

Kortlægning af Mitdluagkat Gletscheren og nogle hydro-glaciologiske observationer

Bent Hasholt

Hasholt, Bent: Mapping of the Mitdluagkat Glacier and some hydro-glaciological observations. *Geografisk Tidsskrift* 86: 9-16. Copenhagen, June 1986.

The Mitdluagkat Glacier was photographed in 1933 by K. Milthers. During the IGY-programme 1956-58 it was surveyed by B. Fristrup. In 1970, a field station belonging to the Institute of Geography, University of Copenhagen, was erected near the glacier, which has since then been visited every year, and the retreat of its terminus followed. In 1972, the glacier was photographed from the air and, based on these photos, two maps in scale 1:5000 with an equidistance of 5 m were drawn in 1976. In 1985, part of the triangulation network was resurveyed, so that the 1972 (1976) maps could be compared with earlier maps from Geodetic Institute and with results from recent glacio-hydrological investigations in the area.

Bent Hasholt, associate professor, Geographical Institute, University of Copenhagen, Østervoldgade 10, DK-1350 Copenhagen K.

Keywords: *Mapping of glacier, glaciology, hydrology.*

Mitdluagkatgletscheren blev fotograferet i 1933 af K. Milthers. Observationer af gletscheren blev videreført i forbindelse med IGY programmet i 1956-58 under ledelse af B. Fristrup, daværende afdelingsleder ved Geografisk Institut, Grønlandsafdeling. Fotografier taget i den efterfølgende periode viste en fortsat tilbagesmeltning, og at isdæmmede søer langs sydveststranden nu var forsvundet. I 1969 blev der etableret et stagenet på gletscheren; dette gik dog for størstepartens vedkommende tabt ved en piteraq i 1970. Forskningsresultaterne fra disse undersøgelser er beskrevet i Fristrup (1960, 1962 og 1970) og Valeur (1959).

Fra Gønlandsafdelingens side var der et ønske om at intensivere udforskningen af Grønland – dette førte til, at der i 1970 blev bygget en fast station ved Sermilikkfjorden med det formål dels at træne hovedfagsstuderende i studier af arktiske forhold og dels at videreføre studierne af Mitdluagkat-gletscherens ændringer i relation til klimatiske forhold. Siden 1970 har området været besøgt hvert år i kortere eller længere tid.

I 1972 blev det besluttet at gennemføre en fotografering af gletscheren fra luften i stor målestok. Fotografierne skulle anvendes til en fotogrammetrisk udtegnning af kort over gletscheren med henblik på en sammenligning med billeder, som skulle optages på et senere tidspunkt, således at massebalancen kan bestemmes som en differens. Trods store vanskeligheder (feltstationen blev knust af snekred i vinteren 1971-72) blev fotograferingen og trianguleringen af fixpunkter gennemført i august 1972, og der forelå således et enestående veldokumenteret billedmateriale.

I 1976 forelå to udtegnede kortblade. Der redegøres nedenfor mere detaljeret for selve arbejdet hermed; forud for en egentlig anvendelse og udgivelse af kortbladene ønskede B. Fristrup at foretage kontrolmålinger af deres nøjagtighed; men svigtende helbred (der førte til hans død i foråret 1985) forhindrede det nødvendige feltarbejde.

Siden udarbejdelsen har kortene været anvendt internt til orientering i terrænet og ved placering af målepunkter. De har således vist sig særdeles nyttige og langt bedre end Geodætisk Instituts (GI) kort fra samme område i skala 1:50.000.

Formålet med dette arbejde er at præsentere de to kortblade og vurdere dem i relation dels til de ældre oplysninger om gletscherens udstrækning og dels til observationer af gletscheren udført efter 1976.

OVERSIGT OVER ARBEJDETS FORLØB

I 1972-ekspeditionen deltog B. Fristrup, som var ekspeditionens chef, forfatteren samt studenterne S. Eller, R. Franke og P. Jørgensen. B. Fristrup og P. Jørgensen udførte trianguleringen bistået af S. Eller. B. Hasholt stod for det hydrologiske måleprogram, herunder også registrering af vandstanden i havet til brug for en bestemmelse af kortets nulpunkt, desuden blev der sammen med R. Franke etableret fixpunkter i nærheden af kysten. Fotoflyvningen blev foretaget af Geodætisk Institut den 26. august kl. 9-11.

De følgende to år blev hovedsagelig brugt til genopbygning af stationen. Ved fremkaldelsen af billederne viste det sig desværre, at der på en del af ruterne var temmelig skrå billeder og utilstrækkeligt overlap, et forhold

