for tidlig varsling og observasjon av et nytt jøkulhlaup.

Arbeidet er blitt utført i perioden 1.1–31.12.

Rune V. Engeset har vært ansvarlig for oppdraget fra NVEs side, i tillegg har Hallgeir Elvehøy, Bjarne Kjøllmoen, Nils Haakensen, Miriam Jackson, Ole Magnus Tønsberg og Thomas Schuler (Universitetet i Oslo) arbeidet på prosjektet. Hans Martin Hjemaas har bidratt vesentlig fra Elkem Energi Siso AS.

Oslo, 31. desember 2004

Sidsel Haug

Sidsel Haug

Seksjonsjef

Rune Engeset

Rune V. Engeset

Prosjektleader

Sammendrag

Rundvassbreen ($11,6 \text{ km}^2$), en nordvestlig breutløper av Blåmannsisen ($67^{\circ}20' \text{N}$ og $16^{\circ}05' \text{Ø}$), demmer vannet Øvre Messingmalmvatn. 6. september 2001 ble dette vannet tømt i løpet av $1\frac{1}{2}$ døgn i et jøkulhlaup. Mesteparten av Øvre Messingmalmvatn ble tappet (39,9 millioner m^3 vann) og vannflata senket seg over 50 m. Jøkulhlaup forventes å skje igjen. Da bredammen er blitt tynnere.

Rapporten beskriver målinger av breens massebalanse i 2004, endringer i istykkelse og istrykk i den demmende delen av breen, oppfylling av Øvre Messingmalmvatn siden jøkulhlaupet, og instrumentering av området for tidlig varsling og observasjon av ett nytt jøkulhlaup.

Målingene i 2004 viser at Rundvassbreenes vinter-, sommer-, og nettobalanse var hhv. 2,0 m, -2,2 m og -0,2 m vannekvalenter. Dette utgjør et nettotap på 2,4 millioner m^3 vann. Årets vinterbalanse var 113 % av normalen og sommerbalanse var 118 % av normalen. Normalen bygger på modellsimulering for perioden 1962-2001.

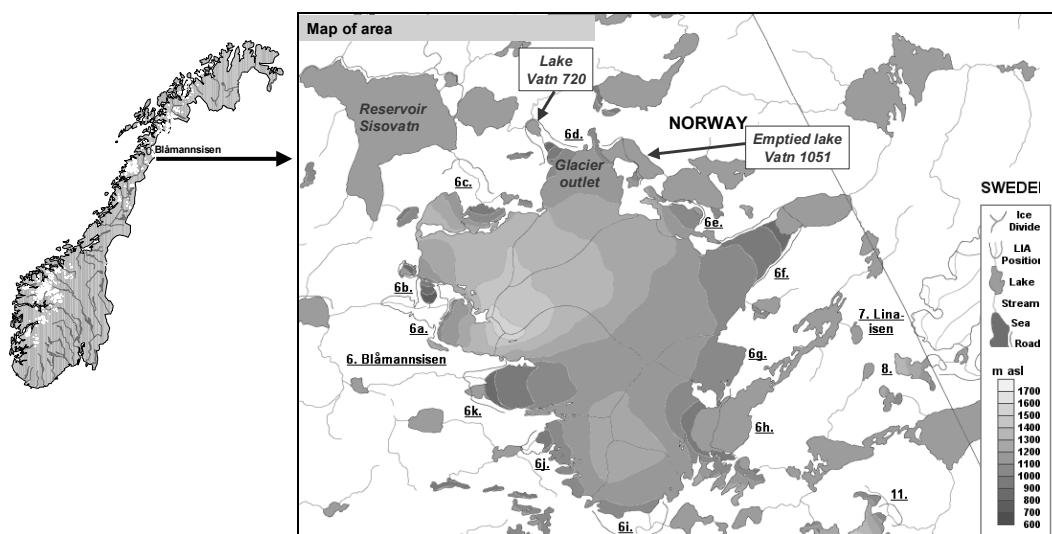
Brefeltet som drenerer til Sisovatn utgjør $55,4 \text{ km}^2$, og av dette utgjør Rundvassbreen 21%. Bresmelting fra Rundvassbreen utgjorde 5,5 GWh over normalen for 1980-1999 på 37 GWh. Bresmelting i hele tilsigfeltet til Sisovatn i 2004 anslås til 26 GWh over normalen på 159 GWh.

Målinger av isoverflatas høyde i terskelområdet viser at breen har blitt omkring en meter tynnere det siste året og totalt 4,5 m tynnere de siste tre årene etter jøkulhlaupet. Dette medfører at istrykket er redusert, og forskjellen i trykk mellom isdammen og Øvre Messingmalmvatn er nå redusert tilsvarende en vannsøyle på 4 m. På tross av dette var Øvre Messingmalmvatn fullt igjen i august 2004 med utløp over bergterskelen mot øst. Det tok i underkant av tre år (1080 døgn) å fylle vannet.

1. Innledning

Rundvassbreen (11,6 km²), en nordvestlig breutløper av Blåmannsisen (67°20'N og 16°05'Ø), demmer vannet Øvre Messingmalmvatn (se Figur 1). Den 6. september 2001 ble dette vannet tømt i løpet av 1½ døgn. Vannet drenerte gjennom en 2,3 km lang subglacial tunnel. Jøkulhlaup kan skje igjen. Rapporten beskriver målinger av breenes massebalanse i 2004, endringer i istykkelse og -trykk i den demmende delen av breen, og oppfylling av Øvre Messingmalmvatn siden jøkulhlaupet.

Jøkulhlaupet er dokumentert i Engeset (2002, 2003), som også vurderte mulighetene for nye jøkulhlaup basert på klimascenarier og sammenhengen mellom klimaendringer og breenes utvikling.



Figur 1 Undersøkelsesområde. Kartkilde Gunnar Ljungstrand.

