

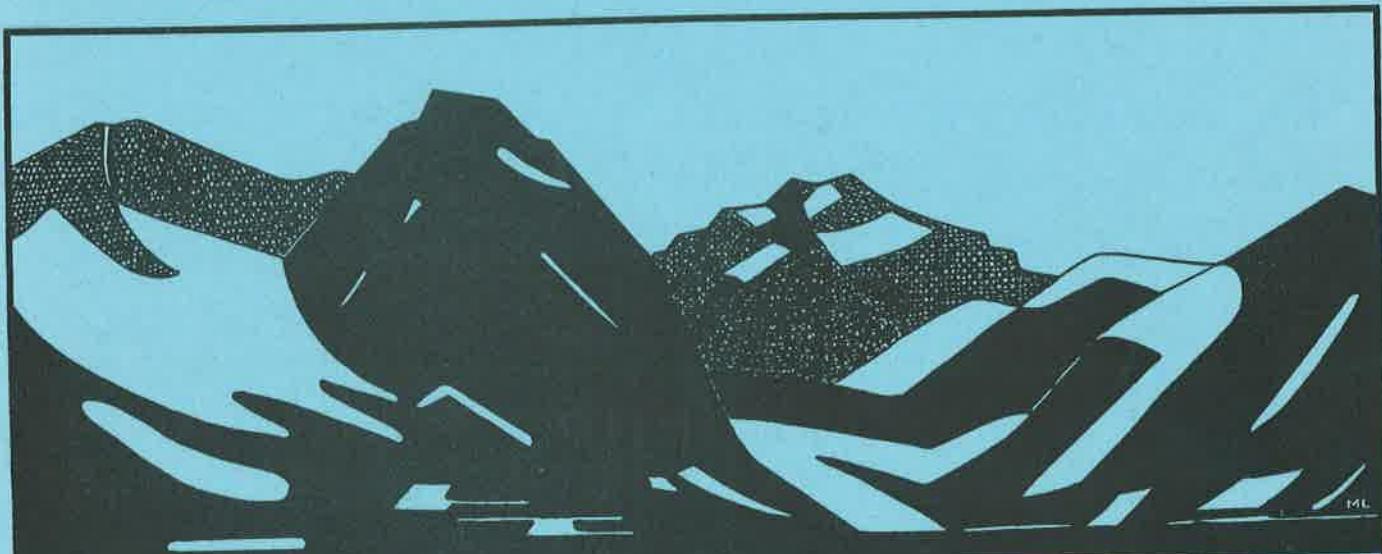
STOCKHOLMS UNIVERSITET  
NATURGEOGRAFISKA  
INSTITUTIONEN

UNIVERSITY OF STOCKHOLM  
DEPARTMENT OF PHYSICAL GEOGRAPHY

Nils Rosqvist



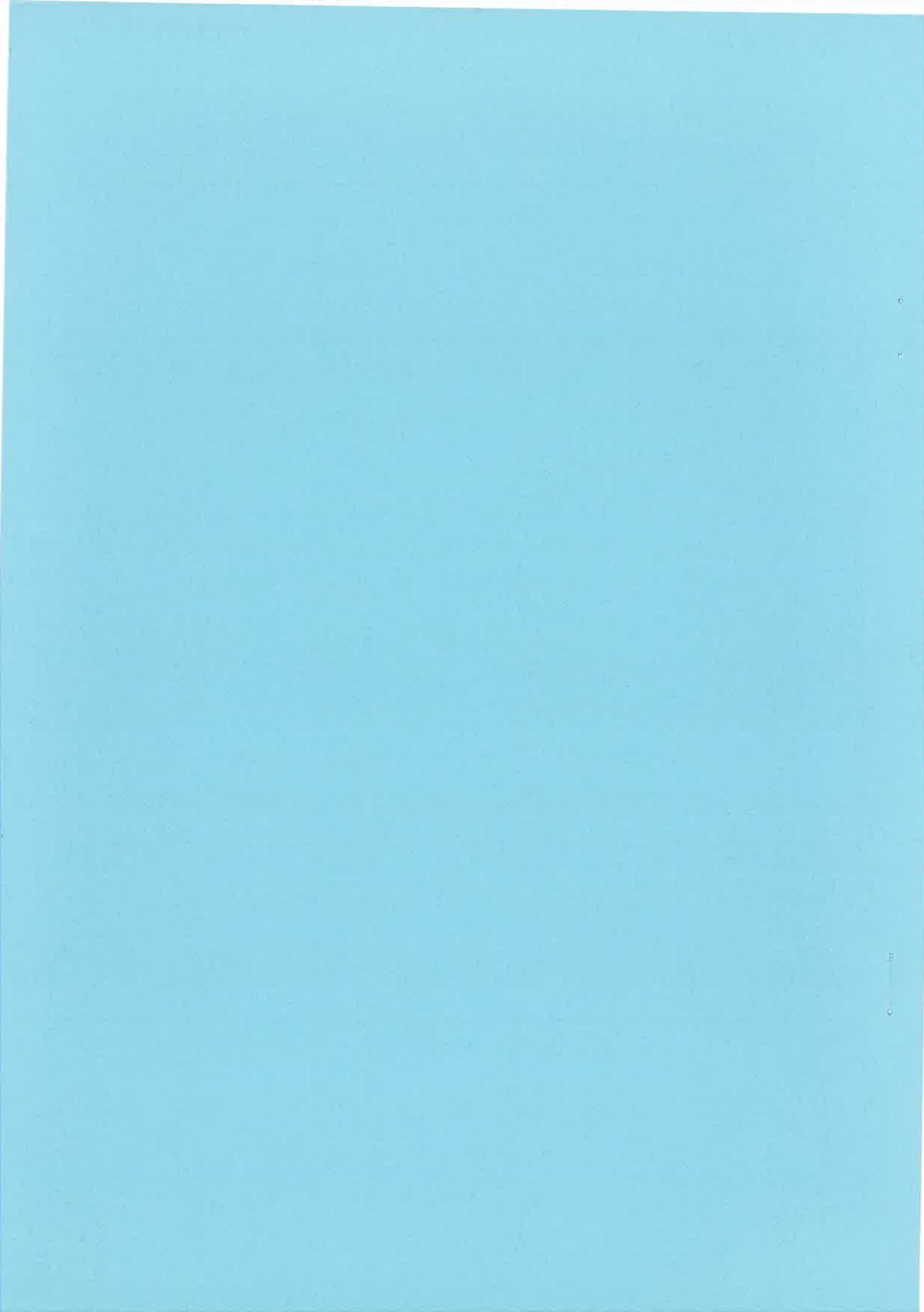
ÅRSRAPPORT  
ANNUAL REPORT  
1988



TARFALA RESEARCH STATION

Rapport från Tarfala

Stockholm 1989  
Arjen P. Stroeven (ed.)



## TABLE OF CONTENT

<b>INTRODUCTION</b>	<b>1</b>
<b>ÅRSKRÖNIKA 1987/88</b>	<b>2-4</b>
<b>METEOROLOGISKA OBSERVATIONEN I TARFALA 1987-1988</b>	<b>5-12</b>
<b>MASS BALANCE STUDIES:</b>	
<i>THE MASS BALANCE OF STORGLACIÄREN, 1987-1988</i>	<i>13-18</i>
<i>THE MASS BALANCE OF RABOTS GLACIÄR, 1987-1988</i>	<i>19-24</i>
<i>TARFALA GLACIÄREN, 1987-1988</i>	<i>25-27</i>
<i>RIUKOJETNA</i>	<i>28-30</i>
<b>HYDROLOGICAL STUDIES:</b>	
<i>HYDROLOGI OCH MATERIALTRANSPORT</i>	<i>31-34</i>
<b>STUDIES ON STORGLACIÄREN AND IN TARFALA VALLEY:</b>	
<i>STUDIES OF GLACIER DYNAMICS ON STORGLACIÄREN, 1988</i>	<i>35-41</i>
<i>SHORT-TERM VARIATIONS IN ICE DYNAMICS ON STORGLACIÄREN</i>	<i>42-45</i>
<i>VÄDRETS BETYDELSE FÖR SNÖAVSMÄLTNINGEN I TARFALADALEN</i>	<i>46-50</i>
<i>SNOW DENSITY MEASUREMENTS IN PITS AND CORES</i>	<i>51-55</i>
<i>SNÖACKUMULATION I TARFALADALEN</i>	<i>56-62</i>
<i>BARMARKENS FRAMSMÄLTNING I TARFALADALEN</i>	<i>63-68</i>
<i>DATERING AV MORÄNER MED DEN VITTRINGSBASERADE SCHMIDT HAMMER-TEST TEKNIKEN</i>	<i>69-70</i>
<b>OTHER STUDIES:</b>	
<i>INMÄTNING AV GLACIÄRFRONTER I SVENSKA FJÄLLEN</i>	<i>71-72</i>
<i>TARFALA COMMUNICATIONS - RADIO AND INTERCOM SYSTEMS</i>	<i>73-75</i>
<b>NOTES:</b>	
<i>NOTES ON GLACIOLOGICAL EVENTS ON STORGLACIÄREN</i>	<i>76-77</i>
<i>COURSES AT THE TARFALA RESEARCH STATION</i>	<i>78</i>
<i>PUBLICATIONS IN CONNECTION WITH TARFALA</i>	<i>79-81</i>
<i>APPENDIX 1; PERSONEL AND GUESTS 1987/1988</i>	<i>82-84</i>
<i>APPENDIX 2; SNOW SOUNDINGS ON STORGLACIÄREN (MAP)</i>	<i>85</i>



## INTRODUCTION

Tarfala Research Station is located in the Kebnekaise mountains, northern Sweden. The site was selected by Valter Schytt and Erik Woxnerud in 1945 because Storglaciären was a suitable glacier for mass balance studies and also because access was fairly simple. The purpose of the station was to facilitate research and education in glaciology and the high alpine environment. The need for a larger station became obvious when groups of students began to work on thesis projects at the station in the 1950s'. Several new buildings were constructed in 1961.

In the beginning research was focused on the mass balance of Storglaciären. Later several other projects, in which long-term observations were essential, became a part of the routine program of the station. Among these projects there are studies of the mass balances of several other glaciers besides Storglaciären, as well as projects concerning weather, water discharge measurements, and glacier front observations. However, most of the research is conducted by scientists and groups of scientists using the facilities of the station but are supported by individual grants.

A first "annual report" was produced 1986. The report was, like this one, only intended to be a collection of short descriptions of field projects, with accompanying tables and graphs, which might be useful for scientists working at the station in the future. Because a large number of scientists working in Tarfala do not read Swedish, we have tried to at least include short abstracts in English. Unfortunately, we cannot afford the extra cost of translating the whole report.

The report includes a number of contributions written by people working at the station in 1987. The authors are responsible for their contributions. All results are preliminary.

Stockholm December 1988

Wibjörn Karlén  
Professor

## ÅRSKRÖNIKA 1987/88

Citerade källor: stationens personal.

De flesta som besöker Tarfala forskningsstation gör det under sommarmånaderna då stationen sjuder av liv, då många forskningsprojekt går av stapeln, då vattnet flödar igenom stationens vattenledningar och då en kompetent kökspersonal tar hand om hungriga magar. Det är dock inte alltid stationen fungerar som under sommarmånaderna och denna årskrönika vill visa läsaren Tarfalastationens och Tarfaladalens skiftande ansikten under det glaciologiska året 1987/88.

Första vinterbesöket 2 - 8 november (fyra personer).

" 2:a november avresa med tåg från Stockholm". " 3:e november, åkte ut till Lapplandflygs flygplats för vidare transport mot Tarfala. Flera timmars väntan vid flygplatsen, men ingen helikopter dök upp. Tillbaks till Kiruna". " 4:e november. Åkte ut till Lapplandflygs flygplats. Helikopterpiloten förklarade att han missförstått datumet för transporten. Anlände Tarfala i skymningen; stormbyar hindrade helikoptern att flyga oss upp. Piloten landsatte oss en bit nedom Keb-bron (bron över Tarfalajokka vid Tarfaladalens mynning), helikoptern var nära att stjälpa i de friska byarna då han åter lyfte. Gick till fots. Inget åkbart snötäcke (skidor) i Tarfaladalen."

Under den knappa vecka gruppen befann sig vid stationen vek aldrig de ihärdiga novemberstormbyarna från gruppens sida, vilket ledde till en reducering av gruppens möjlighet att arbeta på glaciärerna. De viktigaste arbetsuppgifterna utfördes, vädret till trots; förlängning och mätning av snöackumulationen vid Storglaciärens ackumulationsstakar samt installation av dataloggern för vinterns insamling av väderdata.

Andra vinterbesöket 1 - 11 februari (tre personer).

" 2:a februari, em, lejde snöskoter och förare i Nikka (Nikkaluokta) för transport till Tarfala. Skoterföraren lovade att ta oss upp så högt som möjligt, men på grund av det dåliga snötäcket kunde han inte garantera att ta oss ända upp (Tarfala). Från Keb-bron fortsatte gruppen på skidor upp till Tarfala." Ett snöfall under början av perioden gav bra skoterföre och flera dagar av klar himmel och sol möjliggjorde arbete på flera av glaciärerna. Sydliga vindar och ett ymmigt snoende dygnet innan hemfärdens gav ett metertjockt lössnölager. Skoternedfärdens till Nikka tog på grund av detta sju timmar jämfört mot en och en halvtimme under mer normala förhållanden.

Öppning av stationen för sommarens.

" 26:e april. Konvojen på tre snöskotrar, varav två inhyrda med förare från Nikkaluokta, och sex personer satte sig i rörelse mot Tarfala. Inga problem med skoterföret. Då lasten var tung och skrymmande (bl.a. bensinfat och sex meters stålrör) gick färdens långsamt. Anlände Tarfala på kvällen". " 28:e april. Rampen inklusive parkerad skoter begravid under en och en halv meter av hårdpackade lavinsnömassor. Fritidssysselsättningen säkrad för ett par dagar. Kontroll av ackumulationsstakarna i firnområdet visade att de flesta stakarna blåst omkull. Orsaken var dåliga skarvar". " 30:e april. Stationens vattenledningssystem i tjänst för första gången detta år. Valborgsmässobastandet räddat". " 2:a maj. Sista skoterturen till Nikka för säsongen. Nio stålrör för sommarens isrörelsemätningar klara för första inmätningen på glaciären".

Under mitten av maj anlände mer personal. Vecka 20 inföll den traditionenliga helikopterflygarveckan då arméns helikopterflygbataljon från Boden med ett flertal helikoptrar fyllde på stationens lager och förråd av mat och utrustning. En expedition utrustade sig på stationen och låg denna vecka i beredskap för helikoptertransport till Riuko (Riukojietna, glaciär belägen ca. 5 mil NW om Tarfala). " 18:e maj. Morgen. Tredje dagen i beredskap för helikopterflygningarna. Vindturbulensen för stark, inga helikoptrar än. Lunchtid. Vinden mojnat något och snöfallet lättat. Snöflingorna i skyn ersattes av hovrande helikoptrar, halvfabrikat av pyttipanna och konserverade ärtor anlände i 'en masse' ". " 19:e maj. expeditionen till Riuko på väg".

Vecka 21 utfördes ackumulationsmätningarna på Storglaciären, Rabot och Tarfalaglaciären. Vårens tyngsta arbete var avklarat och en stor del av personalen lämnade stationen.

" 29:e maj. Under de senaste dagarna har varmluftsmassor klätt in dalen i tät dimma. Smältningen har ökat dramatiskt och Lillsjön fylldes snabbt med smältvatten. Smältvattnet öppnade jokken nedanför Lillsjön och en slasklavin utlöstes i jokkloppet ungefär i höjd med sydjokk". På kvällen meddelade de personer som samma dag flög ned från stationer att de sett tre ärr av slasklaviner på Tarfaladalens sluttningar, med omfattande lavintungor som gått i långa stråk ned i dalen.

" 3:e juni. Skoterkörning i den ruttna snön hopplös. Ställde in skotrarna på sommarförvaring".

Under juni växte två nya byggnader upp i Tarfaladalen. Det restes en rast/förrådsstuga på Storglaciärens norra morän och en efterlängtad tvättstuga byggdes upp genom Kungl. Byggnads-styrelsens försorg. Stugan byggdes som ersättning för den, hösten 1985 av vinden effektivt disintegrerade gamla tvättstugan.

" Byggnadsarbetet av den nya tvättstugan utfördes av professionella snickare från Erik Lindfors byggnadsfirma i Jokkmokk".

" Rast/förrådsstugans placering valdes med hänsyn till centralt läge och minimala lavinrisker. Uppförandet gynnades av bra väder och entusiastisk personal. Av någon outgrundlig anledning ansattes flera av deltagarna i bygget av en värk i högerarmen".

Stationen befolkades alltmera och de olika projektten i dalen och på Storglaciären satte fart. Det stora isdynamik och glaciohydrologiska projektet på Storglaciären rullade igång efter midsommarhelgen. Årets undersökningar, utförd av amerikanska och svenska forskare, bestod av: isrörelsestudier på ablationsområdets övre del, spänningstudier av isytan, isdeformationsstudier, vattenföringsmätningar i glaciärbrunnar (med sk."brunnspåsar"), spårämnesförsök i borrhål och den sedvanliga kontrollen av glaciärens smältvattenjokkar. En liten kontigent engelsmän utförde märkliga experiment med radiosändare i glaciären för att söka kartera englaciala vattenkanaler.

Juli månad var ovanligt varm, den annars så klara fjällufoten fylldes av vattenånga och de vackra vyerna doldes i ett draperi av dis. I mitten av juli anlände de sju deltagarna till årets studentkurs i glaciologi. Kursen har nu arrangerats i snart 30 år i Tarfala. Studenterna var entusiastiska, men...vädret var som vanligt uselt under kursens fältmoment. " 23:e juli. Tarfalastationens stolthet, Cricketlaget, mönstrades och tågade under vajande fanor och klingande spel ned mot Keb (Kebnekaise fjällstation) för den traditionella cricketmatchen om Den heliga askan mot Kebpersonalen. Keb vann. För tredje året i rad".

" 24:e juli. Efter två dagar av misslyckade försök att flyga upp till Kaskasatjåkka släppte äntligen molnbanken över toppen. Radiolänksstationen med tillhörande torn och personal flögs upp och stationen monterades. Tarfala radiocentral invigdes på

kvällen". " 25:e juli. "Radioapparaten" från Luleå på besök. Helikopterburna radioreportrar intervjuade de arbetslag som ej lyckades dölja sig i de täta dimbankarna".

Tredje veckan i juli kröp lufttemperaturen ned till normalare värden och under de nästföljande veckorna trappades flera av forskningsprojektena ned för säsongen, flera av forskarna reste söderut och stationens personal byttes ut mot nya utvilaade krafter. Att radiolänkstationen med dess nätverk av radiostationer spridda i Kebnekaiseområdets turiststugor och kommunikationscentran fyllde sitt syfte visades under augustis första vecka. Två fjällräddningsuppdrag förenklades och effektiseras med hjälp av radioförbindelsen samt att förbindelse upprättades mellan en expedition på Riuko och Tarfalastationen, vilket i hög grad underlättade expeditionens arbete.

I mitten av augusti föll den första snön, vilken dock snart smälte bort. Nya stakar borrade ned på Storglaciären då årets kraftiga ablation tagit sin tribut av isen. Gamla, ursmälta stakar och annat skrot på glaciären samlades ihop och transporterades ned till stationen. En finsk forskningsgrupp gästade stationen under en vecka och Tärendöskolan från Tornedalen kom på sitt årliga besök.

September är sista månaden under det glaciologiska året. De hydrologiska studierna av Tarfalajokk avslutades. Förutom de ablations och frontstudier som endagsexpeditioner från Tarfala utförde på de närbelägna glaciärerna, undersökte en grupp på tre personer (inkl. en pressgångad turist) lägesförändringar av fronterna på ett flertal glaciärer spridda över hela Kebnekaisemassivet. Sommarens ablation mättes och glaciärernas system av ackumulations/ ablationsstakar sågs över och förbättrades inför vinterns annalkande snöstormar. All materiel som används under sommarens forskning plockades ihop, forslades ned till stationen och stuvarades in. Den 16:e september låstes dörrarna och de sista av stationens personal begav sig nedåt för att samla sina krafter inför nästa säsong.

## METEOROLOGISKA OBSERVATIONER I TARFALA 1987-1988

Vivan Bergman  
Wibjörn Karlén

I årets rapport presenteras i huvudsak uppgifter om kalenderåret 1987 samt massbalansåret 1987-1988. För information om hela perioden sedan observationerna började 1947 hänvisas till årsrapporten 1987 (Bergman 1988). För information om nederbörd under tidigare år hänvisas till en separat sammanställning (Bergman 1988).

### JÄMFÖRELSE MELLAN SIEMENSSKRIVARE OCH DATALOGGER

Dataloggern har under det gångna året fått information om temperatur, vind och instrålning. Relativa fuktigheten har givit värden som genomgående är orimliga. Vindvärdena har delvis också varit orimliga. Vid kontakt med CDS meddelades att vi erhållit felaktigt program, varför vindhastigheter registrerade av dataloggern under sommaren inte kan användas. För att ytterligare ge oss bekymmer fungerade inte heller Siemensskrivarens vindregistrering under denna tid.

Temperaturen registrerad av Siemensskrivaren och den registrerad via dataloggern avviker något och ibland avsevärt. En analys av korrektionerna antyder bl a att följande fel bidrar till avvikelsen:

1. Korrektionen för den av Siemensskrivaren registrerade temperaturen är beroende av lufttemperaturen. Korrektionen ökar med stigande temperatur. Dessutom tycks skalstrecken på de olika pappersrullarna ligga något förskjutna i sidled. Korrektionens storlek förändras märkbart vid byte av papper. För dessa fel korrigeras, varför det inte ger upphov till ett verkligt fel.
2. Ibland tycks solen ha fått lysa på Hg-termometern innan den avlästs (temperaturkurvan stiger kortvarigt i samband med observationen).
3. Siemenskurvan är tidvis mycket "bred". När detta sammanfaller med att skrivaren slutat växla färg för de olika kanalerna är det omöjligt att avläsa kurvan rätt. Desutom har skrivarna av okänd anledning under del av sommaren ritat två parallella prickrader där en sammanhängande linje kunde ha förväntats.
4. Ofta tycks Hg-termometern ha avlästs fel. Alternativt har fel värde förts in på skrivarens papper (korrektionen är relativt stabil under en tid utom vid en enskild avläsning av Hg-termometern).

## TEMPERATURE

Tabell 1. Temperaturdata för Tarfalastationen massbalansåret 1987-1988.

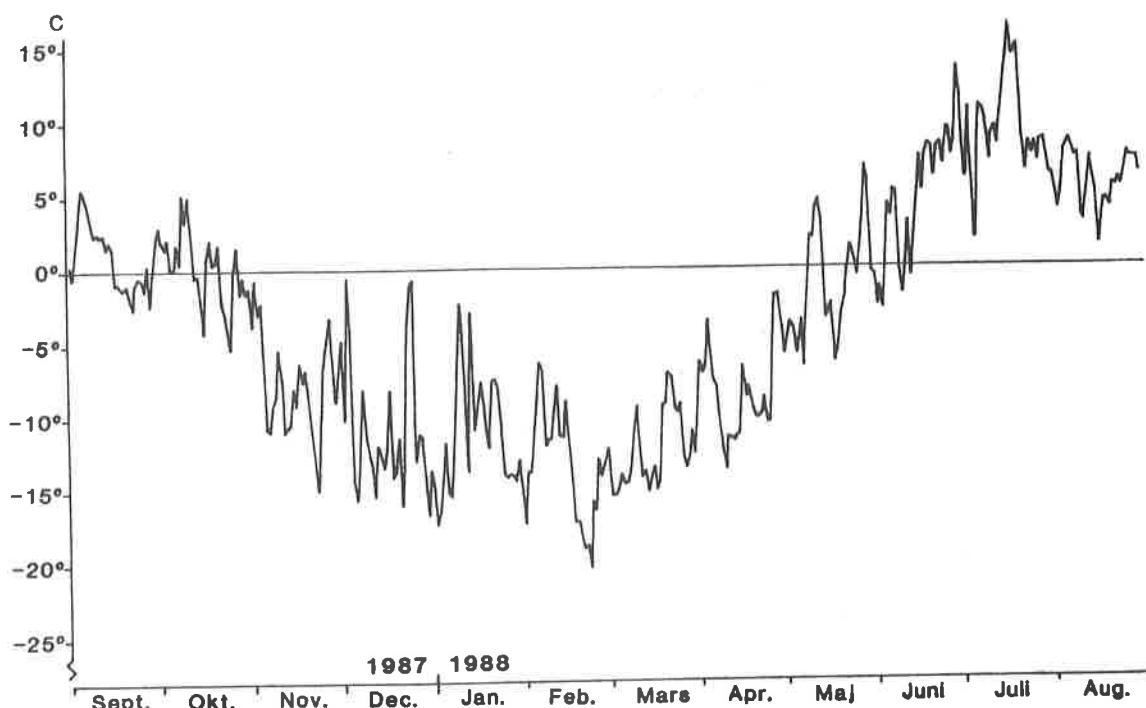
Månad	Medel-temp [°C]	Medelmax [°C]	Medelman [°C]	Maximi-Temp [°C]	Minimi-temp [°C]
Sept 1987	0,8	2,8	-1,4	8,6	-6,5
Okt	0,3	2,0	-1,7	5,1	-7,8
Nov	-7,7	-5,0	-10,1	2,7	-14,6
Dec	-10,7	-7,6	-13,4	2,0	-18,8
Jan 1988	-11,4	-8,5	-15,0	1,4	-20,0
Feb	-13,2	-10,6	-16,0	-5,5	-22,0
Mars	-12,4	-9,6	-15,0	-1,4	-18,2
April	-8,4	-5,6	-11,3	0,0	-17,6
Maj	-0,9	-	-	10,4	-10,1
Juni	4,8	7,9	1,6	18,5	-6,8
Juli	9,2	11,7	6,6	19,3	0,2
Aug	5,7	7,4	4,0	11,8	0,7
Medelvärde	-3,7	-1,4	-6,5	6,1	-11,0

	Sommarmedeltemperatur juni-aug [°C]	Vintermedeltemperatur sept-maj [°C]
1988	6,6	-7,1
1965-1988	5,6	-7,2

	Medeltemperatur [°C]
kalenderåret 1987	-5,0
kalenderåren 1965-1984	-4,0

### Antalet positiva graddagar

Sommaren 1988 visade fram till den 10:e september 704,4 graddagar, medelvärde för den senaste 23 år är 613,2 graddagar.



Figur 1. Temperaturen i Tarfala massbalansåret 1987-1988.

Tabell 2. Temperaturtrend 1965-1987, för olika väder stationer i Lappland.

	År		Sommaren		Vintern	
	Medel	Trend	Medel	Trend	Medel	Trend
	[°C]		[°C]		[°C]	
Tarfala	-4,1	+0,007	5,5	-0,026	-7,2	+0,019
Kvikkjokk	-1,4	-0,008	11,5	-0,013	-5,7	-0,006
Karesuando	-2,5	+0,009	11,2	-0,036	-7,0	+0,051
Kiruna	-2,0	+0,024	10,5	-0,033	-6,1	+0,042
Katterjåkk	-1,7	-0,006	8,8	-0,012	-5,2	-0,003
Jokkmokk	-0,9	-0,046	12,8	-0,062	-5,5	-0,041

## NEDERBÖRD VID TARFALASTATIONEN

Nederbörden har observerats vid Tarfalastationen från den 1:a maj till den 16:e september (tabell 3). Registrerande instrument, pluviografer, registrerade dessutom nederbörden vid stationen (äldre modell samt ny modell kopplad till dataloggern) och på glaciären under delar av sommaren. Nederbörden har dessutom observerats ungefär en gång per vecka vid några lokaler i dalen och på Storglaciären. Observationerna har sammanstälts i tabell 4.

Tabell 3. Nederbörd vid Tarfalastationen under sommaren 1988.

	Nederbörsds- mätare Typ SMHI	Pluvio- graf (Siemens)	Nederbörd 1965-1988
	[ mm ]	[ mm ]	[ mm ]
Maj	6,4		
Juni	36,6	2,5	
Juli	121,8	129,5	387,3*
Aug	125,6	51,5	
Sept, 1-15:e	25,1	8,0	
Sept, 15-16:e Rännan	54,0		
Juni, juli och augusti	284,0	183,5	

\* totalt över juni, juli och augustus

Påtagligt mycket regn föll under den 15:e september. Stationens regnmätare var då intagen, men den vid Rännan, som togs in först den 16:e september, visade hela 54 mm.

## NEDERBÖRD I TARFALADALEN

Nederbörden har uppmätts ungefär en gång per vecka vid några lokaler i dalgången och på glaciären, se tabell 4.

Tabell 4. Nederbörtsmätarna i mm, 1988.

date	Tar- fala	Rän- nan	Lill- sjön	Is- fall	Syd- jåkk	5N1	12	21	29	31N6	Hyl- lan
3/6	11,4		11,6	10,7	5,4	7,7	9,2	9,2	13,0	4,6	4,7
10/6	2,6										
18/6	1,6	2,0	1,2		3,9	28,5	8,4	12,3	20,0	22,6	15,7
25/6	17,2	43,7			13,6	15,8	15,6	16,9	13,4	15,1	15,3
29/6								0,9	0,6		
4/7	27,1	24,5	15,7	16,9	28,0	31,1	28,6	29,2	32,7	32,0	30,6
11/7	9,4	11,2	8,1	10,2	9,3	9,2	18,5	15,7	17,7	17,4	20,2
18/7	31,5	22,9	21,5	32,5	25,5	31,0	24,0	29,0	28,7	42,9	37,8
25/7	11,0	4,1	9,3	13,5	4,2	8,2	3,0	2,4	7,9		
2/8	58,3	69,6						109,4	111,4		
4/8	0,4	0,6	3,1	73,8	67,0	74,8	81,7				
8/8	22,2	17,9	21,9	21,6	19,6		19,8	24,0	19,3		141,0
14/8	21,1	19,1	22,3	20,7	15,6	17,5	27,4	19,8	31,0	25,5	31,5
19/8	28,2		29,1		4,0	30,6	34,3	27,7	33,3	32,5	32,7
20/8		31,4		30,9							
26/8	35,3	33,5	36,6	33,5	32,8	40,4	42,4		43,3	44,5	
6/9	26,1	28,6				29,2	28,2	66,7	30,0	33,1	29,6
7/9	12,7	64,6	34,0	39,4	28,2						

## VIND

Även i år fungerade Siemensskrivaren mindre tillfredsställande. Vi saknar därför värden för vissa perioder (tabell 5).

I september 1988 meddelade CDS att den kalibrering de givit för datalgoggerns vindgivare var felaktig vid vindhastigheter under 2 [m/s]. I datautskrifterna förekommer nu extremt höga vindhastigheter där den egentligen var låg. Korrekt programmering utfördes den 15:e september 1988 (Michael Östling). Siemensskrivaren fungerade ej heller under sommaren. Den apparat som omvandlar pulser till ett för skrivaren användbart värde tycks ha skadats av åsknedslag. Efter reparation monteras denna apparat åter i slutet av november 1988.

**Tabell 5. Medelvindhastighet (Siemensskrivare)**

	1987	1988	1965-1988	Antal år med registrering
Jan	-	4,8	3,5	14
Feb	-	3,5	3,9	10
Mars	-	2,4	3,9	10
April	-	8,4	3,2	15
Maj	5,5	5,5*	2,4	15
Juni	3,8	5,7	3,0	17
Juli	-	-	2,7	16
Aug	5,0	-	2,8	20
Sept	3,5	-	2,7	16
Okt	8,0	-	3,7	13
Nov	7,1	-	3,3	10
Dec	9,0	-	3,7	9
<b>Medelvärde</b>			<b>2,9</b>	

\* medel av 24 dygn; månadsmedel är grundat på observationer från minst 25 dygn.

Vindvägen registreras av vindmätare med räkneverk. Observationer har utförts morgon och kväll, varför medelvärdet för 12-timmarsperioden kan beräknas (tabell 6).

**Tabell 6. Vindhastighet beräknad från registrering av vindvägen vid buren intill Tarfalastationen.**

	Medelvind [m/s]	Maximal hastighet vid observations- tillfället [m/s]	Antal observa- tionstillfällen där ingen vind registrerats
Maj	2,6	11,7	4
Juni	3,1	21,4	7
Juli	2,1	6,0	6
Augusti	1,7	7,1	8
September (15 dagar)	2,4	12,0	

### SOMMARVÄDERINDEX (SI)

Ett sommarväderindex har beräknats enligt samma princip som Bertil Eriksson använde för Stockholm (SMHI rapport 1984:22).

