

STYRELSEN FÖR
VINTERSJÖFARTSFORSKNING

Sjöfartsverket
Sverige

Sjöfartsstyrelsen
Finland

Forskningsrapport nr 1



HAVSISKONFERENS

STOCKHOLM

3—4 oktober 1972

Protokoll



Handgraven

STYRELSEN FÖR
VINTERSJÖFARTSFORSKNING

Sjöfartsverket
Sverige

Sjöfartsstyrelsen
Finland

Forskningsrapport nr 1



HAVSISKONFERENS

STOCKHOLM

3—4 oktober 1972

Protokoll



Tryckt på offset vid
Sjöfartsverkets tryckeri,
STOCKHOLM.
1972.

*-To run upon the sharp wind of the north;
To do me business in the veins o' the earth,
When it is bak'd with frost.*

(ur The Tempest, av WILLIAM SHAKESPEARE, 1611).

Förord

Detta protokoll är ett dokument. Det är en upptagning från en havskonferens — veterligen den första i Sverige, kanske i hela världen — som pågick i Nya riksdagshuset, Stockholm, dagarna 3 och 4 oktober 1972.

Konferensen hade arrangerats av sjöfartsverket och Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI). Den hade samlat forskare och vetenskapsmän inom det meteorologiska området från Sverige och Finland samt representanter från svenska och finska sjöfartsmyndigheter, meteorologiska institut, högskolor och forskningsinstitutioner, sjöfart och därav beroende näringsliv — i allt ett femtiotal deltagare.

Program och deltagarförteckning berättar mer om dessa detaljer.

I det svensk-finska samarbetet om vintersjöfartsforskning — som inleddes med ett avtal mellan Sverige och Finland 1972 — syftar ett delprojekt till att genom bättre kartläggning av isen samt bättre förståelse för samspelet mellan atmosfär och hav göra det möjligt att prognosera isen och dess rörelser. I nära anknytning till detta forskningens delprojekt ligger strävan att få bättre väderleksprognoser som också berördes under konferensen. De svenska och finska forskningsplanerna på detta område presenterades och diskuterades vid konferensen — för att målsättningen skulle kunna klargöras. Det nämnda forskningsarbetet väntas på sikt leda till en säkrare, kontinuerlig vintersjöfart i våra länders isbemängda farvatten.

Sammantaget bör detta protokoll ge en god bild av frågorna kring havsisen — vilket konferensen skulle avhandla. Därmed är ett syfte nått.

Stockholm och Helsingfors i november 1972

Erik Severin

Helge Jääsalo

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

ARTIKEL/NAMN	SIDA
Förord (E Severin, H Jääsalo).....	1
Innehållsförteckning.....	3
Konferensbilder (U Lonäs).....	5
Konferensprogram.....	7
Deltagarförteckning.....	9
Inledning (E Severin).....	11
"Operativa synpunkter på behovet av väderleks- och is- prognoser för isbrytarverksamheten"(S Hjortzberg).....	13
"Behovet av väderleks- och isprognoser i operativ is- brytarverksamhet" (T Artela).....	17
"Översikt över SMHI:s erfarenheter beträffande isprob- lem och istjänst samt redovisning av relevanta un- dersökningar och arbeten utförda på SMHI under de senaste åren" (B Thorslund).....	19
Debatt (H Edstrand, B Thorslund, E Palosuo, A Nyberg, H Jääsalo, S Hjortzberg).....	31
"Erfarenheter från finsk isforskning under 20 år samt planer för de närmaste åren" (E Palosuo).....	35
Debatt (F Burmeister, C Landtman, E Palosuo, S Haggård)...	38
"Fjärranalysmetoder och oceanografiska mätningar i an- slutning till istjänst" (U Karström).....	43
Debatt (E Severin, F Eklund).....	55
"Oceanografisk observations- och undersökningsverksamhet för isforskning" (U Ehlin).....	58
Debatt (C Landtman, U Ehlin, B Sjöholm, S-O Fagerlund, E Palosuo, A Nyberg).....	64
"Mätning av havsisens egenskaper med mikrovågsradio- meter" (M Tiuri, M Hallikainen).....	66
Debatt (E Severin, M Tiuri, U Ehlin).....	73
"SMHI:s förslag till isforskningsprogram inom ramen för det svensk-finska samarbetet för de kommande tre åren" (Th Thompson).....	74

"Detaljpresentation av de olika projekten som ingår i SMHI:s isforskningsprogram samt redovisning av andra forskares erfarenheter inom dessa områden". (I Udin).....	82
Debatt (H Edstrand, G Liljeqvist, E Severin, L Hallengren, Th Thompson, C Landtman, B Norberg).....	92
"Erfarenheter av iskartläggning och isdriftstudier med radar" (Å Blomquist).....	98
Debatt (L Hallengren, Å Blomquist, E Palosuo, F Eklund, E Severin).....	106
"Väder- och havsprognoser som kan utnyttjas för förbättrade isprognoser. Nuvarande läget och utsikter i framtiden" (L Bengtsson).....	109
"Finlands meteorologiska instituts system för dynamiska och dynamisk-statistiska väderleksprognoser samt möjligheterna att utnyttja systemet för förbättrade isprognoser" (D Söderman).....	125
Debatt (L Hallengren, D Söderman, L Bengtsson, E Severin, P Mälki, O Lönnqvist, U Ehlin, C Landtman, A Nyberg).....	132
Avslutning (D Söderman, A Nyberg, H Jääsalo, E Severin).....	137

KONFERENSBILDER (nästa sida)

Överst: Kommendörkapten Sten Hjortzberg inleder raden av anföranden.

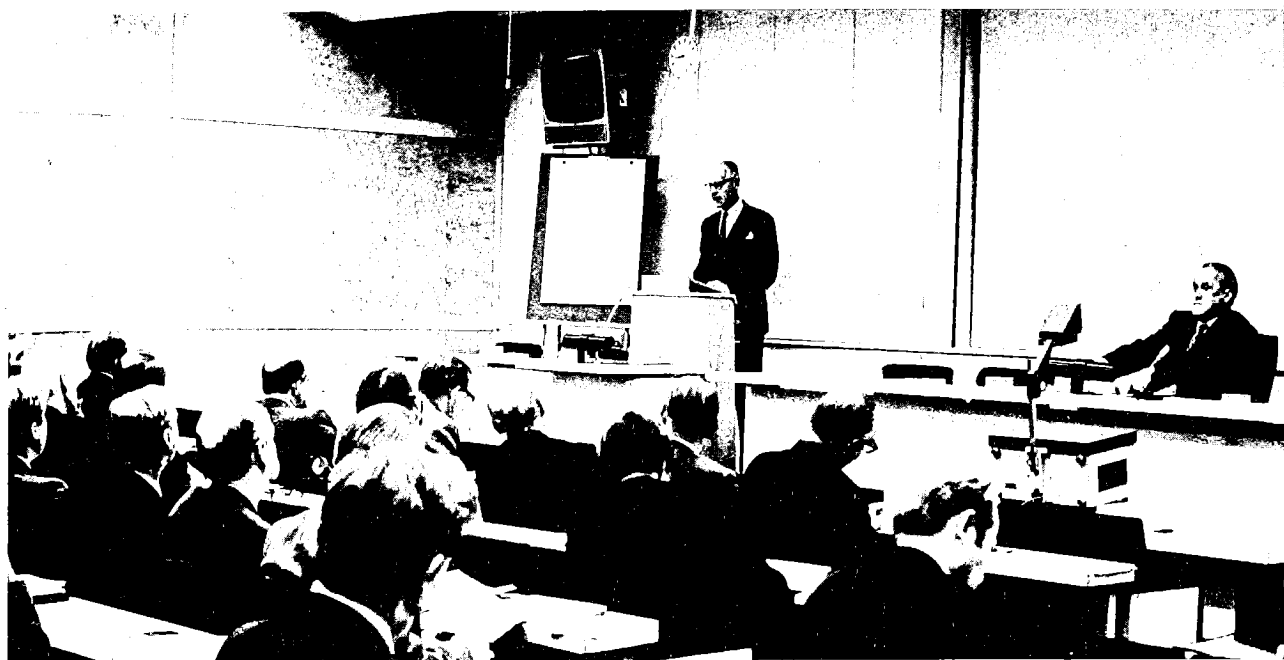
Mitten: Fr. v. Generaldirektör Erik Severin, sjöfartsverket, konferensens ordförande, ledamot av Styrelsen för vintersjöfartsforskning.

Generaldirektör Alf Nyberg, SMHI, som sammanfattade och avslutade konferensen.

Generaldirektör Helge Jääsalo, sjöfartsstyrelsen i Finland, ordförande i Styrelsen för vintersjöfartsforskning.

Nederst: Intresserade åhörare på konferensen.

(Konferensfoto: ULF LONÄS)



Konferensprogram

Konferensen öppnades av generaldirektör ERIK SEVERIN, sjöfartsverket

Anföranden hölls av:

Namn

Kommendörkapten
STEN HJORTZBERG
Sjöfarsverket
och
Kapten
TOM ARTELA
Finska sjöfartsstyrelsen

Ämne

Operativa synpunkter på behovet av väderleks- och isprognoser.

Byrådirektör
BENGT THORSLUND
SMHI

Översikt över SMHI:s erfarenheter beträffande isproblem och istjänst samt redovisning av relevanta undersökningar och arbeten utförda på SMHI under de senaste åren.

Fil.dr.
ERKKI PALOSUO
Finska Havsforskningsinstitutet

Erfarenheter från finsk isforskning under 20 år samt planer för de närmaste åren.

Avdelningsdirektör
ULF KARSTRÖM
SMHI

Fjärranalysmetoder och oceanografiska mätningar i anslutning till istjänst. (uppläst av avd.dir. ULF EHLIN, SMHI)

Avdelningsdirektör
ULF EHLIN
SMHI

Oceanografisk observations- och undersökningsverksamhet för isforskning.

Professor
MARTTI TIURI
Helsingfors tekn. högskolas
radiolaboratorium

Istjockleksmätning med mikrovågsteknik. (Föredraget producerat i samarbete med MARTTI HALLIKAINEN, d:o)

1:e statsmeteorolog
THOMAS THOMPSON
SMHI

SMHI:s förslag till isforskningsprogram inom ramen för det svensk-finska samarbetet för de kommande tre åren.

1:e statsmeteorolog
INGEMAR UDIN
SMHI

Detaljpresentation av de olika projekten som ingår i SMHI:s isforskningsprogram samt redovisning av andra forskares erfarenheter inom dessa områden. (uppläst av byrådir. BENGT THORSLUND, SMHI).

Laborator
ÅKE BLOMQVIST
FOA

Redovisning av erfarenheter av iskartläggning och isdriftstudier med radar utförda av FOA under vintern 1971/72.

Avdelningsdirektör
LENNART BENGTSSON
SMHI

Väder- och havsprognoser som kan utnyttjas för förbättrade isprognoser. Nuvarande läget och utsikter i framtiden.

Fil.lic.
DANIEL SÖDERMAN
Finlands Meteorologiska Institut

Finlands meteorologiska instituts system för dynamiska och dynamisk-statistiska väderleksprognoser samt möjligheterna att utnyttja systemet för förbättrade isprognoser.

Under konferensen visades en japansk film — DRIFT ICE, Puzzle of the frozen Sea.

Konferensen sammanfattades av generaldirektör ALF NYBERG, SMHI.

Deltagarförteckning

Från Finland

Generaldirektör Helge Jääsalo
Sjöfartsrådet Oso Siivonen
Kapten Tom Artela
Dipl.ing. Gunnar Edelman
Dr. Erkki Palosuo
Fil.lic. Pentti Mälki
Fil.mag. Hanno Grönwall
Fil.lic. Daniel Söderman
Direktör Christian Landtman
Dipl.ing. Fred Burmeister
Dipl.ing. C-H von Hertzen
Professor Martti Tiuri
Dipl.ing. Martti Hallikainen
Sjökapten Erkki Poutanen
Sjöfartsrådet Edgar Eriksson

Sjöfartsstyrelsen
”
”
”
Havsforskningsinstitutet
”
”
Meteorologiska institutet
OY Wärtsilä AB
”
”
Tekniska Högskolans Radiolaboratorium
”
Finlands Redarförening
Ålands Redarförening

Från Sverige

Amiral Bengt Lundvall
Amiral Gunnar Grandin
Stabsövermeteorolog Bengt Bengtsson
1:e stabsmeteorolog Bertil Nilsson
Laborator Ake Blomqvist
Laborator Folke Eklund
1:e forskningsing. Klas-Rune Larsson
Professor Gösta Liljeqvist
Generaldirektör Hans Edstrand
Direktör Britt-Marie Bystedt
Herr Bo Jönestedt
Intendent Ingvar Liljegren
Disponent Bernt Norberg
Kapten S-O Fagerlund
Sjökapten Lars Baecklund
Direktör Martti Mäkinen
Generaldirektör Alf Nyberg
Byråchef Olov Lönnqvist
Byråchef Gunnar Nybrant
Avd.dir. Lennart Bengtsson
Avd.dir. Ulf Eklin
Laborator Ingemar Holmström
Byrådirektör Bengt Thorslund
1:e statsmet. Thomas Thompson
1:e statsmet. Ingemar Udin
Generaldirektör Erik Severin
Driftdirektör Stig Haggård
Sjöfartsrådet Lennart Hallengren
Isbrytardirektör Agne Christenson
Avd.dir. Bertil Sjöholm
Kommendörkapten Sten Hjortzberg
Kommendörkapten Anders Billström
Byrådirektör Henrik Leopold
Redaktör Börje Hammargren

Chefen för Marinen
Chefen för Marinmaterieförvaltningen
Militära väderlekstjänsten
”
Försvarets Forskningsanstalt
”
”
Meteorologiska institutionen Uppsala Universitet
Statens Skeppsprovsningsanstalt
Sveriges Industriförbund
AB Statens Skogsindustrier
Boliden AB
Svenska Cellulosa AB
Vänerens Seglationsstyrelse
Sveriges Redareförening
Norrlandsfonden
Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut
”
”
”
”
”
”
”
Sjöfartsverket
”
”
”
”
”
”
”
”
”
”

Inledning

Generaldirektör ERIK SEVERIN, sjöfartsverket

Sverige och Finland har startat ett forsknings- och utvecklingsarbete på vintersjöfartsområdet. Det är något nytt. Båda länderna är beroende av att driva sjöfart året runt.

Länder på nordliga breddgrader har behov av att komma till rätta med issvårigheterna för att upprätthålla kontinuerlig sjötrafik. En sådan strävan pågår i den östliga och västliga världen.

Små stater får inte komma efter i denna utveckling. För länder belägna vid samma hav och med likartade export- och importproblem blir det därför naturligt att samverka för att utnyttja personella och ekonomiska resurser på effektivt sätt.

Det inledda forsknings- och utvecklingsarbetet skall inriktas på att bygga fartyg och isbrytare som möjliggör vintertrafik. Skadorna på fartyg med hög isklass - som redan är begränsade - skall reduceras. Uppkomna isskador har hittills utgjort ett av argumenten mot en kontinuerlig trafik.

Förutsättningar bör även skapas för att farterna genom isarna blir ekonomiskt lönsamma.

Under senare tid har tillgången på isförstärkt tonnage gjort det möjligt att under fem vintrar driva sjöfart till Umeå. Till Luleå har trafiken pågått under två vintrar. På finska sidan om Bottenviken har en motsvarande utveckling skett. Dessa framgångar är resultat av mångas ansträngningar.

Men jämsides med arbetet på att utveckla skeppsbyggnadsteknologin krävs ökade kunskaper om isarna. Dessa kunskaper är grundläggande för övriga insatser. Kännedom om isar, råkar och vallar blir avgörande för huruvida vintersjöfarten skall lyckas eller ej. Trots att svensk och finsk vintersjöfart pågått under många årtionden så är kunskaperna om isarna bristfälliga beroende på att forskningen inte drivits i önskvärd omfattning.

Sjöfarten har en allvarlig vädjan till alla de som sysslar med väder. Den är i korthet följande:

Även om vi aldrig kan betvinga de mäktiga väderleksgudarna i deras boningar, så hoppas vi att forskarna skall lyckas klarlägga deras nyckfullhet genom bättre is- och väderleksrapporter. Sjöfarten behöver sådana för sin verksamhet. Dagens sjöfart är trots allt väderleksberoende i olika avseenden.

Kännedom om isar, blir ett villkor för fortsatt utveckling av rationell och lönsam vintersjöfart. Ökade insatser på områdena blir därigenom lönsamma investeringar.

Men kunskaperna om isarna fyller andra funktioner. En förväntad exploatering av havens resurser är ett sådant område. Det kan även finnas andra, som inte närmare kan anges.

Styrelsen för den svensk-finska vintersjöfartsforskningen avser att avdela betydande belopp för utforskning av isarna för att komma fram till bättre prognoser.

Syftet med denna konferens är att formulera krav samt bidra till att samordna insatserna.

Resultaten av forskningsinsatserna blir vägledande för fortsatta insatser, bl.a. på skeppsbyggeriets område.

Jag ser i anslutningen av forskare från Finland och Sverige en förhoppning om att resultat skall uppnås. Kan vi bara skaffa tillräckligt med ekonomiska resurser så kan vi se framåt med förtröstan. Låt oss gemensamt medverka till pionjärinsatser på detta forskningsområde. Våra länder blir liksom större om vi lyckas i strävan att utnyttja kusterna för sjöfart året runt.

Operativa synpunkter på behovet av väderleks- och isprognoser för isbrytarverksamheten.

Kommendörkapten STEN HJORTZBERG, sjöfartsverket

I MÅLSÄTTNINGEN FÖR ISBRYTNING OCH FAKTORER SOM PÅVERKAR DENSAMMA.

Målsättningen för isbrytning eller ändamålet med densamma är att på ett enkelt och riskfritt sätt och så snabbt som möjligt med hjälp av isbrytare, då behovet så påkallar, leda fram sjöfarten inom områden, som är isbelagda.

De faktorer, som påverkar denna uppgift är bl. a.

- 1) Isbrytarnas styrka och kapacitet.
- 2) Assisterade fartygs styrka och kapacitet.
- 3) Navigatoriska förhållande.
- 4) Väderleks- och isläget och förändringar i detta.

II VÄDERLEKS- OCH ISLÄGETS INVERKAN PÅ FRAMKOMLIGHETEN SAMT FÖRHÅLLANDEN SOM MEST PÅVERKAR DENNA.

1) Väderlekslägets inverkan.

Den direkta inverkan är siktförhållandena. Vid nedsatt sikt i form av tjocka eller snöfall är det svårt att från isbrytaren bedöma isförhållandena, att följa rännor och råkar med andra ord att välja rätt väg och att observera efterföljande fartyg.

Den indirekta inverkan är vinden och temperaturen, som båda starkt påverkar isläget. *Vinden* - dess riktning och styrka - inverkar i hög grad på möjligheterna att framföra sjöfart genom isbelagda farvatten. Genom vindens inverkan packas isen samman och vallar bildas eller uppstår det råkar. Vinden orsakar också is-skjutning och isskruvning. Beträffande *temperaturen* så måste man t.ex. veta om det blir mycket kallt för då ökar isbildningen och isens tjocklek växer och därigenom nedgår framkomligheten. Man bör kanske här nämna att det är en avsevärd skillnad att gå genom isen då det är mycket kallt än då temperaturen håller sig omkring 0°.

Väderleksprognosens främsta uppgift för isbrytarna är att ge ett underlag för att bedöma islägets utveckling. Man måste i god tid kunna bestämma sig för lämpligaste vägvalet, hur många fartyg man anser att man kan ta med i en konvoj och även vilken storlek och isklass fartygen skall ha.

2) Islägets inverkan.

Det är här tre faktorer som har stor betydelse; a) Isens beskaffenhet, b) Isens utsträckning och omfattning, c) Isens rörelse.

Beträffande *isens beskaffenhet* så skiljer vi på flera olika sorters is. Det finns kärnis, drivis, som kan vara sammanfrusen, issörja, som kan vara mer eller mindre sammanpackad och som i många fall fryser samman. Sedan finns det pipig is och rutten is. Isens tjocklek har naturligtvis sin betydelse:

Om vi sedan ser på *isens utsträckning* och *omfattning* så är det av största betydelse. Man vill veta gränsen för den fasta isen, områden med vallar och deras utsträckning och storlek, förekomsten av råkar och sprickor. Man vill försöka bedöma om ett handelsfartyg kan taga sig fram utan isbrytarassistans och i så fall hur långt. Det är ofta av stor betydelse om man kan lämna ett fartyg innan man har kommit ut på öppet vatten så att man icke behöver gå i onödan med isbrytaren. Man skall per radio kunna ge fartyg anvisningar hur de bäst skall kunna ta sig fram på egen hand. Det händer mycket ofta, att fartyg långt innan de kommit till det aktuella isfarvattnet vill ha information om isläget. Som ett konkret exempel kan nämnas, att fartyg distinerade t.ex. till Örnsköldsvik eller Umeå kan gå längs finska kusten i öppet vatten kanske hela vägen medan man däremot på svenska sidan av Bottenhavet har ett relativt svårt isläge. Under de senaste vintrarna, då hamnarna i Bottenviken varit öppna för sjöfart hela vintern har möjligheterna till vägval varit av allra största betydelse. Trots att distansen till Luleå och Piteå är avsevärt längre om man går längs den finska kusten så har detta ofta varit den enda möjliga vägen.

Den tredje faktorn av betydelse är *isens rörelse*. Isen till havs ligger sällan stilla och det är t.ex. inte ofta som man kan utnyttja brutna rännor under flera dagar. Oftast sluter de sig efter några timmar även om man icke kan observera någon rörelse i isen. Vid hårda vindar - vinden behöver inte vara särskilt stark - så uppstår isskjutning, ispress eller isskruvning, vilket man nu vill kalla det för. Havsisens drift kan vara lätt men den kan också vara så svår och kraftig, att man icke kan framföra fartyg utan att bogsera dem. Man kan alltså endast taga ett fartyg i taget. Har man då startat med en konvoj på flera fartyg och det genom tilltagande vind uppstår isskruvning kan man komma i en mycket svår situation.

På förvintern, då isen lägger sig och även vid kraftiga snöfall, kan det inom en kuststräcka på grund av kraftig vind bildas områden med issörja, som är mycket besvärande för sjöfarten. Issörjan kan packas samman till ett relativt smalt band på mycket kort tid. I infartslederna kan ett sådant till synes oskyldigt band förorsaka mycket besvär. Alla fartyg även de kraftigaste måste bogseras.

Vilka är då de förhållanden som mest påverkar framkomligheten i isfarvatten? *Vallar* och områden med vallar kan bilda en ogenomtränglig barriär, som man måste gå runt eller hitta det mest fördelaktiga stället att bryta sig igenom. Som tidigare nämnts så har *siktförhållandena* stor betydelse. Förekomsten av *råkar* underlättar framkomligheten. Men det är nog isens *tjocklek* i kombination med isskjutning och isskruvning som mest påverkar möjligheterna att assistera fartyg genom isen. Nu är det så att när en isbrytare går fram genom jämn is så kan det, och det gör det för det mesta, bildas vallar. Det är därför ofta assistansverksamheten som är orsak till vallbildning. Men de verkligt stora och kraftiga vallarna bildas genom att isen bryts upp på grund av hård vind.

III VÄDERLEKS- OCH ISPROGNOSER SAMT EGEN ISSPANING SOM BEDÖMNINGSGRUND FÖR ASSISTANSVERKSAMHETEN.

1) *Väderleksprognoser.*

Väderleksprognoserna ligger till grund för isbrytarnas bedömning av issituationens utveckling. Vad man då särskilt fäster sig vid är vind- och temperaturförhållanden. Erfarenhet är ofta utslagsgivande för tillförlitligheten av bedömningen. Med andra ord när man hör eller läser väderleksprognoser så kan man förutsäga hur issituationen blir. Vi utnyttjar alltid sjörapporterna, såväl svenska som finska. »TV-vädrer» ger en mycket överskådlig bild av väderläget och dess utveckling och lämnar alltså ett gott underlag för bedömning. På väderkartan som vi får per telefax har man möjligheter att bedöma väderleksutvecklingen. Långtidsprognoserna, 5-dygns, som kommer från SMHI, via ISD och i »TV-vädrer» har mycket stor betydelse. Tillförlitligheten de två första dygna är i de flesta fall stor, men avtar i senare delen av perioden. Det vore av stort värde om man kunde få denna prognos oftare. För att få specialprognos över vissa områden utnyttjar isbrytarna ibland vädertjänsten vid Luleå och Sundsvalls flygplatser. Detta kan vid vissa tillfällen vara av mycket stort värde. Tillförlitliga och täta väderleksprognoser är av ovärderlig betydelse för isbrytarnas tjänsten.

2) *Isprognoser.*

»Israpport för sjöfarten» utnyttjas i första hand som orientering till sjöfarten, fartyg och landmyndigheter. För isbrytarnas del ger den icke så mycket. En hel del av uppgifterna grundar sig på isbrytarnas observationer.

Iskartan, såväl svensk som finsk, som kommer per telefax, utnyttjas i stor utsträckning för isbrytarnas bedömning. Den ger en grov översikt av omgivande isfarvatten. Som komplement skulle det behövas en mera detaljrik karta över det egna operationsområdet, t.ex. Bottenviken. När man får en karta, som omfattar hela Östersjön och Bottniska Viken så är den alltför otydlig.

5-dygnsprognosen utnyttjas i viss omfattning för bedömning av vägval. Liksom långtidsprognosen för väder är denna isprognos av värde de två första dagarna.

3) *Egen isspaning.*

Den egna isspaningen från isbrytarna, helikopter och flygplan utgör f.n. isbrytarnas bästa bedömningsgrund. En noggrann uppföljning av isläget och anteckningar om förändringar är mycket viktigt. Helikopterspaningen ger det bästa resultatet inom såväl närområdet som inom ett begränsat fjärrområde. Med helikopter av typ Jet-ranger har man möjligheter att under goda siktförhållanden avspana t.ex. området Luleå — Ö. Kvarken. Positionsbestämningen är härvid av mycket stor betydelse. Tyvärr har de svenska helikoptrarna ej varit utrustade med Decca-navigator. Flygspaning ger en sammanfattande överblick över stora områden vid flygning på hög höjd och god sikt. Denna spaning torde ge mest vid vårisbrytningen.

Vid isspaning med helikopter har väderleksläget mycket stor betydelse. Innan

man sänder iväg en helikopter måste man känna till sikt- och vindförhållandena och deras utveckling.

4) *Grad av utnyttjande.*

Den egna isspaningen och en bedömning av issituationen på grundval av väderleksprognoser ger den bästa informationen om isläget och dess utveckling. Lång personlig erfarenhet och lokalkännedom är därvid mycket betydelsefullt.

Därefter kommer iskartan, som man får per telefax.

5-dygnsprognosen, isdelen, och israpport för sjöfarten har en viss men ganska liten betydelse.

IV FRÅGESTÄLLNINGAR.

- 1) Kan 5-dygnsprognosen sändas oftare?
- 2) Kan iskartan föras mera detaljerad?
- 3) Kan man få specialprognos för ett visst område?
- 4) Kan TV-sändning av isprognosen ges dagligen?
- 5) Kan radarflygspaning på hög höjd (<12.000 m) ge samma bild som en satellitbild?
- 6) Kan istjockleken mätas på elektronisk väg?
- 7) Hur inverkar vindar, strömmar och vattenstånd tillsammans på issituationen?
- 8) Vilka faktorer har avgörande inverkan på istillväxt och isutbredning?
- 9) Kan man förutsäga svårighetsgraden av isskjutning?

Behovet av väderleks- och isprognoser i operativ isbrytarverksamhet.

Sjökapten TOM ARTELA, sjöfartsstyrelsen i Finland

I INLEDNING.

Då vi nyss av kommandörkapten Hjortzberg fått en ingående redogörelse om själva målsättningen för isbrytandet och om sådana faktorer som isbrytarnas styrka och handelsfartygens lämplighet, vilka påverkar denna uppgift, är det onödigt att kommentera den saken mera. Jag är också fullt av samma åsikt om de påverkningar och svårigheter en ogynnsam väderlek för med sig. För att understryka den viktiga roll väderleken spelar i vintersjöfarten, vill jag kort komplettera förra föredragshållaren i dessa frågor.

II VÄDERLEKSPROGNOSER OCH ASSISTANSVERKSAMHET.

Väderleksprognoserna kan grovt delas i två grupper, så kallade 5-dygns prognoser samt kortare. Vad jag har förstått är 5-dygns prognosen den längsta möjliga prognos, vilken ännu är så pass pålitlig att den är ändamålsenlig. Jag anser ändå, att den långa prognosen tills vidare är till den grad opålitlig att den för isbrytarverksamhet endast har ett slags orienterande värde. Det vill säga, man kan få tendensen till temperaturens utveckling. Detta skulle jag vilja påstå är det viktigaste med denna prognos. Det betyder ju en ökande eller minskande ismassa. Man kan också få en översiktlig bild av den vindriktning, vilken möjligtvis kommer att vara rådande. Redan ur dessa synpunkter sett kan man ge 5-dygns prognosen ett visst värde. Ändå kan man väl säga att själva assistansverksamheten baserar sig eller skulle vilja basera sig på framförallt säkra temporärt tillräckligt långa prognoser. Enligt min åsikt borde vikten läggas på säkerhet på tidsperiodens bekostnad.

Då assistansen i Bottenviken pågått under två vintrars tid praktiskt taget utan avbrott har jag koncentrerat mig på detta svårast assisterade område. Av isbrytarrapporterna framgår, att den medelmåttiga assistanstiden under dessa två vintrar från Norra Kvarken till Uleå-Kemi-distriktet med en konvoj bestående av två fartyg varit cirka 24 timmar samt med ett fartyg i assistans cirka 19 timmar. Distansen är cirka 190 nautiska mil. Avståndet är ungefär detsamma som från Grundkallen till Norra Kvarken.

På grund av detta borde fartygschefen på en isbrytare *nödvändigt* få en säker väderleksprognos på 24 timmar räknat framåt från den tidpunkt han börjar eller ämnar börja assistansen från Norra Kvarken, där det finns skyddade områden för eventuell väntan. För att denna väntan i ogynnsamma väderleksförhållanden skulle bli så kort som möjligt vore det önskvärt att nya 24-timmarsprognoser kunde fås med 3—4 timmarsintervaller dygnet runt.

En stor betydelse har också väderleksrapporterna från de olika kuststationerna. På grund av dessa rapporter kan aktuella uppgifter beträffande sikt, isens rörelse o.s.v. fås. För att få bästa möjliga resultat av dessa rapporter borde kuststationerna placeras så, att omständigheterna för observationerna är desamma som på närmaste havsområde. Som exempel på dålig placering kan nämnas, att på Karlö görs observationerna inne på ön och inte t.ex. på Marudds lotsstation.

III ISPROGNOSER OCH ISSPANING.

Hur viktig än väderleken är för vintertrafiken har vi en annan lika viktig faktor och det är isläget med dess förändringar.

Som bekant sänder Sverige och Finland dagligen iskartor per telefax, vilka kartor huvudsakligen baserar sig på rapporter från isbrytare. Iskartan är alltså ett sammandrag av alla isbrytarnas rapporter i bildform. Denna karta kan redan samma dag i ogynnsamma, d.v.s. blåsiga, förhållanden vara föråldrad. Betydelsen av iskartan för isbrytare kan inte nonchaleras, men bättre resultat kunde nås genom att man förstörar skalan och skickar särskilda kartor över Östersjön, Bottenhavet och Bottenviken. Den sistnämnda möjligtvis i två delar. Det är ju bekant att den första isen på höstvintern bildar sig i de norra delarna av Bottenviken och sedan driver, beroende på vindarna, söderut ofta ända till Kvarken. Senare på vintern då hela Bottenviksområdet frusit igen, blandar sig denna gamla is med senare uppkommen ny is, fryser tillsammans och bildar svärgenomkomliga områden. På en iskarta med större skala kunde dessa områden bättre markeras ut.

I isprognoser eller med andra ord de förändringar som möjligtvis kommer att ske inom följande 24-timmar har vi ju egentligen inte alls borträknat de pilar vilka nu och då på iskartan markerar isens beräknade drivriktning. Kanske mera vikt i framtiden borde läggas i det att i samarbete med meteorologerna försöka arbeta ut en karta av isläget på förhand, det vill säga i praktiken: var har vi den isen i morgon som är här i dag?

För att snabbt få reda på de förändringar som sker i isläget utförs isspaning från luften med flygplan, satelliter samt med isbrytarnas egna helikoptrar. De snabbaste och bästa resultaten har hittills nåtts med en helikopter försedd med decca-navigator. Men i alla dessa metoder finns ändå den svagheten, att man inte kan få absolut noggranna uppgifter om isens art och grovlek. I satellitbilder kan man nog urskilja var det finns is eller öppet vatten, men inte hurudan isen är. Vid spaning från flygmaskin och helikopter är det ytterst svårt att bedöma läget rätt. Jag kan av erfarenhet säga, att man vid överflygning mycket lätt får en för optimistiskt bild av läget fastän spanaren har erfarenhet. Dessutom kan isen ofta vara mångdubbel utan att det till synes finns vallar eller förskjutna block. Då det hela normalt är täckt med snö är det ofta ytterst svårt att finna den lättast genomskinliga isen. Kunde man få utarbetat ett elektroniskt effektivt sätt att mäta isens grovlek t.ex. i form av en ekolodskurva eller dylikt, vore det säkert till stor nytta vid noggrann forskning av stora arealer och vid sökandet av en lättare, mindre riskfylld väg.

IV SAMMANDRAG.

Som ett kort sammandrag av ovannämnda kunde som viktigast utpekas följande:

- 1) Säkra 24-timmars väderleksprognoser med 3—4 timmars sändningsintervaller.
- 2) Mer detaljerade iskartor med prognosartade uppgifter om vad som kommer att ske inom 24 timmar.
- 3) Försöka utveckla en pålitlig och snabb metod för mätandet av istjockleken.

Översikt över SHMI:s erfarenheter beträffande isproblem och istjänst samt redovisning av relevanta undersökningar och arbeten utförda på SMHI under de senaste åren.

Byrådirektör BENGT THORSLUND, SMHI

Som framgår av inbjudan till den här konferensen så är en av målsättningarna för det svensk-finska samarbetet om vintersjöfartsforskning att genom bättre kartläggning av isen och bättre förståelse av samspelet mellan atmosfär och hav göra det möjligt att prognosera isen och dess rörelse. Det säger sig ju självt att kunde vi komma därhän att det vore möjligt att utarbeta någorlunda detaljerade kartor som utvisar isens utbredning och beskaffenhet vid olika tidpunkter de närmaste dygnen och mera översiktligt de närmaste veckorna så skulle vintersjöfart kunna bedrivas på ett betydligt rationellare sätt än i dag. Och vad det skulle betyda ekonomiskt behöver jag inte ta upp här.

Men hur långt står vi från det målet? Vi måste då först tänka på att enbart de två vägar, som skisserats i den målsättning jag nyss läste upp, alltså bättre iskartläggning, bättre förståelse av samspelet atmosfär—hav; enbart dessa två vägar, hur viktiga de än är, leder inte till målet. Isprognosen står och faller nämligen med väderprognosen. Bygger en isprognos på en väderprognos som utlovar en veckas lugnt och kallt väder och i stället kraftiga milda västvindar bryter in över Skandinavien från Atlanten så blir isprognosen fel om så kartläggningen av isen i utgångsläget är perfekt och förståelsen av samspelet atmosfär—hav 100 %-ig.

Men att förbättra väderprognosen kan knappast ingå i den nu startade vintersjöfartsforskningens målsättning. Det skulle kräva helt andra resurser än de, som nu föreslagits. Dessutom pågår en kontinuerlig, intensiv forskning på det här området vid meteorologiska institutioner runt om i världen. Jag vill i det sammanhanget nämna de långt avancerade planer som finns på en europeisk meteorologisk datacentral. Där är det meningen man skall koncentrera sig på prognoser på 5—10 dygn. Och bättre prognoser på den tidsskalan är ju av mycket stor betydelse för planeringen av isbrytarverksamheten.

Men redan i dag är prognoserna, om jag nu får tala i egen sak, ganska hyggliga, i varje fall när det gäller de första fem dygnen. För temperaturen ligger där träffprocenten på närmare 80, vilket skall jämföras med siffran 50 för en ren gissning. Den felprognos som jag tog upp nyss, mera som ett skräckexempel, inträffar dessbättre inte så ofta. Vanligare är att en god 5-dygnsprognos över temperaturer och vindar i alla fall leder till en mindre god isprognos. Och det beror på att kännedomen om havsisens utbredning och beskaffenhet i utgångsläget inte varit korrekt och kanske framförallt på att man inte tillräckligt känner till hur väntat väder, temperatur och vindar kommer att påverka isen, de speciella isar vi har i våra farvatten. Här finns alltså mycket att göra.

Och jag tänkte nu försöka ge en översikt över vad som blivit gjort hittills och börjar då med att gå ganska långt tillbaka i tiden.

FÖR HUNDRA ÅR SEDAN.

Redan vintern 1870/71, alltså för drygt 100 år sedan, började man med regelbundna isobservationer i Sverige. I blygsam skala visserligen men i alla fall av stort värde. Från och med den vintern insändes från samtliga lots- och fyrplatser till Lotsstyrelsen en gång om året en journal där sju frågor angående den gångna isvintern besvarades. T.ex.: När började isen lägga sig; när blev den gångbar; när blev det isfritt, maximal istjocklek under vintern, o.s.v.

När det gäller dagliga observationer eller i varje fall observationer några gånger i veckan så tycks sådana ha kommit igång fram mot slutet av 1800-talet från några få stationer, huvudsakligen belägna längs Västkusten.

Ett viktigt år är 1908. Då bemyndigade Kungl. Maj:t Lotsstyrelsen att inrätta en issignal-tjänst bestående av ca 60 isutkiksstationer varav 12 samtidigt issignalstationer. Sjöfarten fick alltså information om isförhållanden genom att vissa signaler hissades på 12 platser längs kusten.

Den 21 november 1921 kom radion in i bilden. Från och med detta datum utsändes dagliga radiotelegrafiska meddelanden rörande isförhållandena över Karlsborgs radiostation.

Hittills har jag uteslutande talat om isobservationer från svenska kuststationer. Men när började det viktiga utbytet av isinformation Östersjöländerna emellan? Ja här var Danmark först på plan. Redan 1895 inleddes ett blygsamt samarbete. En regelrätt överenskommelse mellan Sverige och Danmark i denna fråga undertecknades dock först 1908.

1920 började tyska radiostationer utsända radiotelegrafiska meddelanden rörande isförhållanden i viktigare tyska hamnar och farleder. Den 7 oktober 1921 träffades en överenskommelse med norska regeringen angående utväxling av israpporter mellan Sverige och Norge. Men först den 12 november 1924 grundlades det nu så viktiga samarbetet med Finland. Då gjorde nämligen Lotsstyrelsen till Kungen framställning »om sådan ytterligare utvidgning enligt vissa av styrelsen angivna riktlinjer av issignaltjänsten, att därigenom kännedom skulle kunna erhållas rörande is- och seglationsförhållandena jämväl i hamnar och farvatten vid kusterna av Finland m.fl. Östersjöländer».

Under loppet av 20-talet utvidgades alltså israpporteringen från kuststationer till att omfatta hela Östersjö- och Skagerack-Kattegatt-området. Men det fanns en stor svaghet i den dåtida organisationen: Avsaknaden av israpporter från öppna havet. Ett citat ur en skrivelse från några ämbetsverk: »Meddelande att isförhållandena i viss hamn och dess inlopp vore gynnsamma hade föga värde om vägen över havet till hamnen ifråga vore stängd. Ett sådant meddelande kunde till och med bli missvisande, om ett rederi av de gynnsamma israpporterna från kusten förleddes att till hamnen destinera fartyg vilka icke kunde komma fram på grund av isförhållandena till sjöss».

De här frågorna togs upp till diskussion vid en internationell konferens i Hamburg 1925. Där framhölls bl.a. önskvärdheten av att fartyg skulle föra s.k. isdagbok, som vid vintersäsongens slut skulle insändas till lämplig myndighet och ligga till grund för forskning. Men det här stötte på patrull i Sverige. Redareföreningen tyckte att »då isförhållandena under olika år och olika perioder under samma år vore högst olika, den verkliga nyttan av ett dylikt arbete föreföll vara mycket problematisk, helst som en befälhavare aldrig torde kunna navigera sitt fartyg under isförhållanden med ledning av statistiska sannolikhetskalkyler, samt att såväl statsverket som sjöfarten dessutom skulle åsamkas ökat arbete och merutgifter, vilka sannolikt icke kommer att motsvara de fördelar, som eventuellt stod att vinna». Det blev alltså inga obligatoriska isdagböcker på svenska handelsfartyg. Däremot gjorde man försök med att få isobservationer på telegrafisk väg i kodform från handelsfartyg då dessa passerade vissa bestämda områden i öppna sjön.

Men också det visade sig vara en svårframkomlig väg. Bara några få gånger inkom meddelanden av det här slaget och då avfattade på klart språk. I Finland utfärdades en förordning angående förande av isdagbok på finska handelsfartyg i februari 1927.

Men flyget då? Ja isflygspaning började på allvar komma i gång den svåra vintern 1929. Men det hade sina svårigheter. Jag citerar ett utlåtande i frågan från några ämbetsverk: »Det har visat sig att issituationen vid vissa tillfällen lätt kunde felbedömas, då det vid vindstilla vore omöjligt - åtminstone om luftfarkosterna ej vore försedda med flygbomber - att från desamma skilja mellan öppet vatten och fast, icke snöbelagd is. I varje fall kunde genom iakttagelser från luften för närvarande icke bedömas isens mäktighet». Och sedan tillägger man i den här skrivelsen, vilket bevisar att samarbetet med Finland kommit i gång, att »dessa erfarenheter hade enligt vad Havsforskningsinstitutet i Helsingfors upplyst, jämväl gjorts i Finland».

Jag har här uppehållit mig ganska länge vid 20-talet och det därför att de svårigheter man mötte då lever till stor del kvar än i dag. Kartläggningen av isen till havs är fortfarande ett stort problem. Det är fortfarande förenat med stora svårigheter att få in isobsar från fartyg - kodproblem, insamlingsproblem osv. Det är fortfarande mycket svårt att bedöma is från flygplan.

Under 20-talet var det Lotsstyrelsen som stod för israpporteringen i Sverige. Men på en del håll hade röster börjat höjas för att den här verksamheten borde överföras till Statens meteorologisk-hydrologiska anstalt (SMHA) som det nuvarande SMHI hette på den tiden. Redan i mars 1918 föreslog vintersjöfartskommitten för Norrland att issignaltjänsten närmare skulle anknytas till väderlekstjänsten.

Varför? Ja inte därför att SMHA skulle kunna skaffa fram bättre observationer från t.ex. öppna havet. Men det fanns andra tungt vägande skäl - framförallt givetvis isens stora beroende av meteorologiska och hydrologiska faktorer. Ett första steg mot en undersökning av detta beroende togs f.ö. 1927 då Kungen till SMHA:s förfogande ställt en summa av 1.475 kronor att användas för statsisbrytarens förseende med vissa hydrografiska instrument, avsedda för studier av isbildningen.

Efter det att en utredning tillsatts, föranledd av erfarenheterna från isblockaden 1929, så överflyttades issignaltjänsten i dess helhet till SMHA den 1 juli 1930. Samtidigt överlämnades samtliga isobservationer från gångna tider till SMHA.

ÖSTMANS ISALMANACKA OCH ANNAN ISSTATISTIK

Ett första resultat av den här överflyttningen blev den isalmanacka som sammanställdes av Dr C J Östman och som kom i tryck 1937. Titeln på denna »klassiker» är: »Isförhållandena vid Sveriges kuster under vintrarna 1870/71-1934/35». Sedermera har den följts av en motsvarande bearbetning för normalperioden 1931-60. Båda publikationerna utgör en statistisk bearbetning av de isobservationer som utförts vid svenska fyr- och lotsplatser. Det är alltså isförhållandena vid och strax utanför kusten, som här bearbetats, däremot inte förhållandena på öppna havet. Ett exempel ur publikationen avseende perioden 1931-60 ges i *bild 1*.

En bearbetning av isförhållandena till havs för motsvarande period, alltså 1931-60 visade sig omöjligt att genomföra. Tillräckligt bakgrundsmaterial finns inte för 30- och 40-talen.

Iskartor ritades visserligen, som t.ex. den här från 22 febr. 1945. Men den ger ytterligt sparsam information om förekomsten av is på öppna havet. *Bild 2*. Först fr.o.m. vintern 1951/52 är iskartorna av den kvaliteten att de kunnat läggas till grund för en statistisk bearbetning. 1967 utgavs en sammanställning i kartform avseende isens utbredning den 1 och 15 varje månad under vintern. Till grund låg 16-års-perioden 1951/52-1966/67.

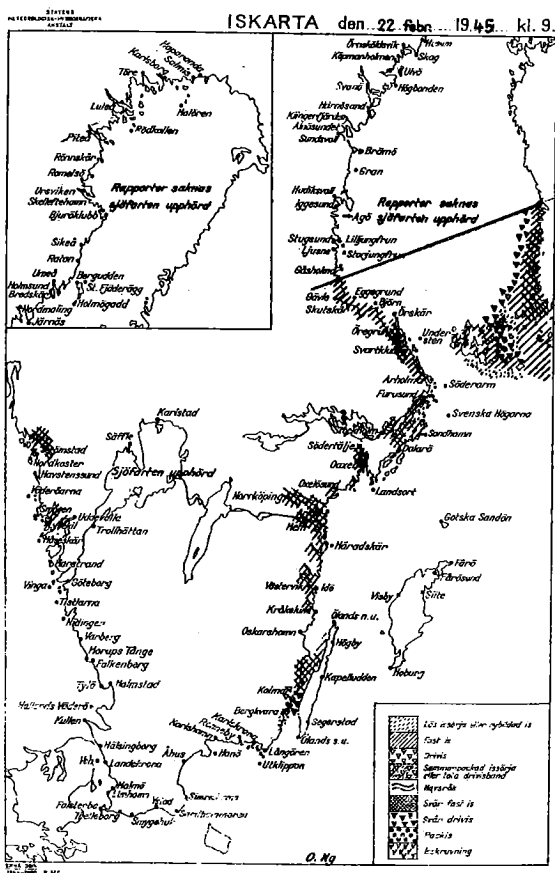


Bild 2.