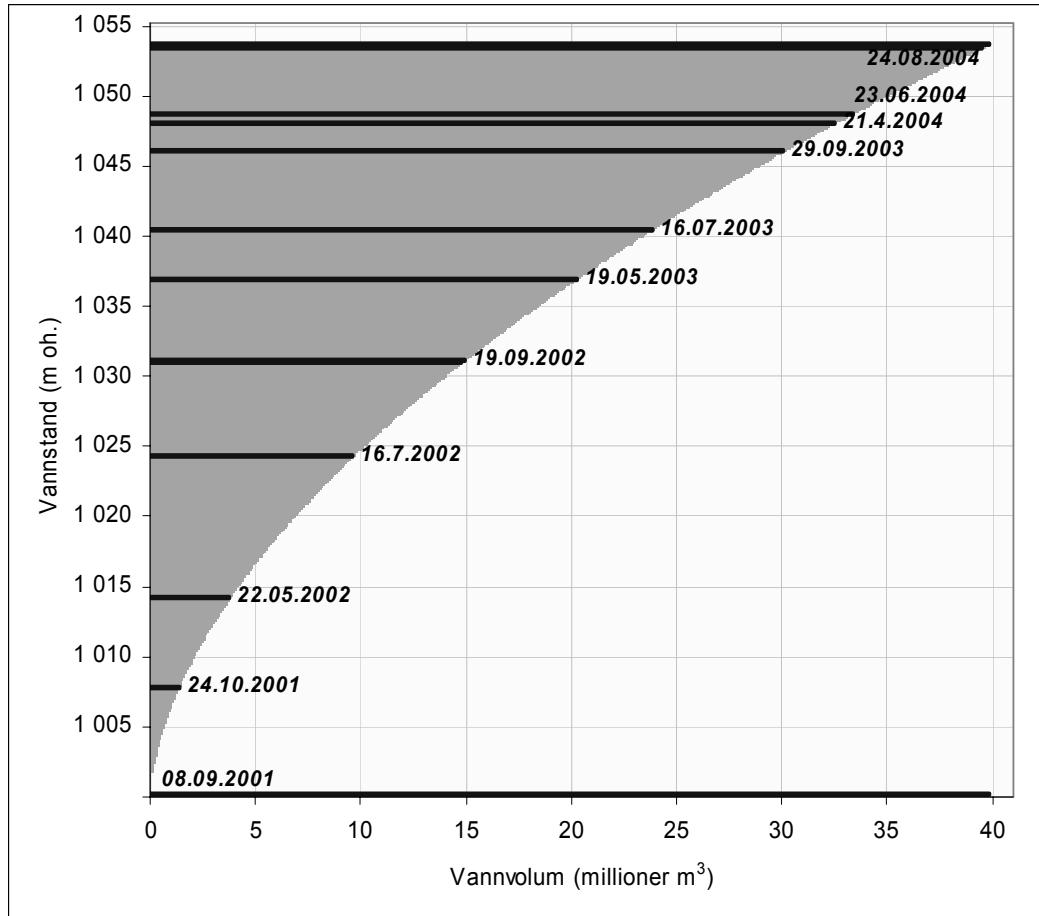
2. Målinger i Øvre Messingmalmvatn

Ved et besøk den 24. august oppdaget Hans Martin Hjemaas at Øvre Messingmalmvatn var fullt og rant igjen over fjellterskelen til Sverige. Det er sannsynlig at dette startet i august.

Høyden på vannlinjen ble den 4. oktober målt med GPS til 1053,1 m oh. Dette er 0,3 m lavere enn antydet av Engeset (2003). Gitt usikkerheten i GPS målingene er det dermed grunn til å konkludere med at vannstanden sannsynligvis var nær 1053,4 m oh. ved tappingen i 2001.

Vannstand ble målt tre ganger i 2004, den 21. april, 23. juni og den 4. oktober. Figur 2 viser hvordan vannet fyltes opp fra september 2001 til august 2004. Et tilsig på 39,9 mill. m³ vann over en periode på i underkant av 1080 dager tilsvarer en spesifikk avrenning på 3,21 m per år. Dette er rundt 5 % over anslaget i Engeset (2002) som var basert på normalavrenningsverdier for Norge for 1961-90. Breenes nettobalanse var svært negativ i årene 2002-2004 og kunne dermed gi et mye høyere tilsig enn normalen. Dette betyr at

Øvre Messingmalmvatn ikke mottar vesentlig tilsig fra breen. Vannet i Øvre Messingmalmvatn er svært klart og ser ut til å ha lite sedimenter og dermed tilsig fra breen. Vi antar dermed at både kalving og tilførsel fra bresmelting utgjør en svært liten del av tilsiget til Øvre Messingmalmvatn.

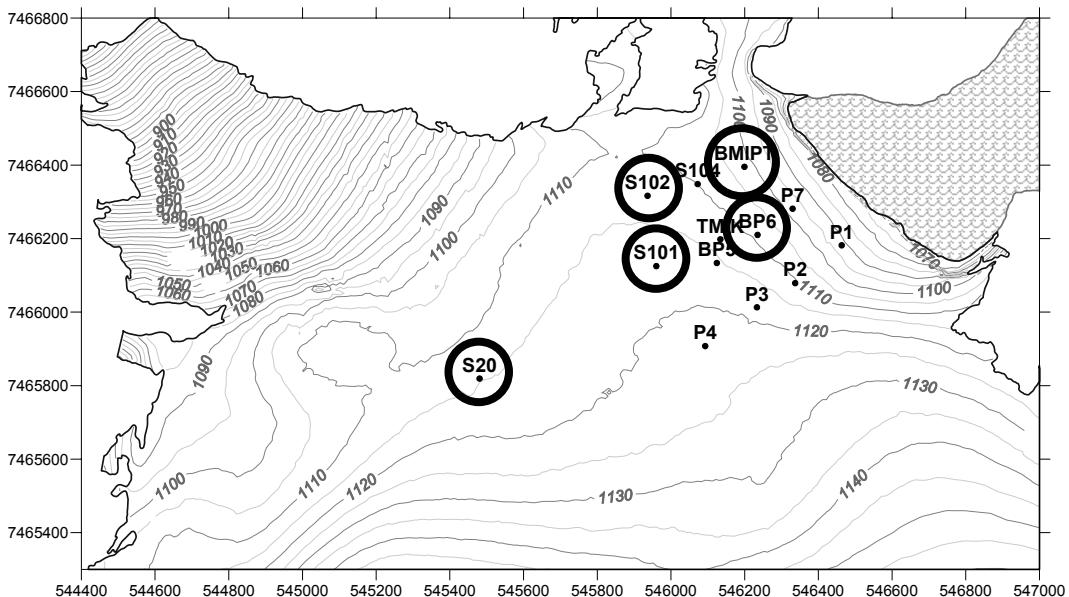


Figur 2 Måling av en oppfyllingssyklus for Øvre Messingmalmvatn (vannstand og vannvolum) fra jøkulhlaupet 6-7. september 2001 til 24. august 2004.

Vanntemperaturen i Øvre Messingmalmvatn ble målt to ganger i form av temperaturvertikaler. På slutten av vinteren, den 21. april, ble det målt de tre stedene sensorene ble utplassert (se PT1-3 i Figur 8). Målingene viste at vanntemperaturen var 0 °C øverst og mellom 0,5 °C (35 m dyp) og 1,35 °C (43 m dyp) ved bunn. Det var mellom 2,2 og 2,5 m tykk is med et 0,45-0,65 m tykt snølag på toppen. Forut for målingene den 4. oktober hadde sannsynligvis vanntemperaturen sunket noe fra somtermaksimum selv om sommeren startet sent dette året. Ved besøket den 23. juni hadde ikke noe av vinterens snø eller is smeltet i dette høydenivået. Den 4. oktober ble vanntemperaturen målt til 1,7 °C ved alle dyp ned til bunnen der hvor sensor PT1 (se kart i Figur 8) er utplassert.