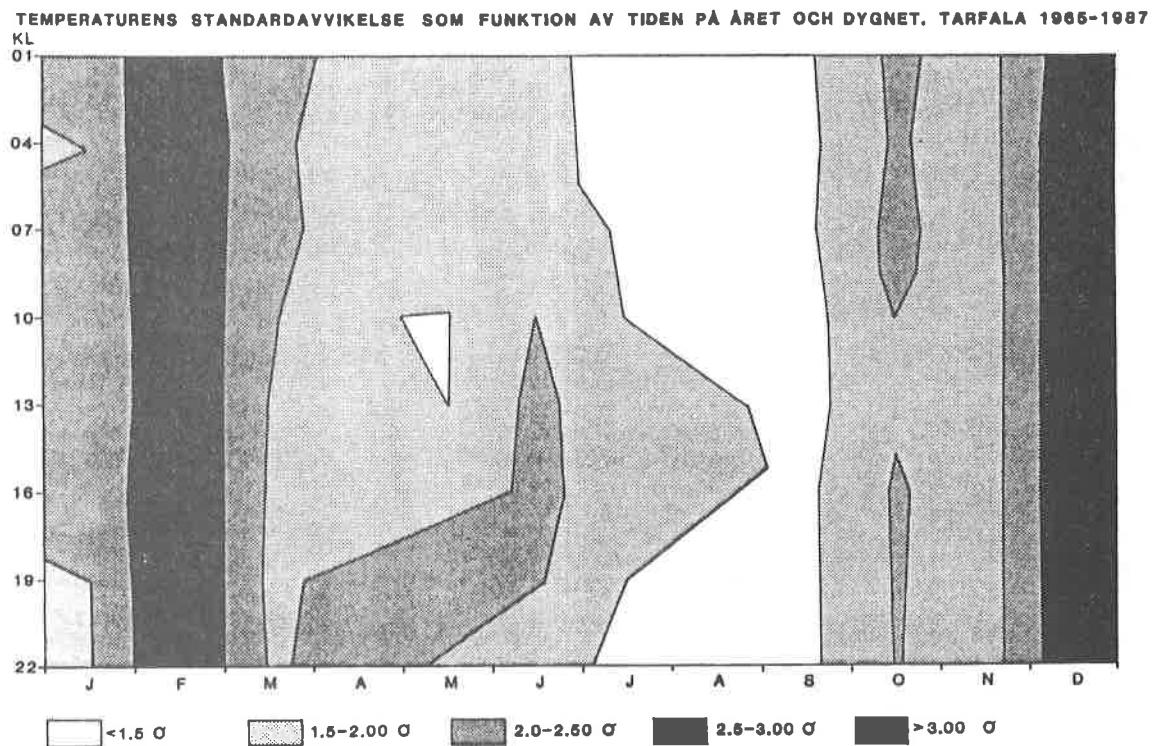
Sommarväderindex (SI) med solskenstid har kunnat beräknas för Tarfala 1970 samt 1972-1982. SI-index för dessa 12 år låg mellan 30 och -23. SI-index har jämförts med sommarbalansen (BnS). Korrelationskoefficienten blev -0,906.

Sommarväderindex har också beräknats för tiden då instrålningsdata saknas. För åren 1965-1987 varierade SI (utan solskenstid) mellan -5 och -52. En jämförelse med sommarbalansen visar korrelationskoefficienten är för 23 årperioden 0,734. För samma år som Si med solskenstid beräknades är korrelationskoefficienten 0,874.

En motsvarande beräkning av sambandet mellan graddagar och sommarbalans ger en korrelationskoefficient på 0,914.

### TEMPERATURENS STANDARDAVVIKELSE SOM FUNKTION AV TIDEN PÅ ÅRET OCH TIDEN PÅ DYGNET, 1965-1987

Av figur 2 framgår att de största variationerna i temperatur förekommer i februari och de minsta i augusti och september. Variationerna är något större under natten än under dagen.



Figur 2. Temperaturens standardavvikelse som funktion av tiden på året och dygnet vid Tarfalastationen 1965-1987.

### SNÖDJUPET VID TARFALASTATIONEN

Hösten 1987 sattes tio rör ut med tio meters mellanrum i en profil från termometerburen i riktning mot Kaskasatjåkkå. Målet är att dessa rör skall stå kvar år från år och medge en uppskattning av snödjupet i förhållande till andra år.

Tabell 7. Snödjup och snöavsmältningsmätning vid Tarfalastationen 1988.

Datum	Medelsnödjup
[ cm ]	
28 April	137
3 Maj	153
14	127
20	140
25	128
30	97
5 Juni	91
10	68
15	48
20	25

**REFERENSER**

- Bergman, V., 1988: *Sommarnederbörd vid Tarfalastationen och dess omgivningar 1965-1984*. University of Stockholm, Department of Physical Geography, S-10691 Stockholm, Sweden: pp 39.
- Bergman, V., 1988: Meteorological observations in Tarfala 1986-1987. In G. Rosqvist (ed.): *Annual Report 1987 Tarfala Research Station*, University of Stockholm, Department of Physical Geography, S-10691 Stockholm, Sweden: 5-15.

## THE MASS BALANCE OF STORGLACIÄREN, 1987-1988

Arjen Stroeven

### ABSTRACT

The 1987/1988 balance year resulted in a strongly negative mass balance. The calculated winter balance amounted to 1.42 metres water equivalent (m WE), the summer balance to -2.26 m WE and this resulted in a net balance of -0.84 m WE. The glacier surface area measured 3.06 km<sup>2</sup>.

Since 1945 mass balance studies have continuously been carried out on Storglaciären, Swedish Lapland. Much of the mass balance measurements and calculations have thus become standard practice. Therefore one is referred to Grudd & Jansson's (1986) and Jansson's (1986, 1988) work on the mass balance of Storglaciären for more detailed information.

### WINTER BALANCE

The winter balance survey, or net accumulation survey, was carried out on May 13th (on the glacier tongue) and on May 23rd (in the accumulation area). The accumulation measurements were conducted following a predetermined grid, consisting of 290 points, 100 metres apart. From these, 250 measurements were used for the actual calculations, see Appendix A. Pit studies at six sites, equally distributed over the glacier surface, and a number of additional core studies (Isaksson, this volume) yielded snow densities on the days of the corresponding surveys. This forms the basis for the conversion from metre snow accumulation to metre water equivalents (m WE). From the pattern of snow accumulation (in m WE) an accumulation map was constructed, see figure 3. To calculate average accumulation over the glacier surface, mean accumulation per height interval (20 m) was calculated and summed (e.g. Jansson 1988). Areal measurements were achieved by digitizing the accumulation pattern per height interval. Final calculations were done manually. The result of the winter balance can be seen in table 8.

The 1987/1988 winter balance measured  $4.36 * 10^6$  m<sup>3</sup> WE, or a specific value of 1.42 m WE over the entire glacier surface.

### SUMMER BALANCE

The summer balance measurements cover a period from May 24th to September 14th. During this period 16 surveys were performed in the ablation area (40 stakes) and 17 surveys in the accumulation area (18 stakes). Throughout the summer, pit studies have been revealing the snow densities of the snow pack. The summer balance, or net ablation calculations are based on the data set over 58 stakes equally distributed over the glacier surface, see figure 4. The stake net is less dense in the accumulation area. This results in a stronger generalization than for the ablation area, when converting point

measurements to an areal pattern. In the previous years an ablation gradient was applied to the accumulation area, based on a selected group of stakes covering the whole glacier. In this study, single measurements in the accumulation area are considered to be representative of the height interval in which they are situated. From these 58 values a net ablation map was constructed, see figure 5. Calculation of the average net ablation over the glacier surface involved the same method as described for the accumulation area. Again areas were calculated by digitizing the ablation pattern per height interval.

The 1988 summer balance measured  $-6.93 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ WE}$ , or a specific value of -2.26 m WE over the entire glacier surface.

### NET BALANCE

Net balance results are presented in table 8. It characteristically shows a highest negative net balance well up on the glacier tongue (-2.45 m WE at 1260-1280 m a.s.l.). The net balance then becomes progressively less negative and approximately zero at 1560 m a.s.l., the equilibrium line by definition, and increases to +0.98 m WE at 1700-1720 m a.s.l., see also figures 6 and 7. This adds another year to the continues mass balance registrations on Storglaciären, see figure 8.

The 1987/1988 net balance measured  $-2.57 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ WE}$ , or a specific value of -0.84 m WE over the entire glacier surface.

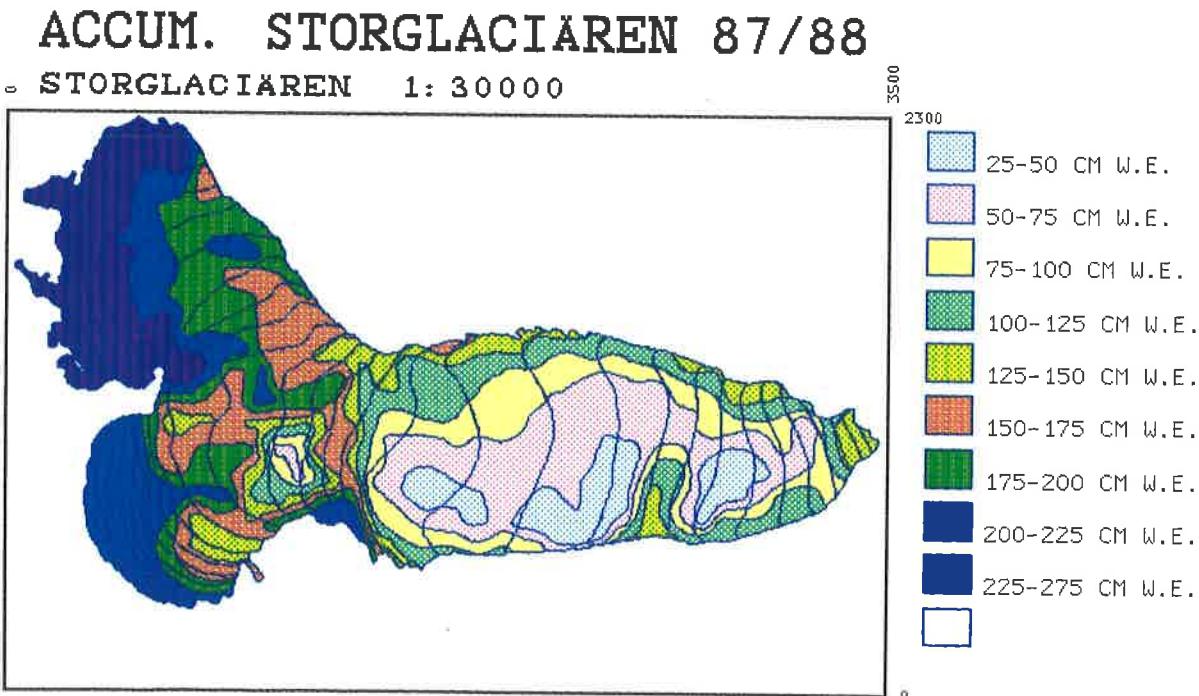
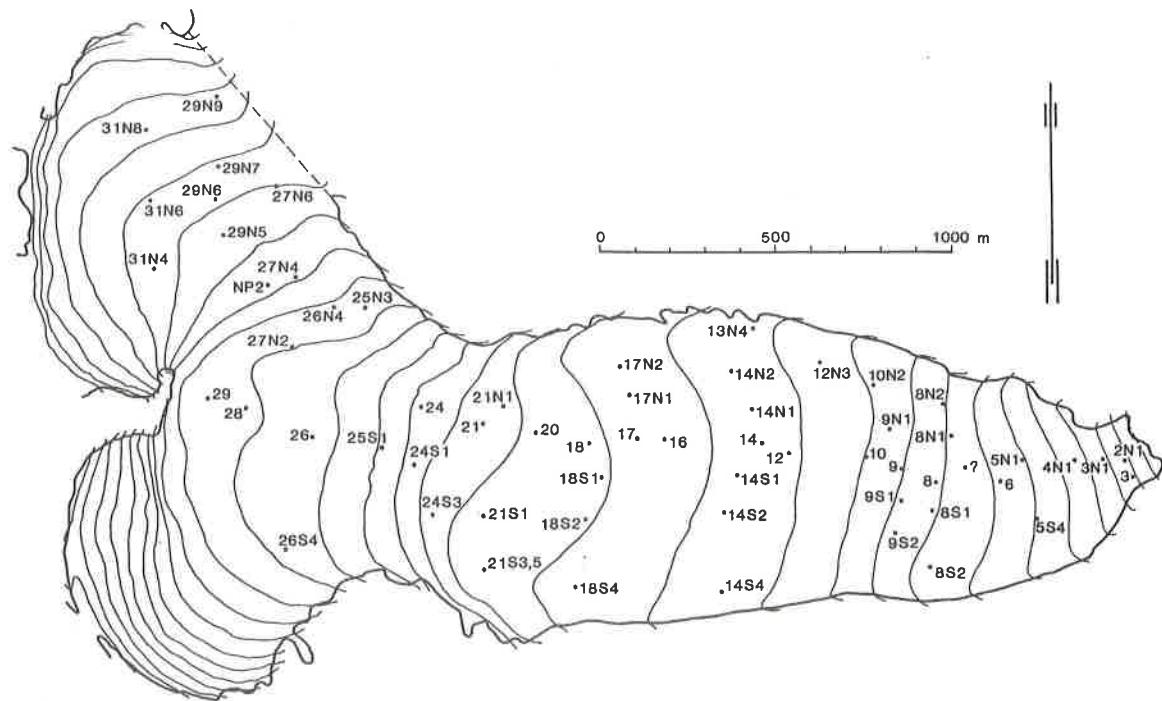
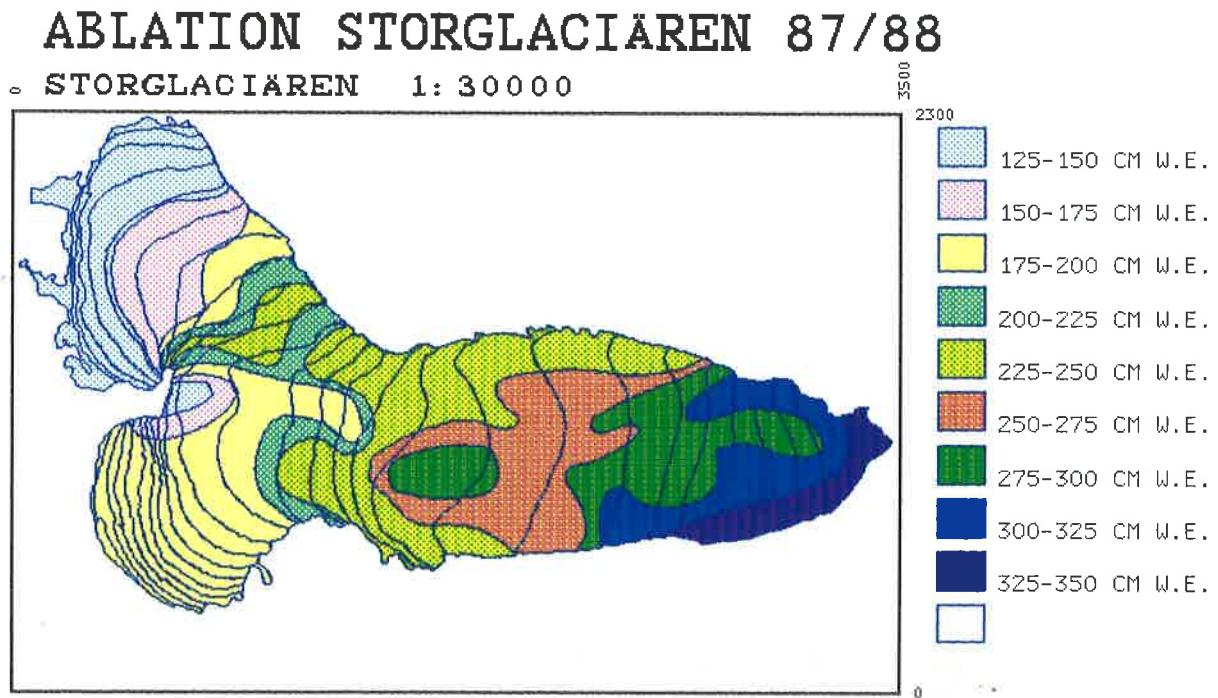


Figure 3. Accumulation on Storglaciären, balance year 1988.



**Figure 4.** Stake net over Storglaciären as used for the 1988 ablation measurements.



**Figure 5.** Ablation pattern over Storglaciären, summer 1988.

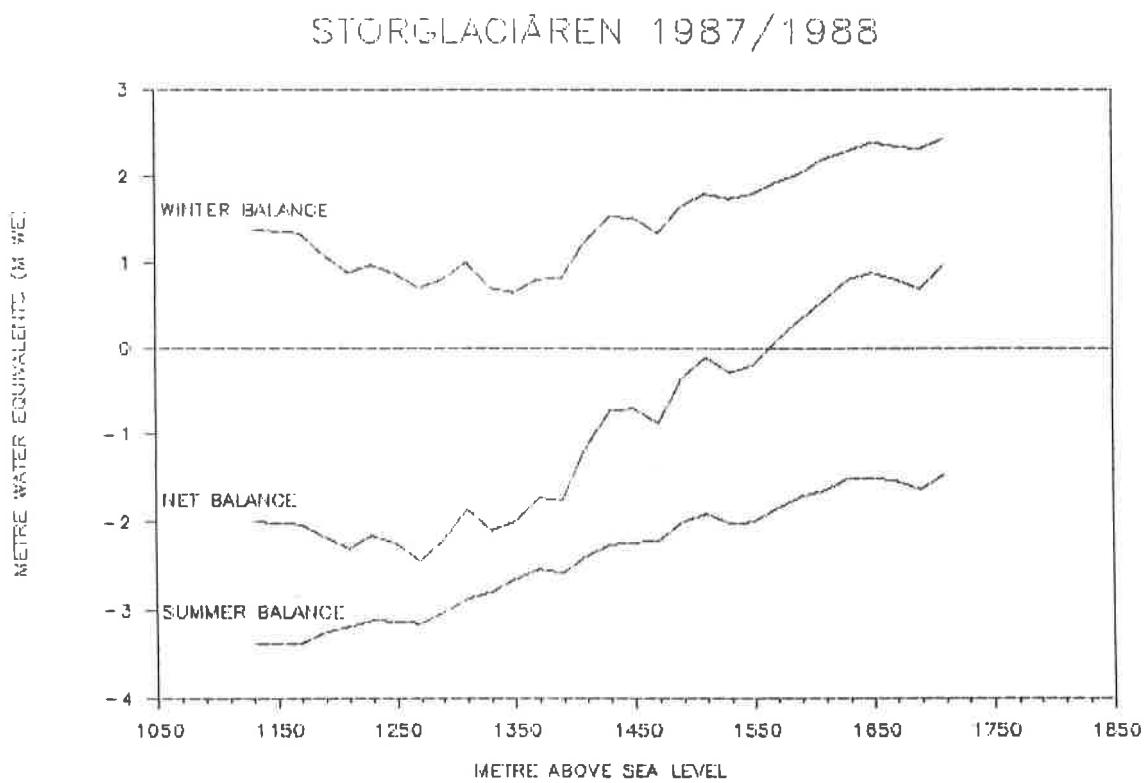


Figure 6. Distribution of specific winter, summer and net balances with altitude.

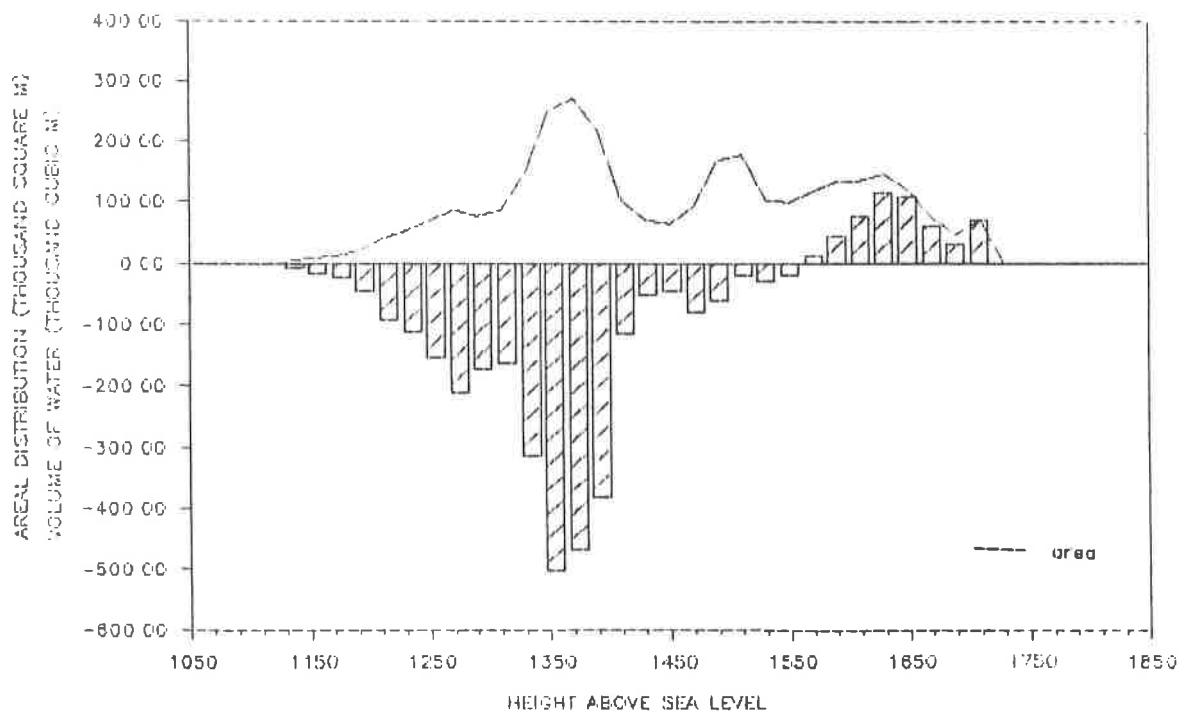
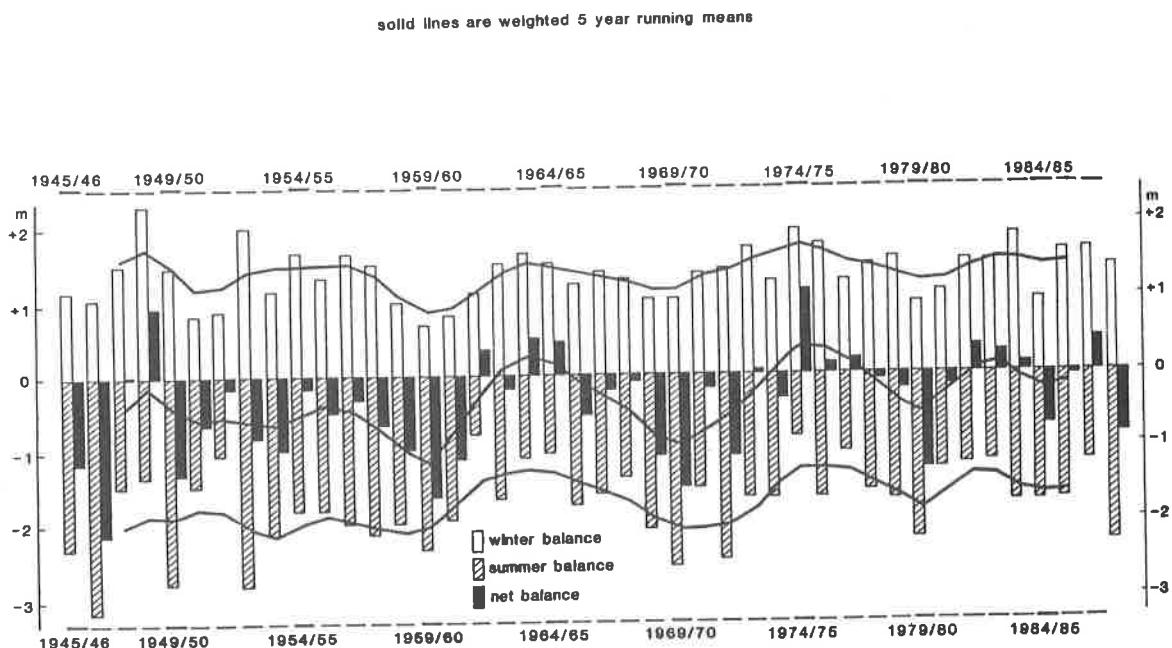


Figure 7. The areal net balance and areal distribution as a function of altitude.



**Figure 8. Compilation of all measured specific winter, summer and net balances, and their long-term trends.**

## REFERENCES.

- Grudd, H., & Jansson, P., 1986: *The 1984/85 mass balance of Storglaciären, Kebnekaise, Swedish Lapland*. University of Stockholm, Department of Physical Geography, S-10691 Stockholm, Sweden: pp 13.
- Isaksson, E., 1989: Snow density measurements in pits and cores. In A.P. Stroeven (ed.): *Annual Report 1988 Tarfala Research Station*, University of Stockholm, Department of Physical Geography, S-10691 Stockholm, Sweden: 51-55.
- Jansson, P., 1986: Storglaciären 1985/86. In P. Jansson (ed.): *Årsrapport från Tarfala Forskningsstation*, University of Stockholm, Department of Physical Geography, S-10691 Stockholm, Sweden: 7-13.
- Jansson, P., 1988: Storglaciären 1986/1987. In G. Rosqvist (ed.): *Annual Report Tarfala Research Station*, University of Stockholm, Department of Physical Geography, S-10691 Stockholm, Sweden: 25-29.

**Table 8: Mass balance results from the balance year 1988, Storglaciären.**

Altitude m a.s.l.	Area $10^3\text{m}^2$	Winter- balance		Summer- balance		Net balance	
		$10^3\text{m}^3$	m WE	$10^3\text{m}^3$	m WE	$10^3\text{m}^3$	m WE
1120-1140	3.1	4.3	1.39	-10.5	-3.39	-6.2	-2.00
1140-1160	8.8	12.0	1.36	-29.7	-3.38	-17.7	-2.01
1160-1180	11.2	15.0	1.34	-37.8	-3.38	-22.8	-2.04
1180-1200	20.7	22.3	1.08	-67.4	-3.26	-45.1	-2.18
1200-1220	40.3	35.5	0.88	-128.4	-3.19	-92.9	-2.31
1220-1240	52.1	50.4	0.97	-162.7	-3.12	-112.3	-2.16
1240-1260	68.5	59.8	0.87	-214.1	-3.13	-154.3	-2.25
1260-1280	86.1	59.9	0.70	-271.2	-3.15	-211.3	-2.45
1280-1300	77.6	62.7	0.81	-235.3	-3.03	-172.6	-2.22
1300-1320	87.2	88.1	1.01	-250.5	-2.87	-162.4	-1.86
1320-1340	149.0	104.7	0.70	-417.6	-2.80	-312.9	-2.10
1340-1360	251.0	164.0	0.65	-666.4	-2.65	-502.4	-2.00
1360-1380	269.4	219.3	0.81	-685.1	-2.54	-465.8	-1.73
1380-1400	216.7	180.6	0.83	-561.7	-2.59	-381.1	-1.76
1400-1420	101.7	126.3	1.24	-243.1	-2.39	-116.8	-1.15
1420-1440	69.6	106.3	1.53	-157.2	-2.26	-50.9	-0.73
1440-1460	63.5	96.8	1.52	-142.0	-2.24	-45.2	-0.71
1460-1480	92.1	123.1	1.34	-203.5	-2.21	-80.4	-0.87
1480-1500	168.4	277.3	1.65	-337.3	-2.00	-60.0	-0.36
1500-1520	178.1	320.4	1.80	-340.8	-1.91	-20.4	-0.11
1520-1540	102.5	178.1	1.74	-207.7	-2.03	-29.6	-0.29
1540-1560	99.6	179.3	1.80	-199.2	-2.00	-19.9	-0.20
1560-1580	117.4	226.7	1.93	-215.7	-1.84	11.0	0.09
1580-1600	133.4	272.1	2.04	-228.0	-1.71	44.1	0.33
1600-1620	134.5	295.8	2.20	-220.6	-1.64	75.2	0.56
1620-1640	144.9	332.3	2.29	-217.1	-1.50	115.2	0.80
1640-1660	120.2	287.0	2.39	-180.0	-1.50	107.0	0.89
1660-1680	75.1	176.4	2.35	-115.9	-1.54	60.5	0.81
1680-1700	46.9	108.9	2.32	-76.6	-1.63	32.3	0.69
1700-1720	70.7	172.6	2.44	-103.1	-1.46	69.5	0.98
1120-1720	3060.3	4358.0	1.42	-6926.2	-2.26	-2568.1	-0.84

## THE MASS BALANCE OF RABOTS GLACIÄR, 1987-1988

Arjen Stroeven

### ABSTRACT

The mass balance of Rabots glaciär was strongly negative during the 1988 balance year. The winter balance measured 1.08 metres of water equivalents (m WE), the summer balance -2.13 m WE and thus the average net balance over the entire glacier measured -1.05 m WE. This equals 1.25 % of the total mass of Rabots glaciär.

Continuous mass balance records have been obtained on Rabots glaciär since 1981. Keith Brugger originally designed the shape of the stake net and conducted studies on Rabots glaciär over three years including mass balance and ice dynamics (Brugger in prep.). In the years following (1984-1988) several visits to Rabots glaciär have yielded annual mass balance results (Grudd 1986, Stroeven & van de Wal 1987 and Pohjola 1988) and data on ice dynamics (Stroeven & van de Wal 1987, 1988).

### WINTER BALANCE

The winter balance survey was carried out on the 25th of May. The work of several teams resulted in 186 accumulation measurements, snow density studies on two sites (using pits and cores) and in drilling of six new stakes for mass balance measurements.

The accumulation measurements were conducted in a predetermined grid. The grid components are a centre line, starting at fixed point II-63 and orientated east-west, and cross profiles at every 200 m. Measurements were taken 100 m apart. The two snow density studies were conducted in the firn area (1490 m a.s.l.) and on the tongue (1240 m a.s.l.). The snow densities obtained were 0.41 [kg/dm<sup>3</sup>] and 0.43 [kg/dm<sup>3</sup>] respectively. This data was used for the conversion from metre snow accumulation to metre water equivalent (m WE). An accumulation map was constructed, see figure 9. The mean accumulation per height interval (20 m) was calculated and the sum of all height intervals revealed the net accumulated volume of water. For a more detailed description of this procedure see e.g. Jansson (1988).

The accumulated mass, or winter balance, measured  $4.11 * 10^6$  m<sup>3</sup> of water or a specific value of 1.08 m WE over the entire glacier area, see table 9.

### SUMMER BALANCE

Measurements over a number of stakes, equally distributed over the glacier surface, yielded ablation data, during two visits at the 28th of July and the 14th of September. From these, 10 stakes yielded data covering the whole ablation season (25/5 - 14/9 1988). Based on this data an ablation gradient has been calculated in order to calculate the ablation in every height interval on the glacier not covered by measurements. The ablation gradient measured 39 cm/ 100 m with a produce moment correlation coefficient of - 0.74. The equation reads:

$$Y = -0.39 * 10^{-2} X + 7.52$$

This gradient is the highest reported so far (Grudd 1986, Stroeven & van de Wal 1987, 1988 and Pohjola 1988) and may be due to the position of the stakes involved.

The total summer loss measured  $8.13 * 10^6 \text{ m}^3$  of water which corresponds with a net specific loss of 2.13 m WE over the entire glacier, see table 9.

## ACCUM. RABOTS GLACIÄR 87/88

RABOT 1988 1: 30000

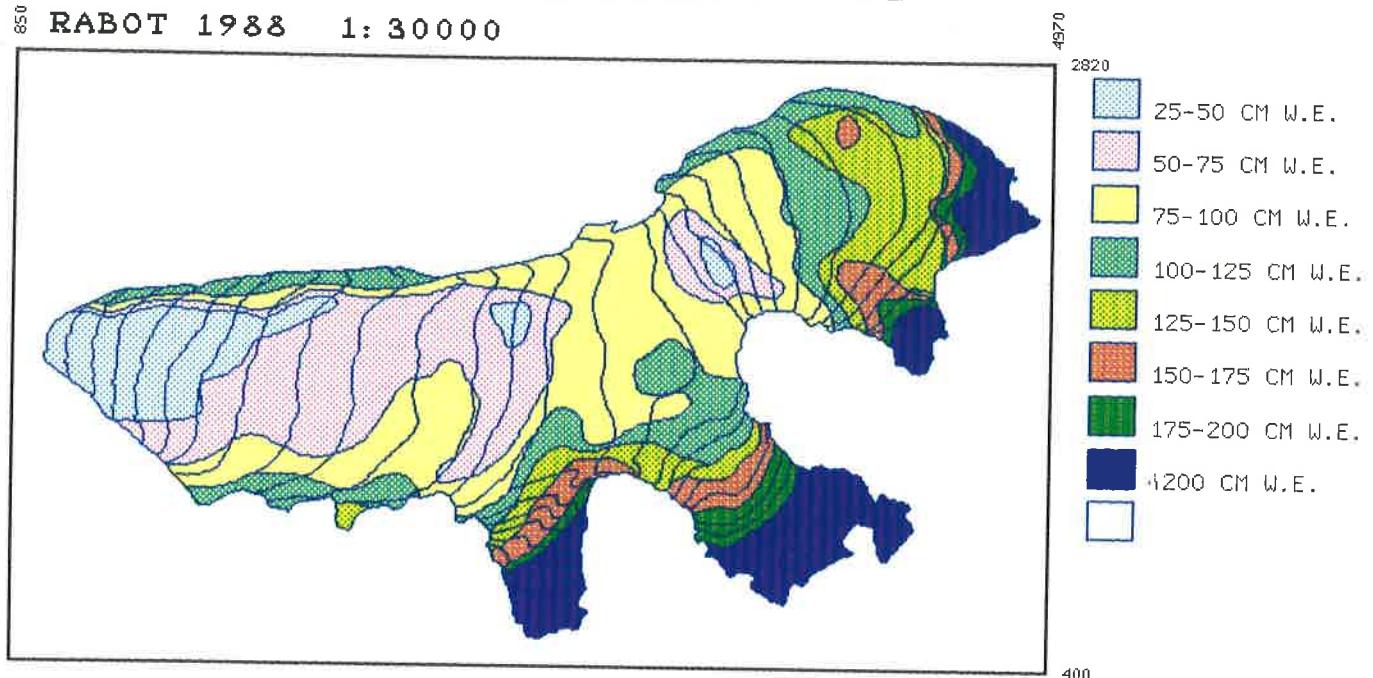


Figure 9. The accumulation pattern over Rabots glaciär, 1988 balance year.