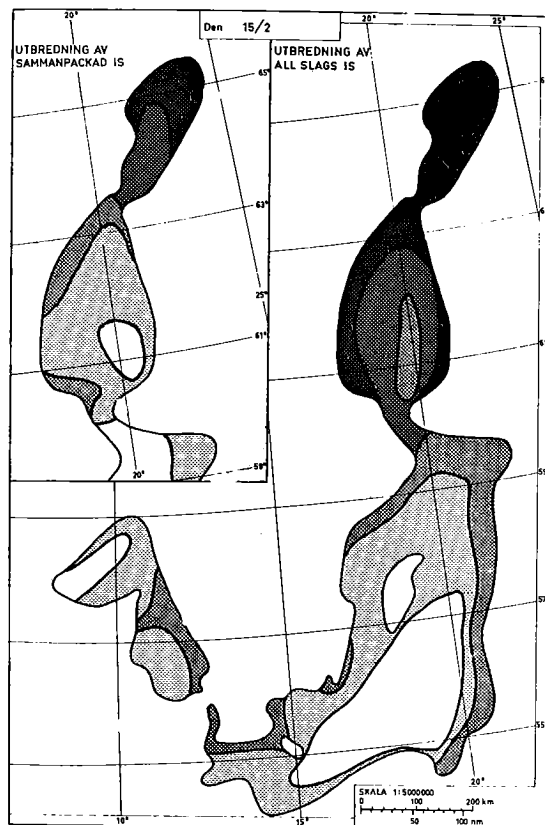


Bild 3.

Bild 3 är ett exempel avseende den 15 februari. Den något underliga konturlinjen är inte själva kustlinjen utan gränsen mellan skärgård och öppet hav. Nera i sydöstra Östersjön var det isfritt samtliga 16 år. Under de två svåraste av de 16 isvintrarna gick gränsen för isens största utbredning den 15/2 någonstans inom det lätt skuggade området. Under de två lättaste vintrarna gick den gränsen inom det svarta området. Normala vintrar gick gränsen någonstans på Bottenhavet, i allmänhet med öppet vatten midsjöss.

Men 16 år är egentligen en för kort period för en sådan här bearbetning. Kartorna bör tas med en nypa salt.

ISOBSERVATIONER

Låt oss nu från de statistiska sammanställningarna återgå till grundmaterialet och se till förhållandena 1972. På vad slags observationer bygger de kartor över det aktuella isläget som SMHI dagligen under vintern sänder ut per telefax (bl.a. till isbrytarna) och den sammanställning av isläget, som läses ut i samband med förmiddagens väderrapport?

Svaret är: på många olika slag av observationer. Att sammanställa en iskarta påminner om att lägga ett pussel med många svåra »bitar». Information i kodform, klartext eller bildform på olika kanaler skall sammanställas till en helhetsbild.

Från isutviksstationerna, för det första, inströmmar observationer i den s.k. Östersjö-koden. Den består av tre siffror, där den första avser typen av is, den andra issituationens

utveckling, den tredje seglationsförhållandena. Koden börjar vid det här laget bli aningen antik, den har hängt med i stort sett i samma form sedan 20-talet. Det var meningen den skulle ha omarbetats vid ett möte mellan de olika Östersjöstaternas isexperter i Gdynia förra året. Tyvärr kom mötet av olika orsaker aldrig till stånd. Koden får dock fortfarande sägas vara fullt funktionsduglig. Värre är den minskning av antalet observatörer, som pågått under senare år genom de ständiga indragningarna av lots- och fyrpersonal. På många håll har visserligen nya observatörer kunnat anskaffas men i allmänhet sådana som har betydligt mindre erfarenhet av is än lots- och fyrpersonalen och som framförallt bor på platser där sikten mot havet inte kan jämföras med den de tidigare observatörerna hade. Men i stort ger de här observationerna i alla fall täckning för isläget längs och strax utanför våra kuster.

Återstår iskartepusslets svåraste bitar — de till havs. Precis som på 20-talet är det i dag svårt att gå ut till handelsfartygen med en iskod och säga: Var nu hyggliga och använd er av den här och sänd ett meddelande dit eller dit så fort ni kommer in i is. Det är bara det att de flesta fartyg ganska sällan kommer in i is. När de efter månader på varmare latituder återkommer till isfarvatten är det lätt att instruktionen fallit i glömska. Vår erfarenhet är den att det överhuvudtaget är mycket svårt att få in observationer om dessa inte ingår i en daglig rutin. Och det gäller inte bara från fartyg utan också landstationer. Vi har därför i stället gått in för att »handplocka» vissa fartyg för isobservationer, fartyg som så gott som uteslutande trafikerar våra isfarvatten. Senaste vintern hade vi sålunda så gott som daglig telefonkontakt med ett 15-tal handelsfartyg. Till detta bör läggas den värdefulla isinformation vi erhåller från Finlandsbåtarna och Gotlandsbåtarna och under perioder då is förekommer även i de södra farvattnen även från ett flertal reguljära färjor på södra Östersjön, Öresund och Kattegatt.

Den mest fullständiga isinformationen får vi givetvis från isbrytarna. Tre gånger per dygn rapporterar dessa per teleprinter om isslag, istjocklek osv. och delger oss även den information som erhållits från assisterade handelsfartyg. På isbrytarna finns ibland en helikopter stationerad, vilket givetvis utökar isbrytarnas rapporteringsområde. Men tyvärr, ur israpporteringssynpunkt i varje fall, är antalet isbrytare för litet för att kunna täcka mer än en rätt liten om än viktig del av samtliga isfarvatten.

Fram till för ett par år sedan hade vi god hjälp vid iskartläggningen av det reguljära flyget på Norrland, SAS och Linjeflygs piloter noterade under flygningen på en enkel kartblankett iakttaga isförhållanden i olika områden längs routen. Då flygplanet landade i Luleå, Sundsvall och Bromma överlämnades kartan till flygväderlektjänsten på platsen, varifrån informationen i kodform sändes till SMHI. Men propellerflyget blev jetflyg; till glädje för resenärerna men till nackdel för oss. Tiden blev nu för knapp för att israpportering skulle medhinnas. Dessutom medförde högre flyghöjder att det ofta låg moln mellan planet och havsytan.

Så har vi informationen utifrån. Här är det framförallt Finland som lämnar värdefulla bidrag till iskartan. Vi får dagliga rapporter från finska isbrytare och kanske värdefullast av allt rapporter från speciella finska flygspaningar. Men även andra Östersjöländer bidrar, dels erhåller vi sammanställningar av isobservationer i Östersjöleden från deras kuststationer, dels per teleprinter dessa länders syn på isläget till havs.

En rysk sammanställning, tyvärr på ryska — vilket ibland kan vara litet knepigt — tar vi emot på telegrafi. De atmosfäriska förhållandena gör dock att denna sammanställning vissa dagar kan utebli.

Så har vi då satelliterna. På vädersidan har väl här sagts en del överord — satelliterna leder

till korrekta prognoser och liknande överdrifter. På issidan har vi närmast svårt att finna ord för att uttrycka vår uppskattning.

I ett enda fotografi ligger ispusslet färdigt, i grova drag i alla fall. Vilken annan metodik skulle ha kunnat beskriva detaljerna i råkarna, längs svenska kusten, i Finska viken. Men tyvärr är det inte varje dag satellitinformation är av den här kvaliteten. Det måste vara klart eller nästan klart väder och det är ju inte precis regel i Norden vintertid. Och så har vi vintermörkret. Det är egentligen först fram emot 1 mars som det blivit så pass ljust att satellitbilderna blir av värde. Den här är från 9 mars 1971. Vidare bör tilläggas att satellitbilden givetvis inte kan ge någon information om slaget av is, istjocklek o.d.

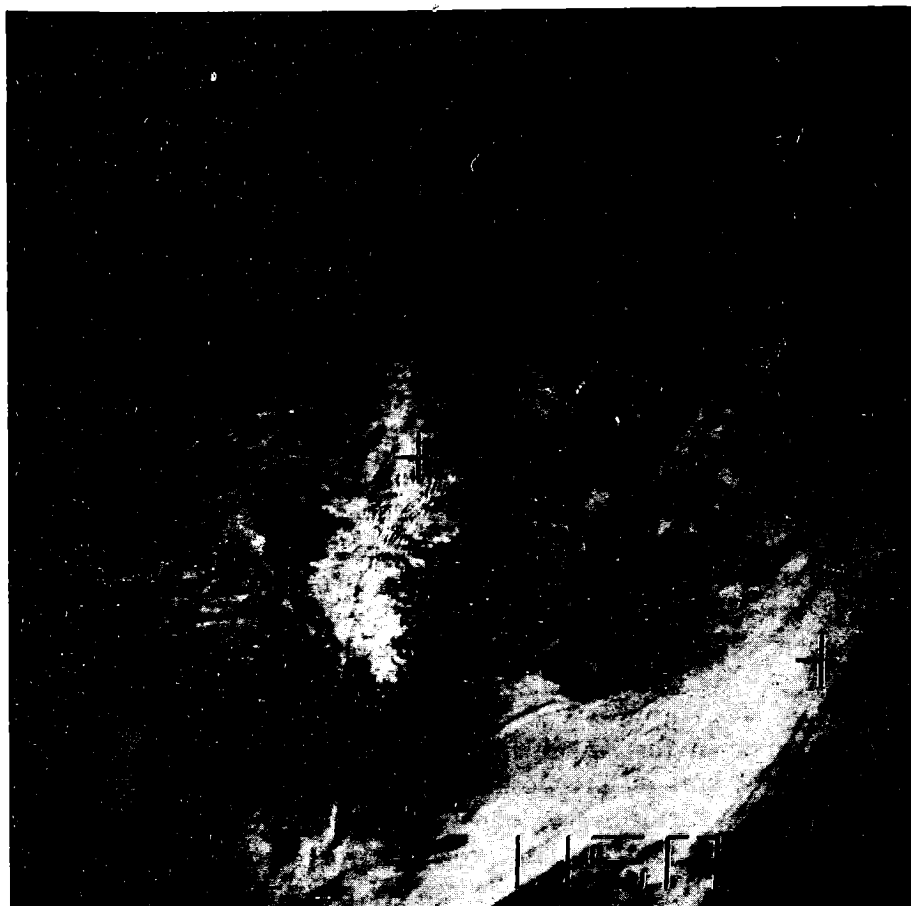


Bild 4.

DAGLIG ISKARTA OCH ISBERÄTTELSE

All den här informationen från kuststationer, fartyg, helikoptrar, satelliter osv. sammanställs alltså dagligen vid SMHI:s istjänst till en iskarta. Innan den slutgiltigt utformas diskuteras isläget ingående per telefon med isbrytarledningen.

Detta om kartläggningen av isen. Innan jag går över till isprognosen några ord om delgivningen av den insamlade informationen till sjöfarten. Den huvudsakliga kanalen för detta är som bekant radions program 1 där en israpport utläses kl 13.05. Utformningen av israpporten har ofta diskuterats internt mellan SMHI och isbrytarledningen. Rapporten in-

nehåller ju dels en översikt om isläget, dels i kodform uppgifter om issituationen i olika hamnar och farleder. Det är huvudsakligen den senare delens, kodelsens alltså, vara eller inte vara som kan diskuteras. Den gör ju om inte annat rapporten väldigt lång, 10–12 minuter under högvintern. Det är möjligt att den kunde ersättas, ungefär som i Finland, med mera översiktliga beskrivningar av förhållandena distrikt för distrikt, men då bortfaller givetvis detaljinformationen för varje särskild hamn.

Förutom via radions program 1 utsänds israpporten på engelska över kustradiostationer och som tidigare nämnts i kartform per telefax. Men det finns tyvärr inte många telefax-mottagare. De flesta isbrytare har telefax, likaså isbrytarledningen, men handelsfartyg och rederier endast i ganska liten utsträckning.

Isberättelser och iskarter distribueras också till olika prenumeranter per post. Men den informationen hinner tyvärr bli minst en dag gammal innan den når adressaten.

Men TV? Vore inte det det bästa sättet för distribution av isinformation. Det kan tyckas så — TV finns ju ombord på nästan alla fartyg. Underhandlingar har också förts med Sveriges Radio om att få lägga in en iskarta under någon minut varje dag t.ex. som ett avbrott i testbilden. Men det har inte lyckats. Man anser att det är alltför få tittare, som kan tänkas ha intresse av en sådan karta. Däremot har TV-meteorologerna på eget initiativ varje fredag under vintern brukat visa upp en mycket schematisk iskarta. Vi har utgått ifrån att de flesta TV-tittare i alla fall vill ha någon hum om hur mycket is som finns på haven runt Sverige.

ISPROGNOSER

Så var det då isprognoserna. Det var en svår isvinter 1955/56. Ett trettiotal fartyg frös inne i Norrlandshamnar. Diskussioner upptogs mellan Sjöfartsstyrelsen och SMHI om inte prognoser på längre sikt, än som dittills 48 timmar, skulle kunna utfärdas. Resultatet blev att på SMHI inrättades en veckoprognosavdelning. Denna skulle på uppdrag av sjöfartsstyrelsen två gånger i veckan sammanställa temperatur- och vindprognoser för de närmaste fem dygnen och en mycket allmän temperaturprognos för de därpå följande fem dygnen.

Den prognosverksamheten fortgår alltjämt och metodiken har utvecklats under årens lopp. På SMHI:s dator körs nu prognoskartor t.o.m. det 5:e dygnet, alltså 120 timmar från utgångsläget. Dessa kartor bygger, när det gäller 3:e, 4:e och 5:e dygnet, på en s.k. barotrop modell vilket gör att endast prognoskartor över strömningen på 500 mb, motsvarande ungefär 5000 m:s nivå, erhålles. Det gäller alltså för meteorologerna att »tolka» strömningen på 5000 meter till temperatur och vindar i markskiktet. Även här får meteorologerna hjälp av datorn. Ur ett klimatologiskt material, omfattande de senaste 20 åren, där höjdströmmen korrelerats till temperatur och vind i markskiktet, skriver datorn ut de mest sannolika temperaturer och vindar som kan väntas under de närmaste fem dygnen med utgångspunkt från de beräknade prognoskartorna. Ett exempel på en sådan tolkning ges i *bild 5*.

Men nu kommer det svåra steget, det från väderprognos till isprognos. Vad skall de väntade vind- och temperaturförhållandena leda till för isförhållanden? Var kan isläggningen väntas, eller om is redan finns vad kommer att hända med den isen?

Dr Östman berörde de här problemen i en skrift 1939: »Om sambandet mellan isläggningen vid svenska ostkusten och meteorologiska faktorer». Men den metodik som har använts under senare år för att från temperaturprognosen komma över till därav följande

PROGNOSUNDERLAG VHV UTGANGSDATUM(DYGN 0) 24 9 1972 KL 00Z DEL 2

TOLKNING AV SVENSKA PROGNOSKARTOR

TYPEN	OMRADE 1	OMRADE 2	OMRADE 3	HO	A=NUM	500MB	ANALYS
NA	11 G 75 G	11 E 75 G	11 B 70 G	3	F=NUM	500MB	PROGLOS
NP 24 T	23 J 00 A	12 F 80 B	12 C 80 E	2	S=NUM	1000MB	PROG(SVENSK)
NP 48 T	33 F 45 D	21 E 70 C	11 C 70 F	3	P=NUM	500MB	PROGLOS+PEAS.
NP 72 T	21 D 70 D	21 C 70 F	21 A 60 F	3			
NP 96 T	21 D 70 G	21 C 70 G	21 B 70 G	3			
NP 120 T	21 F 65 G	21 E 70 G	21 D 70 G	3			
TEMPERATUR	0 12345 A FFFFF	12345 PPPPP	0 1 S S	01 SS	23 PP	45 PP	1-5 PPPPP
RIKSGRÄNSEN	4 55124	55333	+03 +04	5+03	4+02	3+01	4+02
JÖKKOKK	3 65123	66333	+06 +06	6+06	5+04	3+02	4+04
HAPARANDA	2 55113	55322	+07 +07	5+07	4+05	2+03	3+05
STURLJEN	2 43112	33222	+03 +04	3+04	3+03	2+02	2+03
HÄRNÖSAND	2 42112	53222	+10 +10	6+10	3+07	2+06	3+07
FALUN	3 43113	44222	+08 +08	4+08	3+07	2+06	3+07
STOCKHOLM	1 11111	22111	+09 +09	3+09	2+07	1+05	2+07
GÖTEBORG	1 21112	11111	+08 +10	1+09	1+08	1+08	1+08
MALMÖ	1 11112	11111	+08 +10	1+09	1+09	1+09	1+09
HOLMÖGADD	1 32112	43222	+08 +09	4+08	3+07	2+06	3+07
LANDSÖRT	1 11111	21111	+09 +10	2+09	1+08	1+08	1+08
UTKLIPPAN	1 11111	21111	+09 +11	2+10	1+09	1+09	1+09
VINGÅ	1 11111	11111	+09 +11	1+10	1+09	1+09	1+09
NEDERBÖRD	0 12345 A FFFFF		0 1 S S	01 SS	23 FF	45 FF	1-5 SFFFF
RIKSGRÄNSEN	2 12123		NN 02	2 02	1 02	3 09	2 15
HAPARANDA	2 32111		01 00	1 01	1 01	1 00	1 01
STENSELE	2 33211		00 NN	1 NN	3 03	1 00	2 03
STURLJEN	3 12333		03 01	2 04	3 08	3 12	3 22
HÄRNÖSAND	3 22222		NN 01	2 02	2 01	2 01	2 03
KARLSTAD	1 22211		00 00	1 00	2 01	1 00	1 01
STOCKHOLM	2 22222		00 NN	1 NN	2 01	2 01	2 02
GÖTEBORG	1 11211		NN NN	1 01	1 01	1 00	1 01
VISBY	3 23332		01 02	2 03	3 06	3 03	3 11
MALMÖ	2 22321		00 00	1 00	3 03	1 NN	2 04
VIND	0 1 2 3 4 5 A F F F F F		0 1 S S	01 SS	23 FF	45 FF	1-5 SFFFF
HOLMÖGADD	N 0 V N N V	N N	N	NV	NV	N	N
LÖRUDJEN	N 0 NV N N NV	N N	N	N	N	N	N
LANDSÖRT	N N N N NV NV	N N	N	N	N	N	N
UTKLIPPAN	N N N NV NV NV	N N	N	N	NV	NV	NV
FALSTERBO	N N N N X	N N	N	N	N	N	N
VINGÅ	N NO N NO NO X	N N	N	N	N	N	N

Bild 5. Femdygns datorprognos från den 25 september 1972. Längst t h temperaturer, därunder nederbörd och längst ner vindar för hela femdygnsperioden. Temperaturen är angiven dels i hela grader, dels i en 8-gradig klimatologisk skala där 1 är mycket under normal temperatur, 8 mycket över. Motsvarande information finns även för delperioder. 45 betyder t ex 5-dygnsperiodens 2 sista dagar (dygn 4 och 5).

sannolikhet för isläggning i olika farvatten är en metod utarbetad av Dr Rodhe vid SMHI. Det skulle här ta för lång tid att gå in på metoden i detalj. Mycket grovt skulle man kunna säga att den bygger på följande:

Isen lägger sig, det vet vi ju alla, då vattentemperaturen sjunkit till omkring 0 grader. Vattentemperaturen följer lufttemperaturen men med kraftig eftersläpning. Denna eftersläpning är betydligt större på öppna havet än i kustnära grunda farvatten. Med utgångspunkt från Newtons lag för ett avkylningsförlopp har Rodhe beräknat en formel, som från luftmedeltemperaturen dygn för dygn ger temperaturserier, han kallar dem för τ -serier, med olika tröghet, olika eftersläpning i förhållande till lufttemperaturen. Dessa τ -serier avspeglar i stort sett havstemperaturen i olika områden. De med liten eftersläpning den kustnära havstemperaturen, de med stor, temperaturen till sjöss. Hans metod går alltså ut på att från lufttemperaturens förlopp bestämma havstemperaturen. När $\tau = 0$ bör teoretiskt vattnet frysa. Genom att behandla ett historiskt material (37 vintrar) har Rodhe på empirisk väg kommit fram till vilka τ -serier som är representativa för olika hamnar, olika farleder och olika havsområden, i det skede då isläggningen äger rum. Hamnen i Luleå t.ex. fryser i allmänhet till då τ -serien med eftersläpningskoefficienten 10 dygn sjunkit till 0, utanför Rödkallen bildas is först då τ -serien med eftersläpningskoefficienten 50 dygn blivit 0.

Genom att på detta vis »koppla» lufttemperaturen till isläggningen har man fått fram en prognosmetod. Aktuella τ -värden räknas framåt 5 och 10 dygn med hjälp av de prognoserade luftmedeltemperaturerna och ur det historiska materialet erhålles så var isläggning kan väntas under den kommande 5- och 10-dygnsperioden. Sedan kan det vara värdefullt att i vissa lägen på klimatologisk väg förlänga beräkningen av τ -värdena ytterligare någon 10-dygnsperiod för att få svar på frågan var isläggning kan väntas om den 10-dygnsperioden skulle bli mycket kall, respektive mycket varm. Det ger en grov uppfattning om inom vilka gränser isutveckling kommer att hålla sig de närmaste veckorna.

Nu har den här metoden givetvis sina begränsningar. Den tar inte hänsyn till vindförhållandena; den är huvudsakligen användbar för isläggningsprognoser. De för sjöfarten största hindren isvallar till havs är ju betingade av vind och ström. Här har vi än så länge fått nöja oss med empiriska metoder. — Vi har gjort upp en sorts liggare med enkla kartskisser över isläget, i stort sett vecka för vecka, och mellanliggande väder. Teoretiskt vore det tänkbart att använda denna liggare för att söka analoga fall. Men för det behövs ett betydligt större material. Vår erfarenhet på vädersidan är ju den att det är mycket svårt att finna två analoga väderutvecklingar. Skall sedan dessutom isläget stämma överens minskar möjligheterna ytterligare. Och här står vi inför en av huvuduppgifterna för den nu startade forskningen: Studiet av sambandet vind och ström å ena sidan — is å den andra.

Innan jag slutar skulle jag helt kort vilja beröra några andra problem som studerats vid SMHI:s under senare år.

KLASS PÅ VINTRAR

Ett problem som dyker upp med jämna mellanrum är hur olika isvintrar skall klassificeras. Vad menas med svår, normal och lätt isvinter? Skall gränserna mellan de tre typerna väljas så att det i det långa loppet inträffar lika många lätta, normala som svåra isvintrar. Eller skall man från början fastställa gränserna, t.ex. att under en svår isvinter skall is finnas åtminstone ner till Gotska Sandön och sedan får statistiken utvisa hur ofta de olika typerna av isvinter förekommer. I Finland har man sedan gammalt följt den senare linjen och det mått man använder sig av är ytan av isen i Östersjöområdet då den har sin största utbredning under vintern. På SMHI har vi bl.a. försökt använda oss av vinterns lägsta värde i den

τ -serie som är representativ för gränsområdet mellan skärgård och öppet hav. Det vädret kan grovt förenklat sägas vara den lägsta temperatur havet skulle få under vintern om vattnet skulle ha den, tyvärr icke realistiska, egenskapen att det inte fryser. Fördelen med att bygga på den indelningsgrunden är att man kan göra en mera regional indelning, t.ex. de norra farvattnen för sig, den södra för sig. Ta 1963; då var det mycket is i södra Östersjön men egentligen ganska lindriga förhållanden på Bottenviken. En annan fördel är att eftersom man utgår från lufttemperaturen man har möjlighet att gå ganska långt tillbaka i tiden.

Vi har alltså inte kommit fram till något enhetligt klassificeringssystem för Östersjöområdet men det är möjligt det kan vara en fördel att parallellt ha flera system. Det här kan tyckas vara ett problem av mindre betydelse men det har visat sig under senare år vara av stor vikt i samband med den långsiktiga planeringen, t.ex. dimensioneringen av isbrytarflottan.

ISNOMENKLATUR

Benämningen av olika isslag, isnomenklaturen alltså, är också något som har arbetats med ganska mycket under senare år. En speciell arbetsgrupp inom den meteorologiska världsorganisationens (WMO) kommission för marin meteorologi har gett ut en internationell isnomenklatur. Dr Palosuo från Finland är bl.a. medlem i den gruppen. Denna internationella isnomenklatur har vi, bl. a. vid ett möte i Helsingfors Östersjöstaterna emellan, sökt anpassa till Östersjöförhållanden.

Det är ju t.ex. inte alltid benämningar som gäller i Arktis går att använda i Östersjön, Vissa speciella tillägg har måst göras avseende Östersjöområdet. Det har också gällt att översätta de engelska benämningarna till de nationella språken. Drift-ice och pack-ice var förutsynonymer. Numera heter det bara pack-ice. Till och med ett litet flak som driver ensamt på havet är pack-ice. Där anser vi oss inte kunna följa med på svenska utan har behållit benämningen drivis. Packis ger ju på svenska snarast ett intryck av besvärlig hoppackad arktisk is. Detta bara ett litet exempel på de svårigheter vi stött på.

NEDISNING

Ett allvarligt isproblem i Östersjön är nedisningen. Många haverier under senare år kan skrivas på dess konto. Det är ett svårt problem också. Nedisningen beror ju inte bara på meteorologiska och oceanografiska parametrar utan också på fartygets kurs i förhållande till vinden, fart, storlek osv. Varningar utsänds i samband med väderrapporterna i radio då vattentemperaturen är låg, vinden väntas uppnå 6B och temperaturen understiga -2° .

Till grund för gränserna ligger dels tyska tabeller, dels egna undersökningar under senare år med hjälp av speciella observationer från några fartyg tillhörande Cementa.

Det är, som jag hoppas framgått av den här översikten, många problem istjänsten har att brottas med. Tyvärr har avdelningens resurser hittills varit mycket blygsamma. Den rena rutinen har tagit så gott som all tid och den tid som blivit över för forskning har varit mycket begränsad.

Överhuvudtaget tycks ju havsisforskningen ha legat mycket lågt i Sverige. Den isforskning, som förekommit har huvudsakligen gällt floder, sjöar och glaciärer. Utanför kustlinjen har man sällan begett sig. Och vid vetenskapliga institutioner, som normalt sysslar med havsproblem verkar det som intresset skulle ta slut då vattnet övergår från flytande till fast form. Varför är svårt att säga. Kanske är det problemets svårighetsgrad, kanske dess obe-

MERENTUTKIMUSLAITOS
HAVSFORSKNINGSINSTITUTET
INSTITUTE OF MARINE RESEARCH

N:o

19

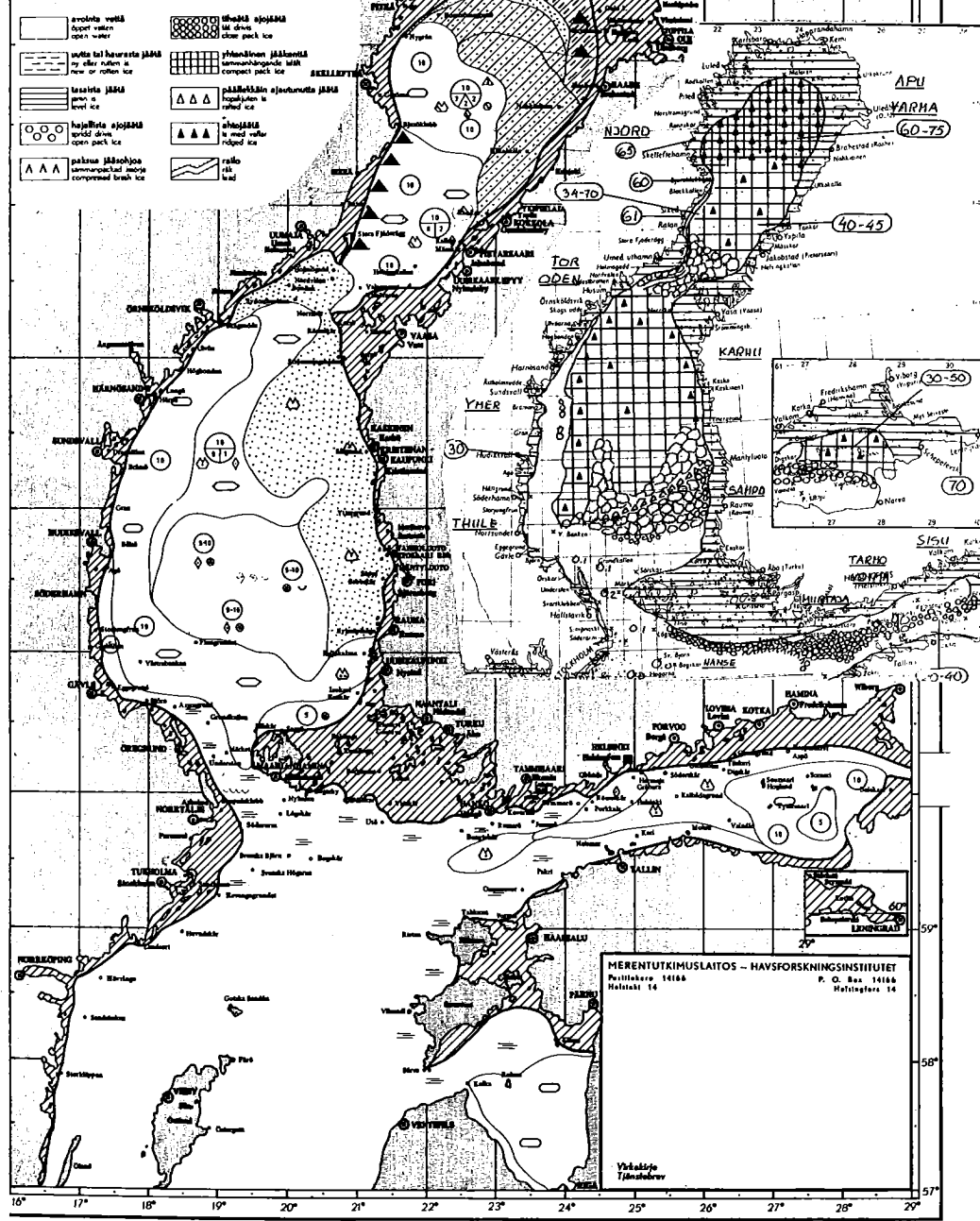


Bild 6. WMO har sökt komma fram till enhetliga internationella symboler att användas på iskartor. Man har rekommenderat det system som används i Ryssland. I Sverige och Finland har vi alltid gått in för att kartan i så stor utsträckning som möjligt skall vara självförklarande. Helst bör den som betraktar kartan omedelbart kunna se issvårigheterna. Här ett exempel på en rysk och en svensk karta. Den ryska innehåller mer information men är betydligt besvärligare att tolka. Det behövs en lång förklarande lista på alla tecken. Men onekligen är det av stort värde att komma fram till internationella symboler, inte minst för fartyg som tar emot iskartor på telefax från flera olika länder.

kvämhetsgrad (is är ju inte särskilt trevligt att handskas med). Men det lönar föga att spekulera i det förgångna. Framtiden verkar betydligt ljusare. Det är med största tillfredsställelse vi noterar de möjligheter att komma vidare som öppnas i och med det planerade svensk-finska samarbetet om vintersjöforskningen.

Debatt

HANS EDSTRAND: — Jag har inte mycket med meteorologi att göra, men jag tycker speciellt det senaste föredraget var intressant. Jag skulle vilja ställa ett par frågor i anslutning till detta. Om SMHI och hr Thorslund förlåter mig, så skulle jag vilja säga att edra statistiska metoder och som de var beskrivna här var en aning föråldrade eller verkade litet grönköpingsaktiga. Jag skulle vilja provocera er och kanske låta er beskriva dem litet. Den andra frågan: Vad har man för samarbete med t.ex. kanadensare på detta område och andra människor som har besvär att komma fram i isen. Jag föreställer mig att Manhattan-projektet t.ex. föregicks av rätt omfattande undersökningar på det här området. Även ur militär synpunkt har väl stater som Kanada saker på gång? Danmark har kanske inte så mycket även om de har Grönland.

BENGT THORSLUND: — Först frågan om vårt litet grönköpingsmässiga statistik. Det beror väl närmast på att allt det material som man haft att bearbeta varit ganska dåligt. Om jag uppfattar det rätt, gäller det väl bearbetningen av isinformation; den speciella isinformationen. Metodiken är ju till för att koppla ihop det vi prognostiskt får fram alltså lufttemperaturen till vad som skall hända med vattnet och där vet man ju ganska litet. Hela den här forskningen har kommit till för att man skall överbrygga detta gap mellan väder och is och man har hittills fått gå fram på rätt så primitiva vägar för att överhuvud taget få ut någonting. Vi har trots allt gjort vissa framsteg på vädersidan, men vi har svårt att riktigt veta vad det kommer att medföra på issidan, t.ex. vad en väderprognos skall ge för isläge. Det ligger ett oerhört statistiskt material bakom, som har bearbetats, långa temperaturserier och sedan all tillgänglig isinformation från havet. Det har visat sig att de har varit rätt användbara. Men nu hoppas vi att kunna komma fram till mera förfinade metoder. Och vad beträffar den andra statistiken så är det en insamling, en bearbetning av ett material som varit mycket bristfälligt, speciellt från öppna havet, där man haft bara enkla iskarter att tillgå för att försöka få fram vissa medelvärden. Nu är det inte meningen att de här kartorna på något sätt skall användas till navigering och sådant utan bara i största allmänhet för att få en uppfattning om isläget.

Vad beträffar samarbetet med Kanada så har vi haft kanadensiska isexperter här vid ett par tillfällen och diskuterat gemensamma problem, men nu är ju isarna i Kanada inte helt jämförbara med dem vi har här. De är ju mer av polariskaraktär. Men ett visst samarbete finns och vi följer naturligtvis upp i litteraturen vad som kommer från det område

ERKKI PALOSUO: — Jag får när det frågades om samarbete med Kanada så hälsa från kapten Creem, som är den högste operative chefen, alltså under kanadensiska Coast Guard. Alla isbrytarna tillhör Coast Guard. Dr Thorslund nämnde att isen ser helt annorlunda ut. Jag var i somras i tillfälle att tillbringa min sommarferie i Kanada tillsammans med finska tankfartyget Palva och fick då konstatera — vi visste det på förhand — att isbrytarflottan i Kanada är mycket blygsam, så blygsam att när isbrytaren Labrador, som kom och assisterade oss, så skrev våra fräcka reportrar i tidningarna att det såg ut som en sardinlåda. Våra isbrytarkaptener har

inte så mycket att lära i Kanada; det var min uppfattning. Det gäller då mer att isen är tjock. Den bryter sig och driver ut med strömmen. Det gäller mera — i alla fall i kanadensiska arktis — att söka upp råkar och inte att bryta isen. Om man sedan måste bryta isen, så har kapten Creem en egendomlig åsikt, att man måste bryta med stor fart, minst 10 knop, helst 13 knop, så att rännan blir bred. Jag undrar då, hur kan man i två meters tjock is bryta med 13 knops fart? Men det var hans åsikt och han ändrade inte den. Kanadensarna har faktiskt två stora isbrytare och flera mindre, men sedan finns det ingen möjlighet att t.ex. bogsera båtar. Jag vet inte riktigt hur det är med de nya isbrytarna, jag är ingen fackman. Men sedan kunde inte helikoptern använda Decca. Det fanns inte något Decca nät. Man kunde använda sådant i St. Lawrence-området, men kapten Creem hade inte fått prova detta. Så i själva isbrytningen tror jag att vi nuförtiden inte har någonting att lära — men i framtiden. Jag tror att dir. Landtman vet bättre. Jag fick den uppfattningen att de flesta i Kanada är av den åsikten att de inte har råd att bygga en ledning från oljekällorna i Arktis ner till Kanada, utan det blir först en oljeledning från Baffin Bay eller Resolute Bay ner till en strand och därifrån får oljan föras vidare med hjälp av stora isbrytare och tankfartyg. Så jag kan säga att Kanada är ett framtidsland. Däremot har isforskningen fått starta med en enorm omfattning. Där finns gott om pengar, gott om folk — djärvt folk. Vi har redan blivit mycket efter Kanada. Man måste komma ihåg att USA också sysslar med stora projekt norr om Alaska nuförtiden. Så om vi vill veta mera om isforskning, måste vi hela tiden passa på vad som händer i Amerika!

ALF NYBERG: — Först om den grönköpingsmässiga statistiken, som vi bedriver på SMHI: Egentligen, den som läst Grönköpings Veckoblad vet ju att de är ganska fiffiga där i Grönköping. Och jag skulle vilja säga att den statistik, som dr Rohde använt också är ganska fiffig och som Thorslund framhöll har den givit ganska gott resultat. Vi kommer nog att fortsätta med den tills vi fått något som är bättre. Sen skulle jag till kapten Artela vilja säga, att våra prognoser har en viss kvalitet, som avtar med tiden. Man kan rita upp det så här — det är mycket enkelt



Generaldirektör Nyberg demonstrerar prognosers tidskvalitet.

och jag är övertygad om att alla finner det i och för sig självklart, men jag tror ändå att det kan vara angeläget att ta upp det. Om vi har tiden här och prognoskvaliteten här, så börjar vi vid tidpunkten 0, då får vi praktiskt taget 100-procentig prognos. Vi säger nämligen att det är likadant som det har varit. Det ändrar sig i allmänhet inte hastigt. Men ju längre bort vi går här, så faller kvaliteten av på det här sättet. Då är det alltså frågan om att vi skall förbättra dessa prognoser och vi försöker naturligtvis att få kurvan att gå mera långsamt ner här osv. Det är alltså den strävan vi har. Huruvida dessa prognoser sedan kan användas; det är ju inte vår sak att bedöma, utan det är ju den som använder den här prognosen. I vissa fall är det ett så stort arbete med att använda prognoserna att man måste skära av dem här. För andra är kanske vinsten så stor att man kan gå längre bort. Det är saker som vi inte kan bedöma utan det är utnyttjaren av våra prognoser som får säga hur han vill ha det. Vår strävan är hela tiden att höja den kurvan så mycket som möjligt, men vi tror knappast det är möjligt att väsentligt förändra förloppet. Det kommer alla gånger att falla av häremot och vi kan inte säga att vi kommer att ge perfekta prognoser. Det är en dröm som vi inte har, i varje fall inte i vaket tillstånd. Utan vi räknar med att vi skall förbättra dem och sedan är frågan den: Vilken användning kan utnyttjarna ha av den kvalitet som vi kan presentera?

HELGE JÄÄSALO: — Om jag har uppfattat rätt, här kan man lita på den? Kan vi inte få en ny prognos om ett par-tre timmar? Så man kan lita på den lika mycket som här. Sedan får man en ny prognos. Det är så vi vill ha det.

ALF NYBERG: — Det är alldeles självklart att vi kan lämna sådana prognoser som kapten Artela föreslog, var tredje timme. I princip är det ingen svårighet. Det är bara en fråga om vilken personal som man måste sätta in. Vi får i själva verket material till ny meteorologisk information var tredje timme, och på grundval av det kan vi naturligtvis utfärda en ny prognos. Det är en sak som i princip inte erbjuder några svårigheter, utan det är mera en personal- och kostnadsfråga. Något större tekniskt problem finns inte.

STEN HJORTZBERG: — Jag sade att vi använder oss helt inofficiellt av Luleå och Sundsvalls flygplatser och väderlekstjänsten där. Och där kan vi få rapporter mer kontinuerligt. Där sitter en vakthavande meteorolog, som måste följa upp väderläget. Han har ju flygplan som startar och landar och måste hela tiden hålla det kontinuerligt. Vi vill inte besvara dem för mycket, men när vi är i en sådan situation så försöker vi att fråga dem, för att därigenom få underlag för att bedöma isläget. Annars ringer vi till isbrytarledningen, som i sin tur har kontakt med SMHI där vi på så vis försöker få prognoser, som är mer giltiga än dem vi fått per radio.

ALF NYBERG: — På den centrala väderlekstjänsten i Stockholm och Helsingfors finns det kartor — jag tror man har det i Helsingfors också — sju av de åtta tretimmarsperioderna. Då får vi in material. Vi analyserar kartor och alla uppgifter är tillgängliga. Vi har det naturligtvis på samma sätt som de militära väderlekstjänsterna ute i landsorten har. Vi kan alltså lämna sådana uppgifter när det gäller vädret. Jag trodde att det här gällde en isprognos, att man ville ha en uppgift om isens förändring, som skulle lämnas var tredje timme. I det fallet blir det naturligtvis ett extraarbete, som blir ganska betydande. Vi har f.n. ismeteorologer, eller tjänstemän på isavdelningen, som fungerar en viss del av dygnet, men det skulle man naturligtvis kunna utsträcka. Jag törs inte utan att ha studerat saken yttra mig om vad det skulle kosta, men det måste bli en betydande insats om man skulle köra med en sådan prognostjänst dygnet runt. När det gäller det meteorologiska så är det väl inga större problem.

Erfarenheter från finsk isforskning under 20 år samt planer för de närmaste åren.

Fil.dr. ERKKI PALOSUO, finska havsforskningsinstitutet

Då havsforskningsinstitutet grundades år 1918 och isavdelningen kom att utgöra en av dess avdelningar, fastställde man i stadgarna även, att dess främsta mål skulle vara att hjälpa vintertrafiken. Sålunda har de problem, vilka varit aktuella för isbrytarverksamheten även rönt forskarnas intresse. Isavdelningens verksamhet, samt dess forskningsobjekt bör därför studeras ur historisk synvinkel.

I FÖRUTSÄGELSE AV VATTNETS AVKYLNING SAMT ISBILDNING

Då våra starkaste isbrytare hade överlämnats till Sovjetunionen i samband med krigsövertagningen, var vår isbrytarflotta liten till antalet och dess maskineffekt svag. "Sisu" var på den tiden Bottniska vikens flaggskepp, och i bruk rätt länge, samt lämpade sig i övrigt väl för dåtida grunda hamnar såsom Toppila.

Sjötrafiken till de nordliga hamnarna kunde sålunda upprätthållas ungefär till julen, vid vilken tidpunkt den yttersta isgränsen låg vid Karlö. Men så snart isranden nådde Merikallat, och i synnerhet om den sträckte sig längre ut, blev det aktuellt att stänga de nordliga hamnarna. I själva verket innebar det sistnämnda att Bottenhavets mitt börjat frysa igen, och inom några dagar täcktes hela området — inklusive Kvarken — av tunn, i det närmaste sammanhängande is.

Det är alltså ej att undra över, att man började fästa allt större uppmärksamhet vid vattnets avkylning i akt och mening att kunna förutspå åtminstone de centrala delarnas tillfrysning.

Såsom utgångsläge behövdes vattnets temperaturvärden. Problemet underlättades märkbart av det faktum, att vattnets temperaturer i de olika skikten utjämnas på hösten, och vattnets temperatur är konstant till närmare 60 meters djup. För praktiska ändamål räckte det med andra ord att man mätte ytvattnets temperatur.

Fyrskuppen stod för de viktigaste uppgifterna, men på 1950- och 1960-talen blev de ersatta av kassunfyrar. Därefter satte man sin lit till de handelsfartygs hjälp, vilka gick i regelbunden linjetrafik. Av dessa gjorde i synnerhet passagerarfartygen regelbundna iakttagelser på bestämda platser. Själva mätningen utfördes så, att ett ämbar med vatten lyftes upp på båtens däck, och en kvicksilvertermometer nedsänktes däri. Mätningssnoggrannheten varierade mellan 0,2—0,5 grader.

Då passagerarfartygen omvandlades till höga och snabba bilfärjor kunde man ej längre tillämpa ovannämnda mätningssätt. Därför experimenterade man nu med en mätare, vilken påminner om en stor ljuspistol, och som baserar sig på mätning av infraröd strålning. Genom att från kommandobryggan rikta mätaren nedåt räknade man med att den direkt skulle ge ytvattnets temperatur. Provtyperna fungerade dock icke klanderfritt, varvid vi blev tvungna att vänta på utvecklingen av dessa.

Lyckligtvis gav en mätare — större och dyrare än den föregående — och som baserade sig på mätning av infraröd strålning från flygplan det nedanför liggande ytvattnets temperatur med tillräcklig, dvs ca 0,2 graders noggrannhet. Vi har sålunda under de senaste fem åren flugit en gång i veckan från Helsingfors via Ålands hav och Kvarken

till Uleåborg, och därifrån tillbaka längs den svenska kusten. Vi har med relativt stor noggrannhet behärskat ytvattnets temperaturer och kartor härom har utdelats två gånger i veckan.

Då vattnets temperatur, och värmereservens därav uträknade storlek, samt luftens temperatur, vinden och övriga väderleksfaktorer var kända, kunde man genom att bruka allmänna formler beräkna storleken hos den luftström som övergår genom ytan till luften. Vi har tillsvidare till vårt förfogande endast tio dagars väderleksprognoser, varvid våra prognoskartor begränsas till dylika etapper.

En faktor av märkbar betydelse för vattnets värmereserv, är den relativt varma och salta strömningen söderifrån från Östersjön. För att utreda denna faktor har vi under flera höstar rest ut med forskningsfartyget Aranda och mätt enbart dessa strömmar vilka rör sig nära botten.

II UNDERSÖKNING AV ISENS BESKAFFENHET

A *Mätning av isens tjocklek*

När ett visst område täckts av is, utgör isens växande tjocklek det följande studieobjektet. Regelbundet, under flera års tid har isens tjocklek observerats på olika punkter längs kusten, såsom vid lots- och fyrstationer. Tjockleken mäts minst en gång i veckan genom att borra ett hål i isen, och däri nedsänka en speciell krokförsedd mätningssicka. Man har även mätt snömängden på isen. Snö och vatten som stigit upp på isen bildar sk snöis eller stöpis, och för att kunna skilja snöisens andel från hela isens tjocklek, har man på hösten, då isen ännu är snöfri, däri fryst fast en mätsticka vars nollpunkt befunnit sig vid isens övre yta. Då denna nollpunkt under vinterns lopp hamnar i isen kan man direkt avläsa snöisens tjocklek. Detta är viktigt vid bestämmandet av isens hållfasthet.

Man har även på jämna ställen ute till havs utfört mätningar från isbrytare och helikopter. Man håller nu på att utveckla en sk mikrovågmätare, vilken mäter vågrät strålning som är ca 2–5 cm, och längre än ljudvågorna. Strålningen härstammar från jordskorpan och absorberas mera av tjock is än av tunn is. En dylik mätare som installerats i en flygmaskin visar direkt isens tunna och tjocka ställen. För att exakt kunna bestämma isens tjocklek, bör man därtill känna till bl a isens temperatur och salthalt.

B *Isens inre struktur*

Då ett istäcke bildas, uppstår på vattenytan först separata bladlika kristaller, vilka därefter börjar växa nedåt. Mellan dessa långa vertikala piggars innehållande ren is, avskiljes havsvattnets salt, vilket i flytande form delvis diffunderas nedåt och delvis inkapslas i isen. Saltet förblir hela tiden i flytande form, trots att salthalt i lösningen kan öka med minskad temperatur. Med tiden fräter sig saltlösningen genom isen och den "väderbitna" vårisen är relativt saltlös. Isens salthalt mätes genom att ta provbitar från isen och smälta dem.