3. Endring i isdammen

Høyden til isoverflata på den delen av breen som demmer Øvre Messingmalmvatn måles inn ved hvert feltbesøk. Hensikten er å vurdere om en ny tapping vil kunne forekomme, og om en tapping vil kunne inntrefte ved lavere vannstand enn ved forrige tapping. Ved feltbesøket 4. oktober 2004 ble breoverflatas høyde målt og beregnet ved fem staker i terskelområdet (se Figur 3): S20, S101, S102, BMIPT og BP6.



Figur 3 Lokaliteter med gjentatte målinger av breoverflatas høyde. Sirkler marker staker med høyde målt 4. oktober 2004. Høydekoter og omriss fra 1998 kartet.

Målingene viser at isoverflata senket seg i rundt en meter det siste året (mellan 29. september 2003 og 4. oktober 2004): -1,2 m ved S20, -1,0 m ved S102 og -0,2 m ved BP6. Dette betyr at breen er blitt 4,5 m tynnere siden jøkulhlaupet i september 2001.

Øvre Messingmalmvatn ville tappes ved 4,0 m lavere vannstand, ved 1049,4 m oh, dersom det kun var isens tykkelse som dimensjonerte isdammen. Vannet ble ikke tappet på tross av at vannstanden var som før jøkulhlaupet i august 2004. Dette betyr at det er andre mekanismer som er med på å regulere tappingen.

Noen mulige forklaringer på at det ble dannet en tappingskanal mellom Øvre Messingmalmvatn og utløpet ved bretungen i 2001 og ikke i 2004, kan være:

- Forut for jøkulhlaupet ble en dreneringsforbindelse utviklet over lang tid ved brebunnen eller i materialet under breen i sprekker eller morene. Dette kan skyldes endringer i vanntrykket i materialet under breen. En annen forklaring kan være at vannstrømmen fant vei bak lesider eller svakhetssoner i fjellet hvor det lokale istrykket var lavere enn det istykkelsen tilsa.
- Vannet i Øvre Messingmalmvatn var varmere en vanlig forut for jøkulhlaupet, og ved smelting av breis ved bunnen av breen kunne forbindelsen åpnes.

- Dreneringsforbindelse ble dannet ved sammenkobling av dreneringskanaler i isen. Dette kan være et dreneringssystem som kommer fra de øvre deler av breen eller fra breoverflaten. I det flate terskelområdet er det observert dreneringssluk drenerer vannet dypt ned i breen.

Da isdammen er blitt 4,5 m tynnere siden jøkulhlaupet i 2001 forventes det som sannsynlig at et nytt jøkulhlaup vil finne sted. Dersom åpningen av tappekanalen er knyttet til vanntemperatur eller endringer i smeltevannsproduksjonen er det godt mulig at dette vil kunne finne sted i perioden fra juni til november 2005.

4. Massebalanse

Feltarbeid

Snømålinger ble utført 22. april. Beregning av vinterbalansen er basert på:

- Måling av snødyp på 6 av 7 staker – stake 70 var ikke synlig.
- Snødypet sondert i 147 punkt med 150 avstand langs ca 25 km profiler. Noen av profilene hadde 200 m avstand mellom sonderingene. Sonderingsforholdene var gode over hele breen, dog litt verre å påvise sommeroverflata (SO) i høydenivået mellom over 1350 m oh. Over 1300 m var snødypet stort sett mellom 4 og 6 m, hvilket er i relativt likt foregående vinter. Under dette høydenivået var snødypet svært variabelt, fra under 1 m til over 5 m.
- Tetthetsprøve av snøen tatt i posisjonen til stake 50 (1330 m oh.). Det ble brukt sylinder ned til 2,0 m og kjerneprøve ned til SO på 5,02 m. Midlere tettheten var 468 kg m^{-3} .

Ablasjonsmålinger ble utført 4. oktober. Det var kommet 0,5-0,8 m nysnø i de lavereliggende områdene og 0,8-1,5 m i de øvre områdene. Firngrense/snøgrense kunne derfor ikke sees. Avlesning på stakene antydet at snøgrensen på slutten av smeltesesongen var nær stake 40 (1270 m oh.).

Resultater

Vinterbalanse

Beregning av vinterbalanse er basert på 147 sonderinger av snødyp, måling av snødyp på seks staker, og tetthetsmåling ved en stake.

Ved å tilpasse en funksjon mellom målt snødyp og tetthet ble det bestemt en ligning for beregning av vannekvivalent fra snødyp:

$$\text{Snøens vannekvivalent} = 0,3277878 \times \text{snødyp}^{1,2182649}$$

Vinterbalansen ble beregnet ved å tegne punkter med vannekvivalent og høyde i et diagram. Visuell tolking ble lagt til grunn for å trekke en kurve som representerer midlere vannekvivalent for hvert 50-m høydeintervall. Dette gav en spesifikk vinterbalanse for hele breen på 2,0 m v.e., tilsvarende et vannvolum på 23 millioner m³. Dette er 104 % av verdien året før.

En simulering av breens massebalanse (Engeset 2002) for perioden 1962-2001 (40 år) gav et årsmiddel på 1,7 m v.e. (vinterbalanse), -1,8 (summerbalanse) og -0,1 (nettobalanse). Årets vinterbalanse utgjorde 113 % av simulert årsmiddel for 1962-2001.

Sommerbalanse

Breens summerbalanse ble beregnet fra smelting målt på stakene, og under antagelsen at gjenværende snø hadde en tetthet på 600 kg m⁻³ og smeltet is en tetthet på 900 kg m⁻³. Nysnø (0,5-1,5 m dyp) ble ikke tatt med i beregningen av summerbalansen.