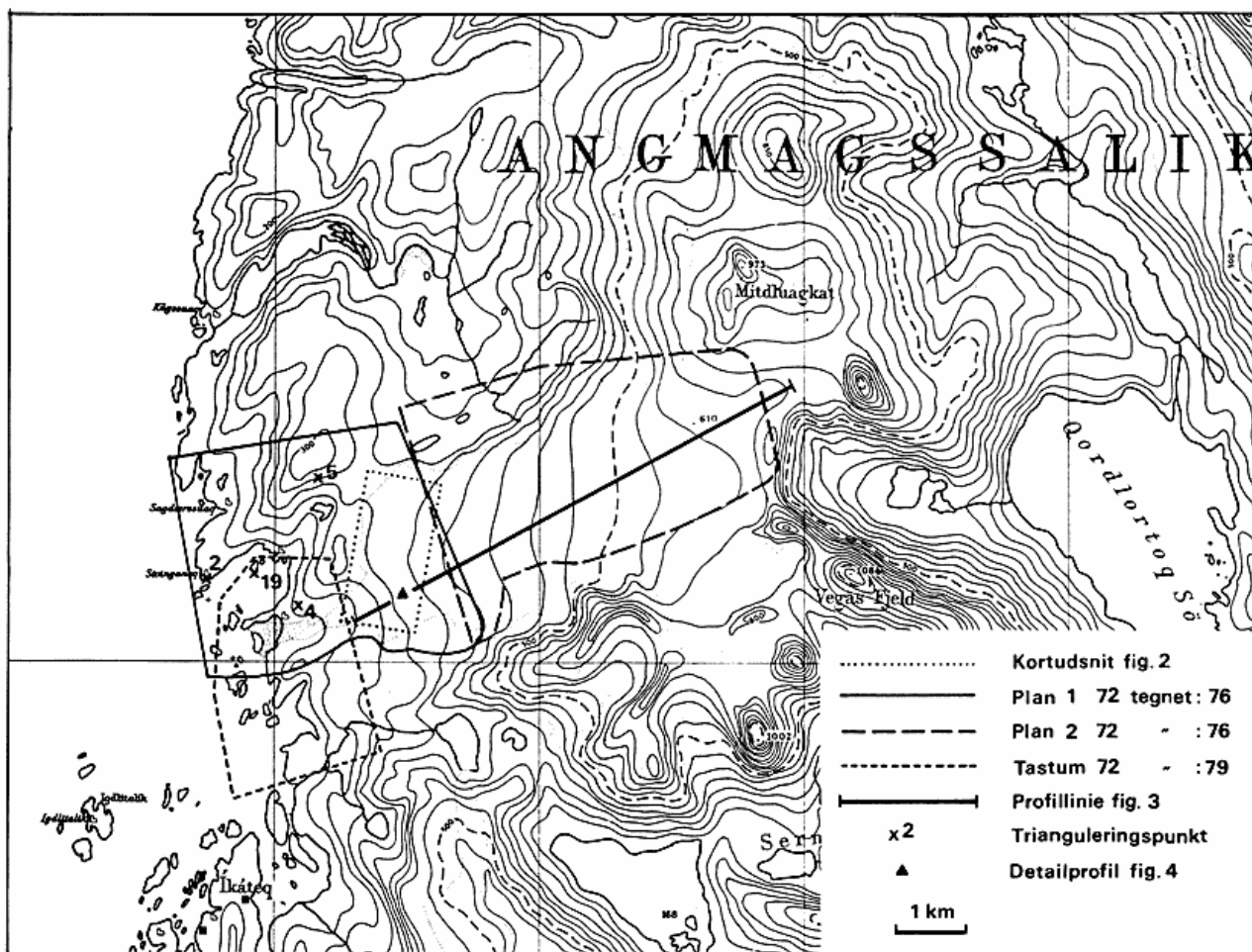


Fig. 1. Udsnit af Geodætisk Instituts kort 65 Ø 1 E (original 1:50.000) gengivet med tiladelse (A 292/86). Copyright. Placering af detailkort, 1:5000 og profilinie fra fig. 3 og fig. 4 er indlagt.

Fig. 1. Part of Geodaetic Institute map 65 Ø 1 E (originally 1:50000, copyright). Maps in scale 1:5000 are shown together with profiles from fig. 3 and fig. 4.

som vanskeliggjorde og fordyrede en udtegning af kort. I løbet af 1974 og 75 fik professor N. Kingo Jacobsen og B. Fristrup støtte fra Statens naturvidenskabelige Forskningsråd til beregningsarbejde og en delvis udtegning.

Aerotriangulationen blev udført af P. Jørgensen hos professor Jacoby på Institut for Landmåling ved DTH. Beregning og udjævning af koordinater blev udført ved hjælp af instituttets programmel. Udtegningen blev foretaget af Landinspektørernes Luftfotoopmåling (LLO).

I 1975 blev målingerne på gletscheren genoptaget og et stagenet etableret af B. Fristrup, P. Jørgensen, S. Olsen og N. Thingvad. Efter 1976 var B. Fristrup ikke længere i stand til det hårde feltarbejde på gletscheren. Samtidig bortfaldt frirejser til forskning på Grønland, det blev derfor umuligt hvert år at betale for det antal personer, som var nødvendig for at færdies sikkert i tov på gletscheren. Fra 1976-78 blev der derfor fortrinsvis lagt vægt på det klimatologiske og det hydrologiske måleprogram, medens det glaciologiske blev indskrænket til en fotografering og registrering af frontens placering.

I 1979 blev der samtidig med den årlige tilsynsrejse afholdt et kursus for hovedfagsstuderende. I forbindelse hermed blev der målt snesmeltning, og enkelte stager fra 1975 blev fundet og målt. Desuden blev der etableret fixpunkter, hvorfra et 200x200 m stort område af gletscherenden blev opmålt med trigonometrisk nivellement. Dette målefelt er genopmålt i 1982, 83 og 85. Da kortene, som nævnt, anvendes i mange andre sammenhænge end den rent glaciologiske, blev der for at kunne indplacere målefelter i kortet foretaget indledende målinger med en elektrooptisk distancemåler i 1980. Disse målinger blev i 1985 udvidet, således at målefeltet ved gletscherfronten kunne indplaceres i kortet. Dermed blev det muligt at bruge kortene til det oprindelige glaciologiske formål.

KORT OG OPMÅLINGSGRUNDLAG

Det hidtil mest detaljerede kort over området er Geodætisk Instituts kortblad 65 Ø.1 E i målestokforholdet 1:50.000 med en ækvidistance på 50 m, udgående fra en

omtrentlig middelvandstand. Kortet er tegnet på grundlag af opmålinger foretaget i 1930-32. Der er senere (i 50'erne) indlagt mere detaljerede kystlinier og gletschergrænser ved hjælp af stereoskopisk udtegninger af amerikanske flyfotos fra 1943. Disse kort sælges imidlertid ikke mere af Geodætisk Institut, fordi nøjagtigheden ikke længere anses for at være i overensstemmelse med Geodætisk Instituts kvalitetskrav.

Undersøgelser af sikkerheden af kort udtegnet på basis af skråbilleder i Scoresbysund-området viser, at en højdekurveplacering i x-y planet er ± 100 m og i z-planet ± 15 m (personlig kommunikation fra Haeusler).

Kortet, som viser situationen i 1972, er baseret på et lokalt fixpunktsnet, som er trianguleret med en Wild T2 theodolith, ved bestemmelse af basis er anvendt et basiss-tadie. Fixpunkterne er afmærket på kortet sammen med de aerotriangulerede, på flyvebillederne kan fixpunkterne erkendes som tre hvidmalede felter, der radierer ud fra fixpunktet, på gletscheren er der umiddelbart forud for fotoflyvningen på lignende måde udlagt sorte stofbaner. Punkterne kan ved hjælp af kortet og flyvebillederne relativt let genfindes i terrænet. I 1980 og 1985 er de vestligst beliggende fixpunkter alle lokaliseret og afmærket med signaler. I 1980 blev der foretaget en satsmåling fra pkt. 4 med en Kern theodolith sammenkoblet med en DM 502 elektrooptisk distancemåler.

I 1985 blev der satsmålt fra pkt. 4 og pkt. 19, således at alle afstande og to vinkler i to trekanten nu er kendte. Dette muliggør en vurdering af nøjagtigheden i denne del af kortet. Ved hjælp af polygontræk er en række karakteristiske terrænpunkter og målefelter sat i relation til 1972 nettet; i 1985 blev også trekanten ved gletscherfronten inddraget, da terrænpunkterne kan genfindes i kortet, giver dette mulighed for en mere kvalitativ vurdering af kortets nøjagtighed.