Bestämmandet av iskristallernas storlek kräver förtunning av isen och användandet av polariserade glas. Dessa båda faktorer är även viktiga vid bestämmandet av isens hållfasthet.

C *Mätningar av isens hållfasthet*

Isens hållfasthetsvärden blev aktuella främst i samband med byggandet av isbrytare.

I synnerhet vid bestämmandet av förens form av en isbrytare eller av ett handelsfartyg var att notera, att om man försökte bryta isen snabbt, fordrade detta stor kraft. Om man däremot böjde isen långsamt så att en glidning mellan kristallytorna ägdes rum åtgick till detta onödig energi. Det gällde alltså att försöka finna en mellanform, där förens lutning beroende på fartygets standardfart ernådde den bästa brytningshastigheten och brytningsförmågan.

Hållfasthetsmätningarna företogs ute på fältet sålunda, att långa balkar sågades loss från isen och böjdes av, under det att mätare registrerade alla inträffade förändringar. Mätningar har utförts längs våra sydkuster, där isens salthalt är relativt stor. Nästa vinter återupptas mätningarna i närheten av Uleåborg, där vattnet är i det närmaste saltlöst, och isens hållfasthet störst.

III ISFÄLTETS DEFORMATION

A *Isarnas rörelse*

På grund av att de nya isbrytarna blivit starkare än tidigare kunde de bryta t o m en meter tjock is, vilket hos oss i praktiken innebär den övre gränsen för is bildad av vatten. Sålunda var isens tjocklek på jämna ställen ej längre ett hinder. Hinder uppstod på grund av andra faktorer, av vilka isens rörelse var en.

Isens rörelse förorsakades i det närmaste av vindar och havsströmmar. I händelse av enskilda drivande flak, kunde man tillgodogöra sig erfarenheter från Norra Ishavet. Men ur vintersjöfartens synvinkel var det viktigare att få reda på sammanpressningen av ett tätt isfält och följderna därav.

På samarbetsbasis tog Sverige till sin uppgift att iakttaga isens rörelse. För ungefär ett år sedan placerades i mellersta Bottenhavet, på toppen av en hög strandklippa, en känslig radar vars synfält fotograferades med ca 3 minuters mellanrum. Utgående från dessa på varandra följande bilder klarlades sedan rörelsen, sammanpressningen och upplösningen av dessa ur isfältet tydligt urskiljbara flak. Detta har varit ägnat att ge goda förklaringar på kustföreteelserna, men radarns bärvidd når ej långt utanför kusten.

B *Bildandet av packisvallar*

En direkt följd av isens rörelse var bildandet av packisvallar. Redan helt tunn is kan sammanskjutas till långa tunglika flikar (finger rafting). I tjockare is spjälkades isen däremot till flak vilka sköts under varandra. Genom att följa detta händelseförlopp t ex från däckets av en isbrytare, kunde man ofta iakttaga hur även ett stort flak steg lodrätt upp, men efter ca 10 minuter hade det försvunnit under isfältet. Man har ej kunnat inleda undersökningar av isvallarnas djup tidigare än för tre år sedan, då de första dykningarna med grodutröstning företogs utanför Gamla Karleby. Därefter upprepades dykningarna och förra vintern dök man under närmare 15 vallar.

Redan de första dykningarna påvisade att packisvallens undervattensdel är betydligt vidare och djupare än vad som antagits. Ute på havet visade sig medeldjupet vara 6–8 meter, men 12–14 meter djupa formationer var mycket vanliga. De allra största vallarna upptäcktes i närheten av kusten, emot vilken hela havets isfält pressas med väldig kraft. Av de ställen som undersökts befanns 28 meter vara det största djupet. Den ovanom vattenytan befintliga ryggen var hos alla dessa endast en sjättedel eller en åttondedel av motsvarande undervattensdel. Dock beaktade vi härvid ej de iskummel vilka staplats till tornlika högar på skären.

Vad som skiljde Bottenvikens isvallar från t ex motsvarande formationer i Norra Ishavet var, att flaken förblev i stort sett separata hela vintern. Räknat från vattenytan sammanfrös endast ca en meter av den översta delen till ett enhetligt skikt. På ishavet utgör nästan hela vallbildningen en enda klump.

I våra undersökningar fäste vi oss bl a även vid vallarnas förekomstplatser. Ett noggrannt kartläggande av kustens jämna fasta is under upprepade vintrar visade sig vara viktigt för planeringen av farleder.

C *Isens pressning*

Det var svårt att beräkna isens sammanpressande krafter, vilka stundtals befanns mycket starka i isfältet. Exempel på denna styrkas storleksgrad utgör skadade fartyg, samt att Tainio kassunfyr blev flyttad i byggnadsskedet. Då Kemi fyr blir färdig kommer man att försöka utföra egentliga mätningar. Dess under vattenytan befintliga del omfattar en stålcylinder, vars nedre del har nedsänkts i berget på 16 meters djup. Genom att placera ett känsligt uttänjningsmotstånd (strain gauge) på ytan av denna cylinder torde man genom cylinderns elastiska böjning kunna registrera och mäta isens stötar.

Trots att även mätningar utförda på en punkt ger värdefulla resultat, utgör bestämmandet av hela isfältets sammanpressning nyckeln till problemet om isens pressning. Enligt amerikansk förebild har man även hos oss planerat att placera ut flertalet drivande radiobojar på isflak på olika ställen i havet, samt att företa ständiga mätningar på dessa platser. Utgående från bojarnas rörelser kan man beräkna isfältets inbördes rörelse. Isfältets beskaffenhet undersöks oavbrutet. Här använder vi även bilder från den amerikanska ERTS-forsknings-satelliten, av vilka vi kommer att få nästa vår-vinter.

Debatt

FRED BURMEISTER: — När det gäller att skapa en effektivare vintersjöfart måste man söka efter förbättrade och nya metoder för isprognosering och isrekognosering och det är ju syftet med denna konferens. Dessutom bör man förbättra fartygens egenskaper för gång i is. Det mest rationella sättet är att utföra modellförsök och på detta arbetar Wärtsilä sedan tre år tillbaka för fullt. Å andra sidan måste man kontrollera modellförsökens giltighet genom noggrant utförda fullskaleprov där alla faktorer som inverkar på motståndet såsom istjocklek, friktion, isens flytkraft samt isens böjhållfasthet och elasticitet uppmäts. För att få fram en möjligast exakt standardmätmetod av isens böjhållfasthet och elasticitet utfördes en serie fullskalebalkprov i mars -71 och -72. Försöken bekostades av finska staten och

utfördes gemensamt av dr Palosuo, lic Enkvist och övriga medlemmar av Wärtsiläs isbrytarforskningsgrupp. 1972 deltog även Uleåborgs universitet.

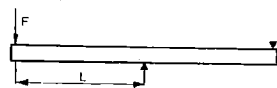
Med fullskalebalk menas en balk, vars tjocklek är lika med istäckets tjocklek. Både fritt upphängda balkar och konsolbalkar undersöktes. Konsolbalkarna valdes som standardtyp på grund av att de lätt kan åstadkommas genom att såga en U-formad ränna i isen, se *fig 1*. Istjockleken var 0,40 m och hade en sammansättning enligt *fig 2*. Kraftappliceringen skedde med hjälp av ett bensinmotordrivet hydraulaggregat som drev en hydraulcylinder fästad i en portal, se *fig 3*. Portalen kunde lätt förankras i isen med en speciell låsanordning. Kraften och balkändans nedböjning registrerades elektriskt på skrivare, se *fig 4*. Vid analysen av mätresultaten beaktades *deplacementskraften* som uppstår när balkändan pressas neråt i vattnet. På grund av tyngden av snö, mätpersonal och mätutrustning flöt istäcket djupare än normalt. När balkarna sågades ut strävade den fria ändan uppåt så att balkarna fick en negativ förspänning. Detta beaktades även.

Balklängdens inverkan undersöktes genom en serie balkar med 0,8 m bredd och längden varierande mellan 2–6 m, se *fig 5*. Böjhållfastheten är oberoende av balklängden medan elasticitetsmodulen kraftigt sjunker vid minskande balklängd. De fritt understödda balkarna ger dubbelt högre hållfasthetsvärden vilket skulle tyda på att konsolbalkarna har en ganska stor spänningskoncentration vid roten. Å andra sidan har specialförsök med olika rotformer antytt att det inte skulle finnas någon spänningskoncentration. Den låga elasticitetsmodulen för de fritt upphängda balkarna beror på att understödspunkterna har gett efter.

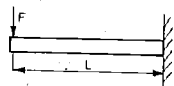
Balkbreddens inverkan undersöktes genom en serie balkar med längden 4 m och bredden varierande mellan 0,2 – 2 m, se *fig 6*. De svarta punkterna anger konsolbalkar och krysspunkterna fritt upphängda balkar från år –72. Vi ser att böjhållfastheten sjunker med ökande bredd. Hållfasthetsvärdena för de fritt upphängda balkarna överensstämmer nu av någon anledning med värdena för konsolbalkarna. Den allmänna tendensen för elasticitetsmodulen är att den minskar när balkbredden ökar. Exceptionellt höga värden erhöles för smala balkar år –72. Elasticitetsmodulen för fritt upphängda balkar år –72 var ännu betydligt lägre än för konsolbalkarna trots att nedpressningen av understödspunkterna beaktades.

Belastningshastighetens inverkan undersöktes, se *fig 7*. Härvid beaktades masskrafter och vattenmotståndskrafter. Böjhållfastheten och elasticitetsmodulen är i stort sett oberoende av belastningshastigheten. Man har tidigare misstänkt, att isbrytningsmotståndets kraftiga hastighetsberoende delvis skulle bero på att isens hållfasthet skulle öka med belastningshastigheten men så är alltså inte fallet.

Sammanfattningsvis kan man konstatera att balkdimensionernas inverkan är stor samt att belastningshastigheten inte inverkar på slutresultaten. Specialförsök måste ännu företas för att utröna skillnaderna mellan fritt upphängda balkar och konsolbalkar samt vilka balkdimensioner som ger istäckets verkliga böjhållfasthet och elasticitetsmodul. Ingenting hindrar emellertid att man redan nu fastslår en standardbalk, lämpligen med kvadratisk tvärsnitt och längden = 10 x istjockleken. I fortsättningen borde man undersöka isens hållfastegenskaper som funktion av temperaturen och solstrålningen, åldern och tjockleken, geografiska läget (norra Bottenviken, södra Bottenviken, Finska viken) och isens struktur



FRITT UPPHÄNGD BALK



KONSOLBALK

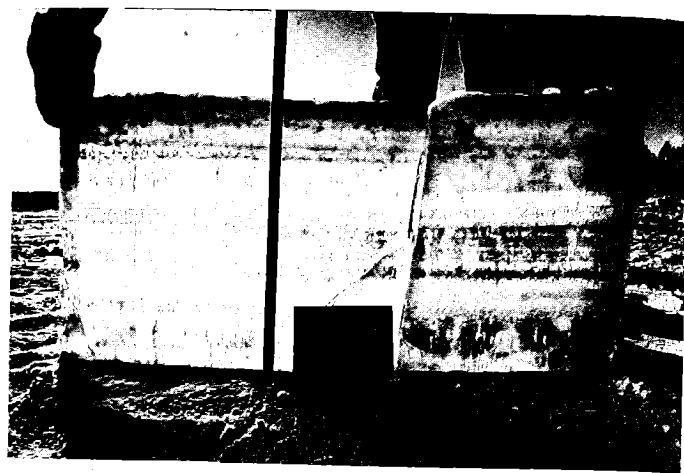
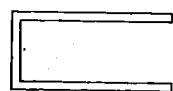


Fig. 2.

Fig. 1.

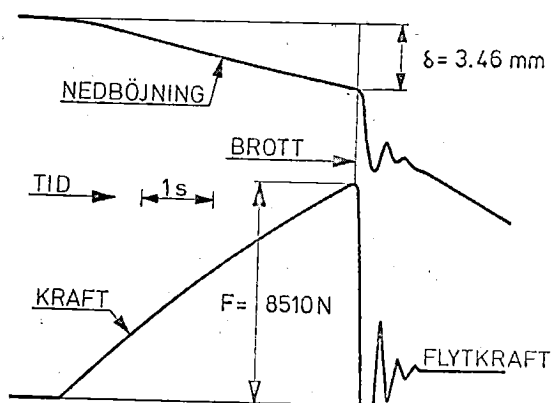


Fig. 4.

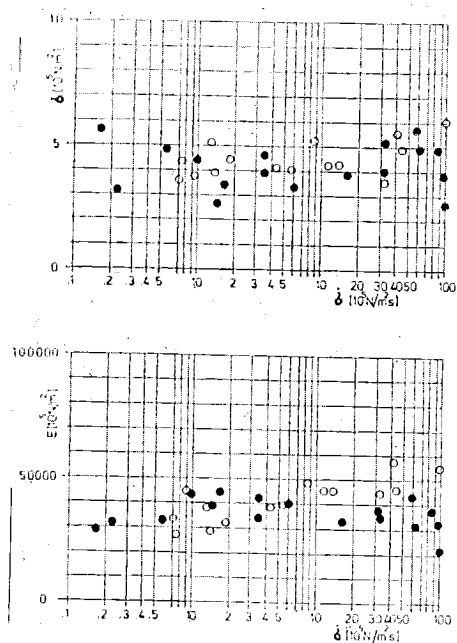


Fig. 7.

Fig. 8.



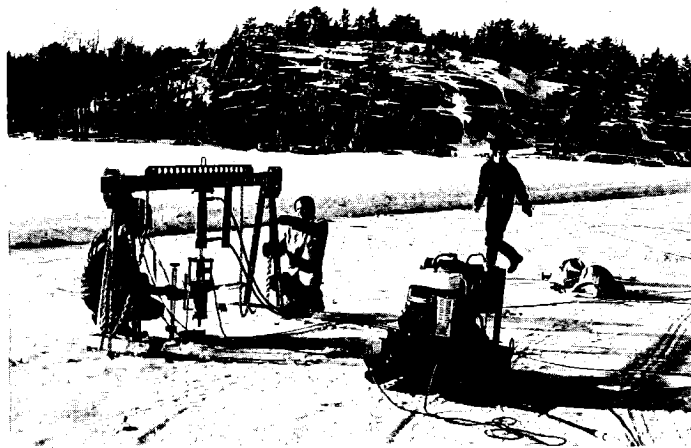


Fig. 3.

ISTJOCKLEK 0.4 M
BALKBREDD 0.8 M

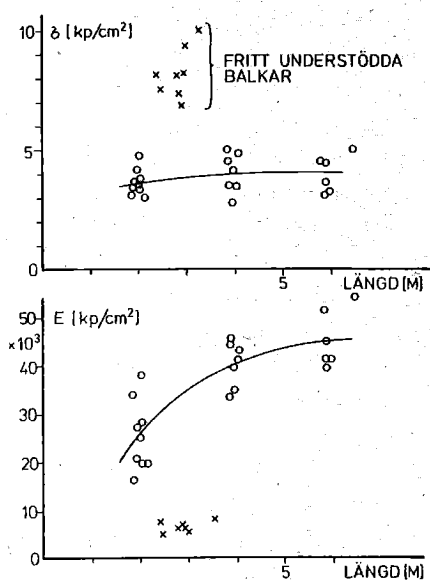


Fig. 5.

ISTJOCKLEK 0.4 M
KONSOLBALKLÄNGD 4 M

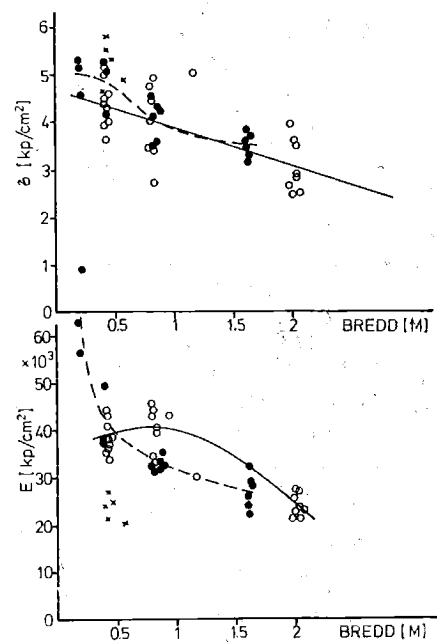


Fig. 6.



Fig. 9.

(tex snöisen som utgör istäckets översta skikt och har lägre hållfasthet än kärnisen borde avsevärt påverka resultaten beroende på dess andel av istäckets totaltjocklek). Resultaten från sådana här försök skulle inte enbart gagna vintersjöfarten utan tex ett så gammalt men ännu aktuellt problem som beräkandet av isens bärkraft skulle kunna lösas med betydligt större säkerhet än nu.

Till slut kan det nämnas att på basis av den erfarenhet som vanns vid ovan relaterade isförsök fick Wärtsilä i uppdrag att utföra ishållfasthetsproven under en kanadensisk-tysk expedition som företogs till Pond Inlet i nordöstra Canada i maj -72. Istjockleken var 2 m varför man fick nöja sig med mindre provbitar tagna på olika djup, se *fig 8 och 9*. Expeditionens ändamål var att undersöka isförhållandena med tanke på framtida arktisk vintersjöfart.

CHRISTIAN LANDTMAN: — Som nämnts finns det ett otal parametrar. De här försöken ligger ca 100 år för sent på alla håll. Det är genant att år 1972 behöva säga att man vet så litet. Det var helt enkelt nödvändigt att börja med fundamental forskning på exakt samma sätt som gjorts. Som Burmeister sade har vi först nu fått reda på grundbetingelserna. Det är ett oändligt forskningsfält. Därför måste man börja med grundforskning och gå vidare på den vägen.

ERKKI PALOSUO: — Som Fred Burmeister nämnde tillhör studierna av isens hållfasthet närmast bräckvattnets is. Otaliga forskningar har i andra länder redan gjorts, men de gäller närmast oceanis, dvs då vattnets salthalt är ungefär 30 promille. Programmet i Finland innehåller å ena sidan kartläggning av aktuella värden av isens hållfasthet längs den finska kusten och å andra sidan grundforskning. Nu i höst börjar man mäta isens hållfasthet uppe vid Uleåborg eller i Kemi-trakten, där vattnet är nästan färskt. Därefter flyttar man sig längre söderut, så långt att man kommer till norra Östersjön, där vattnets salthalt är ungefär 7 promille. Av mätningarna, utförda i Finska Viken, finns det redan en del färdiga resultat. Med grundforskning menar jag både helt teoretiska studier och försök med olika isbalkar. Dessa studier har gjorts av professor Ilmari Sala i Uleåborgs universitet och dr Ernst Enqvist på Wärtsilävarvet. Nu står professor Mauri Määttänen i Uleåborgs universitet närmast i spetsen för denna forskningsgrupp.

STIG HAGGÅRD: — Den här frågan om belastningshastighet tycker jag är ganska intressant. Om man skall översätta det här i verkligheten så har jag en känsla av att både när det gäller isbrytare som iskonstruktioner så kommer belastningshastigheten att gå kolossalt snabbt; det blir nästan fråga om stötverkan. Ifråga om belastningshastigheten så undrar jag därför, om man direkt kan översätta här erhållna resultat på de förhållanden som gäller vid isbrytning eller en iskonstruktion?

Fjärranalysmetoder och oceanografiska mätningar i anslutning till istjänst.

Föredrag utarbetat av ULF KARSTRÖM och i hans frånvaro presenterat av ULF EHLIN, båda SMHI

I FJÄRRANALYSMETODER

Bland de metoder som går under samlingsnamnet fjärranalys (eng. Remote Sensing) finns åtskilliga som kan vara eller bli värdefulla verktyg i händerna på dem som sysslar med havsis när de ställs inför frågor som t.ex. om

- när betingelser för isbildning föreligger
- var finns is
- hur tjock den är, vilken struktur den har samt var den är upptornad och hur mycket
- hur den rör sig

Intressantast av alla fjärranalysmetoder är de som baseras på *mikrovågor*, ty de är ganska *ljus- och väderoberoende* (ljus och klart väder är ju mindre vanligt förekommande när isinformation önskas som mest):

- radar (fartygs-, flygplans- eller landbaserad)
- scatterometer (lämpligen flygplansbaserad)
- mikrovågsradiometer — » —

Vanlig runtafsökande radar måste ha mycket hög antennplacering (100-tals meter) för att täcka några nämnvärda områden. Fartygsradar ger begränsad (om någon) information om isförhållanden utanför 1 à 2 nm. För att förlänga räckvidden vid plotting av isdrift kan man lämpligen placera ut reflektorer på isen. Därigenom kan en högt placerad landbaserad radar i förmånliga fall nå 25–35 nm.

Sidttittande radar (eng. SLAR — sidelooking radar) är ett flygburet redskap som f n ej finns i Sverige, och som är särskilt väl lämpat för att kartlägga topografi hos överflugen terräng. Därför passar den för kartläggning av isområden med olika ytstruktur, t.ex. för avgränsning av packisområden. Den kan också skilja öppet vatten från is (dock inte alltid från tunn nyis). Den geometriska upplösningen kan göras mycket god om man tillgriper en avancerad form av signalbehandling - syntetisk apertur - då kan upplösningen vara i storleksordningen 10 m om man flyger en 6-meters-antenn på 1000 m höjd. Utsignalen från en SLAR är pulsad och dess antennlob är riktad tvärs flygriktningen. Det är inte fråga om någon scanning. Utsignalen intensitetsmodulerar elektronstrålen hos ett katodstrålerör och med filmregistrering av katodstråleröret får man direkt en bild av överflugen terräng. Ju senare ett eko återvänder desto längre ut mot kanten av filmen registreras det, och ju starkare det är desto mer svårare att se det filmen.

En flygburen *scatterometer* mäter hur reflektionsförmågan hos underliggande terräng varierar med infallsvinkeln. Därigenom samlas omfattande information om terrängens *ytstruktur*. Loben är smal tvärs och bred längs flygriktningen. Dopplereffekten utnyttjas för att fastställa ursprunget hos ekots olika komponenter. En scatterometer är ett relativt enkelt instrument, men den är inte bildalstrande. Datamängden är stor och datareduktionen en komplicerad process.

Radarmätning av istjocklek har hittills i stort sett misslyckats när det gäller havsis. Svårigheterna beror på vätskeinhållet hos sådan is och de accentueras givetvis

så fort smältvatten förekommer. Med s.k. »monocycle radar» (som sänder endast en bärvågsperiod per puls) har försök däremot varit relativt lyckade mot sötvattensisar, speciellt mot mäktiga sådana.

Bland mikrovågsutrustningar bör slutligen nämnas *mikrovågsradiometrar* som är passiva (dvs. som inte sänder ut någon energi utan blott registrerar objektets spontant emitterande strålning) till skillnad mot ovan nämnda aktiva utrustningar. En mikrovågsradiometer är för närvarande en relativt dyr, tung och volymkrävande utrustning, speciellt om den skall vara direkt bildalstrande och alltså måste »scanna». Vad den mäter är objektets s.k. »apparenta temperatur» (dvs den temperatur en Planck-strålare — med emissiviteten = 1 — skulle ha för att ge motsvarande strålning). Tyvärr är såväl den geometriska upplösningen som temperaturupplösningen relativt dålig (i förmånliga fall kan man från 100 m höjd få något bättre än 50 m markupplösning; typiska värden för upplösning av apparent temperatur är för närvarande 2°K; optimister siktar dock för framtiden mot bråkdelar av grader).

Den apparenta strålningstemperaturen är inte ett temperaturmått utan ett strålningsmått. Den beror på ett komplext sätt av

- våglängd och polarisationsplan hos detekterad strålning
- objektets temperatur, ytråhet och dielektriska egenskaper
- radiometerns »bestrykningsvinkel».

Mikrovågsradiometrins potentiella tillämpningar inom istjänst kan indelas i tre grupper:

- 1) att *kartlägga is-/vattengränser* är enkelt eftersom skillnaden i apparent temperatur mellan is och vatten kan vara hela 60–100°K. Märk dock den begränsade geometriska upplösningen. Tillämpas redan bl.a. för isbergskartering kring Nordamerika.
- 2) att *kartlägga ytråheten hos is (skrovlighet och upptorningar)* och vatten (*sjögång*), att *fastställa temperatur* hos is-, snö- och vattenytor samt att *skilja snötäckt is från bar is* - allt med sådana noggrannheter att mätningarna blir verkligt meningsfulla - fordrar ytterligare forskning och utvecklingsarbete, men lovande resultat föreligger redan.
- 3) att fastställa *tjocklek, ålder och saltbalt* för istäcken inom vissa gränser samt att mäta upp *vertikal temperaturgradient i vattnets ytskikt* kan av olika fysikaliska orsaker möjligen gå, men försök har ännu inte gjorts eller offentliggjorts.

IR-radiometrar är inte alls allvädersverktyg i samma utsträckning som mikrovågsradiometrar, ty de är visserligen ljusoberoende, men relativt beroende av optisk sikt. Å andra sidan är de helt överlägsna i fråga om geometrisk och termometrisk upplösning (typiska värden är 1 mrad resp. 0,2°C). Den apparenta temperaturen är i detta fall ett mycket gott mått på objektets yttemperatur när objektet är is, snö eller vatten eftersom dessa substanser praktiskt taget är Planck-strålare för IR-våglängder. Ytråhet utgör ingen störning men kan därför inte heller mätas. Den mätta yttemperaturen hänför sig till ett synnerligen tunnt ytskikt - blott bråkdelar av en millimeter tjockt. IR-radiometrar kan endera ha fast optik eller vara scannande. I det senare fallet kan de med enkla medel göras direkt bildalstrande. Fig. 1.



Fig. 1. Värmebild tagen med FOA:s utrustning (TEKLA) över Karlshamnsvärket, den 30.10 1969, kl. 13.09. Flyghöjd: 1 250 m. Utsläpp: 11 m³/s, 18°C. Vind: W 15 m/s.

Som framgår av det ovan sagda inskränker sig IR-radiometerns potentiella tillämpning för iskartläggning till de fall när isens ytemperaturfördelning kan användas till att dra vidare slutsatser om isen. (Exempel på i vissa fall möjliga tillämpningar: *identifiering av sprickor* samt *grov kartläggning av tjockleksfördelningen hos tunn is*.)

För kartering av vattnets ytemperatur är flygburen IR-radiometer å andra sidan ett självklart och etablerat verktyg såväl i Sverige som i Finland. Fig 2—5.

Med IR-scannern kan man vidare se is/vattengränser även om natten. Detta utnyttjas t.ex. i vissa vädersatelliter som komplement eller alternativ till mer konventionella TV-kameror. Bland fjärranalysmetoder bör här för fullständighets skull, och även om den fordrar sikt och dagsljus, nämnas *konventionell flygfotografering* (kartering av is/vatten gränser och gränser mellan olika istyper). Med *successiv fotografering* kan vidare is-drift kartläggas om referenspunkter finns. Om kvalificerade resurser anslås för utvärderingsarbete kan *stereofotografier* utnyttjas för synnerligen noggrann uppmätning av is-upptorningens topografi. (Exempel $\pm$ 0,5 m i bild täckande 5 x 5 km, förutsatt att inte nysnö förtar stereoeffekten.)

Lidar är besläktat med radar, men arbetar med pulsat synligt ljus (laser) istället för mikrovågor. En fast monterad lidar på en flygande plattform utgör en utmärkt precisionshöjdmätare och därmed ett gott verktyg för topografi-kartering av isupptorningar. Optisk sikt är givetvis en absolut förutsättning.

Med en hårddragning kanske man fortfarande kan tala om fjärranalys om man *från en fartygsbrygga mäter istjockleken* på kantställda isflak, vilket är enkelt med kikare eller kamera förutsatt att man använder optik med raster.

Till fjärranalyshjälpmedel för *isdriftmätningar* hör slutligen alla de olika typerna av *radionavigationshjälpmedel* (Decca, Hi-fix, radiopejling etc.) som kan användas från eller mot bemannade eller blott instrumentbestyckade stationer på drivande is.

Det måste markeras att många av de ovan nämnda utrustningarna som har speciella förutsättningar att bli värdefulla för istjänst inte finns i Sverige idag, i vart fall inte i så utvecklad form att de kan sättas in snart. Det gäller speciellt sidtittande radar, scatterometer, mikrovågsradiometer och lidar. Och det är dyra utrustningar. Å andra sidan är det många andra discipliner än isforskning och istjänst som skulle dra stor fördel av om vi i landet hade tillgång till sådana fjärranalyshjälpmedel. Därför finns grund till förhoppning om att finansieringsproblemet skall kunna så att säga fördelas på många kassor. Det mest angelägna att starta med synes sidtittande radar vara.

ESRO, som har planer på fjärranalysutrustningar, inte blott för satelliter utan även för flygplan, genomför för närvarande ett antal fjärranalysstudier. En rör mikrovågsradiometrar och en annan rör sidtittande radar. Möjligen kan därför något för svensk istjänst värdefullt komma ut av denna samfälliga europeiska aktion.

Av inom Sverige pågående aktivitet förtjänar den studie att nämnas, som genomförs av Mekanförbundet på uppdrag av STU. Den beräknas vara klar vid årsskiftet och kommer att innehålla specifikationer för instrumentbestyckning på ett svenskt fjärranalysflygplan. Man kan knappast tänka sig annat än att en sidtittande radar kommer att finnas med i den specifikationen.

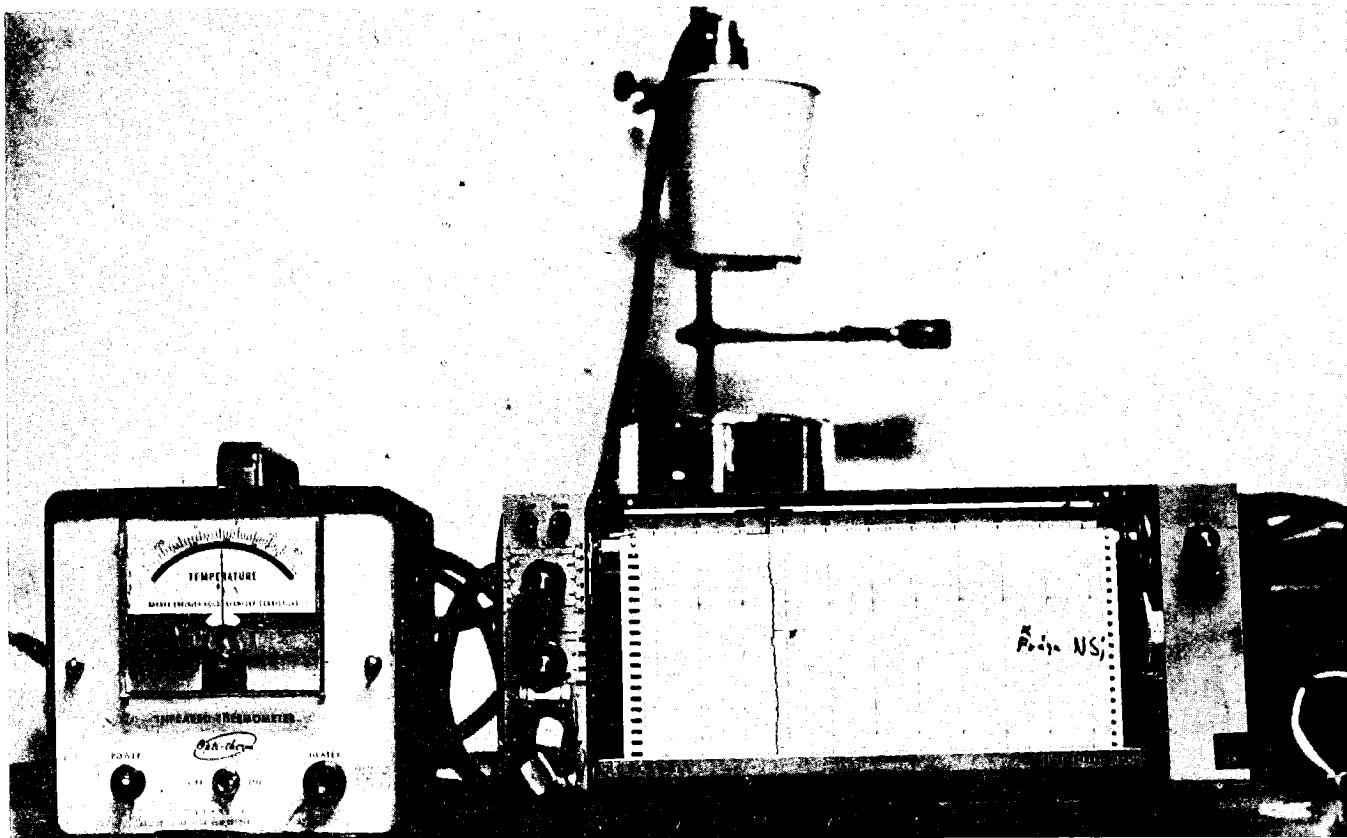


Fig. 2. Strålningstermometer (typ Barnes IT 2-S) med potentiometerskrivare tillkopplad. Denna utrustning har använts för uppmätning av underlag till fig. 3-5.

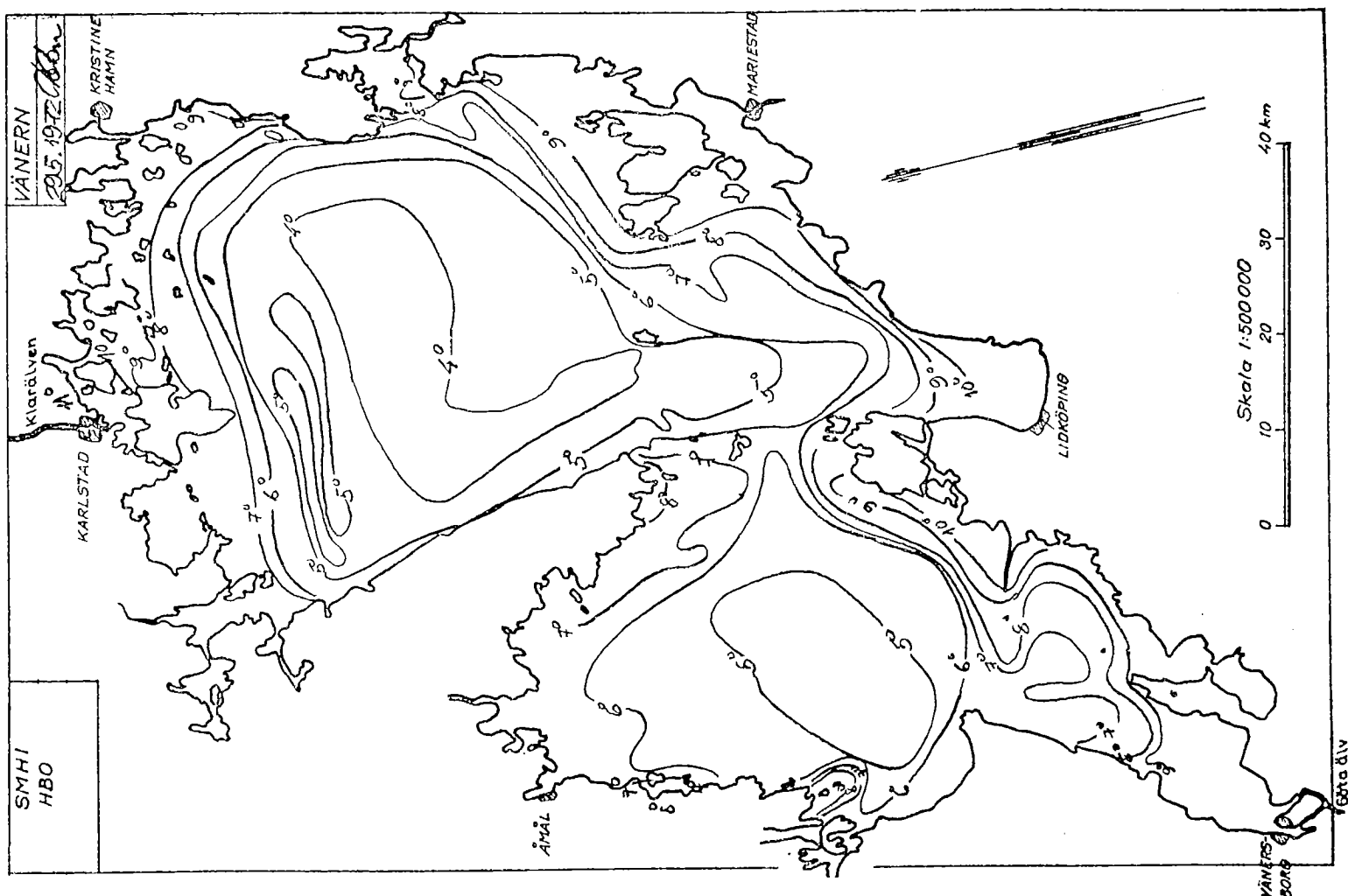


Fig. 3. Strålningstemperaturkartering över Vänern, d. 29.5 1972.

FORSMARK 86.972 / 182a

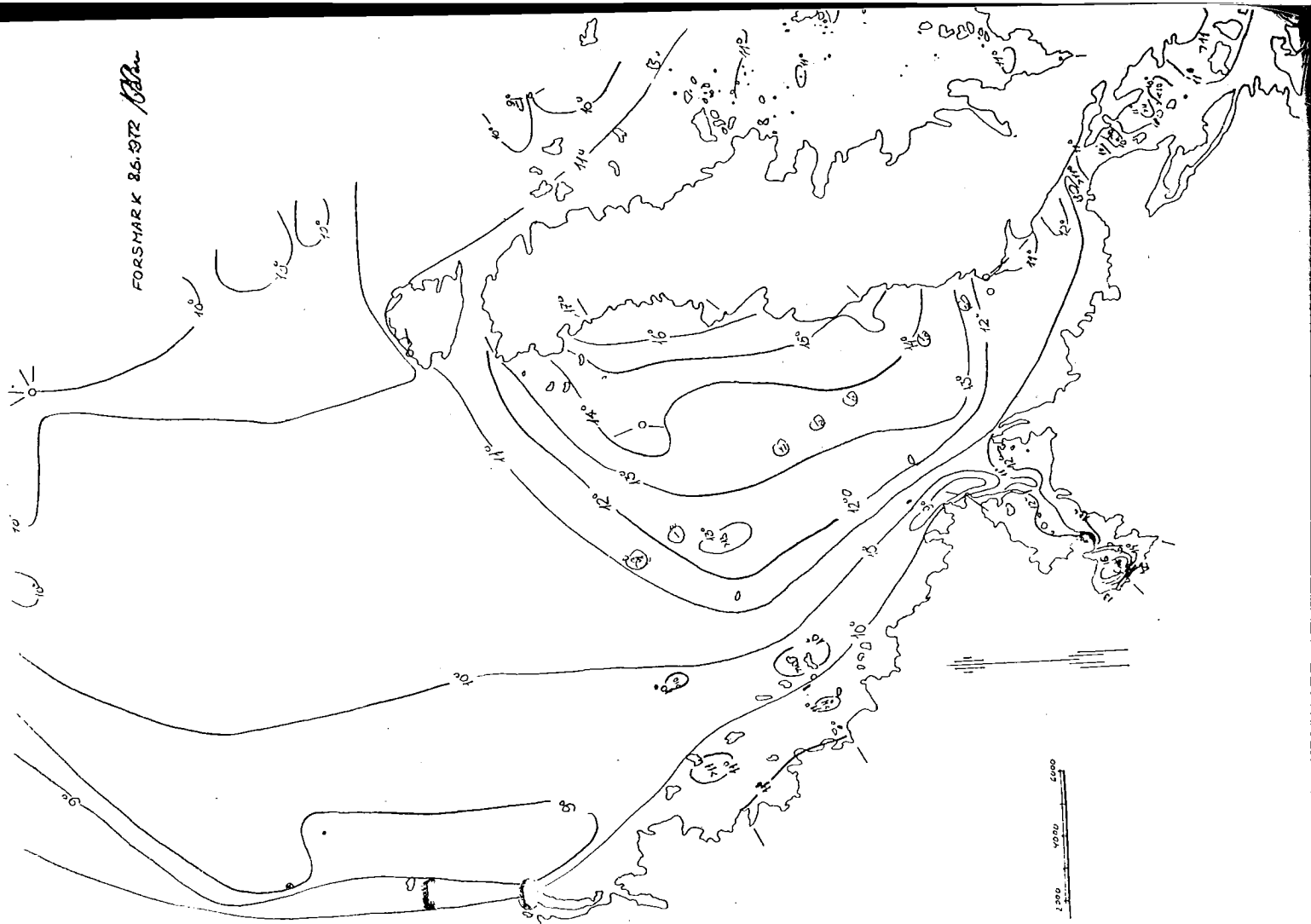
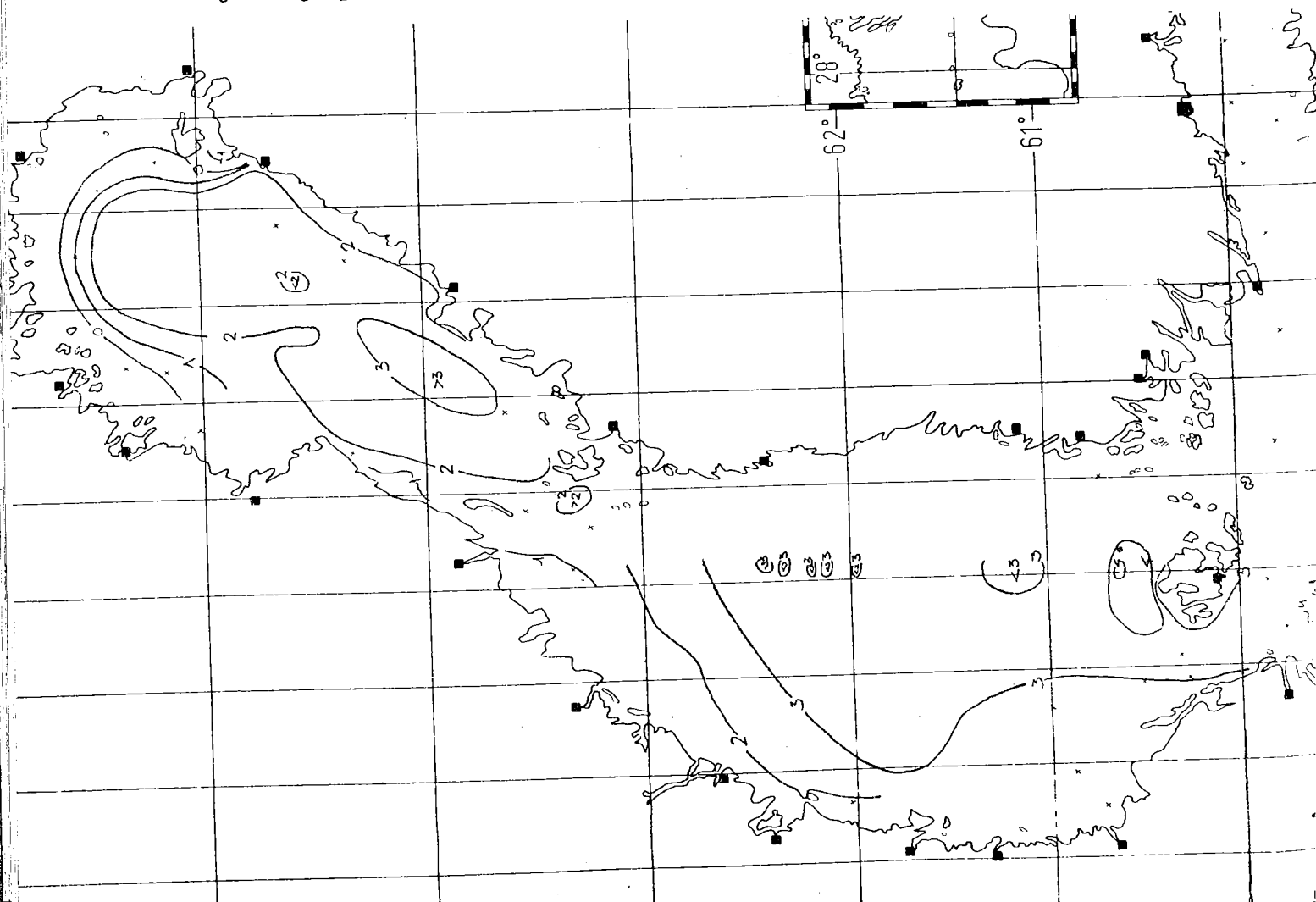


Fig. 4 Ovan: Strålningstemperaturkartering över Öregrundsgrepen, d. 8.6 1972.

Fig. 5 Nedan: Dito över Östersjön d. 20.11 1972.



II ÖVRIGA OCEANOGRAFISKA MÄTNINGAR

För att kunna förstå och ställa prognoser rörande isregimen i ett havsområde måste man bl.a. känna och följa dess termik och dynamik. Därför krävs ström-, temperatur- och salthaltsdata samlade med en viss täthet i tid och rum, en täthet som dels varierar med tiden på året, dels kan glesas ut när sambanden väl är kända (då gäller det ju blott att ha så mycket data vid ett givet tillfälle att man kan »uppdatera modellerna»).

Det oceanografiska observationsnät vi för dagen har i Östersjön ger blott mycket gle-
sa observationer:

— Fiskeristyrelsens undersökningsfartyg besöker en gång per år ett 40-tal mätpunkter i Bottenviken och Bottenhavet och i genomsnitt fyra gånger per år ett 40-tal mätpunkter i egentliga Östersjön. Därvid mäts en mängd fysikaliska och kemiska parametrar, men normalt ej ström.

— SMHI har ett 30-tal mätpunkter längs kusten där vattnets ytemperatur (vid eller nära intill stranden) normalt mäts två gånger i veckan. Ett antal handelsfartyg och färjor mäter också ytemperatur på sina rutter i Östersjön.

— Vissa av kustbevakningens fartyg besöker varje månad mätpunkter till havs (utanför Landsort, öster om Gotland, i Hanöbukten) och mäter då vattentemperaturfördelning samt tar prover för bestämning av salt- och syrehalt. Det kommer under hösten att utrustas ytterligare en båt i Skellefteå-trakten. I detta program, som drivs på försök av Fiskeristyrelsen och SMHI i samarbete med Tullverket, ingår också observationspunkter nära fartygens hemmahamnar vilka besöks oftare.