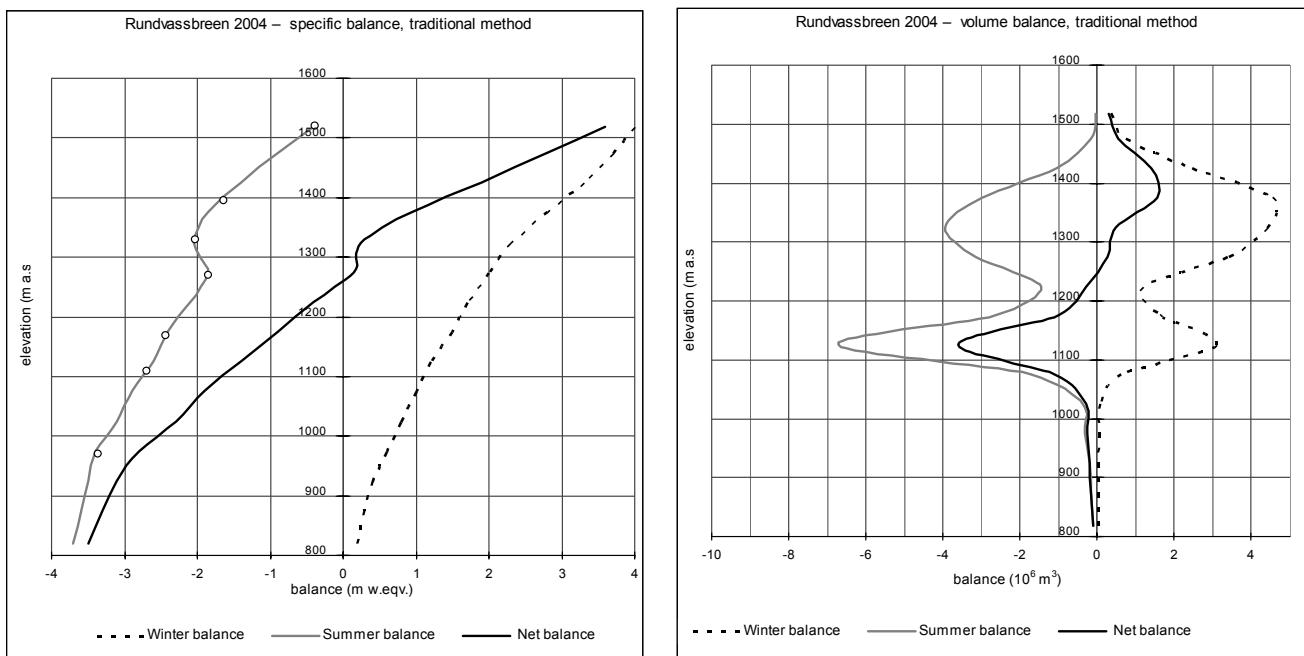
En kurvetilpassing ble gjort mot stakemålingene for å uttrykke summerbalansen for hver 50-m høydeintervall. Dette gav en spesifikk summerbalanse på -2,2 m v.e. for breen, som tilsvarer et vannvolum på -25 millioner m³. Dette utgjør 73 % av verdien året før, og 118 % av simulert årsmiddel for 1962-2001.

Nettobalanse

Beregning av spesifikk nettobalanse for 2004 gav -0,2 m v.e., som tilsvarer et netto tap på 2 millioner m³ vann (Figur 4 og Tabell 1). Kumulativt nettobalanse vises i Figur 5.

Diagrammet i Figur 4 antyder at likevektlinjens høyde (ELA) var 1270 m oh, som tilsvarer at akkumulasjonsområdet utgjorde 31 % av breens totalareal (AAR).

Diagrammet i Figur 4 viser kurven for spesifikk nettobalanse som funksjon av høyde. Kurven avviker fra de to foregående årene på følgende måte: I 2002 og 2003 var summerbalansen relativt konstant over 1375 m o.h. I 2004 avtok summerbalansen mye fra -1,8 m v.e. ved 1375 m o.h. til -0,4 m v.e. øverst (over 1500 m o.h.). Grunnen til disse avvikene kan ligge i to forhold: Det har vært svært vanskelige å vedlikeholde de to øverste stakene og det har vært vanskeligere sonderingsforhold i de øvre områdene. Dermed er det grunn til å tro at resultatene i de øvre områdene er mer usikre enn for resten av breen.

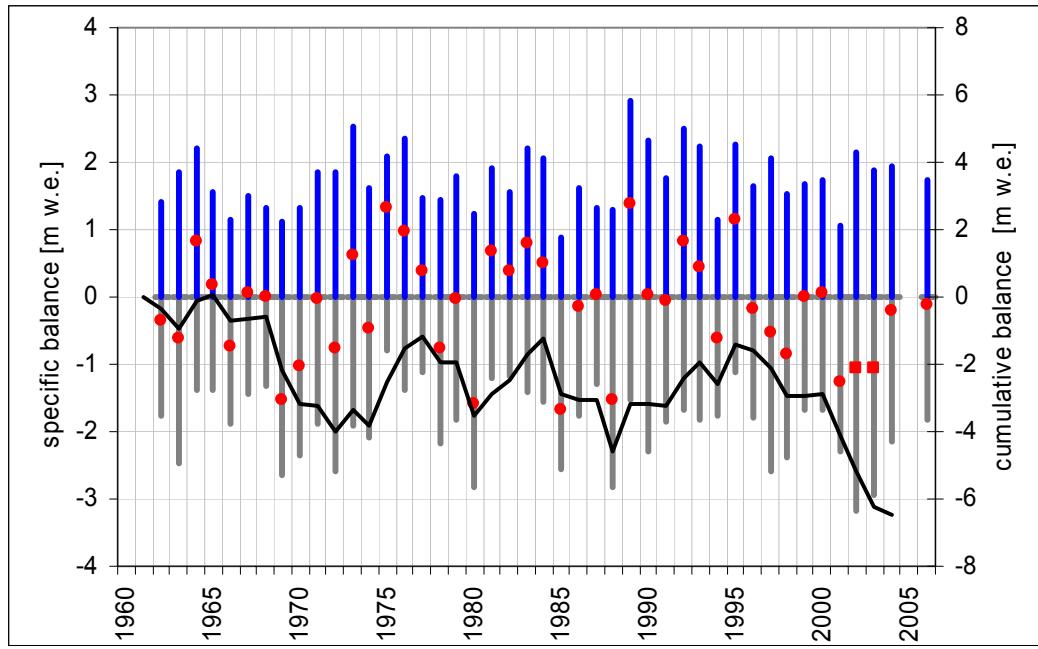


Figur 4 Spesifikk balanse (venstre) og volumbalanse (høyre) for Rundvassbreen 2004. Stakemålinger er symbolisert med rundinger i venstre diagram.

Tabell 1 Vinter-, sommer-, og nettobalanse for Rundvassbreen 2004.