## NET BALANCE

The net balance from Rabots glaciär ranged from -2.89 m WE at the very snout to 2.11 m WE in the highest regions. The equilibrium line was situated at 1540 m a.s.l., see table 9 and figure 10. The average mass loss over the entire glacier area was 1.05 m WE which means  $4.02 * 10^6 \text{ m}^3$  of water or 1.25 % of the volume of Rabots glaciär, assuming an average ice thickness of 84 m (Björnsson 1981). Figure 11 reveals the compiled mass balance data over the past years on Storglaciären and Rabots glaciär graphically. A good correlation between both net balance curves is observed, although the serie of Rabots glaciär is too short to draw any detailed conclusions.

## THE STAKE NET ON RABOTS GLACIÄR

The original stake net has been designed and established by K. Brugger in 1982. During the 1985 field season R. van de Wal and A. Stroeven preserved and modified the stake net on several occasions. This stake net has been used for mass balance studies between 1985 and 1987 without replacements and modifications. On the 25th

Table 9. Mass balance results from the balance year 1988, Rabots glaciär.

Altitude m a.s.l.	Area $10^3 \text{m}^2$	Winter- balance		Summer- balance		Net balance	
		$10^3 \text{m}^3$	m WE	$10^3 \text{m}^3$	m WE	$10^3 \text{m}^3$	m WE
1080-1100	17.8	6.8	0.38	-58.2	-3.27	-51.4	-2.89
1100-1120	36.7	17.5	0.48	-117.1	-3.19	-99.6	-2.71
1120-1140	47.2	24.9	0.53	-146.8	-3.11	-121.9	-2.58
1140-1160	65.3	32.0	0.49	-198.5	-3.04	-166.5	-2.55
1160-1180	89.7	45.3	0.51	-265.5	-2.96	-220.2	-2.45
1180-1200	89.5	46.9	0.52	-257.8	-2.88	-210.9	-2.36
1200-1220	128.4	84.4	0.66	-359.5	-2.80	-275.1	-2.14
1220-1240	169.8	116.4	0.69	-461.9	-2.72	-345.5	-2.03
1240-1260	196.3	147.3	0.75	-520.2	-2.65	-372.9	-1.90
1260-1280	222.5	170.4	0.77	-571.8	-2.57	-401.4	-1.80
1280-1300	213.0	175.9	0.83	-530.4	-2.49	-354.5	-1.66
1300-1320	135.1	97.4	0.72	-325.6	-2.41	-228.2	-1.69
1320-1340	137.9	97.6	0.71	-321.3	-2.33	-223.7	-1.62
1340-1360	235.4	229.9	0.98	-532.0	-2.26	-302.1	-1.28
1360-1380	270.3	278.2	1.03	-589.3	-2.18	-311.1	-1.15
1380-1400	216.1	219.4	1.02	-453.8	-2.10	-234.4	-1.08
1400-1420	103.0	103.9	1.01	-208.1	-2.02	-104.2	-1.01
1420-1440	109.2	118.5	1.09	-211.8	-1.94	-93.3	-0.85
1440-1460	126.3	146.6	1.16	-236.2	-1.87	-89.6	-0.71
1460-1480	147.8	173.4	1.17	-264.6	-1.79	-91.2	-0.62
1480-1500	180.8	230.6	1.28	-309.2	-1.71	-78.6	-0.43
1500-1520	211.4	304.4	1.44	-344.6	-1.63	-40.2	-0.19
1520-1540	161.5	233.6	1.45	-250.3	-1.55	-16.7	-0.10
1540-1560	98.8	165.0	1.67	-146.2	-1.48	18.8	0.19
1560-1580	83.3	151.5	1.82	-116.6	-1.40	34.9	0.42
1580-1600	64.7	128.3	1.98	-85.4	-1.32	42.9	0.66
1600-1650	111.6	235.5	2.11	-131.7	-1.18	103.8	0.93
1650-1700	65.2	138.6	2.13	-64.6	-0.99	74.0	1.14
1700-1750	50.5	107.3	2.12	-39.9	-0.79	67.4	1.33
1750-1800	13.5	28.7	2.13	-8.1	-0.60	20.6	1.53
1800-1850	10.3	21.9	2.13	-4.1	-0.40	17.8	1.73
1850-1900	10.3	21.9	2.13	-2.2	-0.21	19.7	1.92
1900-1950	4.9	10.4	2.12	0.0	-0.01	10.4	2.11
1080-1950	3824.1	4110.4	1.08	-8133.3	-2.13	4022.9	-1.05

of May 1988 P. Holmlund and A. Stroeven drilled six new plastic stakes equally distributed along the centre line. On the 14th of september 1988 A. Stroeven, G. Rosqvist and J.-O. Näslund made a stake inventory survey. Table 10 reveals the results of that survey. It only lists those stakes that survived through the 1988 balance year, with the possible exception of stake 85-10A2. All stakes drilled before 1988 are marked "85-". The second column lists their height over the 1988 summer surface before and after extending. The fifth column lists the elevation of the stakes, column six their lengths (stakes marked \* have their lengths listed from september 1985) and the last column the amount of extensions lying on the glacier surface at each stake. A marked discrepancy is observed at some stakes concerning the lenght of the stake as

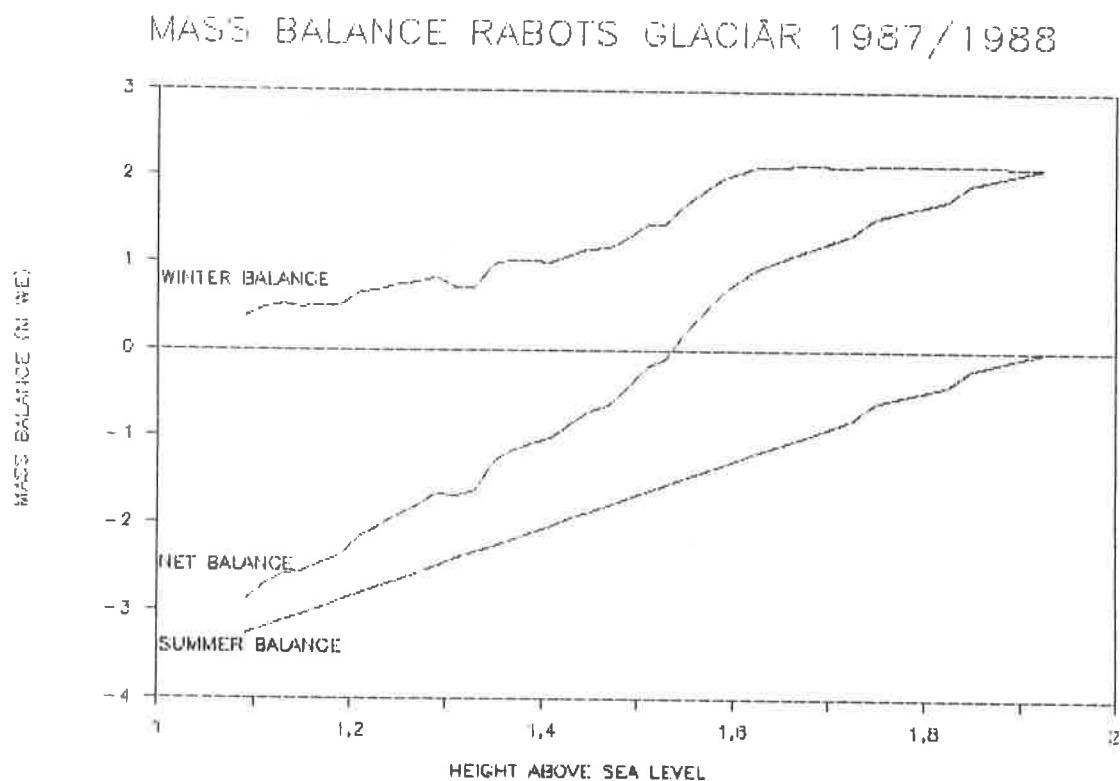


Figure 10. The specific winter, summer and net balances of Rabots glacier as a function of altitude.

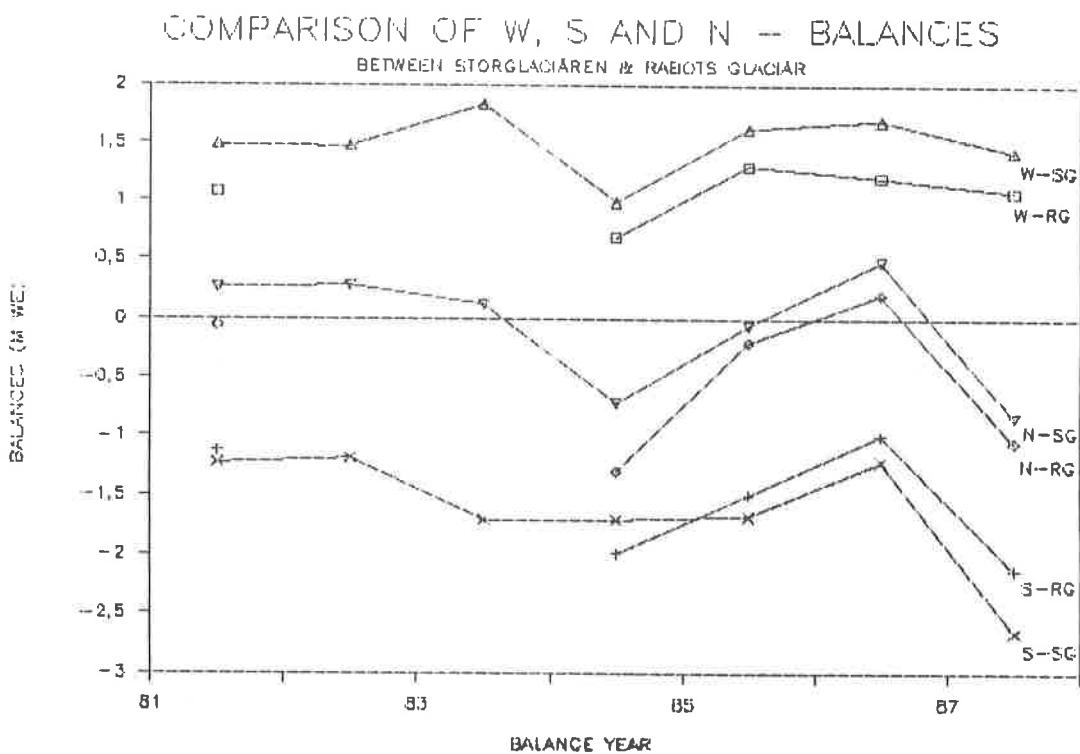


Figure 11. A comparison between the winter (W), summer (S) and net (N) balances of Storglaciären (SG) and Rabots glacier (RG).

calculated in 1985 and the height of the stake above the glacier surface in 1988. Figure 12 reveals the stake positions on the 28th of July 1986 as measured by P. Holmlund and A. Stroeven.

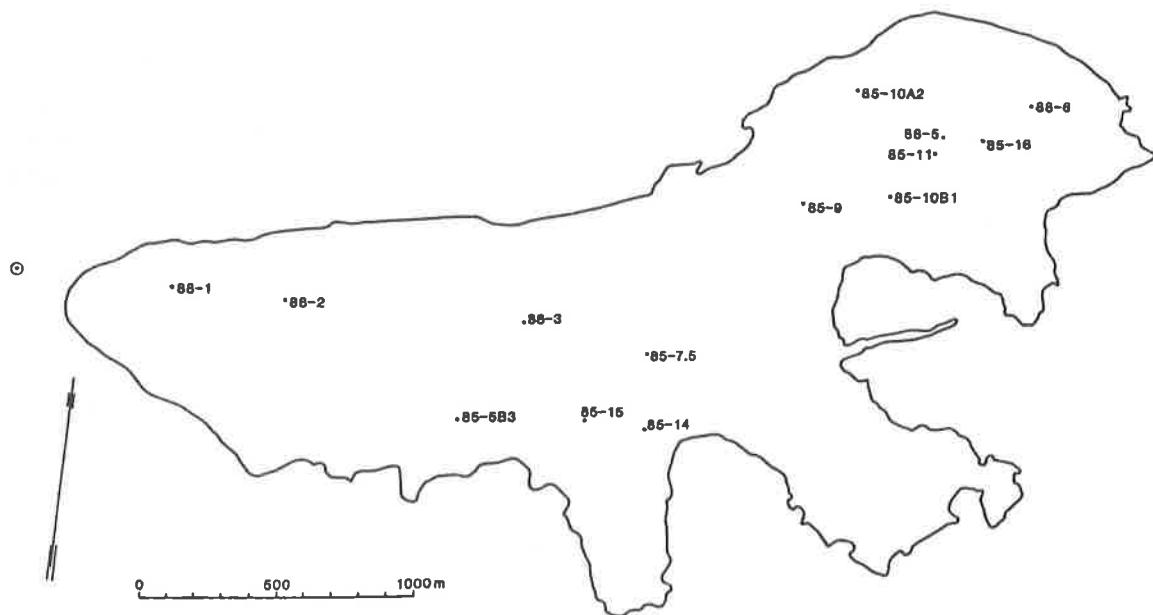


Figure 12. The stake net of Rabots glaciär during the 1988 field season.

Table 10. Results from the stake survey in September 1988 supplemented with data from Stroeven & van de Wal (1987).

stake	14/9	ext.	total	height	length	extensions
	[m]	[m]	[m]	[m a.s.l.]	[m]	
88-6	4.07		4.07	1530	5.00	
85-16	3.54		3.54	1510	?	
88-5	4.30		4.30	1498	5.00	
85-11	2.89		2.89	1495	?	
85-10B1	2.98		2.98	1475	4.00*	4m; 3m; 2x1m
85-10A2	4.87		4.87	1475	3.96*	3x2m; 1m
85-9	4.98	-2.00	2.98	1410	3.99*	2x2m thin; 2m; 1m
85-12	3.23		3.23	?	?	
85-14	2.70	+1.00	3.70	1355	6.00*	1m
85-7.5	4.41	-1.00	3.41	1346	4.00*	
85-15	4.33		4.33	1335	5.00*	
88-3	3.26		3.26	1290	4.00	
85-5B3	4.63	-1.00	3.63	1280	3.99*	13x1m; 2x3m; 3x2m thin
88-2	4.48		4.48	1205	6.00	
88-1	4.77		4.77	1145	6.00	

## REFERENCES

- Björnsson, H., 1981: Radio-echo sounding maps of Storglaciären, Isfallsglaciären and Rabots glaciär, Northern Sweden. *Geogr. Ann.*, 63A (3-4): 225-231.
- Grudd, H., 1986: Massbalansstudier på fyra glaciärer i Kebnekaiseområdet 1985/1986. In P. Jansson (ed.): *Årsrapport från Tarfala Forskningsstation*, University of Stockholm, Department of Physical Geography, S-10691 Stockholm, Sweden: 21-37.
- Jansson, P., 1988: Mass balance studies: Storglaciären 1986/1987. In G. Rosqvist (ed.): *Annual Report 1987 Tarfala Research Station*, University of Stockholm, Department of Physical Geography, S-10691 Stockholm, Sweden: 25-29.
- Pohjola, V.A., 1988: Mass balance studies of Björlings glaciär, Rabots glaciär and Tarfala glaciären. In G. Rosqvist (ed.): *Annual Report 1987 Tarfala Research Station*, University of Stockholm, Department of Physical Geography, S-10691 Stockholm, Sweden: 30-35.
- Stroeve, A.P., & Wal, R.S.W., van de, 1987: *Mass balance and flow of Rabots glaciär; a comparison with Storglaciären* (STOU-NG 64). Stockholm: University of Stockholm, Department of Physical Geography: pp 99.
- Stroeve A.P., & Wal, R.S.W., van de, 1988: Investigation of the ice dynamics of Rabots glaciär during the balance year 1985. In G. Rosqvist (ed.): *Annual Report 1987 Tarfala Research Station*, University of Stockholm, Department of Physical Geography, S-10691 Stockholm, Sweden: 70-76.

## TARFAGLAGLACIÄREN, 1987-1988

Håkan Grudd

### ABSTRACT

The mass balance of Tarfalaglaciären has been investigated during 1987/88. The winter balance was 1.59 m w.eq. and the summer balance was -2.88 m w.eq., giving a negative net balance of -1.29 m w.eq.

Tarfalaglaciärens massbalans har beräknats för tredje året i följd. Metoderna som används är desamma som finns beskrivna i Grudd (1986).

### VINTERBALANS

En snöinventering utfördes den 24:e maj varvid snödjupet bestämmdes i 22 punkter på glaciären. En kompletterande snöinventering utfördes den 28:e maj när ytterligare 26 punkter sonderades. Snöns densitet bestämmdes i ett schakt den 24:e maj. Medeldensiteten vid schaktet var  $0.45 \text{ [kg/dm}^3]$  och detta värde användes för hela glaciären. Vinterbalansen beräknades till  $1.367 * 10^6 \text{ m}^3$ , vilket ger det specifika värdet 1.59 m.

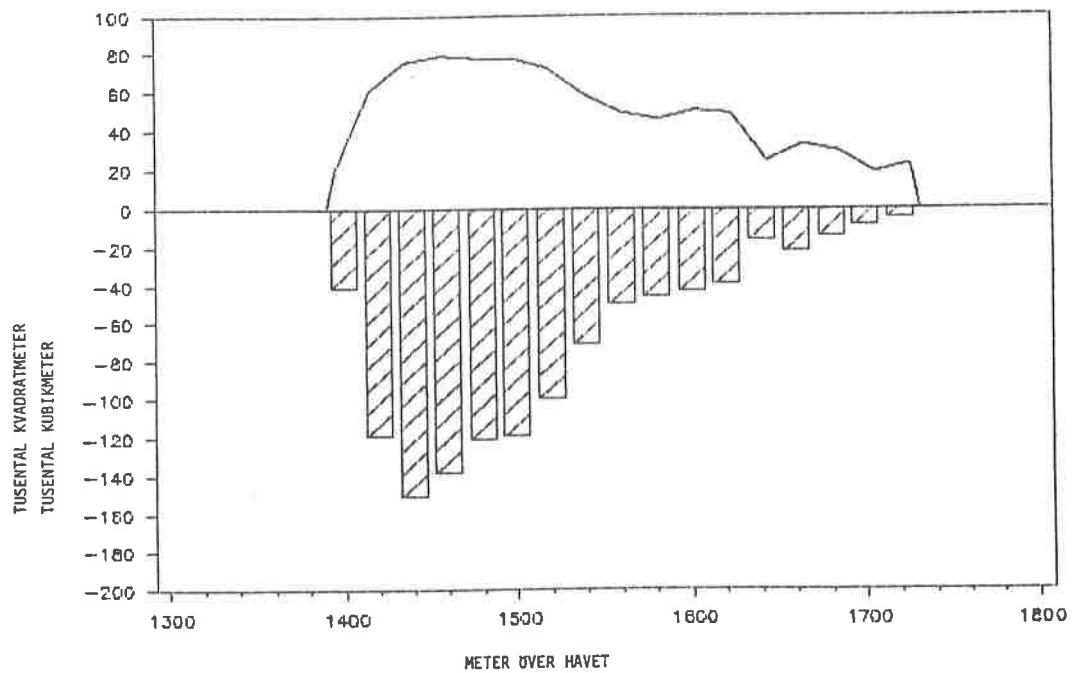
### SOMMARBALANS

Vid snöinventeringen var tre av de fyra existerande stakarna synliga varför ytterligare två stakar borrades ner den 24:e maj. Av dessa totalt sex stakar kunde endast tre användas för att beräkna en ablationsgradient. De tre stakarna ligger mellan 1420 och 1585 meter över havet. Den 9:e september beräknades ablationsgradienten till  $-56 \text{ cm/100m}$  (korrelation -0.99) och ablationen för varje delyta ( $100\text{m} * 100\text{m}$ ) på glaciären beräknades med formeln  $-0.562 * 10^{-2} * H + 1149$  där H är höjden över havet för varje delytas mittpunkt. Sommarbalansen beräknades till  $2.472 * 10^6 \text{ m}^3$ , vilket ger det specifika värdet 2.88 m.

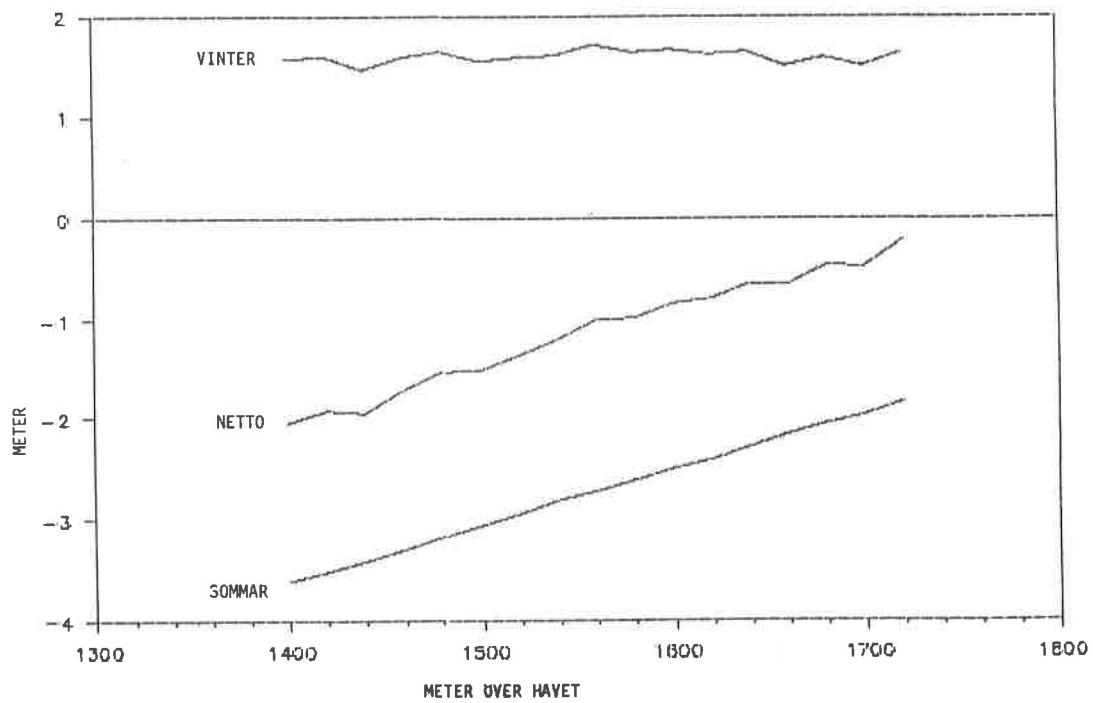
### NETTOBALANS

Den ovanligt varma sommaren och den därmed kraftiga avsmälningen medförde att Tarfalaglaciären överallt fick en negativ nettobalans (se figurerna 13 och 14 och tabell 11). D.v.s. någon jämviktslinje existerar ej. Nettobalansen blev kraftigt negativ med ett specifikt värde på -1.29 m. Detta motsvarar en volym av  $1.104 * 10^6 \text{ m}^3$ .

## TARFALAGLACIÄREN 1987/88



**Figur 13.** Stapeldiagrammet visar nettobalansens volym som en funktion av höjden över havet. Kurvan visar areafordelningen.



**Figur 14.** Specifik vinter-, sommar- och nettobalans som en funktion av höjden över havet.

Tabel 11. Massbalans 1987/88 Tarfalaglaciären.

Höjd- interval m a.s.l.	Area $10^2 \text{m}^2$	Vinterbalans		Sommarbalans		Netbalans	
		Total [ $\text{m}^3$ ]	Spec. [m]	Total [ $\text{m}^3$ ]	Spec. [m]	Total [ $\text{m}^3$ ]	Spec. [m]
1390-1410	200	31370	1.57	72242	3.61	-40873	-2.04
1410-1430	620	98674	1.59	217648	3.51	-118974	-1.92
1430-1450	770	112275	1.46	262825	3.41	-150550	-1.96
1450-1470	805	127418	1.58	265439	3.30	-138022	-1.71
1470-1490	790	129996	1.65	250742	3.17	-120746	-1.53
1490-1510	790	122254	1.55	241604	3.06	-119350	-1.51
1510-1530	735	116618	1.59	216386	2.94	-99768	-1.36
1530-1550	590	94993	1.61	165526	2.81	-70534	-1.20
1550-1570	500	85545	1.71	135830	2.72	-50285	-1.01
1570-1590	465	75893	1.63	121739	2.62	-45847	-0.99
1590-1610	515	85725	1.66	128883	2.50	-43158	-0.84
1610-1630	500	80640	1.61	120366	2.41	-39726	-0.79
1630-1650	250	41040	1.64	57175	2.29	-16135	-0.65
1650-1670	340	51030	1.50	73526	2.16	-22496	-0.66
1670-1690	300	47700	1.59	61817	2.06	-14117	-0.47
1690-1710	190	28373	1.49	37445	1.97	-9072	-0.48
1710-1730	230	37517	1.63	42322	1.84	-4806	-0.21
1390-1730	8590	1367057	1.59	2471515	2.88	-1104458	-1.29

## REFERENSER

Grudd, H., 1986: Massbalansstudier på fyra glaciärer i Kebnekaise massivet 1985/86. In P. Jansson (ed.): *Årsrapport från Tarfala Forskningsstation*, University of Stockholm, Department of Physical Geography, S-10691 Stockholm, Sweden: 21-37

## RIUKOJETNA

Gunhild Rosqvist

### ABSTRACT

Riukojietna, which is classified as an ice cap, is located 35 km northwest of Kebnekaise. The mass balance for 1985/86, 1986/87 and 1987/88 has been investigated. This report presents the result from the mass balance survey of 1987/88.

Riukojietna, som är belägen 35 km nordväst om Kebnekaise, täcker en fjällplatå och har en yta motsvarande  $4.6 \text{ km}^2$ . Massbalansen har undersökts 1985/86, 1986/87 och 1987/88. I detta avsnitt redovisas resultaten från 1987/88 års massbalans studier.

### VINTERBALANS

Glaciärens vinterbalans 1987/88 har kvantifierats med utgångspunkt från en snösondering utförd den 18:e maj. Sonderingen av snödjupet gjordes i profiler med ca. 100 m intervall mellan mätpunkterna. Med hjälp av kompassriktning och karakteristiska morfologiska element kunde snösonderingen göras i samma profiler som under föregående år. Vinterackumulationens densitet undersöktes i ett schakt (1350 m ö.h.). Tidigare års studier av massbalansen har visat att densitetsmätnigar i detta schakt ger ett representativt densitetsvärde för glaciärens vinter ackumulation. Vid beräkningen av vinterbalansen har en densitet på  $0.45 \text{ [kg/dm}^3\text{]}$  använts. En karta ritades på basis av vattenvärdena. Genom att mäta alla arealer med olika vattenvärde inom varje 20 m höjdintervall kunde glaciärens ackumulation bestämmas. Kartan digitaliseras och arealerna beräknades (Figur 15). Arealerna multipliceras med medelvattenvärdet, dvs. medelackumulationen för varje område. En summering gav vinterbalansen i varje 20 m höjdintervall. Summan av dessa värden är glaciärens totala vinterbalans, som för 1987/88 var  $5.19 * 10^6 \text{ m}^3$ , vilket ger ett specifikt värde på 1.13 m v.ek. för hela glaciären (tabell 12).

### SOMMARBALANS

Mätningen av 1988 års sommarbalans utfördes den 30:e augusti. En observation av avsmälningen gjordes den 4 augusti. Sommarens avsmältnings kunde avläsas på sju av de ursprungligen tolv utsatta stakarna. De övriga fem stakarna hade smält ur. Den 30:e augusti fanns det snörester (20 cm) kvar endast i ett litet område mellan 1360 och 1420 m ö.h. Eftersom ablationsgradienten inte anses vara ett lämpligt uttryck för ablationens variation med höjden över havet (Rosqvist 1988) beräknades sommarens avsmältnings genomsnitt att ge varje 20 m höjdintervall den närmast belägna stakens ablationsvärde. Sommarbalansen för 1988 var  $9.36 * 10^6 \text{ m}^3$ , vilket ger ett specifikt värde på -2.04 m v.ek (tabell 12).

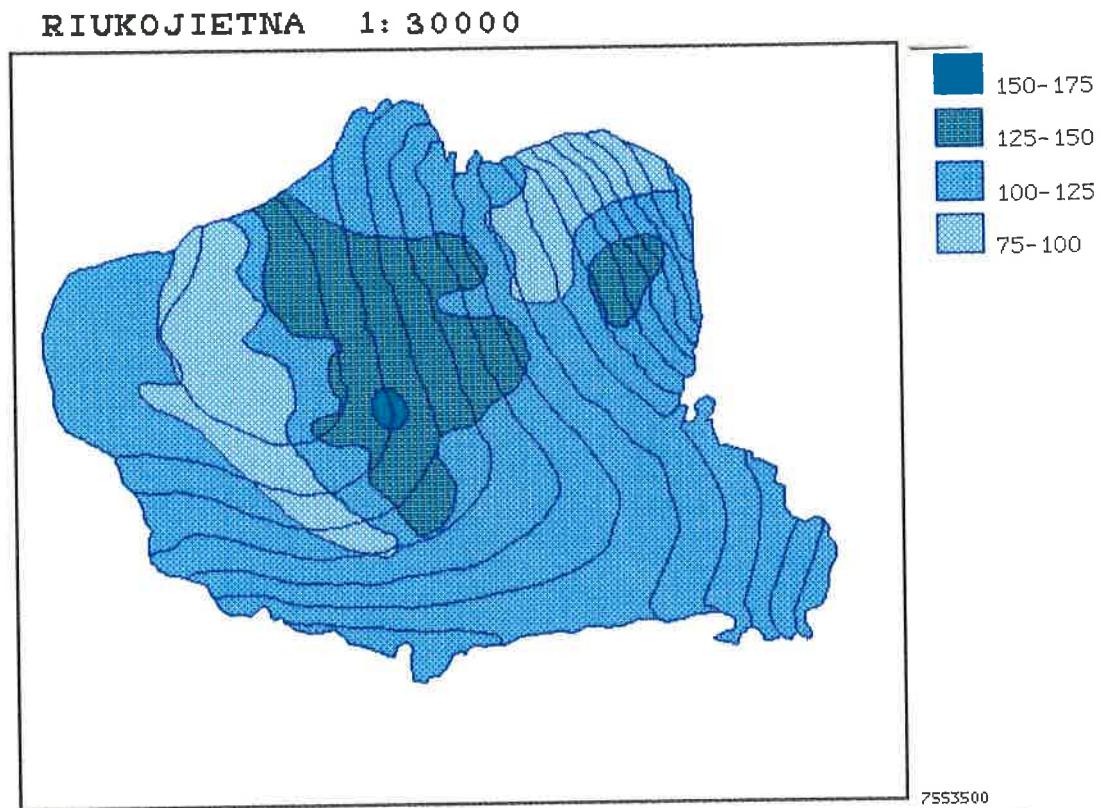
## NETTOBALANS

Nettobalansen för massbalansåret 1987/88 var  $4.17 * 10^6 \text{ m}^3$ , vilket ger ett specifikt värde på  $-0.91 \text{ m v.ek}$ . Den specifika nettobalansen varierar från  $-1.58 \text{ m v.ek}$  i glaciärens lägre delar till  $-0.61 \text{ m v.ek}$  i intervallet 1380-1400 m ö.h. (tabell 12).

## ÖVRIGA STUDIER

Vid analys av radio-eko sonderingar i samband med kartläggning av Riukojietnas bottentopografi, noterades tecken på att glaciären i vissa delar kan vara bottenfrusen. En istjocklek på 60 m registrerades i detta område. Kunskapen om temperaturförhållandena vid botten är av stor betydelse vid en analys av aktivitetsgraden hos en glaciär. Genom borrning av hål och nedplacering av termistorer kan temperaturen vid botten och på olika nivåer i isen registreras. Två hål borrades, ett i det "bottenfrusna" området och ett där glaciären är som tjockast ( $> 100 \text{ m}$ ) där den förmodas vara smältande vid botten. Resultaten från temperaturmätningarna är inte bearbetade.

Ytterligare mätningar av istemperatur såväl som massbalans kommer att genomföras under den kommande säsongen (1988/89).



**Figur 15. Ackumulation 1987/88; Accumulation 1987/88**

Tabell 12. Massbalans 1987/88 Riukojietna; Mass balance 1987/88 Riukojietna.