Situationen var i en del avseenden avsevärt bättre förr i tiden då fyrskeppen ännu fanns kvar och gjorde regelbundna oceanografiska mätningar. Mätningarna skedde väl inte på de ur oceanografisk synpunkt lämpligaste platserna, men de gjordes med relativt hög frekvens och inkluderade inte sällan ström. De gamla mätserierna utgör ett ovärderligt basmaterial.

Samtidigt med fyrskeppsindragningarna skedde och sker en radikal avbemannning av fyr- och lotsplatser men under samma period ökar behovet av oceanografiska och meteorologiska observationer i kustområden. Ett sätt att dra konsekvenser härav är att göra en ökande andel av observationerna med automatiska mätutrustningar. Vid SMHI prövas sedan några år automatiserade observationsstationer och för närvarande är sex meteorologiska sådana i drift i kustområdena. Dessutom finns en oceanografisk försöksstation på Vinga utsjöfyr Trubaduren. Fig 6. Där mäts bl a salthalt, temperatur och ström på flera nivåer, samt vattenstånd, och data telemetreras i reell tid till Torslanda. Planerna för den närmaste framtiden är att även Almagrundet — där det redan finns en automatisk meteorologisk station, som telemetrerar data till SMHI — skall förses med liknande oceanografiska mätutrustningar.

Att ett oceanografiskt observationsnät i Östersjön finns och blir mer täckande i tid och rum är ett stort önskemål för många verksamheter bl.a. för isforskningen. Allt större del av dessa observationer måste utföras med automatiska instrument. På mätlokaler där is kan torna upp sig måste man därför välja mellan att ofta förlora utrustning, att inte alls mäta under isperioden eller att under isperioden blott mäta på sådana djup som oftast klarar sig för is och från sådana plattformar som klarar isen.

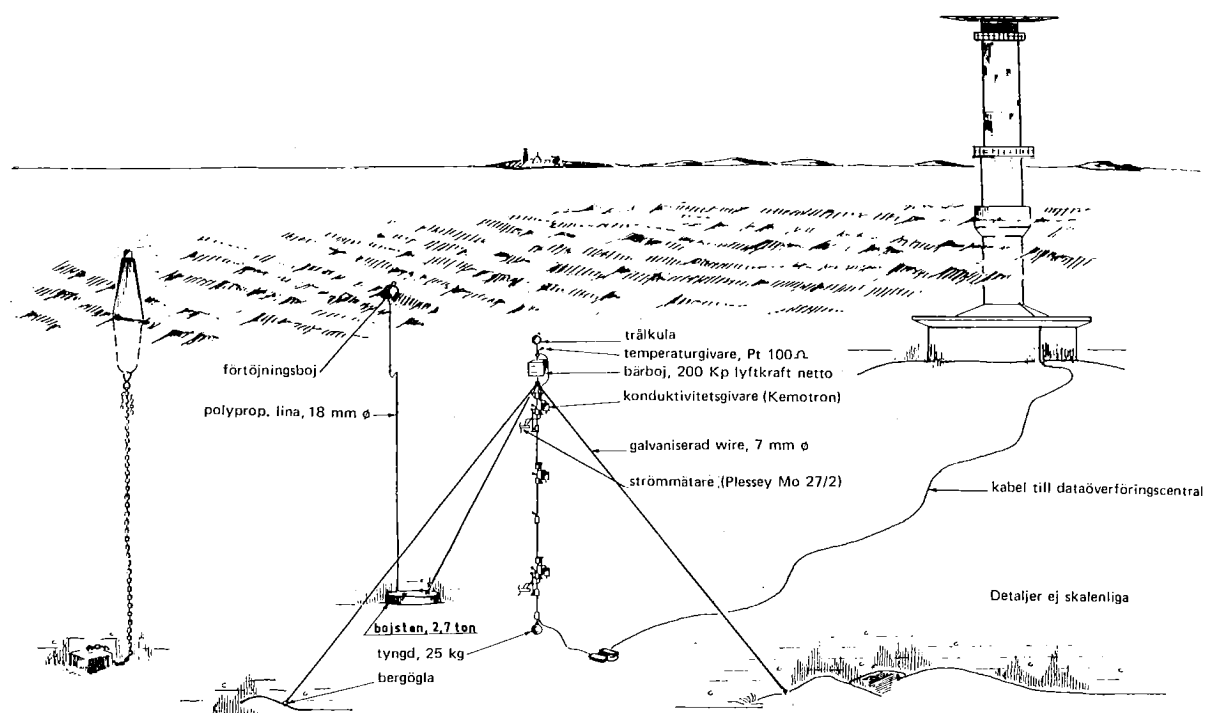


Fig. 6. SMHI:s automatiska försöksstation vid fyren TRUBADUREN utanför Göteborg. Vid stationen mäts vattenstånd, vattentemperatur, salthalt och strömhastighet.

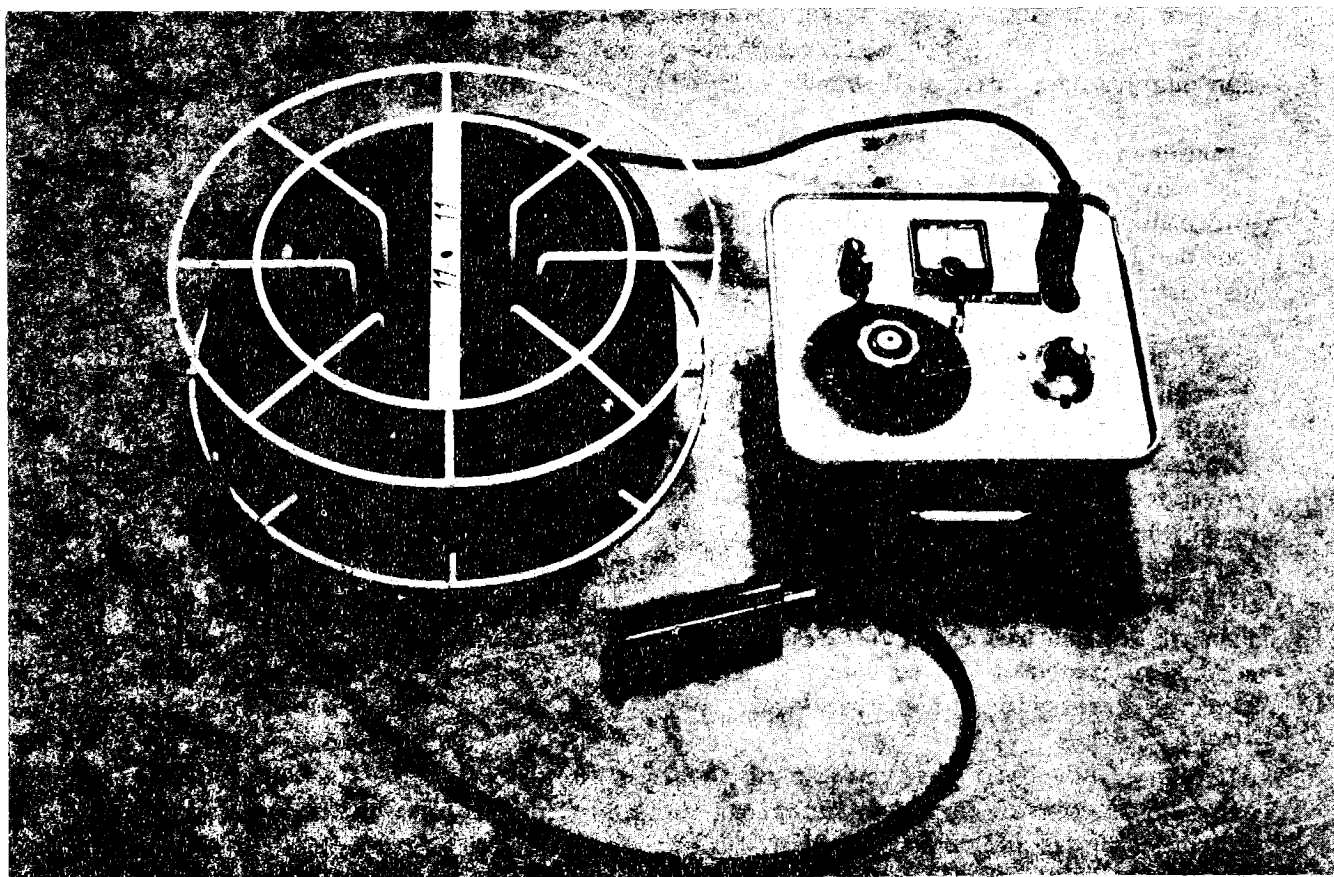


Fig. 7. In situ-salinometer typ National Institute of Oceanography.

Man bör också notera att den oceanografiska mätutrustning som man inte köper färdig från utlandet måste utvecklas inom landet. För närvarande finns ingen sådan produktion i Sverige. Teknisk samordning bör ske med marinen, som utvecklar lätta telemetrerande mätbojar för tillfälligt bruk. Telemetrering till land kan vara motiverad även om inte mätdata behövs så snart, ty det ger en funktionsövervakning som gör att andelen användbara data kan hållas hög utan överdrivet korta serviceintervall.

Om de fysiskt oceanografiska mätutrustningar som kan vara aktuella i istjänstens och isforskningens tjänst kan bl.a. följande sägas.

VATTENSTÄND

När flottörpegel inte kan komma till användning finns tryckpegel att tillgå. Det är dyrare och mer komplicerad materiel, som kan vara aktuell när pegelbrunn av tekniska eller ekonomiska skäl inte kan byggas.

SALTHALT

För »manuella» mätningar kan man välja mellan å ena sidan vattenprovtagning med efterföljande laboratorieanalys och å andra sidan sk insitu-salinometrar. Fig 7. För tillförlitliga resultat om inte speciellt utbildad personal används rekommenderas det först nämnda. Det finns även relativt enkel utrustning som kan användas i båt för analys av vattenprover.

Insitu-salinometrarnas känselkroppar är ganska lika dem som kan komma i fråga för fasta mätstationer. De måste regelbundet (ofta månadsvis) rengöras från beväxning och beläggning. De kan vara automatiskt temperaturkompenserade. Utan temperaturkompensering får man noggrannare resultat, men måste räkna fram dem.

TEMPERATUR

För manuell mätning kan man välja mellan kvicksilvertermometrar, bathytermografer och elektriska termometrar. Oskolade observatörer bör i första hand använda de förstnämnda. De sistnämnda har känselkroppar med temperaturkänsliga motståndselement. Känselkropparna för fasta stationer är principiellt desamma som för manuellt betjänade utrustningar men väljs naturligtvis bland de mest långtidsstabila.

Bathytermografer ger snabbt temp/djup-fördelningen även till stora djup. Snabbast är de sk »expandable bathytermographs» (XBT) som kan användas från fartyg under gång även i hoga farter, men där man offerar utrustning för ca 200:- vid varje mätningstillfälle.

Både för manuella mätningar och fasta stationer kan strålningstermometer (= IR-radiometer) i vissa fall böra komma i fråga.

För registrering i en djupprofil finns utmärkta instrument av fabrikat Aanderaa, som registrerar temperatur på elva olika nivåer samtidigt. Fig 8.

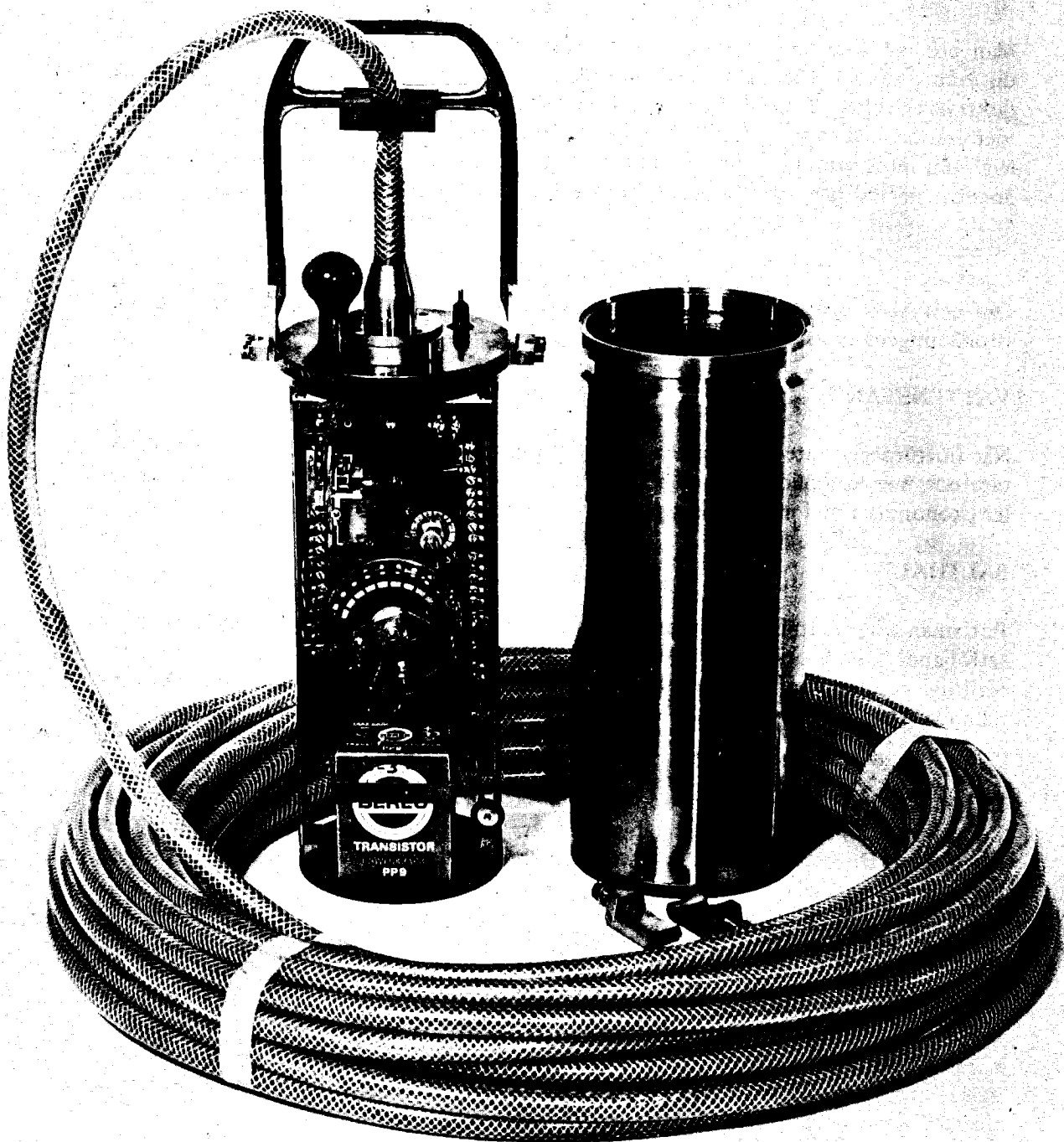


Fig. 8. Registrerande temperaturmätare, typ Aanderaa. (Instrumentet upphänges i samma typ av bojsystem som ses i fig. 6).

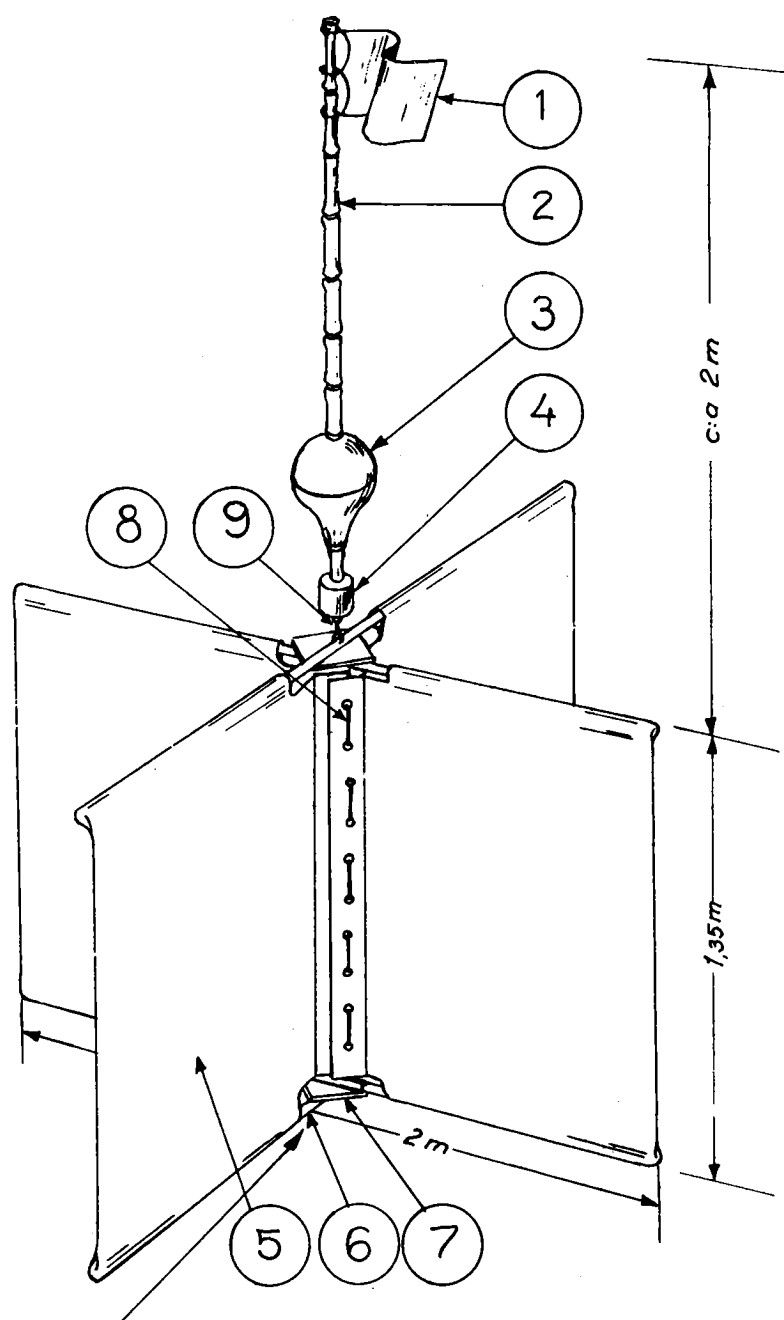


Fig. 9. Strömkors (i detta fall apterat för mätning av ytström).

STRÖM

För manuella mätningar har man för närvarande att välja mellan å ena sidan någon typ av rotor- (eller propeller)-försedd strömmätare (vanligtvis med direktavläsning på däcksenhet) och å andra sidan någon typ av strömkors. Fig 9.

När det gäller strömmätare måste man ovillkorligen arbeta från en något så när fast plattform (t.ex. ett väl dubbelförankrat fartyg). Vid låga strömhastigheter (ca 1/10 kn₀) måste man vidta speciella åtgärder för att inte få falska värden (speciellt på riktningsangivelsen).

I öppna och djupa vattenområden är det oftast förmånligast att för manuella mätningar använda strömkors, varvid de enskilda strömkorsens förflyttningsvägar plottas av följefartyg (eventuellt med radarföljning som del av plottsystemet).

För fasta mätstationer står för dagen inga andra mätvärdesgivare till förfogande som fullt operativa än de typer som används till manuella strömmätare, dvs. mekaniska utrustningar med någon typ av rotor. De kräver regelbunden rengöring från bevuxning även om de i viss utsträckning kan skyddas med s.k. antifoulingbehandling.

Specialfall av fasta mätstationer utgör de självregistrerande strömmätare som bl.a. används i stor utsträckning av SMHI vid recipientundersökningar. Sådana har åtskilliga gånger förankrats i havsområden så att de legat ute under isen och samlat data under många månader utan tillsyn. Fig 10.

I en nära framtid kommer man förhoppningsvis att kunna välja någon strömmätare utan rörliga delar för fasta stationer. Lovande resultat har man fått dels med elektromagnetiska strömmätare och dels med dopplerströmmätare. Försök med utrustning av den sistnämnda typen utförs för närvarande av Sjöfartsverket.

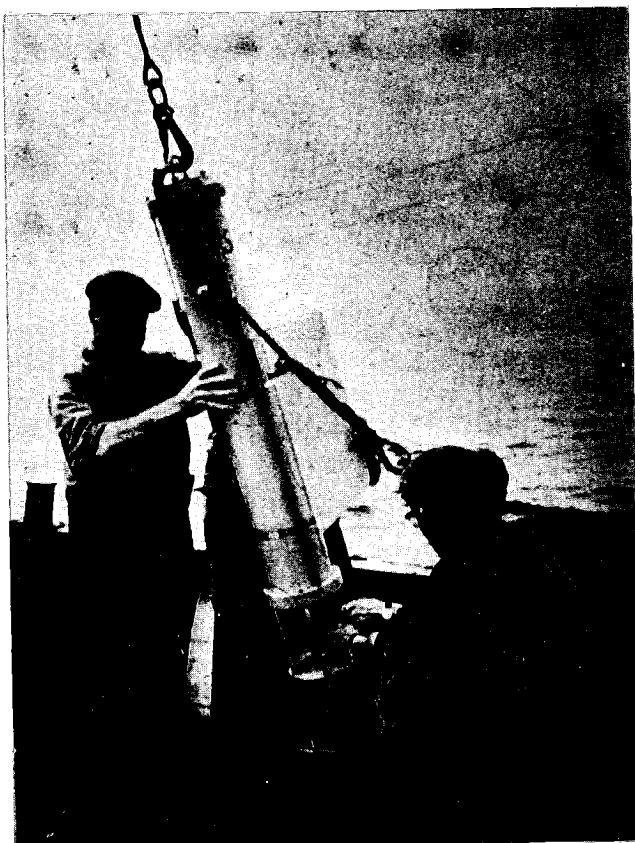


Fig. 10. Registrerande strömmätare, typ Geodyne. (Instrumentet upphänges i samma typ av bojsystem som ses i fig. 6).

Debatt

ERIK SEVERIN: — Det nämndes här att där fyrskeppen tidigare fanns, som kunde lämna dessa uppgifter, finns nu fasta plattformar. Jag tycker man borde kunna använda dem för att lämna dessa data. Vi provar nu ute på Vinga och Trubaduren, vi kommer att prova även i Brofjorden, där vi skall ha mätare för ström, sikt och vind, och ta iland dessa data till Lysekil och sedan skall fartyg och lotsar kunna rekvirera data ifrån lotsstationen. De försök vi gjort vid Trubaduren har väl senaste sommar visat sig mycket positiva. Vi hoppas att det skall kunna leda fram till någonting. Jag har i dessa dagar funderat över om man inte från dessa fasta plattformar skulle kunna samla uppgifter om nedsmutsning av vattnet, t.ex. olja. Jag tror nämligen det är lättare att ta detta från fasta plattformar än att kila runt med fartyg och samla in dessa uppgifter. Då får man inte exakta uppgifter från givna platser och man får uppgifterna oregelbundet. Här kan man ta uppgifter varje dygn. Vi håller på att experimentera med detta. Det är för tidigt ännu att säga vad man kommer till. Det sker i samråd med SMHI, en del av dessa försök.

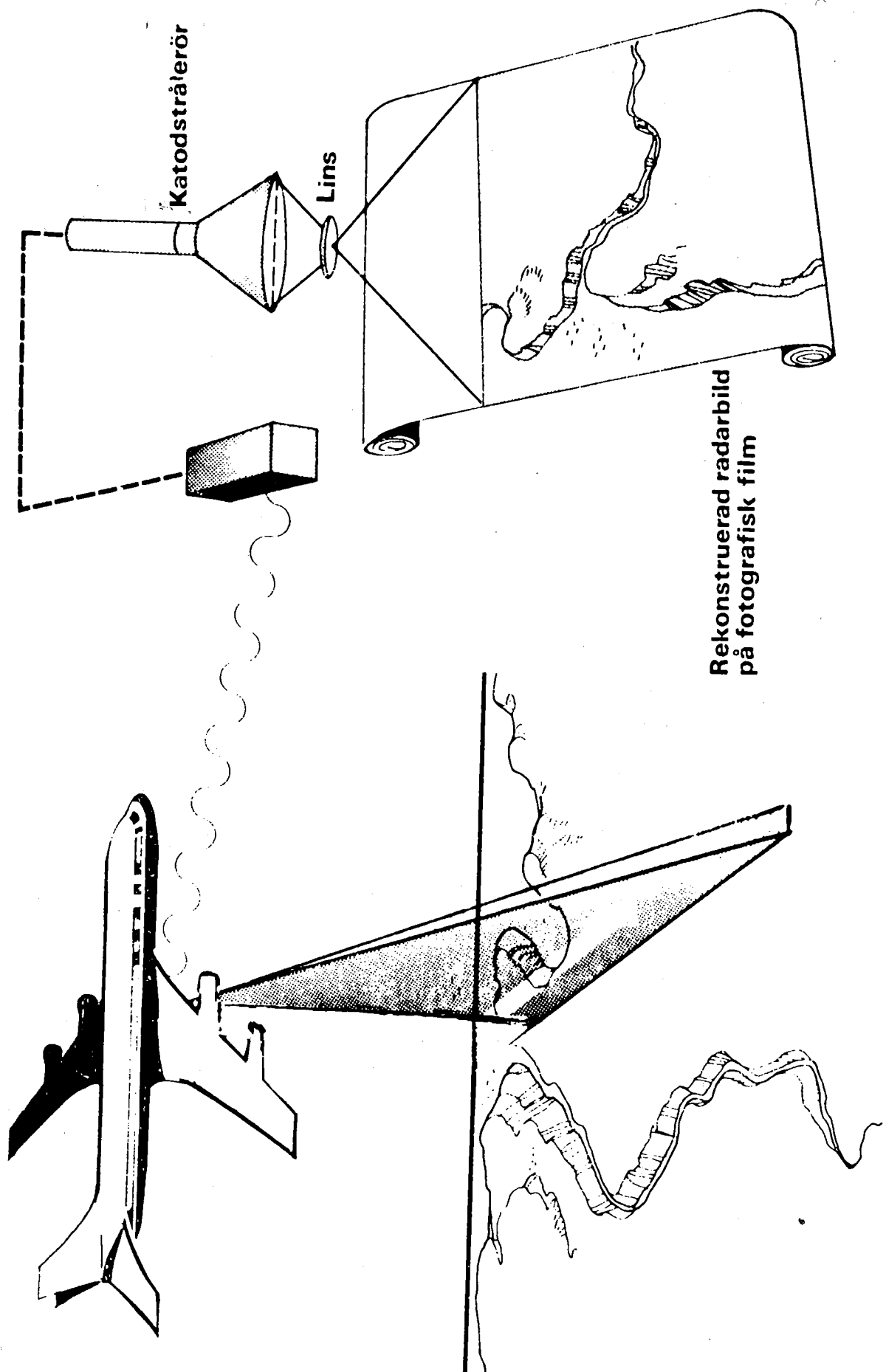
F. EKLUND: — Det har nämnts att s k sidtittande radar erbjuder goda möjligheter att kartlägga olika förhållanden på markytan. Eftersom det kanske inte är allmänt känt vad en sidtittande radar är och hur den arbetar, är en kort orientering härom kanske av intresse.

En sidtittande radar är en flygburen radarstation. Ombord på flygplanet har man i det enklaste fallet en vanlig antenn, som bestrålar en smal remsa av markytan vid sidan av flygbanans projektion på marken. Remsan ligger tvärs flygriktningen. Man belyser området med en pulsad radiosändare som i regel arbetar inom mikrovågsområdet, vilket innebär att den inte är beroende av siktnedsättande förhållanden i form av dimma, regn eller annat. När radarpulsen träffar marken reflekteras en del av energin tillbaka till flygplanet, där den tas emot. Den tid det tagit för radiopulsen att gå tur och retur flygplan — mark är ett mått på från vilket område energin har reflekterats. Den energi som reflekteras från en markremsa blir upptecknad i form av en intensitetsvariation som funktion av tiden, vilken talar om hur ytan längs den belysta remsan ser ut.

Den mottagna signalen kan man behandla på något sätt, om man vill framhäva någon viss egenskap hos signalen. Därefter kan man intensitetsmodulera ett katodstrålerör, som tecknar en bild av terrängens reflexionsförmåga utmed den i ett ögonblick belysta markremsan. Den bilden (en intensitetsmodulerad linje) kan man sedan avbilda på en filmremsa. På filmen, tvärs densamma, får vi då en intensitetsmodulation som talar om hur ekostrukturen såg ut från den i ett ögonblick belysta remsan. I nästa ögonblick avbildar man en ny remsa. Filmen har en frammatningshastighet som är proportionell mot flygplanets hastighet. På filmremsan tecknas härigenom en radiobild utav det överflugna området.

I militära system har man strävat efter att göra utrustningen allt finare och finare, bl a har man velat öka upplösningsförmågan. Detta kan åstadkommas om man gör antennen större och radarpulsen kortare. Eftersom man inte kan göra antennen nämnvärt större än flygplanet blir upplösningsförmågan begränsad om man använder en konventionell antenn. Man har därför utvecklat ett system med s k syntetisk aperturantenn. Där använder man en mycket liten antenn. All information som den tar emot lagrar man och analyserar i en dator så att slutresultatet blir detsamma som om man haft en antenn som varit lika lång som den sträcka man kan flyga med absolut rak flygbana. Det är signalbehandlingen i denna syntetiska aperturantennradar som gör den dyrbar.

Sidtittande radar



Man kan skönja en parallell utveckling längs två linjer. Vid sidan om den militära utvecklingen av dyra sidtittande radarsystem pågår, åtminstone i USA, en utveckling av en enkel, billig sidtittande radar av den först beskrivna typen. Den enklare utrustningen, som sannolikt är tillräckligt bra för många civila tillämpningar, kanske kan gå att framställa till en kostnad av några hundratusentals kronor.

Det finns många indikationer att man med en sådan enklare sidtittande radar kan kartlägga havsisens struktur och därmed erhålla god hjälp vid isövervakning och isprognoser.

Oceanografisk observations- och undersökningsverksamhet för isforskning

Avdelningsdirektör ULF EHLIN, SMHI.

Om man närmare vill studera Bottenhavets och Bottenvikens isförhållanden och skapa möjligheter att prognosticera dessa, är behovet av en ingående kunskap om de oceanografiska förhållandena i havsområdet uppenbar. Temperaturen i ytvattnet, som är avgörande för isbildningstidpunkten, styrs förutom av väderförhållandena av värmeinnehållet i djupare vattenskikt i kombination med den vertikala blandningen och det vattenutbyte genom advektiva transporter som orsakas av havsströmmarna.

Vattnets salthalt är även av betydelse, ty den bestämmer fryspunktens temperatur. Ytvattnet i Kattegatt med ca 20 o/oo salthalt fryser således vid ca $-1,1^{\circ}$, ytvattnet i södra Östersjön med salthalten 8 o/oo vid ca $-0,4^{\circ}$ och ytvattnet i Bottenhavet och Bottenviken med salthalterna 5–6 o/oo resp. 3–4 o/oo vid $-0,3$ resp. $-0,2^{\circ}\text{C}$. En förändring i salthalten i Bottniska vikens ytvatten kan således påverka isbildningen.

De regleringar som genomförts i våra norrlandsälvar under de sista decennierna har kraftigt omfördelat tillrinningen av sötvatten under året. Genom att i regleringsmagasinen under vår och sommar spara stora mängder vatten har man, enligt vad beräkningar utförda av SMHI visat, kunnat öka tillrinningen från svenska sidan till Bottniska viken med 50–60 % vintertid, jämfört med oregerade förhållanden. En sådan ökning av sötvattentillförseln vintertid påverkar naturligtvis ytvattnets salthalt samt under islagd tid skiktningförhållandena i ytvattnet närmast under isen. Då älvvattnet under senhöst och förvinter har lägre temperatur än havsvattnet har det ökade vattenflödet även en avkylande effekt på kustzonen. Huruvida effekterna är av den storleksordningen att de är av väsentlig betydelse ur isbildningssynpunkt inom områden av stort intresse för sjöfarten, är ej utrett, men försök att studera eventuella förändringar i ytvattnets temperatur och salthaltsförhållanden pågår vid SMHI med stöd av Naturvårdsverkets forskningsnämnd. Arbetet försvåras emellertid av att de regelbundna observationerna av oceanografiska förhållanden runt våra kuster så gott som helt upphört under de senaste decennierna i samband med att fyrskeppen bortrationaliserades och några nya observationsstationer av nämnvärd omfattning ej har tillskapats.

FASTA OBSERVATIONSSTATIONER

Regelbundna oceanografiska observationer av t.ex. temperatur, salthalt och ström, kan utföras manuellt eller av automatiska mätstationer. Hitintills har manuella observationer gett de bästa resultaten, men på längre sikt torde en kombination av manuellt utförda mätningar och automatiska mätstationer placerade på väl utvalda platser, vara den mest realistiska lösningen. De automatiska stationerna har den fördelen gentemot manuellt utförda observationer att de kan observera dygnet runt med önskat tidsmellanrum och även under svåra väderförhållanden. Regelbundna observationer på fasta mätstationer registrerar variationerna i tid och rum såväl i korttidsperspektiv – av betydelse t.ex. för isprognoserna – som i långtidsperspektiv, vilket ger t.ex. trender i temperatur och salthaltsförhållanden.

Mätverksamhet av det här aktuella slaget är av stort intresse för sjöfarten även bortsett från isforskningen. Den ger aktuella uppgifter om och underlag för prognoser beträffande ström, vattenstånd och sjögång. Men det är inte enbart sjöfarten som har intresse i oceanografiska och meteorologiska observationer till havs. Andra intressenter är vädertjänsten, miljövärderna, marinen, vatten- och skeppsbyggnadsteknisk verksamhet, fisket och natur-

vetenskaplig forskning. Det är t.ex. helt klart att miljövärdens intresse för de oceanografiska observationerna är stort, vilket bl.a. gett sig uttryck i att Naturvårdsverkets forskningsnämnd finansierar en begränsad försöksverksamhet där SMHI och Fiskeristyrelsen gemensamt utnyttjar Kustbevakningens båtar för provtagningsverksamhet.

Havsresursutredningen, som i augusti avgav sitt betänkande »Utnyttjande och skydd av havet» (SOU 1972:43), har insett behovet av en återuppbyggnad och utveckling av den svenska observations- och prognostjänsten. Utredningen pekar på att behov av observationer föreligger på många håll och att sammantagna, dessa behov ger underlag för en utbyggnad och permanentning av observationsverksamheten genom Kustbevakningen samt, efter viss försöksverksamhet, uppbyggnaden av ett nät av automatiska meteorologiska och oceanografiska mätstationer runt den svenska kusten; totalt ett tiotal stationer.

Det bör här nämnas att ambitionsnivån vad gäller utvecklingsarbete och inrättandet av oceanografiska mätstationer hitintills måst hållas på mycket låg nivå på grund av brist på ekonomiska resurser. Samtidigt har emellertid den finska sjöfartsstyrelsen tillsammans med Havsforskningsinstitutet startat med att förverkliga ambitiösa planer i fråga om automatiska stationer. Enligt vad som förtäljts omfattar planerna 5 a 6 stationer framtagna på lika många år. Den första stationen skall inrättas på fyrkassunen Kemi och beräknas vara i drift om ca ett år. Det torde vara ett för Sverige och Finland gemensamt intresse att dessa automatiska stationer planeras och byggs ut i samråd så att en optimal placering och utnyttjning av insamlade data erhålles. Motsvarande gäller naturligtvis även andra grannländer. Det är också en grannlaga uppgift att placera stationerna med hänsyn till de krav som olika intressenter i observationsverksamheten kommer att ha på insamlade data.

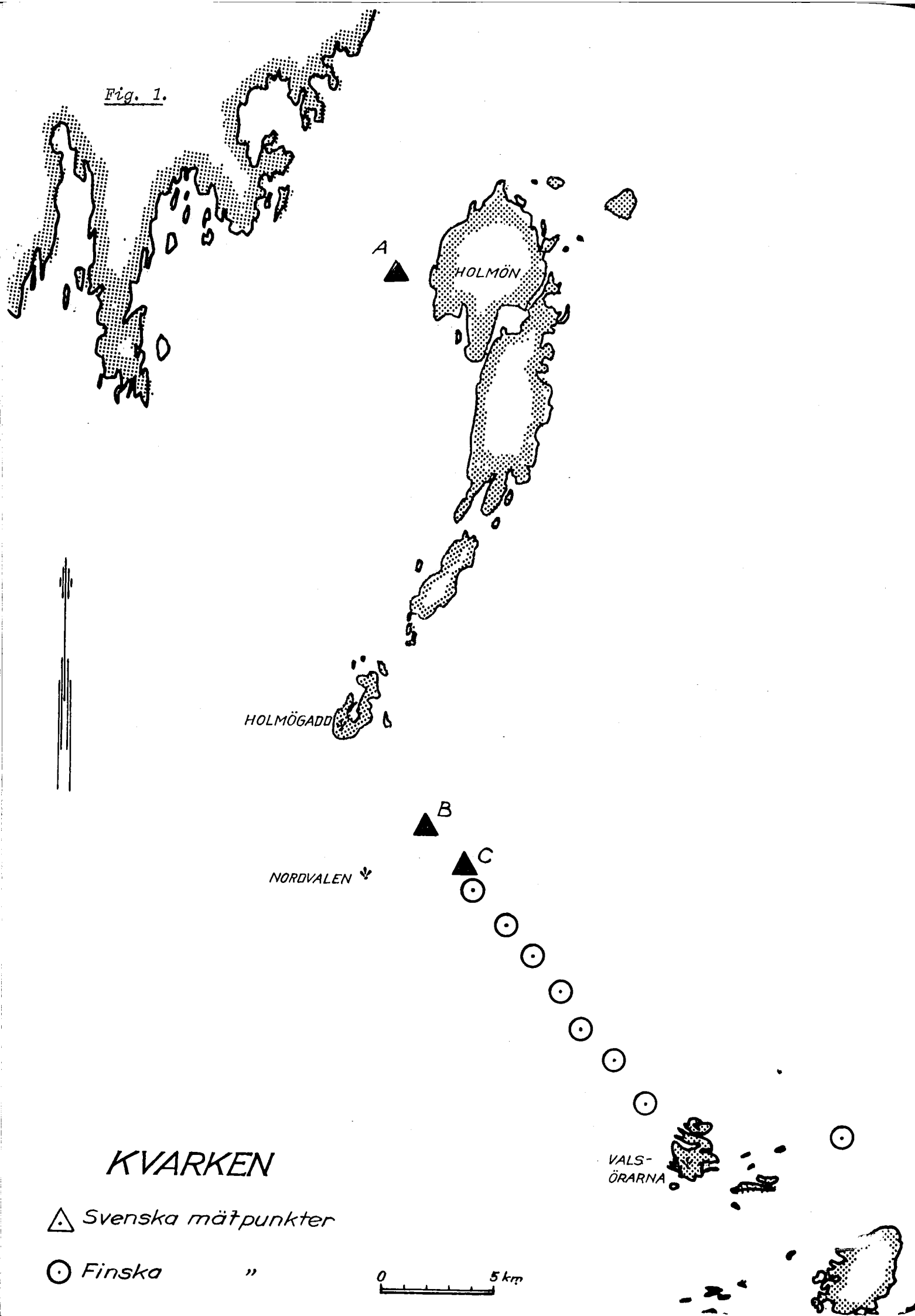
SPECIALUNDERSÖKNINGAR

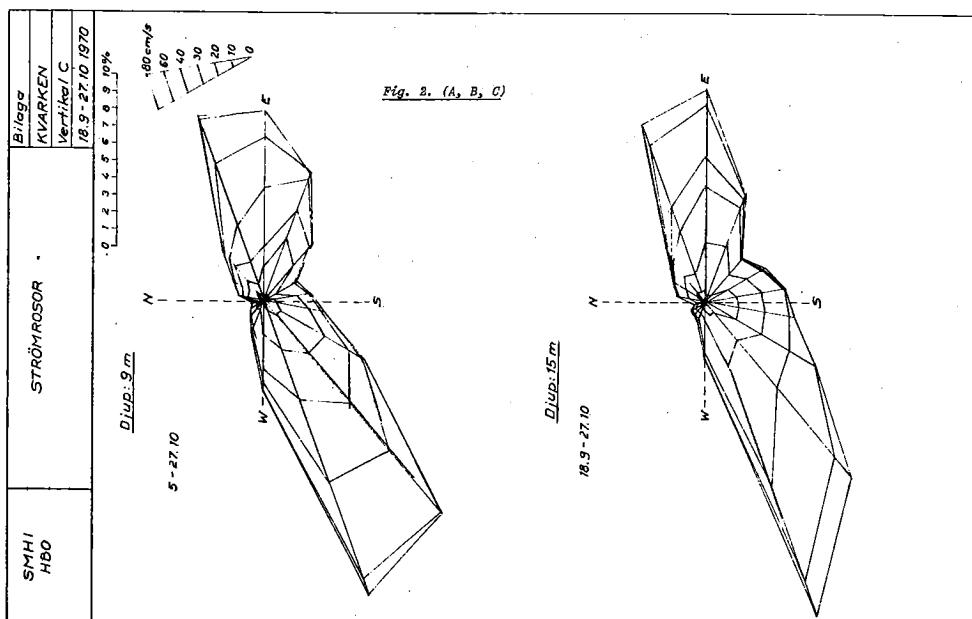
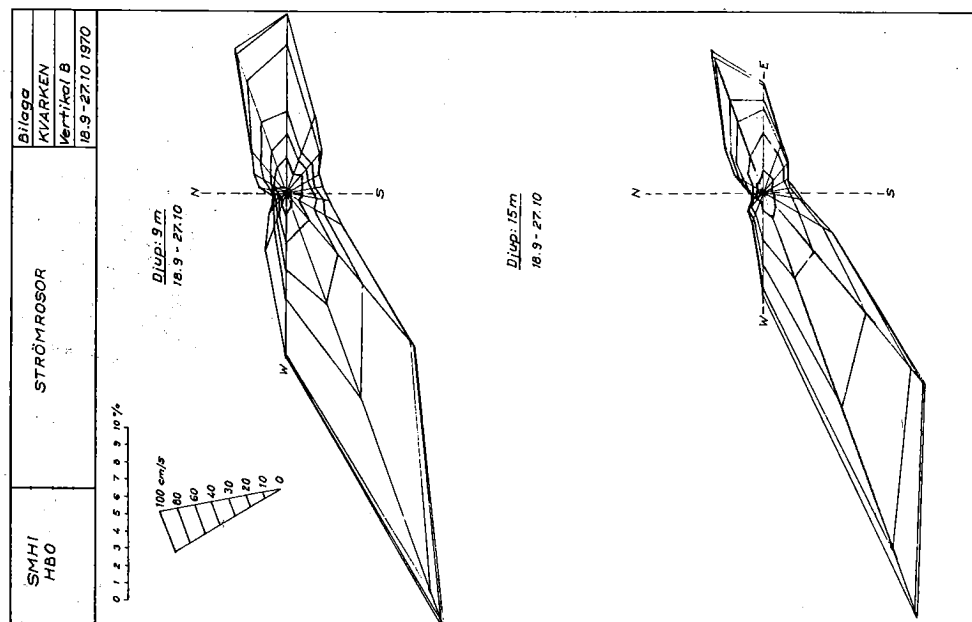
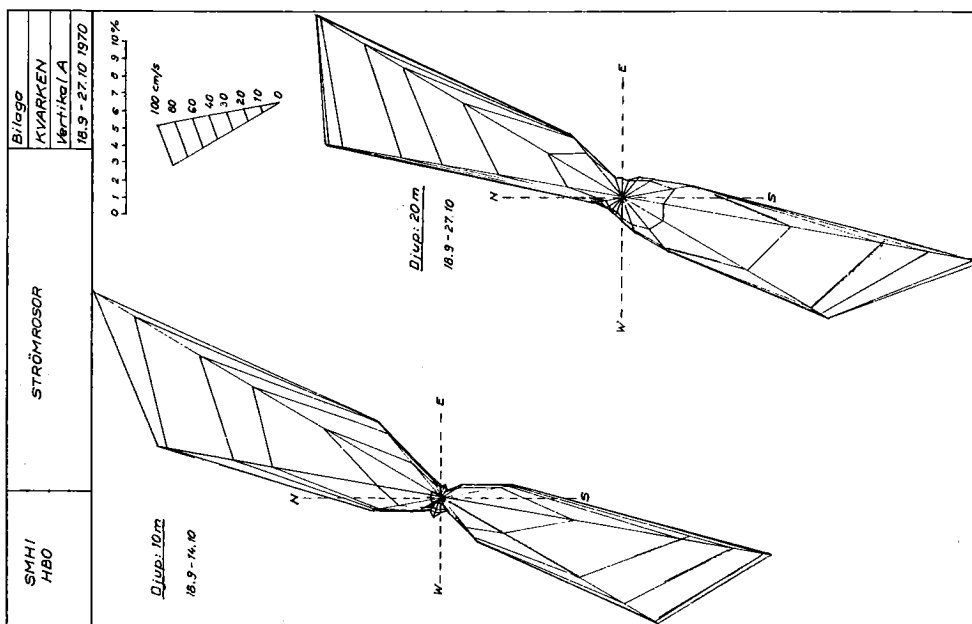
För en förståelse av de oceanografiska förhållandena vad avser vattenutbyte, strömmar, värmeenergitransporter, m.m. erfordras, förutom reguljära observationer på fixa platser, även speciella undersökningar i form av kartläggningar av t.ex. strömsystem och temperaturförhållanden. Exempel på sådana undersökningar utgör de studier som Dr Palosuo vid Havsforskningsinstitutet svarat för och vid ett flertal tillfällen publicerat resultat av. Ett annat exempel är den undersökning av vattentransporterna genom Kvarken som Havsforskningsinstitutet och SMHI genomförde tillsammans 1970. Den svenska insatsen finansierades gemensamt av Sjöfartsverket och SMHI. Under tiden 11 juni – 25 november utfördes strömmätningar med automatiska instrument på nio mätstationer i Kvarken. Stationernas belägenhet framgår av figur 1. Sverige svarade för 3 stationer med 2 automatiska strömmätare av typ Aanderaa i varje och Finland för sex mätstationer med ett instrument av typ Alekseev i varje. Egentligen sattes från början ut 8 finska mätbojar men förlust av ett och haveri på ett annat instrument reducerade antalet till 6. De svenska boj-systemen var trepunktsförankrade, de finska enpunktsförankrade.