Fra opmålingen i 1972 foreligger en koordinatliste over fixpunkter og aerotrianguleringspunkter. Der er i alt målt på 28 stereoskopiske modeller fordelt på tre flyvelinier. En umiddelbar sammenligning af x, y koordinater for beregnede fællespunkter i tilstødende modeller viser, at punktkoordinaterne hyppigst varierer inden for ca. ± 2 m; men større afvigelser kan forekomme. Dette kan tages som en første tilnærmelse for sikkerheden på punkternes placering i planen. En direkte sammenligning mellem de enkelte trianguleringer er foretaget i tabel 1, hvor x, y, z koordinater, er angivet med pkt. 4 som udgangspunkt og pkt. 5 som retningspunkt. Resultaterne fra 1980 og 1985 afviger kun fra hinanden med ganske små værdier, som kan forklares ved forskydninger af prismets opstilling lodret over fixpunktet. Tallene fra 1972 afviger fra de senere fundne. Det er karakteristisk, at alle afstande, som beregnes ud fra de angivne koordinater, er større end de med afstandsmåleren fundne. I målestokforholdet 1:5.000 svarer de fundne afvigelser til en flytning af et punkt i planen på ca. 0,5 mm. Dette er uden praktisk

Table 1

Station	1972			1985		
	x	y	z	x	y	z
2	12511,32	1353,39	2,58	12505,66	1346,56	25,88
4	11213,12	1115,07	69,21	11213,12	1115,07	69,21
5	10901,04	2601,95	275,68	10902,02	2602,04	275,63
19	11797,44	1446,92	13,53	11796,17	1444,13	13,53

Koordinater til fixpunkter.

Coordinates to triangulation points.

betydning ved brug af kortet til lokalisering af målefelter etc.; med det sætter en grænse for anvendelsen til sammenligning med senere opmålinger af fx gletscheren; afhængig af afsmeltningens størrelse skal derfor gå et vist antal år, før en difference kan bestemmes med tilfredsstillende nøjagtighed.

Koten i pkt. 4 er bestemt ved nivellement i forhold til et fixpunkt med en relativ kote på 0,0 m, som ligger nær vandkanten umiddelbart neden for stationen. I 1972 var der i perioden fra d. 16. august til 1. september opstillet en vandstandsmåler ca. 50 m fra dette punkt. Vandstanden udviste en tydelig semidiurnal svingning med tidevandet, den maksimale tidevandsstørrelse var ca. 3,5 m og den minimale ca. 0,5 m. Den beregnede middelvandstand er -2,58 m i forhold til ovennævnte fixpunkt. Ved korttegningen i 1974 blev 0,0 fixpunktet fortsat anvendt som reference. Dette har betydning ved sammenligning med Geodætisk Instituts kort, men er uden betydning for sammenligning med senere gletschermålinger, da disse har pkt. 4 som udgangspunkt. Det kan bemærkes, at det af J. Tastum 1980 udtegnede kort har et arbitrært fastlagt udgangsniveau, som ligger 3 m lavere end det relative 0-punkt, svarende omtrent til kystlinien til fotograferingstidspunktet. I tabel 1 er angivet koter fundet ved aerotriangulation af 1972-målingerne samt de i 1980 og 1985 målte koter. Det ses, at afvigelserne er mindre end i x-y planet.

Som nævnt blev der i 1980 og 85 ved polygontræk indmålt dels en række terrænpunkter og dels den i 1979 oprettede referencetrekant ved gletscherfronten i forhold til koordinatsystemet i 1972 kortet. Nøjagtigheden af placeringen af disse punkter kan vurderes ud fra en beregning af gabet i de fuldmålte trekanten. Det maksimale gab var 0,4 m over en 3,5 km lang strækning, hvilket tilfredsstillende almindelige geodætiske krav til nøjagtigheden – gabet er mindre end tegnenøjagtigheden i den anvendte kortskala.

Sammenfattende kan det konstateres, at de forskellige opmålinger nu kan sættes i relation til hinanden, og den dermed forbundne usikkerhed kan angives. De tidligste kort, GI 1956 (1930-32) og 1972 kortet fra Københavns Universitets Geografiske Institut (KUGI) kan trods en vis usikkerhed bruges til en vurdering af gletscherens massebalance.

TOPOGRAFISK BESKRIVELSE

På kortblad 65 Ø.1 E (fig. 1) ses i kystliniens forløb og i beliggenheden af nogle søer N-S og NØ-SV gående retningsselementer. Højdekurverne viser, at terrænet fra Sermilikfjorden rejser sig relativt jævnt til ca. 100 m over havniveau for derefter at stige noget mere stejlt op til en maksimalhøjde på 200-300 m. Området syd for gletschertungen fremtræder relativt fladt i indtil 2,5 km afstand fra kysten. I syd og øst afgrænses gletscheren af markerede bjergrygge med en højde på 700-800 m; disse krones af toppe, som rager op over 1000 m. I nord og vest er afgrænsningen mindre velmarkeret, især mod det flade dalsystem, som munder ud ved Kugssuaq.

Enhver, der har arbejdet på Grønland, ved, at et kort med ækvidistancen 50 m kan give et fejlagtigt indtryk af terrænet. Sammenligner vi med kortet baseret på flyvefotograferingen fra 1972 ses det, at forløbet af kystlinien er i særdeles god overensstemmelse, så god at kystlinieforløbet kan anvendes ved overførsel af koordinatsystemet fra 1972 kortet til GI kortet. Enkelte uoverensstemmelser ses i deltaområdet, hvor der mangler den yderste ø på begge de fotogrammetrisk ud tegnede kort.

Højdekurveforløbet passer sammen i store træk. I bugten nord for stationen finder vi 50 m kurven i 50-100 m afstand fra kystlinien, den tilsvarende afstand er på 1972-kortet ca. 75-125 m. På kort 65 Ø.1 E findes 200 m kurven i 350 m afstand, på 1972 kortet er afstanden den samme, dog er kurveforløbet meget mere fliget.

Ækvidistancen på 5 m giver selvfølgelig et væsentligt mere detaljeret billede af terrænet. Det ses tydeligt, at området er gennemskåret af forkastningsbetingede spaltedale med hovedretning omtrent N-S og NØ-SV, sidstnævnte er oftest dominerende, måske fordi de er mere parallelle med isens hovedbevægelsesretning. Det tilsyneladende flade område syd for gletschertungen er nær kysten helt labyrintagtigt på grund af spaltedalene, som dog sjældent er mere end 50 m dybe. En gennemgang af kurvebilledet i dalen og på deltaet viser, at mindre morfologiske fordele, f.eks. smeltevandsreder, randmoræner og strandvolde, ikke beskrives tilfredsstillende med den anvendte ækvidistance. De må enten beskrives med en kortsignatur eller med en mindre ækvidistance baseret på detailmålinger. Kurvebilledets detailrigdom gør det muligt at stedfæste punkter i terrænet ret nøje, pkt. 2 er beliggende på en lille top ved Sivinganek, men ud fra koordinaterne er punktet afsat på skråningen af denne top.