Altitude interval m a.s.l.	Area $10^3\text{m}^2$	Wint. balance		Sum. balance		Net balance	
		Total $10^3\text{m}^3$	Spec. m	Total $10^3\text{m}^3$	Spec. m	Total $10^3\text{m}^3$	Spec. m
1140-1160	9.5	10.7	1.13	24.6	2.59	-13.9	-1.46
1160-1180	36.0	36.5	1.01	93.2	2.59	-56.7	-1.58
1180-1200	48.4	48.7	1.01	125.4	2.59	-76.7	-1.58
1200-1220	64.0	67.7	1.06	165.8	2.59	-98.1	-1.53
1220-1240	93.4	193.2	1.10	241.9	2.59	-48.7	-1.49
1240-1260	133.5	149.5	1.12	345.8	2.59	-196.3	-1.47
1260-1280	182.9	106.0	1.13	473.7	2.59	-367.7	-1.46
1280-1300	253.7	274.3	1.08	646.9	2.55	-372.6	-1.47
1300-1320	334.7	361.6	1.08	679.4	2.03	-317.8	-0.95
1320-1340	578.7	653.9	1.13	1093.7	1.89	-439.8	-0.76
1340-1360	426.4	493.9	1.16	805.9	1.89	-312.0	-0.73
1360-1380	437.0	511.6	1.17	830.3	1.90	-318.7	-0.73
1380-1400	421.7	505.6	1.20	763.3	1.81	-257.7	-0.61
1400-1420	373.3	453.1	1.21	724.2	1.94	-271.1	-0.73
1420-1440	687.8	782.0	1.15	1330.4	1.96	-548.4	-0.81
1440-1456	516.1	535.4	1.04	1011.6	1.96	-476.2	-0.92
					+		
1140-1456	4588.1	5193.7	1.13	9361.1	1.04	-4172.4	-0.91

*Tarfa*

## REFERENSER

Rosqvist, G., 1988: Riukojietna. In: G. Rosqvist (ed.): *Annual Report 1987 Tarfala Research Station*, University of Stockholm, Department of Physical Geography, S-10691 Stockholm, Sweden: 40-46.

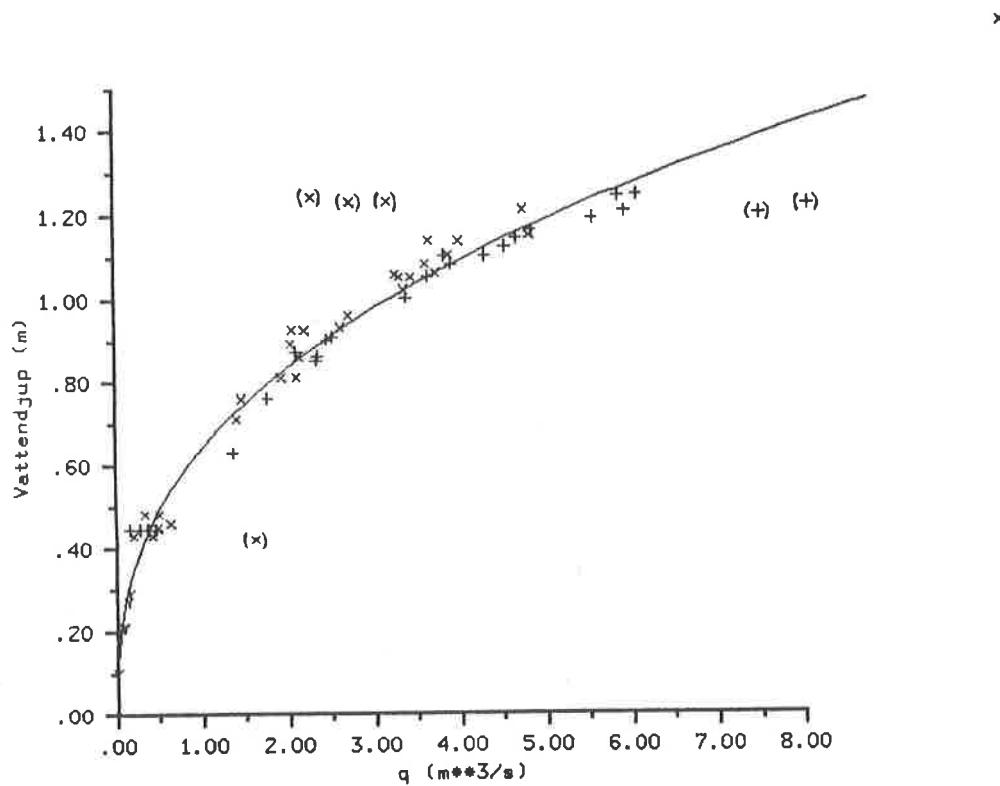
## HYDROLOGI OCH MATERIALTRANSPORT

Christian Bronge  
Wojtek Mizgalewitz

### **HYDROLOGI**

#### Rännan

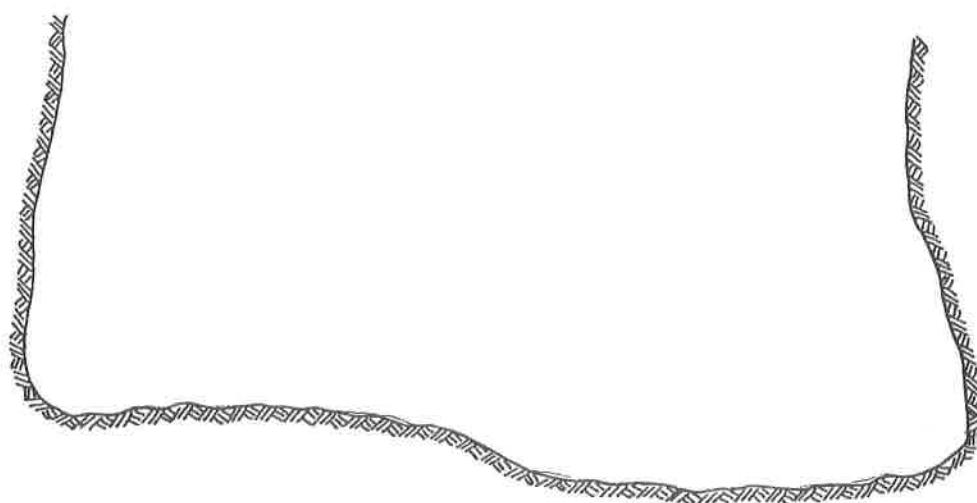
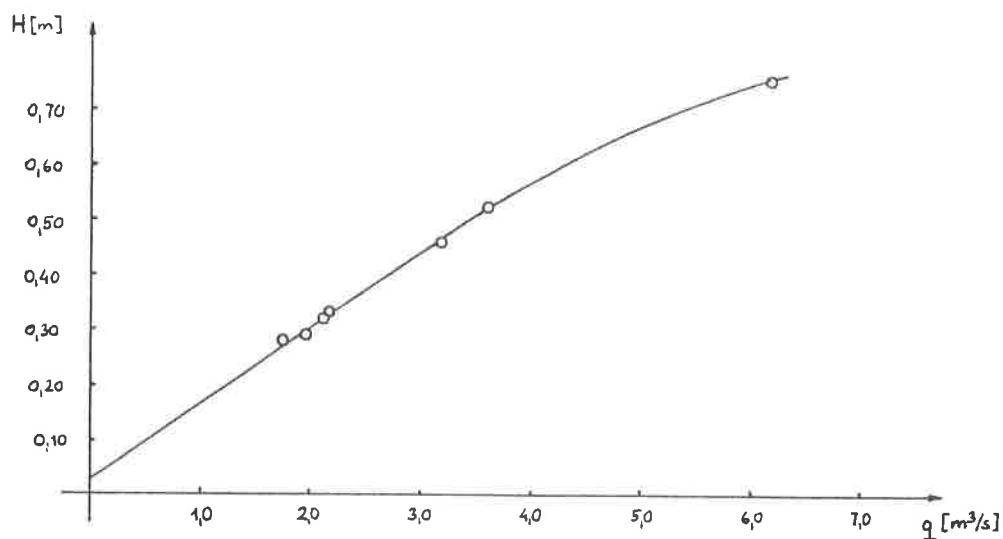
Vid Rännan gjordes ett mindre antal vattenföringsmätningar med hjälp av den momentana saltmetoden för att kontrollera att föregående års avbördningskurva inte hade ändrat sig. Dessutom gjordes ett antal kolorimetiska vattenföringsmätningar. Mätningarna stödde den tidigare avbördningskurvan (figur 16), vilket gör att avrinningen från Tarfaladalen numera kan anses kunna bestämmas med stor noggrannhet. För att man skall kunna frigöra sig från beroendet av digitaliseringssbord vid utvärderingen av den registrerande peggelns skrivarremsor, placerades under augusti en Cds-datalogger vid Rännan. Den registrerade medelst en tryckgivare vattenståndet i Rännan. Skrivarremsans kurva tjänar under denna period sålunda bara som kontroll av dataloggers data.



Figur 16. Vattenföringsmätningar i Rännan 1986-88.

## Lillsjön

Vattenföringsmätningarna gjordes här för att ånyo bestämma avbördningskurvan. Till mätningsarbetet valdes en relativt stabil tvärsektion med ganska jämn botten (se figur 17) och minimal turbulent strömning. Vattens hastighet mättes vid olika vattenstånd vid så stationära strömningsförhållanden som möjligt. Tio mätningar gjordes under perioden 1988-07-08 till 1988-08-01, d v s efter de maximala vattenföringarna, som för de nordliga fjällälvarna inträffar i juni. Av dem utfördes minst 7 med godtagbar noggrannhet (5-10% avvikelse från den härledda kurvan). De flesta gjordes vid låga till medelhöga vattenföringar, eftersom flygeln inte tålde stora vattenhastigheter och starka strömmar. Bakströmmar och stora hastighetsgradienter i tvärriktningen undveks. Resultaten visade att föregående års linjära avbördningskurva inte hade ändrat sig upp till vattenföringen ca  $3.5 \text{ [m}^3/\text{s}]$ . Lineariteten kan



Figur 17. Avbördningskurva för Lillsjön 1988 (ö) och en tvärsektion av Lillsjöns utlopp (n).

förklaras av tvärsektionens form, se figur 17. Vid högre vattenföringar börjar avbördningskurvan visa sin potensfunktionskaraktär, emellertid kunde inga mätningar genomföras vid vattenföringar större än 6.5 [ $\text{m}^3/\text{s}$ ].

### Istfallssjön

Vid Istfallssjön gjordes endast några få mätningar med hjälp av flygel vilka visade oförändrad avbördningskurva, något som visar att tvärsektionen har förblivit densamma som tidigare år.

## MATERIALTRANSPORT

### Bakgrund

I slutet av 1950-talet inleddes studier av vattenföringen och transporten av suspenderat material ut ur Tarfaladalen. För att åstadkomma goda betingelser för vattenförmätnings och för slamprovtagning i vattnet på det vattendrag som avvattnar Tarfaladalen, byggdes år 1969 en mätränna i Tarfalajokken. I denna togs vattenprover för hand, men sedan år 1982 sker regelbunden provtagning av det rinnande vattnet i jokken medelst en automatisk provtagare. Denna möjliggör att slamprover med en maximal kornstorlek på ca 2 mm kan tas fortlöpande med hög frekvens. Slamproverna ger ett mått på slamtransporten ur Tarfaladalen. Såväl mängden transporterat material som variationerna i slammhalten är av stort intresse att undersöka för förståelsen av de erosionsprocesser som pågår under glaciärerna i Tarfaladalen. Emellertid rinner vattnet från Storglaciären över okonsoliderat material, vilket ger ett säkerligen icke oväsentligt tillskott till slammängden i Tarfalajokken. Det fina materialet i Tarfalajokken sedimenteras till största delen i sjön Ladjojaure, belägen mellan Nikkaluokta och Kebnekaise turiststation. Från sjön har det tagits ett flertal bottensedimentproppar som visar att sedimentationshastigheten har undergått stora förändringar i gången tid, se figur 18. Intressanta klimatologiska tolkningar utifrån detta material kan göras.

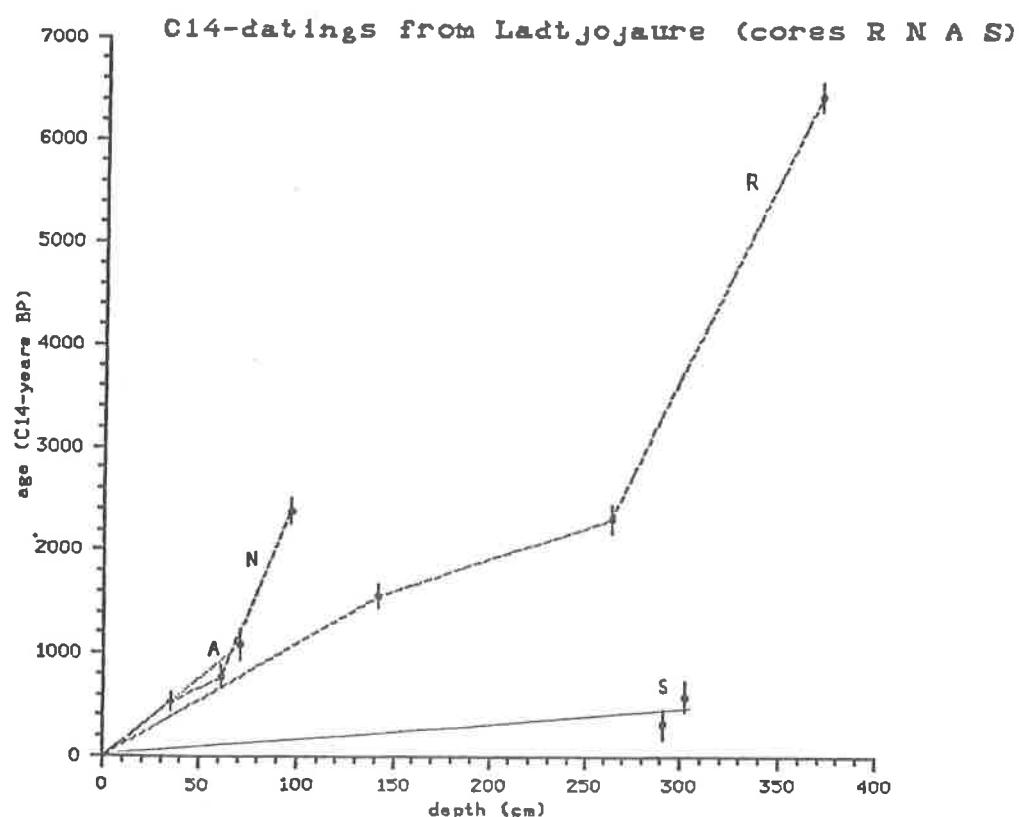
### Fint material

Den automatiska slamprovtagningen vid Rännan fortgick under sommaren 1988 utan störningar. Därvid användes en ISCO-slamprovtagare som tog vattenprover var 4:e timme, vid hög slamföring varje timme.

### Grov material

Omfattningen av transporten av grövre material är för närvarande mindre väl belyst. Ur geomorfologisk och andra synvinklar är det dock önskvärt att man kan bestämma transporten av grövre material, d v s från 2 mm och upp till blockstorlek. Försök att uppmäta transporten av grövre material i älvar har gjorts på flera håll, bl a i Norge av G. Östrem m fl, men de praktiska svårigheterna är stora. Vid Rännan är dock förutsättningarna för grovsedimentprovtagning ovanligt gynnsamma, vattnet rinner i mätrännan och faller sedan fritt ett par meter. Under somrarna 1987 och 1988 färdigställdes därför en anordning bestående av en vagn med botten av stålnät. Vagnen kan

rullas ut i vattenfallet på ett par skenor så att hela vattenstrålen kommer att silas genom vagnbottnen under några minuters tid. Maskvidden på stålängan är 8 mm. Försöken under sistlidna sommar utföll väl, och en mängd grovsedimentprover kunde tas. Dock visade det sig omöjligt att ta prover vid vattenflöden större än medelvattenföringen, ca 2.5 [m<sup>3</sup>/s]. Om vattenflödet översteg detta värde, så blev trycket på stålängan och på hela vagnen så stort att anordningen riskerade att förstöras. Det är således nödvändigt att på något sätt modifiera konstruktionen om prover skall kunna tas även vid större avbördning. Nätvagnen bör därför byggas om från att ha ett kvadratiskt utseende till att bli långsmal. Hörigenom skulle vattenstrålen så att säga kunna "scannas" av den spaltformiga nätvagnen, och den totala grovsedimenttransporten kunna integreras fram efteråt. De mekaniska påkänningarna på en sådan anordning torde bli avsevärt mindre än på den nuvarande. För att undvika nätnombrott på grund av större stenar, måste det relativt finmaskiga nätet kompletteras med ett kraftigare grovmaskigt nät.



Figur 18. <sup>14</sup>C dateringar från Ladjojaure (R, N, A och S kärnor).

## STUDIES OF GLACIER DYNAMICS ON STORGLACIÄREN, 1988

Roger LeB. Hooke

### INTRODUCTION

The 1988 field season on Storglaciären was generally successful. Velocity measurements on nine stakes were initiated in early May, and by late June surveys were being completed daily (Jansson, this volume). More detailed measurements of the velocity of a tenth stake in the upper part of the ablation area were begun in July and continued through mid-August. These measurements were made with the use of a computer-controlled electronic distance meter (EDM) activated at three minute intervals. Unfortunately, the records from this experiment are discontinuous, due to rather too frequent and unexplained failures of the system. On the other hand, nearly continuous records of surface tilt and vertical strain were obtained on this part of the glacier from early July until about mid-August (Jansson, this volume).

Internal deformation was measured in a borehole, starting in mid-July. Five inclinometry surveys were completed between this time and 10 September, thus yielding defomation profiles over four separate time intervals.

The hydrological program on streams draining the glacier was initiated with the installation of stage recorders in early July, and measurements were continued through mid-August. Conductivity and turbidity measurements were also undertaken. The former were used principally for salt-trace studies, using the moulin over the riegel as injection points. Dye-trace studies were also carried out, using injection points higher on the glacier.

The least successful part of the field season seems to have been the borehole water pressure measurements that were to have been made in holes situated in the overdeepening. Several holes were drilled, and four of these were monitored for various lengths of time but variations seem to have been minimal. More detailed analysis of the records must be undertaken before we can determine whether useful information was obtained.

At this time, analysis of the records has only just begun. Thus herein only some of the highlights of the experiments will be discussed. Further details of some will be found elsewhere in this report.

### VELOCITY MEASUREMENTS

Velocities were measured on nine stakes forming three triangular strain nets (figure 19) located between the riegel and the equilibrium line. Results are presented and discussed by Jansson (this volume, figures 26-28). High velocities generally coincided with periods of rising or high temperatures, or rain. The vertical velocities showed a lot of variation, and must be checked and refraction corrections applied before interpretations can be made.

A record from one of the more continuous sets of measurements obtained by the computer-controlled distance meter is shown in figure 20. Corrections for atmospheric pressure and temperature, and for the azimuth of the movement, which was not directly toward the EDM, are necessary before more detailed interpretations of these data can be made. Of particular interest, however, are the changes in slope of the line, which probably reflect real changes in speed of the glacier. It appears that there is often a period of higher velocity during the morning or early afternoon. Sometimes this acceleration seems to begin before dawn. We will be seeking to relate these accelerations to changes in water input to the glacier. One question, for example, is whether the accelerations result from increases in subglacial water pressure at the point of water input, transmitted by longitudinal stresses, or whether they result from partial decoupling of the glacier from the bed at locations more directly beneath the stake. There are also some interesting periods during which the glacier appears to have stood still.

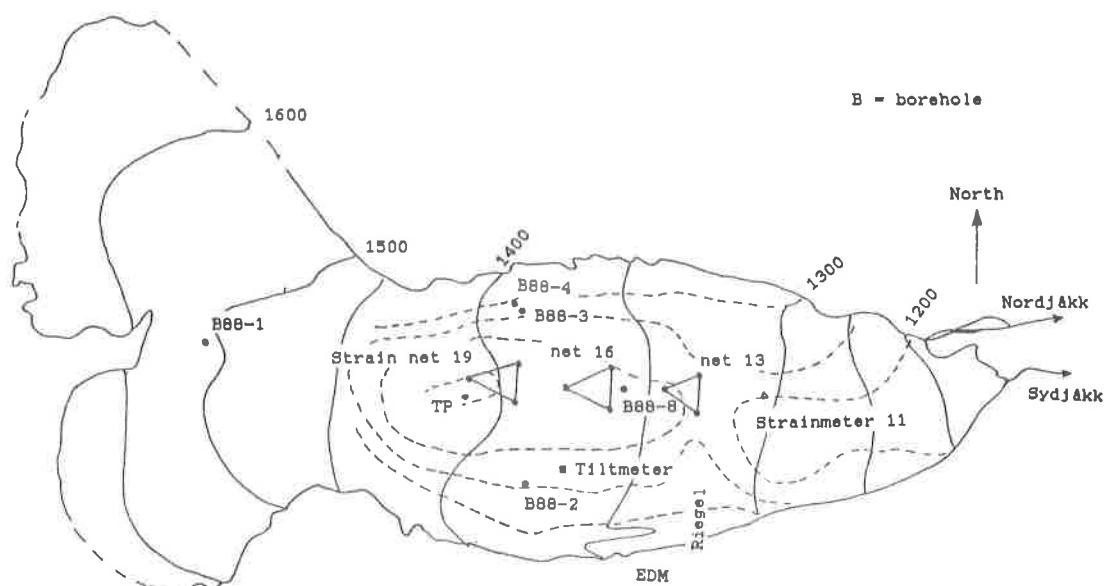
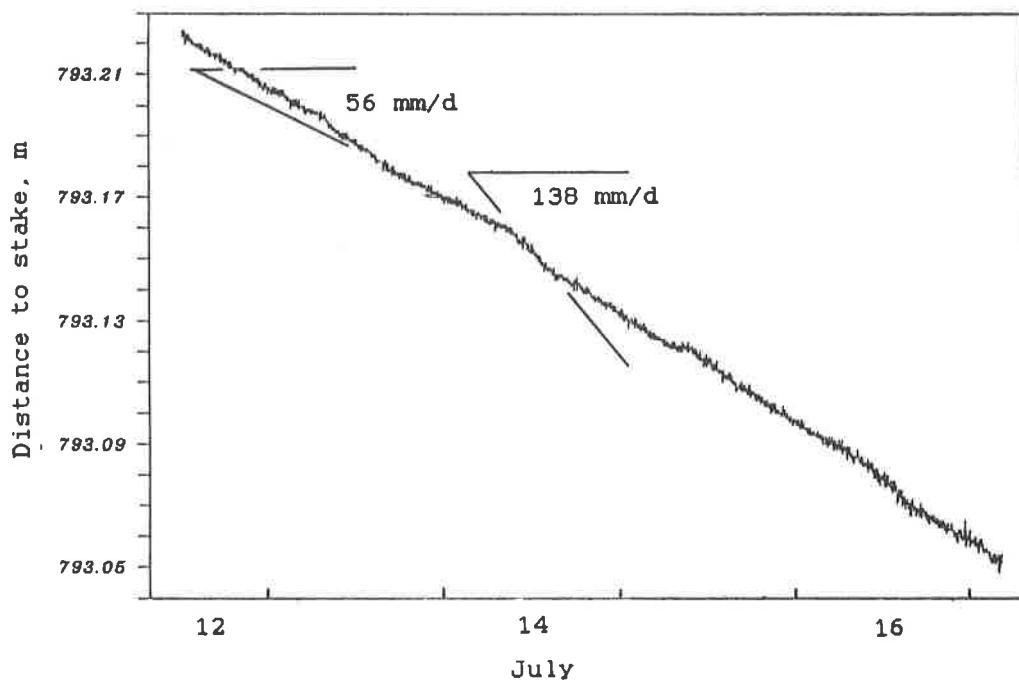


Figure 19. Sketch map of Storglaciären showing approximate locations of experiments discussed.

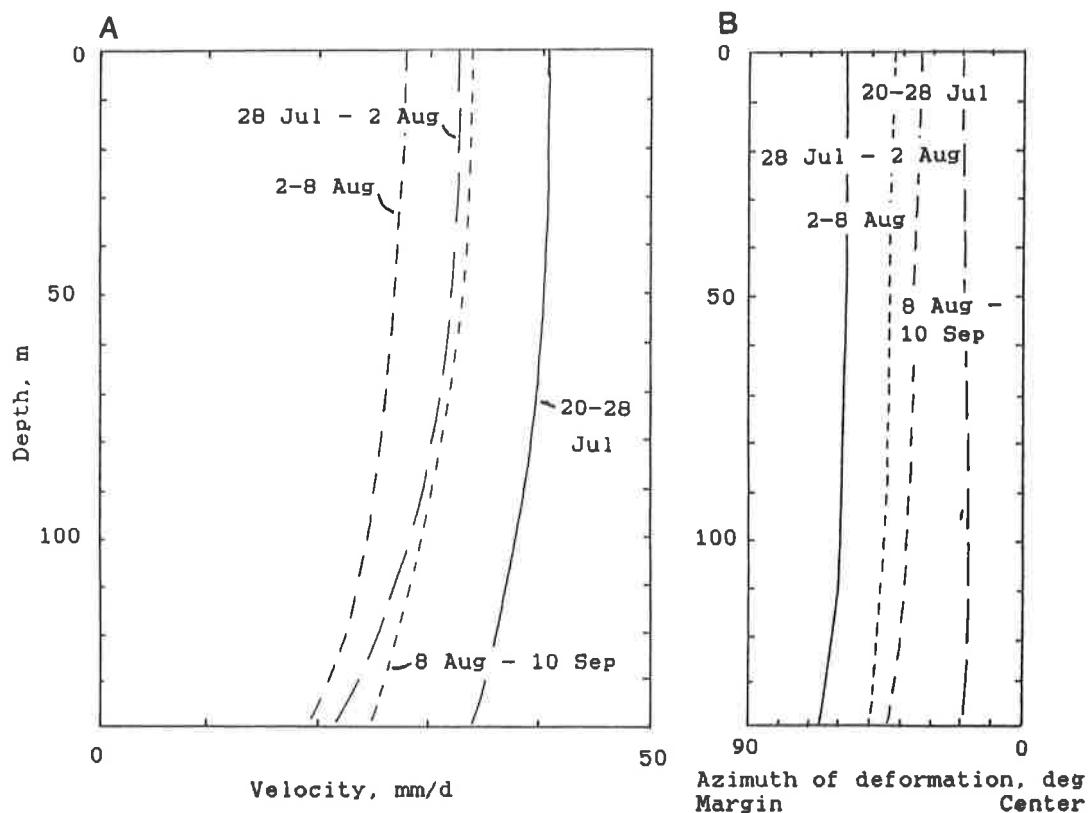
## BOREHOLE DEFORMATION

The borehole that we cased this year, 88-4 (figure 19) was roughly midway between the centerline of the glacier and the northern margin. This location was chosen because measurements made in a similar position on this side of the glacier two years ago were ambiguous, owing to twisting of the casing. This year we expected to have a borehole compass that could be used to measure any such twisting, but for reasons that are presently still unclear, the compass failed to function properly. However, the surveys this year gave no evidence of twisting.

Of particular interest in this year's records (figure 21A) is the evidence for changes in the sliding rate and in the rate of internal deformation with time. The sliding rate was highest in late July. It seems to have decreased abruptly at the end of July, but perhaps only locally, as internal deformation increased during this time period, suggesting the presence of increased longitudinal stress gradients. This situation



**Figure 20.** Change in distance from EDM to Stake TP (Fig.1) during five days in mid-July. Speed of stake toward EDM is proportional to the slope of the line. Measurements by Gary Remple with help from Brian Hanson.



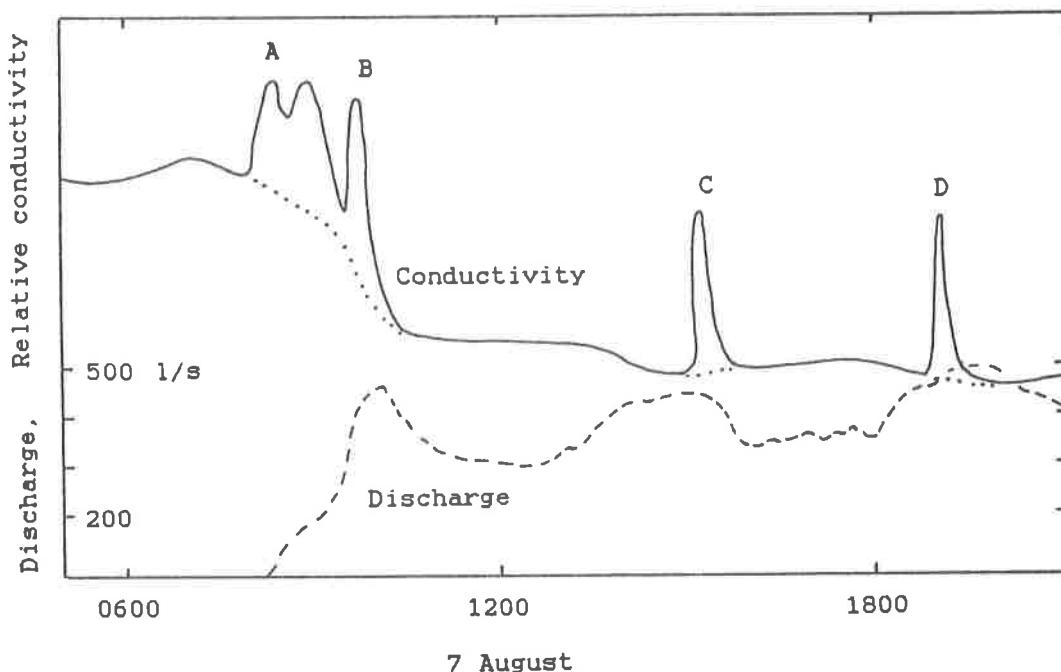
**Figure 21.** Variation in velocity with depth in borehole 88-4 (A); Variation in azimuth of velocity vectors with depth in borehole 88-4 (B). Measurements by Veijo Pohjola.

gradually relaxed, until, during the last measuring period, the internal deformation had returned to its original value with a significantly reduced sliding velocity.

The azimuth of deformation (figure 21B) also varies, both with time and with depth. The flow seems to be strongly towards the margin during late July, although this result needs to be checked as the divergence is unexpectedly if not unreasonably large. The divergence decreases in early August, but then increases gradually again throughout August and into September. With depth, there is a consistent pattern of increased flow toward the margin, a pattern first recognized by Raymond (1971) and subsequently measured by us on Storglaciären. This pattern is stronger during the first and third measuring periods and weaker during the second and forth periods. We have no obvious explanation for this variation in the pattern with time.

## HYDROLOGY

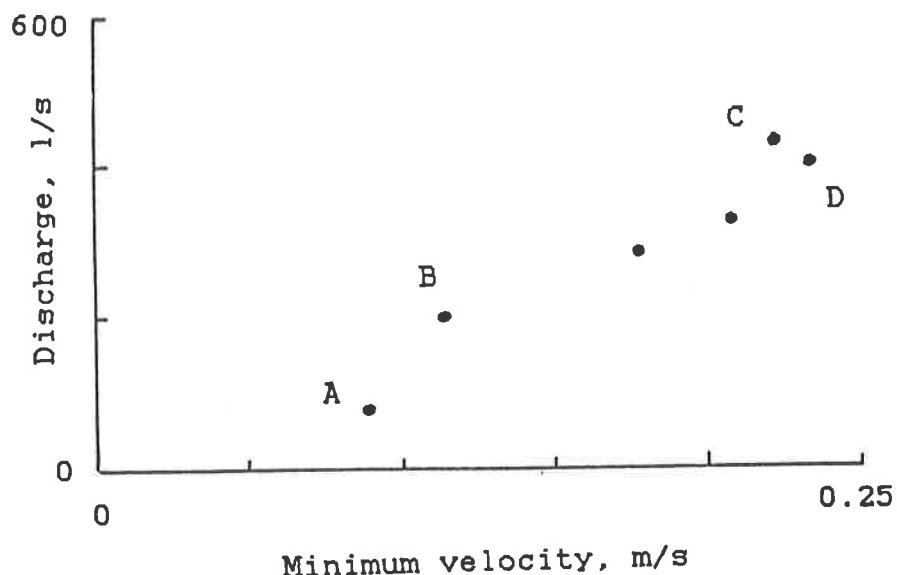
Water discharge was measured at Nordjåkk and Sydjåkk from early July until mid August. Conductivity and turbidity probes were also in operation during part of this time. The primary objective of the conductivity measurements was to detect salt that was poured into moulin over the riegel (figure 22). Frequent salt traces were conducted in order to define the characteristics of the drainage system over time periods that were long compared with the times over which the discharge changed appreciably, but short compared with the time required for changes in the conduit system.