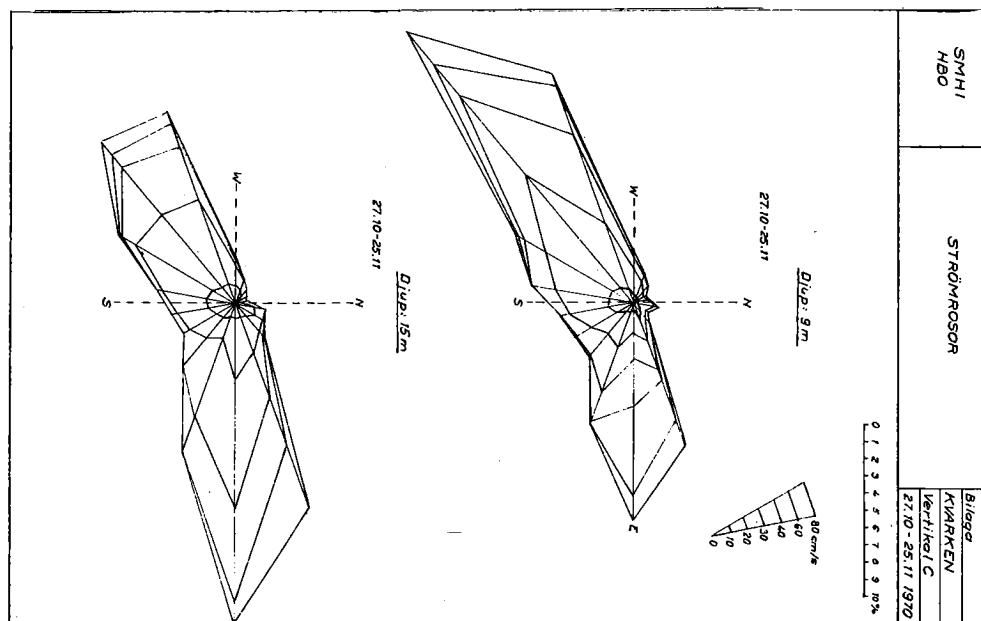
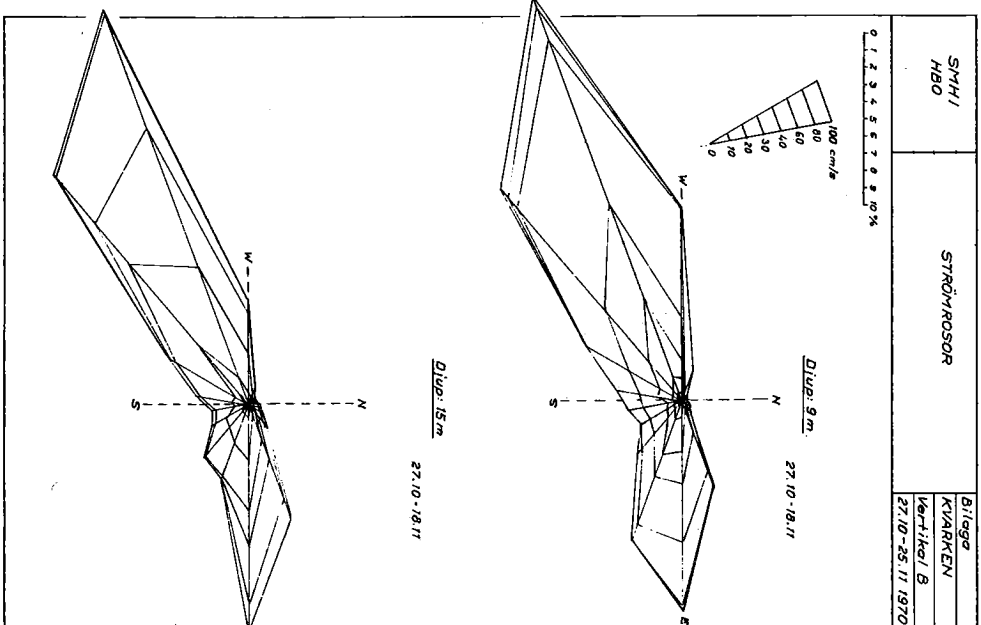
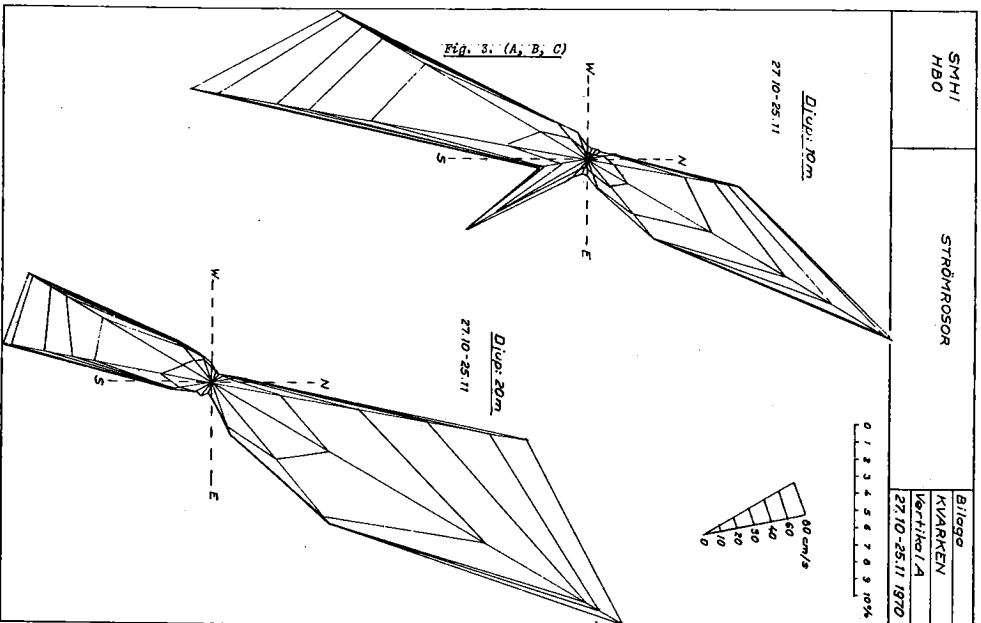
Mätningarna har gett goda informationer om strömförhållandena i området. På figur 2 och 3 anges som exempel strömmosor för delar av mätperioden. Med hjälp av erhållna data har även vattentransporten genom Kvarken kunnat beräknas för de tidsperioder då instrumentfunktionen varit tillfredsställande. De erhållna resultaten har kontrollerats genom studier av vattenmagasinsförändringen i Bottenviken med hjälp av vattenståndsmätningar och kännedom om tillrinningen genom älvarna. Vattentransportens variationer framgår av figur 4.

De instrument som SMHI använde mäter även vattentemperaturen varför en beräkning

Fig. 1.







TOTAL TRANSPORT GENOM KVARKEN
 TRANSPORT I VERTIKAL A
 VATTENSTÄNDSFÖRÄNDRING I BOTTENVIKEN (ΔW)
 TOTAL VATTENFÖRÖRING TILL BOTTENVIKEN (Q)

VIRTANS MÄRKENKURV (API)

PERÅMÄRKE
 $10^3 \text{ m}^3/\text{dygn}$

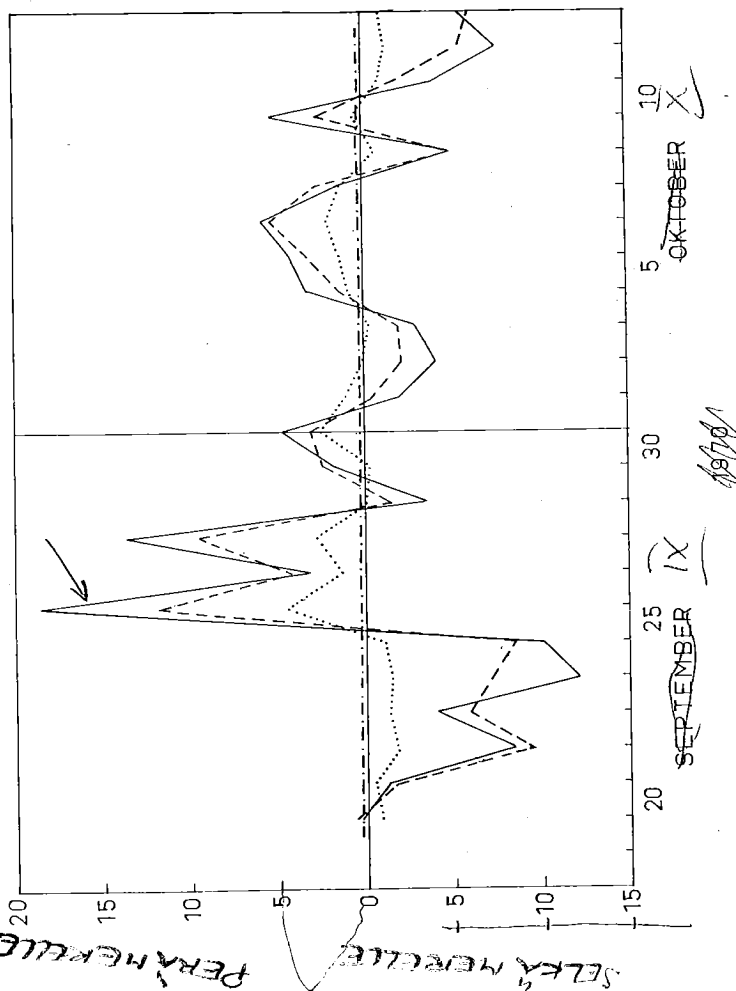


Fig. 4.

KVARKEN

— ACKUMULERAD TOTAL VATTENTRANSPORT $10^9 \text{ m}^3/\text{dygn}$
 -- ACKUMULERAD VÄRMETRANSPORT 10^3 GW

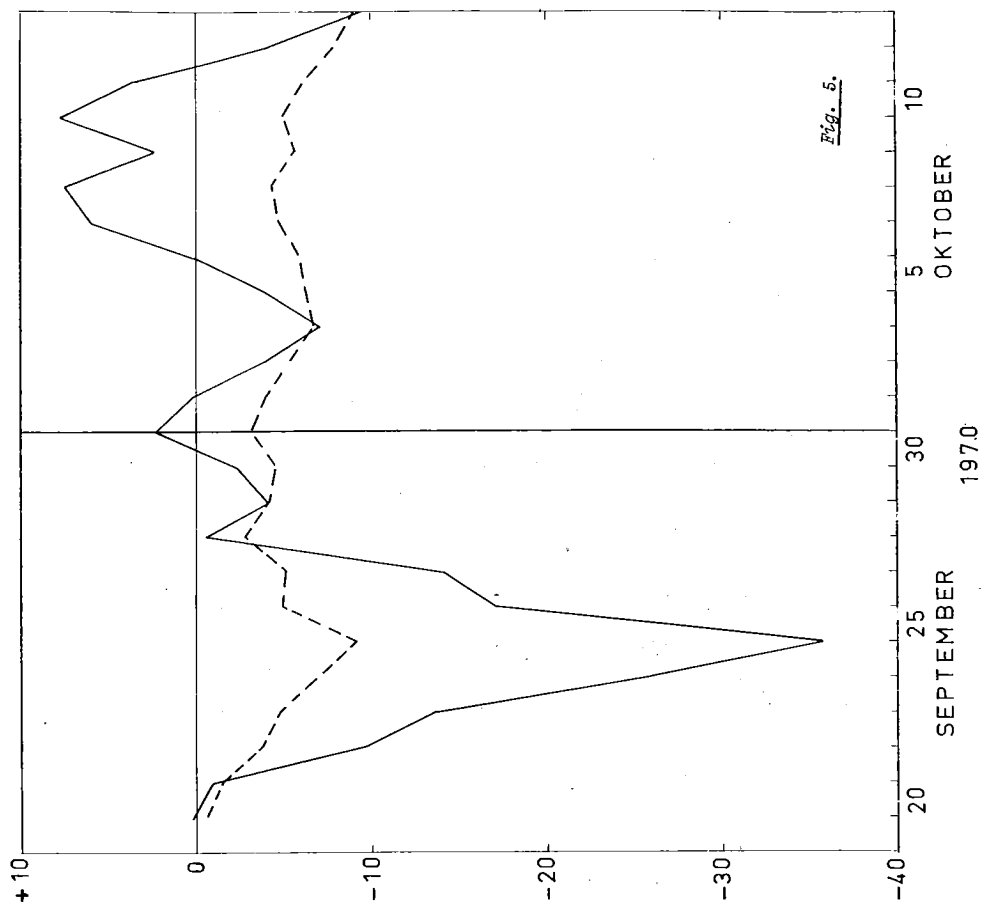


Fig. 5.

av värmeenergitransporten genom den svenska delen av mätsektionen varit möjlig. I figur 5 anges den ackumulerade värmetransporten genom den svenska delen av Kvarken under en tidsperiod i september och oktober. Denna beräkning är av begränsat intresse så länge motsvarande beräkningar ej kan göras på den finska sidan men den visar att mätningar av värmeenergitransporten kan genomföras. Fortsatta mätningar av detta slag har diskuterats mellan Havsforskningsinstitutet och SMHI och stort intresse föreligger för undersökningar i Ålandshav 1973. Finansieringen av den svenska verksamheten är dock ännu ej klar.

Önskemål om undersökningar av detta slag finns även hos andra myndigheter än de som svarar för isforskningen. Således kan nämnas att vid ett möte angående föroreningsförhållandena i Bottniska viken på Statens Naturvårdsverk den 8 september mellan en finländsk och en svensk delegation diskuterades bl.a. gemensamma undersökningar av den typ som utförts i Kvarken och planerats för Ålandshav. Man framhöll därvid behovet av sådana mätningar.

Även möjligheterna att samordna eventuella föroreningsundersökningar vintertid med mätverksamhet med inriktning på isforskning diskuterades och befanns värd att vidare undersöka. Mötet hade initierats efter rekommendationer i Nordiska rådets ministerkommitté rörande utvidgat samarbete beträffande havens förorening.

Jag har i detta anförande velat peka på

1. den skriande bristen på oceanografiska observationer från fasta mätstationer i våra havsområden
2. möjligheterna att med etablerad teknik genomföra specialundersökningar som medger kvantifiering av vatten- och värmeenergitransporter för närmare studier av t.ex. värmebalansen inom olika havsområden samt
3. att det finns andra intressenter i oceanografisk mätverksamhet i Bottniska viken av vilka miljövärden torde vara den största. En i vissa delar samordnad fältverksamhet torde vara möjlig att genomföra.

Debatt

CHR. LANDTMAN: — Får jag ställa en så primitiv fråga som: Hur får man riktningen till en boj, som kan vrida sig runt?

ULF EHLIN: — Det finns en kompass i bojen.

BERTIL SJÖHOLM: — Skulle man kunna lära av resultaten här och använda dem på andra avsnitt? Man får en ny dimension s.a.s. Det skulle ha betydelse för utbildning osv.

ULF EHLIN: — Man får vara försiktig, när man skall utnyttja resultat från mätningar i en sektion i en annan sektion. Vi vet alldeles för lite om hastighetsfördelningen i olika delar av havet för att direkt kunna överflytta värdena.

S-O FAGERLUND: — Kan jag få gå tillbaka till det tidigare ämnet ang. israpporteringen. Där har vi inom det lilla område som jag representerar (Vänern) en stående order till samtliga lotsar, att omedelbart inrapportera förändringar i issituationen. Det får vi med jämna mellanrum och då har vi möjlighet att vidarebefordra detta till iskontoret, som har hand om isbrytningen.

— En annan sak som jag tittat på är den s k iskoden. Där nämnde någon att den kanske skulle revideras. Om man ser på iskoden ang. issituationens utveckling, så står det t.ex. att »issituationen har försvårats». Men hur har den försvårats? Det vet vi ingenting om. Men i samma kolumn står att »isbildning och istillväxt har ägt rum». Sedan står det att »isen gått samman» och »isen har packats samman», »is i vallar» och slutligen »varning för isskruvning». Men det står i samma kolumn. Hur? Kan man inte skilja på värdena? Något att tänka på, om iskoden görs om? — Sedan en tredje sak: När det gäller botten svell, dvs. isbildning från botten. Det har inträffat i våra vatten, att isbildningen — vissa år — börjar på botten, och kommer upp i form av tallriksis. På några timmar kan ofantliga kvantiteter uppkomma på så sätt. Vi har haft exempel, när isen har bildats på bojkättingar och på bojstenar i sådan mäktighet att den orkat lyfta alltihop och seglat iväg. Jag har sett detta och när vi plockat upp bojen har vi sett hur ofantliga kvantiteter is bildats efterhand. Jag skulle gärna vilja veta: Hur uppstår detta? Och är det möjligt att isen kan flytta stora stenar från botten på detta vis? Och vilken storleksordning kan det vara?

ERKKI PALOSUO: — Iskoden etablerades 1918 eller 1920. Den gången försiggick kommunikationerna mellan fartyg och land per radiotelegrafi. Det var svårt att få egenom långa telegram och därför kodifierades meddelandena. Det pågick sedan till början av 1950-talet, då det blev nyordning av isbrytarledningarna. Till dess fick båtarna ånga in i isen så långt de kunde och israpporteringen var bara till för att meddela faktum. Men sedan började man leda fartygen från isbrytarledningarna och båtarna fick inte gå in i isen utan tillstånd. Därför har vi sagt i Finland att ismeddelandena är bara rådgivande.

— Problemet med svellis upplever man också när man bygger kraftstationer. Där står i instruktionerna mycket tydligt och klart hur bottenis bildas. Det är ganska sällan det inträffar och det är inte så allvarligt problem till sjöss. Bottenis orkar inte lyfta stora stenar.

S-O FAGERLUND: — Jag kan nämna att det har inträffat i Vänern, men så vitt jag kan komma ihåg inte på större djup än 12 meter. Vi har exempel på att en bojsten med kätting flyttade sig cirka två km i lungt vatten och utan is på ytan. Den bara seglade iväg och när den kom ut på djupare vatten så ramlade den ner. När vi undersökte den hade kättingen en meter tjock is runt sig, och stenen var täckt av tjock is. Vi har tagit upp bojar, som haft is till fem—sex meters diameter runt sig och med isnålar som stack rakt ut. Vi kunde inte lyfta dem utan fick knacka av isen efterhand. Uppträder detta bara i sötvatten? Kan denna is även lyfta enskilda stenar och flytta?

ALF NYBERG: — Jag vill bara säga att det här fenomenet är mycket välkänt när det gäller sötvatten. Det har förekommit att stora stenar lyfts i grunda vatten. Det sammanhänger sannolikt med att en viss strålning äger rum så att botten blir nerkyld och isbildning uppstår.

Mätning av havsisens egenskaper med mikrovågsradiometer

Professor MARTTI TIURI och MARTTI HALLIKAINEN, Tekniska Högskolan, Helsingfors

1. INLEDNING

Mikrovågor avser radiovågor, vilkas våglängder är kortare än 30 cm, dvs. frekvenser över 1000 MHz. Tack vare elektronikens utveckling håller mikrovågsapparaturen på att för- enklas och förbilligas i avgörande grad. Mikrovågor kan numera användas i många tillämp- ningar där det icke tidigare var möjligt.

För undersökningar av is med mikrovågor kan man använda antingen aktiva eller passiva apparater. Aktiva apparater utsänder mikrovågseffekt och mäter dess reflexion från isen eller den av isen förorsakade effektdämpningen. Aktiva förfaranden är olika radarappa- rater och spridningsmätare. Passiva apparater utsänder ingen mikrovågseffekt, utan man mäter med hjälp av en mikrovågsmottagare den mikrovågseffekt som isen utstrålar av sig själv. Passiva metoder har vid experiment i Förenta Staterna (1) visat sig lovande för mät- ningar av havsisens egenskaper, varför Tekniska Högskolans Radiolaboratorium i Helsing- fors har igångsatt forskning och utveckling rörande deras användning på havsområdet runt Finland med det slutliga målet att underlätta och styra isbrytarnas verksamhet. Forskningsarbetet har beställts av Finska Sjöfartsstyrelsen.

2. MÄTNINGENS PRINCIP

2.1. Mätning av temperatur med mikrovågsradiometer

Allt material utsänder elektromagnetisk strålning. Strålningseffekten beror av våglängden, temperaturen och materialets fysikaliska egenskaper och är till sin natur brus. På mikro- vågsområdet kan man för ett förlustbehäftat dielektrikum beräkna strålningseffekten P ur ekvationen

$$P = kTB$$

där k är Boltzmanns konstant ($1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K), T materialets temperatur (Kelvin) och B den mottagares bandbredd, varmed effekten mäts. Effekten är mycket liten (till exem- pel vid rumstemperaturen och 1 MHz bandbredd under en hundradels picowatt) men den kan mätas med hjälp av en för ändamålet konstruerad mikrovågsmottagare eller radiome- ter. Radiometerns bandbredd är känd och man kan sålunda beräkna det mätta materia- lets temperatur. Med nuvarande radiometrar är det lätt möjligt att mäta temperaturer med noggrannheten av en tiondedels grad.

Ekvationen förutsätter, att materialet är relativt förlustbehäftat och att all utstrålade effekt uppfångas av radiometern. Ekvationen håller streck till exempel för havsvatten, men om radiometern befinner sig i luften, kan den av havsvattnet utstrålade bruseffekten inte nå radiometern i sin helhet, utan en del reflekteras i gränsskiktet mellan vatten och luft och endast en del slipper ut i luften. Om reflexionsfaktorn är ρ så är den del av effek- ten som kommer ut i luften $(1 - \rho^2)P$. Reflexionsfaktorn kan beräknas med hjälp av teorin för elektromagnetiska vågor. Om gränsskiktet är ojämnt, är reflexionsfaktorn all- tid liten och svår att beräkna teoretiskt.

Då vattnet täcks av ett islager, är situationen ännu mera komplicerad. Isen dämpar mik- rovågor mer eller mindre beroende på isens salthalt. Den av vattnet emitterande brusef- fekten dämpas i isen och adderas till den bruseffekt som isen emitterar. Reflexionsfak- torn vid gränsskiktet mellan is och luft bestämmer hur stor del av bruseffekten som kan

komma till den i luften befintliga radiometern. Det är klart, att den av radiometern mätta temperaturen, s.k. brustemperaturen, kan variera inom gränserna $O - T$, där T är isens ytemperatur, beroende på vattnets och isens temperatur samt på isens egenskaper (bl.a. dess salthalt och tjocklek), samt av mätfrekvensen (emedan reflexionsfaktorer och dämpningar beror på frekvensen). Genom att välja en lämplig mätfrekvens eller flera mätfrekvenser kan isens olika egenskaper mätas.

Bilaga 1 visar några med datamaskin teoretiskt uppgjorda beräkningar för den av radiometern uppmätta temperaturen i några havsisfall. Resultaten visar, att man i de olika fallen får olika brustemperaturer, och sålunda kan skilja de olika isarterna från varandra och isvallar från fastis. Eftersom isens egenskaper varierar rätt mycket (2) och endast de enklaste fallen kan beräknas teoretiskt, måste man göra ett stort antal experimentella fältmätningar för att utreda metodens användbarhet.

2.2. Radiometerns upplösningsförmåga

Radiometern mäter brustemperaturen på det område, dess antennkägla faller på. På mikrovågor är antennens lobvidd i grader ungefär

$$\varphi \approx \frac{100 \lambda}{d}$$

där λ är våglängden och d antennen längd (eller bredd). Till ex. vid 15 cm:s våglängd har en 300 cm lång antenn lobvidd på 5° . Om antennens höjd från isens yta är till exempel 300 m, är upplösningen då 25 m och radiometern mäter den genomsnittliga temperaturen (och isens egenskaper) på ett 25 meters område. Upplösningen kan förbättras genom att förstora antennen eller höja frekvensen.

2.3. Mikrovågskartläggning

Med hjälp av radiometern kan man uppgöra en mikrovågskarta över isfältet genom att placera radiometern i ett flygplan och svepa antennkäglan över isytan i vinkelrät riktning mot flygplanets kurs. Kartan byggs då upp på samma sätt som en TV-bild. Antennkäglan kan svepas antingen elektriskt eller mekaniskt. En för ändamålet lämpad antenntyp är den s.k. nätantennen, som är under utveckling vid Tekniska Högskolans radiolaboratorium.

3. REFERENSER

1. T. Wilheit, J. Blinn, W. Campbell, A. Edgerton, W. Nordberg: Aircraft Measurements of Microwave Emission from Arctic Sea Ice, Goddard Space Flight Center Preprint X-651-71-1117, Sept 1971.
2. Erkki Palosuo: The Gulf of Bothnia in Winter, II Freezing and Ice Forms, Havsforskningsinstitutets skrift No 209, 1963.

Havsisens brustemperatur

På havsisens brustemperatur inverkar tre faktorer: vattnets och isens brustemperatur samt reflexion av rymdens brus från isens yta. Inom mikrovågsområdet 1...10 GHz är den sistnämndas andel obetydlig och kan här förbigås.

Genom att antaga att isens övre och undre yta är plan samt att isens dielektriska egenskaper och temperaturfördelning är kända är den totala brustemperaturen rakt uppifrån sedd:

$$T_{\text{tot}} = \tau_i^2 \left\{ \tau_v^2 \frac{T_v}{L} + \int_0^1 T_z \frac{(1 - e^{-2\alpha_z dz})}{L_z} dz \right\} \quad (1)$$

$$\text{där } L = \exp \left(\int_0^1 2\alpha_z dz \right) \quad (2)$$

$$L_z = \exp \left(\int_z^1 2\alpha_z dz \right) \quad (3)$$

$$\alpha_z = \frac{2\pi}{\lambda_0} \sqrt{\frac{\epsilon'_{jz}}{2\epsilon_0} \sqrt{1 + \left(\frac{\epsilon''_{jz}}{\epsilon'_{jz}} \right)^2} - 1} \quad (4)$$

$$\tau_v^2 = 1 - \left| \frac{\sqrt{\epsilon_v} - \sqrt{\epsilon_j}}{\sqrt{\epsilon_v} + \sqrt{\epsilon_j}} \right|^2 \quad (5)$$

$$\tau_i^2 = 1 - \left| \frac{\sqrt{\epsilon_j} - \sqrt{\epsilon_0}}{\sqrt{\epsilon_j} + \sqrt{\epsilon_0}} \right|^2 \quad (6)$$

- α_z = isens dämpningsfaktor i punkten z
 λ_0 = våglängden i vakuum
 ϵ_0 = dielektricitetskonstanten i vakuum
 $\epsilon_j = \epsilon_j' - j\epsilon_j''$ = isens dielektricitetskonstant
 ϵ_v = vattnets dielektricitetskonstant
 L = isens totala dämpning
 L_z = isens dämpning mellan dess övre yta och punkten z
 (z = 0 vid isens undre yta)
 l = isens tjocklek
 T_z = isens absoluta temperatur i punkten z
 T_v = vattnets absoluta temperatur
 τ_v^2 = transmissionsfaktor för gränssytan vatten-is
 τ_i^2 = transmissionsfaktor för gränssytan is-luft

Variablerna α_z , τ_v och τ_i beror av isens dielektricitetskonstant ϵ_j vilken kan beräknas. Den beror förutom av frekvensen dessutom av salthalten och temperaturen varför brustemperaturen även beror av dessa.

Isens övre yta är approximativt vid samma temperatur som luften och den undre ytan vid vattnets temperatur. Temperaturfördelning kan antas vara linjär. I figur 1 framställs transmissionsfaktorn för gränssytan is-luft som funktion av isens yttemperatur. I figuren har isens salthalter 0,10/00 och 1 0/00 utmärkts, vilka är typiska för finska vatten.

På transmissionsfaktorn för gränssytan is-luft inverkar salthalten vid isens undre yta, vilken bestämmer isens dielektricitetskonstant. I figur 2 förevisas transmissionsfaktorn som funktion av frekvensen vid typiska salthalter.

I synerhet i Bottenviken är isens undre yta ofta saltfri, varvid dielektricitetsfaktorn ϵ_j i större grad beror av temperaturen. För saltis har i figur 2 antagits en temperatur $-0,2^\circ\text{C}$ för undre ytan.

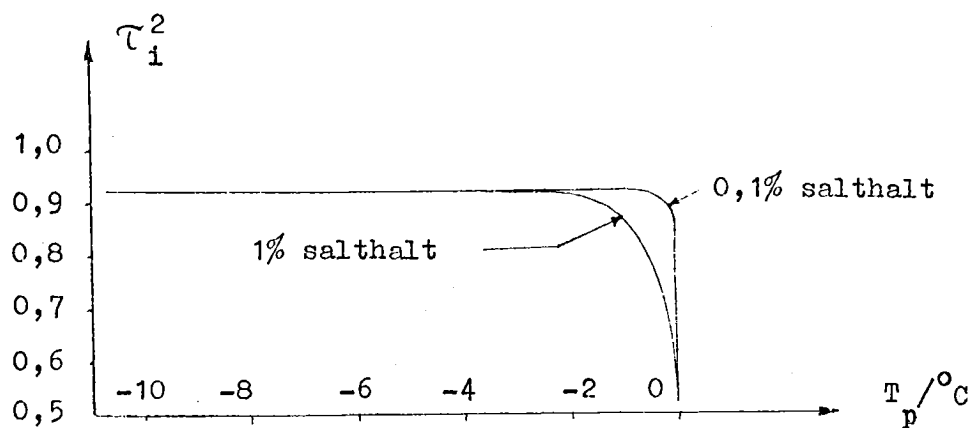
Inverkan av havsvattnets brustemperatur på den totala brustemperaturen minskar förutom transmissionsfaktorerna isens dämpning. Den beror av isens temperatur och salthalt. I figur 3a framställs en för Bottenvikens förhållanden typisk salthaltsprofil för isen och

i figur 3b motsvarande dämpning som funktion av isens yttemperatur vid olika frekvenser.

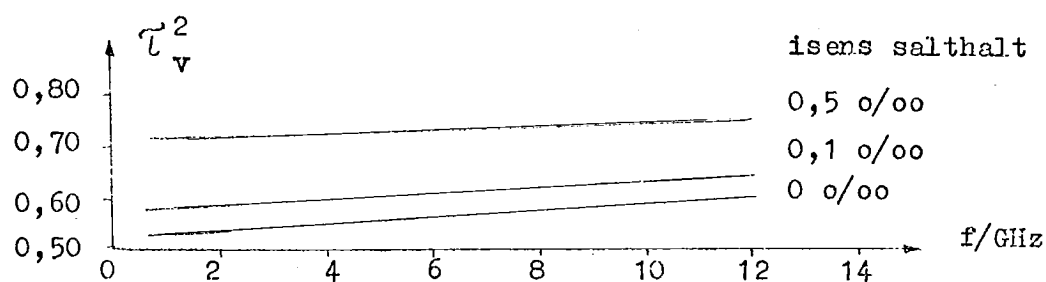
Havsisens brustemperatur beror av frekvensen. Frekvenserna i figur 3b är reserverade för radioastronomi, varför de lämpar sig för ismätning på grund av den låga störningsnivån. I figur 4 framställs brustemperaturen av isskiktet och havsvattnet i figur 3a som funktion av frekvensen.

Om isens salthalt är lika överallt syns isens tjockleksvariation tydligt i brustemperaturen, ofördelaktigaste fallet vid mätning är då isens ytskikt är salt och bottenskikt saltfritt. Härvid bestämmer ytskiktet på grund av sin stora dämpning brustemperaturen. I figur 5a framställs två i övrigt likadana salthaltsprofiler, men i den ena är dessutom ett tjockt saltfritt isskikt i undre ytan. Ur figur 5b framgår skillnaden i brustemperatur.

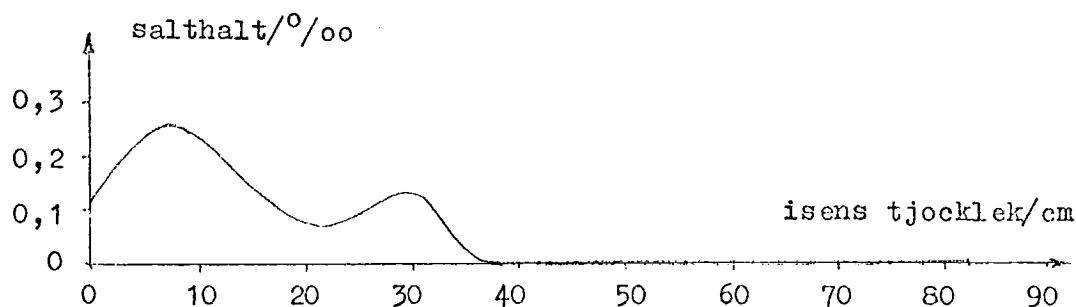
Med radioneter kan man särskilja vid varje frekvens brustemperaturskillnaderna i figur 5b och således observera växlingarna i isens tjocklek. Isens salthaltsprofil ändras under vinterns lopp vid samma trakt i allmänhet långsamt, vilket för sin del eliminerar inverkan av salthalten. Havsvattnets brustemperatur är $120 - 130^{\circ}\text{K}$ varför öppet vatten kan urskiljas från is.



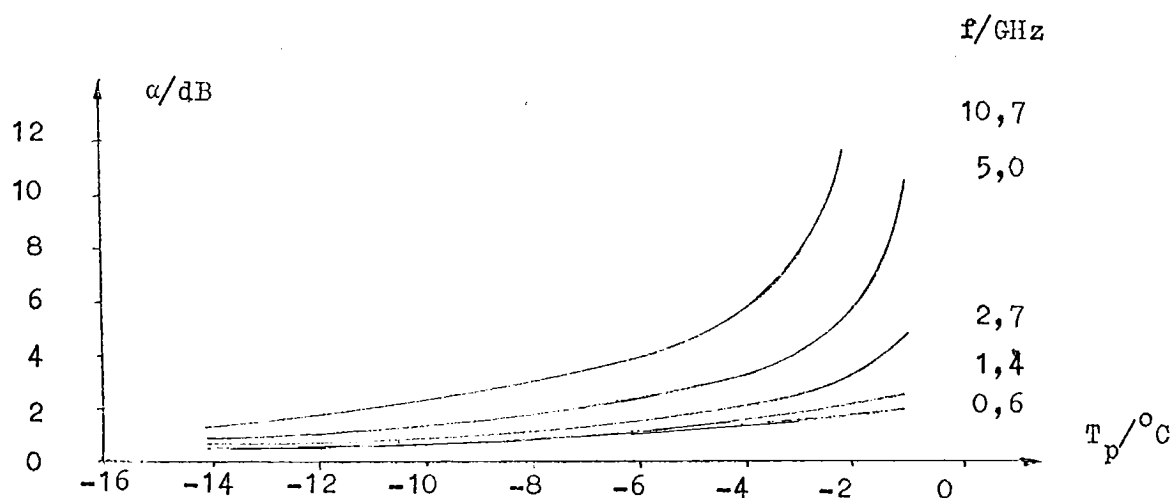
Figur 1. Transmissionsfaktorn för gränsytan is-luft som funktion av isens yttemperatur inom frekvensintervallet 0,6...10,7 GHz



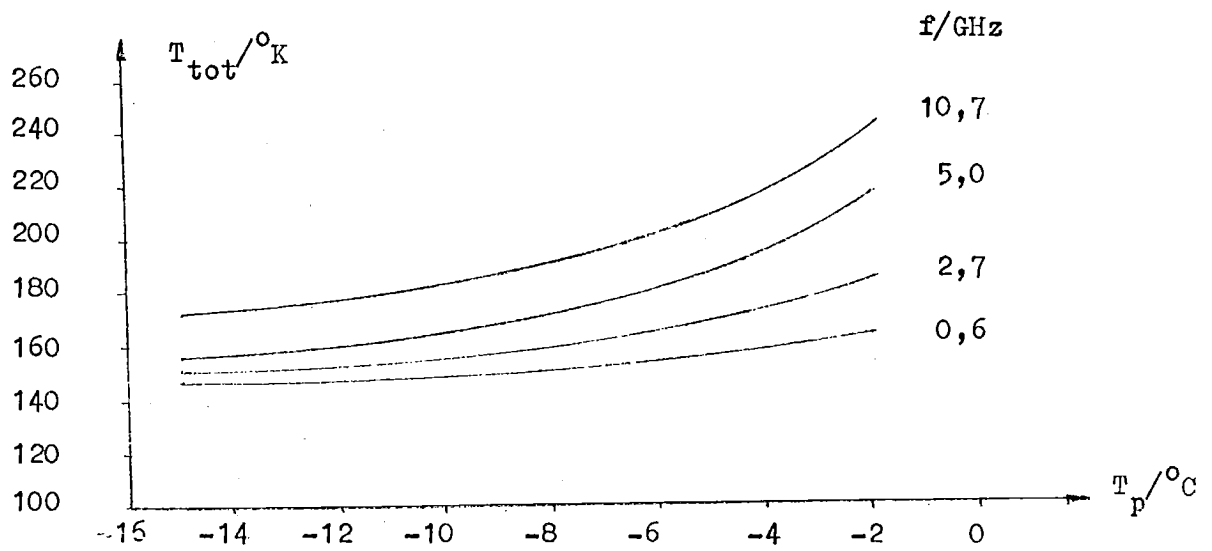
Figur 2. Transmissionsfaktorn för gränsytan vatten-is som funktion av frekvensen



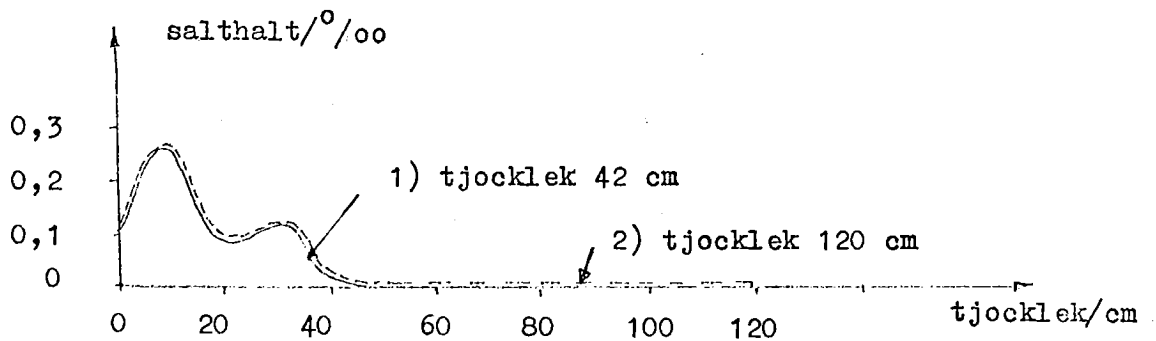
Figur 3a. I Bottenviken mätt saltprofil för isen, tjocklek 82 cm



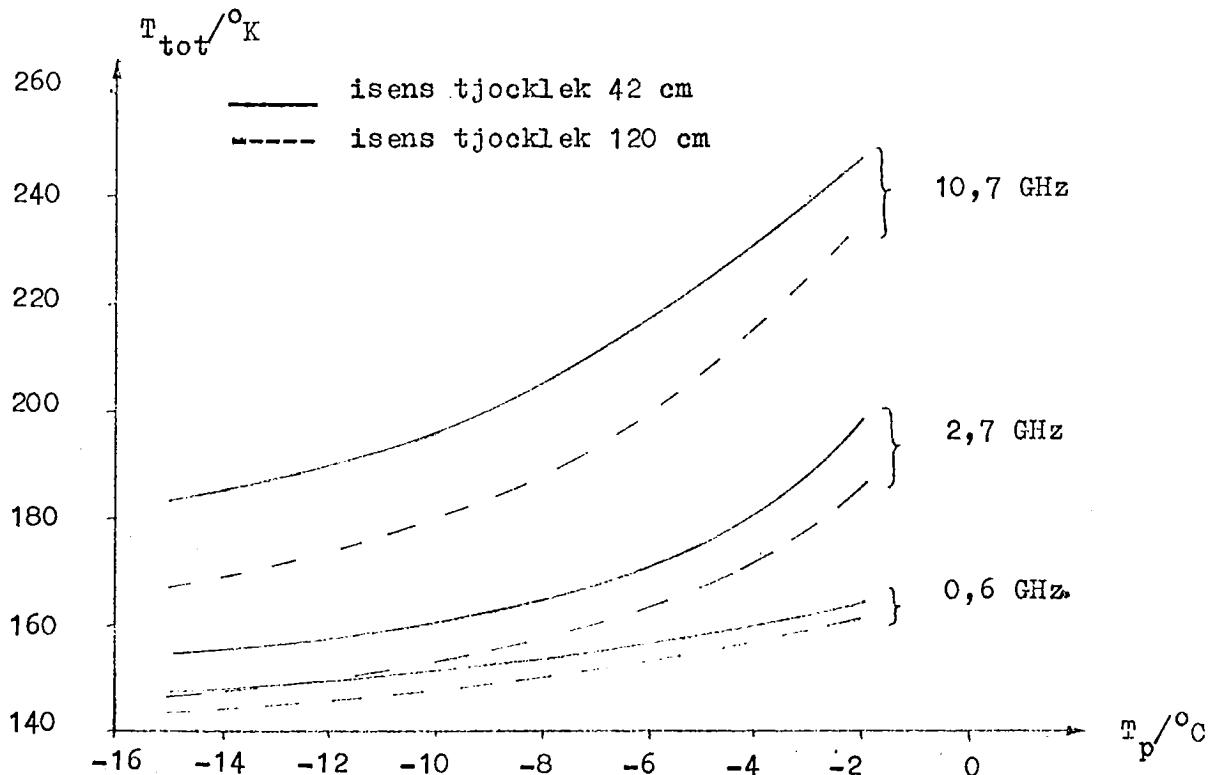
Figur 3b. Dämpning för isskiktet i figur 3a som funktion av yttemperaturen



Figur 4. Den gemensamma brustemperaturen av isskiktet och havsvattnet i figur 3a som funktion av isens yttemperatur



Figur 5a. Isens salthaltsprofiler, isens tjocklek 42 och 120 cm



Figur 5b. Inverkan av isens tjocklek på brustemperaturen vid tre olika frekvenser som funktion av yttemperaturen

Debatt

ERIK SEVERIN: — När kan ett ev. sådant här system sättas i praktiskt utnyttjande?

MARTTI TIURI: — Nästa vinter hoppas vi kunna göra mätningar med enkelsystem, så att vi får se hur det går. Alla dessa saker är mer eller mindre teoretiska, så att man måste göra många experiment, innan de kommer i praktiskt bruk. Kanske vintern 1977.

ULF EHLIN: — En fråga ang. resultaten som visades. Det finns kanadensiska utredningar på det här området, där man kom fram till att den bästa frekvensen för mätning av tjocklek var betydligt lägre än vad som framkom av de här försöken. Jag vill minnas att den bästa frekvensen var ca 12 MHz, som nämndes här. Enl. de kanadensiska försöken var den bästa frekvensen någonstans i närheten av 400–800 MHz. Är det olika förutsättningar som gäller för de här försöken?

Sedan konstaterandet att man har mätt istemperaturer, där skillnaden mellan 1,5 m tjock is och 0,3 m tjock is är ca 70 gr. C. Det var betydligt mer än vad som kom fram vid de här utredningarna. Skulle de kanadensiska utredningarna vara felaktiga — eller vad beror skillnaderna på?

MARTTI TIURI: — Det beror mycket på hur stor salthalten är. Om salthalten är större måste jag använda högre frekvens. Bottniska vikens salthalt är ganska låg. Jag vet inte vilken som är bästa frekvens, men det verkar vara 5 MHz eller större.

ULF EHLIN: — En fråga till: Det gäller en s.k. svepande (scanning) antenn. För att få den känslighet som krävs vid temperaturmätningar, så krävs att man har en viss tid på sig att observera ytan. När man sveper får man väldigt kort tid på sig för varje upplösningselement. Kan man tänka sig att få en flygande radiometer med rimlig upplösning och ändå tillräcklig känslighet för att notera de här små temperaturskillnaderna som man ändå får?

MARTTI TIURI: — Det får bli en kompromiss mellan olika saker.

SMHI:s förslag till isforskningsprogram inom ramen för det svensk-finska samarbetet för de kommande tre åren

1:e statsmeteorolog THOMAS THOMPSON, SMHI

När man ställs inför problemet isforskning i sin vidaste betydelse, frapperas man av hur mångfasetterat och komplicerat detta problem är. Isen omfattar nästan alla skalor från mm, då det gäller kristallstruktur, över meter när det gäller typen av is till km eller 100-tals km — som det blir tal om när vi skall bestämma isens utbredning över haven. När vi studerar isarna måste man dessutom ta hänsyn till ett flertal andra element såsom förhållandena i havet och i atmosfären, som är med och bestämmer isens tillväxt och smältning, dess rörelser och deformation. Med de resurser som står till förfogande i Sverige (och i Finland), det må gälla erfarenheter såväl som tekniska och finansiella tillgångar är det emellertid uppenbart att endast en begränsad del av isens många problemkomplex nu kan angripas om man skall hoppas att uppnå användbara resultat inom relativt nära framtid.

När vi på SMHI ställdes inför problemet att delta i isforskningen inom det svensk-finska vintersjöfartsforskningsprogrammet aktualiserades omedelbart frågan om en prioritering, och då en prioritering som kunde leda till bästa möjliga resultat med de begränsade resurser som står till vårt förfogande. Vi tog då först sikte på den målsättning som Sjöfartsverket hade satt upp för det totala vintersjöfartsforskningsprogrammet, nämligen att belysa och klarlägga faktorer, som påverkar vintersjöfarten på Bottenviken och Bottenhavet, där avsikten är att upprätthålla en lönsam trafik i största möjliga utsträckning under årets alla månader med största möjliga säkerhet för människor, fartyg och last. Med tanke på de speciella erfarenheter som SMHI har beträffande vädret, ansåg vi att vi borde koncentrera oss på sådana problem, som rör sambandet hav — is — atmosfär. Detta i synnerhet som atmosfären spelar en så avgörande roll, när det gäller ändringar i isförhållandena. Det stod vidare klart att vår forskning i första hand borde vara direkt målinriktad och ha en sådan karaktär att resultaten efterhand kan inkorporeras i den rutinistjänst, som SMHI bedriver. Faktorer som isens kemiska och fysikaliska egenskaper, om än viktiga för förståelsen av t.ex. isens brytbarhet, ansåg vi oss inte kunna ta upp, åtminstone inte i första omgången.

Vad är det då för problem som SMHI anser sig kunna behandla och som kan medverka till att underlätta vintersjöfarten?

- a) problem rörande isläggning, istillväxt och islossning, dvs det termodynamiska samspelet hav — is — atmosfär
- b) kartläggning av isens utbredning och grovstruktur, dvs var det finns drivis, packis, vallar etc
- c) beskrivning av isens rörelser och dynamik, dvs isdrift, råkbildning etc
- d) beskrivning av isens deformation, dvs vallbildning, ispress och isskruvning
- e) riskerna för nedisning av fartyg i gång i öppen sjö.

