

NATURGEOGRAFISKA
INSTITUTIONEN



FORSKNINGSRAPPORT 92

ISSN 0346-7406

HÅKAN GRUDD (red)

ÅRSRAPPORT

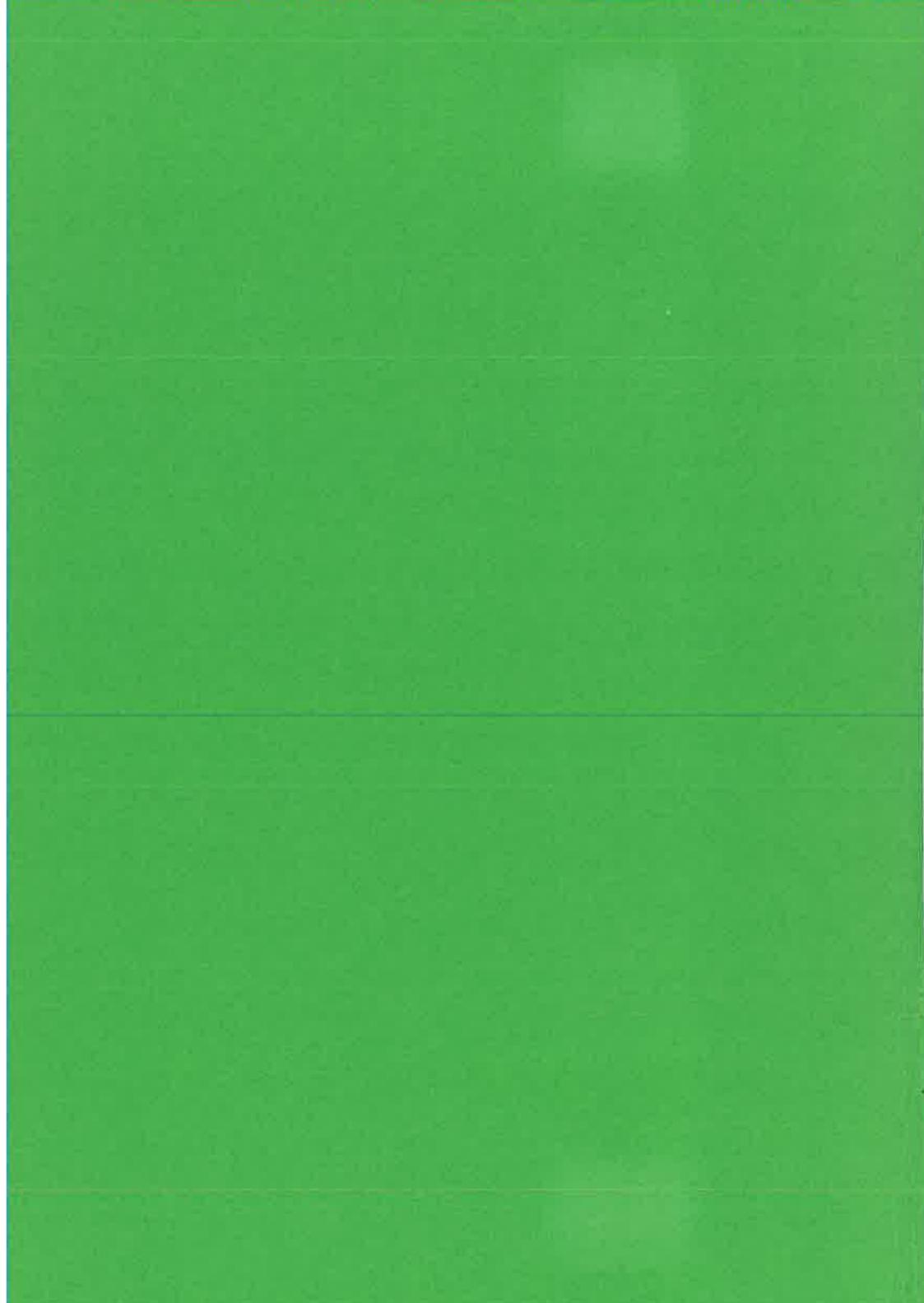
ANNUAL REPORT

1990-1991

TARFALA RESEARCH STATION

STOCKHOLM 1992

STOU-NG 92





NATURGEOGRAFiska INSTITUTIONEN

106 91 STOCKHOLM

STOU-NG 92
UPPLAGA: 350
OKT 1992

ÅRSRAPPORT

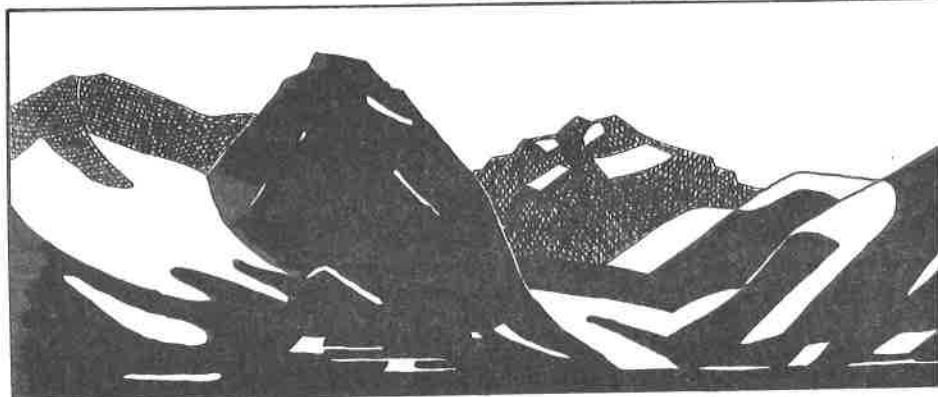
ANNUAL REPORT

1990-1991

HÅKAN GRUDD (red)

FORSKNINGSRAPPORT

SVENSK TEXT / ENGLISH TEXT



TARFALA RESEARCH STATION

INNEHÅLL

| | |
|--|----|
| INTRODUCTION | 2 |
| STORGLACIÄRENS MASSBALANS 1990/91 | 3 |
| METEOROLOGISKA OBSERVATIONER I TARFALA 1991 | 14 |
| FLYGFOTOGRAFERINGAR UTFÖRDA I FJÄLLEN UNDER SOMMAREN 1991 | 20 |
| GLACIOLOGISKA OCH GLACIALMORFOLOGISKA STUDIER VID PÅRTEJEKNA | 22 |
| NY ISSJÖTAPPNING I SÄLKA | 24 |
| METEOROLOGICAL LINKAGES WITH ABLATION ON STORGLACIÄREN | 28 |
| CORRELATED WATER PRESSURE AND VELOCITY MEASUREMENTS BELOW THE RIEGEL ON STORGLACIÄREN | 34 |
| DISCHARGE AND SUSPENDED SEDIMENT TRANSPORT OF TARFALAJÅKK | 38 |
| TILL DEFORMATION AT THE BED OF STORGLACIÄREN | 44 |
| STUDIES ON THE KÅRSA GLACIER 1991 | 48 |
| NORRA MORÄNEN - RÖRELSEMÖNSTER JULI 1990 - JULI 1991 | 54 |
| PUBLISHED PAPERS 1988 - 1991 | 56 |
| APPENDIX 1: PERSONAL OCH GÄSTER 1991 | 58 |
| APPENDIX 2: METEOROLOGISKA DYGNSMEDELVÄRDEN JANUARI - DECEMBER 1991 | 62 |

INTRODUKTION

This "annual report" is like the reports from 1986, 1987, 1988, 1989 and 1991 intended to be a collection of short descriptions of field projects. We include a relatively large number of tables and figures which we believe may be useful in for the reader. The report concerning the 1990 field season was printed late 1991 and has of that reason got this year given on the front side. For this report, which summarise activity during the fall 1990 and the summer 1991, will receive the marking 1990-1991.

This is the first year the Tarfala report is published in the department serie. We hope that this will be the way the report is published in the future.

The report includes a number of contributions written by people that have been working at the station. The authors are responsible for their contributions.

Stockholm November 1992

Wibjörn Karlén
Professor

STORGLACIÄRENS MASSBALANS 1990/91

Håkan Grudd och Axel Bodin

Vinterbalansen för Storglaciären bestämdes den 21 maj 1991. Den baseras huvudsakligen på en snötaxering med 268 punkter från 23-29 april (fig. 1). Under samma tidsperiod mättes densiteten vid stakarna 4,9,16 och 29 (fig. 2). Den 21 maj utfördes en reducerad snöinventering i 36 punkter jämnt fördelade över glaciären samt mättes densiteten åter vid stakarna 4,9,16 och 29 (fig. 2). Såväl snödjup som densitet hade förändrats mellan mät tillfällena. Ingen relation fanns mellan ackumulationen i april och tillskottet april-maj, därför användes medelvärdet av tillskottet i de 36 punkterna (fig. 3). Ökningen i ackumulation mellan 23-29 april och 21 maj var 13 cm vatten.

Storglaciären täcks av ett nät av sonderingspunkter med 100 meters mellanrum. På grund av lavinfara, sprickor och för brant terräng kan inte alla punkters snödjup sonderas, framförallt gäller detta de punkter som ligger runt glaciärens kanter uppe i firnområdet. Dessa punkter får därför ett extrapolerat värde.

En förutsättning för att snabbt kunna göra beräkningar av storglaciärens massbalans innebär att man på ett enkelt sätt kan hantera alla data i en persondator. För att åstadkomma detta förutsätts varje sonderingspunkt representera snödjupet inom en ruta som är 100×100 m stor (1×1 cm på en 10000-dels karta). Runt kanterna uppkommer delar av rutor vars yta uppskattats. Mittpunkten i varje ruta (sonderingspunkten) får x-, y- och z-koordinater där z-koordinaten är höjden över havet. x- och y-koordinaterna ligger enligt figur 5. Massbalansen för varje enskild ruta beräknas och sammanställs i tabellform.

Vinterbalansen beräknades på detta sätt till 1.68 m v.e.

Sommarbalansen är väl korrelerad med sommarens medeltemperatur (Schytt 1967). Avsmältningens fördelning över glaciärens yta är därmed starkt beroende av det adiabatiska temperaturavtagandet. Ablationsgradienten, som är ett yttryck för ablationens avtagande med höjden över havet, ger en möjlighet att på ett enkelt sätt beräkna värdet på sommarbalansen förutsatt att ablationen är känd i ett antal punkter jämnt fördelade över glaciären. Storglaciärens ablationsgradient har med data från ablationsstakarna beräknats till 0.58 m/100 m (fig. 4 och 6).

Genom att använda ekvationen för den räta linjen i figur 4 kan sommarbalansen för varje delyta beräknas:

$$b_s = -0.58 * z + 993$$

b_s är vattenvärdet i cm, z är z-koordinaten dvs mittpunktens höjd över havet i meter och 993 är en konstant.

Sommarbalansen beräknades på detta sätt den 9 september till 1.51 m v.e.

Sommarbalansen beräknades även på det traditionella sättet där man med utgångspunkt från ablationsstakarnas data ritar en karta som sedan planimetras. Även med denna beräkningsmetod blev sommarbalansen 1.51 m v.e. De båda metoderna har således en mycket god överensstämmelse när det gäller Storglaciärens totala sommarbalans, dock kan vissa skillnader finnas mellan de olika höjdintervallen.

Nettobalansen blev +0.17 m v.e. Jämviktslinjen låg på 1460 m.

Tabell 1. Storglaciärens massbalans under budgetåret 1990/91.

| Böh | Area 10^3m^2 | Bw 10^3m^3 | bw m v.e. | Bs 10^3m^3 | bs m v.e. | Bn 10^3m^3 | bn m v.e. |
|------------|---------------------------|-------------------------|--------------|-------------------------|--------------|-------------------------|--------------|
| 1140 -1160 | 8.7 | 19.3 | 2.22 | 28.3 | 3.26 | -9.0 | -1.04 |
| 1160 -1180 | 16.0 | 25.0 | 1.56 | 49.9 | 3.12 | -25.0 | -1.56 |
| 1180 -1200 | 13.5 | 20.3 | 1.50 | 40.6 | 3.01 | -20.3 | -1.50 |
| 1200 -1220 | 40.0 | 52.9 | 1.32 | 116.6 | 2.92 | -63.7 | -1.59 |
| 1220 -1240 | 52.5 | 63.5 | 1.21 | 146.8 | 2.80 | -83.3 | -1.59 |
| 1240 -1260 | 74.0 | 73.5 | 0.99 | 198.2 | 2.68 | -124.7 | -1.68 |
| 1260 -1280 | 73.0 | 64.1 | 0.88 | 187.0 | 2.56 | -122.9 | -1.68 |
| 1280 -1300 | 79.1 | 78.6 | 0.99 | 194.3 | 2.46 | -115.7 | -1.46 |
| 1300 -1320 | 90.5 | 95.4 | 1.05 | 211.2 | 2.33 | -115.7 | -1.28 |
| 1320 -1340 | 148.5 | 112.3 | 0.76 | 328.4 | 2.21 | -216.1 | -1.46 |
| 1340 -1360 | 251.0 | 190.0 | 0.76 | 527.1 | 2.10 | -337.1 | -1.34 |
| 1360 -1380 | 267.2 | 243.4 | 0.91 | 530.5 | 1.99 | -287.1 | -1.07 |
| 1380 -1400 | 219.5 | 219.9 | 1.00 | 411.6 | 1.88 | -191.7 | -0.87 |
| 1400 -1420 | 115.0 | 171.9 | 1.49 | 202.1 | 1.76 | -30.2 | -0.26 |
| 1420 -1440 | 71.5 | 123.0 | 1.72 | 116.1 | 1.62 | 6.9 | 0.10 |
| 1440 -1460 | 63.6 | 96.5 | 1.52 | 95.4 | 1.50 | 1.1 | 0.02 |
| 1460 -1480 | 93.3 | 129.2 | 1.38 | 129.7 | 1.39 | -0.5 | 0.00 |
| 1480 -1500 | 164.5 | 298.4 | 1.81 | 209.1 | 1.27 | 89.3 | 0.54 |
| 1500 -1520 | 185.5 | 425.1 | 2.29 | 217.5 | 1.17 | 207.6 | 1.12 |
| 1520 -1540 | 101.5 | 194.3 | 1.91 | 106.9 | 1.05 | 87.4 | 0.86 |
| 1540 -1560 | 85.5 | 161.6 | 1.89 | 81.5 | 0.95 | 80.2 | 0.94 |
| 1560 -1580 | 119.0 | 234.1 | 1.97 | 98.4 | 0.83 | 135.7 | 1.14 |
| 1580 -1600 | 139.0 | 336.6 | 2.42 | 100.7 | 0.72 | 235.9 | 1.70 |
| 1600 -1620 | 122.0 | 326.0 | 2.67 | 73.0 | 0.60 | 253.0 | 2.07 |
| 1620 -1640 | 149.0 | 453.6 | 3.04 | 72.3 | 0.49 | 381.3 | 2.56 |
| 1640 -1660 | 113.5 | 337.8 | 2.98 | 43.3 | 0.38 | 294.5 | 2.59 |
| 1660 -1680 | 86.0 | 320.9 | 3.73 | 19.8 | 0.23 | 301.2 | 3.50 |
| 1680 -1700 | 59.5 | 163.2 | 2.74 | 9.0 | 0.15 | 154.2 | 2.59 |
| 1700 -1720 | 11.5 | 28.5 | 2.48 | 0.5 | 0.04 | 28.0 | 2.44 |
| 1140 -1720 | 3013.4 | 5059.1 | 1.68 | 4545.7 | 1.51 | 513.4 | 0.17 |

>730>730659

705 760 696 711 622 591 580 585 >730
629 684 632 584 530 545 566 687 >730

380

Sv-v

420 571 569 482 520 595 510 620

⊕

320 396 460 444 563 405 530 658 630 300 435 380 590 440 410 540 610

305 330 345 482 500 371 420 518 627 423 405 461 435 495 394 371

280 245 255 265 380 398 405 462 600 426 330 436 385 407 390

256 256 233 249 323 399 405 519 440 395 340 345 341

298 210 181 151 290 393 410 311 365 311 317

180 66 169 259 382 387 290 287

315 175 355 340 404 377 227 325

480 380 320 285 360 345

335 283 188 163 212 270 243 335

270 236 148 156 163 235 245 290 373

23 - 29 /4

292 154 100 158 176 210 275 235 345

275 108 102 108 157 236 235 235 390 345

202 55 105 134 137 178 176 200 305

Håkan Grudd
Axel Bodin
Sören Bondesson

218 142 139 137 155 159 191 188 295

150 119 97 107 109 176 187 208 268

86 98 113 149 167 170 176 228 250

137 57 102 97 111 163 154 205 355

210 65 41 58 104 102 200 270 300

185 111 88 70 114 74 190 200

280 295 170 148 68 108 223

240 268 200 179 145 170 232

>310198 95 114 154 203 216

185 82 92 143 242 226

270 156 127 169 177 255

255 181 152 196 214

420 173 195 140

433 300 254

415

STORGLACIÄREN

Snödjup i april 1991

23 - 29 /4

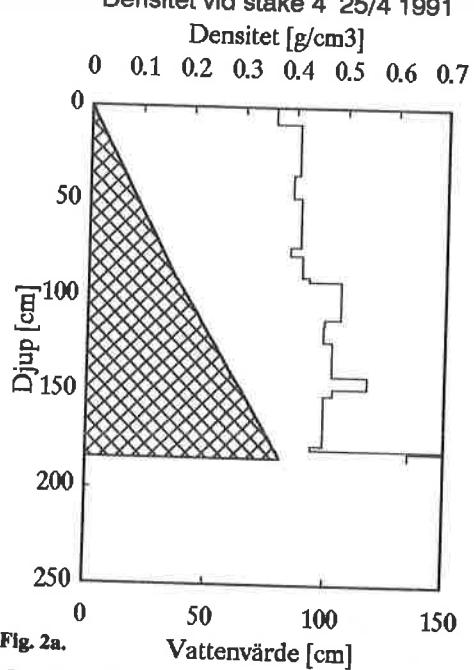


Fig. 2a.

Snödjup 184 cm, vattenvärde 81 cm.
Medeldensitet 0.44 g/cm³.

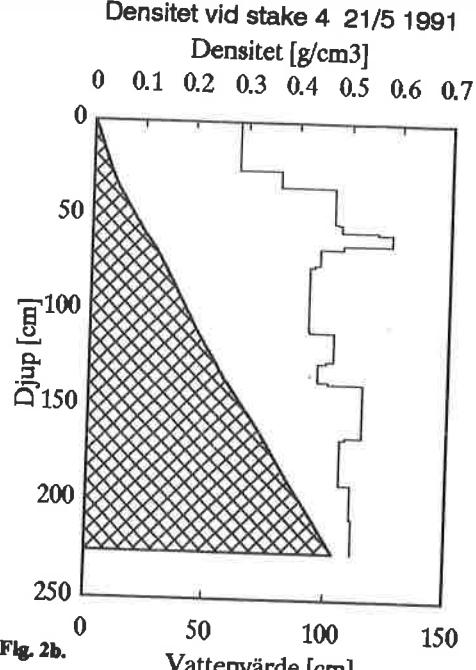


Fig. 2b.

Snödjup 226cm, vattenvärde 104 cm.
Medeldensitet 0.46 g/cm³.

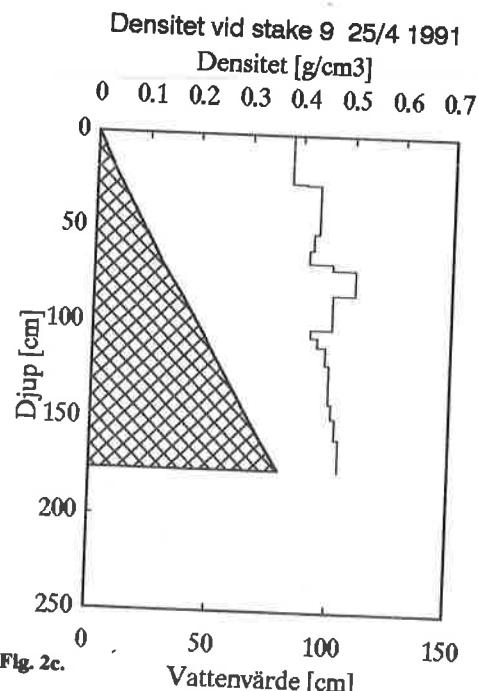


Fig. 2c.