**Figure 22. Conductivity and discharge in Sydjåkk on 7 August. The four conductivity peaks are a result of salt pours in a moulin over the riegel. Measurements by Jack Kohler.**

In one such set of salt traces, it was found that velocity increased nearly linearly with discharge (figure 23). As the discharge is equal to the velocity times the cross sectional area of the channel, the fact that, for example, doubling the discharge resulted in doubling the velocity suggests initially that the cross sectional area of the

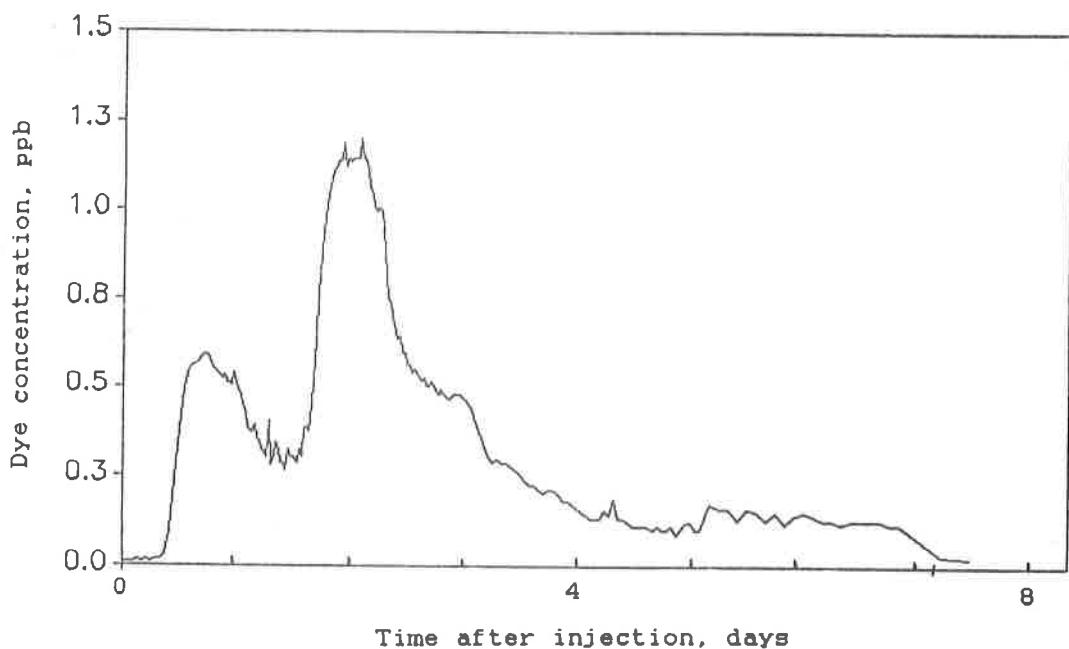
channel did not change. This could be because the channel was a closed conduit; the increase in discharge would then be due to the increasing pressure head in the system. In our previous studies (Seaberg and others, 1988), however, it was found that an increase in water level in the glacier was not adequate to explain all of the increase in velocity. Rather it also seemed to be necessary to hypothesize a decrease in sinuosity of the flow. Whether this will turn out to be the case in the present study remains to be seen. Three dye-trace tests were attempted from injection points higher on the glacier. The first utilized borehole 88-1 in the firn area about 200 m downglacier from Svartaväggen and yielded the return curve shown in figure 24. The main sampling point was at Rännan, but periodic samples from Nordjåkk and Sydjåkk indicated that most, if not all of the dye came through Nordjåkk. The minimum velocity to the first peak was about 0.04 [m/s]. The second peak may reflect flow through a different conduit, or alternatively may have resulted from flushing of a reservoir in which the dye was trapped when the discharge dropped during the night following the injection.



**Figure 23. Flow velocity vs discharge for the four tests shown in Figure 22 plus two additional tests.**  
The minimum velocity of flow was obtained by dividing the straight line distance between the input point and the sampling point by the elapsed time.

The second test was initiated on 11 July and utilized borehole 88-2 as an injection point. Because this test was yielding only minor peaks, a third test was initiated on 16 July, utilizing borehole 88-3. It was believed that the dye from the third test would move through the system rapidly, and that its return curve would thus be reasonably distinct from that of the second test. Neither test, however, gave a distinct peak; rather the dye trickled through during the next 35 d or so, producing a series of peaks, none of which exceeded 0.27 ppb and most of which were less than 0.1 ppb. Dye was detected only in Nordjåkk, indicating that the flow was probably englacial. The results from these last two dye traces were not unlike the trace described by Hooke and others (1988) which utilized a crevasse near the equilibrium line on the north side of the glacier as an injection point.

In contrast, in 1987 a series of three dye-traces from a borehole located near the middle of 1988's Strain Net 19, produced single-peaked return curves, also in Nordjåkk. The minimum velocities ranged from 0.014 [m/s] to 0.11 [m/s].



**Figure 24.** Dye return curve from dye-trace test 88-1, utilizing borehole 88-1 as injection point.  
Measurements by Dan Wiberg.

A tentative conclusion from these tests is that there is a fairly well-defined englacial trunk conduit system near the center of the glacier, but that tributaries to this trunk conduit from the sides of the glacier are small, with many intermediate reservoirs in which dye can become trapped when discharges are low. But for the fact that the dye invariably seems to appear in Nordjåkk, which has a minimal sediment load, one would be tempted to think that this tributary system was a linked cavity system (eg. Kamb, 1987) at the bed.

## WATER PRESSURE STUDIES

Pressure transducers were installed in three boreholes in the overdeepening and in one or two downglacier from the overdeepening. In addition, a transducer in the aforementioned borehole near the center of Strain Net 19 was monitored for a couple of days. This hole is now frozen closed at the surface. The pressure in it did not change over the time that it was monitored.

We initially believed that it was desirable to have a small amount of water flowing into the boreholes at the surface in order to maintain a connection with the drainage system. The inputs ranged from a fraction of a liter per second up to perhaps 10 [l/s]. It turned out that water levels in the holes were more sensitive to these inputs than expected, suggesting that connections to the drainage system were fairly small. The water inputs were thus discontinued. It appears that water levels in the holes then dropped gradually until monitoring was discontinued in mid August. This, however, may be due to gradual draw down of the batteries used to excite the transducers. The battery voltage was being measured, and corrections for this effect can be made.

Two tentative conclusions may be drawn from these measurements. First, the englacial conduits encountered by the boreholes may be smaller than previously

expected, and secondly, water pressures in the overdeepening may not vary diurnally, as previously believed, but may, instead, decline gradually during late July and August. Also of interest is the fact that water pressures in hole 88-2 were lower than in hole 88-8 (figure 19).

## REFERENCES

- Hooke, R.LeB., Miller, S.B., & Kohler, J., 1988: Character of the englacial and subglacial drainage system in the upper part of the ablation area of Storglaciären, Sweden. *J. Glaciol.*, 34 (117): 228-231.
- Jansson, P., 1989: Short-term variations in ice dynamics on Storglaciären. In A.P. Stroeven (ed.): *Annual Report 1988 Tarfala Research Station*, University of Stockholm, Department of Physical Geography, S-10691 Stockholm, Sweden: 42-45.
- Kamb, W.B., 1987: Glacier surge mechanism based on a linked cavity configuration of the basal water conduit system. *J. Geophys. Res.*, 92 (B9): 9083-9100.
- Raymond, C.F., 1971: Flow in a transverse section of Athabasca Glacier, Alberta, Canada. *J. Glaciol.*, 10 (58): 55-84.
- Seaberg, S.Z., Seaberg, J.Z., Hooke, R.LeB., & Wiberg, D., 1988: Character of the englacial and subgalcial drainage system in the lower part of the ablation area of Storglaciären, Sweden, as revealed by dye-trace studies. *J. Glaciol.*, 34 (117): 217-227.

# SHORT-TERM VARIATIONS IN ICE DYNAMICS ON STORGLACIÄREN

Peter Jansson

## ABSTRACT

During 1988, tiltmeters, vertical strainmeters and three velocity/surface strain nets were used to study short-term variations in ice dynamics on Storglaciären. The vertical strainmeters were designed and manufactured by Dr. Will Harrison, Geophysical Institute, University of Alaska. The instruments were in operation for most of the season. Part of the plan has been to extend the automatic measurements to continue through the winter into the 1989 fieldseason. The stake nets were monitored daily, weather permitting, from mid June to early August. Long continuous records were obtained from all instruments and the stake nets. The tiltmeter shows a diurnal pattern of variation with a marked increase in activity during the days. Long-term trends are also present in this material. Velocity measurements from the stake nets show an increase in horizontal velocity towards the equilibrium line, as can be expected. There are also numerous peaks of velocity during the season.

## INTRODUCTION

During the 1988 field season four vertical strainmeters, one tiltmeter and three stake nets, each comprising three stakes, were used. The location of these instruments and stakes as well as the logging equipment is shown in figure 19. The idea behind this setup was to try to detect any spatially moving diurnal variations by the use of the sensitive strain- and tiltmeters. These measurements cannot be extrapolated over a larger area but are merely point measurements on the glacier surface. To quantify these results three stake nets were monitored. These yield information about strain-rates and strain at the sites of the vertical strainmeters. The idea is to correlate the magnitudes of the two types of measurements to obtain a quantified record of the variations in ice dynamics on a diurnal scale.

## THE TILTMETER INSTRUMENT

The tiltmeter instrument has been described by Jansson (1988) and Jansson & Hooke (in prep). During the field season the instrument recorded the variations in surface tilt at a point on the southern side of Storglaciären. The results from June 13-28 (figure 25) show a distinct diurnal pattern similar to what has been observed previous years. The peaks occur during the days and are typically marked by a rapid rise at about 10.00-12.00 and a smoother decline in the afternoon. Very little activity is observed during nighttime. As has been discussed by Jansson & Hooke (in prep) these peaks are real and not the effect of temperature changes due to changes in insolation during the days. This can clearly be seen in the record since such effects would affect both channels simultaneously and not vary drastically on the short time scale as can be seen on day 170 in figure 25.

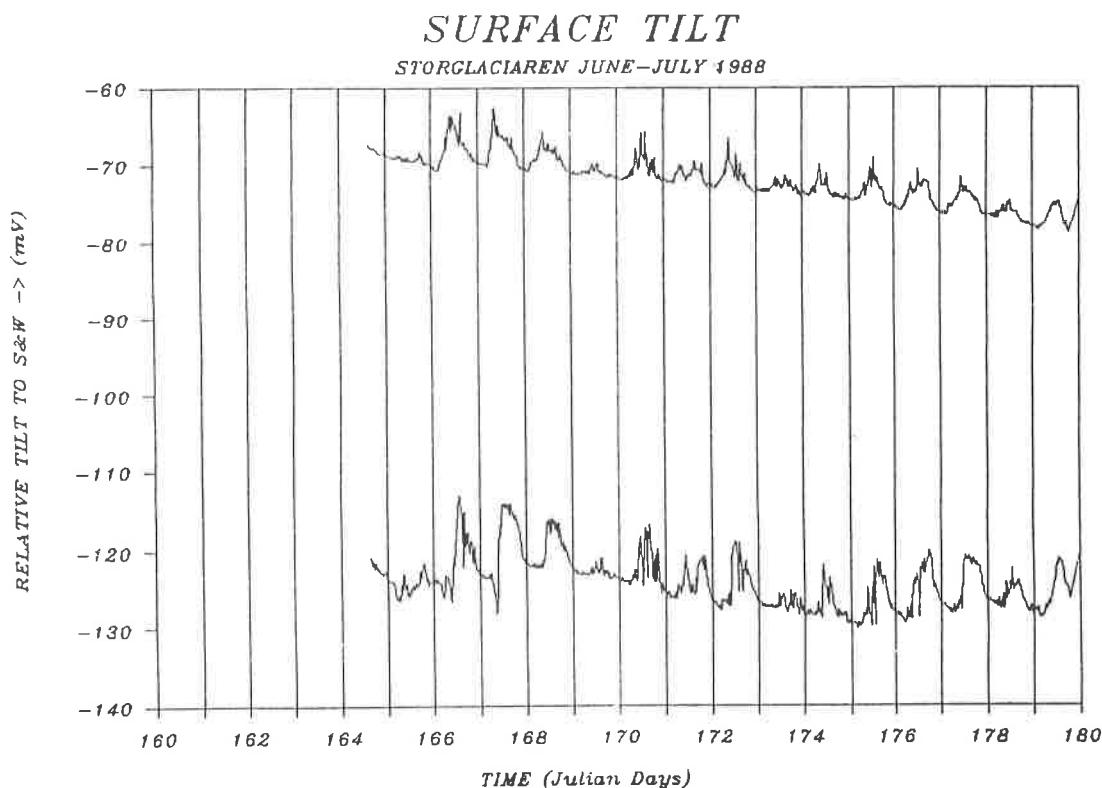


Figure 25. Relative tilt at the tiltmeter instrument June 13-28.

### THE STRAIN STAKE NETS

During the 1988 season three surface-strain stake nets (figure 19) were surveyed in one day intervals, weather permitting. The stake nets were surveyed by an AGA Geodimeter 140 from a fixed point on the southern moraine. A team of two people used a Geodimeter 12A to obtain the internal geometries of the nets by measuring the distances between the different stakes in a predetermined fashion thus producing an overdetermined set of data for data reduction using a least squares method.

The results from the stake nets (figures 26-28) show that, as can be expected, the mean horizontal velocities increase towards the equilibrium line. There also seems to be a decrease in the variations of horizontal velocity towards the end of the season. This may be due to the gradual development of a more effectively draining system of conduits during the melt season. This is, as can be expected, especially noticeable in the 13 net. The acceleration event of the glacier was unfortunately not captured in detail because of its early start. The records show several velocity peaks each separated by a short but marked period of low velocity usually lasting one day. It can also be concluded from the graphs that peak velocities at the time of the acceleration of the glacier must have been significantly higher than most peaks occurring later in the season.

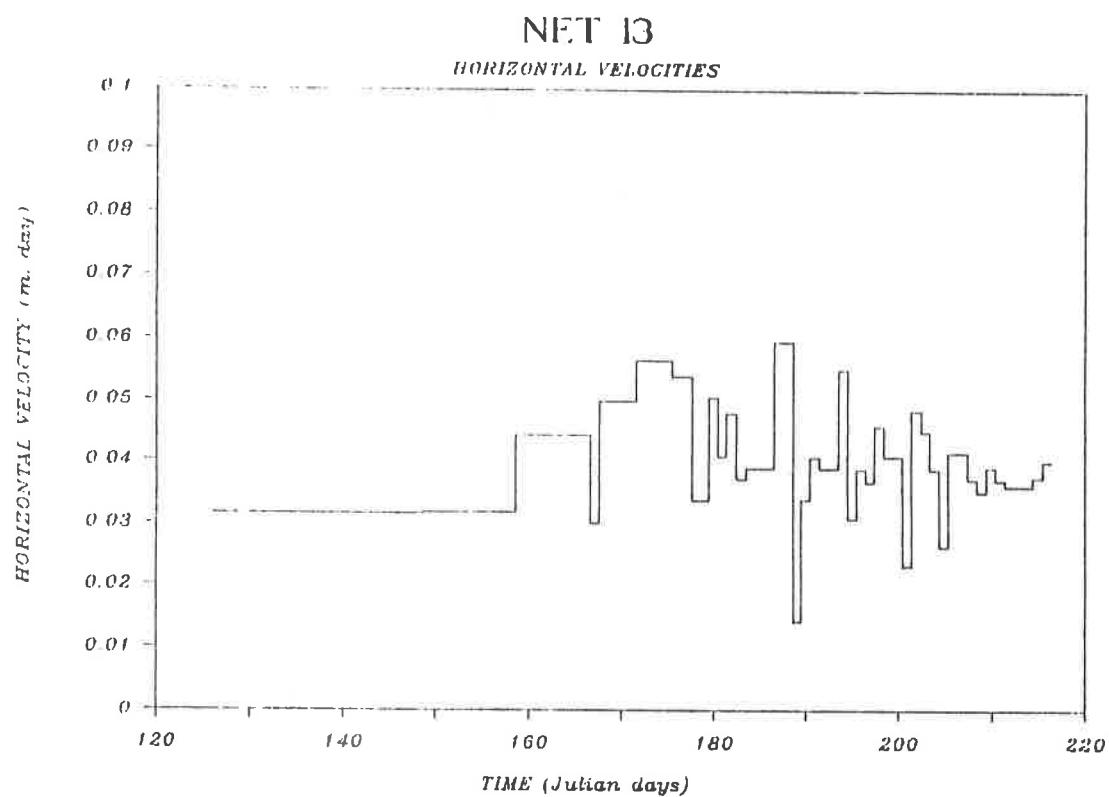


Figure 26. Average horizontal velocities in strain stake net 13 May 5 - August 3.

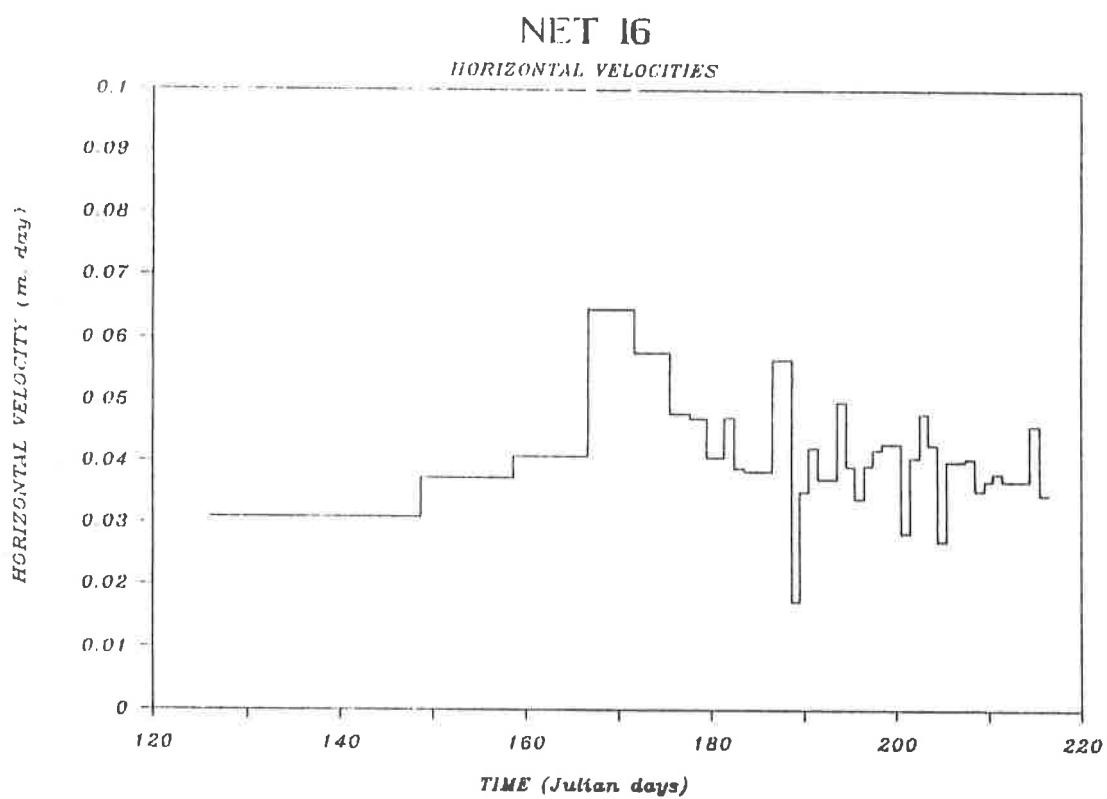
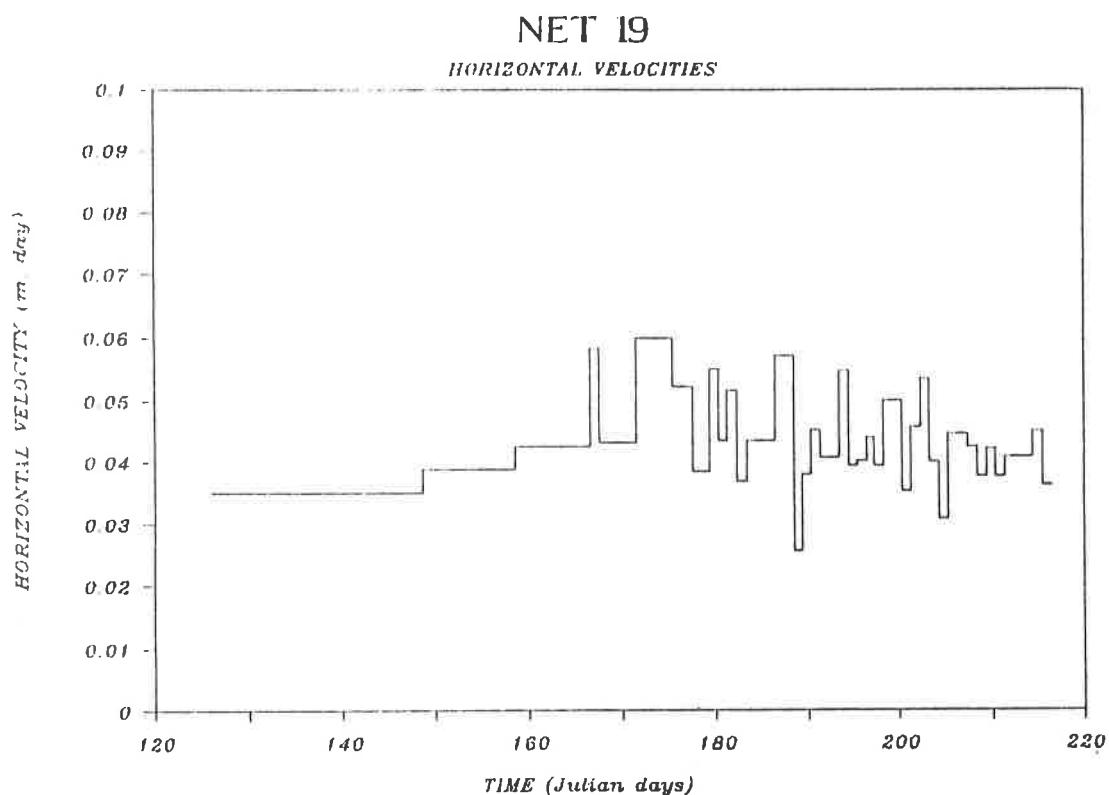


Figure 27. Average horizontal velocity in strain stake net 16, May 5 - August 3.



**Figure 28.** Average horizontal velocity in strain stake net 19, May 6 - August 3.

## REFERENCES

- Jansson, P., 1988: Short-term variations in ice dynamics on Storglaciären. In G. Rosqvist, (ed): *Annual report 1987 Tarfala Research Station*, University of Stockholm, Department of Physical Geography, S-10691 Stockholm, Sweden: 67-69.
- Jansson, P., & Hooke, R.L.B., 1989: Short-term variations in strain and surface tilt on Storglaciären, Kebnekaise, Northern Sweden. (Submitted to the Journal of Glaciology).

# VÄDRETS BETYDELSE FÖR SNÖAVSMÄLTNINGEN I TARFALADALEN.

Influence of the Weather on the Snowmelt in the Tarfala Valley.

Maj-Lena Finnander

## ABSTRACT

To study the influence of the weather on the snowmelt in the Tarfala Valley, snowdepth and snowdensity were measured in profiles with different exposure towards the sun. Snowmelt each day was computed and compared with metrological data from the datalogger belonging to the station. A preliminary comparision between mean air temperature and snowmelt showed fairly high correlation, which indicate the possibility of finding a simple numerical model that corresponds tolerably well to snowmelt.

## INLEDNING

I samband med de hydrologiska mätningarna i Lillsjön och Rännan i Tarfala är det av intresse att känna till hur mycket vatten som tillförs dräneringssystemet av snön i dalen. Med stationens nya datalogger för väderregistrering kan information om temperatur, instrålning, luftfuktighet mm snabbt och lätt bearbetas. Syftet med denna studie var därför att finna en enkel numerisk modell för att beräkna avsmältningen vid en viss typ av väder, samt försöka identifiera orsakerna till avvikelse i avsmältnings på olika platser.

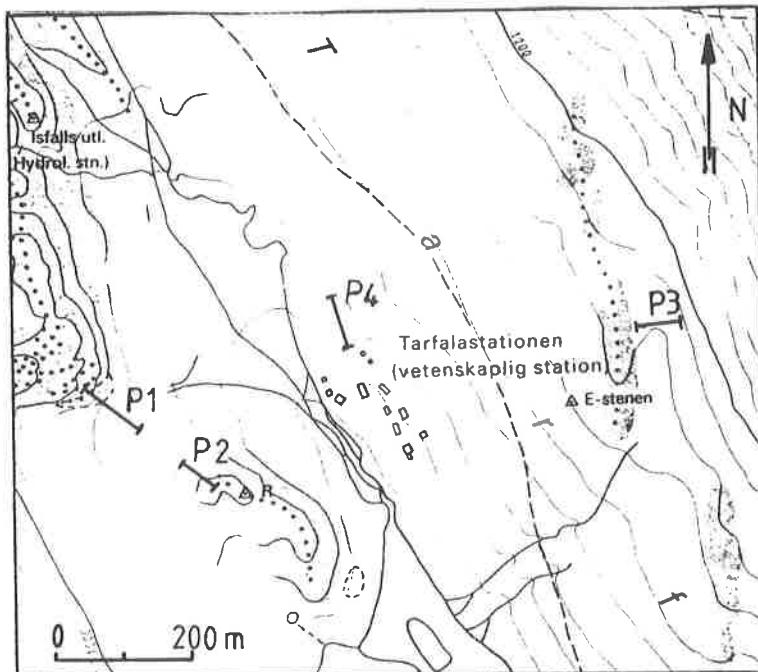
## METOD

Fältmätningarna utfördes från den 25:e maj till den 20:e juni 1988. Fyra profiler med olika exponering mot solinstrålningen utstakades (SW,NE,W), och snödjupet avlästes varje dag (fig.29).

Snöns densitet mättes i de olika profilerna sju till åtta gånger under perioden. I början vid två till tre platser med olika snödjup, men då variationerna visade sig vara förhållandevis stora, mättes densiteten senare på flera platser i varje profil för att få en så god approximation av den dagliga avsmältningen som möjligt.

Från densitetsmätningarna beräknades medelvattenvärde för de olika mätplatserna. Detta antogs öka linjärt med ökande snödjup och förändras linjärt med tiden mellan densitetsmätningarna.

Från Stationens datalogger hämtades information om temperatur, vindriktning, vindhastighet, kortvägg instrålning och strålningens nettobalans. Då fuktighetsgivaren var ur funktion kan avsmältningen inte relateras till luftfuktigheten.



**Figur 29.** Profiler med olika exponering mot solinstrålningen utstakades, där snödjupet avlästes varje dag och snöns densitet mättes med jämma mellanrum.  
 Profiles with different exposure towards the sun were employed. Snowdepth were registered every day and snow density was measured continuously.

Vindhastigheter under 2 [m/s] är fel registrerade. I dessa fall antas vindhastigheten vara 1 [m/s].

För att bedöma vädrets betydelse för avsmältningen har materialet jämförts med dygnsmittel-, dagsmedel- och maximivärden för lufttemperaturen, och ska analyseras med graddagarsmetoden och multipel regression, där olika medel- och extremvärden används.

## RESULTAT OCH DISKUSSION

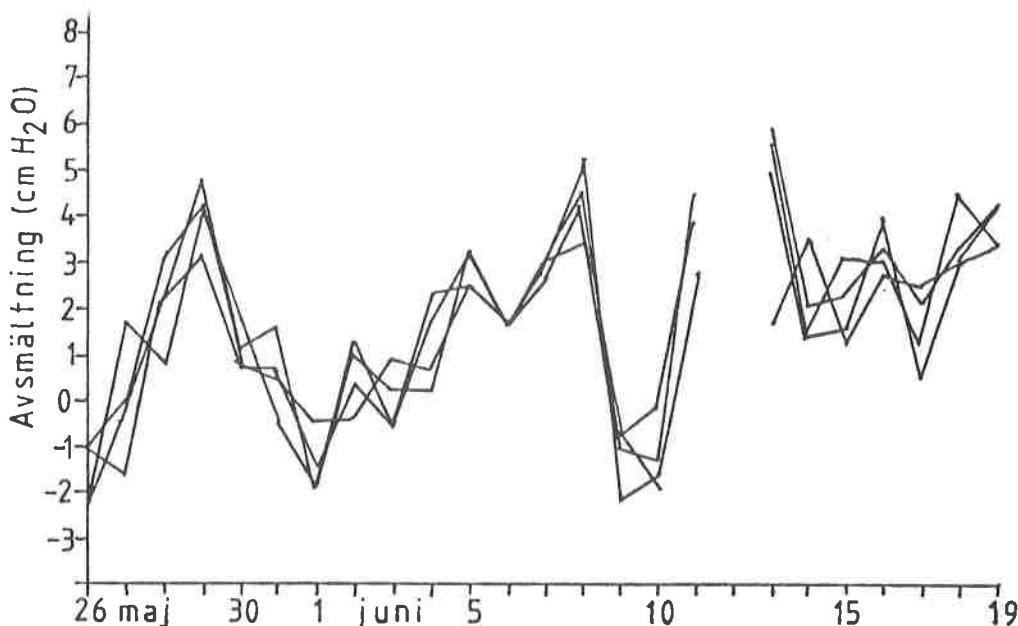
Den totala mängden snö som avsmält under hela perioden motsvarar i genomsnitt ett vattenvärde på 39 cm (profil 1: 42.5 cm, 2: 37.5 cm, 3: 35 cm, 4: 40 cm).

Profilernas olika solexponering tycks inte ha orsakat någon större variation i den dagliga avsmältningen (fig.30). Detta kan förklaras bla av variationen i snöns albedo i de olika profilerna och av att strålningsreflektionen från den snötäckta dalen och bergssidorna kompenserat solstrålningens inverkan, speciellt i början av perioden.

Inget samband mellan snödjup och avsmältning kan ses. Vid små snödjup borde avrinningen vara högre eftersom solstrålningen då kan träna igenom snön och värma upp marken som i sin tur kan öka avsmältningen. Snöns densitet visade sig dock variera kraftigt vid små snödjup varför generaliseringar av densiteten kan ha stor inverkan.

Fel i beräkningarna kan ha uppstått dels genom avläsningsfel (+/-0.5 cm), dels genom generaliseringar av snöns densitet vid olika djup. Detta kan ha stor betydelse

vid beräkningar med korta tidsintervall, då tex avsmältningen/dag är så låg att variationerna delvis överskuggas av felen. Angående densiteten kan avvikeler förekomma både i den linjära desitetsökningen med ökande djup, och i förändringen



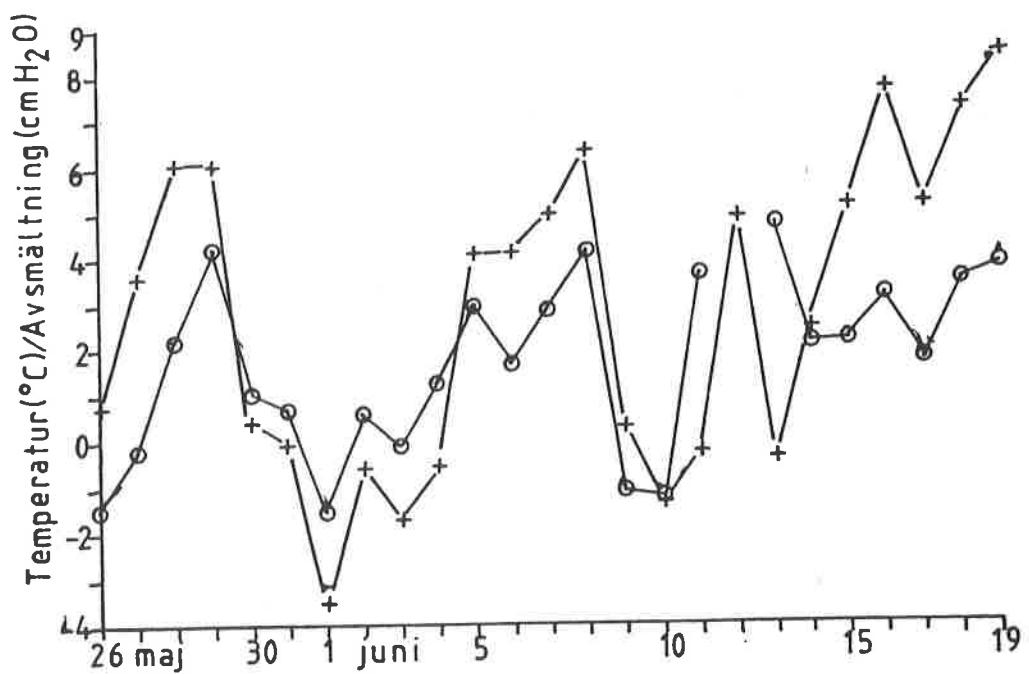
**Figur 30. Den dagliga avsmältningen i profilerna med olika exponering mot solinstrålningen följer ungefär samma mönster.**  
**The daily snowmelt from the profiles with different exposure towards the sun show almost the same pattern.**

i tiden mellan densitetsmätningarna, då densiteten kan ha förändrats språngvis och inte linjärt, som här antagits.