För alla de ovan uppräknade, för vintersjöfarten kritiska faktorerna gäller, att de inte bara bör kunna bestämmas och kartläggas med en acceptabel noggrannhet, de bör också kunna prognoseras flera dagar, ja helst också veckor i förväg. Detta förutsätter en kännedom om samspelet väder — is samt tillgång till tillförlitliga väderprognoser.

Efter att ha kommit fram till de problemområden, där SMHI ansåg sig i stånd att kunna bidra, togs kontakt med de finska isforskarna, ledda av Dr Erkki Palosuo vid Havsforskningsinstitutet, för att utväxla erfarenheter och diskutera grunderna för det gemensamma

isforskningsprogrammet. Man kom överens om att bedriva en direkt målinriktad isforskning, där målsättningen skall vara att belysa och klarlägga faktorer, som påverkar vintersjöfarten på Bottenviken och Bottenhavet. Man beslöt att sträva efter en samordnad isforskning, där gemensamma såväl som enskilda projekt skall ingå i ett enhetligt forskningsprogram för att kunna uppnå största möjliga helhet i resultaten. Publicering av resultaten bör därför ske gemensamt i största möjliga utsträckning och då företrädesvis på svenska och/eller engelska.

Man kom fram till att det gemensamma forskningsprogrammet bör bedrivas i huvudsak inom de områden som skisserades ovan men att båda parter i tillägg bör bedriva kontinuerliga litteraturstudier och undersöka nya typer av instrument som kan komma att användas inom isforskningen. Man enades vidare om att använda gemensam kartprojektion och kartskala för att underlätta jämförelser och koordination av framkommet material. Vidare beslöt man sig för att ha ett gemensamt gridnät för numeriska beräkningar.

Någon forskning beträffande isens fysikaliska och kemiska egenskaper ansåg sig de två instituten inte kunna bedriva. Däremot sker en viss forskning på detta område vid universitet i Uleåborg och vid Wärtsilä-varvet i Finland.

Med ledning av vintersjöfartens målsättning, diskussioner med finska kollegor samt de erfarenheter och den expertis som står till förfogande, har SMHI ansett sig i stånd att satsa på följande program.

1. Iskartläggning
2. Isläggning, istillväxt och islossning
3. Isens rörelser och dynamik
4. Isens deformation
5. Nedisning av fartyg

ISKARTLÄGGNING

Beträffande punkt 1, iskartläggning, har Bengt Thorslund redan beskrivit de typer av observationer, som ligger till grund för dagens iskartläggning. Det har med all önskvärd tydlighet framkommit att dessa observationer har många brister i synnerhet över öppet hav, där informationerna är synnerligen sparsamma och grovskaliga. Det bästa hjälpmedlet har under de senaste åren varit bilderna från satelliterna, men då dessa passerar över vårt område under morgonen får vi inga bilder under den mörkaste tiden av året. Först från början av mars kan detta hjälpmedel utnyttjas och då endast när moln och dimma inte ställer hinder i vägen. Under säsongen 1971/72 gav ca 60% av de bilder, som mottogs under perioden 1 mars–15 maj någon form av användbar information. Denna information, om än mycket värdefull, är för grovskalig för att kunna ge information om smärre råkar, packisbälten, vallar etc., som är ytterst viktig för navigeringen i isfarvatten.

Satellitbilder

Fig 1 visar en satellitbild från den 12 mars 1971. Vi ser hur man under idealiska väderförhållanden i grova drag kan urskilja var isen ligger. Vi ser hur den nordostliga vinden har fört isen ut från den svenska Bottenhavskusten med undantag för Gävlebukten och Södra Kvarken, där grov is fortfarande lägger hinder i vägen för sjöfarten. En råk har vidare öppnats i norra Bottenviken. Det är dock svårt att från bilden avgöra hur långt söderut denna sträcker sig. Den sträcker sig troligen hela vägen ned till öppet vatten i Bottenhavet. Följande figur (*fig 2*) visar en mycket vanlig situation, där man på satellitbilden visserligen kan se vissa delar av Bottenhavet och Bottenviken, men där tolkningen av issituationen är svår p.g.a. överliggande moln.

I 40% av alla situationer har man ett sammanhängande molntäcke som gör det omöjligt att observera isen över huvud taget.



Fig. 1.



Fig. 2.

Båda satellitbilder från ESSA8

Med »scannande» infraröda radiometrar har det varit möjligt att få bilder från satelliter också under mörker men upplösningen på dessa bilder (flera nautiska mil) har tyvärr varit så dålig att de inte har kunnat utnyttjas för iskartläggning i våra farvatten. Inom en relativt nära framtid kan man dock förvänta sig en avsevärd förbättring av bildupplösningen (mindre än 1 nautisk mil). Om de planerade satellituppskjutningarna lyckas och om mottagning kan ordnas i Sverige får vi tillgång till två bilder per dygn, en dag- och en nattbild. Problemet med moln och dimma kvarstår dock och upplösningen kommer fortfarande inte att kunna möta alla sjöfartens krav.

Andra numera till buds stående observationsmetoder är alla visuella, vare sig det gäller utkiksstationer längs kusterna, fartyg under gång i isen (då främst isbrytare), helikoptrar eller flygplan. Vi har sett att vid mulet väder fås ingen satellitinformation, vid låg molnbas fås ingen information varken från flyg eller satellit och är dessutom sikten dålig fås endast spridda punktinformationer från utkiksstationer och fartyg.

Vad har vi då för andra möjligheter att skaffa oss information om isen? Jo, de olika »remote sensing» metoderna, som arbetar inom mikrovågsbandet tycks med framgång kunna användas för isobservationer, något som framhölls i Ulf Karströms föredrag. Metoder, som redan har använts med framgång, är högt placerad landfast radar, flygburen, sidsittande radar samt fast eller svepande, passiv mikrovågsmätning från flyg och satellit.

Landfast radar

Som exempel på landfast radar kan nämnas att på ön Hokkaido i Japan har en radar-kedja, bestående av tre stationer, byggts upp för iskartläggning och studier av isdrift. *Fig 3* visar hur man med radar kan »se» isen och klart urskilja råkar i en drivsmassa. Man kan urskilja detaljer på ett avstånd av 30 nautiska mil. En kedja på tre stationer täcker en kuststräcka på ca 140 nautiska mil, dvs en sträcka motsvarande Umeå—Hudiksvall längs svenska Bottenhavskusten. Det skall dock noteras att radarkedjan är placerad på en höjd av mellan 220 och 440 meter, något som inte torde bli möjligt längs svenska kusten. Där kan man på vissa avsnitt komma upp på ca 200 meters höjd och det ger i gynnsamma fall en räckvidd på uppåt 25 nautiska mil.

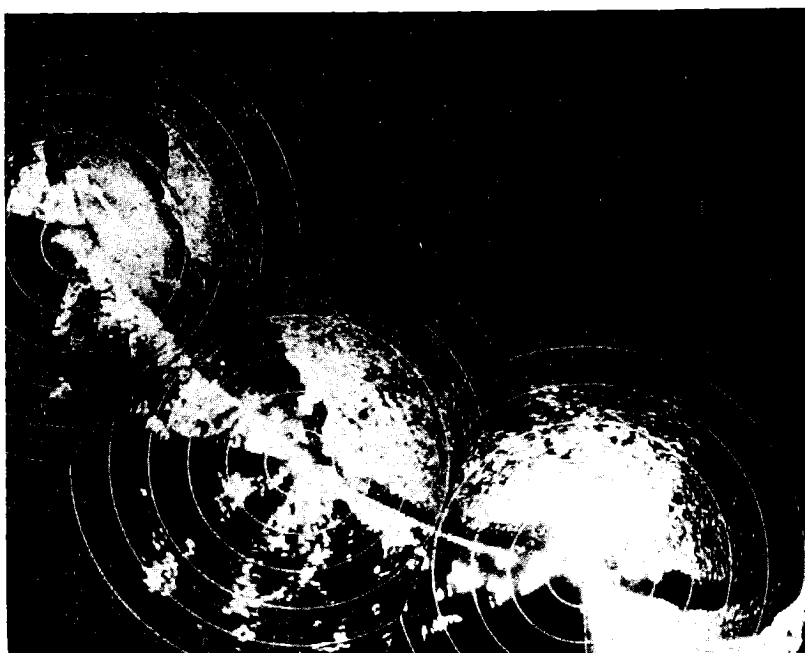


Fig. 3. Isobservationer med landfast radar.

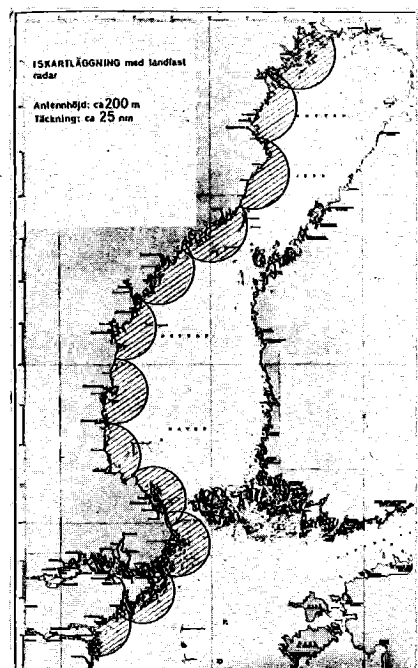


Fig. 4. Fiktiv radar-kedja.

Fig 4 visar hur man med radar kan täcka en 25 nautiska mil bred remsa längs svenska Bottenhavs- och Bottenvikskusten, förutsatt att alla radarstationerna kan placeras ytterst i kustbandet på en höjd av ca 200 meter. Det är naturligtvis otänkbart att upprätta en sådan radarkedja enbart för isobservationer, men skulle en radarkedja planeras för andra ändamål vore det naturligtvis ytterst värdefullt om den också kunde utnyttjas för isobservationer.

Ake Blomqvist kommer senare idag att redogöra för ett svenskt försök med radar, utfört sista säsongen, samt planerna för fortsatta experiment kommande vinter. Efter lunch kommer dessutom en japansk isfilm att visas, där försöken med landfast radar på ön Hokkaido beskrivs.

Sidtittande flygburen radar

Av andra remote sensing metoder har SLAR (Side-looking airborne radar), eller översatt till svenska: sidtittande flygburen radar, varit den som har visat sig mest intressant för isobservationer. Försök, gjorda av U.S.Coast Guard, under s/s Manhattans resa i Nordvästpassagen förefaller mycket lovande. *Fig 5* visar en radarbild tagen medan s/s Manhattan

befann sig i isen. Man kan tydligt urskilja karakteristiska isformationer såsom flak, isvallar, uppbruten is, öppet vatten etc. Fig 6 visar en radarfilmremsa 20 nautiska mil bred och 50 nautiska mil lång, där man tydligt urskiljer en bred råk längs kusten av Banks Island i Melvillesundet. Denna råk kom inte med på den iskarta, som baserades på visuella observationer.

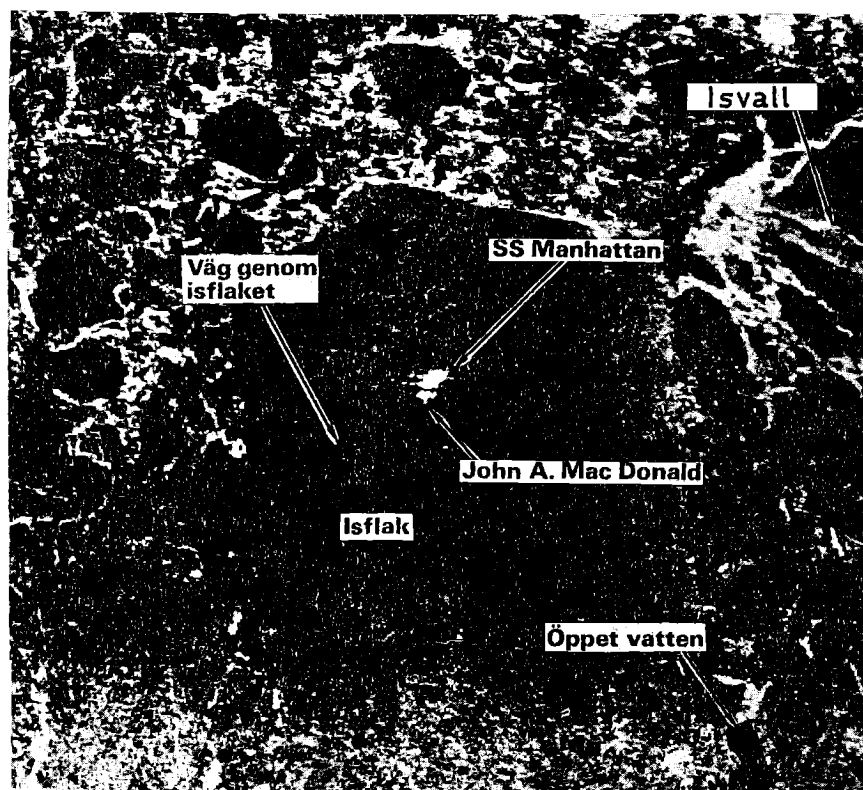


Fig. 5. Isbild med sidtittande flygburen radar (SLAR).

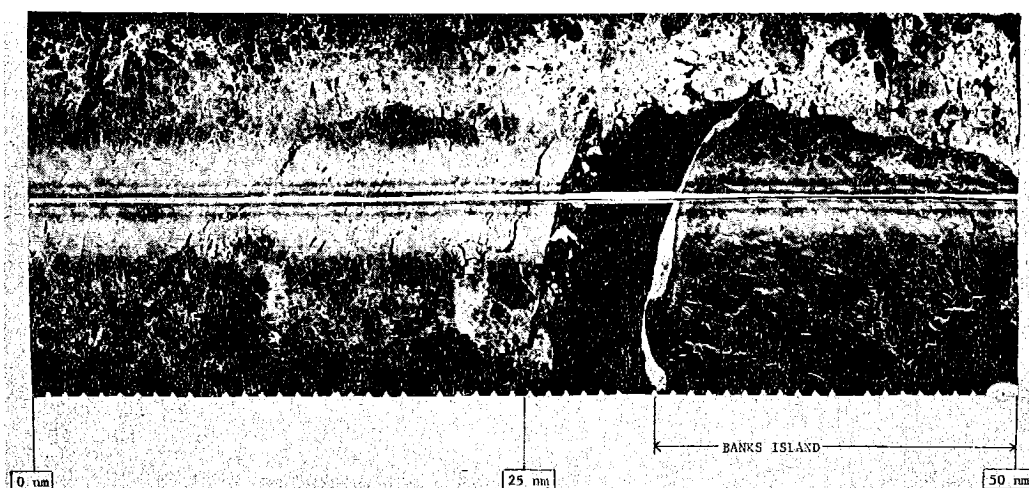


Fig. 6. Iskartläggning med SLAR.

Också andra försök med mikrovågsmätningar har gett lovande resultat. Martti Tiuri redovisade t.ex. i sitt föredrag igår hur man med hjälp av mikrovågor hoppas kunna mäta isens tjocklek. En stor nackdel med remote sensing är att apparaturen tyvärr är dyrbar. En flygburen, sidtittande radar av modernaste typ kostar t.ex. omkring 500.000 dollar, men

enkla typer finns för ca 500.000 svenska kronor. Dessutom krävs ett relativt stort flygplan för antenn och apparatur. Remote sensing metoderna är dock användbara för många andra ändamål än iskartläggning, som detektering av oljespill, geologiska undersökningar, industriella utsläpp. En gemensam anskaffning av ett remote sensing-utrustat flygplan är därför en realistisk tanke, som man hoppas den svenska remote sensing kommittén under statens rymdlegation, skall få möjlighet att ta upp. Kunde detta flygplan också utnyttjas av Finland, har vi möjlighet att kartlägga isen i hela Bottenhavet och Bottenviken i detalj och i stort sett oberoende av vädret under loppet av 3–5 timmar. Tiden beror på utnyttjad flygplanstyp. Fig 7 visar hur ett 40 nautiska mil brett stråk längs svenska Bottenvikskusten kan kartläggas, praktiskt taget oberoende av vädret, under loppet av 2,5 timmar.

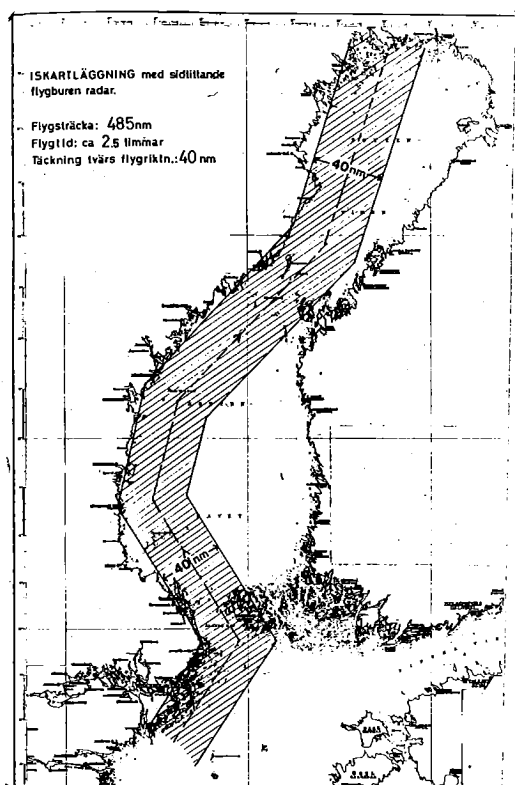


Fig. 7. Exempel på geografisk täckning med SLAR.

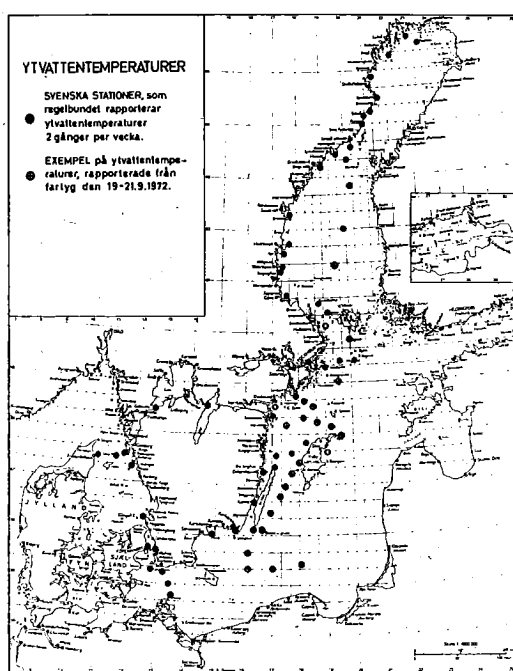


Fig. 8. Observationsstationer för ytvattentemperaturer per den 1 oktober 1972.

SAMPELET HAV – IS – ATMOSFÄR

Projekt nr 2 i SMHI:s isforskningsprogram, nämligen isläggning, istillväxt och islossning, kräver ingående studier av det termodynamiska samspillet mellan hav – is – atmosfär. Den metod som hittills har använts vid SMHI för att prognosera isläggning, beskrevs i korta drag av Bengt Thorslund i hans anförande igår. Metoden, som är utvecklad av Dr Bertil Rodhe vid SMHI, baserar sig på lufttemperaturer uppmätta vid ett fåtal stationer längs svenska kusten. Genom att använda sig av prognoserade lufttemperaturer kan man få fram en prognos över när isen kan tänkas lägga sig i olika farvatten. Metoden är dock inte tillförlitlig, då den inte tar med termer som vind, havsströmmar etc, och den kan inte användas för beräkning av istillväxt och islossning.

Vad man nu vill göra är att studera de energitransporter man har vid tiden före isläggning, under istillväxt och vid islossning och komma fram till en modell, där det termodynamis-

ka samspelet så realistiskt som möjligt simuleras och där man genom att använda prognoserade väder- och havsdata också kan prognosera vattentemperaturen och isens utveckling. För att utveckla och testa en sådan modell krävs dock en bättre kännedom om olika parametrar till hays som luft- och ytvattentemperatur, vattnets skiktning, vind och strömförhållanden. Ingemar Udin kommer i sitt föredrag att gå närmare in på detta problem, men jag vill här nämna att som ett led i detta projekt har vi under hösten etablerat nya stationer längs kusterna och utrustat ett flertal fartyg med instrument för mätning av ytvattentemperaturen. De fyllda cirkelarna på *fig 8* visar stationer, varifrån ytvattentemperaturer rapporteras två gånger i veckan. Ringarna med x visar observationer rapporterade från fartyg en slumpvis utvald dag. Genom kustbevakningens försorg hoppas vi också kunna få ytvattentemperaturmätningar från ytterligare ett 20-tal punkter ca 10 nautiska mil från kusten.

Förutsatt våra resurser tillåter det, kommer vi också att utföra mätningar från flyg med IR-radiometer. Apparaturen är redan tillgänglig vid SMHI, problemet är bara tillgång till flygplan. Om mätningarna kommer till stånd kommer de att koordineras med liknande flygningar från Finland.

RÖRELSER OCH DYNAMIK

Isens rörelser och dynamik är nästa problem som vi tänker ta upp. Vi vet att det finns ett samspel mellan vind och havsströmmar å ena sidan och isens rörelser å andra sidan. Vi kan t.ex. i grov skala se hur råkar öppnas på svenska sidan av Bottenhavet vid västvindar och på Finska sidan vid ostvindar, men vi känner inte i detalj till de krafter som påverkar isen under olika vind- och strömförhållanden. Bildning eller stängning av smärre råkar, som är viktiga för framkomligheten i isen, är säkert betingade av vind- och strömförhållanden, men tyvärr känner vi inte sambandet tillräckligt väl för att kunna prognosera råkarna från våra väderinformationer. Vi har kommit tillräckligt långt för att teoretiskt kunna sätta upp ett förenklat uttryck för sambandet. Fältmätningar behövs dock för att kunna beräkna de olika termerna och för detta behöver vi bl.a. en högt placerad landfast radar, där man med hjälp av på isen utplacerade reflektorer kan mäta isens rörelser. Det är därför ytterligt viktigt att de radarförsök, som FOA startade sista vintern kan fortsätta och förbättras under kommande säsonger. Radarmätningarna kommer i så fall att kompletteras med täta vind-, ström-, tryck- och temperaturmätningar, dels på land och dels på isen så långt förhållandena tillåter. I tillägg till radarmätningarna behövs också flygfotografering och möjligen kan också fotografier från den nya jordresurssatelliten ERTS-A, som USA har skickat upp i en bana runt jorden, kunna utnyttjas. Andra metoder som har diskuterats är olika typer av radiopejling, en metod som kommer att undersökas närmare. Ingemar Udin kommer att beskriva vårt program för studier av isens dynamik närmare, men jag vill påpeka att detta projekt är ytterst viktigt för att få fram sambandet is – atmosfär, som igen är en förutsättning för att vi skall kunna utnyttja våra väderprognoser för att prognosera isens rörelser.

Isens deformation är ett mycket stort problem för vintersjöfarten. Isvallar kan förhindra eller kraftigt försena sjöfarten och isskruvning kan vara direkt farlig för fartyg. Som ett första steg i studierna av isens deformation kommer SMHI kommande vinter att försöka kartlägga isvallar i vissa områden längs i huvudsak Bottenviks- och Bottenhavskusterna. Genom utökade väderobservationer avser vi att undersöka sambandet vallbildning – väder för att också här försöka komma fram till metoder att prognosera vallarna.

Hjälpmedel i isvallskartläggningen blir visuella observationer från lotsar, fyrpersonal och fartyg och då främst isbrytarna. Vi kommer också att försöka få stereofotograferingar från flyg utförda och undersöka möjligheterna att utnyttja fotografier från satelliten ERTS-A. Dykarundersökningar av den typ Dr Palosuo har utfört kommer vi inte att ge oss

på, utan hoppas att han i stället skall fortsätta sina undersökningar. Studier av ispress och isskruvning kommer vi troligen att ta upp i ett senare skede i vårt program, även om de redan är delvis inkopplade genom isdynamikstudierna.

NEDISNING AV FARTYG

Till slut vill jag kort nämna problemet med nedisning av fartyg. Detta problem är ytterligt viktigt för sjöfarten. Även om nedisningskatastroferna har minskat avsevärt under senare år har dock nedisningen stor ekonomisk betydelse, med tanke på de tidsförluster som kan uppstå, dels genom förseningar i gångtid, dels genom tid som åtgår till isknackning. *Fig 9* visar ett hårt nedisat fartyg och ni kan ju tänka er först vilka säkerhetsrisker denna is innebär, sedan vilken tid som går åt för att bli av med isen. SMHI har de senaste säsongerna utfärdat nedisningsvarningar per radio. Dessa varningar har grundats på diagram, framkomna efter studier av hundratals nedisningstillfällen främst på norra Atlanten. Förhållandena i Östersjön, Bottenhavet och Bottenviken är i flera avseenden olika de som råder på norra Atlanten, dels är salthalten lägre, dels är vågspektrat annorlunda. Vi vill också undersöka hur olika typer av fartyg påverkas. Genom att insamla material, dels direkt från svenska fartyg, dels indirekt från utländska fartyg genom lotsarna, hoppas vi efterhand



Fig. 9. Ett hårt nedisat fartyg.

kunna modifiera eller nykonstruera diagram, som kan utnyttjas för nedisningsvarningar i aktuella farvatten i framtiden.

Det isforskningsprogram, som jag här har skisserat är, mätt med internationella mått ytterligt blygsamt, men med tanke på de resurser som står till vårt förfogande är det däremot i överkant ambitiöst. Vi hoppas därför att detta första blygsamma steg, som nu har tagits mot en ökad aktivitet inom havsisforskningen, skall leda till att nya forskare engagerar sig i problemet och att tillräckliga medel ställs till förfogande för att en meningsfull forskning skall kunna åstadkommas. Sedan återstår att utnyttja och anpassa de framkomna forskningsresultaten i den rutinmässiga istjänsten, som direkt skall komma sjöfarten till godo.

Detaljpresentation av de olika projekten som ingår i SMHI:s isforskningsprogram samt redovisning av andra forskares erfarenheter inom dessa områden.

1:e statsmeteorolog INGEMAR UDIN, SMHI

INLEDNING

Som Thomas Thompson nyss nämnde är syftet med vår isforskning att genom kvantitativa studier av isens rörelser och dess energiutbyte med omgivningen göra det möjligt att i framtiden prognosera olika fenomen som

- 1) isdrift
- 2) isläggning, istillväxt och islossning
- 3) isens deformation t ex råk- och vallbildning, isskruvning
- men också ett något annorlunda fenomen, nämligen
- 4) nedisning av fartyg.

Under det senaste decenniet har utvecklingen inom meteorologien varit mycket snabb, främst för att datorer gjort det möjligt att matematiskt behandla det komplicerade system av ekvationer, som beskriver atmosfären och dess rörelser. Man har satt upp modeller av atmosfären och simulerar i datorer vädrets förändringar med hjälp av dessa. Meteorologens prognoser och då framför allt långtidsprognoserna, grundar sig idag till en mycket stor del på dataprognoser. Man kan också sätta upp numeriska modeller av isen och havet och i princip gäller samma ekvationer för dessa som för väderprognosmodellerna. Havsisforskningen bör göra det möjligt att i framtiden delge sjöfarten information, som grundar sig på objektiva dataprognoser.

En numerisk modell av havsisen bör egentligen simulera atmosfären och havet samtidigt med isen. Atmosfären och havet påverkar isen, men isen påverkar ju i sin tur atmosfär och hav. Modellen skulle ge prognoser av såväl hav, is som atmosfär. Som alla säkert förstår är det idag inte möjligt att konstruera en sådan modell, eftersom den skulle kräva en perfekt förståelse av samspelet mellan hav – is – atmosfär, men också en datorkapacitet, som i dagens läge inte går att uppbringa.

Man kan emellertid konstruera en numerisk modell för enbart isen. I en sådan modell måste man då bortse från växelverkan mellan is och hav – atmosfär. Man måste dessutom för att kunna prognosera isen ha prognoser av de faktorer som påverkar den. En isprognos kommer alltså att baseras på en väder- och en eventuell havsprognos och det innebär att isprognosen blir felaktig så fort väderutvecklingen har beskrivits fel av datorn eller tolkats fel. (Lennart Bengtsson kommer att behandla numeriska modeller av atmosfären och havet och dessas tillförlitlighet längre fram i programmet).

För att konkretisera, och för att göra det lättare att förstå vårt förslag till forskningsprogram, som jag kommer in på senare, vill jag helt allmänt sätta upp de ekvationer, som kan ligga till grund för en ismodell. Ekvationerna finns i det senaste nr av AIDJEX Bulletin, en rapportserie som ges ut av universitetet i Washington med anledning av det stora internationella isforskningsexperimentet AIDJEX (Arctic Ice Dynamic Joint Experiment). De variabla storheter en ismodell måste innehålla är

- | | |
|--|-------------------|
| 1) Isens hastighet och rörelseriktning | $w(x, y, t)$ |
| 2) Isens massa | $m(x, y, t)$ |
| 3) Stressen i isen (en tensor) | $\sigma(x, y, t)$ |

Isens massa per enhetsyta kan enligt Rothrock skrivas $M = N \cdot b \cdot \varsigma$ där N beskriver hur stor del av ytan som täcks av is ($0 \leq N \leq 1$), ς är isens täthet och b isens tjocklek. Den vanliga

rörelseekvationen och kontinuitetsekvationen tillsammans med ett uttryck för stress-tensorn ger ett slutet ekvationssystem.

$$\rho h \frac{dw}{dt} = \pi_a + \pi_w + C + G + h \nabla \sigma \quad (1)$$

$$\rho N \frac{dh}{dt} = \phi_1 + m \psi \quad (2)$$

$$\rho h \frac{dN}{dt} = -m \nabla w + \phi_2 - m \psi \quad (3)$$

$$\sigma = F(\epsilon, \dot{\epsilon}) \quad (4)$$

Här är

π_a = vindstressen på övre isytan

π_w = vattenstressen på nedre isytan

C = corioliskraften

G = tryckgradientkraften

ϕ_1 = istjockleksförändringen som beror på istillväxt, smältning eller nederbörd

ϕ_2 = isförändringen som beror på frysning av öppet vatten

ψ = istjockleksökning beroende på deformation

ϵ = isspänning, -sträckning

$\dot{\epsilon}$ = $\frac{d\epsilon}{dt}$

(ϵ och $\dot{\epsilon}$ kan uttryckas i derivator av x , y , w)

Av den första ekvationen framgår att isens rörelser beror av fem krafter. Den andra beskriver förändringar i istjocklek, som beror på termiska förändringar och deformation av isen. Den tredje ekvationen visar att förändringen i iskoncentrationen beror dels på isens konvergens och divergens i området, dels termiska förändringar och dels deformationen. Den fjärde ekvationen skissar den besvärligaste faktorn i systemet, stressen i isen.

Ekvationssystemet är relativt väldefinierat, men hur de olika termerna skall behandlas är inte isforskarna världen över överens om. Det beror till en stor del på att termerna dels är relativt komplicerade dels på att man inte har studerat och inte heller har kunnat studera problemen tillräckligt. Alla är emellertid eniga om att systemet och termerna måste förenklas om man ska få en lösning. Det viktigaste målet för AIDJEX är ett närmare studium av de termer som ingår i systemet applicerat på förhållandena i Arktis. Vi kan genom att använda resultaten från AIDJEX och isforskarens tidigare resultat, kompletterat med egna fältstudier för att undersöka Östersjöns särprägel, lära oss mer om det samspel som råder mellan hav — is — atmosfär och genom detta ge vintersjöfarten en bättre information.

Med detta något teoretiska resonemang som bakgrund, vill jag nu komma över till en närmare presentation av de enskilda projekt som ingår i det isforskningsprogram som SMHI har föreslagit.

PROJEKT 1.

"Isens rörelser och dynamik. Isdriftsstudier för att öka förståelsen av den dynamiska kopplingen hav — is — atmosfär."

Isens dynamik spelar en väsentlig roll för vintersjöfarten, speciellt för planering på kortare sikt. Kommer råken att vidgas eller går den ihop? Kommer Norra Kvarken att proppas till? Ett svar på dessa frågor betyder mycket om man vill sträva efter transporthastigheter som gör sjöfarten lönsam och samtidigt säker.

Nansen studerade redan 1902 isens rörelse i Arktis med hjälp av data som samlats in under expeditionen med Fram de sista åren på 1800-talet. Han behandlade enbart ekvationen (1) mycket förenklad. Han antog att vindstressen, vattenstressen och corioliskraften balanserade varandra.

alltså $\pi_o + \pi_w + C = 0$

Resultaten han fick med uttrycket ovan stämde relativt väl med observationerna från Fram men vid senare jämförelser visade det sig att Nansens teori måste förbättras. Sverdrup, Rossby och Montgomery och många andra har studerat olika förenklade former av ekvation (1). Men först sedan mitten på 1960-talet har isens rörelser bättre kunnat beräknas bl a därför att datorer gjort det möjligt att lösa ekvationen utan de alltför restriktiva antaganden som tidigare gjordes delvis för att möjliggöra beräkningar av termerna.

1965 publicerade amerikanen Campbell ett klassiskt arbete om isens rörelser med titeln "The wind-driven circulation of ice and water in a polar ocean". Han försummade endast accelerationstermen i (1) och fick resultat som relativt väl stämde med observerade data, (se fig 1). Campbell har senare kritiserats i sitt sätt att behandla den inre isstressen eller stresstensorn av bl a ryssen Doronin (1970) och Pai och Li från USA (1972). De påpekar att den första ekvationen i det skisserade ekvationssystemet inte kan lösas separat utan måste kopplas med de övriga ekvationerna.

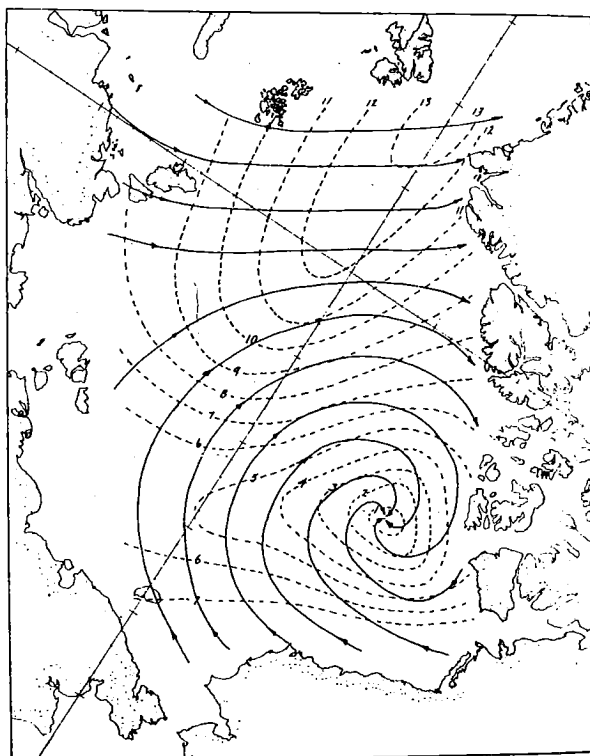


Fig. 1. Isens rörelseriktning (heldragna linjer) och hastighet i cm/sek (streckade linjer) erhållna vid en numerisk beräkning av isens rörelser i polarbassängen (efter Campbell, 1965).

Ett projekt i vårt program är studier av isens dynamik. Vi planerar att vid ett fältexperiment i Bottenhavet beräkna de olika termerna i den första ekvationen för att studera storleken hos de olika termerna i våra farvatten. För att visa vilka parametrar som måste beräknas vid en fältstudie kan Campbells uttryck för termerna användas.

$$\underset{1}{\rho h} \frac{dw}{dt} = \underset{2}{\rho_a} \underset{3}{K_a} \underset{4}{w_a} / \underset{5}{w_a} + \underset{6}{\rho_w} \underset{3}{K_w} \underset{4}{w_w} / \underset{5}{w_w} + \underset{4}{\rho h} \underset{5}{w_x} / K + \underset{5}{\rho h} \nabla (\Delta D)_s + \underset{6}{\rho h} k_b \nabla^2 w \quad (5)$$

Uttrycket ser komplicerat ut men låt oss diskutera termerna.

1) Accelerationstermen.

Den har i de flesta tidigare arbeten försumrats men är med det växlande väder vi har på våra breddgrader en term, som kan vara av betydelse. Vi vill vid fältförsöken beräkna accelerationstermen, för att studera dess betydelse i olika vädersituationer. Det kräver att isens hastighet och hastighetsförändringar kan mätas noggrant. Det instrument som är mest lämpat för dessa mätningar är en radar, som med jämna mellanrum mäter avståndet till ett antal radarreflektorer, vilka placerats ut på isen. En radar användes redan förra vintern för isstudier, vilka lab. Blomqvist vid FOA kommer att tala om senare, men fortsatta försök med radarn kräver en ekonomisk satsning. För mätningar av isens hastighet och acceleration kan också olika typer av radioutrustningar användas t ex Decca sändare — mottagare, utplacerade på isen. Eftersom risken är stor att en del instrument förstörs eller försvinner då isen rör sig, kan en satsning på Deccasystem bli kostsam.

De andra faktorerna i accelerationstermen är isens täthet ρ som kan beräknas och istjockleken h som kan mätas.

2) Vindstressen.

Enligt Prandtls teori kan termen under vissa förutsättningar skrivas

$$\pi_a = \rho_a K_a w_a / w_a$$

där ρ_a är luftens täthet, w_a vinden relativt isen och K_a ett uttryck för viskositeten, vilket beror på isytans skrovlighet. Vid beräkning av termen behöver man känna vinden över isen. Den kan mätas vid kusten, men bör också vid vissa tillfällen mätas vid en station på isen, då vinden vid kusten inte är helt representativ för havsområdet. Luftens täthet, ρ_a , kan beräknas från tryck- och temperaturuppgifter och uppgifter av isens skrovlighet kan erhållas från tidigare arbeten. Kanadensarna bl a en grupp vid Mc Gill universitetet har bedrivit forskning kring dessa problem.

3) Vattenstressen.

På samma sätt som vindstressen är $\pi_w = \rho_w K_w w_w / w_w$ där index w står för vatten. Termen fordrar en kännedom om strömmen i havet under isen och vi planerar att utföra strömmätningar i undersökningsområdet. Isens skrovlighet på undersidan är relativt okänd men vi räknar med att ta värdet på K_w från tidigare utländska arbeten.

4) Corioliskraften.

Det är den avlänkande kraft, som beror på jordens rotation. För att beräkna

dess storlek krävs kännedom om isens täthet, istjockleken och isens rörelseriktning och -hastighet. Även denna term är beroende av en god positionsbestämning av isen. f är känd då latituden är känd och lk är den vertikala enhetsvektorn.

5) *Tryckgradientkraften.*

Den orsakas av vatten- och isytans lutning och ger upphov till de sk gradientströmmarna i havet. $(\Delta D)_s$ är ett uttryck för havsytans avvikelse från en normal höjd. En isforskare Weber visade 1972 att tryckgradientkraften är mycket väl korrelerad med lufttrycket vid marken. Vi planerar att använda lufttrycksmätningarna vid de ordinarie meteorologiska stationerna kompletterade med mätpunkter i undersökningsområdet.

6) *Interna isstressen eller stresstensorn.*

Denna term är den som är minst känd och svårast att härleda ett uttryck för. Ett av AIDJEX mål är att genom studium av spänningar och sträckningar i isen öka förståelsen av termen. Campbell avslutar sitt arbete med att påpeka att hans behandling av termen som fordrar en kännedom om isens täthet, tjocklek och rörelser men också en viskositetsparameter inte är helt bra. Han nämner att man med hjälp av radar vid isstudier har goda möjligheter att härleda empiriska uttryck på isstressen som skulle kunna användas för att beräkna vallbildning och råkbildning i isen.

Studierna av de olika termerna och deras storlek i olika vädersituationer kommer att vara underlag för vidare forskning mot en numerisk modell av isens dynamik för Östersjön. Modellen bör kunna fånga rörelser på meso- och macroskalan men också ge någon information om vall- och råkbildning.

Försöket har emellertid ytterligare ett syfte, nämligen att studera användbarheten av landfast radar för isobservationer längs kusterna. Professor Tabata från Japan har, som Thomas Thompson nämnde, byggt upp en radarkedja längs Hokkaidos norra kust och studerar med denna isens rörelser. Men för att bedöma användbarheten av radarn måste man jämföra den information, som man får från bilden med några visuella observationer. Överlappande flygfoto-fografier av området vid några tillfällen har tagits med i våra planer för detta ändamål. Överlappningen behövs för att kunna studera bilderna stereoskopiskt och ha möjlighet att bedöma om det finns vallar i området. Men mer om radarstudierna kommer vid lab. Blomqvists inlägg.

PROJEKT 2.

"Studier av det termiska energiutbytet hav — is — atmosfär. Isläggning, istillväxt och islossning."

Ekvationssystemet (1) — (4) innehåller också termer som beskriver det termiska energiutbytet mellan de tre medierna. ϕ_1 beskriver termiska förändringar av redan existerande is, medan ϕ_2 beskriver termiska förändringar som orsakar isläggning. Man skiljer på processerna för att den ena orsakar förändringar i istjockleken och den andra i iskoncentrationen, vilket framgår av ekvationssystemet. Man skiljer dem också av en annan anledning. Förändringar av redan existerande is har man idag numeriska modeller för, medan det är betydligt svårare att numeriskt simulera isläggning.

Målsättningen med studierna av de olika energiflödena mellan hav, is och atmosfär som vi har planerat är att

- göra det möjligt att förbättra de metoder vi idag använder för prognosering av isläggning men också att prognosera vattenytans temperatur 5–10 dagar framåt.
- undersöka om man med kännedom om vissa väderelement, deras klimatologiska värden och den väntade avvikelsen från klimatologin kan ge sjöfarten en information om isläggning, istillväxt och islossning på något längre sikt exempelvis upp till en månad.
- genom delstudier av de ingående faktorerna i ekvationssystemet göra det möjligt att i framtiden behandla samtliga ekvationer i det slutna systemet (1) – (4) (i förenklad form).

Olika uttryck för det termiska energiflödet har studerats av en rad forskare. Många från Finland har studerat förhållandena i Östersjön bl a Hela, Simojoki, Laevastu och Hankimo. Dessutom har Palosuo (1971) prognoserat ytvattentemperaturen genom att beräkna de olika flödestermerna och därefter räkna fram hur nettoflödet påverkar förändringen av vattenytans temperatur.

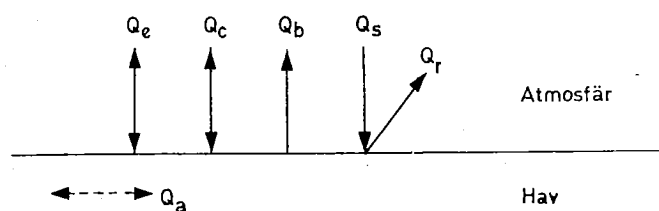


Fig. 2. Termiska värme-flöden som påverkar vattentemperaturen.

Palosuo studerade följande flöden (se fig 2):

$$Q_n = Q_e + Q_c + Q_b + Q_r - Q_s$$

där

1) Q_n – nettoflödet

2) Q_e – flödet av latent värme

$$Q_e = 6.75 (e_s - e_2) v_{10} \text{ (Hankimo)}$$

e_s = mättnadsångtrycket vid temperaturen T_s (e_s beräknas direkt från T_s)

T_s = vattenytans temperatur

e_2 = luftens rådande ångtryck (kan beräknas om man känner aktuell lufttemperatur och fuktighet)

T_2 = lufttemperaturen

u_2 = relativa fuktigheten i procent

v_{10} = vindhastigheten

(2 och 10 meters höjd är standardhöjder för meteorologiska mätningar av temperatur och fuktighet resp. vind.)

3) Q_c – flödet av sensibelt värme

$$Q_c = 4.40 (T_s - T_2) v_{10} \text{ (Hankimo)}$$

- 4) Q_b — långvågsstrålning tillbaks till rymden
 $Q_b = Q_{ob} (1 - 0.0765 C)$ (Laevastu)
 $Q_{ob} = 297.0 - 1.86 T_s - 0.95 u_2$ (Lönnqvist)
 C = totala molnigheten
- 5) Q_r — kortvågsstrålning som reflekteras i havsytan
 $Q_r = 0.15 Q_s - (0.01 Q_s)^2$ (Laevastu)
- 6) Q_s — total inkommande strålning
 $Q_s = 0.014 A_n t_d (1 - 0.0006 C^3)$ (Laevastu)
 A_n = dagens maximala solhöjd
 t_d = dagens längd
- 7) Q_a — advektiva värmeflödet i havet)

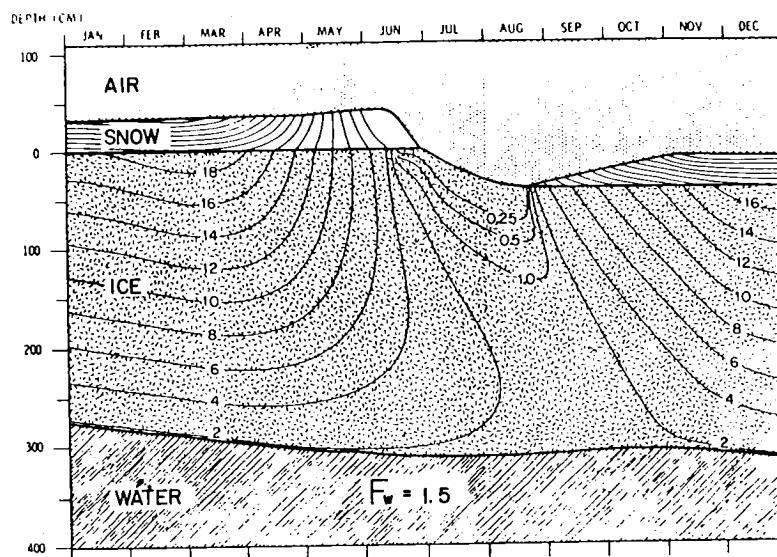
Flödesuttrycken har tagits med för att visa vilka parametrar man måste ha observationer och även prognoser av för att beräkna nettoflödet och därefter, med vissa antaganden om hur flödet fördelar sig vertikalt i vattnet, förändringen i ytvattentemperaturen.