Snödjup 176 cm, vattenvärde 79 cm.
Medeldensitet 0.45 g/cm³.

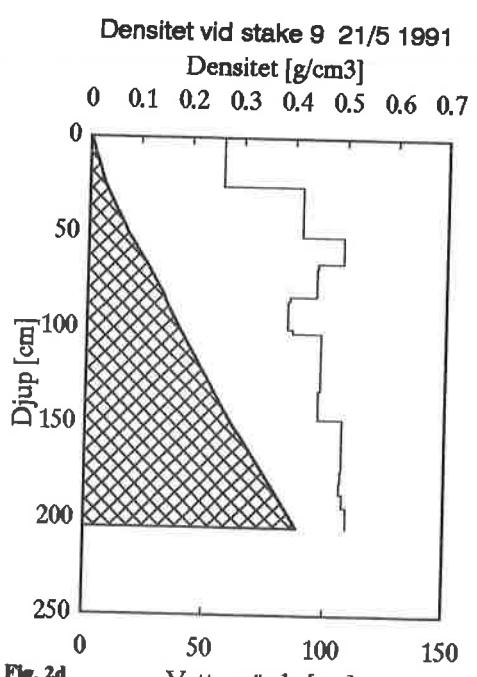


Fig. 2d.

Snödjup 204 cm, vattenvärde 89 cm.
Medeldensitet 0.43 g/cm³.

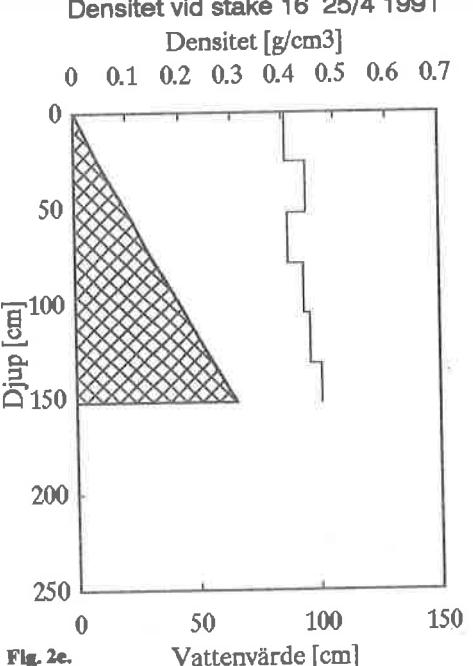


Fig. 2e. Snödjup = 152 cm, vattenvärde = 66 cm
Medeldensitet = 0.44 g/cm³

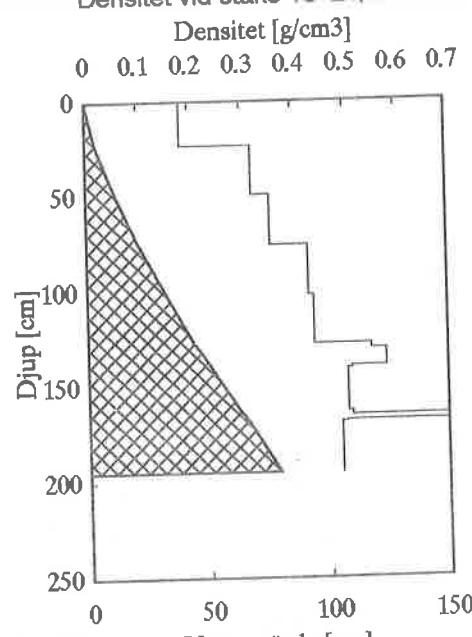


Fig. 2f. Snödjup = 195 cm, vattenvärde = 78 cm
Medeldensitet = 0.41 g/cm³

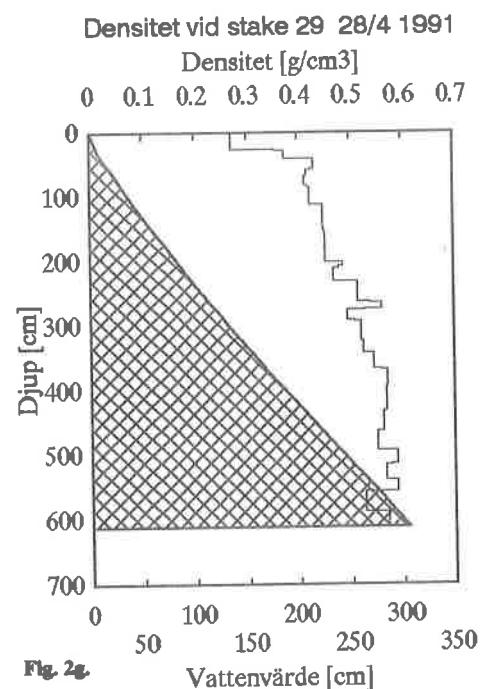


Fig. 2g. Snödjup = 611 cm, vattenvärde = 306 cm
Medeldensitet = 0.50 g/cm³

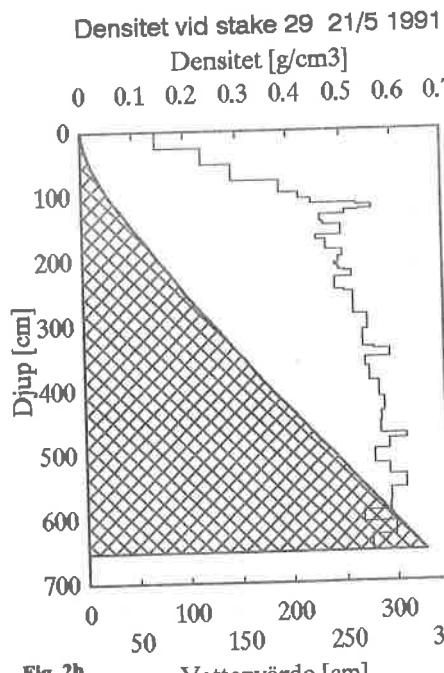


Fig. 2h. Snödjup = 653 cm, vattenvärde = 328 cm
Medeldensitet = 0.50 g/cm³

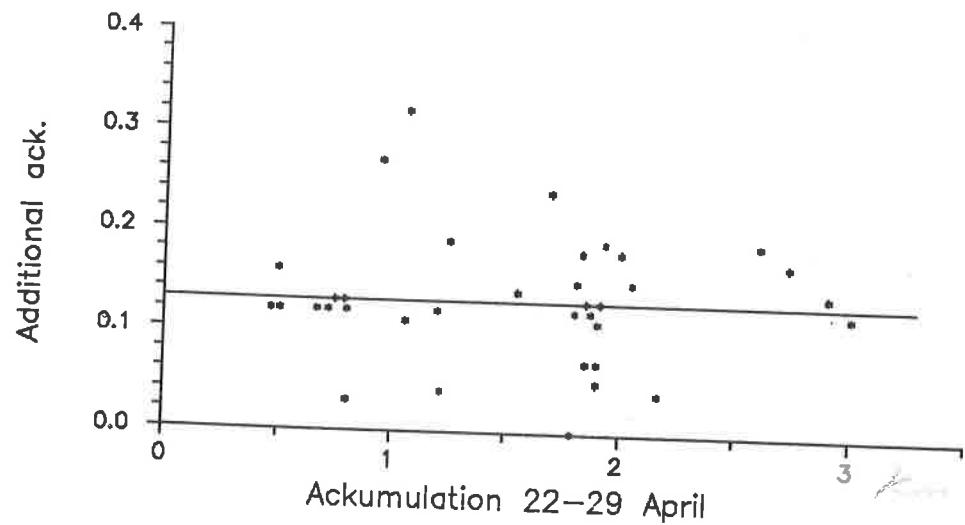


Fig. 3. Den 21 maj utfördes en reducerad snöinventering. Medelvärdet av tillskottet mellan 22-29 april och 21 maj var 0.13 m v.e.

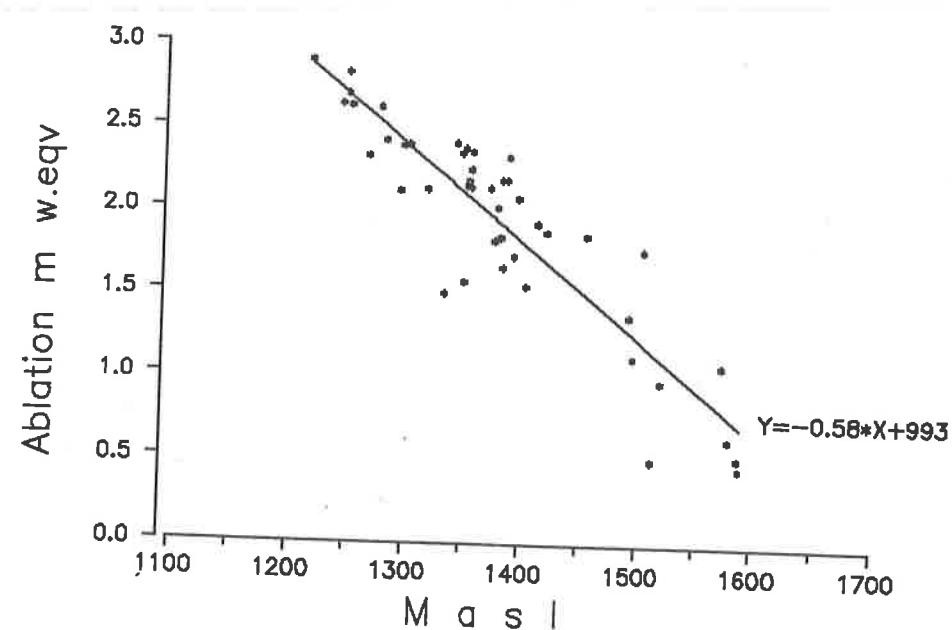


Fig. 4.

NET BALANCE 1990/91

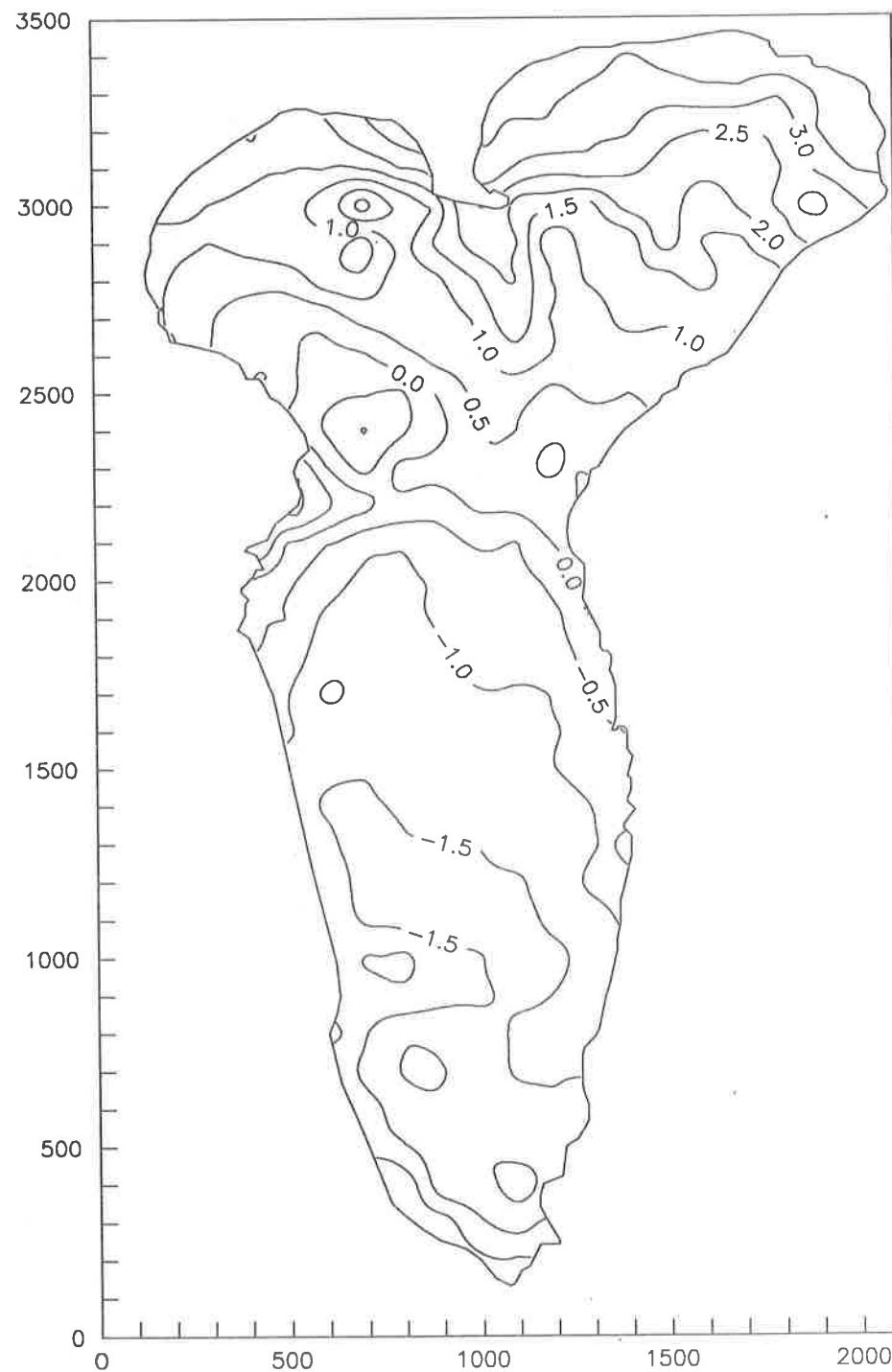


Fig. 5.

STORGLACIÄREN
STAKPOSITIONER 1991

0 1000m

N

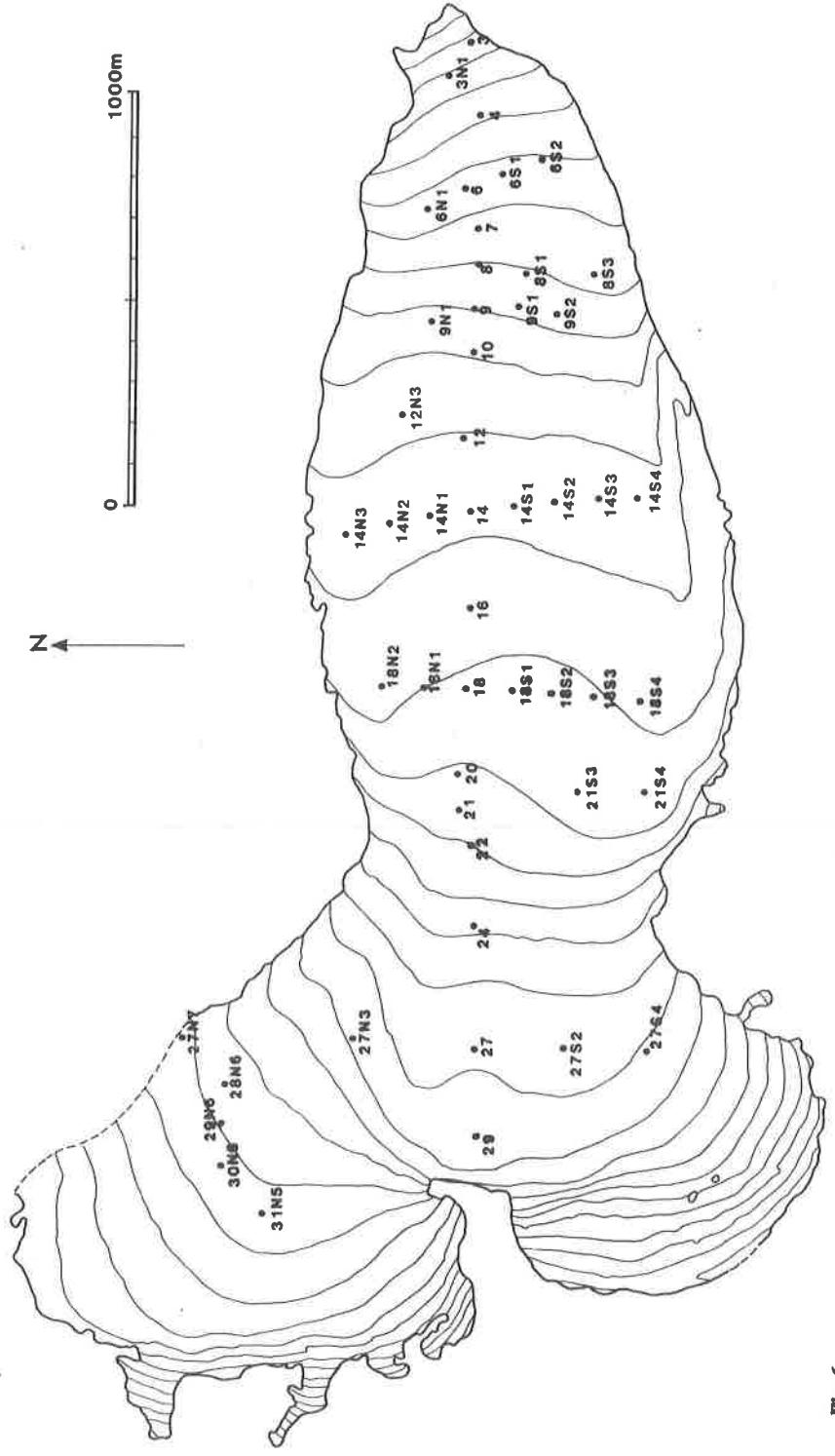


FIG. 6

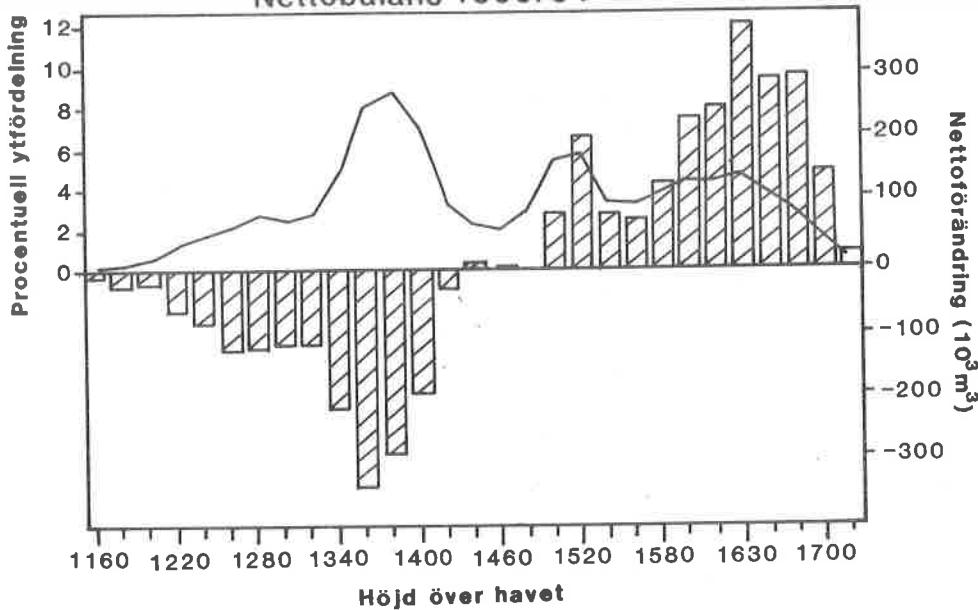
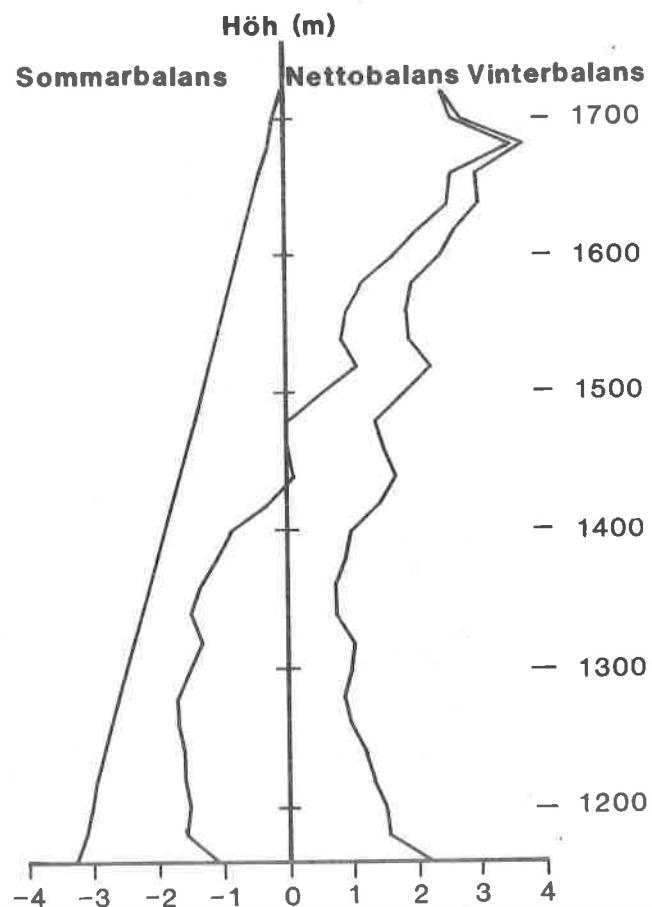


Fig. 7.