Mitdluagkat Gletscheren

Ud fra flyvebillederne fra 1972 og det fotogrammetrisk ud tegnede kort (planche 1:fig. 2) fremgår det, at gletschertungen ender ca. 30 m over havet. Den tidligere omtalte isdæmmede sø, Valeur, (1959) ligger nu umiddelbart uden

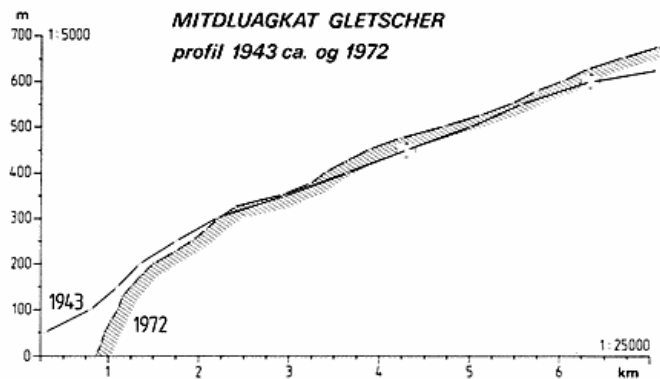


Fig. 3. Profilsammenligning 1943 og 1972.

Fig. 3. Comparative profiles 1943 and 1972.

for randen i 280 m højde. Den resterende del af den sydlige afgrænsning kan ikke følges, da gletscheren på grund af nysne er uden konturer. Mod øst ligger afgrænsningen i 650-700 m højde. Den nordøstlige og nordlige begrænsning er ikke udtegnet, men nunatakkerne, som har givet gletscheren navn, når op til 973 m o.h. Den nordvestlige del af gletscheren adskilles fra den del, som har afløb mod vest, af to buede rygge i 600-800 m højde. Neden for den vestligste af disse stikker små klippepartier gennem isen i ca. 500 m højde; herfra og vestover ligger gletscheren højere end det klippeområde, som danner begrænsningen. De vestligste dele af gletscherfronten har et nord-sydgående forløb, hvor den sydligste del drænes via dalen til deltaet, og den nordlige kalver i en sø i 145 m højde; søen drænes mod nordøst til Kugssuaq. Gletscherens maksimale udbredelse ses tydeligt på flyvebillederne; dels fremtræder klippepartier lysere på grund af manglende vegetation, og dels er det tidligere isdækkede område dækket af ablationsmoræne, bestående af store sten og grus. Gletscheren har haft sin grænse ca. 300 m længere mod vest omtrent i 200 m niveauet. I dalen har gletscheren dannet terminalmoræner ca. 100 m fra højvandslinien i deltaet.

Den del af gletscheren, som kortet dækker, hælder generelt mod vest og nordvest. En indtegnelse af faldlinier viser, at den del af gletscheren, som drænes via dalen ved Sermilikstationen, er ca. 1-1,5 km bred. I gletscherens sydøstlige del findes flere isfald på overgangen til plateauet vest for Vegas Fjeld. Den nordlige del af gletscheren, som drænes til issøen mod Kugssuaq, er lidt smallere i den øvre del, fordi en del af gletscheren drænes direkte ud over de begrænsende klippeparti. Der er rimelig god overensstemmelse i kurveforløbet mellem kortet fra GI og kortet fra 1972; den østgående dal i området mellem Mitdluagkat og Vegas Fjeld genfindes i begge kort.

En sammenligning af gletscherens afgrænsning i 1972 med afgrænsningen på Geodætisk Instituts kort viser, at gletscheren op til ca. 300 m niveau er smeltet 150-200 m tilbage i den forløbne periode, fig. 1 og 2. Sammenlig-

nende profiler, fig. 3 demonstrerer ligeledes tilbagemelting af gletscherens nedre dele; men i den øvre del ligger 1972-overfladen højere end den tidligere. Tilbagemeltingen af gletscherfronten bekræftes af de detaljerede målinger af frontens massebalance, som er foretaget siden 1979. Det ses i fig. 4 at overfladen er sænket 7-10 m fra 1979-85. Sænkningen er størst i begyndelsen af perioden. Målingerne viser, at der er foregået en fortsat tilbagemelting af terminus siden fotograferingen i 1933.

I 1975 oprettedes et stagenet bestående af 28 stager, hvoraf de 25 blev placeret i 3 linier, som har et VSV-ØNØ gående forløb fra fronten og op til ca. 600 m o.h. De resterende stager blev placeret oven for 600 m niveauet i den sydøstlige højtliggende del af gletscherområdet. Siden 1979 er adskillige af disse stager genfundet, og en begrænset nyetablering og genboring af stager er foretaget.

I 1979 konstateredes en nettoablation på 1,1 m, svarende til en årlig gennemsnitsværdi på 0,28 m i perioden 1975-79 i 505 m højde, Tastum og Hansen (1980).

I 1980 blev det konstateret, at der i højden var sket en nettoakkumulation i forhold til tidligere stageaflysning. I 600-550 m højde findes akkumulationen at være 17-73 cm is og 42-9 cm sne siden 1975. I 240 m højde er 2 m stage frismeltet siden 1975.

Observationer fra 1982 viser en nettoakkumulation siden 1979 i 505 m højde på 4 cm, men til gengæld viser to stager i henholdsvis 535 og 565 m højde en nettoablation på 200-320 cm. I den lavereliggende del af gletscheren genfindes 4 stager fra 1975 nettet fra 280-400 m o.h., alle er frismeltede, således at nettoablationen er mindst 150-200 cm i den forløbne periode. Målingerne fra 1983 viser en nettoakkumulation i 500 m niveauet på 2-157 cm sne. I 1985 er akkumulationen i 500 m niveauet fra 87-185 cm. En enkelt stage nær fronten har overlevet siden 1982; nettoablationerne i perioden var 76 cm. Stager sat op i 1983 tæt på punkt A kunne ikke genfindes. Dette er ensbetydende med, at der enten er smeltet 150-200 cm fri, eller at stagerne er bøjet af vinden og lagt ned. Alle aflæsninger er foretaget i august måned.

Sammenfattende kan det konstateres, at resultaterne fra genmålingen af stagenettet bekræfter den negative massebalance, som er konstateret ved frontopmålingen. Nettoablation er i hele perioden fundet op til ca. 500 m niveau, herover er der i de seneste år konstateret en akkumulation.