De meteorologiska parametrarna mäts huvudsakligen vid kuststationer, som oftast inte är representativa för förhållandena ute till havs. Ett fåtal fartyg utför fullständiga meteorologiska observationer men deras antal behöver utökas om vår service till sjöfarten ska kunna förbättras. Vi ser också av flödestermerna att vattenytans temperatur måste vara känd men för närvarande är den rumsliga täckningen bristfällig. Arbete att förbättra den informationen har redan satts igång av SMHI (vilket ju Thomas Thompson har nämnt). Under vissa tider, t ex strax före isläggning, är man intresserad av en god täckning av observationerna av ytvattentemperaturen. Havsforskningsinstitutet i Helsingfors har därför utfört mätningar från flyg tidigare höstar och SMHI planerar att denna säsong också utföra flygmätningar. Palosuo fick vid sina beräkningar av vattentemperaturen värden, som avvek något från observationerna. Det berodde till en del på observationernas brister och även på att noggrannheten i de empiriska uttrycken inte alltid är så god men också på att han inte tog någon hänsyn till de advektiva värmetransporterna i havet. Genom att ta hänsyn till vattnets rörelse vill vi försöka förbättra metoden och med den, dels ge information om temperaturförändringarna i ytvattnet ungefär en vecka framåt, men också när man kan vänta att vattentemperaturen går under fryspunkten och en isläggning kan väntas.

Vi var tidigare inne på den metod vi använder för närvarande vid prognoser av isläggningen. Metoden härleddes av Dr Rodhe vid SMHI, men har en del brister. Den tar bl a inte hänsyn till vinden och inte heller den advektiva värmetransporten i havet. Vi hoppas med våra studier att få en bättre möjlighet att prognosera isläggningen genom att ta hänsyn till även dessa faktorer.

När väl isen lagt sig på havet ändras de termiska energiflödena, utstrålningen från ytan ändras, den reflekterade strålningen ändras etc. Isläggningsproblemet övergår i ett istillväxtproblem och så småningom i ett islossningsproblem. Isens tillväxt studerades redan 1891 i ett arbete av tysken Stefan. Senare har ryssen Zubov i ett stort klassiskt arbete också berört tillväxten. Ett av de senare och mycket intressanta arbetena som rör isens tjockleksförändringar är "Some results from a time-dependent thermodynamic model of sea ice" av amerikanerna Maykut och Untersteiner. De studerar de termiska flödena i atmosfären, snön (på isen), isen och havet och simulerar mycket realistiskt den arktiska isens tillväxt och smältning under året (se fig 3). Modellen använder klimatologiska data och har i och med det en annan tidsskala än väderprognoserna. Men försök till isprognoser på längre sikt har gjorts och görs idag av bl a amerikaner och ryssar. De utfärdar prognoser främst för arktiska områden

Fig. 3. Resultat från en numerisk beräkning av den arktiska havsisens tjockleks- och temperaturförändringar under ett år (F är värmeflödet från vattnet till isen) (efter Maykut och Untersteiner, 1969).



som sträcker sig upp till en hel säsong. Prognoserna bygger på analogistudier, på försök att korrelera isutbredningen med olika meteorologiska parametrar och fält eller på kännedom om vattnets värmeinnehåll. Maykut och Untersteiners arbete visar att man eventuellt kan angripa långtidsprognosproblemet mer fysikaliskt. Om man i framtiden kan få fram någorlunda tillförlitliga månadsprognoser skulle man också kunna ge sjöfarten någon information om de väntade isförändringarna. Prognoser som sträcker sig längre än en månad är inte realistiskt att tänka sig för våra breddgrader med det så växlande vädret.

PROJEKT 3.

"Isens deformation. Vallstudier."

Isvallar är ett mycket stort problem för vintersjöfarten. I jämn is, även om den är tjock, kan fartyg, som är byggda för gång i is, ta sig fram med acceptabel hastighet, medan isvallar kan orsaka totalt stopp åtskilliga timmar. Tyvärr är isvallar ett mycket stort problem också för havsisforskare. Man har idag inte den nödvändiga förståelsen för de processer som orsakar isvallar för att man skall kunna ge sjöfarten information om, när och var vallar kan tänkas bildas.

I ekvationssystemet finns termer som är beroende av deformationen i isen, isstressen eller stresstensorn i uttrycket för isens rörelse och deformationstermerna i uttrycken för isens koncentrations- och tjockleksförändringar. För att ha möjlighet att behandla ekvationerna måste man uttrycka termerna i parametrar, som går att mäta och som helst mäts rutinmässigt.

Dr Palosuo har studerat isvallar i Östersjön, deras utbredning och struktur. Med hjälp av stereofotografering från flyg och med hjälp av dykare har han visat mäktigheten på de isvallar som kan förekomma i våra farvatten.

SMHI planerar att från och med issäsongen 1972/73 påbörja en kartläggning av isvallar i inner- och ytterskärgårdar utanför vissa större hamnar i Bottenviken och Bottenhavet. Observatörer är redan vidtalade och de består huvudsakligen av lots- och fyrpersonal men också av privatpersoner. Flygfotografering, som är överlappan-

de, för att göra det möjligt för stereobetraktelser, ska komplettera observatörernas rapporter. Vi syftar med denna insamling av data till att kartlägga isvallar för att i efterhand söka samband mellan vissa väderelement och isen vid vallbildningen.

Isvallar till havs skall också studeras i samband med vårt projekt om isens rörelse och dynamik. Radar- och flyginformationen om isen tillsammans med väder- och havsdata bör kunna ge en uppfattning om varför vallarna bildas.

PROJEKT 4.

”Nedisning av fartyg. Förbättrade nedisningsprognoser.”

En rad undersökningar angående nedisning av fartyg har gjorts i utlandet. De oceanografiska och meteorologiska förutsättningarna för nedisning har studerats både kvalitativt och kvantitativt. British Shipbuilding Research Association utförde 1957 försök med skalmodeller av trålare. Försöken resulterade i en omkonstruktion av de engelska trålarna främst då det gällde rigg och fribordshöjd. Under 1960-talet har Tabata och Ono från Japan kvantitativt studerat istillväxten på olika delar av fartyg vid olika vindriktningar, vindhastigheter, lufttemperaturer, vattentemperaturer och salthalter. Kanadensare, bl a Stallabrass har också studerat nedisning. 1967 publicerade tysken Mertin diagram, som kunde användas för prognosering av nedisning (se fig 4). Ingångsparametrarna till diagrammen är vatten- och lufttempera-

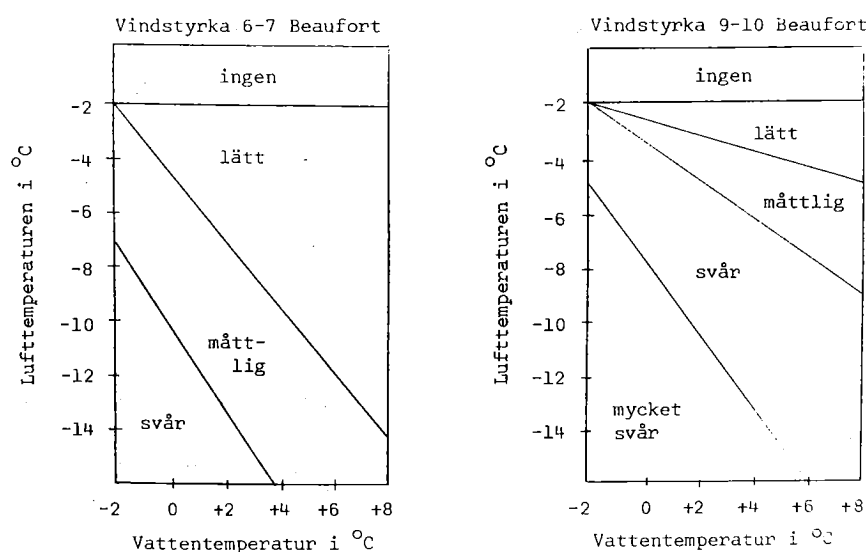


Fig. 4. Mertins diagram för två olika vindstyrkor.

tur samt vindstyrkan och olika värden på dem ger olika grad av nedisning. Mertin skiljer mellan graderna mycket svår, svår, måttlig, lätt och ingen. Mertin använde vid sin undersökning data från Nordatlanten, där salthalten är betydligt högre, vågspektrat annorlunda och vattentemperaturen mer variabel än i Östersjön. SMHI har redan börjat och tänker från och med denna säsong intensifiera nedisningsstudierna. Syftet med dem är att undersöka om och i så fall hur Mertins diagram skall modifieras för att gälla i våra farvatten. Man skall också undersöka hur olika typer av fartyg påverkas av nedisning. Tidigare har uppgifter samlats in från svenska fartyg, som varit utsatta för nedisning men från denna säsong har lotsar engagerats för att öka informationsmängden, främst från utländska båtar men också från fler svenska. En enkät håller på att utformas i samråd med Sjöfartsverket och skall delas ut till såväl lotsplatser som fartyg.

Nedisningsprognoserna grundar sig och kommer också i framtiden att grunda sig på observerade och prognoserade värden av främst vindhastigheten, lufttemperaturen och temperaturen i havets ytskikt. Prognosens kvalitet kommer alltså att vara beroende på väderprognosen men också på observationerna. En god information av bl a vattentemperaturen krävs och som Thomas Thompson nämnde, har SMHI under sommaren och hösten utökat antalet observationer av ytvattentemperaturen till havs.

AVSLUTNING

SMHI avser alltså att studera de yttre och inre faktorer, som påverkar isen. Vi syftar med studierna till att göra det möjligt att i framtiden prognosera fenomen, som vi tror är av stort intresse för vintersjöfarten.

Alla prognoser bygger, som jag visat tidigare i ekvationerna på grunddata, exempelvis uppgifter om istjocklek, iskoncentration, vattentemperatur och vindhastighet. Fås inte en information om den aktuella situationen, som svarar mot de krav en modern vintersjöfart ställer, kan heller inte acceptabla prognoser ges över exempelvis isrörelser och vallbildning. Prognosen står och faller med observationerna. Tidigare talare från SMHI har i sina inlägg berört observationer av såväl is- som havs- och väderparametrar.

Jag vill som avslutning påpeka att isobservationssystemet, som används i rutin idag anses som föråldrat. Wittman från USA poängterade vid en konferens på Island härom året att dagens isinformation är helt i obalans med de krav vintersjöfarten ställer. Han tryckte också på att utvecklingen på isforsknings- och isprognossidan är helt avhängig en utveckling och anpassning på observationssidan.

Vid studiet av t ex isens rörelse krävs en mängd information: isens hastighet och rörelseriktning, dess acceleration och koncentration, dess tjocklek, uppgift om råkar och vallar m m. Information med den upplösning i både tid och rum, som krävs för dessa studier kan inte fås genom de isobservationer vi har idag. Frekventa flygfotograferingar skulle kunna användas, men om man är i behov av en information, som är oberoende av moln, väder och mörker, bör man söka sig till andra metoder än de visuella, vilket ses i tabell 1. En radar är därför en mycket viktig del i försöket. Utan radarn kan inte försöket ses som helt meningsfyllt, speciellt om man vill studera och öka förståelsen för de processer som orsakar vall- och råkbildning.

En rad föredragshållare har nämnt olika isobservationsinstrument, t ex flygburen sidtittande radar, landfast radar, flygburen IR-mätare och instrument för istjockleksbestämning. De är idag instrument som behövs för en meningsfylld isforskning, men samtidigt är de instrument som i framtiden kommer att användas (och faktiskt redan nu är i användning på en del ställen) för observationer i ett rutinsystem. Analyser och prognoser av isen, som är baserad på dagens observationer, kan inte uppfylla den målsättning som vintersjöfartsforskningen har

- 1) En optimal säkerhet
- 2) En ekonomiskt lönsam sjöfart med avseende på transporthastigheten.

Tabell 1

MOLN- OCH SIKTUPPGIFTER JAN — APR 1972

	I	Januari II	III
Sundsvall	75.8	47.3	62.0 %
Skagsudde	84.9	54.9	58.0 %
		Februari	
Sundsvall	86.0	55.9	77.0 %
Skagsudde	89.4	47.1	75.0 %
		Mars	
Sundsvall	89.2	26.8	65.0 %
Skagsudde	86.8	30.8	64.0 %
		April	
Sundsvall	92.0	36.4	77.0 %
Skagsudde	94.3	39.8	78.0 %
		Totalt	
Sundsvall	85.2	41.5	70.0 %
Skagsudde	88.8	43.2	71.0 %

I Frekvens av sikt mindre än 10 km eller mer än $3/8$ moln under 1500 m.
(Höghöjdsfotografering besvärlig eller omöjlig.)

II Frekvens av sikt mindre än 4 km eller moln under 600 m.
(Såväl hög- som låghöjdsfotografering besvärlig eller omöjlig.)

III Frekvens av mer än halva himlen molntäckt.
(Ingen eller mycket dålig information från satellitbilder.)

Materialet är taget från de ordinarie 10, 13, 15-observationerna för respektive station.

Debatt

HANS EDSTRAND: — Jag skulle vilja fråga om de nämnda rörelseekvationerna. Om jag fattade rätt, så försöker man via dem som de var beskrivna, få en uppfattning om ett isområdes uppförande. Men där var termer som ingick som var rena friktionstermer — luft/is resp. vatten/is — med koefficienterna K_a och K_w . Hur tror man att man skall kunna komma åt dem? Jag skulle kunna tänka mig, om man hade ett isstycke, som var väldigt noga bestämt till storlek och konsistens och finish, att man skulle ha en smal chans att komma åt de koefficienterna inom rimlig noggrannhet. Vi kan bara tänka på ett fartyg, där motsvarande koefficienter för friktionskraften förändras alldeles otroligt med ytfinishen. Man kan räkna direkt ut från fartyget i torrdocka hur mycket bränsleförbrukningen ökar — 30 %

och mer. Om man nu har ett stort isområde med en kolossal massa kvaliteter på ytorna, både de som är luftbestrukna och de som är vattenbestrukna. Hur har man någon möjlighet att fånga de representativa koefficienterna?

GÖSTA LILJEQVIST: — Det är en fråga som väl hör till det svåraste i meteorologin. Men man har i alla fall möjligheter att mäta vindprofilen i de lägsta 10 meterna och ur denna kan man beräkna fusionskraften. Sedan när det gäller hur man skall göra på undersidan utav isen, skulle man kunna studera med vilken hastighet ett isflak driver, om man känner vinden och man redan på förhand har bestämt fusionsförhållandena för det här isbältet. Problemet blir — ekvationerna i all ära — att det krävs observationer. Det krävs observationer ute på isen. Det krävs observationer över olika slag av is och olika vädersituationer. Man kan nöja sig med helt mulet och relativt kraftig vind. Det här visar att vad isavdelningen nu skall göra är helt enkelt att upprätta tillfälliga stationer ute på isen, ligga där några dagar och samla uppgifter.

Det var väldigt trevligt att få ta del av vad man kunde göra — enl. det senaste föredraget. Jag kan bara säga, att jag är avundsjuk på nutidens meteorologer, som har fått så många möjligheter att utföra ett så roligt arbete, som det här faktiskt är. Jag tror att man skall kunna komma fram till praktiskt användbara resultat. Svårigheten är att förenkla det hela, så att man kan tampas med det.

ERIK SEVERIN: — Radarkedjor utefter kusterna skulle kunna användas för detta ändamål. Det kanske ligger någonting i det. Det föreligger ju krav på att man skall ha miljökontroll av olja osv. Skulle man kunna ha radar i en kombinerad uppgift för övervakning av is och oljebekämpning? Vi har radar på våra lotsstationer — kan de användas för det här?

LENNART HALLENGREN: — När jag såg Thompsons karta på radartäckning, så märkte jag att den överensstämde ganska väl med bilden av våra radarkedjor. Nu är det så att när Thompson vill ha en radar, så vill han sätta den så högt som möjligt för att han skall få så mycket sjöreflexer som möjligt. När vi vill sätta en radar t ex på en lotsplats, vill vi ha den så lågt som möjligt för att ändå nå tillräckligt långt ut — för att vi inte skall få sjöreflexer utan i stället kunna se fartygen. Jag vet inte vilken frekvens Thompson skulle vilja ha. I det här sammanhanget arbetar man med mycket grova medel och approximerar med en djärvhet som chockar många personer och då är inte radarfrekvensen så noga heller. Men om man skulle tänka sig att det här skulle leda till att några miljoner ramlade över oss, så varför skulle man inte kunna flytta ut radarstationer från lotsplatserna till våra bottenfasta fyrrar och där göra både 8-cm och 3-cm radar och då skulle man kunna titta på skillnaden mellan de båda bilderna. Man kan få väldigt mycket information av det. Sjöfarten skulle också bli storförtjust om man ifrån en lotsplats kunde observera fartygen redan när de närmar sig angränsningsfyren. Om man tänker sig ALMAGRUNDET, som ligger 11 distansminuter ifrån Sandhamn, så är det inte säkert man vet om fartygen skall gå in till Stockholm förrän ungefär 12 distansminuter ifrån Sandhamn. Flyttade vi ut radarn och satte den på ALMAGRUNDET, då skulle vi vinna en timma eller åtminstone tre kvart. Vad jag skulle be om i sammanhanget är att leta upp vem som är ansvarig för det, så att det inte bara blir en arbetsgrupp, där var och en bygger sina grejor — en för att titta på olja, en för att titta på isen osv.

ERIK SEVERIN: — Det är klart att när man sitter i det här huset så skall man inte ha förhoppningar att "miljoner ramlar över en". Får jag fråga: Skulle man inte kunna göra ett prov på det här, låt säga ALMAGRUNDET. Vi har väl alltid någon radar, som man borde kunna ta och sätta på fyren och prova redan i vinter? Skall det bli någon ordning på det hör, får det inte vara så att det ena verket har radar för att jaga olja och att vi och SMHI jagar is, utan det måste samordnas, så att vi har samma radar och plockar in olika uppgifter.

THOMAS THOMPSON: — Jag nämnde att radarn måste placeras mycket högt för att man skulle få det täckningsområde, som vi önskar. Under min förestående resa tänker jag titta på de radarinstallationer som finns på lotsplatserna för att se om vi ev. skulle kunna utnyttja dem. De står i flesta fall mycket lågt och vi har intresse av att de kommer högt upp, ca 30 m. Man måste tänka sig att man skall se ut över havet, så långt som möjligt.

ERIK SEVERIN: — Hur skulle det vara att ha en radar på HOLMÖGADD? Är det en strategiskt väl vald punkt?

THOMAS THOMPSON: — Jag tror att det är ett bra ställe.

LENNART HALLENGREN: — Varför inte SYDOSTBROTEN? Som ligger i samma område men bättre till.

CHRISTIAN LANDTMAN: — Jag återkommer till de här ekvationerna, som man som icke-fackman är rysligt osäker på och hur de i verkligheten skall kunna realiseras. En av de avgörande och stora krafterna är väl skärgården, grund och alla hinder, som gör att isen över huvud taget inte kan röra sig. De här formlerna har väl sin tillämpning över Nordkalotten och Ishavet, där isen kan röra sig. Men här är den ju bunden. Friktionskrafterna är som Edstrand sade, ytterst svårberäknade. Jag kan säga att vi vid Wärtsilä idag anser att det absolut intressantaste är den kolossalt stora skillnaden i friktionskraft mellan ett isbrytande fartyg och isen beroende på skrovets kondition. Det är så stora skillnader att man över huvud taget inte tror att det är sant. Vi har inte själva trott på det, förrän vi senaste vinter utförde fullskaleprov med nya och glatta plåtar och skrovliga plåtar. Där kan man vinna så mycket i tusentals och tiotusentals hästkrafter på samma isbrytare. Det här är det mest överskuggande och mest intressanta som vi nu i dag sysslar med.

BERNT NORBERG: — Severin efterlyser en del konsumentsynpunkter. Jag tror att det är rätt tillfälle att ta upp det i samband med en sorts programförklaring för SMHI:s ambitioner vad det gäller isforskning. Jag tillhör SCA och det är ett skogsindustri-företag som tillika är ett stort exportföretag. Vi är flera representanter för exportindustrin här. En sak har vi att kämpa med ute på marknaden och det är en ganska hård konkurrens från framför allt Nordamerika. Man har genom moderna fartygstyper bulkfartyg av olika typer lyckats nedbringa transportkostnaderna, så att det är inte dyrare idag att frakta från den mexikanska gulfen, alltså sydstaternas produkter kommer över till vår huvudmarknad, Västeuropa, lika billigt som det tidigare har kostat att befakta konventionellt från Finland, bottenhavskusten, till samma marknader. Dessutom så ligger oss i fatet att vi inte kan hålla den leveransservice som amerikanarna rent av kan hålla idag, tack vare att de här fartygen, större och större båtar, går med en viss regularitet. Och man är

då inställd på att det kommer ett sådant där stort bulkfartyg här och vräker ur sig var 14:e dag. Så långt kan de lova. Våra rotationer på den typ av fartyg vi använder häruppe, det är också cirka 14 dagar. Om vi nu vintertid kommer in i den situationen att vi inte kan hålla det här leveransmönstret, så får vi reda på det på en gång. Vi får ett negativt utslag från våra kunder. Därför ser vi det som angeläget. För det första är vi glada över den ambition som har presenterats här och vilja att göra saker och ting. Det har sagts här flera gånger att forskning på det här området ligger efter. Här finns det nu möjlighet att ta igen en del av det här projektet. När Thompson drar upp sitt program, så efterlyser jag ett tidsprogram och en form av resursfördelning, en prioritering mellan de uppgifter som kan anses mer eller mindre angelägna. Kanske att man inom SMHI:s ram rent av kan säga att vissa uppgifter som man redan har i gång i dag inte är så viktiga som de här uppgifterna. Tycker här råder en viss uppblandning för att få fram resultat på det här området. Vi — i alla fall ute i det praktiska livet — vi vet att resultatet kommer inte omedelbart utan vi får säkert vänta något eller några år innan vi får sådant som kommer oss direkt till del. Därför så vill jag gärna komma tillbaka till Hjortzberg och Artela där de började och påpekade att vad som kan hjälpa isbrytarledningen, isbrytarnas arbete och även vissa isgående handelsfartyg, det är att vi får tätare femdygnsprognoser, att man kan få mer detaljerade iskartor, att vi kan få specialprognoser för vissa områden, som är mer utnyttjade redan, att vi kanske direkt vet att vissa områden ska inte trafikeras vintertid. Sedan att man med telefax och TV-sändningar ger isbrytare och de fartyg som har telefaxanläggningar ett bättre stöd i sin verksamhet. När jag såg serviceflödet i Thompsons skiss, så såg jag att här kommer att uppstå en form av konflikt. Vi skulle skicka ungefär samma material som går ned till isbrytarledningen ut till olika fartyg. Utav de här fartygen, så är det en del som bara kommer enstaka gånger under en svår issäsong, medan isbrytarledningen och isbrytarna hela tiden arbetar i de här områdena. För mig synes det organisatoriskt vara lämpligt att all sådan här information kanaliseras genom isbrytarledningen. Det är inte bara frågan om att ge uppgifter om väder och vind och isförhållanden utan det är också att koordinera de isbrytarresurser, de assistansresurser som finns till de väderleksprognoser man kan ge. Samt allmän information till redare och mäklare men direktkontakten mellan fartyg i aktuella isbelagda områden och isbrytarledningen, det finner vi vara ett sätt att organisera det hela som tar bort dualism och konflikter. När det sedan gäller handelstonnage så finns det ju inom vintersjöfarts-samarbetet mellan finska sjöfartsstyrelsen och sjöfartsverket även en liten grupp som skall försöka finna ut hur ett isförstärkt handelstonnage ska vara beskaffat. I vårt företag är det andra som har åstadkommit systemtransporter, dels på den finska och dels på den svenska sidan, representanter för rederier och avlastare som nu har systemtransporter. Fartyg går nu på det här viset hela tiden. Vi har funnit att, om man kombinerar både en utomordentlig framkomlighet i is och samtidigt man kräver hög lastbärförmåga, då är det en dualism, som i varje fall vi på svensk sida har litet svårt att kunna säga att det är möjligt. Vi tror att ett handelsfartyg måste konstrueras för att bära så mycket last som möjligt. Sedan ska det vara isförstärkt, så att det kan föras fram med assistans — alltså med en isbrytare framför sig — genom besvärliga isförhållanden. Men att det här handelsfartyget skall hålla på och stöta själv i isen och även om man med isforskning och på andra sätt kan få fram bättre informationer om hur man ska gå fram i is, så tror jag i alla fall att det är en väldigt lång väg att gå i teknisk utveckling och kunskaper om isförhållanden. Man skall kunna konstruera ett handelsfartyg som går och som är bra som lastbärare och bra som isgående fartyg.

Utan från våra erfarenheter behöver vi en isbrytare framför oss och ju bättre hela handelstonnaget är beskaffat att motstå ispress skall det ha förmåga och kapacitet att följa en isbrytare. Det är ungefär det kriterium som vi allmänt vill ställa på handelsfartyg. De ska ju vara lastbärare nio månader om året, när det inte finns någon is också, och det är logiskt att tjäna pengar på det fartyget, som kanske genom sin isförstärkning blir relativt dyrt. Sedan en sak som man måste ta hänsyn till, anser vi, när det gäller assistansen, fram till den dag då vi har byggt upp så många isbrytare man genom samarbete mellan finska och svenska isbrytarledningar kan få sådana taktiska dispositioner att den ena isbrytaren avlöser den andra inom vissa områden, att man bildar konvojer och annat. Fram till dess detta är verklighet, så skulle jag vilja att man inom isbrytarledningarna gav olika fartyg ett assistansvärde, så att man ser om fartyget är en engångskund efter kusten eller om det är ett fartyg som är ett led i en systemtransport och fartyget är på 2.000 ton eller 10.000 ton. Det är alltså helt olika assistansvärden mellan fartygen. Det är en prioritering för att man skall kunna använda de resurser som finns på ett optimalt sätt. Vi tycker från konsumentensida att vi ska försöka att åstadkomma enkla linjer administrativt, enkel organisation, för att på bästa sätt få del av informationen. Sedan hoppas vi att en del av de här kortsiktiga åtgärderna, som tagits upp av Hjortzberg och Artela ska bli tillgodosedda. Det behöver vi inom de närmaste vintrarna för att kunna ta oss fram med de utan tvekan begränsade resurser vi har på svensk sida.

THOMAS THOMPSON: — Det skall vara klart att all information som vi har går till isbrytarledningen. Det är ju alla problem som är viktiga och vi kan inte säga att vi kan ytterligare prioritera. Vi vill försöka göra något på alla de här områdena. Men något exakt tidsprogram, när vi skall kunna komma med resultaten, det är svårt att ge, eftersom vi just har börjat det hela. Vi hoppas att kunna komma med något resultat så fort som möjligt och det är också i vårt intresse.

CHRISTIAN LANDTMAN: — Med anledning av disponent Norbergs synpunkter, vill jag säga att vi inom Wärtsilä tror, att det är det praktiska, dagens synpunkter, det är det vi vill få fram nu snabbt för att kunna hålla igång trafiken och förbättra trafiken. Det är en punkt jag skulle vilja lägga en annan synpunkt på och det är hur handelstonnaget och isbrytarna skall se ut. Dagens läge är sådant som disponent Norberg sade, att en isbrytare går framför och det är ett eller ett par fartyg som kommer efter och den här typen av assistans kommer det säkert att finnas i långa tider än, speciellt med de fartyg som nämndes, som en engångsföreteelse kommer hit upp, kommer synbarligen alltid att behöva kontinuerlig isbrytarhjälp. Men vi vid Wärtsilä tror att de fartyg som i framtiden regelbundet trafikerar nordiska vatten under vintern kommer att utbildas i ett isbrytande handelstonnage, som i de allra flesta fall kan gå ensamma, men vi anser det otänkbart att ens det här tonnaget skall klara sig i verkligt svåra isvallar, i svåra isfält. Där kommer isbrytarna att ligga och vänta och assistera genom de svåraste ställena, men det här handelstonnaget skall se rätt olika ut i förhållande till vad det gör idag. Det finns exempel på sådana fartyg och de har visat sig kunna, visserligen inte i Bottenviken ännu, men på Finska viken klara sig utan att överhuvud taget använda isbrytare. Det betyder och visar att det också går uppe i Bottenviken genom att använda isbrytare endast nu och då. Det är klart att de här blir dyrare, det blir större maskiner, det blir tyngre plåtar, men det här är inte bortkastade pengar. Det kommer tillbaka i form av större hastighet i öppet vatten.

ERIK SEVERIN: — Prof. Björkman på Tekniska Högskolan och någon tekniker där skall göra en analys över vilka erfarenheter SCA samlat under de år de drivit egen vintersjöfart — med ledning av rapporter, förseningar, skador etc. Prof. Björkman har meddelat att detta arbete skall vara färdigt före årsskiftet — det kan väl bli förseningar när man håller på med sådant — men i varje fall är det fråga om att sätta in mycket kraft från Tekniska Högskolan för att snabbt komma fram till ett resultat. Jag tror i varje fall det skall bli spännande att se vilka erfarenheter, som kommer fram från den verksamhet SCA bedriver.

LENNART HALLENGREN: — Jag blev lite ledsen när jag hörde att det var så stora skillnader på svensk och finsk lönsamhet ifråga om isförstärkt tonnage. Det hade mycket lite med vartannat att göra. Nu sitter vi ju här för att diskutera havs-isforskning och kom in på fartygskonstruktioner lite vid sidan om. Men det finns ju ytterligare en faktor som jag förstår att disponent Norberg måste räkna med, när han räknar lönsamhet: Det är ju förmånligt ur sjöfartstaxesynpunkt. Sjöfartssavgifterna i Finland favoriserar ju en sådan konstruktion, vilket de inte gör i Sverige. Det är ganska egendomligt att vi är så överens i alla sammanhang — vi vet att det är vårt gemensamma intresse i utländsk konkurrens — men ändå går en sjötaxegräns mitt emellan länderna.

ERIK SEVERIN: — Jag vill säga att jag tror inte det finns någon skillnad mellan hur svenskt och finskt isförstärkt tonnage skall se ut. Vi har numera en svensk-finsk isklassnorm. I Sverige är isbrytningen fri, i Finland tar man isavgifter. Det är väl en skillnad.

Erfarenheter av iskartläggning och isdriftstudier med radar

ÅKE BLOMQUIST, Försvarets forskningsanstalt, Stockholm.

Våra tidigaste erfarenheter av havsisforskning med radar härrör från vårvintern 1970, då vi på FOA i samverkan med Danmarks Tekniske Højskole utförde mätningar av istjocklek med en flygburen radar i norra delen av Bottniska viken. Resultaten från dessa mätningar är svårbedömda. Bl.a. försvårades de av vatten på isen.

Vi har i stället inriktat oss på att med radar studera andra för sjöfarten viktiga isparametrar. En sådan är isens rörelse. Vilka möjligheter har man att med hjälp av radar följa isdrift? En annan viktig fråga är hur radarn uppfattar olika isförhållanden. Isens tjocklek är i och för sig viktig, men kärnis i januari - februari och rutten is i april med samma tjocklek har helt olika verkan för sjöfarten. Det fundamentala är isens beskaffenhet. Vi har därför frågat oss om olika istillstånd har specifika radarsignaturer. En tredje fråga vi ställt oss är möjligheten att använda radarövervakning som ett hjälpmedel i isprognosarbetet.

Studier av havsis har sålunda bedrivits under vintern 1971-72 med en 10 cm radarstation placerad på Kikareberget vid Bottenhavskusten nära Nordingrå (fig 1). Med denna placering har radarn haft en fri havssektor på 120° och en räckvidd av ca 50 km, vilket täcker en viktig del av det för sjöfarten intressanta området längs kusten från inloppet till Kramfors i söder och till Örnsköldsvik i norr.

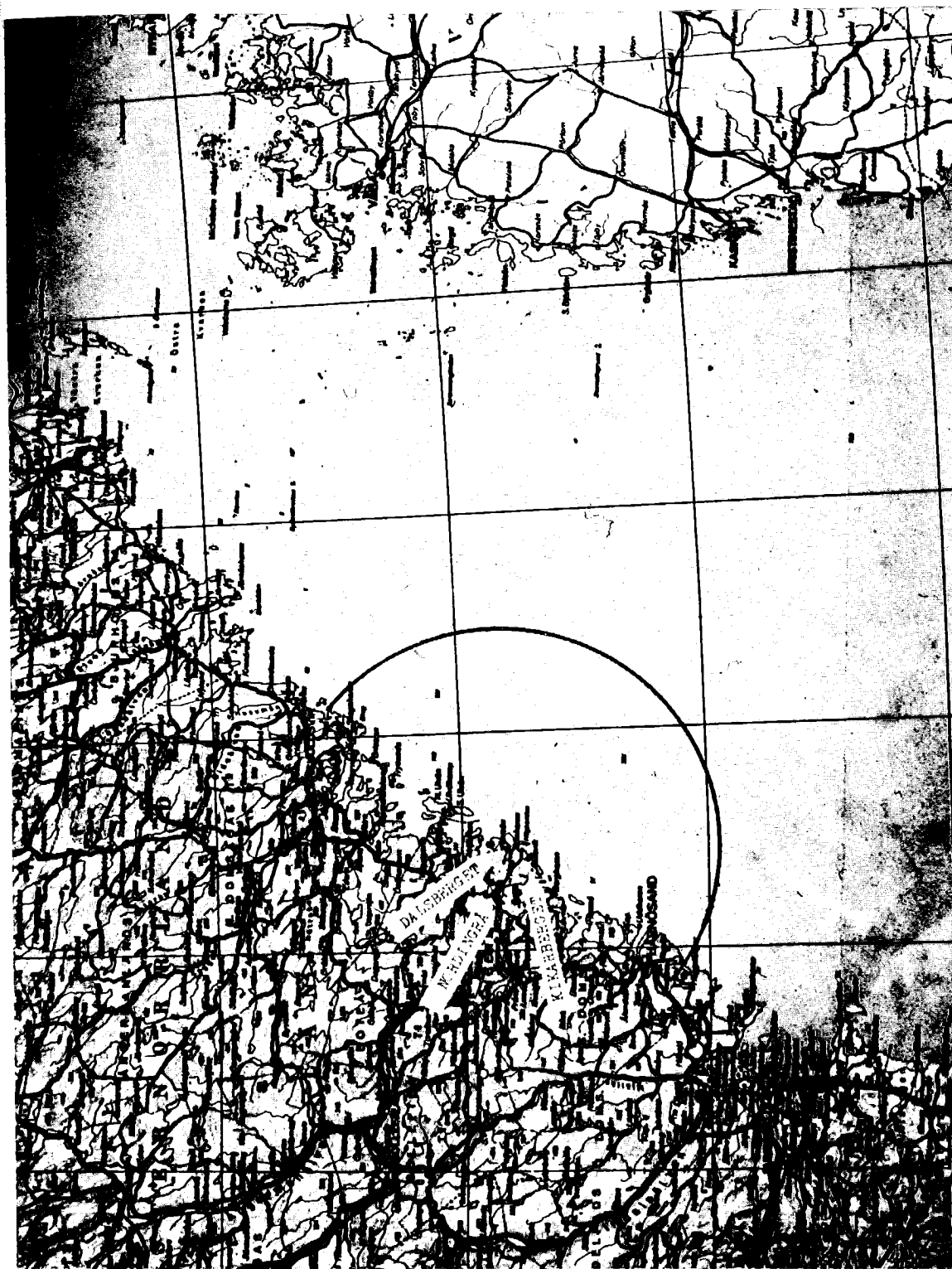
Försöken har utförts under 4 perioder om ca 14 dagar vardera i december, januari, mars och april, varvid såväl isbildning och istillväxt som situationen när isen brutit upp och skingrats studerats. Radarbilderna har under försöksperioderna kontinuerligt filmats.

Det är emellertid svårt att i skrift åskådliggöra de resultat som erhållits vid filmningen, särskilt vad beträffar isdriften. Vi får här nöja oss med några kommenterade exempel.

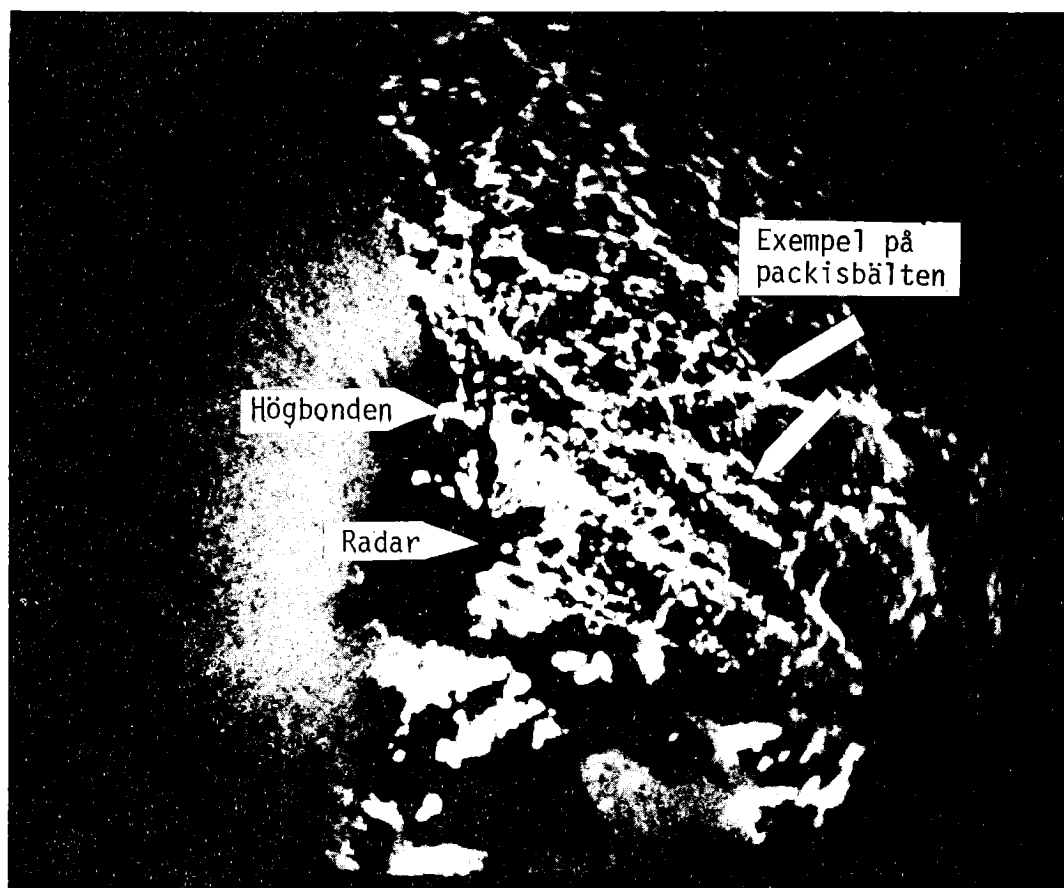
Figur 2 visar en radarbild från ett tillfälle i mars, när packisvallar bildats. Dessa har mycket karakteristiska bandstrukturer, som är lätta att urskilja. Vi försökte verifiera dem genom flygfotografering, men det gick inte på grund av dåligt väder. Dåliga sikt-förhållanden är representativa för den tid på året i Bottenhavet, då isen är besvärlig för sjöfarten. Under större delen av den tid mätningarna pågätt har observationer från luften med optiska hjälpmedel omöjliggjorts på grund av dimma, dis, snöväder eller mörker. Sådana väderförhållanden utgör inget hinder för radiovågor, och issituationens utveckling har därför kunnat följas kontinuerligt under dygnet med radar. Detta är en mycket viktig fördel som radarn har framför andra metoder.

Vi fick i stället ge oss ut på isen och fotografera. Exempel på resultatet visas i figurerna 3 och 4. Det är viktigt att notera att isvallarna framträder tydligt på radarbilderna trots att storleken ovan ytan är relativt måttlig.

En annan intressant issituation från mitten av april illustreras av figur 5. En ca 2 km bred råk har bildats nära kusten. Man ser stora isflak på drift i råken. Längre ut förekommer sammanhängande drivis. Man lägger märke till att kanten mellan is och vatten avbildas på helt annat sätt än t.ex. isvallar. Det kan också nämnas att skillnaderna har observerats mellan nybildad is och öppet vatten, när detta har åtminstone lätt krusning



Figur 1. Kartbild över försöksområdet.



Figur 2. Radarbild från mars 1972 visande packisbälten. Avståndet från radarn ut till periferin ca 40 km.



Figur 3. Packisva11 utanför Högbonden i mars 1972.



Figur 4. Detalj av isvallen i figur 2. De största blocken är av
manshöjd ovan ytan.

Radarbilden i figur 5 är från det enda tillfälle under våra mätperioder som flygfotografering var framgångsrik, och flygfotot visar god överensstämmelse med radarbilden. Tack vare siktförhållandena gav situationen också en tillfredsställande satellitbild (figur 6). Råken är här fullt utbildad på eftermiddagen, men på motsvarande satellitbild från morgonen samma dag kan man endast skönja en svag antydning om förekomst av en råk. På radarbilden är den emellertid fullt synlig redan då. Man förstår att det är svårt att göra en isprognos, baserad på satellitbilden. Men vid det här tillfället kunde vi hjälpa SMHI tack vare vår försöksradar.

I föredraget visades filmavsnitt av bl.a. hur en isvall kommer till och hur en råk bildas. Vår radar svänger runt 8 varv/min, men när man vill studera isdrift är det inte nödvändigt utan snarast en nackdel att ta en bild för varje varv. Man måste välja en till isrörelsen väl anpassad bildfrekvens. Genom att variera denna kan man framhäva olika intressanta skeenden. Vi har laborerat med bildhastigheter från 2 bilder/min till 1 bild var 6 min och bl.a. funnit att den senare hastigheten ger en mycket åskådlig bild av rörelsen vid bildandet av packisvallar. Det är emellertid nödvändigt att studera bildfrekvensproblemet mer ingående.

Filmerna ger också en god bild av de svårigheter sjöfarten har att brottas med under olika isförhållanden. Man ser t.ex. båtar som försöker ta sig igenom svårforcerad is, när det finns råkar i närheten. Den högt placerade radarn ger en utmärkt överblick över situationen, och sådana radarbilder bör kunna vara till god vägledning för isbrytarna och även underlätta deras samband med följefartyg.

Som svar på de frågor jag ställde i början av föredraget, kan jag säga: Resultaten från undersökningen visar att rörelser i isen tydligt framträder. Åtminstone flera av de vanliga förekommande istyperna särskiljs genom olika radarsignaturer. Radarövervakning av is bör kunna vara ett värdefullt komplement till andra observationsmetoder och ge ett nyttigt underlag till förbättrade isprognoser.

Ytterligare studier erfordras dock, innan man klart kan överblicka de framtida användningsmöjligheterna. Vårt försök genomfördes med mycket blygsamma materiella och ekonomiska resurser. Så t.ex. använde vi en utrangerad militär radarstation och även i övrigt utrustning av relativt enkelt slag. Vi har emellertid planer på ett mer avancerat försök, utfört med modern utrustning och i linje med SMHI:s isforskningsprogram. Vi tänker byta plats, sändare, antenn och använda ett betydligt större PPI. Det sistnämnda gör det betydligt lättare att urskilja olika detaljer på radarbilden. Bytet av plats till Dalsberget (fig 1) ger längre räckvidd och 180° fri havssektor. Vi har också skisserat ett förslag till överföring av radarbilder med lämpligt tidsintervall via telefonnätet till en TV-skärm på lämplig central mottagarplats i landet, t.ex. SMHI. Ett sådant arrangemang skulle kunna bli ett första steg på väg att utnyttja radarövervakning som hjälp vid utfärdandet av isprognoser. De tekniska problemen verkar inte vara alltför svårbeästrade, och kostnaderna är mycket blygsamma i jämförelse med de pengar som står på spel för skogsbolagen och redarna.

Det har nämnts här tidigare att man också har möjlighet att upptäcka och följa oljebälten med radar. Kapillärvågorna på vattenytan påverkas av oljan, vilket ger en ändrad radarbild. Det är ett tillstånd likartat det som inträder när isen lägger sig.

Utomlands förutser man att radarn blir ett viktigt operativt hjälpmedel både i isprognostjänsten och för oljeutsläppsövervakning inom den allra närmaste tiden. Det pågår omfattande studier på flera håll i världen. Bl.a. kan nämnas att man i USA håller på att



Figur 5. Radarbild av kustråk. (14 april 1972)



Figur 6. Satellitbild från eftermiddagen den 14 april 1972.
Pilen visar på råken i figur 5.

utveckla en prisbillig sidtittande radar med prestanda tillräckliga för dessa ändamål.

Beträffande framtiden och möjligheterna att utnyttja radar för övervakning och uppföljning av issituationen här i landet har jag följande förslag: Man bör söka täcka kustremsan genom användning av fasta radarstationer, medan man ute till havs kompletterar uppgifterna från dessa stationer genom observationer med flygburen sidtittande radar.

Fasta radarstationer ger oss den bästa informationen om isdriften. De utgör i sig själva de referenspunkter som krävs för detta. Eftersom rörelsen trots allt är relativt långsam, kan det vara svårt och bli kostsamt att uppfatta den genom iakttagelser från flyg.

Det ligger också i försvarets intresse att få lågtäckning med radar utesluter kusten. I samband med förnyelse och modernisering av radarbeståndet bör man därför söka få med också den här nya aspekten innebärande is- och oljeutsläppsövervakning.

Det fortsatta arbetet inom området är således av stort allmänt intresse. Det är därför motiverat att det ekonomiska ansvaret inte bärs ensamt av en institution.

Debatt

LENNART HALLENGREN: — Vill bara påpeka att den största skillnaden mellan våra radar och den här är utgångseffekten. Vi har ju bara 20 kW på våra stationer.

ÅKE BLOMQUIST: — Radarräckvidden kan approximativt beräknas ur

$$R_{km} = 4\sqrt{h_m}$$

där R_{km} är räckvidden i km och h_m radarantennens höjd i m.

Ex. $h_m = 100$ m ger $R_{km} = 40$ km.

På fyrplatserna måste man räkna med relativt låga antennhöjder, låt säga 25–35 m vilket ger betydligt kortare räckvidd än i exemplet. Det är dock relativt gott om höjder mellan 100 och 200 m utesluter Norrlandskusten.

De lämpligaste våglängderna är 10, 6 och 3 cm. Går man ned ytterligare i våglängd till mm-vågområdet, ökar risken för ogynnsam inverkan av dåliga siktförhållanden, och man får samma problem som vid optiska metoder. Användning av mm-vågor ger visserligen möjlighet till bättre upplösning, men det är inte erforderligt i sammanhanget. Vidare avtar inträngningen i isen med ökande frekvens, vilket kan innebära att iskonturer, där mäktigheten till större delen ligger på djupet, avtecknas sämre med mm-vågor än cm-vågor.

Det är enligt min uppfattning inte nödvändigt med extrema sändareffekter. Vid vårt försök har vi ibland fått alltför starka reflexer från vissa ispartier, vilket kan dölja andra intressanta strukturer.