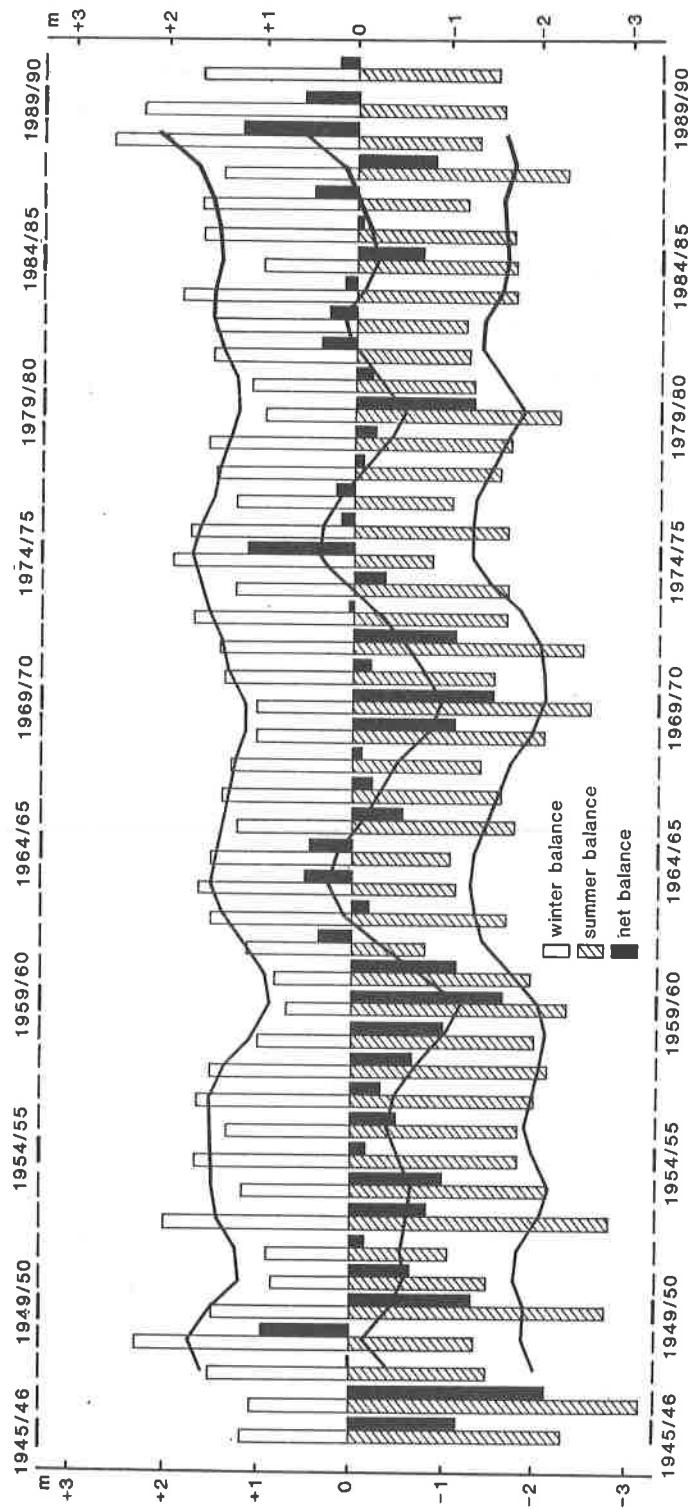


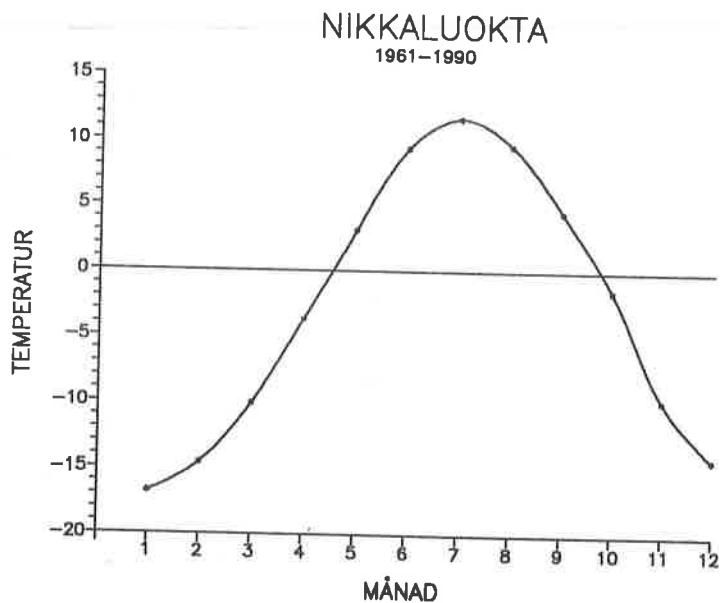
Fig. 9. Störgelektrens mätselndiagram sträcker sig nu över 46 år.

| År | medel-temp | temp jun-aug | tion [m] | Ablation [m] | Netto [m] | ELF [möh] |
|---------|------------|--------------|----------|--------------|-----------|-----------|
| 1946 | | 7,1 | 1,13 | 2,26 | -1,13 | 1480 |
| 1947 | | 8,3 | 1,03 | 3,10 | -2,06 | 1600 |
| 1948 | | 5,7 | 1,45 | 1,45 | 0,00 | 1400 |
| 1949 | | 4,0 | 2,23 | 1,32 | 0,90 | 1410 |
| 1950 | | 7,5 | 1,42 | 2,71 | -1,29 | 1550 |
| 1951 | | 5,7 | 0,81 | 1,45 | -0,65 | 1500 |
| 1952 | | 5,1 | 0,87 | 1,03 | -0,16 | 1450 |
| 1953 | | 6,1 | 1,94 | 2,74 | -0,81 | |
| 1954 | | 7,0 | 1,13 | 2,10 | -0,97 | |
| 1955 | | 5,8 | 1,61 | 1,77 | -0,16 | |
| 1956 | | 6,3 | 1,29 | 1,77 | -0,48 | |
| 1957 | | 4,3 | 1,61 | 1,94 | -0,32 | |
| 1958 | | 5,9 | 1,45 | 2,10 | -0,65 | |
| 1959 | | 6,4 | 0,97 | 1,94 | -0,97 | |
| 1960 | | 7,0 | 0,68 | 2,29 | -1,61 | 1620 |
| 1961 | | 6,3 | 0,81 | 1,90 | -1,10 | 1575 |
| 1962 | | 3,9 | 1,10 | 0,77 | 0,32 | 1400 |
| 1963 | | 5,2 | 1,45 | 1,65 | -0,19 | 1425 |
| 1964 | | 4,1 | 1,58 | 1,10 | 0,49 | 1400 |
| 1965 | -4,5 | 4,7 | 1,47 | 1,06 | 0,43 | 1400 |
| 1966 | -5,8 | 5,7 | 1,20 | 1,73 | -0,53 | 1500 |
| 1967 | -3,3 | 5,1 | 1,35 | 1,58 | -0,23 | 1500 |
| 1968 | -4,6 | 4,5 | 1,27 | 1,37 | -0,10 | 1480 |
| 1969 | -3,9 | 7,1 | 0,98 | 2,02 | -1,04 | 1570 |
| 1970 | -3,9 | 7,3 | 0,99 | 2,51 | -1,52 | 1610 |
| 1971 | -4,5 | 5,3 | 1,33 | 1,52 | -0,19 | 1490 |
| 1972 | -2,1 | 7,6 | 1,39 | 2,44 | -1,05 | 1550 |
| 1973 | -4,2 | 5,7 | 1,67 | 1,62 | 0,05 | 1490 |
| 1974 | -2,8 | 6,0 | 1,31 | 1,65 | -0,34 | 1480 |
| 1975 | -3,6 | 3,3 | 1,98 | 0,81 | 1,17 | 1380 |
| 1976 | -4,1 | 5,3 | 1,93 | 1,66 | 0,27 | 1440 |
| 1977 | -4,6 | 4,6 | 1,23 | 1,03 | 0,20 | 1420 |
| 1978 | -4,7 | 5,7 | 1,46 | 1,54 | -0,08 | 1469 |
| 1979 | -4,0 | 6,5 | 1,54 | 1,76 | -0,21 | 1497 |
| 1980 | -3,2 | 7,8 | 0,93 | 2,17 | -1,24 | 1591 |
| 1981 | -4,5 | 4,6 | 1,16 | 1,36 | -0,20 | 1510 |
| 1982 | -3,6 | 4,1 | 1,49 | 1,23 | 0,26 | 1385 |
| 1983 | -3,7 | 4,2 | 1,47 | 1,19 | 0,28 | 1375 |
| 1984 | -3,1 | 5,2 | 1,83 | 1,71 | 0,12 | 1460 |
| 1985 | -4,7 | 6,0 | 0,99 | 1,71 | -0,72 | 1570 |
| 1986 | -3,7 | 5,8 | 1,62 | 1,68 | -0,06 | 1465 |
| 1987 | -5,2 | 4,2 | 1,69 | 1,22 | 0,48 | 1370 |
| 1988 | -4,5 | 6,6 | 1,42 | 2,26 | -0,84 | 1565 |
| 1989 | -3,3 | 5,4 | 2,58 | 1,34 | 1,24 | 1374 |
| 1990 | -2,7 | 6,0 | 2,26 | 1,67 | 0,59 | 1495 |
| 1946-90 | | 5,7 | 1,40 | 1,72 | -0,31 | (1480) |
| 1965-90 | -4,0 | 5,6 | 1,48 | 1,61 | -0,13 | 1478 |

METEOROLOGISKA OBSERVATIONER I TARFALA 1991

Håkan Grudd

Ett vanligt sätt att beskriva en orts klimat är att ange dess temperatur och nederbörd som normalvärden för månaderna och året. T.ex kan Nikkaluoktas temperaturklimat presenteras som i figur 1. För att kunna jämföra klimatet mellan olika orter måste normalperioder med samma längd och över samma tidsintervall användas. 1990 var sista året i den meteorologiska standardnormalperioden 1961-1990. I Tarfala saknas dock tillförlitliga helårsobservationer från före 1965. För att få en normalperiod som i någon mån överensstämmer med den av Världsmeteorologiska organisationen (WMO) fastslagna 30-års perioden 1961-90 kommer perioden 1965-90 att ligga till grund för Tarfalas normalvärden. På grund av att de fyra första åren i perioden (1961-64) saknas kan man ej oreserverat göra jämförelser mellan Tarfala och andra orters klimat. I en kommande uppsats kommer att utredas i vilken mån den något förkortade normalperioden är representativ för standardnormalperioden som helhet.

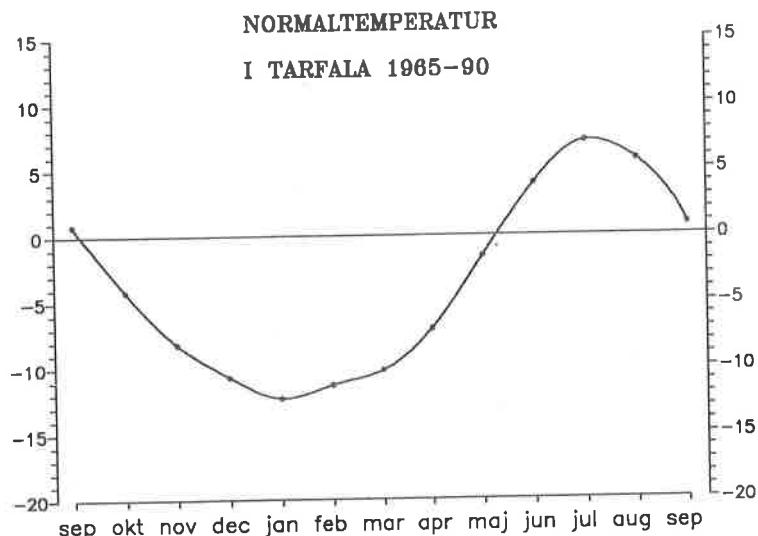


Figur 1. Nikkaluoktas temperaturklimat

Det vanligaste sättet att beskriva temperaturklimatet är en kurva enligt figur 1. Ett annat och något tydligare sätt om man vill visa förhållandet mellan vinter- och sommarklimat är enligt figur 2. Denna kurva som börjar och slutar med septembervärdet sammanfaller också bättre med glaciärernas massbalansår. Figur 2 visar att fyra av årets månader normalt har en månadsmedeltemperatur som överstiger noll grader och att de egentliga sommarmånaderna är juni, juli och augusti. Juli (+7,1) är den varmaste månaden och januari (-12,3) är den kallaste månaden.

Tabell 1. Normalvärden för månadsmedeltemperaturerna i Tarfala 1965 - 1990

| jan | feb | mar | apr | maj | jun | jul | aug | sep | okt | nov | dec |
|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| -12,3 | -11,3 | -10,2 | -7,1 | -1,6 | +3,9 | +7,1 | +5,7 | +0,8 | -4,2 | -8,2 | -10,7 |



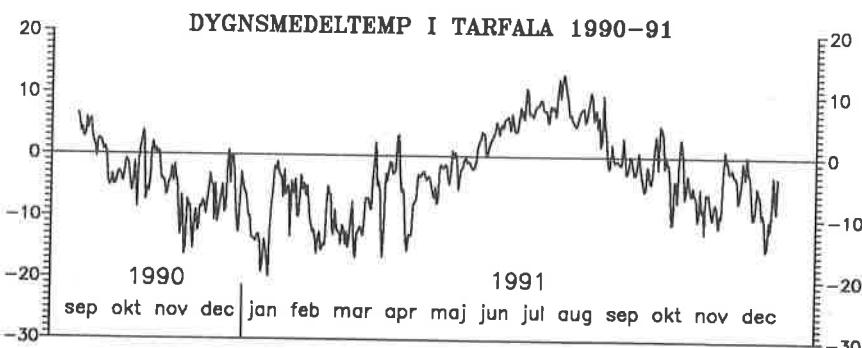
Figur 2. Tarfalas temperaturklimat.

1991 - åter ett milt väderår

1991 blev åter varmare än normalt i hela landet. I Tarfala blev årsmedeltemperaturen över det normala för tredje året i följd (appendix 4). Om vi tittar på hur temperaturfördelningen har varit mellan sommar och vinter för de tre senaste åren ser vi att det framför allt är vintrarna som varit mildare än normalt (tabell 2).

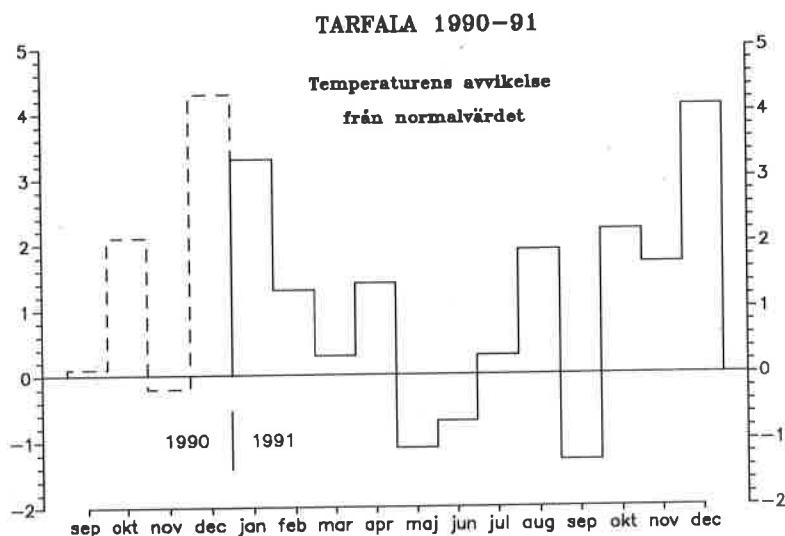
Tabell 2. Temperaturfördelning under massbalansåren 88/89, 89/90 och 90/91. Massbalansåret sträcker sig fr.o.m september t.o.m augusti, vintern är definerad som oktober-april och sommaren som juni-augusti.

| | medel | vinter | sommar |
|---------|-------|--------|--------|
| normal | -4,0 | -9,1 | 5,6 |
| 1988/89 | -3,8 | -8,5 | 5,4 |
| 1989/90 | -3,0 | -7,8 | 6,0 |
| 1990/91 | -2,9 | -7,4 | 6,1 |



Figur 3. Notera att dygnsmedeltemperaturen varit positiv ett flertal gånger under vintern. Anmärkningsvärt är också den långa milda perioden i slutet av januari och början av februari, en tid som normalt sett är den kallaste under hela året. Årets kallaste respektive varmaste dgn inföll 11 januari (mintemp -22,9) och 4 augusti (maxtemp +17,5).

Massbalansåret 1990/91 blev extremt milt, -2.9 jämfört med normalvärdet -4.0, trots att maj och juni faktiskt blev något kallare än normalt. Detta beror framför allt på den mycket milda vintern där endast november och mars har normala värden (fig. 4). Vintern 1991/92 ser ut att kunna bli lika anmärkningsvärt mild. December 1991 har ett temperaturöverskott på hela fyra grader.

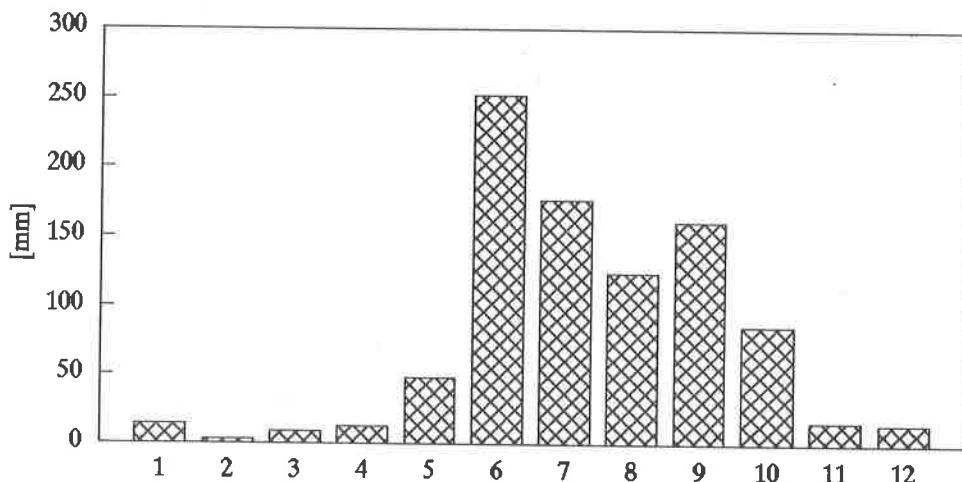


Figur 4.

Tabell 3.