Mass balance Rundvassbreen 2003/04 – traditional method

Altitude (m a.s.l.)	Area (km ²)	Winter balance Measured 28th April 2004		Summer balance Measured 4th Oct 2004		Net balance Summer surfaces 2003 - 2004	
		Specific (m w.eq.)	Volume (10^6 m^3)	Specific (m w.eq.)	Volume (10^6 m^3)	Specific (m w.eq.)	Volume (10^6 m^3)
1500 - 1537	0.09	4.00	0.3	-0.40	0.0	3.60	0.3
1450 - 1500	0.20	3.70	0.7	-0.90	-0.2	2.80	0.6
1400 - 1450	0.75	3.30	2.5	-1.40	-1.0	1.90	1.4
1350 - 1400	1.62	2.80	4.5	-1.85	-3.0	0.95	1.5
1300 - 1350	1.92	2.30	4.4	-2.05	-3.9	0.25	0.5
1250 - 1300	1.69	2.00	3.4	-1.85	-3.1	0.15	0.3
1200 - 1250	0.70	1.70	1.2	-2.10	-1.5	-0.40	-0.3
1150 - 1200	1.09	1.50	1.6	-2.40	-2.6	-0.90	-1.0
1100 - 1150	2.58	1.20	3.1	-2.60	-6.7	-1.40	-3.6
1050 - 1100	0.59	1.00	0.6	-2.90	-1.7	-1.90	-1.1
1000 - 1050	0.12	0.80	0.1	-3.10	-0.4	-2.30	-0.3
950 - 1000	0.10	0.60	0.1	-3.40	-0.3	-2.80	-0.3
900 - 950	0.06	0.40	0.0	-3.50	-0.2	-3.10	-0.2
850 - 900	0.05	0.30	0.0	-3.60	-0.2	-3.30	-0.2
788 - 850	0.03	0.20	0.0	-3.70	-0.1	-3.50	-0.1
788-1537	11.6	1.95	22.6	-2.16	-25.0	-0.21	-2.4



Figur 5 Sommer-, vinter- og kumulativ nettobalanse for Rundvassbreen. Verdier for årene 1962-2001 er basert på modellsimulering. De siste tre årene (2002-2004) er basert på målinger.

5. Bretilsig

Brefelt som drenerer til Sisovatn

En avgrensning av brefeltene som drenerer til Sisovatn er gjort for å beregne hvor stort areal som bidrar med bresmelting til Sisovatn. Vi har tatt utgangspunkt i breer kartlagt i kartserien N50 fra Statens kartverk og delfeltgrensene i NVEs GIS. I tillegg har vi justert grensene for Rundvassbreen basert på den breavgrensningen vi benytter i massebalanse målingene (definert i Kennett, 1990). I tillegg til Rundvassbreen og den del av Blåmannsisen som ligger vest for Rundvassbreen og drenerer til Sisovatn, fanges størstedelen av smeltevannet opp av fire bekkeinntak på tunneloverføringen sydover til Norddalen.

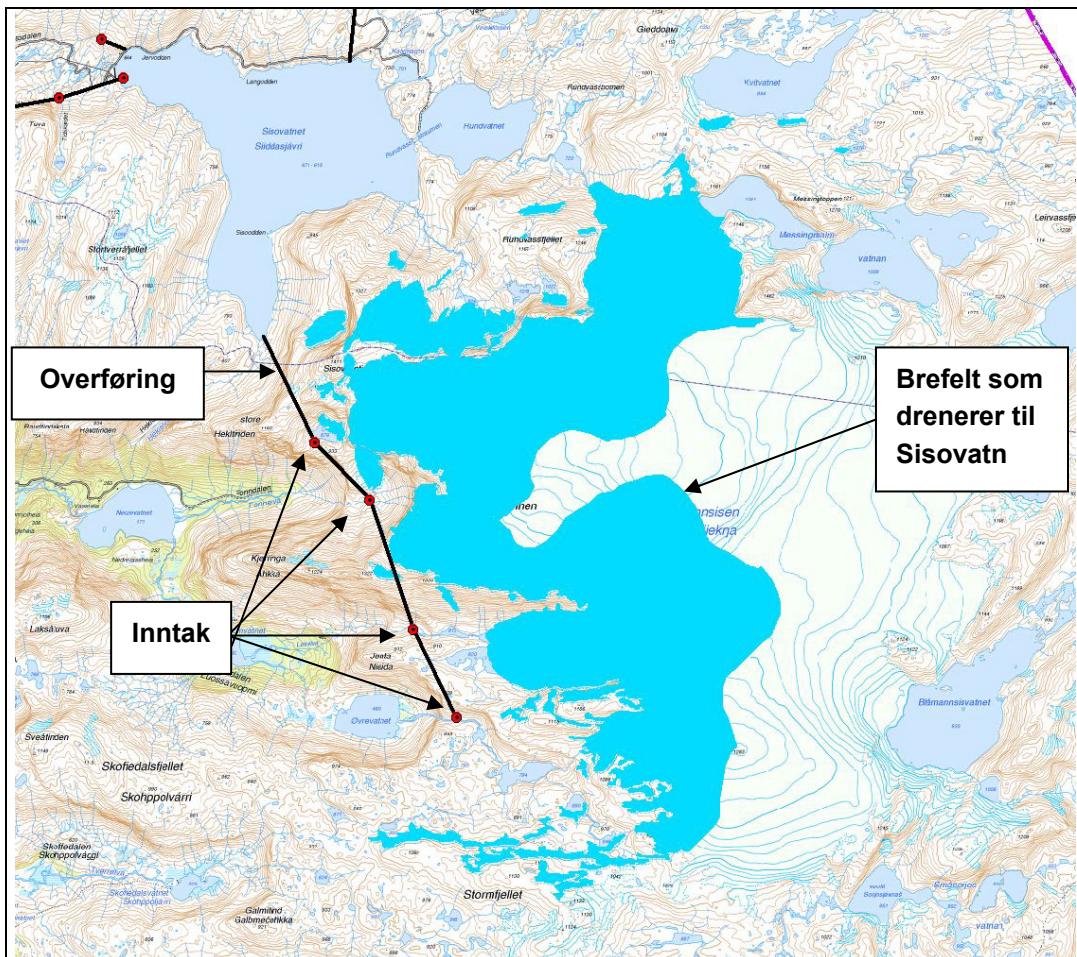
Totalt drenerer et breareal på 55,4 km² til Sisovatn (Figur 6). Av dette utgjør Rundvassbreen 21 %.

Estimert tilsig fra bresmelting

2004 var nok et underskuddsår for breen, dog i mye mindre grad enn i de to foregående årene. Dette resulterte i en svak positiv effekt på tilsiget med i overkant av to mill. m³ ekstra vann.