Gletscherens vinterbalance er kun målt et år, nemlig 1976, hvor der konstateredes en akkumulation på 127-324 cm fra 2.9.1975 til 17.4.1976. Punktmålinger af ablationen fra gletscheris og sne foretaget i juli og august, Hasholt (1976), Hansen & Tastum (1980) og Tastum (1981) viser typiske døgnværdier på 15-25 mm. Smeltingen har domineret, måling med snelysimeter har vist 1 mm fordampning, når smeltingen var 17 mm. Målinger af potentiel fordampning med et Knudsen evaporimeter

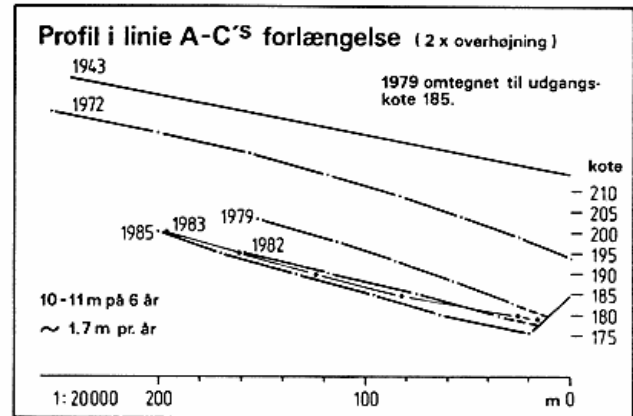


Fig. 4. Detailmålinger ved fronten af gletscheren.

Fig. 4. Detailed Surveys of the glacier margin.

har på gletscheren i august vist maksimalværdier på 2 mm/døgn i 500 m højde. I 25 m højde er målt døgnevaporation på op til 10 mm i forbindelse med en føhn.

Kortet fra 1972 giver kun få oplysninger om detaljer i gletscherens overflade, dog kan spaltesystemerne undertiden ses som indhak i kurverne; spalteområder findes langs randen og i forbindelse med isfald, som er fundet i gletscherens sydøstlige del. En gennemgang af luftbillederne fra 1972 viser, at gletscheren er snefri op til 350 m o.h. Sprækkesystemer kan erkendes gennem nysneen både omkring 500 og 700 m o.h. Smeltingen har givet anledning til dannelse af en lille sø i ca. 700 m højde i gletscherens østrand. En fotografering foretaget af Geodætisk Institut d. 30.7.1981 i målestokforholdet 1:150.000 viser, at gletscheren igen er snefri i ca. 350 m højde, men større snefrie partier ses i op til 500-600 m højde. Oven for dette niveau ses kun ganske få snefrie pletter, hvilket indikerer, at et egentligt akkumulationsområde er af ret begrænset udstrækning.

DISKUSSION

En sammenligning mellem det udtegnede 1972-kort og ældre målinger foretaget af Geodætisk Institut viser en negativ massebalance i gletscherens nedre del og en positiv balance i den øvre del. Da den øvre del af gletscheren har et større areal, er dette ensbetydende med en positiv nettobalance for hele gletscheren, selv om terminus er smeltet tilbage uafbrudt siden 1933. Dette resultat er overraskende og i modstrid med tidligere observationer, Fristrup (1970), men lignende iagttagelser er dog gjort andre steder, Paterson (1975), p. 233.

Det er nærliggende at vurdere usikkerheden af de udførte kortlægninger. Kortbladene fra 1972 er tegnet med 5 m ækvidistance, triangulationsgrundlaget er kontrolleret i 1980 og 1985. De usikkerheder, som er fundet, ca. ± 2 m i x,y plan og ca. $\pm 0,5$ m i højden kan ikke forklare afvigelse i forhold til Geodætisk Instituts kort, og sammenligning mellem kurvemønstre og højder i kor-

tene fra 1972 udtegnet af henholdsvis LLO og J. Tastum viser god overensstemmelse, selv om sidstnævnte kun har brugt 3 af de oprindelige triangulationspunkter samt vandspejlet til opretningsgrundlag for udtegningen. Det bør dog påpeges, at kun triangulationsnettet i den vestlige del af kortet er kontrolleret, og de fundne forskelle i gletscheroverfladen fortrinsvis findes på det østligste kortblad.

Usikkerheden på Geodætisk Instituts kort kan ikke på lignende måde vurderes ud fra flere målinger. En vurdering af en tilsvarende kortlægning i Scoresbysund-området viste, at usikkerheden er ± 100 m i x, y planet og ± 15 m i højden. At bringe overfladen fra 1943 i overensstemmelse med overfladen fra 1972 i gletscherens øvre del ville kræve en flytning af en kurve 100 m mod vest og 15 m op. Dette er i modstrid med målinger foretaget af GTO's vandkraftsektion, som viser, at vandspejlet i en sø syd for gletscheren er 159,4 m o.h., hvor GI's kort angiver 168 m. Kortbladets opmålingshistorie kan efter forespørgsel hos GI ikke fastlægges nøjere, men det fremgår imidlertid tydeligt, at kystlinien og gletscherafgrænsningen er ændret på grundlag af amerikanske luftbilleder fra 1943. Mindre ændringer af vandløbsmønstret og kurvebilledet i forhold til kortgrundlaget i målestokforholdet 1:250.000 er også foretaget. Overensstemmelsen mellem de to kort er rimelig god; det forekommer derfor mærkværdigt, at kurvebilledet på gletscheren skulle være forvrænget så meget, som der kræves for at overfladerne skal være sammenfaldende. Men det kan ikke på det foreliggende grundlag afvises, at fejlen kan ligge i dette kort. Kortet er udgået og sælges ikke mere.

De senere målinger af massebalancen nær terminus viser alle en negativ massebalance i gletscherens nedre del, omend forskydningerne er mindre i de senere år. Observationerne i stagenettet bekræfter forekomsten af negativ massebalance, idet en nettoablation i alle tilfælde er fundet op til 300-400 m højde. I den øvre del af gletscheren er oplysningerne modstridende, da der i nogle år er konstateret en nettoablation. De seneste år har der dog overvejende været observeret en nettoakkumulation. Observationerne i den øverste del af gletscherens område er for få og for kortvarige til at be- eller afkræfte forekomsten af en positiv massebalance.

Gletscherens massebalance kan også søges vurderet ud fra vandbalancen. Nedbøren i Angmagssalik er målt af Meteorologisk Institut siden 1898. Sammen med kurver over årsnedbøren fra 1898-1976 er angivet de få eksisterende observationer af fordampningen i Hasholt (1980). Målinger af gletscherens vandføring er publiceret i Valeur (1959), Hasholt (1976) og Hansen og Tastum (1980). De omfatter dog ikke den samlede årsafstrømning. Afstrømningsmålinger og modelberegninger, der omfatter årsværdier, findes i en GTO-rapport fra 1985; men disse er fra et område umiddelbart syd for, som kun har en gletscherprocent på ca. 9.