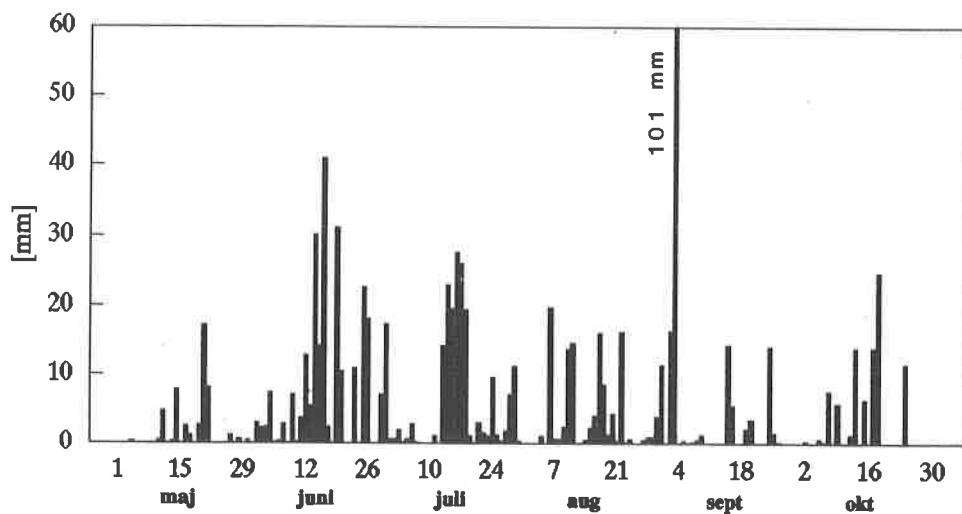
| MÅNAD | MEDEL TEMP | MEDEL FUKT | MEDEL MAXTEMP | MAX TEMP | MEDEL MINTEMP | MIN TEMP | MEDEL VIND | MAX VIND | NEDERB |
|-------|------------|------------|---------------|----------|---------------|----------|------------|----------|--------|
| 1 | -9.0 | 71 | -5.9 | 2.6 | -12.0 | -22.9 | 5.0 | 40.8 | 14 |
| 2 | -10.0 | 50 | -6.6 | -1.4 | -13.6 | -19.3 | 2.8 | 24.5 | 3 |
| 3 | -9.9 | 66 | -6.5 | 5.6 | -13.5 | -20.3 | 2.9 | 31.3 | 9 |
| 4 | -5.7 | 62 | -0.8 | 6.4 | -10.4 | -20.6 | 3.0 | 24.9 | 13 |
| 5 | -2.7 | 69 | 1.3 | 6.9 | -6.3 | -15.0 | 3.2 | 28.4 | 48 |
| 6 | 3.2 | 87 | 6.4 | 10.4 | 0.8 | -4.3 | 2.1 | 14.6 | 252 |
| 7 | 7.4 | 75 | 10.0 | 15.2 | 4.8 | 2.0 | 3.6 | 28.4 | 176 |
| 8 | 7.6 | 74 | 10.4 | 17.5 | 5.0 | -0.7 | 2.6 | 36.1 | 124 |
| 9 | -0.5 | 74 | 2.2 | 10.9 | -2.9 | -9.5 | 3.3 | 30.7 | 161 |
| 10 | -2.0 | 76 | 1.5 | 8.8 | -5.8 | -16.5 | 3.9 | 30.6 | 86 |
| 11 | -6.5 | 75 | -3.6 | 3.0 | -10.6 | -18.1 | 2.9 | 32.7 | 16 |
| 12 | -6.6 | 66 | -3.4 | 1.9 | -10.7 | -20.5 | 6.2 | 69.1 | 15 |
| 1991 | -2.9 | 71 | 0.4 | 17.5 | -6.3 | -22.9 | 3.4 | 69.1 | 916 |

Den totala mängden nederbörd som registrerades i form av regn under 1991 blev 916 mm (Tab. 3). Den mest regnrika månaden blev juni som fick 252 mm (Fig. 5). Se också appendix 3). Juni blev överhuvud taget en blöt och kall månad; större delen av landet fick 2-4 gånger så mycket nederbörd som normalt. Så gott som hela juni domineras av en lågtryckstrafik från Atlanten in över Skandinavien.



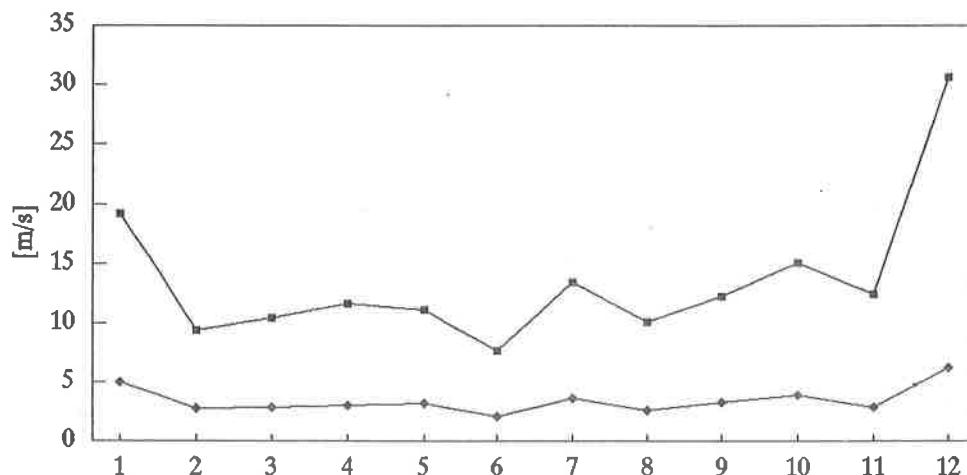
Figur 5. Nederbörd som registrerats i form av regn för varje månad 1991.

Klockan tre på morgonen den 3 september började ett kraftigt ihållande regn i Tarfala som pågick under hela dagen och slutade först strax före midnatt. Väderstationen registrerade under det här dygnet hela 101 mm regn (Fig. 6.)



Figur 6. Dygnsnederbörd i form av regn från 1 maj till 31 oktober.

1991 års vindstyrkor blev relativt normala förutom december som blev extremt blåsig. Hälften av månadens dygn uppnådde något tillfälle stormvindstyrka (Appendix 3). Medelvärdet av decembers maxvindstyrkor blev 30.6 m/s. Årets maximala vindstyrkan, som för övrigt också är den högsta som någonsin registrerats i Tarfala, blev 69 m/s!



Figur 7. Månadsmedelvärde för varje dygns medelvindstyrka och maxvindstyrka.

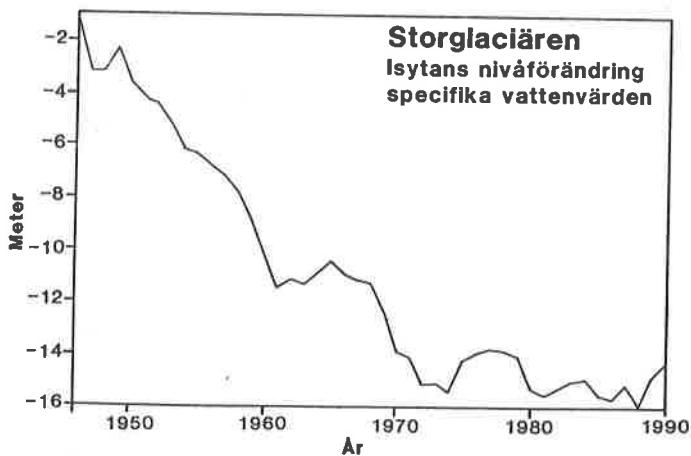
Referenser

- Alexandersson, H., Karlström, C. och Larsson-McCann, S., 1991: Temperaturen och nederbörden i Sverige 1961-90, Referensnormaler. SMHI. Rapport nr 81, 88 s.
- Bergman, V., 1986: Väder 1985/86. I Årsrapport från Tarfala forskningsstation. Jansson, P., red., Naturgeografiska inst., Stockholms univ. 3 s.
- Bergman, V., 1988: Meteorological observations in Tarfala 1986-1987. I Årsrapport 1987. Rosqvist, G., red., Naturgeografiska inst., Stockholms univ. 11 s.
- Bergman, V. och Karlén, W., 1989: Meteorologiska observationer i Tarfala 1987-1988. I Årsrapport 1988. Stroeven, A., red. Naturgeografiska inst., Stockholms univ. 8 s.
- Grudd, H. och Bergman, V., 1990: Meteorologiska observationer i Tarfala 1988-1990. I Årsrapport 1989. Stroeven, A. och Eriksson, M., red. Naturgeografiska inst., Stockholms univ. 4 s.
- Grudd, H., 1991: Meteorologiska observationer i Tarfala 1990. I Årsrapport 1990. Grudd, H. och Bodin, A., red. Naturgeografiska inst., Stockholms univ. 4 s.
- Larsson-McCann, S., 1992: Väderåret 1991. SMHI:s serie *Väder och Vatten*. 7 s.

FLYGFOTOGRAFERINGAR UTFÖRDA I FJÄLLEN UNDER SOMMAREN 1991

Av Per Holmlund

Inom ramen för de regionalklimatologiska massbalansprojektet som initierades av Tarfalastationen början av sextioåret, utfördes ett antal flygfotograferingar av glaciärer. Dessa flygbilder skall ligga till grund för en beräkning av massförändringar hos de utvalda glaciärerna mellan de tidpunkter som glaciärerna blivit fotograferade på. I de norra fjälltrakterna togs de senaste bilderna i samband med den vegetationskartering som då utfördes vid denna institution. Genom att framställa kartor baserade på de olika karteringarna kan vi beräkna och analysera förändringar i glaciärens yta. Förändringarna kan sedan kopplas till förändringar i vårt klimat. Flera olika scenarior kan uppträda. En glaciär som tunnats ut över hela dess yta har blivit utsatt för en drastisk förändring. En glaciär vars front tunnats ut men vars övre del är oförändrad har en eftersläpande reaktion från någonting som hänt med klimatet för en längre tid sedan. Detta scenario är vanligt på våra stora långa glaciärer. En tredje typ av scenario är när glaciärens lutning förändras. Det antyder förändringar i dess nettobalansgradient och därmed graden av kontinentalitet i klimatet. En sådan förändring kan skönjas i mätningar från Storglaciären som har blivit något brantare vilket pekar på en mer maritim prägel på klimatet den senaste tioårsperioden jämfört med tidigare.



Den första fasen i detta projekt var att vi i fjol lät flygfotografera Kebnekaisemassivet och Sarekmassivet med alla de där liggande glaciärerna. I år fotograferades den norra delen den 31 Juli. Fotograferingen utfördes på fyra olika områden. Längst i norr fotograferades Kärkevagge och Kårsagliären. Kärkevagge togs med i ett samarbetsprojekt med naturgeografiska institutionen i Lund. Därefter fotograferades resp Riukojietna, Påssus-Sielmamassivet och Mårmamassivet. I tabell 1 nedan finns ytterligare detaljer kring flygningarna.

Flygfotograferingar 1991-07-31

| Motiv | Flyghöjd | Beteckning | Film |
|-----------------------------|----------|-------------------|------|
| Riukojietna | 4 600 m | BD 91-811 01: 1-3 | Sv/v |
| Påssusmassivet | 4 600 m | BD 91-811 02: 1-5 | Sv/v |
| Mårmamassivet | 4 600 m | BD 91-811 03: 1-5 | Sv/v |
| Kårsagliären/ Kärkevagge | 4 600 m | BD 91-811 04: 1-5 | Sv/v |

Utöver detta företogs snedbilsfotografering från helikopter den 31 juli av följande glaciärer. S.Ö Kaskastjåkkagliären, Sälkagliären, Enquist glaciär och Isfallsglaciären. Den 20 augusti fotograferades snögränsen på Rabots glaciär, Stour och Unna Räitaglaciärerna samt på Mårmagliären.

GLACIOLOGISKA OCH GLACIALMORFOLOGISKA STUDIER VID PÅRTEJEKNA

Mart Nyman and Stefan Troëng

Abstract

During the summer of 1991 extensive fieldstudies were carried out on Pårtejekna, a glacier situated in the southern part of the Sarek national park. Pårtejekna is believed to have a continental character and in order to prove this a mass balance study was initiated. We intend to produce a detailed map of the glacier and its surroundings and therefore a series of geodetic measurements were carried out. We will also create a geomorphological map of the frontal area in order to make a comparaison of the glacialmorphology of the Pårte area and that of maritime glaciers in Lapland. In the spring of 1992 we intend to complete our initial fieldworks with a radio-echo sounding study of Pårtejekna.

Glaciologiska studier

Under sommaren 1991 inleddes en studie av Pårteglaciärens massbalans som ett led i fastställandet av glaciärens karaktär m.a.p. grad av kontinentalitet. Även isdjupsstudier är här av central betydelse. Man har skäl att tro att Pårtejekna är av kontinental typ, och kan således vara ett gott studieobjekt för förståelsen av denna karakteristik.

Ett staknät bestående av åtta stakar har upprättats. Hälften av stakarna hamnar inom ett relativt snävt höjdintervall för att täcka in glaciärens högt belägna accumulationsområde. Detta fördelar sig b.l.a. på tre större nischer. En höjdprofil upprättades också. Den kommande radioekosonderingen kommer att följa denna (se fig).

Kartframställning

Under hösten 1992 kommer en flygfotografering av Pårtejekna att utföras. Utifrån dessa fotografier skall en karta i skala 1:10000 framställas. I samband med det övriga fältarbetet genomfördes omfattande fältmätningar för att till nämnda karta skapa ett geodetiskt underlag.

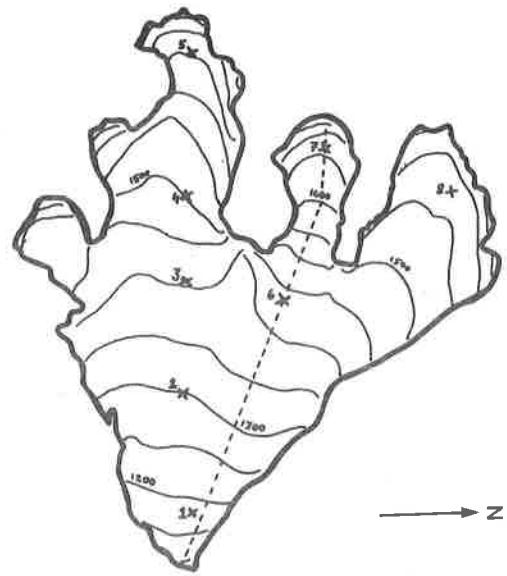


Figure: Map of Pårtejekna, location of the surface profile, along with the radioechosounding will be carried out. Approximate stake-positions. (M.Nyman 1991 unpubl.)

Glacalmorfologiska studier

En kartering över glaciärfrontens glacalmorfologi utfördes och är nu under bearbetning. Frontområdet är mycket rikt på glacalmorfologiska former. Det yttersta syftet med denna kartering är att jämföra den med en maritim glaciärs glacalmorfologi och finna skillnader i de former dessa båda typer av glaciärer ger upphov till. Mikkaglacären i Sarekmassivet har funnits lämplig som jämförelseobjekt. Utvärderingen är långt ifrån färdig men en viktig skillnad tycks vara de rännor som finns i stort antal vid Pårte, men som helt saknas vid Mikkajekna. Denna skillnad kan bero på de båda glaciärtypernas olika avrinningsmönster för smältvatten.

NY ISSJÖTAPPNING I SÄLKA

Mats G. Eriksson

Abstract

A drainage of the ice-dammed lake at the Sälka glacier ($67^{\circ}56'N$, $18^{\circ}11'E$) occurred some time between August 1 and 16, 1991. A previous drainage of this lake took place August 11, 1990. There are reasons to believe that drainage of the ice-dammed lake in Sälka probably occurs at the end of summer every year. This has previously been suspected, but this is the first observation showing that it is actually possible to drain the lake two years in a row. This fact also indicates that there are seasonal variations in the physics of the glacier controlling the ice lake drainage.

It has earlier been stated that drainage probably takes place only when the glacier has an extension similar to the present. Studies of lichens on the frontal moraines reveal advanced positions of the glacier than the present one at around 500 B.C., 1760 A.D. and 1910 A.D. Around these dates there were probably no lake drainages. Between these dates, the extension of the glacier was probably about the same as today and therefore lake drainages were able to take place.

Bakgrund

Sälkaglaciären, belägen väster om Kebnekaisemassivet ($67^{\circ}56'N$, $18^{\circ}11'E$), har hållits under uppsikt de senaste åren tack vare den sjö som ligger dämd ovanför glaciären. En tappning av denna sjö noterades 11 augusti 1990 (Eriksson och Holmlund 1991). En vattenmängd på ca $8,6 \times 10^5$ m³ tappades då förmodligen under loppet av mindre än ett dygn. Det antogs då att dräneringen av denna sjö är ett återkommande fenomen, förmodligen årligt, som kan sättas i samband med glaciärens fysikaliska och hydrologiska årsvariationer.

Antagandet om en årlig tappning grundades på studier av flygbilder från 1960 och 1980. I bilderna, som är tagna sommartid, ger sjön ett intryck av att ha tappats nyligen. Framför glaciärens nuvarande frontposition finns en ca 300 meter lång kanjon, vilken pekar på att stora mängder vatten har runnit fram här under längre tidsperioder. Detta har dock troligtvis bara varit möjligt då glaciären har haft en

utbredning liknande dagens. Då glaciären varit större eller mindre har vattnet tagit andra vägar (Eriksson och Holmlund 1991).

Observationer 1991

Glaciären och sjön besöktes dagarna 31/8 och 1/9. Det kunde då noteras att den isdämnda sjön var i det närmaste fyld till bredden. Vid en överflygning den 16 augusti bekräftades att en tappning av sjön hade inträffat sedan det föregående besöket (A. Schytt pers komm). En tappning av den isdämnda sjön i Sälka har alltså inträffat två somrar i rad, vilket klargör att en säsongs nederbörd är tillräckligt för att fylla upp sjön med vatten och göra den redo för en tappning.

Under besöket 31/8 - 1/9 arbetade två studentgrupper i området med frågeställningar i anslutning till tappningsproblemet. Bl a uppmätte man djupet på den tidigare nämnda kanjonen. Man fann djupet vara ca 24 meter



Fig.1 The ice-dammed lake in Sälka after the drainage in August 11, 1990. Photo: Thomas Schneider.

närmast glaciärfronten med ett avtagande till ca fyra meter i nedre änden av kanjonen. Bredden uppmättes till mellan tre och sexton meter.

Utprepareringen av denna kanjon har förmodligen till stor del skett i samband med issjötappningar. Slamhalten i vattnet är vid dessa tillfällen extremt hög, vilket underlättar erosion av bergrunden. Det har antagits att nämnda issjötappningar endast äger rum då glaciären har en utbredning som inte skiljer sig väsentligt från dagens. Om glaciären är mycket större än idag sker dräneringen av sjön över en bergströskel söder om glaciären istället för att tappas via glaciären. Om glaciären varit mycket mindre har inte sjön kunnat dämmas upp och tappas över huvud taget (Eriksson och Holmlund 1991).

Lichenometriska studier av ändmoräner i frontområdet visar att glaciären har haft en framskjuten position ca 500 f.kr., omkring år 1760 och omkring år 1910 (Hildebrand och Öhrn 1991). Under dessa perioder med framskjutna islägen har tappningsprocessen troligtvis satts ur spel. Om man förutsätter att utbildningen av kanjonen bara kan ha skett då glaciären haft en utbredning påminnande om dagens, så kan man anta att detta har varit fallet under övriga tider.