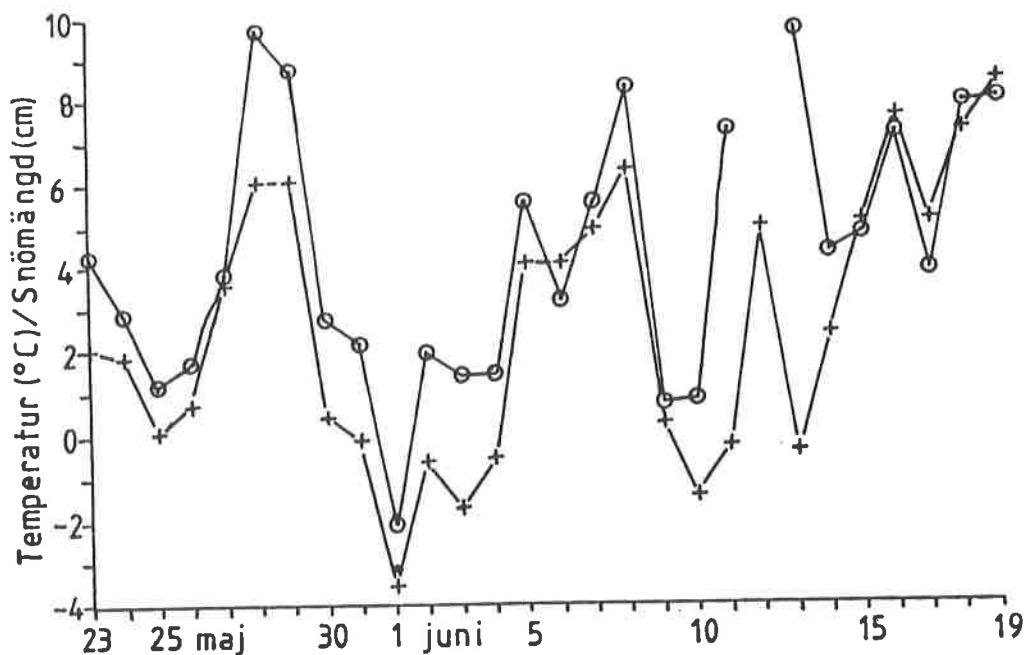
Vid en jämförelse mellan avsmältning/dag och luftens dygnsmedel-, dagsmedel- samt dagens maximitemperatur överensstämmer dygnsmedeltemperaturen bäst med avsmältningen (korrelationskoefficient: 0.6) (figur 31). En jämförelse mellan snödjupsförändring och dygnsmedeltemperatur ger en något högre korrelation (0.7) (figur 32).

Skillnaden kan bero på tex fördräjning i avrinnningen och tillrinning av smältvatten från ovanliggande områden. Ett snötäcke måste vara vattenmättat till sin vattenhållande förmåga innan det släpper ifrån sig vatten, därför kan reaktionen i avrinnningen på tex en höjd temperatur först bli fördräjd. Dessutom kan smältvattnet från ovanliggande snö ansamlas i botten på snötäcket. Däriigenom kan vattenmängden variera av andra anledningar än avsmältning på platsen.

Snöavsmältningen påverkas, förutom av lufttemperaturen, också av luftfuktigheten genom latenta värmeförseln och vinden genom tillförsel av luft med annan temperatur och fuktighet. Solstrålningens betydelse beror till stor del av snöns albedo som är hög vid nysnö med minskar kraftigt då snön åldras. Dessutom kan regn tillföra värme och smälta snön.



Figur 31. Luftens dygnsmedeltemperatur och medelavsmältningen. Temperatur:-+-. Avsmältning:-o-.  
Mean air temperature and mean daily snowmelt. Temperature:-+-. Snowmelt:-o-.



Figur 32. Luftens dygnsmedeltemperatur och förändring av snödjupet. Temperatur:-+-.  
Snödjupsförändring:-o-.  
Mean air temperature and mean daily snowmelt. Temperature:-+-. Change in snowdepth:-o-.

## SLUTSATSER

Det är svårt att beräkna den dagliga avrinningen, då ett så kort tidsintervall (och därmed liten mängd avsmältning) gör att felen i beräkningarna, främst pga generaliseringar av snöns densitet, blir relativt stora. Inga samband mellan olika solexponering eller olika snödjup och daglig avrinning kan ses.

En enkel jämförelse mellan luftens dygnsmedeltemperatur och avsmältningen ger en korrelation på 0.6. Detta antyder att noggrannare försök med graddagarsmetoden och multipel regression med de olika metrologiska parametrarna borde kunna ge en enkel numerisk modell som överensstämmer tämligen väl med avsmältningen.

En knapp månads fältmätningar ger dock inte tillräckligt underlag för en statistisk bedömning. En beräkning av avsmältning var fjärde till var åtonde dag under en längre period kan minska felens betydelse och ge ett bättre statistiskt underlag.

## SNOW DENSITY MEASUREMENTS IN PITS AND CORES

Elisabeth Isaksson

### ABSTRACT

For the snow density measurements at Storglaciären snow pits are used. This take a lot of time and it would be valuable to find a less time-consuming method that gives the same results. Three different methodes, pit digging, hand coring auger and "snow tube" were compared practically and theoretically. The spread of the density in each method was first checked by making a couple of measurements at the same time. All three methods gave satisfactory results. The "snow tube" seemed to be most suitable in real cold snow. Clearly the results from the hand coring auger was the same as these obtained from snow pit measurements. Hand coring is a quicker alternative to pit digging. This applies particularly in the accumulation area where the snow cover is large.

### INLEDNING

Med nuvarande arbetsmetod är snödensitetsbestämningen på Storglaciären ett viktigt men tidskrävande arbetsmoment i massbalansstudierna. Den procedur som används för densitetsbestämning sedan massbalansstudierna började 1946 har gradvis utvecklats genom åren. För att kunna uppskatta vinterbalansen och räkna om de vid snötaxeringen sonderade snödjupen till vattenekvivalenter, studeras densiteten i snöschakt som grävs på fyra till sju olika platser fördelade mellan glaciärtungan och de översta delarna i ackumulationsområdet (Holmlund 1987). På detta sätt hoppas man täcka in de skillnader i densitet som kan uppstå pga olika höjd över havet samt vid olika snödjup (Schytt 1973).

Målet med denna studie har varit att jämföra tre olika metoder för snödensitetsbestämning praktiskt och resultatmässigt för att utreda om det finns en möjlighet att åtminstone delvis övergå till en mindre arbetskrävande metod.

### METODER

Fältarbetet gjordes i anslutning till snöinventeringen under maj 1988. Följande tre metoder för snödensitetsbestämning har jämförts.

#### Snörör

Utrustningen som användes var av märket Monterosa och rörets diameter var 4.0 cm. Röret trycktes - skruvades ner i snötäcket så långt som möjligt. Den upptagna snökärnans längd kunde uppskattas i röret eftersom detta var graderat i cm. Provet trycktes ut i en plastpåse och vägdes på fjädervåg med noggrannheten 5 g.

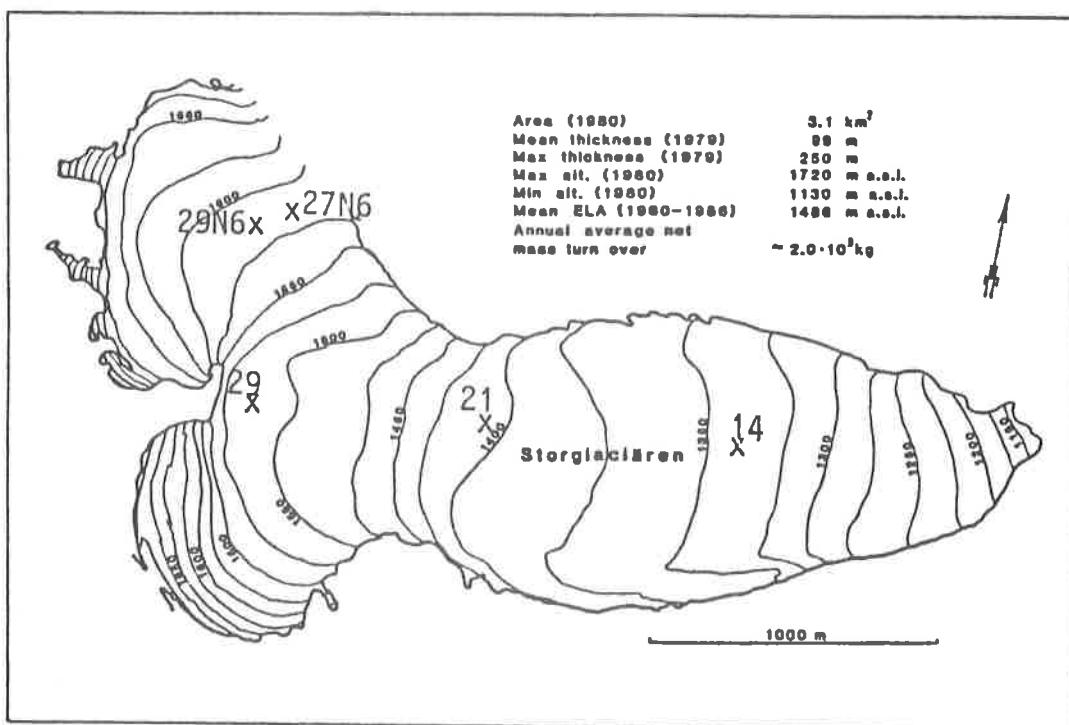
### Snöschakt

Snödensiteten studerades i snöschakt som grävts ner till föregående års sommaryta. Snöprovtagare i stål med diametern 7.0 cm och längden 25.0 cm användes. Snön vägdes i plastpåse på fjädervåg med noggrannheten 5 g. Synliga islinser togs inte med vid provtagningen.

### Kärnborr

En kärnborr av märket "Zieppre" med diametern 7.0 cm användes. Ett cirka en meter djupt schakt grävdes först och densiteten i snötäckets översta meter beräknades med hjälp av snöprovtagare. Därefter togs prov med borren ned till sommarytan. De upptagna borrkärnorna var i allmänhet mellan 20 och 50 cm långa och de mättes med mm noggrannhet. Därefter vägdes kärnorna i plastpåse på fjädervåg med noggrannheten 5 g. Djupet i borrrålet uppmätttes både före och efter upptagningen av varje borrlängd. Detta för att kunna kontrollera rimligheten på borrlängden eftersom snö hela tiden rasar ner i borrrålet. De upptagna kärnorna sparades och lades i upptagen ordning uppe på glaciärytan för att eventuella färgförändringar, som kunde ge en antydan om sommarytans läge, lättare skulle kunna identifieras.

Meningen var att dessa tre metoder skulle jämföras vid samma lokal under samma dag med pga praktiska svårigheter blev så inte fallet. Sammanlagt användes fem olika lokaler (figur 33). Projektet inleddes 8:e maj med att ett schakt grävdes vid stake 14 och tre parallella densitetsbestämningar med snöprovtagare utfördes. I anslutning till schakten gjordes tre försök med snörör. En densitetsmätning med snöpovtagare gjordes i ett schakt vid stake 29 den 13:e maj. En dryg vecka senare, den 23:e maj, utfördes en kärnborrning på denna lokal. Samma dag samt dagen efter gjordes ytterligare tre densitetsbestämningar i området. Eftersom snösmältningen och därmed bildandet av islinser vid det laget börjat (flera dagar av sol och värme) så var det inte möjligt att göra några fler försök med snöröret.



Figur 33. Storglaciären and the positions of the snow density measurements.

## RESULTAT

Från de tre försöken med snöröret vid stake 14 den 8:e maj erhölls medeldensiteten 0.42 [kg/dm<sup>3</sup>] för samtliga försök. Snödjupet varierade mellan 108 och 125 cm.

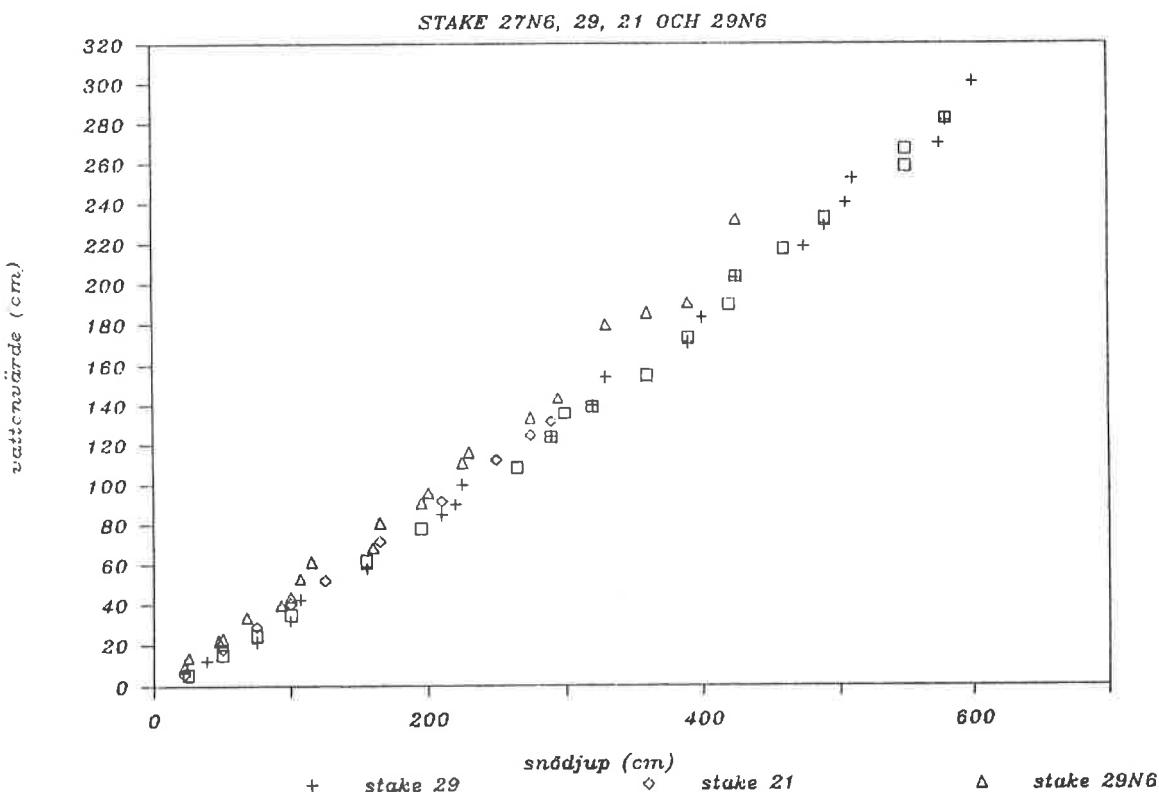
Medeldensiteten från tre densitetsbestämningar i snöschakt vid stake 14 den 8:e maj varierade mellan 0.39 och 0.41 [kg/dm<sup>3</sup>] och snödjupet mellan 134 och 137 cm.

Resultaten från de fyra försöken med kärnborren presenteras i tabell 13 samt i figur 34.

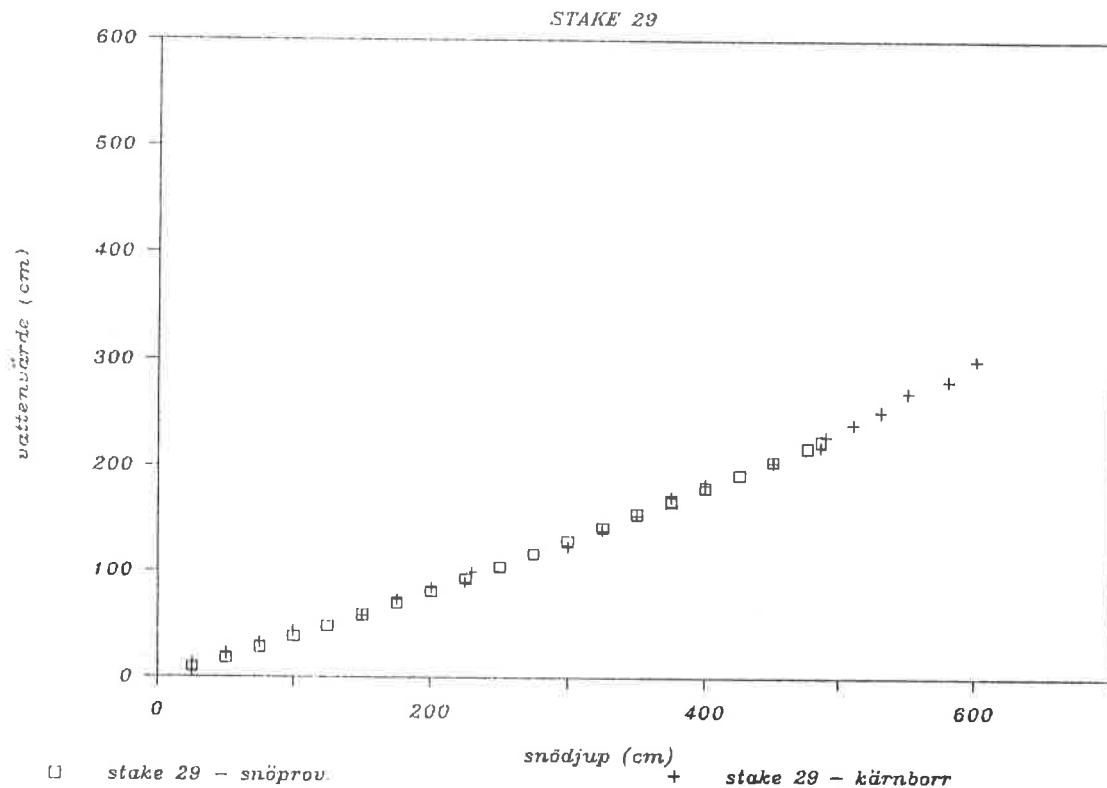
Resultatet från jämförelsen mellan densitetsbestämningen i snöschakt och med kärnborr vid stake 29 den 13:e och 23:e maj visas i figur 35. Medeldensiteten från snöschaktet var 0.46 [kg/dm<sup>3</sup>] vid ett snödjup på 486 cm.

**Tabell 13. Densitetsbestämning med kärnborr.**

Datum	Lokal	Sommar- yta	Medel- densitet	Summa vattenvärde
		[ cm ]	[ kg/dm <sup>3</sup> ]	[ cm ]
880523	Stake 29	483	0.45	218
880524	Stake 29N	420	0.46	191
880523	Stake 27N	510	0.46	233
880524	Stake 21	290	0.45	132



**Figur 34. A comparison between the cumulative w. eq. from four density measurements with hand coring auger.**



**Figur 35.** A comparison between the cumulative w. eq. from snow density measurements in snow pit and with hand coring auger at stake 29.

## DISKUSSION - UTVÄRDERING

Denna tämligen övergripande fältundersökning visar att samtliga tre metoder bör kunna användas med tillfredsställande resultat. Spridningen av de erhållna densiteter är mycket liten, såväl för varje metod som mellan de olika metoderna. Metoderna har givetvis sina för- respektive nackdelar främst i det praktiska utförandet och deras användningsområden bör lämpligen anpassas med hänsyn till dessa.

### Snörör

Tyvärr blev inte utprovningen av snöröret gjord i önskad omfattning. Spridningen av resultaten hade möjligen blivit annorlunda med större snödjup. Rent praktiskt visade det sig tydligt att efter smältsäsongens början så är användningen av snöröret begränsad eftersom det inte förmårträngas igenom is linser. Varmare snö ger dessutom isbildning på insidan av röret och det uppstår svårigheter att ta ut snökärnorna. Metoden bör dock vara lämplig under de kalla vintermånaderna november - april. När snöröret används är det lämpligt att väga snön i plastpåse och på fjädervåg med noggrannheten 5 g istället för den till utrustningen hörande vågen med noggrannheten 250 g. Den visade sig vara alldelvis för grov för detta ändamål.

## Snöschakt

Eftersom metoden är resultatmässigt beprövad under lång tid så har den arbetsinsats som krävs inte ifrågasatts i den omfattning som den rimligtvis borde ha gjort. Att gräva snöschakt är ett otroligt tidskrävande arbete. Speciellt i slutet av ackumulationssäsongen då snömängden är som störst och de flesta densitetsmätningarna utförs. Till metodens fördelar hör möjligheten att se snöstratigrafen "på plats". Tidsfaktorn borde dock väga tungt i detta fall och metoden bör förslagsvis användas vid mindre snödjup.

## Kärnborr

Utifran resultaten i denna undersökning måste metoden få ett positivt utåländande och anses som ett fullt godtagbart alternativ till schaktgrävningen. Figur 34 visar hur väl det kumulativa vattenvärdet överensstämmer mellan de fyra olika borraplatserna. I figur 35 ser man dessutom att resultaten från snöprovtagningen och kärnborrningen vid stake 29 följs åt väldigt väl. Metoden innebär en stor tidsbesparing jämfört med schaktmetoden och tiden kan istället användas till densitetsbestämningar för fler lokaler. En noggrannare spridningsbild av densiteten beroende på höjd över havet, snödjup och eventuellt också exponering och lutning kan på så vis fås. Snöschakt ner till två meter kräver inga stora arbetsinsatser men då snödjupet börjar närliggande tre meter tar schaktgrävningen en hel del tid i anspråk och kärnborren bör komma ifråga. Detta gäller framförallt ackumulationsområdet där snödjupet vanligtvis uppgår till 5-6 meter. En annan fördel med denna metod visade sig vara att sommarlytan i vissa fall var lättare att identifiera då snön befann sig i ett annat ljus d v s. då de upptagna kärnorna låg i följd uppe i dagsljuset. Ett problem i sammanhanget är hur man ska behandla förlusten av borrkärnorna. Under denna undersökning förstördes uppemot 20% av den totala borrkärnan vid upptagningen av borren. Här ligger det nära till hands att göra en subjektiv bedömning av varje delprov och sätta godtyckliga gränser för de djupintervall som varje upptagen snökärna ska motsvara. Slutresultatet ser inte ut att påverkas nämnvärt även om dessa avgränsningar förändras något.

## REFERENSER

- Holmlund, P., 1987: Massbalance of Storglaciären during the 20th century. *Geogr. Ann.*, 69A (3-4): 439-447.  
 Schytt, V., 1973: Snow densities on Storglaciären in spring and summer. *Geogr. Ann.*, 55 (3-4): 155-158.

## SNÖACKUMULATION I TARFALADALEN

Katarina Strömberg

Målsättningen med projektet är att bestämma snöackumulationen i Tarfaladalen, samt att utveckla tekniken för denna typ av studier. Fältarbetet utfördes under perioden 880512-880529.

### SNÖDJUPET VID TARFALASTATIONEN

Snödjupsobservationer gjordes varje dag på tio permanenta stakar vid stationen. Snötätheten för olika snödjup bestämdes i schakt i nära anslutning till dessa stakar. På så sätt kunde förändringar i snötäckets vattenvärde uträknas, och därigenom tidpunkten för ackumulationsperiodens slut bestämmas (vid maximalt vattenvärde). 1988 slutade ackumulationsperioden den 20:e maj i området, medelsnödjupet var då 141 cm och densiteten för det djupet 0,390 [kg/dm<sup>3</sup>].

### SNÖDJUPSKARTA

Snödjupet sonderades var 100:e meter i tio profiler, sammanlagt 102 punkter, mellan i terrängen lätt identifierbara punkter (fix-punkter, bergstoppar) och där det gick bra att färdas med skoter. Dessutom sonderades snödjupet på skidor var 25:e m över en lateralmorän, var 50:e m i 34 punkter i ett nät över en sluttning väster om stationen, samt i 20 punkter över moränonmrådet framför Storglaciären. Även en ränna på en sluttning öster om stationen sonderades i ett nät om 25 punkter. Mätavståndet anpassades efter antagen variation i snödjupet (underlagets utseende) inom delområdet. Det intäckta området blev ca 2,32 km<sup>2</sup> (figur 36), rännan ej medräknad. Snödjupskartan konstruerades med 50 cm-isolinjer. Storblockiga moränryggar togs ej med i beräkningarna p g a deras ojämna snötäcke. Det totala vattenvärdet uträknades med hjälp av uppmätta densiteter för olika snödjup. Resultatet blev  $1,60 \times 10^6$  m<sup>3</sup> vatten för det 2,32 km<sup>2</sup> stora området.

Snökartan som nyckel för utprövande av andra metoder

För att pröva sig fram till enklare och snabbare vägar att uppskatta snöackumulationen i dalgången, får snökartan utgöra en "nyckel". Zakrisson (1981) kunde på så sätt finna att vissa väl utvalda profiler gav ett resultat som bara skilde sig + 8 till -15% från resultaten erhållna från snökartan.

## Korrelation till en stationär profil

Medelsnödjupet för hela det sonderade området jämfördes med medelsnödjupet vid de permanenta stakarna vid stationen. Den härvid framräknade korrelationskoefficienten måste jämföras för flera år innan man kan utvärdera tillförlitligheten i denna metod. Underlagets beskaffenhet påverkar snöackumulationen, p g a detta gjordes en viss indelning av kartans område. De tre delområdena var: dalbotten, området framför Storglaciären, och slutningen väster om stationen (slutning utan rännor) ansågs ha en specifik snöackumulation som skilde sig signifikant från dalbotttnens.

Medelsnödjupet blev: 1.86 m för slutningen (a), 2.03 m för frontmoränen (b) och 1.62 m för dalbotten (c). Korrelationen till profilens medelsnödjup (d) blev: 1.33 (a), 1.45 (b) och 1.14 (c).

Zakrisson (1981) anser att snöfordelningen i meso- och mikroskala är lika från år till år.

## Jämförelse med fotografier

En snökarta kan framställas från fotografier av snötäckets utbredning vid olika tidpunkter och samtidig mätning av densitet och snödjupets minskning vid stationen. Dokumenteringen måste fortsätta så länge snösmältning sker och snö finns kvar.

## Kommentarer till snödjupskartan, figur 36

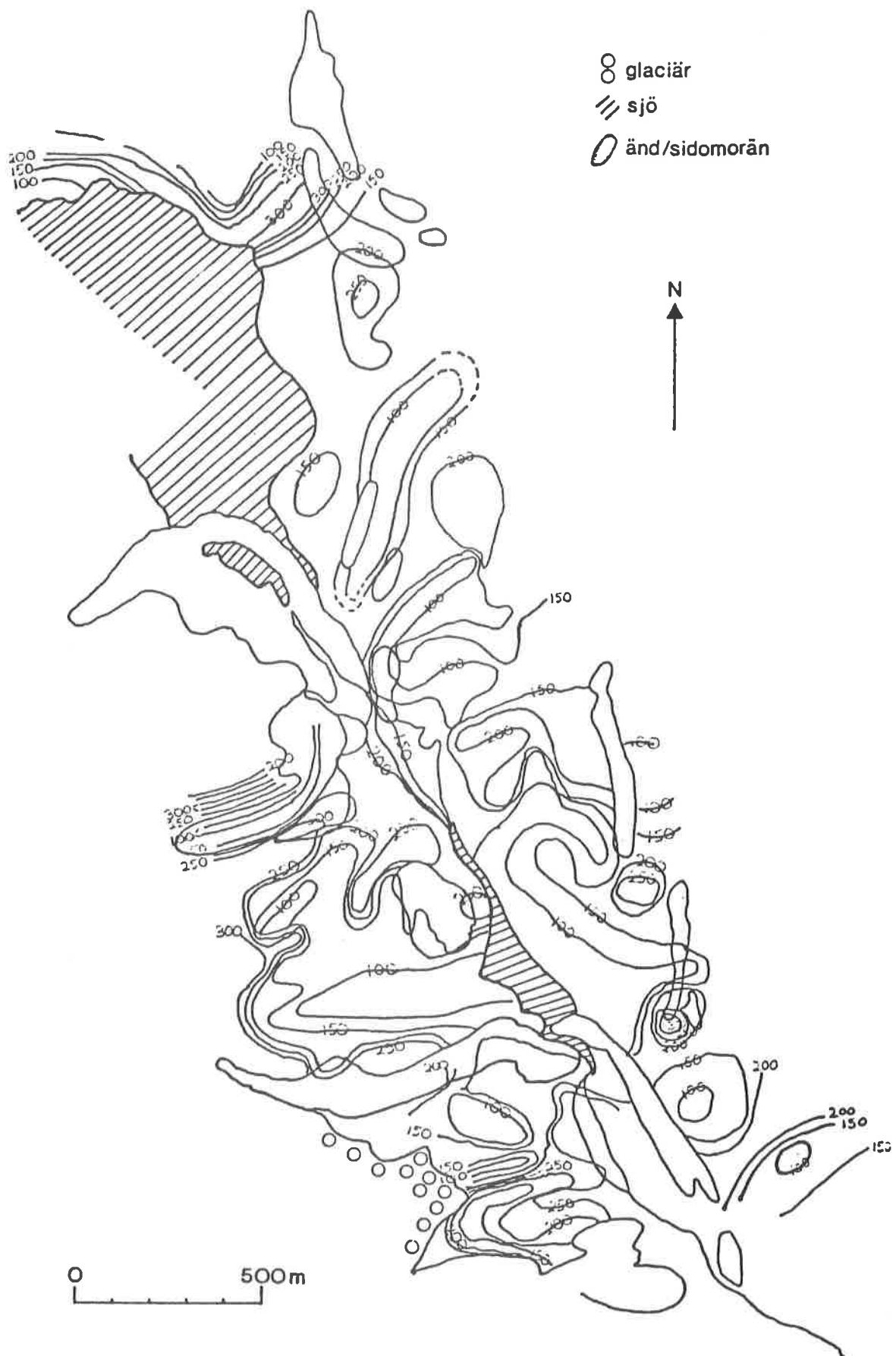
### A. Snöackumulationen - generell fördelning

Vid en jämförelse mellan en topografisk karta och de uppmätta snödjupen kan i stora drag sägas att de största snödjupen återfanns i svackor (t ex jåkkarna nedanför Storglaciären) och i andra mer skyddade lägen nedanför glaciärerna, och intill moränryggar. På slutningen nedanför Södra klippberget ser man en trend till en ökning med höjden, vilket kan skönjas över hela kartområdet. Minsta snödjupen tycks ha funnits på moränryggar och andra konvexiteter som mellan jåkkarna framför Storglaciären, mitt på större "jämnare" partier som nedanför S. klippberget, på mitten av östra sidan av de ostliga frontmoränerna, och inom en stor del av området runt Lillsjön.

I stort sett kan man se en styrning av ackumulationen genom topografin. Den lokala vindstyrningen har orsakat relativt vindutsatta och mindre vindutsatta områden vilka blivit ackumulationsområden, t ex omkring moränryggar.

### B. Val av isolinjer

Snödjupen inom området varierar på de sonderade punkterna mellan 0 och 400 cm. Isolinjer för var 50:e centimeter ansågs ge det bäst överblickbara och tydliga snödjupsmönstret. Tätare isolinjer gav ett rörigt intryck och ej mer information snödjupets variation.



Figur 36. Map of snowdepth of the north part of the Tarfala Valley, 20 May 1988. Snödjupskarta över norra delen av Tarfaladalen den 20 maj 1988. Isolinjer har enbart utritas mellan mätpunkter och ej över de moräner inom området som ej sonderats.

## DENSITET

Densiteten mättes en gång per vecka för olika snödjup vid stationens stakar. Att densiteten ökar med ett ökat snödjup har framkommit i andra undersökningar (Zakrisson, 1981), och erhölls även i denna studie. Exempelvis uppmättes vid samma tidpunkt en  $0,091 \text{ [kg/dm}^3]$  högre densitet för ett 2,5 m snölager än ett 1,6 m snölager, och  $0,057 \text{ [kg/dm}^3]$  högre densitet för ett 1,8 m snölager än ett 1,0 m snölager.

## SNÖDJUPSVARIACTION INOM KORTA STRÄCKOR

Vid sonderingarna erhölls en väsentlig skillnad i snödjup inom mycket små områden ( $\text{m}^2$  storlek), vilket förmodas bero på underlagets ojämnhet. För att få ett mått på denna variation, och på det härigenom uppkomna felet p g a val av sonderingspunkter, gjordes en liten studie av snödjupsvariationen inom korta sträckor. Sex sträckor x 50 meter inom dalbotten, och lika många och långa på en sluttning utan rännor, sonderades med en meters och tio meters avstånd. Resultaten visar för dalbotten en maximal variation inom tio meter (djupet sonderades varje meter) på 232 cm, medel: 88,5 cm, och inom 50 meter (sonderingen utfördes var tionde meter) 258 cm resp. 107,5 cm. Motsvarande resultat för sluttningen var inom tio meter: 238 cm, medel: 147 cm, och inom 50 meter: 211 cm, medel: 153 cm. Medelvärdet visar på en större variation inom små avstånd (upp till 50 m) på sluttningen än inom dalbotten.

Möjligheten att underestimera snödjup eller överskatta detsamma ökar med ökad varians i snödjupet. Variansen var stor redan då mätningar gjordes varje meter, men bara 3/5 av variansen då mätningar på samma plats gjordes var tionde meter. Inom dessa små avstånd (t o m inom tio meter) uppmättes på en del sträckor i stort sett en lika stor spridning av snödjup som inom hela det sonderade området i dalgången (figur 37 och 38).

Detta resultat ger en antydan om att sonderingar med ett glest mätavstånd över stora områden ej ger en bättre uppskattning av snötäcket än ett småskaligt sonderingsnät.

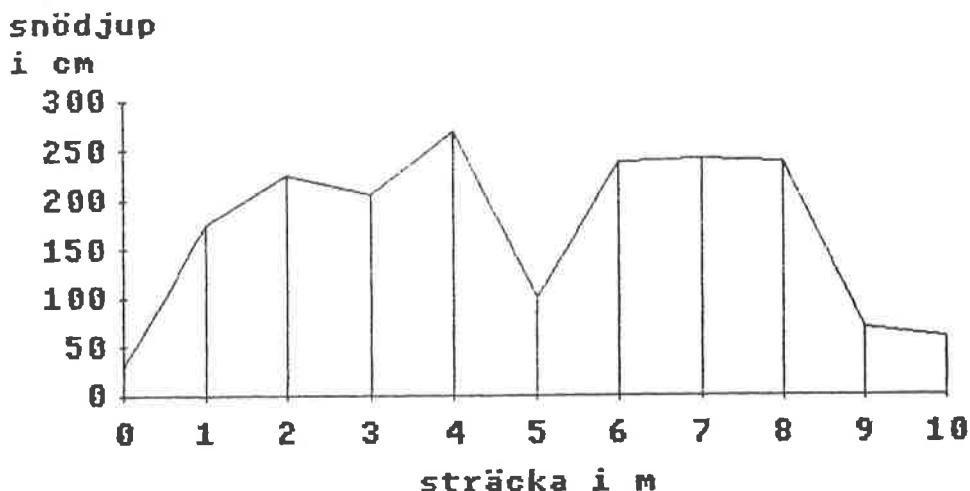
En iakttagelse vid sidan av studien är att samtliga 12 sträckor får ett ökat snödjup med ett ökat avstånd från Tarfalajåkk (ökad höjd).