Allerede i Hasholt (1981) anføres det, at nedbørsvær-

dierne målt ved Angmagssalik er væsentligt lavere end i de omliggende fjeldområder. Dette bekræftes dels af målinger af sommernedbøren, Hasholt (1984) og dels af GTO's målinger af vandføringen, GTO (1985). Årsnedbør målt i to næsten komplette måleår (kalenderårene 1981 og 84) viser, at afstrømningen divideret med nedbøren bliver henholdsvis 1,78 og 1,74; Lokalglatscherens areal udgør kun en lille del af det samlede areal, således at den beregnede korrektionsfaktor bliver 1.735. Nedbøren i Mitdluagkat-gletscherens opland er næppe mindre. Nedbøren i 1958, 1972 og 1979 – de år hvor afstrømningsmålinger fra gletscherelven er publiceret – bliver, hvis der korrigeres med en middelfaktor på 1.735, henholdsvis 1402, 2464 og 1435 mm.

En undersøgelse af varighedskurverne for tre måleår (1981, 1982 og 1984) GTO (1985), viser en påfaldende stabilitet i den andel af årsafstrømningen, som løber af i tidsperioder af samme længde, som der er målt ved Mitdluagkatgletscheren. I perioden 4.8 – 17.9 løb der således fra 22,3-24,3% af, 19.7-31.8 løb 31,8-34% af, og 1.8-31.8 løb 20,7-21,6% af. Tænkes gennemsnittet af disse procenter anvendt på målingerne fra 1958, 1972 og 1979, fås årsafstrømninger på henholdsvis $65,9 \cdot 10^6$ m³, $45,6 \cdot 10^6$ m³ og $47,3 \cdot 10^6$ m³. Disse værdier vil være for høje i forhold til den sande årsværdi, fordi gletscherbassinet har en større gennemsnitshøjde og dermed en lavere temperatur og en senere afsmeltning, således at en større andel af årsafstrømningen fås i ovennævnte perioder. En detaljeret beskrivelse af forsinkelsen af afstrømningen i et gletscherbassin er beskrevet af Stenborg (1970).

Fordelingen af afløbet fra gletscheren kan vurderes lidt nøjere, hvis temperaturforløb og felterfaringer inddrages. I Angmagssalik forekommer positive temperaturer i månederne maj-september. Ved et besøg i 1977 viste det sig, at afløb fra gletscheren først begyndte i slutningen af maj og i oktober samme år målte 0,05 m³/sek. Hvis vandføringen ud fra disse erfaringer sættes til 0 den 1.6 og den 1.11, kan hele årsafløbet for 1972 beregnes ved at extrapolere den eksisterende måleperiode. 1958-serien extrapoleres ikke, da den er atypisk på grund af tømning af isdæmmede søer. Fordelingsprocenterne for de ovennævnte perioder bliver henholdsvis ca. 40%, ca. 50% og ca. 30%, svarende til et årsafløb i 1958 på ca. $39 \cdot 10^6$ m³, i 1972 ca. $29 \cdot 10^6$ m³ og i 1979 ca. $33 \cdot 10^6$ m³. Afløbet fra gletscheren ligger et sted mellem et faktisk målte og det efter fordelingen fra det gletscherfattige område beregnede; de ekstrapolerede værdier udgør det bedste skøn. For at kunne indgå i vandbalancen skal den beregnede vandmængde relateres til et oplandsareal.

Oplandsarealet er i Valeur (1959) angivet fra 5,6 km² op til 19,6 km², i Hasholt (1976) til 20,7 km², afgrænsninger fundet på kortet fra 1972 giver 12,54 km². Indsættes i vandbalanceligningen $N = F + A + \Delta R$, fås for 1958: $1402 = 150 + 3110 - 1858$, for 1972: $2464 = 150 + 2313 + 1$, og for 1979: $1435 = 150 + 2632 - 1347$.

De beregnede vandbalancer viser en neutral eller negativ massebalance for gletscheren. Overslagsberegningerne af vandbalancen tyder således ikke på en væsentlig akkumulation i gletscheren øvre del, men viser, at den nettoakkumulation, som er fundet ud fra dele af stagenettet, i de senere år kan være en realitet.

En ændring i massebalancen kræver en klimatisk ændring, som vil kunne aflæses i de registrerede klimadata. Meteorologisk Institut har målt i Angmagssalik siden 1895. Tal for nedbør og temperatur er behandlet i Hasholt (1980) og Hansen & Tastum (1980). Det fremgår heraf, at der i perioden fra 1916 til 1962 kun forekommer to år med nedbør over 1000 mm, endda kun lidt over 1000 mm. Værdier op til 1500 mm (ukorrigeret) forekommer i perioden før, og hvad der er interessant i denne forbindelse, efter 1962.

Den årlige gennemsnitstemperatur, målt siden 1895, ligger omkring $-2,0^{\circ}\text{C}$ frem til 1921, fra 1921 til 1960 varierer den mellem $-0,8^{\circ}\text{C}$ og $-0,3^{\circ}\text{C}$ pr. tiår. Efter 1960 har gennemsnittet været $-1,7^{\circ}\text{C}$ og $-1,8^{\circ}\text{C}$. Klimaobservationer fra den periode, hvor gletscheren har været iagttaget, tyder således på, at der i slutningen af denne er foregået en ændring, som begunstiger en positiv massebalance. Det forekommer dog ikke sandsynligt, at der i det tiår (1962-72), hvor ændringen slår igennem, kan forekomme en så stor opbygning, som differencen mellem de to kort antyder, når vandbalancevurderingerne tages i betragtning.

SAMMENFATNING OG KONKLUSION

Der er i 1972 foretaget en flyfotografering af Mitdluagkatgletscheren samtidig med en indmåling af paspunkter. På grundlag heraf er udtegnet et kort i målestokforholdet 1:5.000 med 5 m ækvivalens. Det er eftervist, at nøjagtigheden i den vestlige del af kortet, hvor kontroltriangulation er gennemført, gør det muligt at anvende kortet til massebalancer, når området genfotograferes efter en 10-15 årig periode.

En sammenligning med ældre kort, Geodætisk Instituts kortblad 65 Ø.1 E 1:50.000, viser en negativ massebalance neden for 300-400 m niveauet og en positiv balance ovenfor. Den negative balance i den nedre del bekræftes af detailmålinger ved gletscherfronten, hvorimod målinger i et stagenet fra 1975 på gletscheren viser nettoablation op til 500 m højde. Dog er der i de seneste år målt en nettoakkumulation omkring 400-600 m niveauet.

Hvis ukorrigeret nedbør for Angmagssalik anvendes til vandbalanceberegninger sammen med de målte vandføringer fra afløbet fra gletscheren, som desværre kun omfatter dele af juli, august og september, fås en urealistisk negativ massebalance. På grundlag af afstrømningstal fra et nedbørsområde umiddelbart syd for er det vist, at nedbørstal for Angmagssalik skal korrigeres med ca. 75%

på årsbasis. Det har vist sig, at afstrømningen i juli-september i de tre år, hvor årsafstrømningen er målt i bassinet syd for gletscheren, udgør en ret konstant andel af årsafstrømningen. Denne procentdel må være den minimale andel, som den målte afstrømning ved Mitdluagkat udgør af årsafstrømningen her.