Diskussion

Då vi nu vet att årliga issjötappningar kan ske, väcks frågan om vad som styr dessa tappningar. Vilka fysikaliska förutsättningar måste vara uppfyllda för att en tappning ska ske? Sälkaglacieren kan antas ha ett kallt ytskikt, så som är fallet för andra skandinaviska glaciärer (Holmlund and Eriksson 1989). Variationer i tjockleken av detta kalla skikt över året påverkar möjligheten för transport av vatten genom isen och kan därför ha avgörande betydelse i tappningsmekanismen. En annan mycket betydelsefull faktor är glaciärens hydrologiska regim och speciellt då det hydrostatiska trycket i isen. Så länge "grundvattennivån" i glaciären ligger högre än den isdämnda sjöns yta kan ingen tappning ske. Men om en sänkning av det hydrostatiska trycket sker, så kan detta vara den avgörande orsaken för att få tillstånd en tappning. Röthlisberger (1972) har visat att en sådan förändring sker säsongsmässigt i Gornergletscher i Alperna. Där sker också periodiska tappningar av den isdämnda sjön Gornersee. Kan det vara likartade processer i Sälkaglacieren som styr dess tappningar? Ytterligare undersökningar rörande glaciärens hydrologi är nödvändigt för att komma åt den styrande mekanismen för issjötappningarna. Önskvärt vore också att via sjösedimentstudier

i närmaste sjö nedströms glaciären få kunskaper om hur ofta och under vilka tidsperioder dessa tappningar har skett.

Referenser

- Eriksson, M. och Holmlund, P., 1991: Issjötappningen vid Sälka 1990 - tolkad ur klimatologisk synvinkel. In: Grudd, H. och Bodin, A. (eds): Årsrapport från Tarfala 1990. Naturgeografiska Institutionen, Stockholms Universitet.
- Hildebrand, L. och Öhrn, Y., 1991: Sälkaglaciärens utbredning under senholocen - en lichenometrisk dateringsundersökning. Opublished studentuppsats. Naturgeografiska Institutionen, Stockholms Universitet. 13pp.
- Holmlund, P. and Eriksson, M., 1989: The cold surface layer on Storglaciären. Geogr. Ann., 71 A (3-4): 241-244.
- Röthlisberger, H., 1972: Water pressure in intra- and subglacial channels. J. Glaciol., 11 (62): 177-204.

METEOROLOGICAL LINKAGES WITH ABLATION ON STORGLACIÄREN

Paul M. Cutler

Introduction

During a three week period of the 1991 melt season (July 2 - July 25) a weather station was maintained in the ablation area of Storglaciären (on the cenreline between stake 12 and stake 14). Daily ablation measurements were obtained from a 27 stake grid covering most of the glacier tongue (from stake 6S1 to stake 27 inclusive). The aim of fieldwork was to assess the potential for predicting surface melt generation from a minimal number of meteorological parameters.

Methods

The meteorlogical instrument array consisted of the following:

- 1) Kipp and Zonen CM5 pyranometer measuring incident solar radiation (mounting height: 1.5 m)
- 2) Temperature probe in a 12-plate radiation shield (mounting height: 1.0 m)
- 3) Anemometer and wind vane measuring wind speed and direction (at 1.0 m and 2.0)
- 4) Tipping bucket rain gauge (mounting height: 2.2 m)

Data were recorded at 10 second intervals, and then converted to 10 minute means, on a Campbell 21X data logger. Ablation measurements at each stake were carried out at approximately the same time each day. Accuracy was +/-0.5 cm, however settling of some stakes may introduce additional errors. Surface condition was noted so that appropriate water equivalent melt values could be derived. At locations still covered with snow or slush the density was obtained on 2 occasions, while for glacier ice a density of 0.9 g cm⁻³ was assumed.

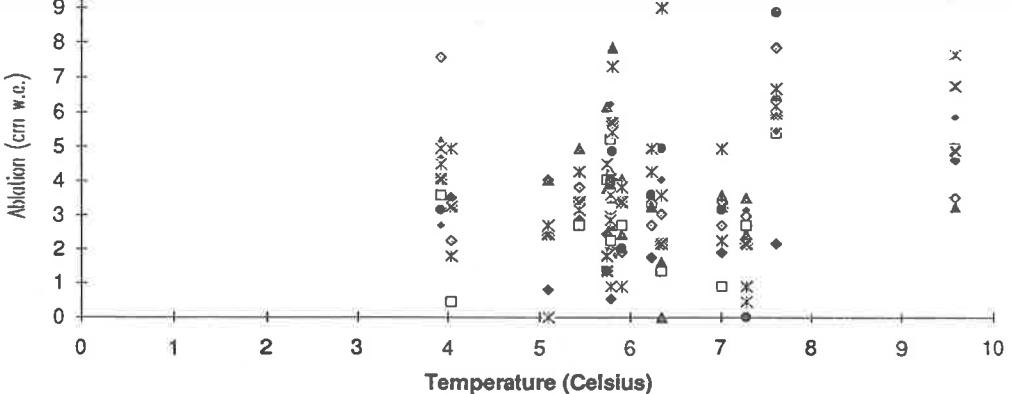


Figure 1. Ablation versus mean daily air temperature on Storglaciären (calculated from noon to noon) for the period July 3 to July 25.

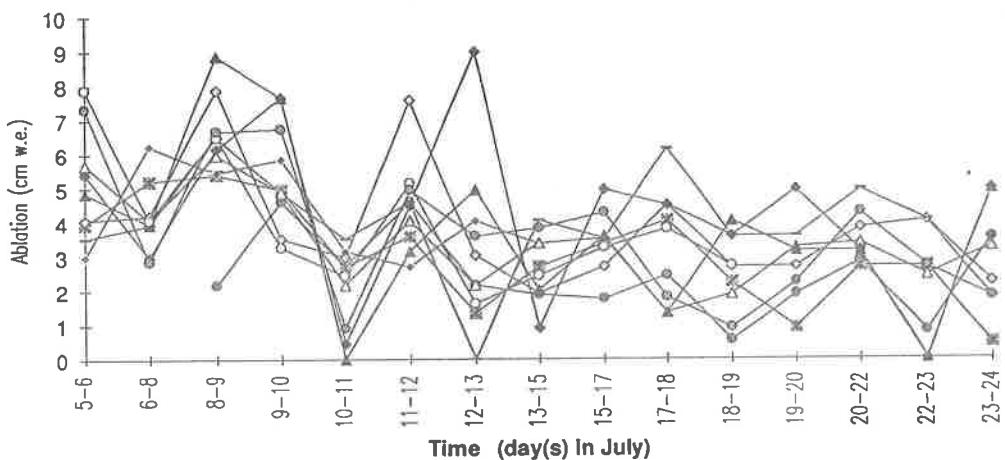
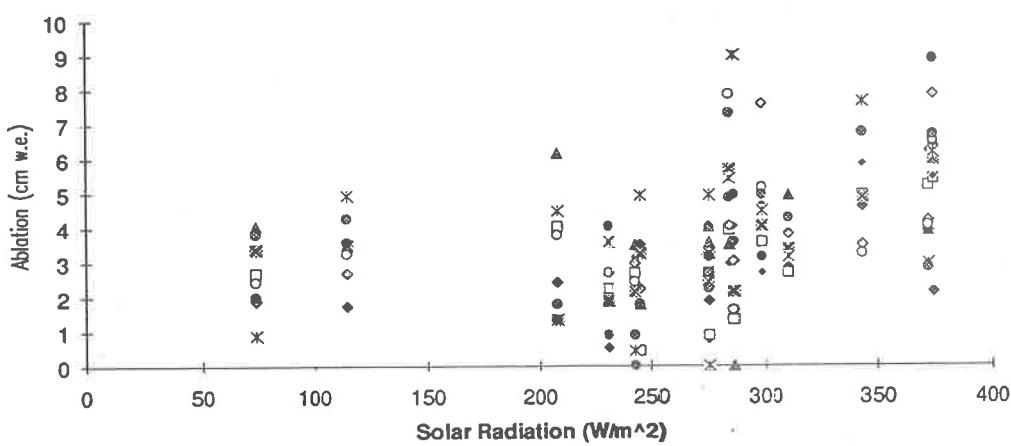


Figure 2. Daily ablation variation during July at stakes 6S1 12N3.



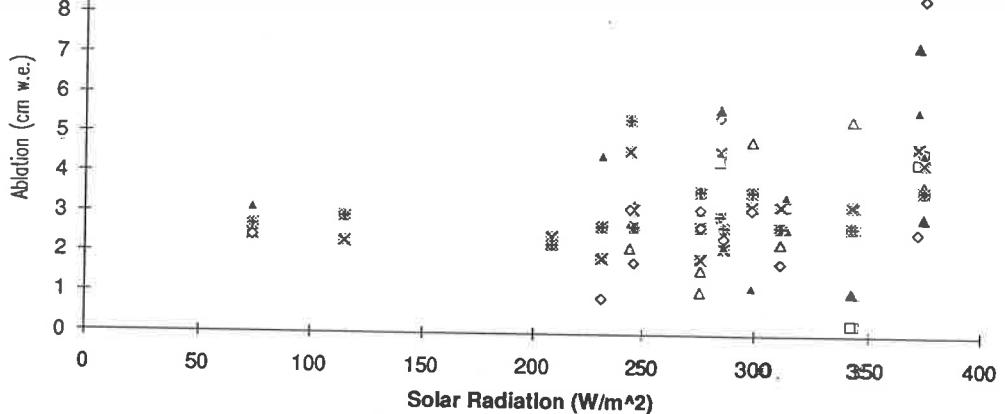


Figure 4. Relationship between ablation and mean daily solar radiation (calculated from noon to noon) for stakes 18S3 to 27 (7 stakes).

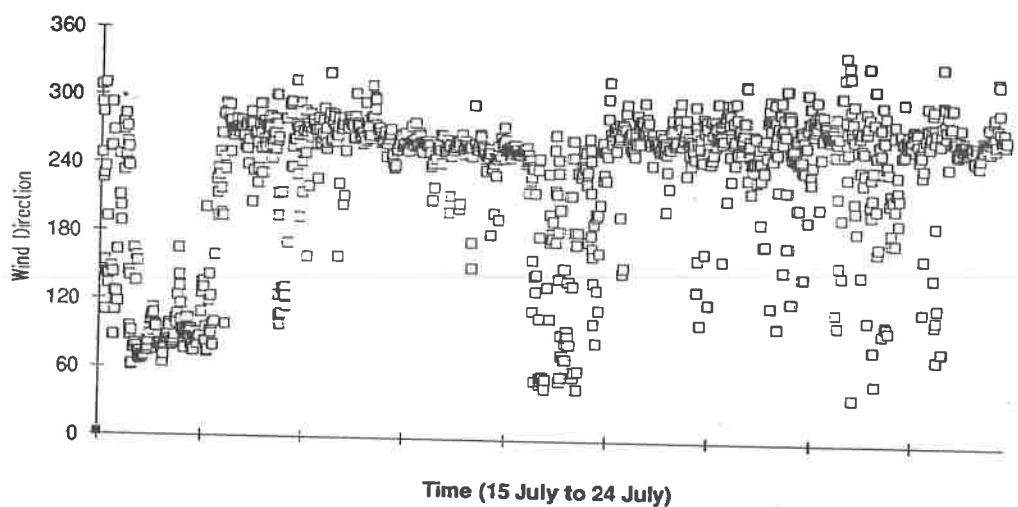
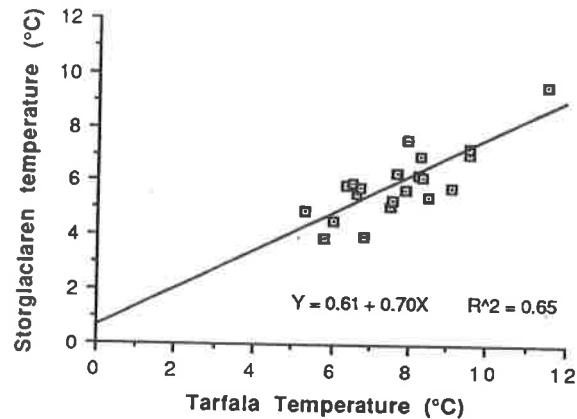


Figure 5. Variation of wind direction on Storglaciären between July 15 and July 24.



Results

Figure 1 illustrates the relationship between air temperatures and ablation for stakes 6S1 to 12N3 (10 stakes: refer to the appendix for a stake location map). Air temperatures here are mean daily values calculated from noon to noon so that they can be related to the timing of ablation measurements. The large degree of scatter is partly a function of measurement errors, but in general this suggests that air temperature alone cannot provide suitable a prediction of melt. Observing the same data set plotted over time we see a reasonable synchrony over this portion of the ablation area. In particular the trough on July 10/11 is clear. Temperature/ablation relationships at the remaining 17 stakes in the ablation area demonstrated similar variability, and are not shown here. Figure 3 plots mean daily incident solar radiation versus ablation for stakes 6S1 to 12N3. The wider range of values than experienced for air temperature improves the relationship, and suggests that data from an entire field season are required before reliable correlations can be derived. In Figure 4 the solar radiation / ablation relationship is plotted for stakes 18S3 to 27 (7 stakes). The small solid triangles are values at stake 27, and these do not follow a linear pattern with increasing solar radiation. This indicates that separate meteorological data may be required from a second mast in the accumulation area if accurate melt over the whole glacier is to be predicted. Data from the 2.0 m wind vane are shown in Figure 5. An orientation of 270 degrees corresponds to downglacier (katabatic) winds, since the vane itself aligns itself towards the source of the wind. Clearly katabatic flow was dominant for most of the measurement period, with a secondary peak in this bimodal distribution representing anabatic flow.

Discussion

From the limited data available it is evident that single meteorological parameters alone will not accurately predict melt. This is not a surprising result, as most microclimatic investigations on glaciers indicate concurrent contributions from solar radiation, longwave radiation, sensible heat, and latent heat (see Paterson 1981, chapter 14). The dominance of katabatic winds of at least 2 m thickness is a useful result, as it permits modelling of boundary layer energy exchange based on measurements at a single height within the layer (personal communication with

D.S. Munro). The aim of continuing investigations will therefore be to obtain a data set over an entire melt season, from two sites on the glacier: one in the ablation area and the other in the accumulation area. Ablation measurements will continue, although some refinements will be necessary to improve accuracy. Additional data are required for the spatial and temporal variation of reflectivity, as well as the contribution of longwave radiation emitted from the valley sides. Armed with this data a finite element model will be derived with the intention of predicting surface melt on an hourly basis at all points on the glacier. Knowledge of meltwater inputs into the subglacial drainage network may allow the prediction of the development of this system through the ablation season. The accuracy of the model can be tested against summer balance, since the final position of the snow line should be predicted if the model is supplied with the initial spring snow distribution.

The proposed model is also intended to have a predictive element to it with regard to climatic warming. Using temperature (and possibly solar radiation) measured at Tarfala during summers similar to those expected in the next few decades we may be able to drive the model to indicate changing melt rates. In order to achieve this we require a relationship between Tarfala air temperature and concurrent values on the glacier, and a rough estimate of this relationship can be seen in Figure 6. It is hoped that a longer data set containing a larger range of climatic conditions will improve the correlation. Temperature forcing alone is inadequate to explain all the melt if the air temperature / ablation relationship is similar to that indicated in Figure 1, therefore similar comparisons are needed for factors such as solar radiation and wind speed.

References

Paterson, W. S.B., 1981. *The Physics of Glaciers*. 380pp.

CORRELATED WATER PRESSURE AND VELOCITY MEASUREMENTS BELOW THE RIEGEL ON STORGLACIÄREN.

Brian Hanson and Roger Hooke

Correlated speed and water pressure measurements are important for deducing the role of basal sliding and lubrication in glacier dynamics. As part of ongoing research in the dynamics and hydrology of Storglaciären, during the summer of 1991, we maintained a variety of measurements at a site 200 m below the riegel. From 28 June through 24 July, an automated distance measurement system (ADM) took regular readings of the distance between a stake at Site 2 and the instrument position on the margin of the lower moraine. From 14 July through 26 July, a borehole within a few meters of the prism stake was monitored for water pressure variations. The ten days during which these measurements overlapped, provide the most directly correlated evidence of velocity variations in concert with water pressure variations yet obtained, on any glacier.

The automated distance measurement system (ADM) used here consists of an infrared laser rangefinder connected to a small, handheld computer which serves as both controller and datalogger. The rangefinder was anchored to a position on the south moraine near the terminus of Storglaciären. The target for the rangefinder is a three-prism reflector affixed to a six-meter long pipe which was drilled into the glacier until only the upper half meter was exposed. Distance measurements were attempted by the rangefinder at approximately ten minute intervals, but these were often interrupted by fog or rain. Measurements commenced on 28 June and stopped on 1 July because of a malfunction in the distance meter. Measurements resumed on 6 July with a different instrument, and continued with only weather interruptions until 24 July. Measurements of the full velocity vector were made from the North Moraine fixed point using a "total station" electronic theodolite. These measurements indicate that the average total speed was 50.7 mm d^{-1} with a 50.0 mm d^{-1} horizontal component and a -8.7 mm d^{-1} vertical component. The component towards the distance meter averaged 50.6 mm d^{-1} , indicating that the distance meter position was very well chosen for this particular stake location.

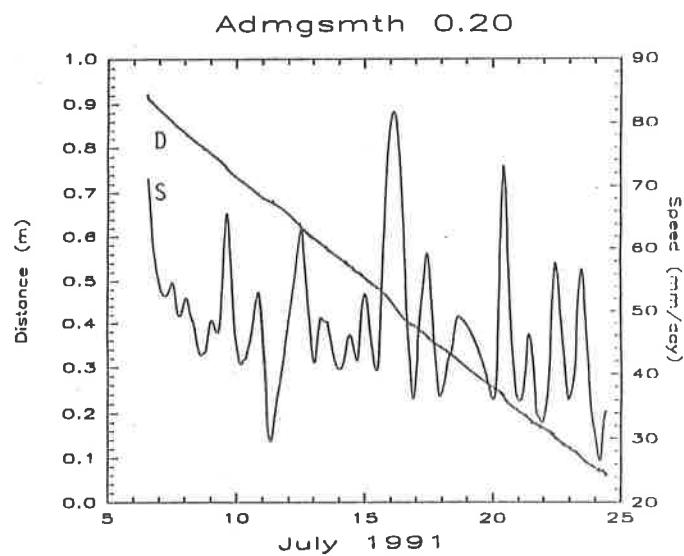
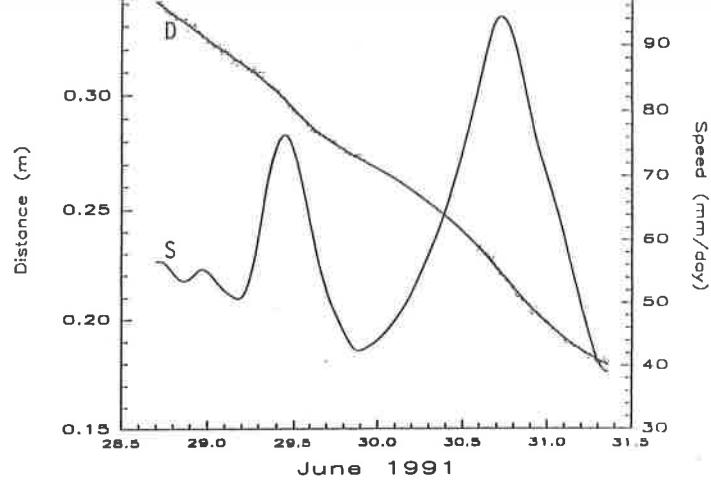


Figure 1. Smoothed distance measurements (D) and implied speeds (S) between DM and S2.
a) Measurements from 28 June to 1 July. b) Measurements from 6 July to 24 July.

Raw distance measurements were corrected for atmospheric temperature and pressure variations using temperatures measured on the glacier and pressures measured at the Tarfala station. These corrected measurements show considerable scatter. A cubic spline error-correction routine was applied to smooth these data, and the first derivative then becomes a speed measurement. Velocities ranged from 26 mm d^{-1} to over 80 mm d^{-1} (Fig. 1). The magnitude of the diurnal velocity variations are sensitive to the error-correction process, and hence are approximate, but the timing is reasonably robust.

Borehole 91-6 was drilled on 10 July within 3 m of the triple prism for S2. A pressure transducer was installed and monitored from 14 July onward. A second pressure transducer was installed in borehole 91-7, 30 meters from 91-6. Measurements at 91-7 mostly duplicated the results at 91-6, and were terminated on 21 July (Fig. 2).