## FELSAMMANSTÄLLNING

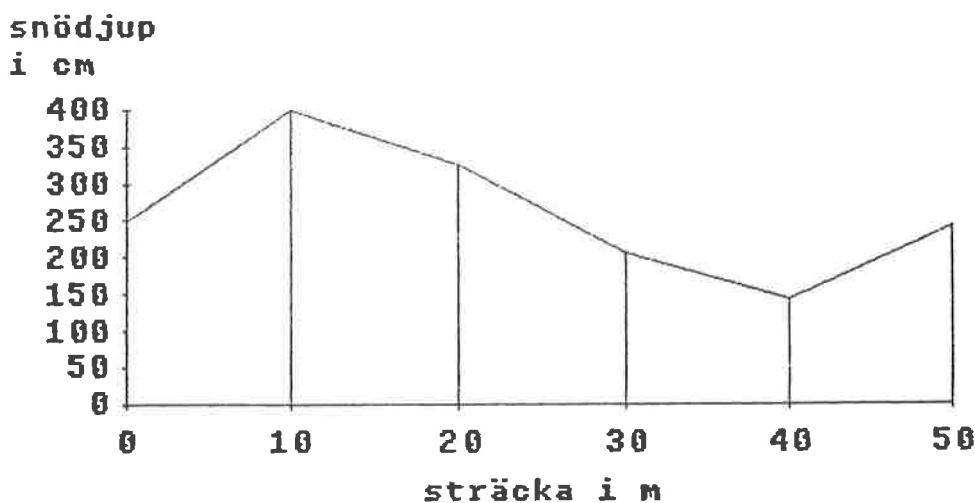
**Isolinjer:** Med 50 centimeters isolinjer erhölls för det sonderade området (dalbotten) felet  $+/- 1.74 * 10^5 \text{ [m}^3]$  vatten, d v s  $10^5 \text{ [m}^3/\text{km}^2]$ .

**Densitet:** Ett ex.; Om en densitet för 1,5 m används för ett område med ett djup av 2,5 m uppkommer felet  $-2.5 * 10^5 \text{ [m}^3 \text{ vatten}/\text{km}^2]$ .

**Mätpunktstäthet:** Då snödjupet mättes med femtio meters avstånd erhölls det maximala felet  $1.27 * 10^6 \text{ [m}^3 \text{ snö}/\text{km}^2]$  (figur 39) då jämförelse gjordes med mätavståndet 10 m, och  $1.35 * 10^6 \text{ [m}^3 \text{ snö}/\text{km}^2]$  (figur 37) inom tiometers sträckor då jämförelser gjordes med enmeters sträckor.



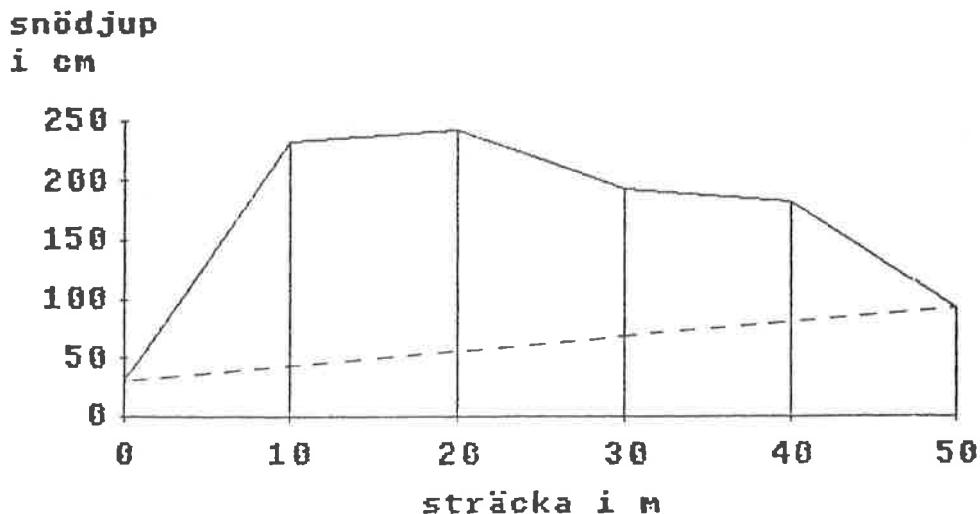
Figur 37. Example of snow depth variation within 10 m. Exempel på stor snödjupsvariation inom 10 m.  
En mätning var 10 meter skulle på denna sträcka ge en underskattning på i genomsnitt 135 cm per meter.



Figur 38. Example of snow depth variation within 50 m. Exempel på stor snödjupsvariation inom 50 m.

Avläsningsfel på snösonden: Avläsningsfelet på snösonden bör vara maximalt +/- 2.5 cm, vilket ger ett fel av  $0.25 \text{ [m}^2 \text{ snö]}$  på tio meter, d v s med en densitet på  $0.4 \text{ [kg/dm}^3\text{]}$ ,  $1.02 * 10^5 \text{ [m}^3/\text{km}^2\text{]}$ .

Avläsningsfel på snöstakar: Detta fel bör ej överstiga 0.5 cm felläsning, vilket med en densiteten av  $0.4 \text{ [kg/dm}^3\text{]}$  ger ett fel på  $2.0 * 10^4 \text{ [m}^3/\text{km}^2\text{]}$ .



Figur 39. Example of snowdepth variation within 50 m. It will result in a great loss of snow depth estimation if probebed with 50 m space. Enbart sondering var 50 m ger en underskattning av snödjupet på  $1.27 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \text{ snö}/\text{km}^2$ .

## SLUTSATS

Resultaten visar på betydelsen av att, ej försumma variationen inom små områden (74 % av det totala felet). Eftersom förra årets pilotstudie av snödjupsvariationen (Strömberg, 1988) visade att olika områden inom Tarfaladalen hade ett signifikant åtskilt snödjup vid sonderingar med 50 och 100 meters avstånd kan kanske en lösning vara småskaliga sonderingsnät utspridda på olika platser i dalgången där olika ackumulationsförhållanden kan förväntas.

Det totala felet överstiger resultaten från snökartan. Härav följer nödvändigheten att för framtida studier försöka att minska de största felkällorna: val av sonderingspunkter och densitet.

## EJ SONDERBARA OMRÅDEN

Eftersom en stor del av dräneringsområdet är svårtillgängligt, måste en alternativ metod till snödjupsonderingar utarbetas för dessa områden.

### Metod 1 för ej sonderbara områden; typområden

I korthet indelas området i typområden med hänsyn till skillnader i topografin. Sonderingar görs inom ett område av var typ, och resultatet sägs gälla generellt för alla delområden av samma typ. Den snötäckta delen av varje delområde uppskattas från fotografier. Sammanlagt indelades Tarfaladalen i 54 delområden fördelade på tio typområden. Erfoderliga uppgifter för sammanställning av studien har ännu ej varit tillgängliga.

## Metod 2; fotografering

Metoden innebär en efterkonstruktion av snödjupet från fotografier som ger ytminskningen av snöfälten mellan två tidpunkter, och samtidig observation av smältmängden vid permanenta mätpunkter. Eftersom metoden kräver övervakning av det minskande snötäcket under hela smältperioden kunde den inte fullföljas denna säsong.

## REFERENSER

- Zakrisson, K., 1981: Snow assessments and snow distribution in the Malmagen area at 62° N in Sweden, with special reference to spring runoff forecasts. *Geogr. Ann.* 63A (1-2): 11-17.
- Strömberg, K., 1988: Snowprobings in Tarfala valley May/June-1987. In G. Rosqvist (ed.): *Annual Report 1987 Tarfala Research Station*, University of Stockholm, Department of Physical Geography, S-10691 Stockholm, Sweden: 84.

## BARMARKENS FRAMSMÄLTNING I TARFALADALEN

Christina Sälgblad

### INLEDNING

I stora drag följer avsmältningen samma mönster varje år i Tarfaladalen. Material från flera år bör därför kunna kombineras för framställning av en karta, som visar hur barmarken ökar och hur snöfälten minskar i storlek. Ytan av snö/barmark bör kunna beskrivas som ett index vilket påverkar avrinningen pga snöavsmältningen.

Med hjälp av fjärranalytiska metoder skall snötäckningen i dalen studeras och bestämmas för olika tidpunkter.

1988 är tänkt som ett referensår eftersom en koppling mellan fjärranalytiska resultat och fältresultat kan göras. I denna rapport kommer endast en del av arbetet att redovisas eftersom allt material ej ännu är bearbetat.

### METODIK

De fjärranalytiska metoder som kommer användas är följande:

Satellitbilder

Flygbilder

Fotografering från helikopter

Fotografering från marken

samt occulär besiktning (avläsning av stakar)

### SATELLITBILDER

Den LANDSAT-scen som finns på Naturgeografiska Institutionen, Stockholms Universitet har studerats översiktligt och användningen av den är begränsad. Eftersom minsta synliga enhet är av storleksordningen 50 gånger 50 meter kan inga detaljstudier göras över mindre områden. Delar av scenen täcks dessutom av moln vilket gör den oanvändbar. Slutligen är den tagen så sent på sommaren att endast perenna snölegor är med, vilket gör den mindre lämpad för studier av avsmältningsmönen.

### FLYGBILDER

Ett stort antal flygbilder finns från åren 1946 - 1980. Bilderna är dock av skilda kvaliteer. I en första studie har bildmaterial från 1969 och 1980 använts för att föra över snöfält till 1987 års karta över glaciärerna i Kebnekaiseområdet i skala 1:10.000. Överföringen har skett i karteringsinstrumentet Wild B8 och med handledning av M. Lindström.

## FOTOGRAFERING

Från helikopter:

Under fältperioden gavs möjlighet till en fotografering över dalgången från helikopter. Denna ägde rum den 20:e maj och då flögs två stråk i nord-sydlig riktning längs hela dalgången.

Från marken:

Under fältperioden den 15:e maj till den 26:e juni 1988 utfördes ett antal fotograferingar över den övre delen av Tarfaladalen (från Rännan och norrut). Fotograferingarna gjordes från fyra punkter och vid fem olika tillfällen med ungefär en veckas mellanrum. Fotopunkterna valdes med tanke på att;

- hela dalen skulle kunna täckas in vid ett fotograferingstillfälle
- alla punkterna måste kunna nås på en dag, de fick alltså inte ligga på för stort avstånd från varandra och på för stora höjdskillnader
- fotovinkeln ej skulle bli för sned

De fyra punkterna är belägna på följande platser:

Punkt 1 ligger på Södra Klippbergets sluttning mot NO på en höjd av 1230 m ö.h.  
Punkt 2 ligger även den på Södra Klippbergets sluttning men ca 500 meter åt söder från punkt 1

Punkt 3 ligger på södra delen av krönet på Isfallsglaciärens ändmorän, på en höjd av 1180 m ö.h.

Punkt 4 ligger rakt öster om Norra Morän på östra sidan av dalen, på en höjd av 1150 moh

Utrustningen som användes var en kamera typ Canon, med Kodak's svart-vita T-max 100 film.

Vid varje fototillfälle fotograferades samma sekvens bilder med så stor noggrannhet som möjligt.

## OCCULÄR BESIKTNING (AVLÄSNING AV STAKAR)

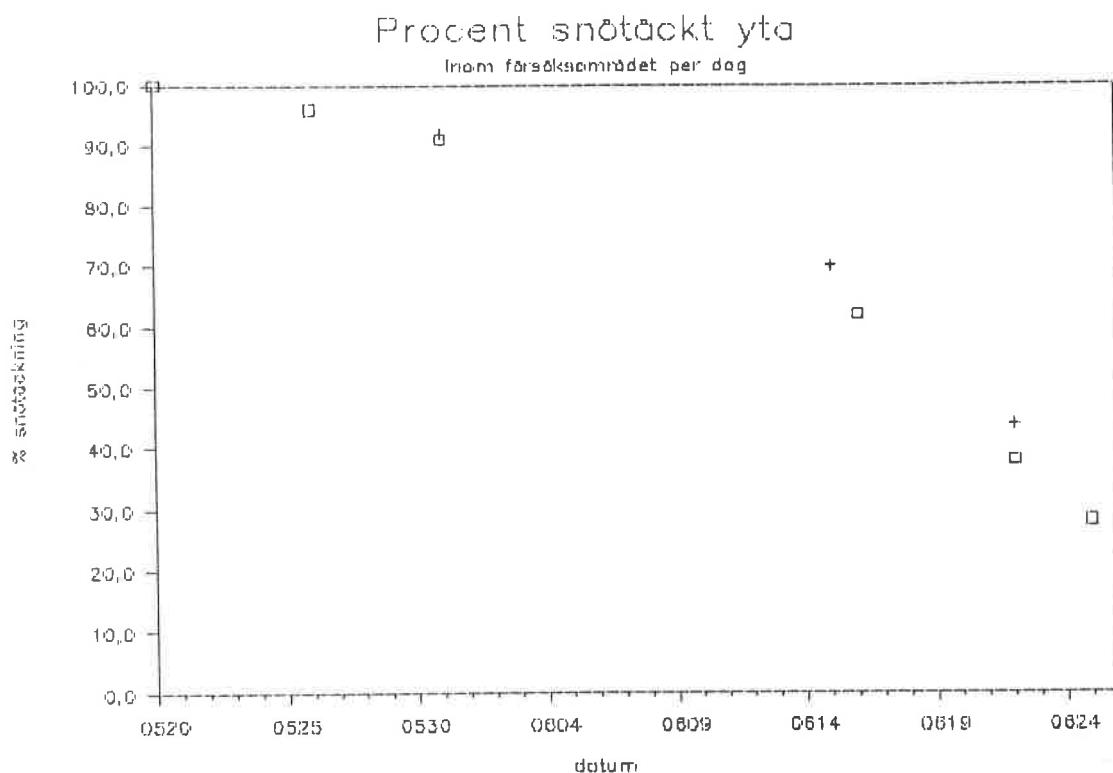
Under sommaren 1987 sattes 10 stakar ut vid stationen, dessa placerades från väderburen och norrut på ett avstånd av ca 10 m från varandra. För att integrera dessa i observations området placerades ytterligare fyra stakar ut på ett avstånd av 100 meter, så att en profil med sex stakar erhölls (Profil A). Ytterligare två profiler markerades öster om profil A på ett avstånd av 100 meter mellan respektive profil (profil B och C).

Till stakar användes träläckt som markerades varje decimeter med streck och siffervärde på en sida, sydsidan. Innan läckten placerades ut hade den tilltänkta platsen sonderats för att få fram det största snödjupet. Vid utsättningen uppstod ibland svårigheter med att få ner läcket till markytan p g a islinser. Vid dessa tillfällen borrades hålet med en borr. Avläsningarna påbörjades den 26:e maj och pågick tills läcket var framsmält, eller som längst till den 25:e juni. Avläsningarna gjordes dagligen och för det mesta på förmiddagen.

## RESULTAT-DISKUSSION

Beräkning av procent snötäckt yta inom försöksområdet vid olika tidpunkter.

På de fotosekvenser som föreställde försöksområdet markerades området genom att lämpliga punkter i terrängen, t.ex. stora block identifierades. Med hjälp av ruträkningsmetoden beräknades förhållandet mellan snötäckt yta och barsmält yta vid fotograferingstillfällena. Se figur 40.



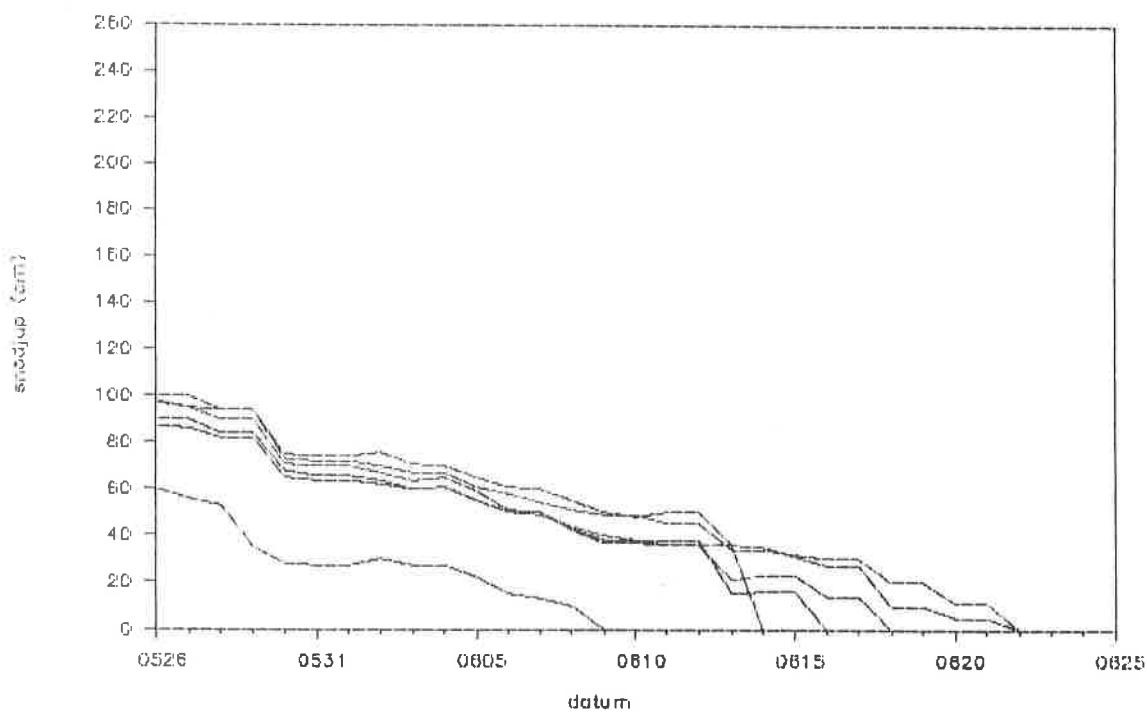
**Figur 40.** Den snötäckta ytans areaförändring under smältsäsongen. Beräknat från fotografier från punkt 1 och 2.

I likhet med Strömbergs (this volume) resultat från Storglaciärens dalsidor sker areaeförändringen ej linjärt. Avsmältningshastigheten är lägre i början, för att i början av juni, då området är snö-täckt till 70 % öka till den dubbla hastigheten. En orsak till detta är det minskade albedot.

Från stakavläsningarna kan konstateras att snödjupet varierar mycket inom området. Det största snödjupet avlästes i punkt C3 och visade ett värde på 243 cm. Flest punkter med stort snödjup fanns i Profil B och flest antal små snödjup fanns i Profil A. Trots dessa variationer i snödjup visade värdena på avsmältningen mycket små skillnader. Skillnaderna ligger inom felsmarginalen för avläsningarna av stakarna. Snödjupets variation i de tre profilerna visas i figur 41, 42 och 43.

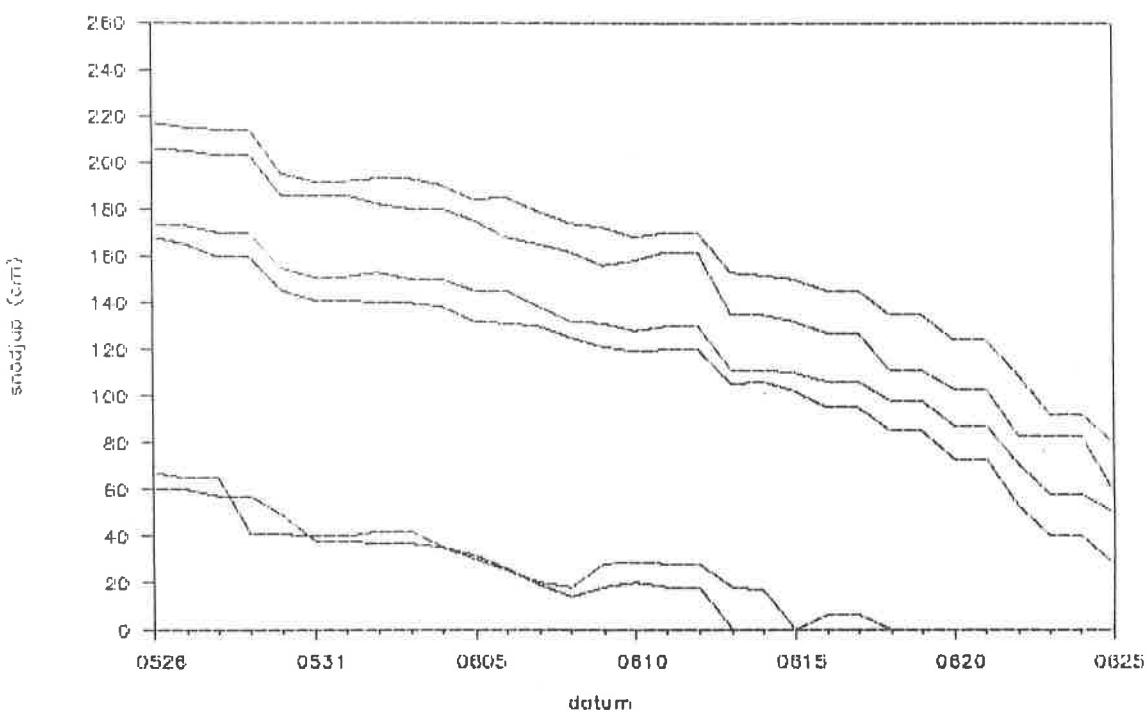
Medelvärdet för avsmältningen för området per dag visas i figur 44. Avsmältnings-topparna kan relateras till dygn med hög temperatur eller hög vindhastighet.

### SNÖDJUP I PROFIL A



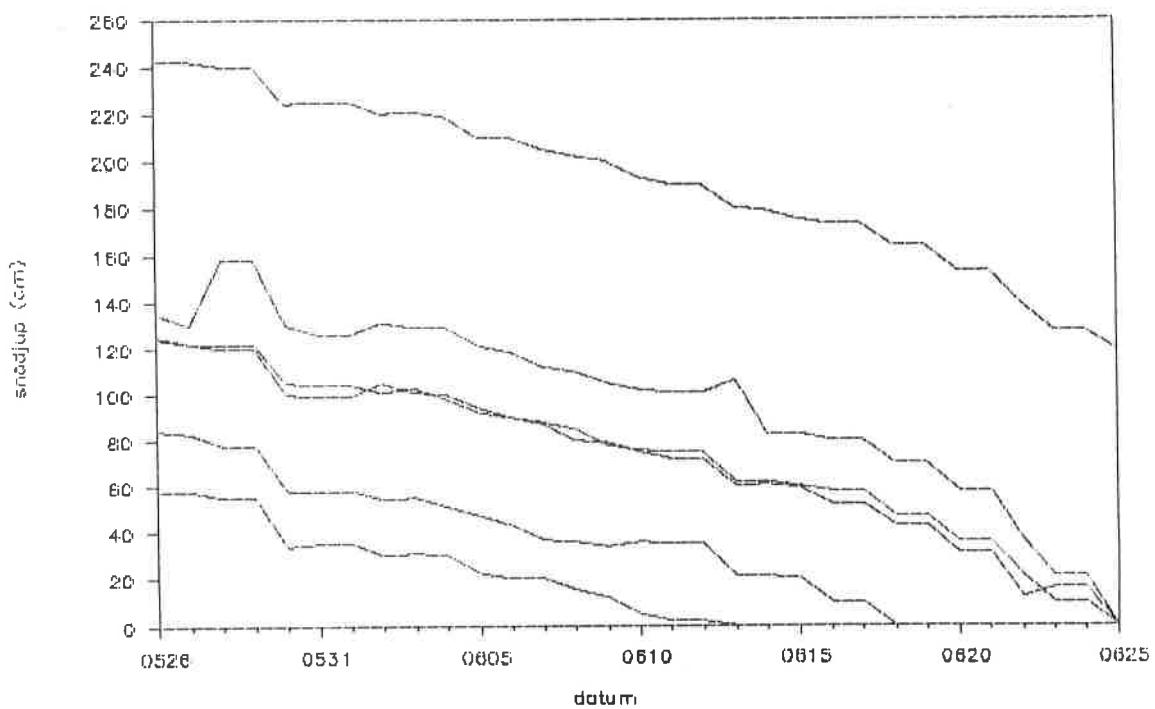
Figur 41. Snödjupets förändring i varje mätpunkt per dag, profil A.

### SNÖDJUP I PROFIL B



Figur 42. Snödjupets förändring i varje mätpunkt per dag, profil B.

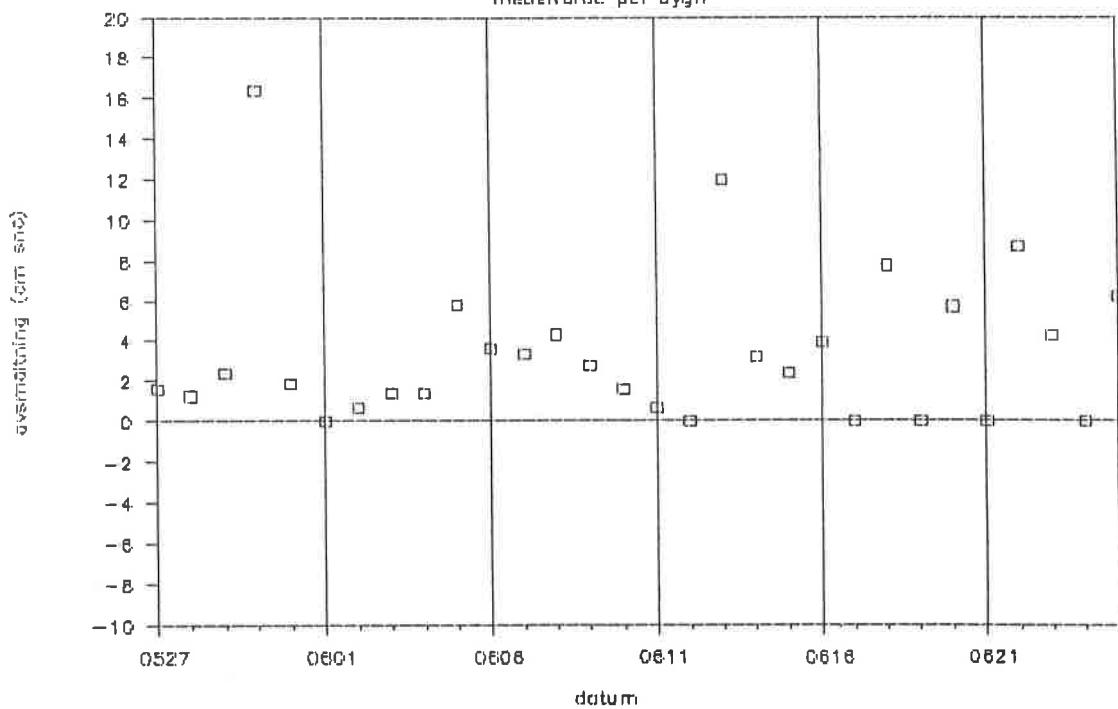
## SNÖDJUP I PROFIL C



Figur 43. Snödjupets förändring i varje mätpunkt per dag, profil C.

## AVSMÄLTNING FÖR FÅLTET

medelvärde per dygn



Figur 44. Medelvärde för avsmältningen i försöksområdet per dag under smältsäsongen.

## SLUTSATSER

Slutligen kan konstateras av hittills gjorda studier att när de ekonomiska resurserna ej möjliggör upprepade flygfotograferingar är markbilder en bra lösning. Ett bra underlag erhålls vid upprepade fotograferingar med en veckas mellanrum. Om fotograferingarna även sker från olika punkter vid samma tillfälle erhålls en kontroll vid areaberäkningen av snötäckt yta / barsmält yta.

Den oculära besiktningen visade sig vara tidskrävande med tanke på de små skillnaderna i avsmältningsgraden som framkom vid denna studie. Om den dagliga stakavläsningen ersattes med en noggrannare avläsning i samband med fotograferingstillfället skulle samma resultat erhållas.

## REFERENSER

- Strömberg, K., 1989: Snöackumulation i Tarfaladalen. In A.P. Stroeven (ed.): *Annual Report 1988 Tarfala Research Station*, University of Stockholm, Department of Physical Geography, S-10691 Stockholm, Sweden: **56-62**.

## DATERING AV MORÄNER MED DEN VITTRINGSBASERADE SCHMIDT HAMMER-TEST TEKNIKEN.

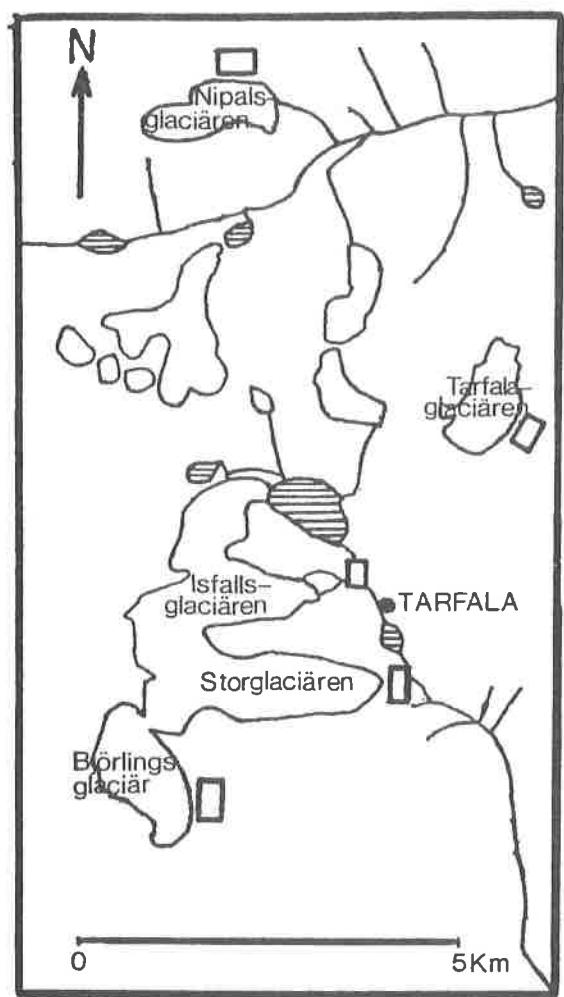
Lars-Åke Wall

### SAMMANFATTNING

Klimatets variationer kan fastställas om åldern på moränryggar framför recenta glaciärer kan bestämmas. De befintliga dateringarna av moränerna är gjorda med lichenometri och  $^{14}\text{C}$ -metoden. För att komplettera ovanstående dateringstekniker har en vittringsbaserad dateringsteknik, Schmidt hammer-test tekniken, prövats i Kebnekaise-området. Tekniken har tidigare används, bland annat i Norge (Matthews & Shakesby 1984) och på Island (Caseldine 1987). Moränryggar och områdena utanför de yttersta ryggarna framför fem glaciärer har studerats, (figur 45). Resultaten har jämförts med befintliga dateringar. Jämförelsen har visat att Schmidt hammer-test tekniken utgör ett värdefullt komplement till befintliga dateringsmetoder, men metodens problem begränsar dess användbarhet. Metoden har givit antydningar om hur vittringsintensiteten varierar med bland annat höjden över havet. Resultatet har givit indikationer, som tyder på att högt belägna platser deglacierats tidigare än vad som vanligen ansetts.

### REFERENSER

- Caseldine, C.J., 1987: Neoglacial glacier variations in Northern Iceland: Examples from the Eyjafjördur area. *Arctic and Alpine Research*, 19 (3): 296-304.  
Matthews, J.A., & Shakesby, R.A., 1984: The status of the "Little ice age" in southern Norway: relative age dating of Neoglacial moraines with Schmidt hammer and lichenometry. *Boreas*, 13: 333-346.



Figur 45. Kartan visar undersökningslokalernas belägenhet.

## INMÄTNING AV GLACIÄRFRONTER I SVENSKA FJÄLLEN

Per Holmlund

Under den gångna sommaren besöktes 8 av de 20 glaciärfronter som står under observation. Av dessa åtta, som samtliga ligger i Kebnekaiseområdet, kunde sju mätas in. Den åtonde, fronten av Västra Pässusglaciären kunde inte mätas in i enlighet med tidigare mätningar då dess läge och form har förändrats på ett dramatiskt sätt sedan slutet av sjuttiotalet.

Samtliga inmätta fronter har under sommaren 1988 reträtterat. Medelreträdden för de sju glaciärerna är 8 m med extremerna 3 och 11 m. En generell reträtt var också väntad efter denna mycket varma sommar.

Inmätningarna presenteras i den ordning de utfördes och resultaten presenteras i tabell 14.

Riukojietna besöktes den 5:e augusti av G. Rosqvist, A. Stroeven och V. Pohjola. Fronten mättes in med kompass och måttband från en provisoriskt utlagd punkt med referens till punkt III-63. Totalt mättes 8 punkter in längs fronten. En preliminär utvärdering ger en reträtt på 14,5 meter på två år. Då inmätningen skedde under pågående smältperiod är det sannolikt att ytterligare reträtt ägde rum fram till ablationsperiodens avslutning i september.