Tabell 2 viser hva breene betydde for tilsiget til Sisovatn, gitt 1,547 som energiekvivalent. I 2004 anslås bresmelting fra Rundvassbreen å utgjøre 5,5 GWh over normalen for 1980-1999 på 37 GWh. Bresmeltingen fra hele tilsigsfeltet til Sisovatn er beregnet ved å korrigere resultatene fra Rundvassbreen med forholdstallet mellom

Rundvassbreens areal og hele brearealet som drenerer til Sisovatn, som er 1:4,8. Bresmelting til Sisovatn anslås dermed til 26 GWh over normalen på 159 GWh. Tallene for hele brefeltet er høyere enn tidligere rapportert i Engeset 2003, da det nå er nye tall for brearealet.



Figur 6 Kart som viser brefelt som drenerer til Sisovatn (vist i blått).

Tabell 2 Breens effekt på tilsiget til Sisovatn.

RUNDVASSBREEN i km ² :		11.6	BREFELT SISOVATN i km ²		55.4
Energibalanse (GWh)			Energibalanse (GWh)		
	Sommer	Avvik**		Sommer	Avvik**
2004	38.7	5.5	2004	184.7	26.2
2003	52.9	19.7	2003	252.8	94.3
2002	57.2	24.0	2002	273.4	114.8
Normalt*	33.2		Normalt*	158.6	
Scenario	37.3	4.1	Scenario	178.3	19.7

*Normalen er middel for perioden 1980-1999

** fra normalen

*Normalen er middel for perioden 1980-1999

** fra normalen

6. Instrumentering for tidlig varsling

Et vannvolum på rundt 40 mill. m³ ble tømt i en 2,3 km lang tunnel under mer enn 100 m tykk breis. Beregninger viser at vannføringen ut av brefronten kan ha vært hele 900 m³/s. Radar- og GPS-målinger av istykkelse, breoverflatas høyde og vannstand før tapping antyder at tappingen skjedde selv om istrykket var vesentlig større enn vanntrykket i vannet som ble tømt. Vannstand var 1053,4 m oh. mot et istrykk tilsvarende en vannstand på 1096,6 m oh. – en forskjell på 43,2 m. Hvorfor, hvordan og når jøkulhlaup utløses er delvis en gåte, men observasjoner andre steder i verden samsvarer med det som er registrert ved Blåmannsisen. Jøkulhlaupet er det første som er registrert i området. Figur 7 viser kalvingsfronten.



Figur 7 Thomas V. Schuler inntar sin lunsj ved tappingspunktet. Bildet er tatt på isen av vannet som tappes og foran kalvingsfronten til isbreen. Kalvingsfronten er 50 m dyp under isen på vannet. Foto Rune V. Engeset.

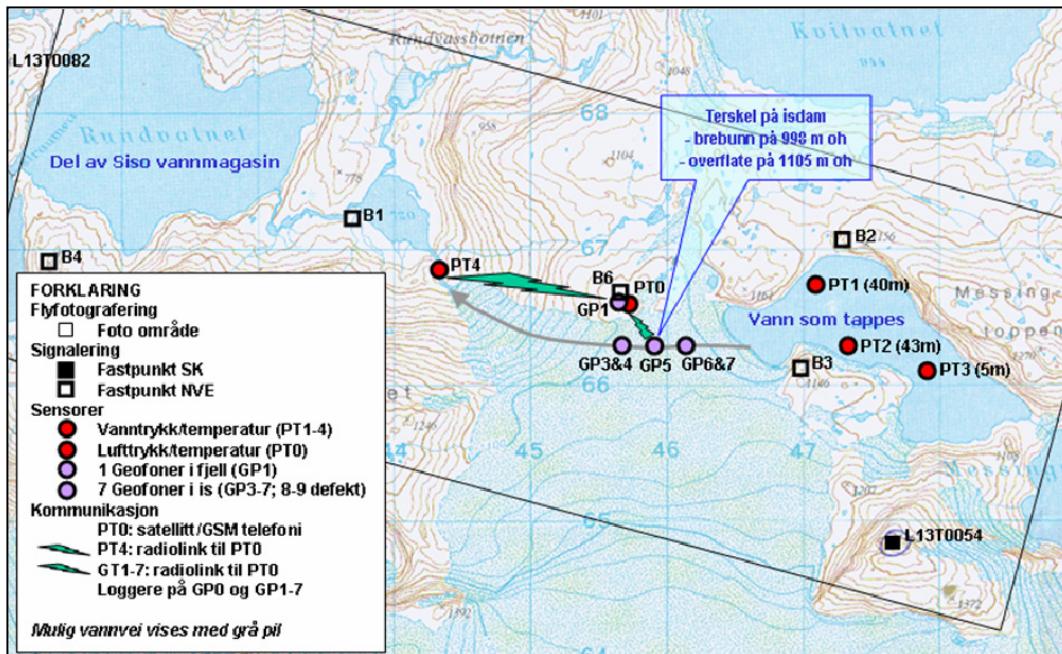
Jøkulhlaupet ser ut til å ha startet ved at en tunnel ble etablert under isen og utvidet gradvis raskere frem til en maksimal vannføring. Tunnelen koblet seg på eksisterende elvenettverk under breen på ett eller annet sted. I begynnelsen var det lite vann i tunnelen. Tunnelen startet der breen flyter inn i og kalver i Øvre Messingmalmvatn. På slutten av jøkulhlaupet kollapset den ca 80 m høye brefronten og tettet tunnel.

Instrumentering og kommunikasjonsløsning for tidlig varsling

Det er ofte svært viktig å bli varslet tidlig om at et jøkulhlaup begynner. Da kan vannstand i magasiner nedstrøms reguleres slik at det er plass til flomvannet, eller befolkningen evakueres og verdier sikres. Dette var ikke en problemstilling ved Blåmannsisen, men er det andre steder. Vi eksperimenterer nå med to teknikker for å oppnå tidlig varsling av jøkulhlaup:

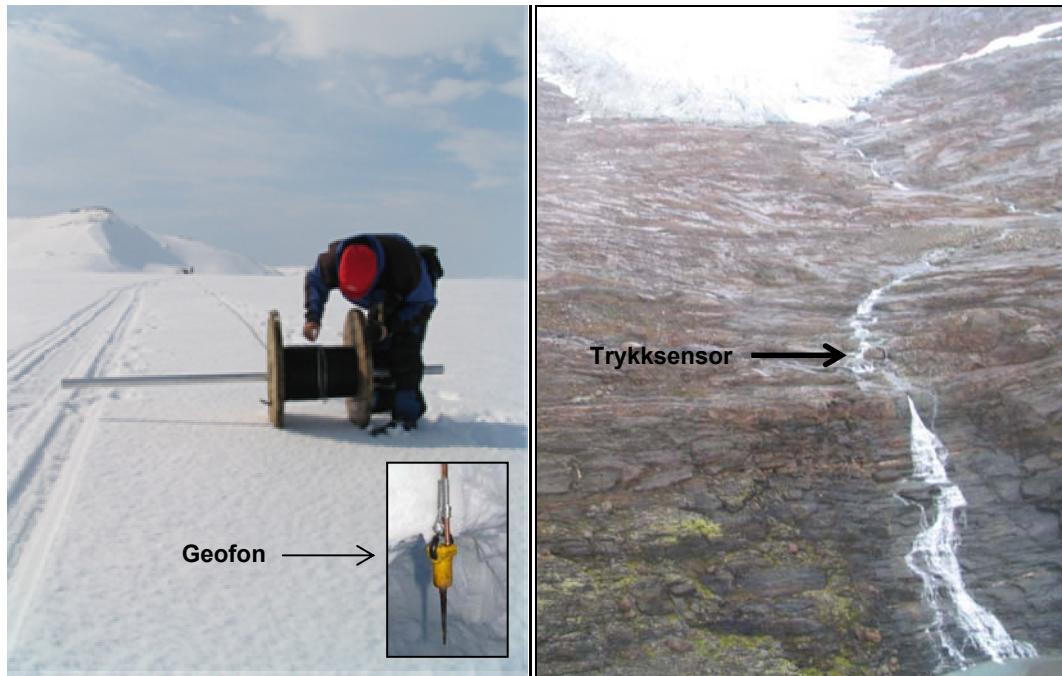
1. Overvåking av vannstand og vanntemperatur i breelva rett ved brefronten, og
2. Lytting til isskjelv fra breen.

Plassering av instrumentene er vist på Figur 8.



Figur 8 Oversiktskart over breen, vannet som tappes, instrumenter og samband.

Vannstand og vanntemperatur måles på tradisjonelt vis i breelva (Figur 9). Rystelser i isen vil kunne oppstå når kanalen etableres og økende seismisk aktivitet registreres med syv geofoner som er borret ned i breisen over tunnelen (Figur 9). En geofon er også støpt ned i fjellet ved siden av breen.



Figur 9. Bilde til venstre viser utrulling av 500-m geofonkabel på breen (en geofon vises i innfelt bilde). Til høyre vises plassering av trykksensor i breelva. Foto Rune V. Engeset.

Data fra breelva og geofoner overføres med et internt samband på og ved breen (Figur 10). Ekstern samband er etablert for dataoverføring og automatisk varsling. Her benyttes GSM-telefoni. Data fra geofoner, vannstand i breelva og lufttemperatur overvåkes i sanntid. Data overføres til NVEs database Hydra2 og et team hydrologer og glasiologer har kontinuerlig fulgt utviklingen.

Sanntidsdata har vært vist på Internet på www.nve.no/glof/data.

Den 8. november 2004 tok strømforsyningen slutt for sanntidsoverføringen, og oppdaterte data vil ikke bli tilgjengelig før utstyret klargjøres våren 2005.

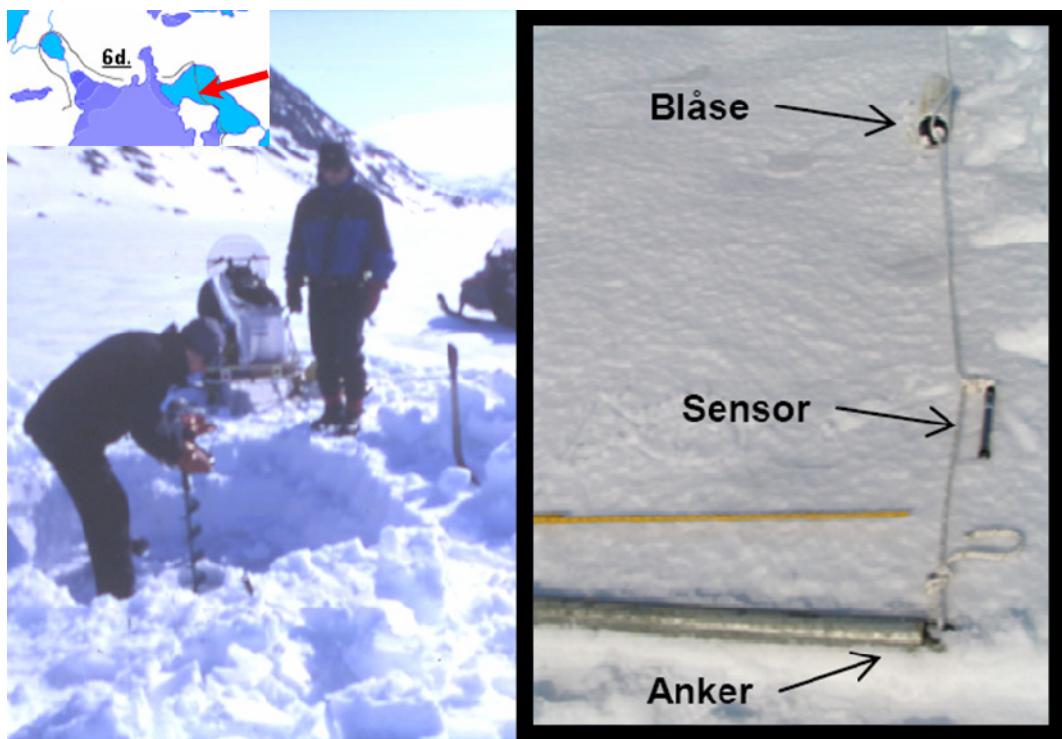


Figur 10. Bilde til venstre viser Fjellstasjon med radio- og telefonsamband, logger, geofon i fjell og sensor for lufttemperatur og lufttrykk. Til høyre vises brestasjon utplassert på isen med radiosamband, geofoner og logger. Foto Rune V. Engeset.

Observasjon av nytt jøkulhlaup

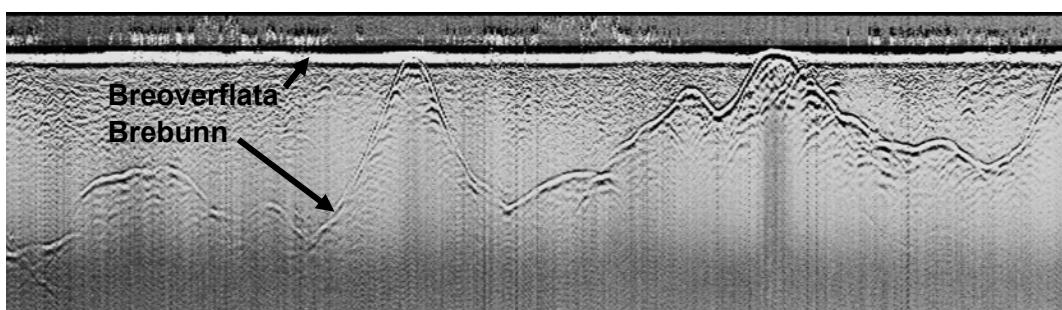
I tillegg til tidlig varsling er det utplassert instrumenter som skal samle inn data under selve hendelsen, for å studere hvordan jøkulhlaupet kan begynne og hvordan dreneringen foregår. På bunn av vannet som tømmes er det utplassert tre sensorer for måling av vanntrykk og vanntemperatur (Figur 11). En slik sensor er også utplassert i breelva ved utløpet nedenfor brefronten. Disse vil registrere kontinuerlig gjennom jøkulhlaupet og bli samlet inn etter at hendelsen er over.