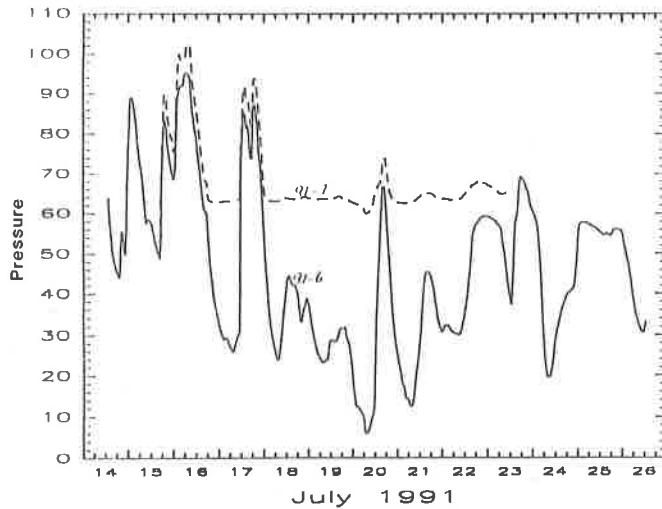


Figure 2. Water pressure variations, given in meters above the base, for boreholes 91-6 (solid) and 91-7 (dashed). Both holes are near stake S2.

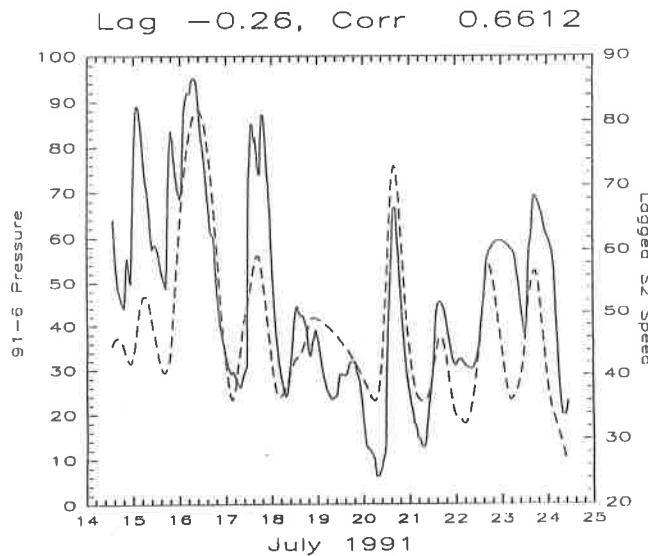


Figure 3. Speeds at S2 (as in Fig. 1b) and water pressure variations in hole 91-6 (as in Fig. 3), plotted for the period of overlap. The speeds are shifted 0.26 days to the left. This shift gave the maximum lagged correlation of 0.66.

Measurements made during the period when both speed and water pressure data are available are intrinsically most interesting. One would normally expect that velocity variations would be closely tied to water pressures due to the effect of buoyant forces on the basal ice. The data collected on Storglaciären in 1991 show a reversed lag, however, in which variations in water pressure correlate most highly with velocities that precede the water pressure variations by 0.26 days (Fig. 3).

One explanation for the reversed lag between water pressures and speeds at S2 is that speeds are being forced with little lag by basal lubrication up glacier, and the water pressure variations up glacier require a larger lag to propagate down to S2. The principal water inputs, however, occur in the moulin zone at the riegel, just a few hundred meters up glacier, and a quarter-day lag between water pressure variations at the riegel and at S2 is unreasonable. Seaberg and others (1988) found a lag of only two hours between dye injections in the moulin zone and maximum dye output in Sydjåkk. A six-hour lag seems reasonable for water pressure variations to propagate down from the crevasse zone at the base of the firn area. We have no direct evidence, however, of large water pressure variations in the overdeepening between that crevasse zone and the riegel. Furthermore the principal path followed by water that enters the glacier in this crevasse zone is englacial, to Nordjåkk. It thus would not influence water pressures at the site of the riegel. Finite-element modeling by Hanson and Hooke (in prep.) showed that decoupling at the bed in a zone of descending basal topography, such as that coming out of the firn area, may have a larger effect on overall velocities than decoupling in a zone where the basal topography is ascending out of an overdeepening. The model velocity variations are not sufficiently large, however, to argue that changes in this upper crevasse zone have a larger effect at S2 than changes in the much closer moulin zone. We are thus left with an intriguing, strong correlation between water pressures and speeds at S2 which indicates that something unexpected is happening either in propagation of water within Storglaciären or in the relation between water pressures and glacier speeds.

References cited

- Hanson, B., and Hooke., R. LeB., in Prep. Short term velocity variations and basal decoupling near a bergschrund, Storglaciären, Sweden. Submitted to *Journal of Glaciology*.
- Seaberg, S. Z., Seaberg, J. Z., Hooke, R. LeB., and Wiberg, D. W., 1988. Character of the englacial and subglacial drainage system in the upper part of the ablation area of Storglaciären, Sweden. *Journal of Glaciology*, 34(117), 217-227.

DISCHARGE AND SUSPENDED SEDIMENT TRANSPORT OF TARFALAJÄKK

Thomas Schneider and Christian Bronge

Introduction

Erosion beneath a glacier is still a quite unknown part in glacial research. To obtain further information about that, several investigations are carried out at Storglaciären. Burman & Rost (1991) compared aerial photographs of the proglacial moraine taken in summer 1980 and 1990 and calculated the difference in altitude of the area (see Tarfala Årsrapport 1990).

The work on hand deals with the discharge and suspended sediment yield of Tarfalajäkk. The aim is to compute the total amount of suspended sediment within the period from 1980 to 1990. The difference between the total suspended sediment yield in the stream and the quantity of eroded material from the morain area equals the subglacial erosion of the glacier. This report shows the current state of the investigation and at the present there are no results available.

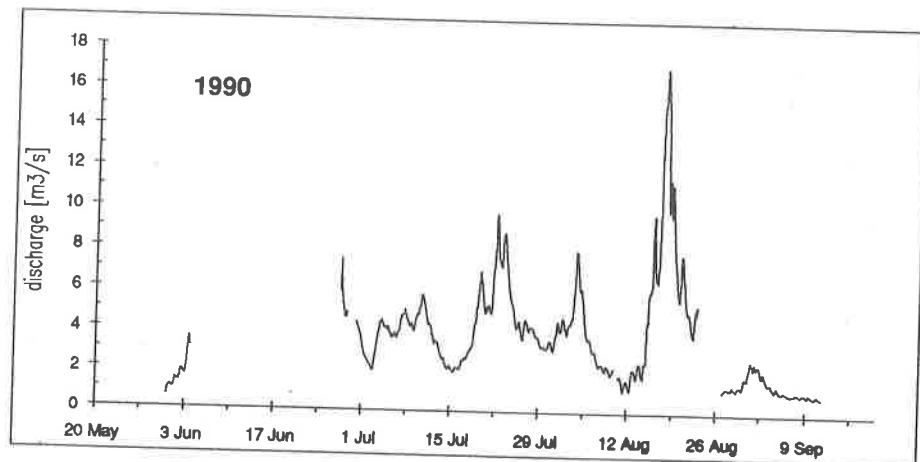


Figure 1: Discharge Tarfalajäkk 1990.

Discharge

As it is known, Tarfalajåkk is gauged at Rännan since 1959. After several modifications the current flume was erected in 1985. Up to 1986, inclusive, discharge data were available as hourly values, compiled by Christian Bronge. Stage recordings for the years 1987-1990 are now being compiled by Thomas Schneider. In 1987 Rännans stage recorder worked perfectly but in 1989 and 1990 occurred many faults (fig.1).

The main problem was the stage tube, which was often clogged by sediment. Regular flushing of the tube is absolutely necessary, to obtain accurate stage recordings. The interruption in registration went up to 23 days (4/6 - 27/6/90, fig.1). The missing values may be to some extent be inferred from comparisons with the pegel at Lillsjön and meteorological observations. The gauge registrations were digitized by applying Arcinfo digitizing program, which provides textfiles of uncalibrated numbers. These textfiles were transformed into waterlevel and discharge values by a selfwritten program in Turbopascal, based on the programs described by Bronge (1985).

In 1988 a datalogger was installed in Rännan. From 8/8 to 14/9 the logger registered the pressure of the waterpillar in the stage tube every half an hour. Unfortunately, the sensor of the logger was placed in the stage tube. Accordingly, this method was influenced by sedimentation in the tube, too. The rest of 1988's discharge was derived from analogue stage records (fig. 2).

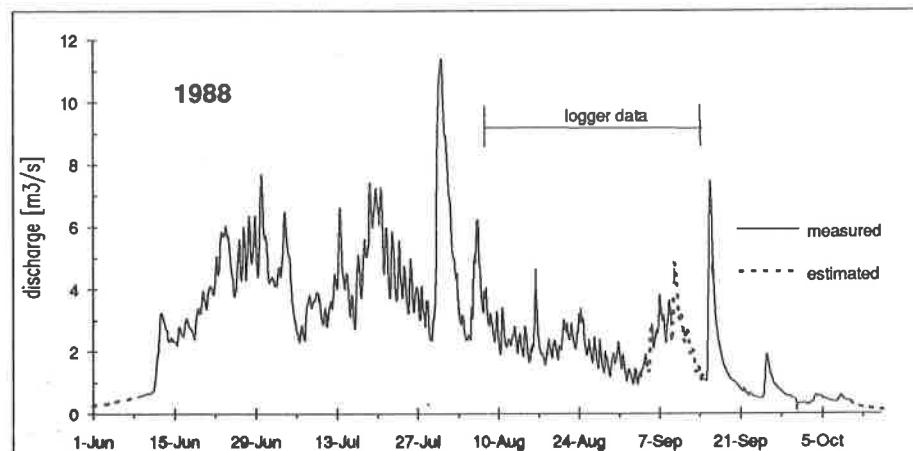


Figure 2: Discharge Tarfalajåkk 1988

Suspended sediment concentration

Suspended sediment measurement at Tarfalajåkk have been carried out since 1959 more or less regularly. Until 1981, inclusive, between 2 and 18 manual samples were taken each day during the meltseason. Owing to extremely high variation of suspended sediment concentration (fig.3) the intervals of manual sampling were adapted to discharge. During flood events hourly samples were taken. Since 1982 watersamples have been collected automatically with an ISCO watersampler every fourth hour during the summer season. Almost all samples were taken from the side of the flume at Rännan. In 1986, however, suspended sediment measurements were carried out only at the Nord- and Sydjåkk weirs. It is assumed, that the sum of those values yields the total amount of suspended sediment in Tarfalajåkk.

The sampling volume varied between ca. 400 ml (automatical) and 1000 ml (manual). The samples were filtered at Rännan through Munktell filter paper No. 00, were sent to Stockholm and burnt at 700°C. The weight of the ash yields the amount of suspended sediment in the sampling.

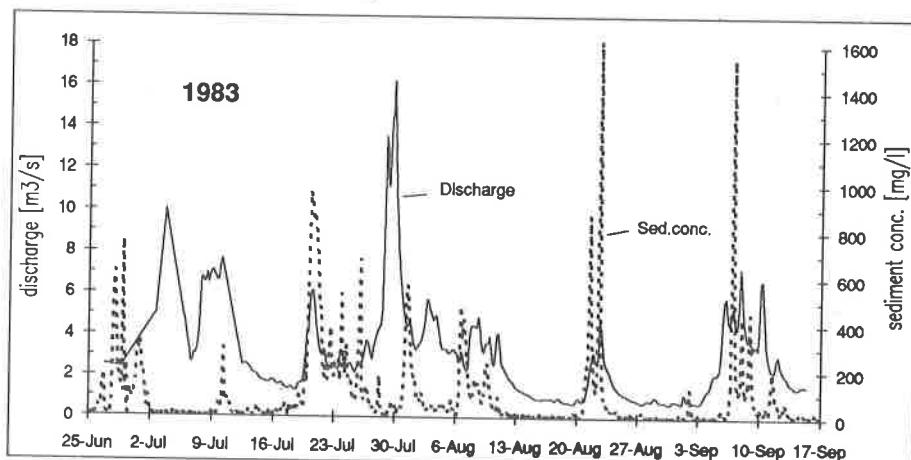


Figure 3: Discharge and suspended sediment concentration Tarfalajåkk 1983

Suspended sediment transport

Suspended sediment transport is evaluated by multiplying suspended sediment concentration by the respective discharge. Figure 4 shows suspended sediment transport during the 1983 meltseason. As illustrated in figure 3 the peaks of discharge and suspended sediment concentration occur at almost the same time. Thus, a big part of the total suspended sediment load can be transported downstreams in only a few days (e.g. Fig.4, 29/6-30/6/83).

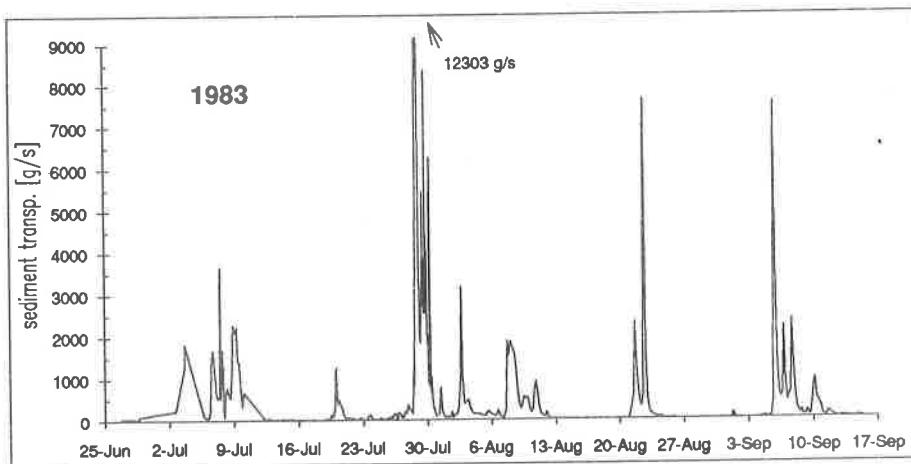


Figure 4: Suspended sediment transport Tarfalajåkk 1983

Datalogger at Rännan August - September 1991

This year, the gauging station at Rännan was again hit by an avalanche. The house with its mechanical stage height recorder was severely damaged. This occurred in the beginning of the runoff season, and it led to a loss of registration of stage heights for a large part of the season. The automatic sediment sampler was by this reason not in operation at Rännan.

By safety reasons, and because there is nowadays no reason to have personnel staying at Rännan to run the measuring program, it was decided not to reconstruct

the house and the mechanical recorder. In the future the hydrological recording will be managed by a datalogger and the sediment sampling by an ISCO sampler. For that purpose, a box was constructed adjacent to the weir as a temporary housing for a CDS CR10 datalogger connected to a pressure sensor and with space for the ISCO sampler. A more permanent installation of the datalogger has to be accomplished during the comming season.

The water pressure was recorded from mid of August to mid of September, i.e. the end of the season. Unfortunately, the pressure sensor turned out to be above the water surface at low stage heights, so the latter have not been recorded. This year's stage-hight records has not been connected to previous years' records. This will be done afterwards, i.e. next season.

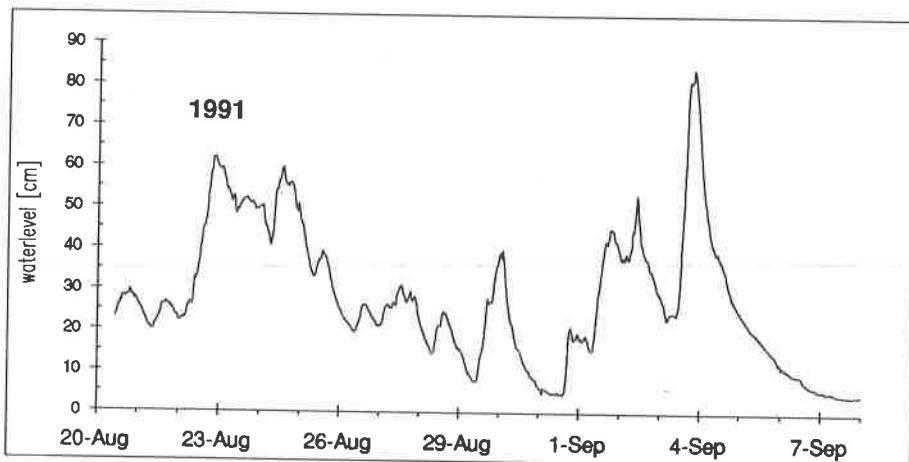


Figure 5: Waterlevel at Rännan summer 1991, registered by an cds-datalogger

References

- Bronge, C., 1985: Hydrologisk verksamhet i Tarfala 1974-1982. Stockholms Universitet, Naturgeografiska institutionen, Forskningsrapport 62, 81 pp.
- Schytte, V., 1968: Tarfalajåkkas vattenföring och slamtransport 1966-1967. Stockholms Universitet, Naturgeografiska institutionen, Forskningsrapport 3, 25 pp.

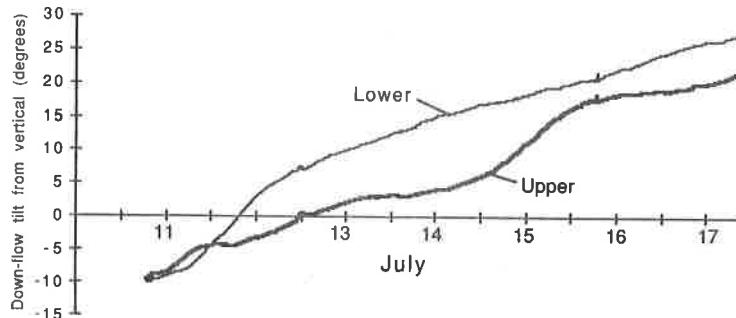


Figure 3. Down-flow component of tilt for each tiltmeter over 6.5 days.

A plot of what we infer to be the down-glacier component of the tilt for both meters (Fig. 3) shows no significant periods when the direction of rotation is reversed, unlike previously published measurements of tiltmeter rotation in subglacial till (Blake and others, in press). Rates of shear strain calculated from Figure 3 fluctuated through a wide range, often over periods considerably shorter than day and with no obvious periodicity (Fig. 4). Consistent with explanations of similar behavior observed in ring shear experiments (Mandl and others, 1977), we believe the fluctuations result from large stress gradients in the till that concentrate deformation in thin zones, with relatively undeformed intervening zones. Thus, intermittent rotation of the tiltmeters occurs as a result of the sporadic activation of variously positioned discrete shear zones within the till. This is consistent with the behaviour expected from a plastic frictional material, and not consistent with the Bingham rheology that is assumed in most models of subglacial till deformation (e.g. Alley, 1989).

References

- Alley, R.B., 1989. Water-pressure coupling of sliding and bed deformation: II. Velocity-depth profiles. *J. Glaciol.*, **35**(119), 119-129.
- Alley, R.B., D.D. Blakenship, S.T. Rooney, and C.R. Bentley, 1987. Till beneath Ice stream B. 3. Till deformation: evidence and implications. *J. Geophys. Res.*, **92** (B9), 8921-8929.
- Blake, E., G.K.C. Clarke, and M.C. Gerin, in press. Tools for examining subglacial bed deformation. *J. Glaciol.*
- Boulton, G.S., and R.C.A. Hindmarsh, 1987. Sediment deformation beneath glaciers: rheology and geological consequences. *J. Geophys. Res.*, **92** (B9), 9059-9082.

Hooke, R. Leb., 1991. Positive feedbacks associated with erosion of glacier cirques and overdeepenings. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **103**(8), 1104-1108.

Mandl, G., L.N.J. de Jong, and A. Maltha, 1977. Shear zones in granular material. *Rock Mechanics*, **9**, 95-144.

STUDIES ON THE KÅRSA GLACIER 1991

Axel Bodin

Abstract

The mass balance of the Kårsa glacier was measured for the balance year 1990/91. The winter balance was 1,86 m w eq calculated on the basis of 53 snow depth measurements and 3 density measurements. The summer balance was 1,85 m w eq calculated on the basis of 7 ablation stakes and mapping of the firn line position on the 20th of august. Thus, the net balance was practically zero and the ELA was at 1190 m a.s.l resulting in an accumulation area ratio of 43 %. The net balance gradient was calculated to 0,22 m/100 m, which is a surprisingly low value.