Da gletscheren ligger højere og dermed er koldere end sammenligningsbassinet, og der foregår en forsinket afstrømning på grund af magasinering i gletscherens sne-lag, vil de målte værdier udgøre en væsentlig større andel end ovennævnte minimumsværdier. En ekstrapolation af 1972 tallene til $0 \text{ m}^3/\text{sek}$. henholdsvis den 1.6. og 1.11 - datoerne er fundet ud fra temperaturforløbet, antyder, at procenten snarere skal ligge fra 30-50% beregnet på grundlag af 1972 tal. De årsafløb, som på denne måde beregnes, fordeles over det gletscherareal, som danner opland til vandføringsmålestationen; arealet er afgrænset af vandskel, som er fundet på 1972 opmålingen. De således opstillede vandbalancer tyder på, at en positiv massebalance kan forekomme i år med stor nedbør.

Langtidsregistreringer af temperatur og nedbør viser udsving, som begunstiger en positiv massebalance i perioden efter 1962, Hansen & Tastum (1980) men målingerne i stagenettet og de opstillede vandbalancer tyder dog ikke på, at ændringerne er af en størrelsesorden, der kan forklare hele forskellen mellem de to kort. Det er nærliggende, at resten må tilskrives usikkerheden i det gamle kort.

Det kan ikke på nuværende tidspunkt med sikkerhed afgøres, om der er indtrådt et vendepunkt i Mitdluagkatgletscherens massebalanceudvikling. Dette vil kræve fortsatte observationer og en snarlig genfotografering med påfølgende kortudtegnning.

Summary

The terminus of the Mitdluagkat Glacier has been retreating since the first measurements in 1933 made by K. Milthers.

Since then and until 1958, the retreat was 472 m; in 1969, the snout had retreated another 259 m, measured by B. Frstrup. In 1972, the glacier and the surrounding area were photographed from the air, and a triangulation network was laid out. Technical problems, because of tilting of the air-photos in some routes, delayed the maps in scale 1:5000 until 1976. B. Frstrup intended to set up a field control programme, but due to bad health he did not manage before his death (in 1985). The maps have been used, however, as basis for field-work since 1976.

In 1985, the author resurveyed part of the old triangulation network in order to compare the 1972 (1976) maps with older maps from the Geodetic Institute (surveyed 1932-33 and revised based on air-photos from 1943) and, moreover, to compare measurements from a measuring field established at the terminus in 1979 with the earlier measurements of the glacier surface.

The maps (planche 1:fig. 2) based on the 1972 air-photos are shown in fig. 1, which is part of Geodetic Institute's map, together with the position of length-profiles shown in fig. 3 and fig. 4.

From table 1 showing the coordinates in the triangulation network, it can be seen that the western part of the 1972 (1976) map is reliable within approximately ± 2 m in the x-y plane and ± 0.5 m in the vertical direction.

A comparison between Geodetic Institute's map and the 1972 (1976) maps (fig. 3) shows the retreat of the terminus, but in the upper reaches a substantial accumulation is found. The detailed measurements, carried out since 1979 and indicated on fig. 4, show a continuous recent retreat of the terminus.

Measurements from a stake-net established in 1975, which was partly resurveyed when possible, confirm a net ablation up to the 3-400 m level. During the years 1984-85, a net accumulation was recorded above 500 m.

Evaluation of the water-balance based on a correction of precipitation found from runoff measurements in a basin situated south of the glacier shows that there might have been a slightly positive net balance in years with high precipitation values.

Evaluation of the climatic records from Meteorological Institute's station at Angmagssalik shows that the period from 1920-62 was rather warm and dry, but since then temperature has dropped and precipitation risen.

As it can be seen, there are indications of an altered mass balance of the glacier; to present a definite proof is, however, not yet possible, the accumulation found in the upper reaches between 1943 and 1972 may be due to error in the maps, most possibly in the old map from the Geodetic Institute which is no longer recommended by the institute. A survey of the triangulation network in the upper reaches, and a new detailed air-photographing is needed for a definite evaluation of the mass balance.

I am indebted to my colleague *H. Søgaard* for valuable discussions.

Litteratur

- Fristrup, Børge*, 1960: Studies of Four Glaciers in Greenland. *Geografisk Tidsskrift* 59:89-102.
- Fristrup, Børge*, 1962: Dänische glaziologische Untersuchungen im Internationalen Geophysikalischen Jahr. *Polarforschung* Band V, Heft 1/2:3-11.
- Fristrup, Børge*, 1970: Ny geografisk station i Grønland. *Geografisk Tidsskrift* 69:192-204.
- Grønlands Tekniske Organisation (GTO)* 1985: Generelle Hydrologiske Bassin-Informationer. Bynære Bassiner.
- Hansen, Birger og Tastum, Jens*, 1980: Sermilik 1979. Lab. for Almen Naturgeografi. Geogr. Inst., Københavns Univ. Intern rapport, 86 p.
- Hasholt, B.*, 1976: Hydrology and Transport of Material in the Sermilik Area 1972. *Geografisk Tidsskrift* 75:30-39.
- Hasholt, B.*, 1980: Forundersøgelser for Byvandkraft ved Angmagssalik. Geogr. Inst. og GTO.
- Hasholt, B.* 1980: Morphological and Hydrological Possibilities for the Development of Water Power at Angmagssalik. *Geogr. Tidsskrift* 80:57-62.
- Hasholt, B.* 1984: Undersøgelser af Nedbørsfordelingen i Grønland. Nordisk Hydrologisk Konference 1984, NHP-Rapport nr. 5, bd. 1:299-310.
- Paterson, W.S.B.*, 1975: The Physics of Glaciers. Pergamon Press.
- Stenborg, T.*, 1970: Delay of Run-off from a Glacier basin. *Geogr. Annaler* 52, Serie A.
- Tastum, J.*, 1981: Snehydrologi. Eksamensopgave Geogr. Inst. Upubliceret, 57 p.
- Valeur, Hans*, 1959: Run-off Studies from the Mitdluagkat Gletscher in SE-Greenland during the Late Summer 1958. *Geogr. Tidsskr.* 58:54-65.