Pässusglaciärerna mättes in av P. Holmlund, A. Schytt och H. Lidbrink den 9:e september. Östra Pässusglaciären har en väl definierad front som vilar på ett relativt slätt underlag. Av de fyra punkter som lades ut 1968-69, är en inte längre användbar då den är kullstjälpt av en smältvattenjåkk. Övriga tre visade en reträtt på respektive 24, 27 och 22 meter sedan 1985. Detta ger ett årsmedelvärde på 8 meters reträtt. Fem nya punkter lades ut med avstånd mellan 4 och 32 meter till den nuvarande fronten. Dessa punkter är inte målade men väl rösade och fotograferade.  
Avståndsmätningarna gjordes med ett måttband.

Västra Pässusglaciärens front har på ett dramatiskt sätt förändrats. Tidigare nådde tungan ner i dalbotten och samtliga fixpunkter ligger på motstående sida av dalen. Vid inmätningen 1977 tycks inga hinder ha förelegat för en fullgod inmätning. Därefter har ett stort, brant parti av fronten smält bort. Isen måste här ha varit mycket tunn. Vid inmätningen 1985 konstaterades att det inte längre var möjligt att måttbandsmäta fronten från de målade punkterna eftersom topografin var för bruten och avstånden för stora. Vid 1988-års besök hade vi endast med oss ett måttband och vi kunde därför inte heller denna gång kartera fronten. Detta måste vid kommande besök göras med ett karteringsinstrument. Intill fronten lade ut 5 små rösen på större block på ett avstånd mellan 0,5 och 13 meter från fronten. Deras läge i förhållande till fronten fotograferades och måttbandsmättes.

Unna Räitagliaciären måttbandsmättes av P. Holmlund och A. Schytt den 10:e september. Denna front mättes senast in 1986. Det isparti som når ner i sjön är nu helt avsnört från själva glaciären. Emellertid verkar detta lilla isparti ha ett eget ackumulationsområde och därmed leva sitt eget liv. Det finns djupa sprickor i denna del. I övrigt kan sägas att ett litet klipparti har smält fram mellan punkt III-63 och fronten vilket gör denna punkt svår att utnyttja. Av övriga 3 punkter framgick att den årliga reträtten har varit 3 m.

Rabots glaciär mättes in den 11:e september av P. Holmlund, A. Schytt och H. Lidbrink. Fronten kunde mätas in från samtliga fyra punkter som för ändamålet lades ut 1963. Avstånden är stora, ca 300 m, men tack vare den flacka sandurytan framför fronten är det ändå möjligt att få tillfredställande noggranhets i mätningarna. En ny punkt (VP-87) är utlagt mellan II-63 och fronten. Denna punkt kan i framtiden ersätta den äldre II-63. Punkt III-63 ligger kullvält men har sannolikt inte rört sig långt. Denna punkt bör dock ersättas med en ny nära fronten. En preliminär siffra som endast bygger på avståndet mellan fronten och punkt VP-87 visar på en reträtt av 11 meter sedan september i fjol. Detta kan emellertid ses som ett maximivärde eftersom det är mätt längst fram på tungspetsen och kan därför möjligen justeras något när den slutgiltiga utvärderingen är färdig.

Storglaciärens front mättes in med teodolit och geodimeter från fixpunkten "flata blocket" den 13:e september (Fronten blev även inmätt i samband med ett studentarbete den 1:a augusti men denna mätning diskuteras inte här). Totalt karterades 21 punkter längs en sträcka på ca 600 m. Arbetet utfördes av P. Holmlund, A. Stroeven och E. Isaksson. Frontens medelreträtt beräknades till 9 m sedan september 1986. Fronten var snötäckt under hela ablationsperioden 1987. Årets kraftiga avsmältnings har inneburit att ett större isparti (ca 20x45 m) har avsnörts vid fronten. Denna is är mycket tunn och saknar rörelse. Emellertid har detta isparti tidigare betytt mycket för frontens utseende som nu har fått en betydligt enklare geometri.

Isfallsglaciären mättes in med teodolit och geodimeter från fixpunkten "Isfalls utlopp" den 9:e september. Arbetet utfördes av A. Stroeven, G. Rosqvist, C. Sälgblad och C. Truedsson. Totalt karterades 13 punkter längs en sträcka på 400 m. Medelreträdden sedan september i fjol är 9 m, beräknat på fem punkter.

Sydöstra Kaskasatjåkkaglaciären mättes in den 10:e september från fixpunkt HG-86 med teodolit och geodimeter. Glaciärens östra tunga är en tunn rest från ett tidigare isflöde. Fronten på denna tunga mäts fortfarande in men det är inmätningen från dess västra front som här jämförs med tidigare års mätningar. Årets inmätning utfördes av H. Grudd, C. Truedsson och C. Sälgblad. Totalt karterades 23 punkter, varav 10 längs den västra tungan. Frontens reträtt sedan september 1987 var 6 m.

Tabell 14. Resultat från 1988-års inmätningar av glaciärfronter

Glaciär	Datum	Senast Inmätt	Årlig Förändring
Isfallsglaciären	9/9	1987	-9 m
SÖ Kaskasatjåkkagl.	10/9	1987	-6 m
V Påssusjetna	9/9	1978	* <sup>1</sup>
Ö Påssusjetna	9/9	1985	-8 m
Rabots glaciär	11/9	1987	-11 m
Riukojietna	5/8	1986	-7 m
Storglaciären	13/9	1986 * <sup>2</sup>	-9 m
Unna Räitaglaciären	10/9	1986	-3 m

\*<sup>1</sup> Resultaten från Västra Påssusglaciären kan ännu inte jämföras med tidigare inmätningar pga stora förändringar i frontens utseende. En noggrann kartering av området med instrument kommer kunna knyta ihop årets mätning med tidigare mätningar.

\*<sup>2</sup> Storglaciärens front var snötäckt under hela 1987 och därmed skedde ingen nettoavsmältnings. Senaste sommaren fronten var helt framsmält och karterad var 1986.

## TARFALA COMMUNICATIONS - RADIO AND INTERCOM SYSTEMS

Carl-Henrik Walde, Head FMV Radio Division

### BACKGROUND

Försvarets Materielverk (FMV, the Swedish Defence Materiel Administration) advised the Swedish Polar Research Secretariat on radio communications for the Swedish Antarctic Research Project SWEDARP 87/88. When Tarfala was used for polar training FMV suggested a new VHF radio system, identical to that for Antarctica, to extend the present radio coverage around Tarfala. Field trials took place in August 1987 (Walde 1988).

The Tarfala station intercom system ("local telephone") did not work and it was decided to repair that system as well.

### RADIO SYSTEM

The radio system has five portable, foolproof radio sets for the maritime mobile VHF FM band. Batteries are charged either in the Tarfala station or from small solar cells in the field. As several glaciers are far away and hidden behind mountains, a relay station (repeater) has been installed atop nearby Kaskasatjäkka (2076 m a.s.l.). Electric power is generated by a solar cell and a wind generator both charging an anti-freeze lead acid battery (figure 46).

The repeater covers all interesting research areas as well as all important emergency coordination sites including Kiruna town 70 kilometres away.

The same receive frequency is used in the normal and relay modes to safe-guard against operator's errors.

In the early autumn 1988 the repeater was used also for a feasibility test to try an envisaged "Tourist Radio System", the idea of which is to cover the alpine regions of Sweden.

### FUTURE PLANS

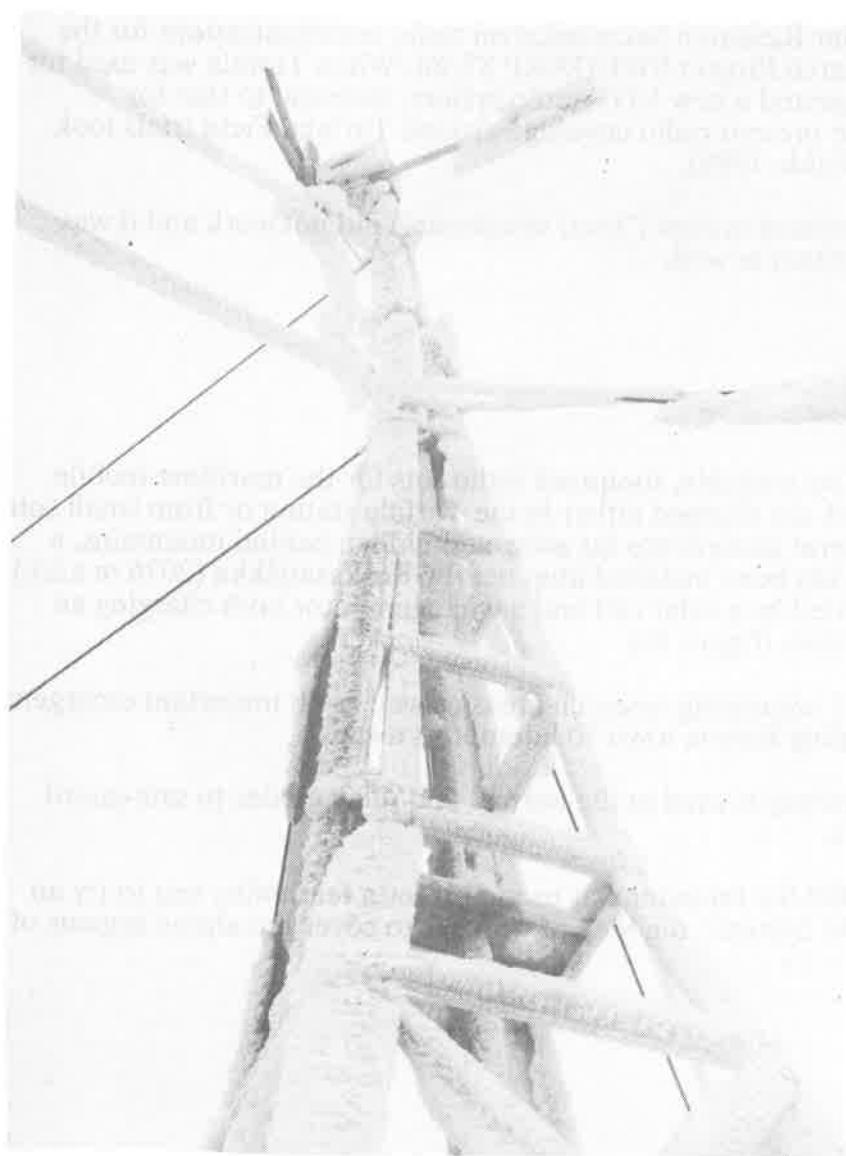
Coming phases may consist of more portables, a base station with remote control integrated into the intercom cable system, telemetry equipment, and/or a transportable repeater to extend the coverage, e g in the Sarek area.

## INTERCOM SYSTEM

For many years the Tarfala station intercom has been out of use. To overcome this situation many people have tried to repair the system, a fact that was quite evident from the installation.

Thus, the only remaining solution was to remove all internal cabling, to install new connectors and to terminate the external cabling in a professional way. The equipment was taken to Stockholm for overhaul.

The system, although now old, works beautifully. The next phase will be the inclusion of more terminals if the opportunity to buy surplus equipment should arise.



**Figure 46.** Repeater station with wind generator and solar panel.

**REFERENS**

Walde, C.-H., 1988: Tarfala radio communications - trials and system design. In G. Rosqvist (ed.): *Annual Report 1987 Tarfala Research Station*, University of Stockholm, Department of Physical Geography, S-10691 Stockholm, Sweden: **85-86**.

## NOTES ON GLACIOLOGICAL EVENTS ON STORGLACIÄREN

Peter Jansson

### BLOWE HOLE ACTIVITY ON STORGLACIÄREN

On July 11, at about 13.07, when working with data logging equipment in Hyddan, the instrument hut on Storglaciären, a noise resembling that of a distant rockfall was heard. The sound had its origin in a moulin that was shooting a spray of water 1-2 metres in the air (Figure 47). Earlier the moulin haed was filled with water suggesting that it had no englacial drainage. What had apparently happened was that drainage had reoccured, enabling air trapped in the glacier to escape through the the reopened drainage system. In doing so, pulses of air were being ejected up as the air pressure in the system grew larger than the pressure from the draining water, shooting water 1-2 metres above the glacier surface. The activity soon dropped off, and the moulin could be inspected. It was found that the channel narrowed down to only a few square centimetres at a depth of roughly 5 metres. At 13.20, on the same day, this process repeated itself without filling the moulin up with water again. The moulin was kept under surveillance for the rest of the day and outbursts similar to those described above occurred at 13.27, 13.37 and 13.45. Attention was directed at the moulin by personnel working in its vicinity, and activity was again reported on July 13 and 16. Activity started earlier each day, lasting for about an hour. The weather during these days was fair with variable cloudiness and no precipitation. It is not, therefore, impossible that the timing of the events was related to the diurnal patterns of melt and ice dynamics.

The process could be artificially induced by plugging the narrow channel with snow and letting the moulin fill up with water. The channel was then unplugged allowing the water to drain down into the moulin. When all the water had drained past the narrow part of the channel, an air pulse would occur spraying the water on close spectators .

Simultaneous to these events air was being pressed up through fissures in a "crystal quirk" (old moulin where the stagnant water has refrozen to form a plug). Air was found to be escaping through this feature continuously for several days. The flux of air escaping is not easily determinable because the flow rate was slow and seepage occured through a pond of water making it "boil". This tends to exaggerate the apparent air flux. A guess of the rate would be on the order of  $10^{-4}$ - $10^{-5}$  m<sup>3</sup>/s, or about 1 to 10 m<sup>3</sup>/day.



**Figure 47.** Water being sprayed out of a moulin on Storglaciären July 13, 1988. The height of the spray is 1.5-2 metres.

## COURSES AT THE TARFALA RESEARCH STATION.

Traditionally the Tarfala research station hosts a number of different courses during the spring and summer, both for scientific and out-doors possibilities.

### SCIENTIFIC COURSES

During the last part of the summer a finnish course was visiting Tarfala. Five graduate students from Helsinki participated in the course under supervision of Matti Seppälä from the Geographical Department in Helsinki.

Also this year the Department of Physical Geography organized a course for students in Earth Science (5 poäng). Seven students joined the course that was supervised by Per Holmlund.

### OUT-DOORS COURSES

The Tarfala base is traditionallt used by STF to organize out-door activities on the mountains and glaciers in the vicinity of this station. In terms of occupied beds it is the most important visitor.

One of the possibilities of a station like Tarfala is to offer a comfortable stay in a very unique high alpine environment. A group of people using this opportunity since a couple of years is the Tärendö school from Tärendö, near the finnish border.

On one other occasion the Tarfala station was the host to a school this summer. Pupils from the Vällingby school made a day tour from Kebnekaise fjällstation to Tarfala. Besides visiting the station, intendent Veijo Pohjola has taken them on a tour over Storglaciären, in order to show them some examples of surface-features on a glacier and the work executed on Storglaciären.

Besides these official courses the Tarfala station receives day visitors, intending to see the slide show concerning the station and the glaciological work. A compilation of personel, courses and guests having frequented the station during the last year can be found in Appendix 1.

## PUBLICATIONS IN CONNECTION WITH TARFALA

Per Holmlund

Papers published before 1980 were presented in "Årsrapport från Tarfala forskningsstation 1986" on page 82-86.

### PUBLISHED PAPERS AFTER 1980 BASED ON DATA FROM TARFALA

Ackert, R., 1984: Ice-cored lateral moraines in Tarfala Valley, Swedish Lapland. *Geogr. Ann.*, 66A (1-2): 79-88.

Brand, G., Pohjola, V., & Hooke, R.LeB., 1987: Evidence for a till layer beneath Storglaciären, Sweden, based on electrical resistivity measurements: *J. Glaciol.*, 33 (115): 311-314.

Brzozowski, J., & Hooke, R.LeB., 1981: Seasonal variations in surface velocity of the lower part of Storglaciären, Kebnekaise, Sweden. *Geogr. Ann.*, 63A (3-4): 233-240.

Björnsson, H., 1981: Radio-echo sounding maps of Storglaciären, Isfallsglaciären and Rabots Glaciär, northern Sweden. *Geogr. Ann.*, 63A (3-4): 225-231.

Bronge, C., 1985: *Hydrologisk verksamhet i Tarfala, 1974-1982* (STOU-NG 62), University of Stockholm, Department of Physical Geography, S-10691 Stockholm, Sweden: pp. 81.

Holmlund, P., 1986: Mikkaglaciären: Bed topography and response to 20th century climate change. *Geogr. Ann.*, 68A (4): 291-302.

-1987: Mass balance of Storglaciären during the 20th century. *Geogr. Ann.*, 69A (3-4): 439-447.

-1987: *Climatic influence on the shape of glaciers in northern Sweden, 1878-1986* (STOU-NG 65), University of Stockholm, Department of Physical Geography, S-10691 Stockholm, Sweden: pp. 14.

-1988: An application of two theoretical melt water drainage models on Storglaciären and Mikkaglaciären, Northern Sweden. *Geogr. Ann.*, 70A (1-2): 1-7.

-1988: Internal geometry and evolution of moulin, Storglaciären, Sweden. *J. Glaciol.*, 34 (117): 242-248.

-1988: Is the longitudinal profile of Storglaciären in balance with the present climate? *J. Glaciol.*, 34 (118): 269-273.

Holmlund, P., & Hooke, R.LeB., 1983: High water-pressure events in moulin, Storglaciären, Sweden. *Geogr. Ann.*, 65A (1-2): 19-25.

Hooke, R.LeB., 1984: On the role of mechanical energy in maintaining subglacial water conduits at atmospheric pressure. *J. Glaciol.*, 30 (105): 180-187.

- Hooke, R.LeB., Brzozowski, J., & Bronge, C., 1983: Seasonal variations in surface velocity, Storglaciären, Sweden. *Geogr. Ann.*, 65A (3-4): 263-277.
- Hooke, R.LeB., Gould, J.E., & Brzozowski, J., 1983: Near-surface temperatures near and below the equilibrium line on polar and subpolar glaciers. *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie*, 19 (1): 1-25.
- Hooke, R.LeB., & Iversen, N.R., 1985: Experimental study of ice flow around a bump, comparison with theory. *Geogr. Ann.*, 67A (3-4): 187-197.
- Hooke, R.LeB., Holmlund, P., & Iverson, N.R., 1987: Extrusion flow demonstrated by borehole deformation measurements over a riegel, Storglaciären, Sweden. *J. Glaciol.*, 33 (113): 72-78.
- Hooke, R.LeB., Miller, S.B., & Kohler, J., 1988: Character of the englacial and subglacial drainage system in the upper part of the ablation area of Storglaciären, Sweden. *J. Glaciol.*, 34 (117): 228-231.
- Hooke, R.LeB., Calla, P., Holmlund, P., Nilsson, M., & Stroeven, A.P., (in press): A three-year record of seasonal variations in surface velocity, Storglaciären, Sweden. *Journal of Glaciology*.
- Jansson, P., & Hooke, R.LeB., (Submitted): Tiltmeter measurements on Storglaciären. *Journal of Glaciology*.
- Schytt, V., 1981: The net mass balance of Storglaciären related to the height of the equilibrium line and to the height of the 500 mb surface. *Geogr. Ann.*, 63A (3-4): 219-223.
- 1985: *Glaciologi. Kosmos*, 62: 109-124.
- Seaberg, S.Z., Seaberg, J.Z., Hooke, R.LeB., & Wiberg, D., 1988: Character of the englacial and subglacial drainage system in the lower part of the ablation area of Storglaciären, Sweden, as revealed by dye trace studies: *J. Glaciol.*, 34 (117): 217-227.
- Stroeven, A.P., & Wal, van de, R.S.W., 1987: Mass balance and flow of Rabots glaciär; A comparison with Storglaciären (STOU-NG 64), University of Stockholm, Department of Physical Geography, S-10691 Stockholm, Sweden: pp. 99.
- Walford, M., Kennett, M.I., & Holmlund, P., 1986: Interpretation of radio echoes from Storglaciären, northern Sweden. *J. Glaciol.*, 32 (110): 39-49.
- Östling, M., & Hooke, R.LeB., 1986: Water storage in Storglaciären, Kebnekaise, Sweden. *Geogr. Ann.*, 68A (4): 279-290.

## PUBLISHED ABSTRACTS

- Holmlund, P., 1985: Geometry of the near-surface drainage system on Storglaciären, Sweden. In: *Hydraulic Effects at the Glacier Bed and Related Phenomena*. International Workshop, 16-19 September 1985, Interlaken, Switzerland. Nr 90 Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie. Zürich 1986: 57-58.

Hooke, R.LeB., Holmlund, P., Calla, P., & Nilsson, M., 1985: Seasonal and spatial variations in surface velocity, Storglaciären, Sweden. In: *Hydraulic Effects at the Glacier Bed and Related Phenomena*. International Workshop, 16-19 September 1985, Interlaken, Switzerland. Nr 90 Mitteilungen der Versuchanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie. Zürich 1986: 59-60

## COMPILEATIONS OF DATA FROM TARFALA

Available at the University of Stockholm, Department of Physical Geography,  
S-10691 Stockholm, Sweden

Bergman, V., 1988: *Sommarnederbörd vid Tarfalastationen och i dess omgivningar 1965-1984*: pp 39.

Bergman, V., 1988: *Snödensitetsmätningar i Tarfala 1960-1988* (in prep.).

Grudd, H., & Jansson, P., 1986: *The 1984/85 mass balance of Storglaciären, Kebnekaise, Swedish Lapland*: pp 13.

Årsrapport från Tarfala forskningsstation 1986: P. Jansson (ed.), pp 95.

*Annual Report 1987 Tarfala Research Station*: G. Rosqvist (ed.), pp 103.

## POPULAR SCIENCE

Holmlund, P., 1986: Glaciärforskning i Tarfala. *Till Fjälls*, 58: 48-53.

-1986: Hur mår våra glaciärer? *Berg & Dalbladet*, 6 (4): 19-23.

Holmlund, P., & Hooke, R.LeB., 1983: Vatten- och isrörelse- studier på Storglaciären i Kebnekaise. *Berg & Dalbladet*, 3 (4): 21-24.

Hudlestone, P., 1987: similarity between glacier ice and rocks. *Berg & Dalbladet*, 7 (3): 6-12.

Schytty, V., 1981: Det föränderliga klimatet. Här är vi hemma. In: Rolf Edberg (ed.): *Bra böcker*, Höganäs 1982: 90-105.

**PERSONEL AND GUESTS 1987/1988****PROJEKTANSVARIGA**

	dygn
Bronge Christian	16
<i>Naturgeografiska inst., Stockholms universitet</i>	
Fleetwood Ake	2
<i>Tekniska Högskolan, Stockholm</i>	
Grudd Håkan (intendent)	37
<i>Naturgeografiska inst., Stockholms universitet</i>	
Hanson Brian	24
<i>Dept. of Geology, University of Minnesota</i>	
Herzfeld Ute	8
<i>Freie Universität, Berlin</i>	
Holmlund Per (forskarassistent)	44
<i>Naturgeografiska inst., Stockholms universitet</i>	
Hooke Roger (professor)	31
<i>Dept. of Geology, University of Minnesota</i>	
Jansson Peter	46
<i>Naturgeografiska inst., Stockholms universitet</i>	
Karlén Wibjörn (professor, stationsföreståndare)	40
<i>Naturgeografiska inst., Stockholms universitet</i>	
Kennett Mike	6
<i>Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen</i>	
Kohler Jack	44
<i>Dept. of Geology, University of Minnesota</i>	
Lindström Birgitta (sekreterare)	4
<i>Naturgeografiska inst., Stockholms universitet</i>	
Mizgolewicz Wojtek	16
<i>Tekniska Högskolan, Stockholm</i>	
Pohjola Veijo (intendent)	103
<i>Naturgeografiska inst., Uppsala universitet</i>	
Proctor Adrian	14
<i>University of Bristol</i>	
Remple Gary	44
<i>Dept. of Geology, University of Minnesota</i>	
Rosqvist Gunhild	32
<i>Naturgeografiska inst., Stockholms universitet</i>	
Skye Erik	4
<i>Växthbiologiska inst., Uppsala</i>	
Stroeven Arjen	86
<i>Naturgeografiska inst., Stockholms universitet</i>	
Sälglad Christina	65
<i>Naturgeografiska inst., Stockholms universitet</i>	
Walde C-H	5
<i>FMV:Radio, Stockholm</i>	
Wall Lars-Ake	26
<i>Naturgeografiska inst., Stockholms universitet</i>	
Wiberg Dan	32
<i>Dept. of Geology, University of Minnesota</i>	
Östling Michael	3
<i>Naturgeografiska inst., Stockholms universitet</i>	

Summa 732

**Appendix 1****HANTLANGARE**

Duberg Stefan, <i>Nyköping</i>	27
Eriksson Mats, <i>Stockholm</i>	9
Finnander Maj-Lena, <i>Lund</i>	36
Gunnare Sara, <i>Haninge</i>	26
Isaksson Elisabeth, <i>Kiruna</i>	40
Jansson Eva, <i>Alingsås</i>	22
Lindborg Eva, <i>Upplands Väsby</i>	18
Lundqvist Sven, <i>Uppsala</i>	29
Näslund Jens-Ove, <i>Stockholm</i>	38
Olsson Håkan, <i>Lund</i>	33
Peterson Ylva, <i>Uppsala</i>	27
Rydell Åsa, <i>Stockholm</i>	20
Strömberg Katarina, <i>Fiskebäckskil</i>	18
Truedsson Christina, <i>Lund</i>	29
<b>Summa</b>	<b>372</b>

**ÖVRIG PERSONAL**

Andersson Olle, <i>Swedish Radio Supply, Karlstad</i>	2
Andersson Thomas, <i>Swedish Radio Supply, Karlstad</i>	2
Eriksson Marie, <i>Örebro (kökspersonal)</i>	26
From Erik, <i>Byggnadsstyrelsen, Luleå</i>	3
Jonsson Stefan, <i>Lindfors Trähus AB, Jokkmokk</i>	1
Kwickström Roland, <i>Lindfors Trähus AB, Jokkmokk</i>	9
Liljegren Phija, <i>Rottne, (kökspersonal)</i>	65
Lindfors Erik, <i>Lindfors Trähus AB, Jokkmokk</i>	10
Nilsson Sven-Evert, <i>Byggnadsstyrelsen, Luleå</i>	3
Persson Eva, <i>Storå, (kökspersonal)</i>	2
Szupryczynska Bogna, <i>Polen, (kökspersonal)</i>	45
Wikström Thomas, <i>Byggnadsstyrelsen, Luleå</i>	3
Åhman Lennart, <i>Lindfors Trähus AB, Jokkmokk</i>	9
Östergren Ulf, <i>Svenska Rymd AB, Kiruna</i>	2
<b>Summa</b>	<b>182</b>

## Appendix 1

**KURSER**

Bäckström L-G, 5p kurs <i>Geovetarlinjen Stockholm</i> ,	24
Grönlund Sakari, <i>Helsingfors, forskarkurs (Seppälä)</i>	8
Kajuutti Kari, <i>Helsingfors, forskarkurs (Seppälä)</i>	8
Karlsson Sten, 5p kurs <i>Geovetarlinjen Stockholm</i>	17
Kivinen Yrjö, <i>Helsingfors, forskarkurs (Seppälä)</i>	8
Kjessel Robert, <i>Stockholm, föreläsare 5p kurs,</i>	2
Kovanen Anu, <i>Helsingfors, forskarkurs (Seppälä)</i>	8
Käyhkö Jukka, <i>Helsingfors, forskarkurs (Seppälä)</i>	8
Lundin Anders, 5p kurs <i>Geovetarlinjen Stockholm</i>	17
Magnusson Lars, 5p kurs <i>Geovetarlinjen Stockholm</i>	17
Näslund Jens-Ove, 5p kurs <i>Geovetarlinjen Stockholm</i>	18
Seppälä Matti, <i>Geografiska inst., Helsingfors, kursledare</i>	8
Troëng Stefan, 5p kurs <i>Geovetarlinjen Stockholm</i>	30
STF kurser	196
Tärendöskolan	72
	Summa 441

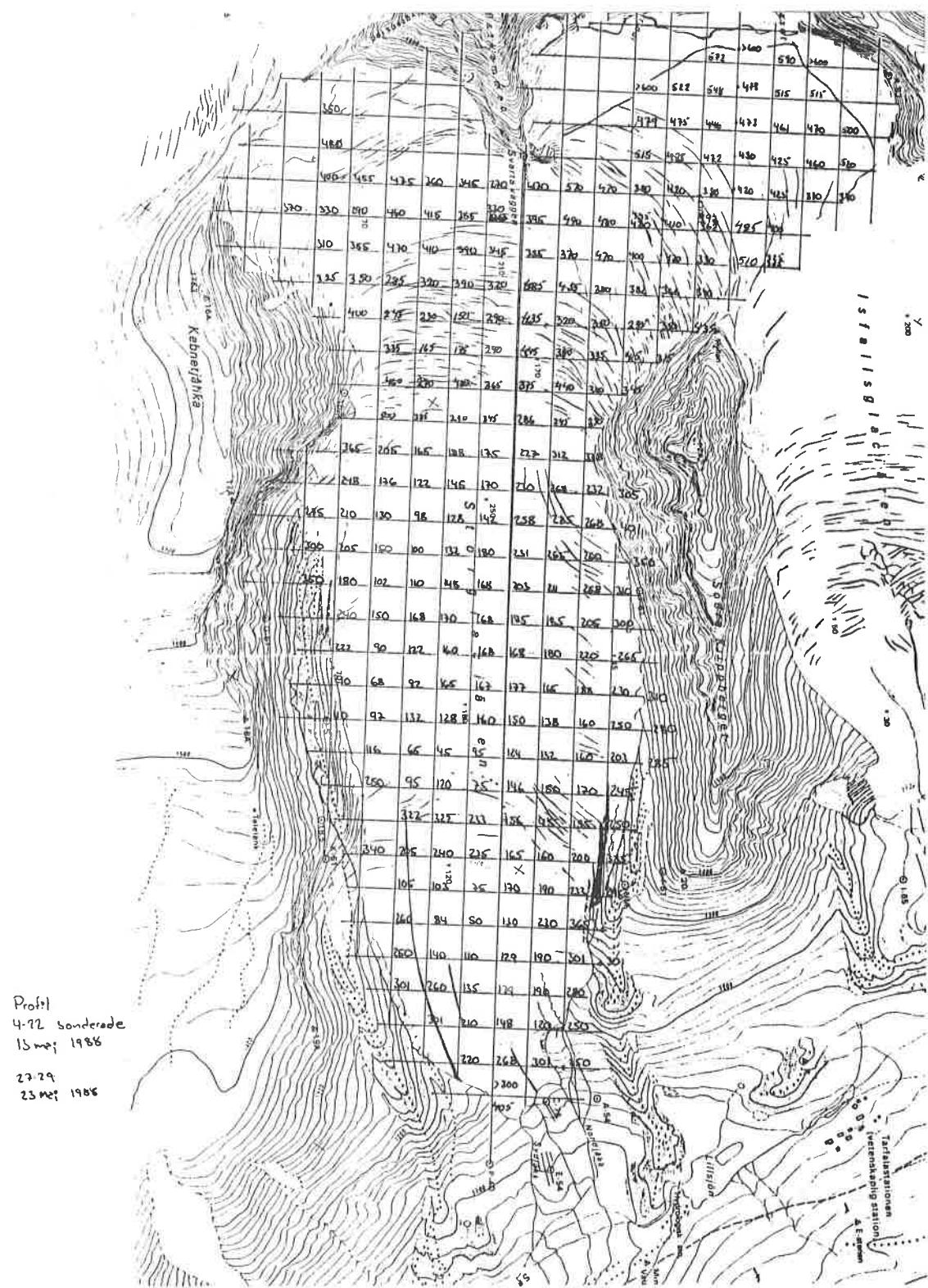
**GÄSTER**

Bourque Eve-Lucie, <i>Quebec, Kanada</i>	2
Cavenius Håkan, <i>Uppsala</i>	3
Ericsen Roffe, <i>Stockholm</i>	1
Forsberg Annica, <i>Lund</i>	5
Hammarlund Dan, <i>Lund</i>	2
Herzfeld Helga, <i>Landau, Västtyskland</i>	8
Holmlund Borghild, <i>Stockholm</i>	3
Karlén Jessie, <i>Uppsala</i>	3
Karlén Leif, <i>Uppsala</i>	3
Karlén Karin, <i>Uppsala</i>	3
Karlsson Kerstin, <i>Leksand</i>	1
Lidbrink HanZano, <i>Stockholm</i>	4
Olsson Håkan, <i>Stockholm</i>	2
Persson Eva, <i>Stockholm</i>	2
Pohjola Matti, <i>Torshälla</i>	6
Pohjola Oscar, <i>Torshälla</i>	6
Sandell Dag, <i>Eksjö</i>	24
Schytt Anna, <i>Stockholm</i>	10
Schytt Helena, <i>Sollentuna</i>	2
Thompson Tony, <i>Windom MN USA</i>	2
Tomas Josef, <i>Prag, Tjeckoslovakien</i>	2
Wennling Per, <i>Stockholm</i>	3
	Summa 97

SUMMA ÖVERNATTNINGAR 1824

## Appendix 2

# SNOW SOUNDINGS ON STORGLACIÄREN





Pris 17 kr.