Radio echo soundings were performed in 10 points spaced over the hole glacier. The ice depth was found to be about 30 m in the ackumulation area as well as in the ablation area. Along an east-west profile in 4 points approximately on the equilibrium line the ice depth was about 40 m as a maximum.

Ice velocity measurements carried out on 5 stakes in the ablation area and close to the equilibrium line since may 1990 gives an annual ice velocity of approximately 3 m/year. The direction of movement is perpendicular to the north-eastern part of the margin, a result of the quit unusual shape of this glacier.

Inledning

Kårsaglaciären mellan Abisko och Riksgränsen är en av de mest undersökta glaciärerna i den Skandinaviska fjällkedjan. Dess markanta frontreträtt och uttunning sedan början av seklet är väl dokumenterad. Under 1990 och 1991 har mätningar av massbalans, isrörelse och isdjup genomförts. Dessutom flygfotograferades Kårsaglaciären och dess omgivningar den 1 augusti i år.

Med vissa kompletterande isrörelse- och isdjupsmätningar jämte studier av sjösedimentkärnor under nästa fältsäsong, kan relativt omfattande beräkningar av Kårsaglaciärens volym och volymförlust sedan karteringen år 1926 genomföras. Detta material ligger till grund för en studie av Kårsaglaciärens klimatberoende och de Holocena glaciär- och klimatfluktuationerna i området.

Resultat av 1991 års studier på Kårsaglaciären

Massbalans

Vinterbalansen mättes under ett fältbesök den 2-4/5. Snödjupet sonderades i 53 punkter och snöns densitet bestämdes genom tre kärnborrningar. Medeldensiteten var 0.47 g/cm^3 och den totala ackumulationen motsvarade $1,86 \text{ m}$ vattenekvivalent (v e). Ablationen bestämdes till $1,85 \text{ m v e}$ genom stakavsläsningar (7 stakar) och kartering av den temporära snögränsen den 20-21/8. Nettobalansen för massbalansåret 1990/91 är således mycket nära noll. Jämviktslinjens höjd över havet (ELA) är beräknad till 1190 m ö h , vilket gör att ackumulationsområdet omfattar 43% av glaciärens yta. Nettobalansgradienten är beräknad till ca $0,22 \text{ m}/100 \text{ m}$.

Tabell 1. Kårsaglaciärens massbalans under budgetåret 1990/91.

| Nivå m ö h | Yta 10^3 m^2 | Vinterbalans 10^3 m^3 | Sommarbalans 10^3 m^3 | Nettobalans 10^3 m^3 | m v e | m v e | m v e | m v e |
|---------------|---------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-------|--------|-------|-------|
| 935-1000 | 66.5 | 100.6 | 1.51 | 141.3 | 2.13 | -40.7 | -0.62 | |
| 1000-1100 | 336.5 | 597.6 | 1.78 | 715.1 | 2.13 | -117.5 | -0.35 | |
| 1100-1200 | 311.5 | 601.9 | 1.93 | 606.6 | 1.95 | -4.7 | -0.02 | |
| 1200-1300 | 144.5 | 286.3 | 1.98 | 254.3 | 1.76 | 32.0 | 0.22 | |
| 1300-1400 | 130.0 | 251.1 | 1.93 | 215.0 | 1.65 | 36.1 | 0.28 | |
| 1400-1500 | 219.5 | 406.9 | 1.85 | 297.8 | 1.36 | 109.1 | 0.49 | |
| 935-1500 | 1208.5 | 2244.4 | 1.86 | 2230.1 | 1.85 | 14.3 | 0.01 | |

Radioekosonderingar och isrörelsemätningar

Under vårbesöket radioekosonderades Kårsaglaciären i 10 punkter (se karta). Resultatet visar att istjockleken varierar mellan 18 m och 40 m med ett medeldjup av 32 m (enligt kartan, två sonderingar gav osannolikt låga värden och har inte tagits med). Glaciären tycks således vara både tunn och renons på överfordjupningar.

Isrörelsen har mätts vid tre tillfällen sedan maj-90 på fem stakar från jämviktslinjen och nedströms. Nära jämviktslinjen är isrörelsen ca $3-4 \text{ m}/\text{år}$ liksom även på den norra sidan av tungan. Rörelseriktningen är här ungefär åt nordost. Den östra delen av ablationsområdet och västerut mot passet till Vassivagge är isrörelsen ca $2 \text{ m}/\text{år}$ och isrörelseriktningen ungefär från väst.

Andra intressanta indikatorer på isrörelsemönstret är sprickornas orientering och antydan till två mittmoräner (se fig 1). Den södra av de två små mittmoränerna är troligen ett resultat av en nu avtagande isrörelse från det stora området mot Vassivagge som slutgiltigt avlänkades från glaciären under 80-talet efter ca 30 år av intensiv uttunning. I så fall är den norra mittmoränen ett resultat av flöde från det mycket branta parti av glaciären som sträcker sig upp till 1400 m ö h i nordvästlig riktning. Sprickornas orientering ger vid handen att isen divergerar ned mot tungan från det huvudsakliga ackumulationsområdet i sydväst. Detta stödjs även av isrörelsemätningarna.

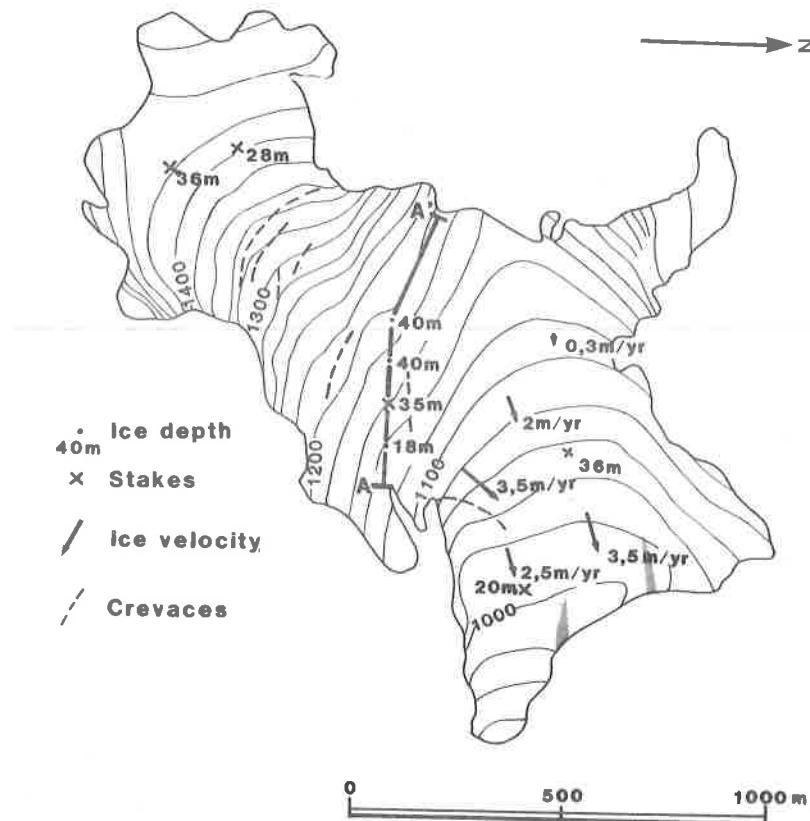


Fig 1. Map of the Kårsa glacier (from Bodin, 1991). Ice depths and ice velocities measured on stakes are given. The vertical cross-section A-A' has an area of approximately $23 \cdot 10^3 \text{ m}^2$. Dashed lines shows major crevasses and dotted areas upwards from the front are medial moraines.

Jämförelse av isflöde och volymförlust

Radioekosonderingarna och isrörelsemätningarna möjliggör en grov uppskattning av isflödet genom en tvärnittsprofil ungefär vid jämviktslinjen (fig 1).

Tvärnittsarean vid profil A-A' uppgår till ca $23 \cdot 10^3 \text{ m}^2$ och isrörelsen vid ytan är ungefär 3-4 m/år. En grov uppskattning av flödet med hjälp av de korrektionsfaktorer som Glen (1965) anger, blir ca $80 \cdot 10^3 \text{ m}^3/\text{år}$ om all isrörelse är i form av basal glidning och ca $30 \cdot 10^3 \text{ m}^3/\text{år}$ om ingen basal glidning alls förekommer. För en enkel uppskattning antas flödet vara av storleksordningen $50 \cdot 10^3 \text{ m}^3/\text{år}$.

Volymförlusten har beräknats genom profilmätningar i befintligt kartmaterial och fältmätningar från åren 1925, -43, -59, -78 och 1990. Över ca 1100-1200 m är isytans höjd i princip oförändrad sedan karteringen 1925 (bortsett från området i passet mot Vassivagge där uttunningen var betydande även på högre höjd mellan 1959 och 1978). Volymförlust såväl som jämviktslinjens h ö h (ELA) framgår av tabell 2.

Table 2. Changes of the Kårs glacier thru the century based on observations in field and measurements on the five existing maps.

Total area - A
 Snout altitude - S
 Equilibrium line altitude - ELA
 Area of ablation area - AR
 Area of accumulation area/Total area - AAR
 Thinning - U (m w eq/yr)
 Volume loss - V ($10^3 \text{ m}^3/\text{yr}$)

| Year | A (10^3 m^3) | S (masl) | ELA (masl) | AR (10^3 m^2) | AAR (%) | U (mweq) | V (10^3 m^3) |
|-------|-----------------------------|-------------|---------------|------------------------------|------------|-------------|-----------------------------|
| 1925 | 2225 | 817 | 1100 | 626 | 71.87 | | |
| 1943 | 1791 | 845 | 1100 | 486 | 72.86 | | |
| 1959 | 1940 | 920 | 1100 | 526 | 72.89 | | |
| 1978 | 1575 | 925 | 1200 | 767 | 51.30 | | |
| 1990 | 1234 | 935 | 1200 | 725 | 41.25 | | |
| 25-43 | 2008 | | 1100 | 556 | 72.31 | 0.52 | 289 |
| 43-59 | 1866 | | 1100 | 506 | 72.88 | 0.46 | 233 |
| 59-78 | 1758 | | 1150 | 646 | 63.25 | 0.87 | 562 |
| 78-90 | 1404 | | 1200 | 746 | 46.87 | 0.60 | 448 |

Volymförlusten i ablationsområdet har sedan 1959 varit ca 10 gånger större än flödet är idag enligt beräkningarna ovan. Antas en konstant nettobalans sedan 1925 är skillnaden i volymförlust mellan i tabellen angivna perioder ett resultat av avtagande flöde genom tvärnittsprofilen A-A'. Eftersom arean av

tvärsnittsprofilen A-A' inte ändrats nämnvärt sedan karteringen 1925, kan förändringarna i volymförlust antas motsvara en gradvis

avtagande isrörelse. I grova tal har isrörelsen i så fall avtagit från ca 15 m/år under 20-talet till de ca 3 m/år vid jämviktslinjen som uppmätts under 1990-91.

Litteratur

- Ahlmann, H. W:son., Tryselius, O., 1929: Der Kårsa-gletscher in Schwedisch-Lappland. Geografiska Annaler 11: 1-32.
- Ahlmann, H. W:son., Lindblad, Th., 1940: Die grösstenveränderungen des Kårsajökels in Schwedisch-Lappland während der Jahre 1909-1939. Geografiska Annaler 22: 80-94.
- Bodin, A., 1991: Kårsaglaciärens reträtt under 1900-talet. Examensarbete, Naturgeografiska institutionen, Stockholms universitet. 34 p.
- Holmlund, P., 1986: Mikkaglaciären: Bed topography and response to 20th century climate change. Geografiska Annaler 68 A (4): 291-302.
- Holmlund, P., 1987a: Mass balance of Storglaciären during the 20th century. Geografiska Annaler 69 A (3-4): 439-447.
- Holmlund, P., 1987b: Climatic influence on the shape of glaciers in northern Sweden 1878-1986. Forskningsrapport 65. Naturgeografiska institutionen, Stockholm: 14 p.
- Hooke, R. LeB., Calla, P., Holmlund, P., Nilsson, M., Stroeven, A., 1989: A three-year record of seasonal variations in surface velocity, Storglaciären, Sweden. Journal of Glaciology 35 (120): 235-247.
- Karlén, W., 1973: Holocene glacier and climatic variations, Kebnekaise mountains, Swedish Lapland. Geografiska Annaler 55 A (1): 26-63.
- Nye, J. F., 1965: The flow in a channel of rectangular, elliptic or parabolic cross-section. Journal of Glaciology 5 (41): 661-690.
- Paterson, W. S. B., 1983: The Physics of Glaciers. Pergamon Press, Oxford, 380 p.
- Schytt, V., 1963: Glaciärernas liv. S.T.F. Årsskrift 1963: 144-158.
- Schytt, V., 1967: A study of "ablation gradient". Geografiska Annaler 49 A (2-4): 327-332.
- Wallén, C. C., 1948: Glacial-meteorological investigations on the Kårsa glacier in Swedish Lapland 1942-1948. Geografiska Annaler 30 (1-2): 451-672.
- Wallén, C. C., 1949: The shrinkage of the Kårsa glacier and its probable meteorological causes. Geografiska Annaler 31 (1-4): 275-291.
- Wallén, C. C., 1957: Inlandsisens ablationsförhållanden under avsmälningsskedet i de nordvästra fjälltrakterna. G.F.F. 79 (3): 529-541.

- Wallén, C. C., 1959: The Kårsa glacier and its relation to the climate of the Torne
Träsk region. *Geografiska Annaler* 41 (4): 236-244.
- Östrem, G., Stanley, A., 1969: Glacier mass balance measurements, a manual for
field and office work. Norwegian water resources and electricity board and
Canadian dept of energy, mines and resources, 125 p.

NORRA MORÄNEN - RÖRELSEMÖNSTER JULI 1990 - JULI 1991

Av Jan Johansson

Under sista veckan i Juli sommaren 1990 byggdes ett staknät upp längs Storglaciärens Norra morän (fig. 1). Med en geodimeter model 440 gjordes inmätningar av stakarnas positioner från fixpunkten 20 belägen på Södra Klippbergets sydspets. Som referenspunkt användes fixpunkt 18,5 på Kebnetjåkkos nordsida.

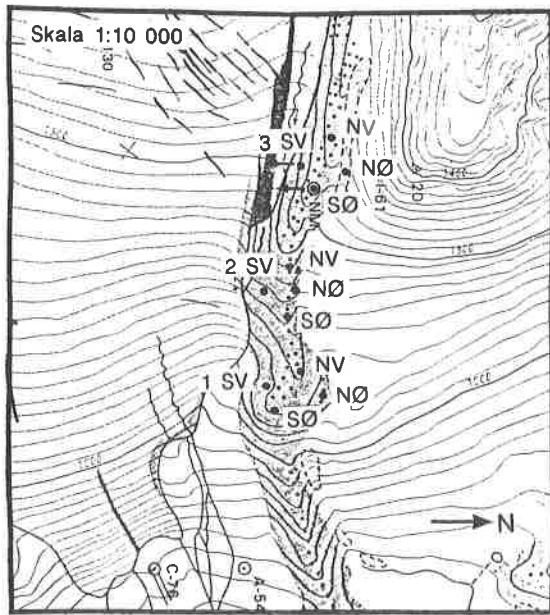
Syftet med arbetet var att få en uppfattning om Norra moränens rörelsemönster. Detta mot bakgrund av att många av de vetenskapliga arbeten som utförs på Storglaciären är beroende av exakta positionsbestämningar vilka av praktiska skäl ofta utförts från olika punkter på Norra moränen. De positionsbestämningar som då gjorts har visat på en rörelse hos själva fixpunkten vilket ofta komplicerat analys, (ref muntligen Hooke, R.Leb).

Resultatet nedan baseras på perioden Juli 1990 - Juli 1991. Detta är på intet sätt entydigt men visar i vart fall på relativt stora variationer i aktivitet för olika områden av Norra moränen. Staknät 3, se karta, uppvisar genomgående högre aktivitet än övriga staknät. Här kan stake 3 SÖ speciellt uppmäksamas. Denna är belägen på den ofta använda fixpunkten NM på Norra moränen och uppvisar både i horisontell och vertikalled en av de största positionsförändringarna i staknätet. Riktning, se karta. Stake 3 NÖ, vilken uppvisar den största förändringen i vertikalled, ligger i en större fördjupning i Norra moränens översta del. Möjligheten finns att det är just denna bildningsprocess som här indikeras.

Tabell 1. Staknät på norra moränen.
Horisontell och vertikal förändring.

| Stake | Horizontal ändring (m) | Vertikal ändring (m) |
|-------|---------------------------|-------------------------|
| 1 SV | 0,049 | 0,001 |
| | 0,024 | 0,035 |
| | 0,017 | 0,008 |
| | 0,022 | 0,007 |
| 2 SV | 0,011 | 0,021 |
| | 0,039 | 0,023 |
| | 0,011 | 0,013 |
| | 0,00 | 0,011 |
| 3 SV | 0,132 | 0,028 |
| | 0,033 | 0,081 |
| | 0,103 | 0,084 |
| | 0,031 | 0,006 |

Stora delar av resultatet får dock anses ligga inom felsmarginalen varför inga direkta konklusioner härför kan dras.



Figur 1. Karta över de tre staknäten på Norra moränen.

PUBLISHED PAPERS 1988-1991.

- Andreasson, P-G. and Gee, D.G., 1989: Bedrock geology and morphology of the Tarfala area, Kebnekaise Mts., Swedish Caledonides. *Geografiska Annaler* 71A (3-4): 235-239.
- Fleetwood, Å. and Thomas, J., 1990: Weathering and ion flow in Tarfala drainage basin, Lapland, N. Sweden. *Geografiska Annaler* 72A (1): 125-127.
- Grudd, H., 1990: Small glaciers as sensitive indicators of climatic fluctuations. *Geografiska Annaler* 72 A (1): 119-123.
- Jahn, A., 1991: Slow soil movement in Tarfala valley, Kebnekaise mountains, Swedish Lapland. *Geografiska Annaler* 73A(2): 93-107.
- Jansson, P. and Hooke, R.LeB., 1989: Short-term variations in strain and surface tilt on Storglaciären, Kebnekaise, northern Sweden. *Journal of Glaciology* 35 (120): 201-208.
- Holmlund, P., 1988: An application of two theoretical melt water drainage models on Storglaciären and Mikkaglaciären, Northern Sweden. *Geografiska Annaler* 70A (1-2): 1-7.
- 1988: Is the longitudinal profile of Storglaciären in balance with the present climate? *Journal of Glaciology* 34 (118): 269-273.
 - 1988: Internal geometry and evolution of moulin, Storglaciären, Sweden. *Journal of Glaciology* 34 (117): 242-248.
 - 1991: Cirques at low altitudes need not necessarily have been cut by small glaciers. *Geografiska Annaler* 73A (1): 9-16.
- Holmlund, P. and Eriksson, M., 1989: The cold surface layer on Storglaciären. *Geografiska Annaler* 71 A (3-4): 241-244.
- Hooke, R.LeB., 1991: Positive feedbacks associated with erosion of glacial cirques and overdeepenings. *Geological Society of America Bulletin*, 103: 1104-1108.

- Hooke, R.LeN., Miller, S.B. and Kohler, J., 1988: Character of the englacial and subglacial drainage system in the upper part of the ablation area of Storglaciären. *Journal of Glaciology* 34 (117): 228-231.
- Hooke, R. LeB., Calla, P., Holmlund, P., Nilsson, M., Stroeven, A., 1989: A 3 year record of seasonal variations in surface velocity, Storglaciären, Sweden. *Journal of Glaciology* 35 (120): 235-247.
- Rosqvist, G. and Ostrem, G., 1989: The sensitivity of a small icecap to climatic fluctuations. *Geografiska Annaler* 71 A (1-2): 99-104.
- Seaberg, Z., Seaberg, J.Z., Hooke, R.LeB. and Wiberg, D.W., 1988: Character of the englacial and subglacial drainage system in the lower part of the ablation area of Storglaciären, Sweden, as revealed by dye-tracer studies. *Journal of Glaciology* 34 (117): 217-227.
- Seppälä, M.,(et al), 1989: Glaciological course in Tarfala. *Terra* 101 (3): 252-274.
- Stroeven, A.P. and van de Wal, R.S.W., 1990: A comparison of the mass balances and flows of Rabots glaciär and Storglaciären, Kebnekaise, northern Sweden. *Geografiska Annaler* 72 A (1): 113-118.
- Walford, M.E.R. and Kennett, M.I., 1989: A synthetic-aperture radio-echo experiment at Storglaciären, Sweden. *Journal of Glaciology* 35 (119): 43-47.