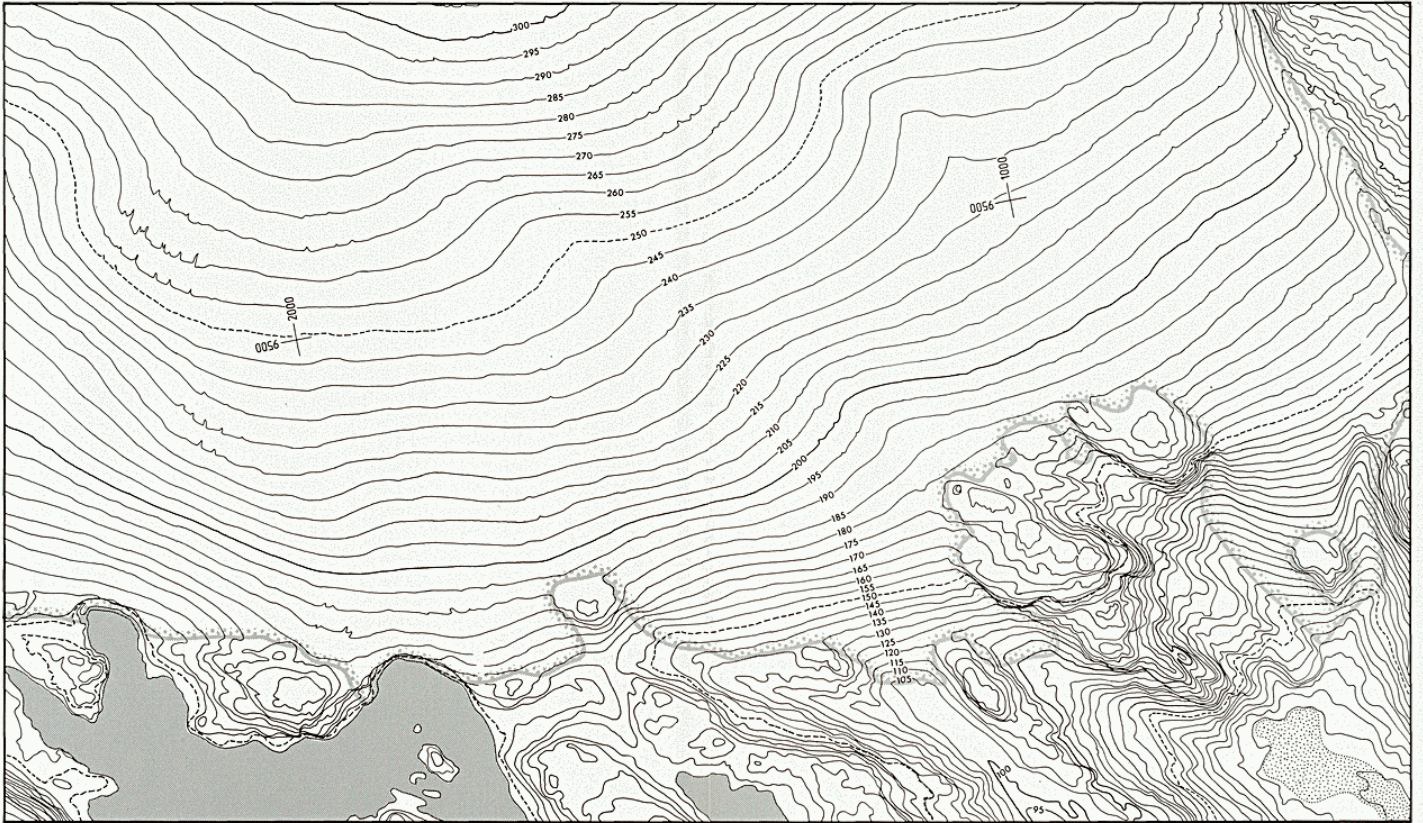


Fig. 2. Udsnit af kort 1:5000 fra 1972, udtegnet 1976.

Fig. 2. Part of map (scale 1:5000) from 1972, drawn 1976.

From table 1 showing the coordinates in the triangulation network, it can be seen that the western part of the 1972 (1976) map is reliable within approximately ± 2 m in the x-y plane and ± 0.5 m in the vertical direction.

A comparison between Geodetic Institute's map and the 1972 (1976) maps (fig. 3) shows the retreat of the terminus, but in the upper reaches a substantial accumulation is found. The detailed measurements, carried out since 1979 and indicated on fig. 4, show a continuous recent retreat of the terminus.

Measurements from a stake-net established in 1975, which was partly resurveyed when possible, confirm a net ablation up to the 3-400 m level. During the years 1984-85, a net accumulation was recorded above 500 m.

Evaluation of the water-balance based on a correction of precipitation found from runoff measurements in a basin situated south of the glacier shows that there might have been a slightly positive net balance in years with high precipitation values.

Evaluation of the climatic records from Meteorological Institute's station at Angmagssalik shows that the period from 1920-62 was rather warm and dry, but since then temperature has dropped and precipitation risen.

As it can be seen, there are indications of an altered mass balance of the glacier; to present a definite proof is, however, not yet possible, the accumulation found in the upper reaches between 1943 and 1972 may be due to error in the maps, most possibly in the old map from the Geodetic Institute which is no longer recommended by the institute. A survey of the triangulation network in the upper reaches, and a new detailed air-photographing is needed for a definite evaluation of the mass balance.

I am indebted to my colleague *H. Søgaard* for valuable discussions.

Litteratur

- Fristrup, Børge*, 1960: Studies of Four Glaciers in Greenland. *Geografisk Tidsskrift* 59:89-102.
- Fristrup, Børge*, 1962: Dänische glaziologische Untersuchungen im Internationalen Geophysikalischen Jahr. *Polarforschung* Band V, Heft 1/2:3-11.
- Fristrup, Børge*, 1970: Ny geografisk station i Grønland. *Geografisk Tidsskrift* 69:192-204.
- Grønlands Tekniske Organisation (GTO)* 1985: Generelle Hydrologiske Bassin-Informationer. Bynære Bassiner.
- Hansen, Birger og Tastum, Jens*, 1980: Sermilik 1979. Lab. for Almen Naturgeografi. Geogr. Inst., Københavns Univ. Intern rapport, 86 p.
- Hasholt, B.*, 1976: Hydrology and Transport of Material in the Sermilik Area 1972. *Geografisk Tidsskrift* 75:30-39.
- Hasholt, B.*, 1980: Forundersøgelser for Byvandkraft ved Angmagssalik. Geogr. Inst. og GTO.
- Hasholt, B.* 1980: Morphological and Hydrological Possibilities for the Development of Water Power at Angmagssalik. *Geogr. Tidsskrift* 80:57-62.
- Hasholt, B.* 1984: Undersøgelser af Nedbørsfordelingen i Grønland. Nordisk Hydrologisk Konference 1984, NHP-Rapport nr. 5, bd. 1:299-310.
- Paterson, W.S.B.*, 1975: The Physics of Glaciers. Pergamon Press.
- Stenborg, T.*, 1970: Delay of Run-off from a Glacier basin. *Geogr. Annaler* 52, Serie A.
- Tastum, J.*, 1981: Snehydrologi. Eksamensopgave Geogr. Inst. Upubliceret, 57 p.
- Valeur, Hans*, 1959: Run-off Studies from the Mitdluagkat Gletscher in SE-Greenland during the Late Summer 1958. *Geogr. Tidsskr.* 58:54-65.