Instrumenter ble utplassert og en rekke utfyllende målinger utført i perioden fra 19. til 22. april 2004 av NVE, Elkem Energi Siso AS og Universitetet i Oslo.

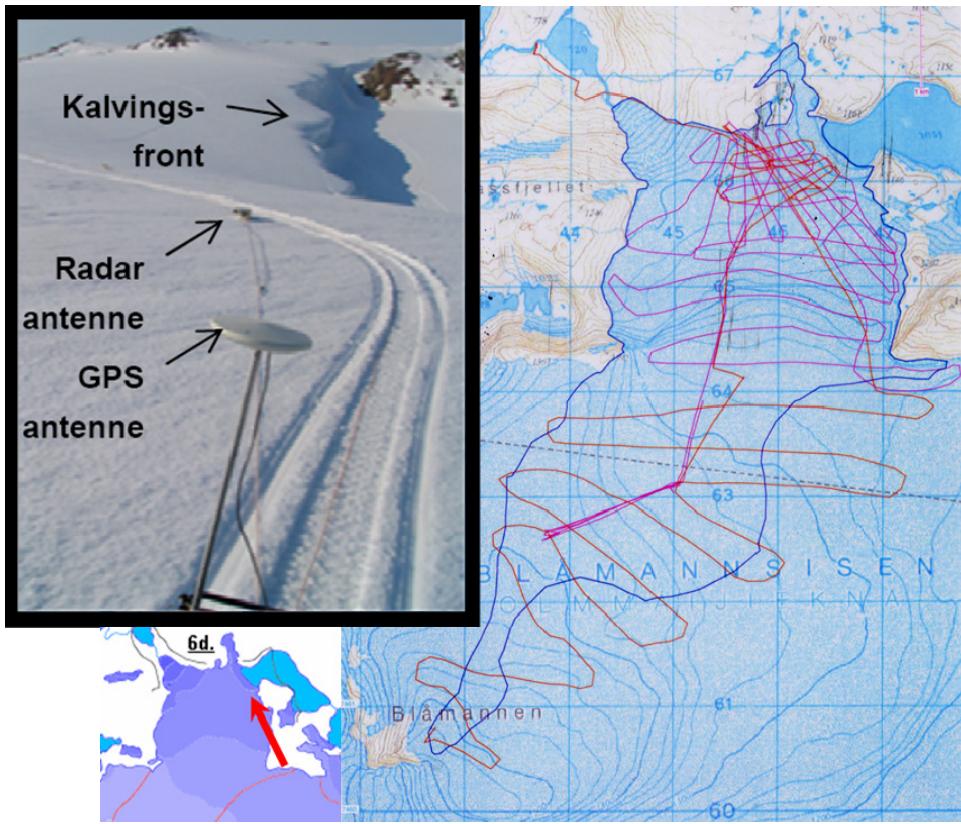


Figur 11. Utlassering av sensor for måling av vanntrykk og vanntemperatur (sort cylinder midt på linjen) er montert på et 30-kg tungt anker (nederst) og holdes opp av en blåse (øverst). Tre slike ble senket ned til bunn i vannet som tappes. Foto Rune V. Engeset.

Det er også gjort en ny detaljert kartlegging av breens overflate og tykkelse med GPS og breradar for å kunne bestemme vannets dreneringsvei under isen. Datasettet er av høy kvalitet og bør kunne benyttes til å lage et vesentlig bedre kart over dreneringsforholdene under breen enn det som eksisterer i dag. Særlig i terskelområdet er dette viktig da her er både overflatekartet og istykkelsemålingene fra Kennett (1990) usikre og med dårlig dekning. Figur 12 viser et eksempel på hvor godt bunnen vises med breradarren. Figur 13 viser de nye profillinjene med breradar- og GPS-data som er samlet inn.



Figur 12. Eksempel på breradarbilde.



Figur 13. Måling av breoverflatas høyde og breens tykkelse. Dette er gjort samtidig med GPS og breradar (dekning er vist i kartet) som taues etter en snøskuter. Rundvassbreen vises med blå linjer.

7. Videre arbeid

Istdammen ble mye tynnere de siste tiårene frem til jøkulhlaupet i 2001. Utviklingen har fortsatt de tre siste årene. Dette betyr at nye jøkulhlaup er sannsynlig. Det er viktig å videreføre opplegget for tidlig varsling og observasjon av et nytt jøkulhlaup.

Instrumentene er utplassert. Strømforsyningen må settes opp igjen (lade eller bytte ut batterier og sette opp solpanel og vindmølle) og vedlikehold utføres ved behov. Det er mulig at nye temperatur- og trykk-sensorer må utplasseres. For å følge med på isdammen og å se om denne blir enda tynnere bør GPS målinger gjentas i terskelområdet. En målekampanje er planlagt for et eventuelt nytt jøkulhlaup. Det er ønskelig å analysere dreneringsforholdene med de nye breradar og GPS datasettene for å se om det er mulig å fremme en bedre forklaring på hvorfor og hvordan tappingen fant sted.

Referanser

Engeset, R.V., 2002. Jøkulhlaup ved Blåmannsisen. Jøkulhlaupet 2001 og fremtidige jøkulhlaup. NVE Oppdragsrapport serie A, 9.

Engeset, R.V., 2003. Mot nytt jøkulhlaup ved Blåmannsisen? Undersøkelser 2003. NVE Oppdragsrapport serie A, 11.

Kennett, M., 1990. Kartlegging av istykkelse og feltavgrensing på Blåmannsisen 1990. NVE Rapport nr. 8.

Denne serien utgis av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Utgitt i Oppdragsrapportserie A i 2005

- Nr.1 Olav Isachsen, Per F. Jørgensen, Lars Bugge, Peter Bernhard: Grønne sertifikater og biobrensel (s.)
- Nr.2 Lars Sigurd Eri, Kjelforeningen – Norsk Energi : Sertifikatberettiget elkraftproduksjon basert på spillenergi fra industri (s.)
- Nr.3 Rune V. Engeset: Undersøkelser ved Blåmannsisen 2004 (18 s.)