PERSONAL OCH GÄSTER 1991

| STATIONSPERSONAL | dygn |
|--|------|
| Karlén, Wibjörn (professor, stationsföreståndare) Naturgeografiska inst., Stockholms universitet. | 4 |
| Grudd, Håkan (intendent) Naturgeografiska inst., Stockholms universitet. | 96 |
| Holmlund, Per (forskarassistent) Naturgeografiska inst., Stockholms universitet. | 47 |
| Bodin, Axel (amanuens) Naturgeografiska inst., Stockholms universitet. | 95 |
| Andersson, Karin Långlandia 1, 414 53 Göteborg | 35 |
| Burstedt, Fredrik Skonertv. 24, 865 32 Alnö | 18 |
| Johansson, Jan Borgensv. 67-104, 9100 Kvalöysletta, Norge | 41 |
| Marvig, Karen Högabergsg. 54, 331 41 Värnamo | 49 |
| Norell, Björn Studenv. 22:26, 752 34 Uppsala | 33 |
| Persson, Eva (kökspersonal) Hermelinsgatan 32, 981 39 Kiruna | 28 |
| Woodhouse, Astrid (kökspersonal) Liderudvn 1, 0594 Oslo, Norge | 31 |
| Ölundh, Gunilla Björnidegr. 285, 162 46 Vällingby | 33 |
| PROJEKTANSVARIGA | |
| Bronge, Christian Naturgeografiska inst., Stockholms universitet | 4 |
| Cars, Robert Mullard Science Center, Surrey, England | 4 |
| Cutler, Paul Dept. of Geology, University of Minnesota | 32 |
| Eriksson, Mats Naturgeografiska inst., Stockholms universitet | 27 |

| | |
|--|----|
| Hanson, Brian | 30 |
| Dept. of Geography, University of Delaware | |
| Hedman, Ulf | 5 |
| Nord Optik AB, Järfälla | |
| Hooke, Roger LeB (professor) | 31 |
| Dept. of Geology, University of Minnesota och | |
| Naturgeografiska inst., Stockholms universitet | |
| Isaksson, Elisabeth | 6 |
| Naturgeografiska inst., Stockholms universitet | |
| Iverson, Neal | 32 |
| Dept. of Geology, University of Minnesota | |
| Jansson, Peter | 4 |
| Naturgeografiska inst., Stockholms universitet och | |
| Dept. of Geology, University of Minnesota | |
| Kohler, Jack | 37 |
| Dept. of Geology, University of Minnesota | |
| Lueck, Andres | 11 |
| Inst. of Geography, University of Bonn | |
| Nyman, Mart | 2 |
| Naturgeografiska inst., Stockholms universitet | |
| Näslund, Jens Ove | 13 |
| Naturgeografiska inst., Stockholms universitet | |
| Pohjola, Veijo | 16 |
| Naturgeografiska inst., Uppsala universitet | |
| Ridley, Jeff | 4 |
| Mullard Science Center, Surrey, England | |
| Rosqvist, Ninis | 7 |
| Naturgeografiska inst., Stockholms universitet | |
| Stroeven, Arjen | 11 |
| Naturgeografiska inst., Stockholms universitet | |
| Walde, Carl-Henrik | 6 |
| FMV:Elektro, Stockholm | |
| Wollesen, Dirk | 10 |
| Geogr. inst., Justus-Liebig-Univ., Giessen, Tyskland | |
| Byggnadsstyrelsen | 40 |
| Luleå | |

HANTLANGARE

| | |
|---|----|
| Aftret, Jonny; Norge | 4 |
| Axelsson, Urban; Lycksele | 2 |
| Bondesson, Sören; Stockholm | 14 |
| Carlsson, Åke; Stockholm | 5 |
| Dorion, Chris; Dept. of Geology, Univ. of Maine | 22 |
| Eriksson, Mattias; Kiruna | 2 |
| Fisher, Odd; Kiruna | 5 |
| Grudd, Magnus; Sollerön | 4 |
| Hedman, Lotta; Stockholm | 5 |
| Jungahn, Christer; Stockholm | 4 |
| Klein, Kristina, Västerås | 24 |
| Nilsson, Mats; Umeå | 2 |
| Pehau-Arnaudet, Christophe; Bellocq, Frankrike | 6 |
| Schyt, Anna; Stockholm | 11 |
| Robert Szewezyk; Warzawa, Polen | 24 |
| Gregor Uszynski; Warzawa, Polen | 24 |
| Anders Rydén; Uppsala | 9 |

GÄSTER

| | |
|--|---|
| Björck, Ingela; Journalist, Lund | 2 |
| Ekman, Stig-Rune; Stockholm | 2 |
| Gustafsson, Hans; Statens Naturvårdsverk, Solna | 2 |
| Höfle, Hans Christof; Tyskland | 3 |
| Inga, Alexander (Sander); Brevbärare Nikkaluokta | 1 |
| Johansson, Marie | 1 |
| Kalinovsky, Mariusz;Stockholm | 4 |
| Karlén, Leif; Uppsala | 4 |
| Kjessel, Robert; Stockholm | 3 |
| König, Claus; Tyskland | 3 |
| Norén, Karl Gunnar; Stockholms folkhögskola | 2 |
| MacAlister, Hector; British Antarctic Survey | 4 |
| Westerling, Nina; Stockholm | 3 |
| Woodhouse, Anine; Oslo,Norge | 4 |
| Wäraas, Kari | 3 |

KURSER

| | |
|-------------------------------------|-----|
| Antarktiskurs 12-19 april, 30 pers | 136 |
| STF, 8 kurser | 173 |
| SGU-kurs 12-16 augusti, 34 pers | 136 |
| Tärendöskolan 27-30 augusti 15 pers | 45 |
| | |
| LU-kurs 20 juli - 5 augusti 11 pers | 176 |
| Antonson, Eva; Nacka | |
| Ekelund, Åsa; Stockholm | |
| Forsberg, Inger; Solna | |
| Hildebrand, Lisbeth; Stockholm | |
| Lagerklint, Marianne; Sollentuna | |
| Lindqvist, Carita; Solna | |
| Ransed, Gunnar; Vällingby | |
| Sohlén, Gustav; Sollentuna | |
| Strandh, Helene; Lidingö | |
| Törnberg, Roger; Stockholm | |
| Öhrn, Ylva; Stockholm | |

Summa 1716

Forskningsrapporter
Naturgeografiska Institutionen vid Stockholms universitet
STOU - NG

1. Ekman, S.R., Wastenson, L., 1968: En fotoelektrisk ytmätningsmetod. (13 s.)
2. Hoppe, G., 1968: Tärnasjö-områdets geomorfologi. (24 s.)
3. Schytt, V., 1968: Tarfalajåkkas vattenföring och slamtransport 1966-1967. (25 s.)
4. Hoppe, G., 1969: Kaitumsjö- och Sitasjaure-områdenas geomorfologi. (30 s.)
5. Tonell, P.-E., 1969: Grusinventeringar i Sverige 1958-68. (71 s.)
6. Strömberg, B., 1969: Den mellansvenska israndzonen. (56 s.)
7. Wastenson, L., 1970: Flygbildstolkning av berghällar och blockmark. (17 s.)
8. Jonsson, S., 1970: Strukturstudier av subpolär glaciärис från Kebnekaise-området. (200 s.)
9. Østrem, G., Ziegler, T., Ekman, S.R., 1970: Slamtransportstudier i norska glaciärälvar. (68 s.)
10. Strömberg, B., 1971: Isrecessionen i området kring Ålands hav. (156 s.)
11. Soyez, D., 1971: Geomorfologisk kartering av nordvästra Dalarna jämte försök till värdering av terrängformerna för naturvårdssyften. (130 s.)
12. Østrem, G., Ziegler, T., Ekman, S.R., Olsen, H., Andersson, J.-E., Lundén, B., 1971: Slamtransportstudier i norska glaciärälvar 1970. (110 s.)
13. Dahlskog, S., Damberg, A., Hårdén, P.-O., Liljelund, L.-E., 1972: The Kvikkjokk Delta. A progress report on a multidisciplinary research project on a Boreal mountain-lake delta. (78 s.)
14. Melander, O., 1972: Beskrivning till jordartskartan över Lapträskets representativa område. (26 s.)
15. Arnberg, W., 1973: Fjärrstyrd kamerautrustning för spektrozonal fotografi. (15 s.)
16. Bergström, E., 1973: Den prerecenta lokalglaciationens utbredningshistoria inom Skanderna. (216 s.)
17. Ihse, M., 1974: Översiktlig kartering av fjällvegetation i flygbilder. En inledande metodstudie. (83 s.)
18. Soyez, D., 1974: Geomorfologiska inventeringar och deglaciationsstudier i Dalarna och Västerbotten. (11 s.)
19. Granath, L., 1975: Strandinventering i Stockholms skärgård med hjälp av flygbilder. (78 s.)
20. Haakensen, N., Olsen, H.C., Østrem, G., 1975: Materialtransport i norska glaciärälvar 1973: (107 s.)

21. Blake, W., 1975: Studies of glacial history in the Queen Elisabeth Islands, Canadian Arctic Archipelago. (14 s.)
22. Karlén, W., 1975: Lichenometric dating in northern Scandinavia - the method's reliability and regional limitations. Appendix: Sven-Ove Holm. (70 s.)
23. Karlén, W., 1976: Holocene climatic fluctuations indicated by glacier and tree-limit variations in northern Sweden. (7 s.)
24. Tonell, P.-E., 1976: Mälarsstränder i Stockholms län. Ett försök till värdering från social naturvårdssynpunkt. (75 s.)
25. Lundén, B., 1977: Infrarödtermografi för markvattenstudier. (60 s.)
26. Arnborg, W., 1977: Mätning i fält av spektrala signaturer med telespektro-radiometer. Mätteknik och tillämpningar på vegetation. (112 s.)
27. Arnborg, W., Hertling, H., 1977: Digitalisering av tematisk information från tolkade flygbilder samt kartframställning med bläckstråleskrivare. (42 s.)
28. Melander, O., 1977: Torneträskområdets issjöstrandlinjer. (71 s.)
29. Granath, L., 1977: Sjömätning av grunda skärgårdsområden med flygbiß-teknik. (59 s.)
30. Alm, G., Kleman, J., 1978: En studie av två säregna åstyper i Idrefjällen. (47 s.)
31. Ulfstedt, A.-C., 1978: Om några komplexa ryggformar i fjällen. (28 s.)
32. Lundén, B., 1978: Kartering av berghällar i värmebilder och i IR-färbilder. En jämförelse mellan två fjärranalysmetoder. (31 s.)
33. Wastenson, L., 1978: Kartläggning av grödor med multispektral svepradiometri från flygplan. Ett metodförsök vid Ultuna, Uppland. (43 s.)
34. Ihse, M., 1979: Flygbildstolkning av vegetation. Metodstudier för översiktlig kartering. (21 s.)
35. Kleman, J., Fagerlund, E., 1980: Den spektrala signaturen för korn vid variationer i bevattnings och gödsling. (33 s.)
36. Melander, O., 1980: Inlandsisens avsmältnings i nordvästra Lappland. (89 s.)
37. Alm, G., Kleman, J., 1982: Eigenvektormetoden som hjälpmedel vid analys av stenorienteringar - en geometrisk tolkning. Eigenvalue analysis in pebble orientation. (43 s.)
38. Lundgren, L., 1980: Comparison of surface runoff and soil loss from runoff plots in forest and small-scale agriculture in the Usambara Mts., Tanzania. (114 s.)
39. Lundgren, L., 1980: Soil erosion in Tanzanian mountain areas. Case studies of land degradation and recovery in relation to land use and physical land characteristics in the Uluguru and Usambara Mountains, Tanzania. (8 s.)

40. Zakrisson, K., 1980: Vårflödesprognosar med utgångspunkt från snötaxeringar i Malmagenområdet. (127 s.)
41. Åse, L-E, 1980: Strandförforskningen, Helgeandsholmen och Norrström. (40 s.)
42. Melander, O., 1980: Studier av geomorfologi och isavsmältning i nordvästra Lappland. (16 s.)
43. Ulfstedt, A-C, 1980: Isrecessionen i Västerbottens och södra Norrbottens fjälltrakter. (106 s.)
44. Ulfstedt, A-C, 1980: Fjället i Västerbotten och södra Norrbotten. Anmärkningar om geomorfologi och isrecession. (13 s.)
45. Arnberg, W, 1981: Multispectral reflectance measurements and signature analysis. (39 s.)
46. Kleman, J., Fagerlund, E., 1981: Mätning av spektrala signaturer för korn. Inverkan av bevattning och gödsling. (43 s.)
47. Lundén, B., 1981: Ett försök att med flygtermografi få information om jordarten inom skogtäckta områden. (41 s.)
48. Guan-Hua, Xu, 1981: Digital multiband image handling and classification package with emphasis on landsat images. (47 s.)
49. Ihse, M., Hilding, T., 1982: Spektralmätning av naturlig vegetation för biomassebestämning. Preliminär rapport från en torräng på Gotland. (37 s.)
50. Halling, M., 1982: Hjortens udde. Geomorfologisk naturvårdsinventering. (39 s.)
51. Ihse, M., 1982: Skogsbruksplanernas användbarhet vid vegetationskartering. En studie av deras tillgänglighet och tillförlitlighet. (79 s.)
52. Ekberg, N., Larsson, M., 1982: Soil, land and rainfall characteristics of importance to soil erosion in New Gakanga, Nyandarua Range, Kenya. (110 s.)
53. Nordberg, M-L, 1983: Markanvändning och markanvändningsförändringar i Lummelundaåns avrinningsområde, Gotland. (48 s.)
54. Lundén, B., 1984: IR-radiometri för upptäckt av biologisk stress hos vegetation. (23 s.)
55. Möllersten, B., 1984: Naturvärden hos några lågproducerande skogar (5:3-skogar). (133 s.)
56. Kleman, J., Fagerlund, E., 1985: An analysis of water and nutrient deficiencies on the spectral signature of barley. Field measurements in the wavelength range 0.4 - 2.3 μm . (77 s.)
57. Forsberg, P., 1985: Studier av Gotlands klintkust, sträckan Stenkyrkehuk-Irevik. (91 s.)

58. Kleman, J., 1985: The spectral signatures of stands of Norway spruce and Scotch pine. An analysis of reflectance data in the 0,4-1,7 μ m wavelength range, measured from a helicopter. (61 s.)
59. Floderus, S., 1985: Strandmaterial, vindklimat och dynvård i Harplingebukten, Halland. (56 s.)
60. Vilborg, L., 1985: Nischformer i norra Sverige. Partiell revidering av tidigare arbete. (96 s.)
61. Vilborg, L., 1985: Nischformer i norra och mellersta Sverige. En studie med tonvikt på fjällregionen. (72 s.)
62. Bronge, C., 1985: Hydrologisk verksamhet i Tarfala 1974-1982. En analys av bearbetningsmetoder och resultat. (81 s.)
63. Åse, L-E., Sernbo, K., Syrén, P., 1986: Studies of Lake Naivasha, Kenya, and its drainage area. (77 s.)
64. Stroeven, A., van de Wal, R., 1987: Mass balance and flow of Rabots Glaciär; a comparison with Storglaciären. (98 s.)
65. Holmlund, P., 1987: Climatic influence on the shape of glaciers in northern Sweden, 1878-1986. (14 s.)
66. Oxenstierna, A., 1987: Detecting land use and erosion features and their changes since 1967 by air photo and satellite image interpretation in the Naivasha Area, Kenya. (50 s.)
67. Bladh, G., Lovén, B-M., 1988: Landskapsutveckling i norra Värmlands finnbygder - en studie av landskaps- och floraförändringar. (88 s.)
68. Jonsson, S., 1988: Observations on the physical geography and glacial history of the Vestfjella nunataks in western Dronning Maud Land, Antarctica. (57 s.)
69. Österholm, H., 1988: Raised beaches and crustal uplift on Prins Oscars Land, Svalbard. (20 s.)
70. Österholm, H., 1988: The glacial striation on Prins Oscars Land, Nordaustlandet, Svalbard. (10 s.)
71. Österholm, H., 1988: The glacial history of Prins Oscars Land, Nordaustlandet, Svalbard. (3 s.)
72. Bronge, C., Openshaw, A., 1989: New instrument for measuring water discharge by the salt dilution method. (12 s.)
73. Holmlund, P., Isaksson, E., Karlén, W., 1989: Massbalans, isrörelse och isdynamik - preliminära resultat från fältsäsongen 1988/89 i Vestfjella och Heimefrontfjella, V.Dronning Maud Land, Antarktis. (66 s.)
74. Bronge, C., 1989: The hydrology of proglacial Chelnok Lake, Vestfold Hills, Antarctica. (41 s.)
75. Kleman, J., Alm, G., 1989: Estimation of the atmospheric influence on a Landsat TM scene using simultaneous low-altitude radiometer data. (28 sid.)
76. Bronge, C., 1989: Holocene climatic fluctuations recorded from lake sediments in Nicholson Lake, Vestfold Hills, Antarctica. (23 s.)

77. Sadeghi-Nad, Ali, 1989: Computer aided analysis of Landsat MSS data for mapping urban/suburban land use and land cover in Tehran area, Iran. (42 s.)
78. Granath, L., 1989: Kartläggning av erosionskänsliga stränder längs Rödkobbsleden. (30 s.)
79. Granath, L., 1990: Radarsynkron ekolodning - Ett nytt system för batymetrisk kartläggning och bottenmaterialundersökning. (36 s.)
80. Syrén, P., 1990: Reflektans för fysiska modeller av skogsbestånd som funktion av belysningsgeometri. (33 s.)
81. Runborg, Siv, 1990: Tomteby - Vegetationsförändringar i ett ålderdomligt odlingslandskap i en öländsk by, studerade genom flygbildstolkning. (61 s.)
82. Forsberg, Petter, 1991: Lichenometrica studier av laven Aspicilia Calcarea på norra Gotland. (31 s.)
83. Näslund, J-O., Pohjola, V., Stroeven, A., 1991: Glaciological surveys in Vestfjella and Heimefrontfjella, Dronning Maud Land, Antarctica, 1989/1990. (73 s.)
84. Isaksson, Per-Olof, 1991: Vittringsstudier på Nord-austlandet. (26 s.)
85. Ihse, Margareta, Löfgren, Tommy, 1991: Bestämmning av biomassa på rikkärr i norra Finland med hjälp av spektralmätning. (62 s.)
86. Skånes, Helle, 1991: Förändringar i odlingslandskapet och dess konsekvenser för gräsmarksfloran. En studie från södra Halland. Changes in the Rural Landscape and its Impact on Grassland Flora. A Case Study from southern Halland. (71 s.)
87. Isaksson, Elisabeth, 1992: Spatial and temporal patterns in snow accumulation and oxygen isotopes, western Dronning Maud Land, Antarctica. (86 s.)
88. Holmgren, Karin, 1992: The late quaternary climate in Botswana. A literature review. (35 s.)
89. Jansson, E. Peter, 1992: Interpretation of short-term variations in ice dynamics, Storglaciären, Kebnekaise, northern Sweden. (83s.)
90. Rosqvist, Gunhild, 1992: Late quaternary glacial and climatic history of the Ecuadorian Andes. (11 s.)
91. Rosqvist, Gunhild, 1992: Late Holocene glacial activity recorded in lacustrine sediments on El Altar, Ecuador. (27 s.)
92. Grudd, Håkan,(red.) 1992: Årsrapport, Tarfala Research Station. (73s.)