ERKKI PALOSUO: — I Helsingfors diskuterar vi mycket om det är möjligt att använda lotsradarstationerna. Då måste man betänka att antennen sitter ganska lågt. De flesta lotsstationer ligger så pass långt in i land och isgränsen så pass långt ut att vi knappast når längre än till fastiskanten. Då måste man betänka, att då radarn träffar någonting, så ger den inte bild utan vidare, utan att något sticker fram. Det finns särskilda tabeller att gå till, som säger om ett objekt, som står på isen är t.ex. 2 m högt. Vi har kommit till den slutsatsen att det nog är ganska svårt att använda

radarn utan vidare för istjänst. Jag var i tillfälle i Kanada att följa med dyl. observationer. De hade satt upp en radarstation mellan Grönland och Ellesmere i Nares Straight. Radarstationen var på den kanadensiska sidan. De följde där isdriften, hur mycket isflak det kom genom sundet. De hade gjort så att de placerat en liten radarsändare på en boj, som reagerar så snart en annan radar ger signal. De fick på bilderna alltid en tydlig prick varifrån bojen stod. De filmade först var tredje minut, men där går strömmen ganska snabbt, så de började filma varje minut. Där kunde man tydligt se hur isen flyttade sig. De fick exakta värden, även typen av is. Vi är mycket tacksamma att våra svenska kollegor tagit hand om detta, men vi skulle vilja rekommendera att ni i framtiden satte ut sådana bojar. Mina kanadensiska kollegor hälsade att inte ta de billigaste radarsändarna, som ger 1–2 watt. Ta hellre de dyraste som ger 200 watt. Då behöver man inte vara ängslig att man missar någonting. Även på långt avstånd ger den tydlig indikering. Så snart den försvinner ur bilden, så får man skicka ut en helikopter som hämtar hem bojen och sätter ut den på ett nytt ställe.

FOLKE EKLUND: — Först ett påpekande. Om vi tittar på antennhöjder o.dyl. så kan man konstatera att en radar som står och tittar ut över jordytan, den arbetar inte bra ända ut till sin radiohorisont i det fall den skall kartlägga is, därför p.g.a. de vertikala strukturerna i isen, så kommer de att få skuggverkningar, som gör att vi kan inte arbeta hur långt ut som helst. Den begränsning vi har här sätts utav en geometri, där den här vinkeln mellan horisontalplanet och ut till det avstånd vi kan kartlägga är av storleksordningen 1–5° kanske, beroende på geometrin. En annan sak: Vi vet inte vilka relationer vi har emellan radarsignaturerna och isegenskaperna. Det är ett forskningsområde. Vi vet att det förekommer en viss penetration genom isen, som kanske gör att de lägre våglängderna är fördelaktigare, därför att vi vill inte ha snöytan, utan vi vill ha en fastare yta under snötäcket som vi vill kartlägga. Hur inverkar polarisation på strålningen? Vi har en mängd faktorer som vi inte känner till. Jag skulle vilja vädja här, att vi inte tolkar det så här: Nu är det färdigt och sätter upp radarstationer. Låt oss bara tolka det som så att det kanske går och låt oss inte sätta igång med en massa delprojekt utan låt oss göra en samordnad attack på detta, så att vi kan få en snabbare väg fram till väsentliga resultat.

ERIK SEVERIN:— Det är klart att man måste tänka sig för, men min tanke var att vi redan denna vinter skulle kunna prova det här ute på ALMAGRUNDET och SYDOSTBROTTEN t.ex. för att på så sätt skaffa fler erfarenheter, innan man satsar i större skala.

FOLKE EKLUND: — Vi får komma tillsammans och diskutera detta vidare för det krävs mera än att bara sätta upp en radarstation och hoppas att det skall gå bra.

ERIK SEVERIN:— Nyberg och jag har kommit överens idag att vi efter den här konferensen skulle träffas för att diskutera nya metoder, när det gäller att samla in material och då kan vi ta upp den här frågan och då kan FOA vara med. Vi skall inte kasta ut de här radarapparaterna utan vidare.

LENNART HALLENGREN: — Jag instämmer med lab. Eklund: Det är helt orealistiskt att skicka ut en radar i vinter och få ett vettigt resultat ifrån den t.ex. på ALMAGRUNDET. Jag vet inte hur det är på SYDOSTBROTTEN, för där har vi ett projekt under utredning, så radarn kanske kommer dit i alla fall. Jag skulle vilja säga lite om räckvidden. För det första: Jag drömmer inte om att vi skall

använda våra lotsradar för detta ändamål — det sade jag allra första gången när det här togs upp — för de står inne och de är installerade på en höjd av mellan 25 och 36 m på antennen för att undvika alla ekon från is och vatten i görligaste mån. Vi vill inte titta på dessa detaljer. De är installerade för att titta på båtar i stället. Vi har haft installationer 20–30 m högre, där vi fått så kraftiga siktplattor i vissa fall att t.o.m. stora båtar försvunnit i det. Vad jag syftade till var att man skulle kunna göra lotsningstjänsten en tjänst om man flyttade ut eller installerade en ny radar på t.ex. ALMAGRUNDET och överförde bilden till lotsplatsen. Då skulle man nå 20 km längre ut och där börja mäta och då skulle man kunna nöja sig med halva räckvidden och få bra täckningsområde ändå. Det har den fördelen också att fartygen följer ju i allmänhet våra fyrar — det är ju det vi byggt dem för — och då har vi observationer för det för fartyg intressanta området. Å andra sidan kan man säga att för driftens skull vill vi mycket hellre ha en radar inne i land än en radar ute på en obemannad fyr. Dessutom skall bilden överföras via mikrovågs-länk in — det är en komplikation och en kostnad. Det är inte alls klart att det är den billigaste vägen att sätta ut radarn på en fyr.

Väder- och havsprognoser som kan utnyttjas för förbättrade isprognoser. Nuvarande läget och utsikter i framtiden.

Avd.dir. LENNART BENGTTSSON, Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut

I PROGNOSPROBLEMETS NATUR.

Innan jag går in på en beskrivning av SMHI:s olika system för hydrodynamiska modeller skall jag ge en allmän översikt av det meteorologiska prognosproblemets natur.

De fysikaliska skeendena i atmosfären, i hav och sjöar är till sin natur deterministiska, dvs känner man tillståndet vid en given tid så kan man förutsäga det framtida förloppet under förutsättning att man känner dom lagar som beskriver processerna i systemet. I princip kan man alltså prognosera atmosfären och haven på samma sätt som man räknar ut bankurvor för kanonkulor och planeternas rörelse.

Det meteorologiska och oceanografiska prognosproblemet är bara oerhört mer komplext. Det som speciellt komplicerar detta är den bristande kunskap som vi har om de processer som framför allt sker i gränsytan mellan atmosfären och jordytan. Det är helt omöjligt att detaljbeskriva vad som sker i detta atmosfärens gränsskikt. Detta skulle t ex innebära att vi måste förutsäga hur alla människor kommer att röra sig utomhus eftersom deras antal och placering rent teoretiskt påverkar friktionsprocesserna.

Den metodik man tillämpar är alltså att man endast använder de hydrodynamiska ekvationerna på skeenden över en viss storlek eller *skala* och allt som är mindre än denna skala beskrives endast statistiskt. Hur man än går tillväga så finns det alltid en minsta skala som man inte kan beskriva i detalj.

Nu har vidare skeendena i hav och atmosfär en sådan natur att de olika fenomenen ömsesidigt påverkar varandra. (I de hydrodynamiska ekvationerna yttrar sig detta i att ekvationerna innehåller icke-linjära termer).

Av detta följer att det som händer under skalgränsen påverkar systemet över skalgränsen. Med andra ord, även om vi i detalj har kartlagt allting *över skalgränsen* så kommer successivt skeendena där att störas under prognosens gång av processer som sker *under skalgränsen*.

Prognosfelet som beror på denna effekt sprider sig successivt till allt större skalor och efter några veckor ger en numerisk-dynamisk prognos sannolikt inte någon merinformation utöver klimatologin inte ens för de allra största globala vädersystemen. En detaljprognos av ett oväder kan sannolikt knappast göras mer än 2 à 3 dygn i förväg. Figur 1 visar hur prognostidens längd beror på skalan av det fenomen man vill prognosera. Undersökningen avser förhållandena i atmosfären. I havet är sannolikt prediktabiliteten större såvida inte processerna i havet är direkt knutna till processerna i atmosfären.

En sänkning av skalgränsen kan man erhålla genom att utöka antalet observationer och/eller förbättra mätnoggrannheten. Tabell 1 visar hur prognostidens längd utökas när man minskar på felet i utgångsläget hos vinden. Som framgår av tabellen är det knappast rationellt att reducera mätfelet, som givetvis är avgörande för felet i utgångsläget, under 1 m/sek.

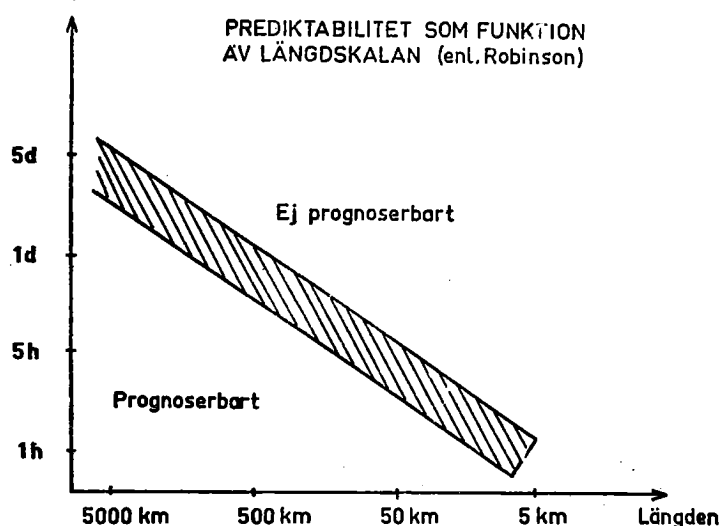


Fig. 1.

Tabell 1.

Prediktabiliteten för olika skalor och för olika initialfel.

Skala/initialfel	9 m/s	4 m/s	1 m/s	0.05 m/s
40000 km	10.7 dag	14.3 dag	16.4 dag	16.7 dag
20000 "	5.7	8.0	9.8	10.1
10000 "	2.5	4.0	5.3	5.6
5000 "	1.1	2.0	2.9	3.2
2500 "	12.8 tim	23.8 tim	1.6	1.8
1250 "	6.1	11.9	22.3 tim	1.1
625 "	3.0	6.0	12.7	15.6 tim
312 "	1.5	3.1	7.2	9.4
156 "	42.6 min	1.5	4.1	5.7
78 "	21.5	46.7 min	2.2	3.5
39 "	10.6	23.3	1.2	2.2

Det är viktigt att man har denna fundamentala egenskap som gäller för alla hydrodynamiska system klart för sig när man diskuterar såväl prognosproblemet som hur man skall planera ett rationellt observationssystem.

En utförlig analys av prognosproblemets natur har gjorts av Lorenz (1969) och Robinson (1971). Ett rationellt prognosystem bör successivt övergå från ett deterministiskt dynamiskt system till ett statistiskt och helt bli statistiskt när man passerat prediktabilitetsgränsen.

För de allra minsta rörelsesystemen, mindre än 50 km eller så, är det inte meningsfullt att genomföra deterministiska prognoser överhuvudtaget, utan man bör där helt inrikta sig på statistiska metoder.

Nu är emellertid inte skeendena på den mindre skalan helt slumpartade utan beror i sin tur på vad som sker på den större skalan. Känner vi hur ett lågtryck skall

utvecklas och röra sig så kan vi också därmed beskriva vilken typ av väder som vi kommer att få. Vissa karakteristiska vädertyper är betydligt mer sannolika än andra, varför den statistiska metoden kan vara mycket informativ och användbar för olika slag av väderberoende beslut.

På liknande sätt kan ett storstilet väderläge förutsägas för kanske några veckor framåt. Det är då troligt att man i ett sådant läge kan förutsäga de banor som ovädren tar, men inte de enskilda cyklonernas utveckling.

Var gränsen går för meningsfulla prognoser i statistisk bemärkelse känner man för närvarande inte. Försök med statistiska månadsprognoser visar dock att det är möjligt att erhålla någon information utöver vad vi kan få från enkla klimatologiska bedömningar ex. persistensprognoser. Det vore angeläget att någon väderkund på försök under en tid kunde anpassa sina beslut på basis av dylika statistiska långtidsprognoser.

SMHI har under en längre tid utfört olika slag av statistiska prognoser mer eller mindre knutna till dynamiska numeriska prognosberäkningar (se bl a Lönnqvist 1971).

Eftersom Söderman i sitt föredrag kommer att ta upp metodiken hur vi utför kombinerade dynamiska och statistiska prognoser skall jag här i min framställning inte ta upp detta utan koncentrera mig på de allmänna dynamiska prognoserna.

II ALLMÄN BESKRIVNING AV SMHI:s SYSTEM FÖR HYDRODYNAMISKA MODELLER.

De hydrodynamiska prognosmodeller som vi utvecklat vid SMHI och som jag här skall redogöra för omfattar huvudsakligen prognostider upp till 5 dygn.

De modeller som jag ganska kortfattat skall beskriva är:

- 1) En prognosmodell för atmosfären som användes för den rutinmässiga prognosverksamheten vid SMHI.
- 2) En numerisk oceanografisk modell som prognoserar vattenståndet och strömmar.
- 3) En prognosmodell för våghöjd och dyning.

Figur 2 beskriver i diagramform hur SMHI:s system för hydrodynamiska modeller är uppbyggt.

Meteorologiska data insamlas via det nationella och internationella kommunikationsnätet till institutet där de kontrolleras och analyseras. Arkivering av såväl primärdata som kontrollerade och analyserade data sker i detta skede.

I nästa steg sker en numerisk prognos av de meteorologiska parametrarna. För närvarande prognoserar vi lufttryck och vindar vid jordytan upp till 48 timmar. Den allmänna strömningen på ca 5 kilometers höjd prognoseras för något längre tid, för närvarande i 5 dygn.

De successiva prognoserna av lufttryck och vindar utgör sedan underlaget till den oceanografiska modellen samt till våg- och dyningsmodellen. För dessa beräkningar används alltså inga egentliga observerade uppgifter över förhållanden i havet utan beräkningarna bygger på att de oceanografiska parametrarna anpassar sig till de meteorologiska.

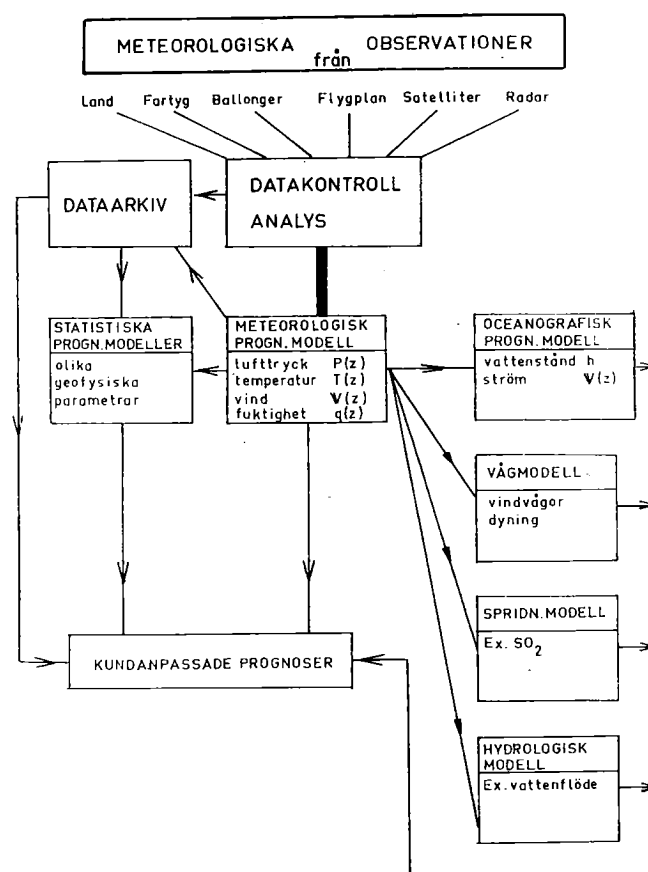


Fig. 2.

Anpassningen löses på så sätt att man påbörjar beräkningen något eller några dygn tillbaka i tiden. Under denna tid anpassas vattenstånd, strömmar, vågor och dyning till de drivande krafterna i atmosfären.

Sjömodellen och vågmodellen är därför s k passiva modeller. Känner vi de drivande krafterna, sjöns eller havsområdets form samt bottenytans topografi så kan vi därför beräkna strömmar, vattenstånd och vågor etc. *Det torde framgå att om man betraktar havet som ett passivt medium behöver man följaktligen inte observera förhållandena där för att kunna förutsäga dessa.*

I verkligheten förekommer det givetvis en växelverkan mellan atmosfären och havet men den kan man bortse från för de beräkningar som jag här skall beskriva.

III SMHI:s VÄDERMODELLER.

Den prognosmodell som f n ligger till grund för de rutinmässiga väderprognoserna vid SMHI är en vid institutet utarbetad baroklin trelagersmodell. En beskrivning av grundmodellen och den operationella uppläggningsen framgår av G Bleckert, L Moen (1972) samt L Bengtsson, L Moen (1971).

Ingångsdata till modellen är marktryck, geopotentialer till nivåerna 500 och 300 mb, topografi, aktuella havstemperaturer samt det vertikala integrerade fuktighetsinnehållet i atmosfären. Modellen tar hänsyn till friktion mot underlaget, topografins inflytande på strömningen, tillskottet av sensibelt värme från underlaget, tillskottet av latent värme vid nederbördsutlösning och variationen av strömningen över beräkningsområdets begränsningsränder.

Utdata från modellen är prognoser för var sjätte timme av marktryck, geopotentialer till nivåerna 500 och 300 mb, vertikalvindar i skikten 500–1000 mb, 300–500 mb, och friktionsskiktet, integrerat fuktighetsinnehåll samt ackumulerade nederbörds-mängder. Det största beräkningsområde som kan användas innehåller 2600 gridpunkter och når söder om 20°N vid en gridlängd av 300 km. Områdets storlek kan varieras, liksom gridlängden. Figur 3 ger en karakteristik av SMHI:s prognosmodell.

IV SMHI:s SJÖMODELL.

Sedan något år tillbaka har vi vid SMHI arbetat på utveckling av en allmän numerisk oceanografisk modell. Vi har flera avsikter med en sådan modell men huvudsyftet är att den skall användas för prognos av vattenstånd och strömmar i reell tid. Modellen skall också kunna användas för att prognosera spridningsförlopp. Likaså kan en sådan modell användas för simuleringar. Om de yttre drivande krafterna är givna, dvs vinden, lufttrycket och temperaturen så kan man studera de hydrodynamiska och termiska förhållandena i en sjö eller i ett hav. Dylka studier är intressanta då man vill studera tidsperioder som är längre än de som man kan prognosera.

Man har numera ganska lång erfarenhet av numeriska beräkningar av vattenstånd och strömmar för begränsade havsområden och sjöar. Det första utvecklades redan 1956 av Hansen och med vars hjälp man simulerade vattenståndet i Nordsjön i samband med den Nordsjöorkan som gav upphov till de svåra översvämningarna i Holland 1953, Hansen (1956). Trots att Hansens modell var relativt enkel, han bortsåg bl a helt och hållet från variationerna i vertikal led, så överensstämde beräkningarna mycket bra med observationerna när det gällde vattenståndet vid kusten. Vid det första experiment som vi har gjort vid SMHI har vi utgått från en modell som i allt väsentligt överensstämmer med den modell som Hansen använde.

Modellen utgår från rörelseekvationerna och kontinuitetsekvationen.

Dessa ekvationer har formen

$$\frac{\partial U}{\partial t} - fV = -g \frac{\partial \xi}{\partial x} + \frac{\tau_x^{(s)} - \tau_x^{(b)}}{H} \quad (4.1)$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} + fU = -g \frac{\partial \xi}{\partial y} + \frac{\tau_y^{(s)} - \tau_y^{(b)}}{H} \quad (4.2)$$

$$\frac{\partial \xi}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(HU) + \frac{\partial}{\partial y}(HV) = 0 \quad (4.3)$$

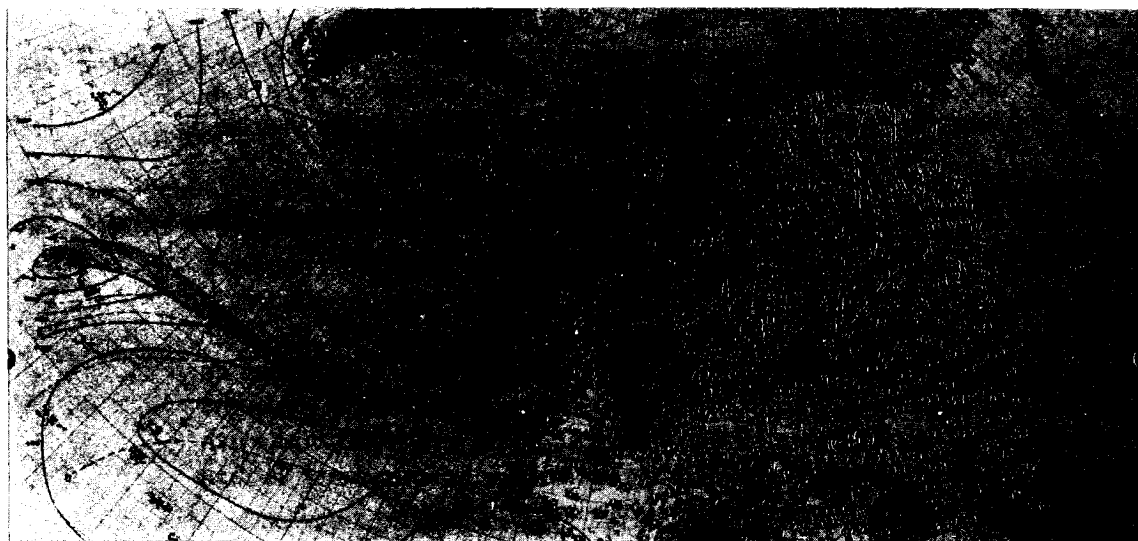
Här är

$$\begin{aligned} U &= \frac{1}{H} \int_{-H}^0 u dz && \text{vertikalt integrerade medel-} \\ &&& \text{värdet av strömmen i x- respektive y-riktningen} \\ V &= \frac{1}{H} \int_{-H}^0 v dz \end{aligned} \quad (4.4)$$

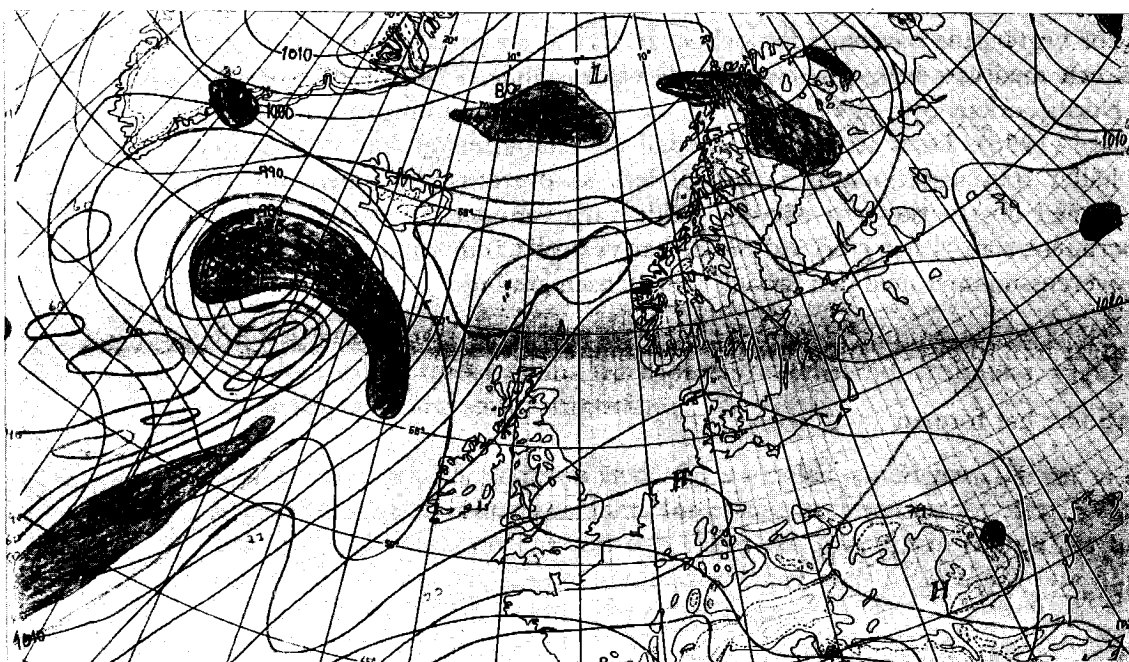
Stressen mot vattenytan är proportionell mot kvadraten på vindstyrkan (U_a, V_a)

$$\tau_x^{(s)} = \lambda \cdot U_a |U_a|$$

Figurerna 3–5 visar en prognos med verifikation från slutet av september 1972.



*Fig. 3. Analys
den 21.9 1972,
kl. 01.*



*Fig. 4. Prognos
baserad på ana-
lysen i fig. 3,
gällande den
22.9, kl. 07.*



*Fig. 5. Analys
den 22.9, kl. 07*

Stressen mot botten är proportionell mot kvadraten på strömmens styrka

$$\tau_x^{(b)} = r \cdot U \cdot |U|$$

$$\tau = 3.2 \cdot 10^{-6} \text{ och } r = 2.6 \cdot 10^{-3}$$

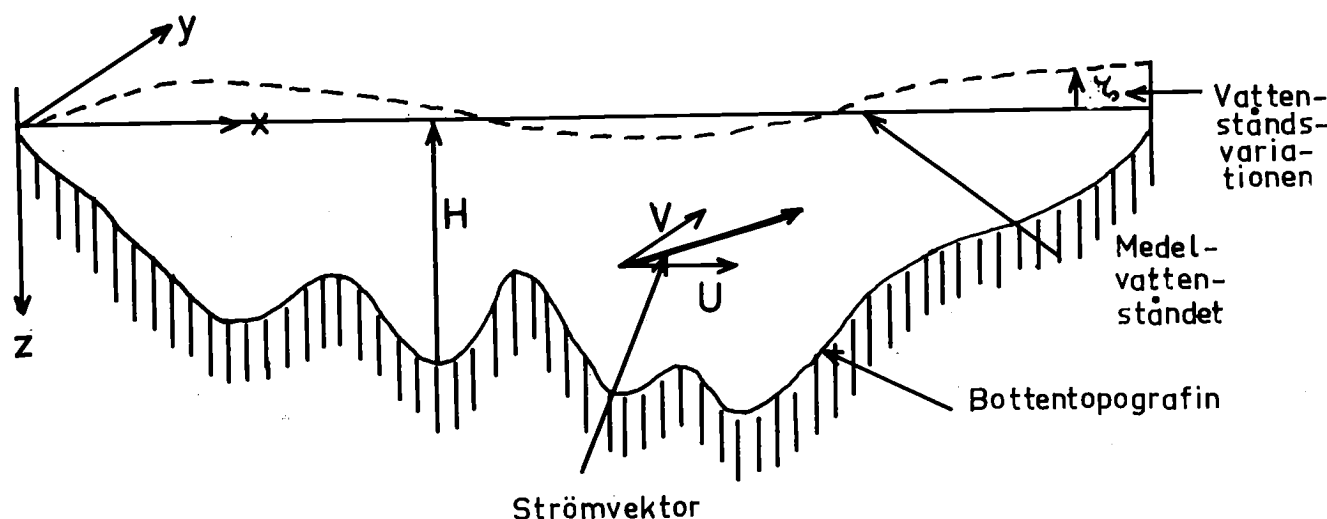


Fig. 6

Figuren visar i schematisk form hur SMHI:s sjömodell är uppbyggd.

Modellen har tillämpats på Vänern. Eftersom modellen inte kan beskriva variationerna av täthet i vertikal led så har vi valt att använda modellen vid en tid då det råder i det närmaste homogena förhållanden i sjön. Detta förhållande inträffar under hösten, då den s k termoklinen som har utbildats under sommaren, försvinner.

Oceanografiska prognoser kräver prognoser av i första hand vinden i det atmosfära gränsskiktet. Rutinmässiga prognoser av acceptabel kvalitet för vinden i gränsskiktet har utvecklats först under senare år varför man hittills har ringa erfarenhet av kopplade prognoser för atmosfären och havet. De flesta studier som företagits rörande hydrodynamiska modeller för hav och sjöar har därför varit simulerade i det avseendet att man använt observerade vindar och lufttryck. För de resultat som jag nu kommer att visa, har vi använt den tekniken.

Vi har dock redan nu ett system som gör det möjligt att förutsäga vattenstånd och strömmar i reell tid. Härvid driver vi sjömodeller med vinddata som prognoserats från vädermodellerna.

Figur 7 visar modellen för Vänern. Den heldragna linjen är beräkningsområdet där ett gitteravstånd på 5 km använts. Figuren visar vilken strömningstyp som etablerats vid en konstant sydostlig vind på 10 m/sek. Lägg märke till den karakteristiska cyklonala strömningen dels i Värmlandssjön och dels i Dalbosjön. Jämviktstillstånd (steady state) har uppnåtts efter ca 24 tim.

Figur 8 visar inträffat (heldragna linjer) vattenstånd i Sunnanå vid passage av ett kraftigt oväder i oktober 1969. Den streckade kurvan visar det prognoserade vattenståndet. Figur 9 visar samma sak för Vänersborg.

Vid detta tillfälle har observerade, i tiden varierande, vindar använts.

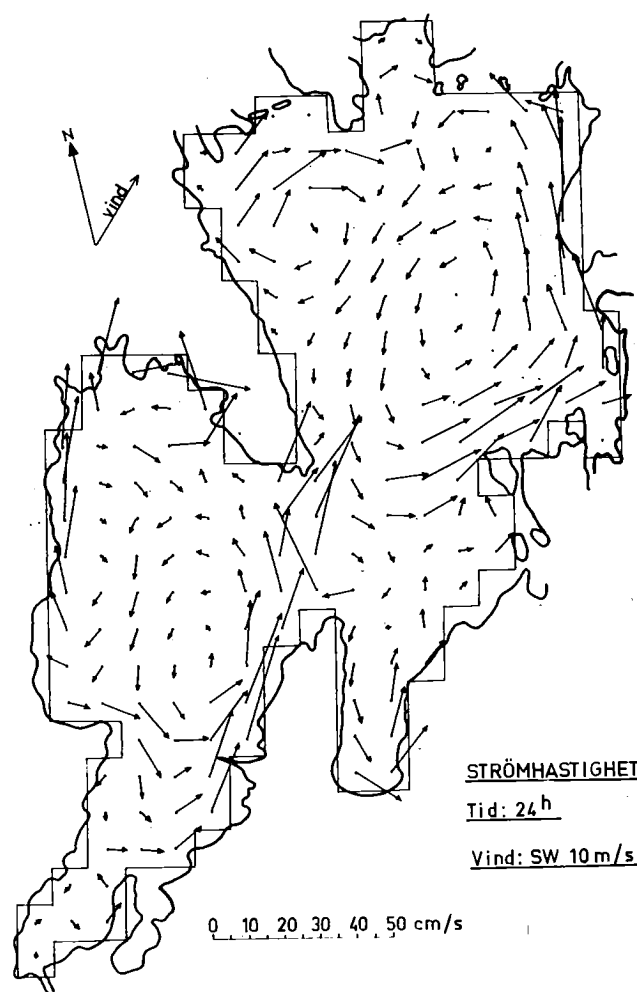


Fig. 7.

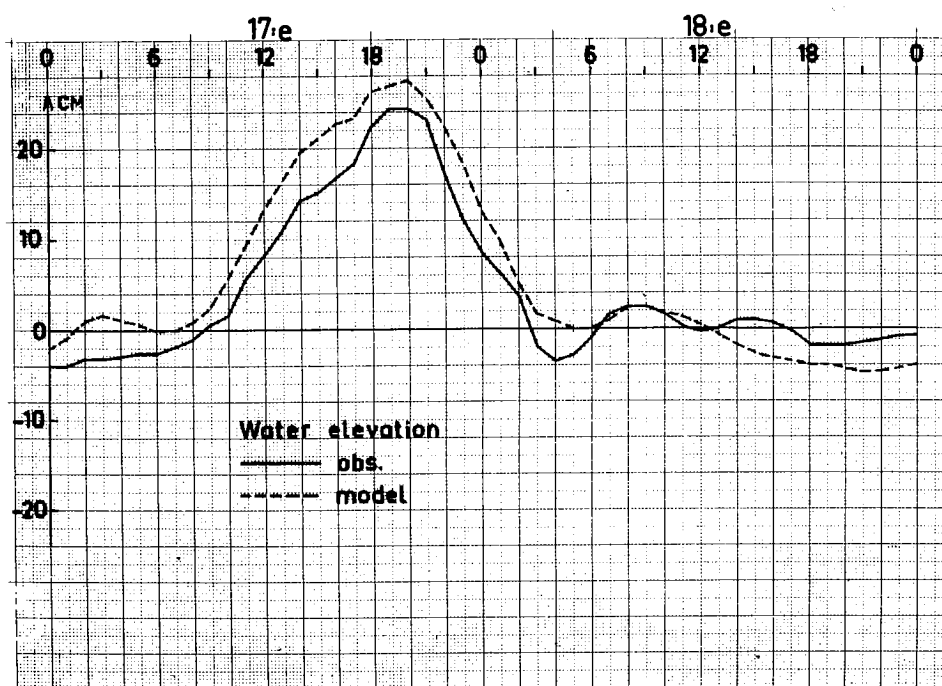


Fig. 8.

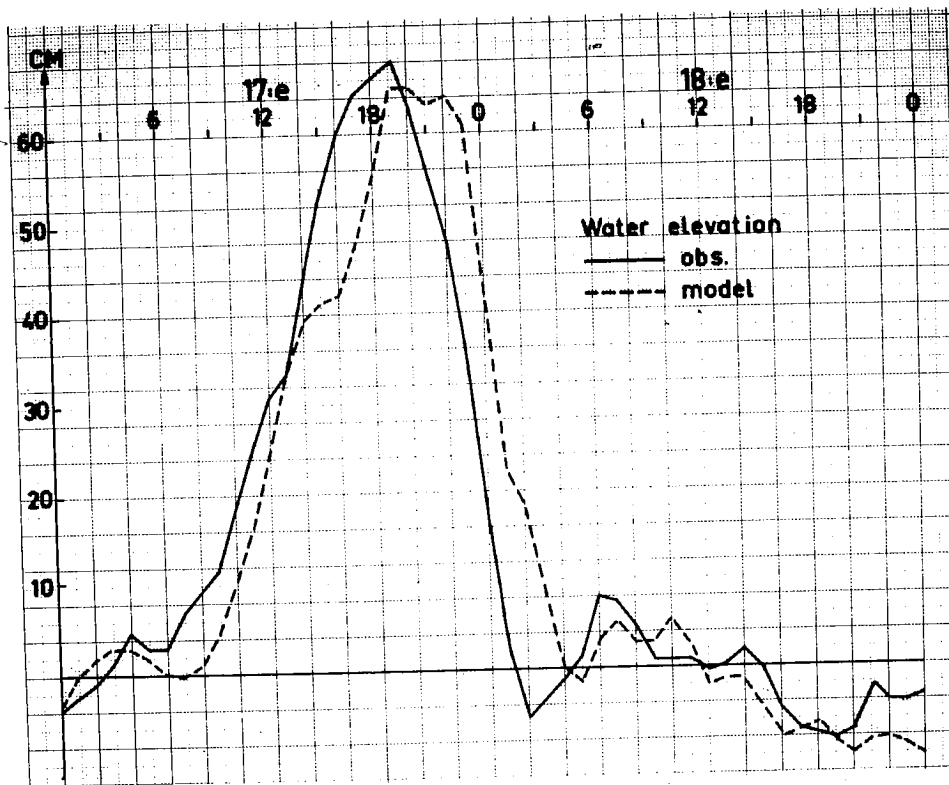


Fig. 9.

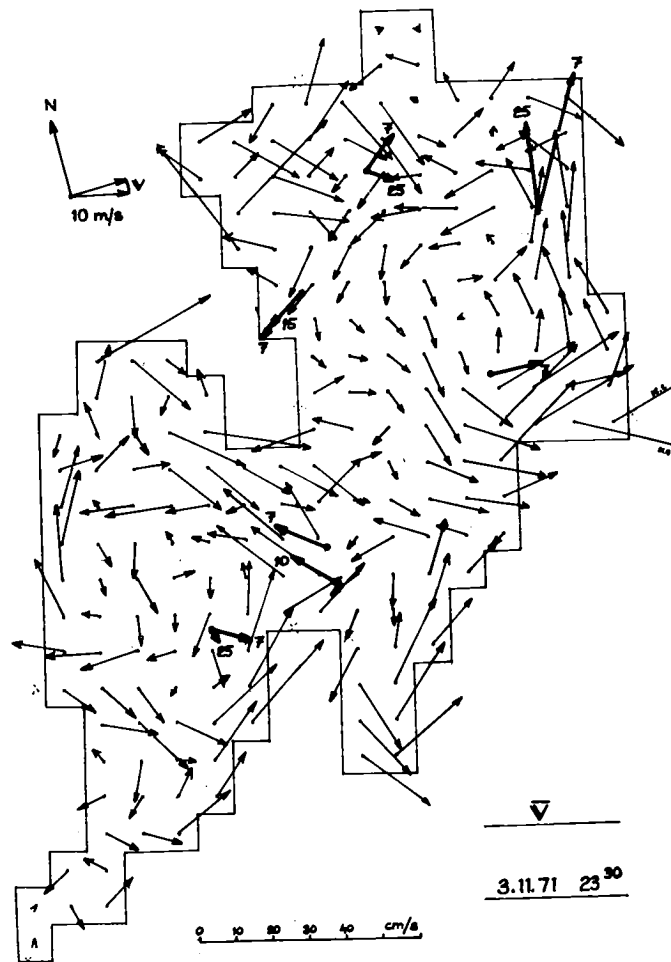


Fig. 10.

Figur 10 visar prognoserade och observerade strömhastigheter den 3.11 1971 2330. Strömhastigheten har här observerats på 7 olika platser i Vänern. De prognoserade strömhastigheterna ger uppgifter på olika djup som framgår av figuren. De prognoserade ger motsvarande vertikalt integrerade medelvärden. Överensstämmelsen är relativt god speciellt för den storstilade cyklonala cirkulationen i Värmlandsjön.

Det är givet att om man önskar använda en hydrodynamisk sjömodell för att studera exempelvis isdrift så är den nyligen beskrivna modellen inte tillräckligt realistisk. En förutsättning är att modellen kan beskriva strömningen i ytskiktet. För att detta skall bli möjligt måste man införa ett vertikalt beroende. Fig. 11–14 visar resultat från experiment med en baroklin modell där man simulerat vattenströmningen på 4 olika djup i Vänern. Dessa beräkningar har gjorts med en 4-lagers modell utvecklad av Simons (1972 personliga kontakter). Fig. 11–14 skall jämföras med fig. 7.

Utveckling av modeller för strömningsförhållandena i sjöar och hav befinner sig i intensiv utveckling.

Man har här kommit igång långt senare än vad man har gjort inom meteorologin men man har i likhet med meteorologerna fått upp ögonen för de stora möjligheter som man har att utnyttja datorer för att få kunskap om förhållandena i sjöarna, i haven och man håller nu på att hämta in meteorologernas försprång. Vi kan vänta oss en intensiv utveckling på detta område under de närmaste åren.

V VÅGMODELLER.

I följande avsnitt skall vi beskriva det system för våg- och dyningsprognoser som vi helt nyligen utvecklat vid institutet. Den beskrivna modellen är förhållandevis enkel och bygger på empiriska samband mellan vindhastighet, våghöjd och vågfrekvens. Metoden har utvecklats för att vara till hjälp för fartygsvägledning på Atlanten (Hubert, Mendenhall 1970). SMHI:s system är redan klart för operationell användning. Metoden kan sannolikt inte utan vidare användas för Östersjön och Bottenhavet och det blir därför kanske nödvändigt att modifiera vissa empiriska konstanter. Vi skall först nedan beskriva metodiken och sedan ge några exempel på beräkning av vågor samt verifikation av dessa.

5.1 Vindvågor

Tillväxtekvationen för vindvågorna anger den fullt utvecklade vågens höjd som funktion av vindstyrkan, varvid dennas varaktighet (den tid vinden varit konstant till styrka och riktning) är av stor betydelse, i synnerhet vid höga vindstyrkor. Vid lägre vindhastigheter är detta mindre väsentligt. Man har tagit hänsyn till varaktigheten genom att vid tiden t beräkna en tidsviktad vindstyrka enl. följande

$$\begin{aligned}\bar{u}_t &= au_t + (1-a)u_{t-\Delta t} \\ \bar{v}_t &= av_t + (1-a)v_{t-\Delta t}\end{aligned}\tag{5.1}$$

samt där Δt är ett givet tidsintervall och a en empirisk konstant. u, v är de analyserade och $\bar{u}, \bar{v}$ de tidsviktade vindkomponenterna. För $\Delta t = 12$ tim har man efter experiment och hänsynstagande till den valda tillväxtekvationens utseende funnit att $a = 0.6$.

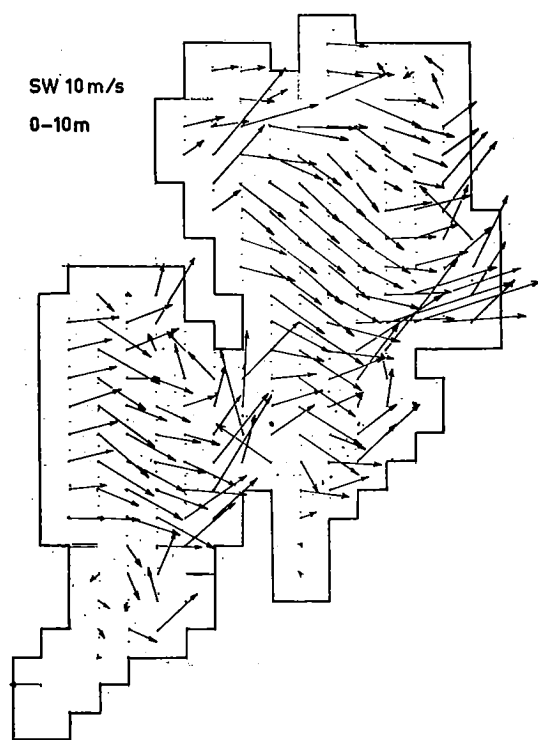


Fig. 11.

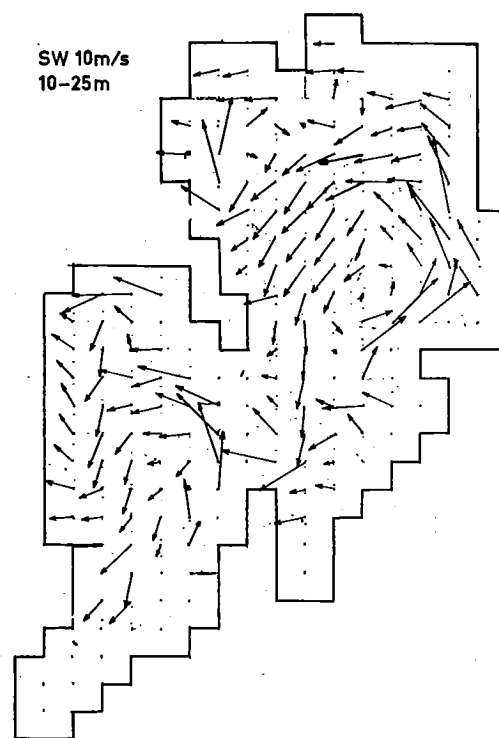


Fig. 12.

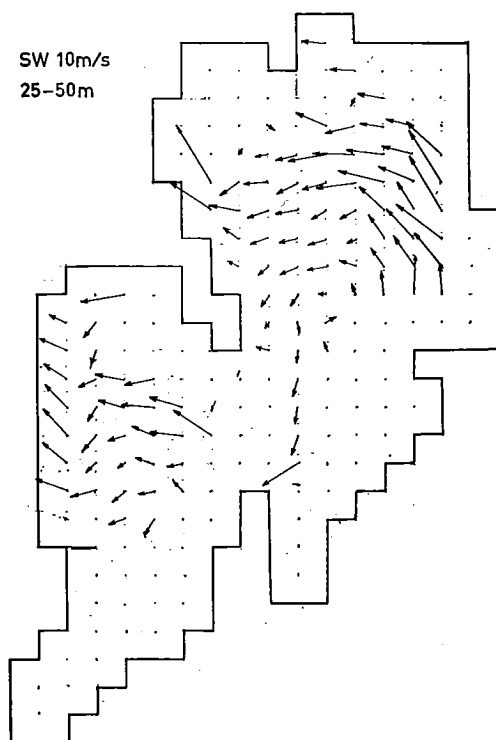


Fig. 13.

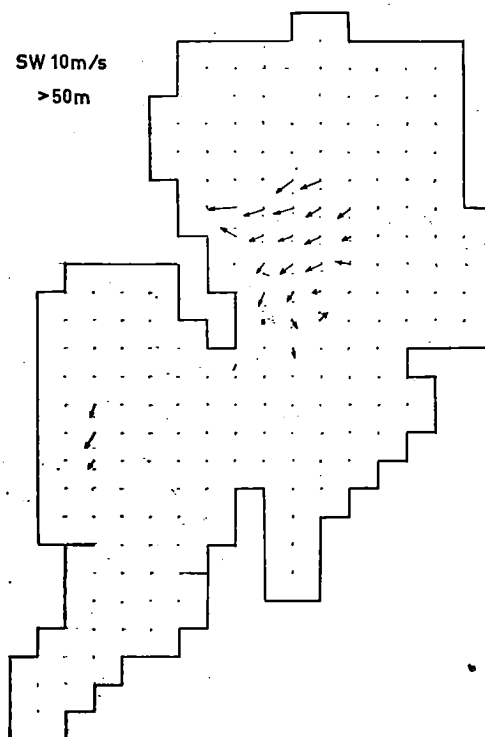


Fig. 14.

För att finna ett samband mellan våghöjd och vindstyrka har man utgått från observerade relationer mellan fullt utvecklad signifikant våghöjd och vindhastighet. Den valda vågekvationen utgör en optimal anpassning till vindstyrkor <10 m/s medan den planats ut mot högre vindhastigheter för att ge rimliga värden i detta område (även den tidsviktade vinden skulle här vid tillräcklig varaktighet ge en fullt utvecklad våghöjd som i de flesta fall är större än den observerade).

Vågekvationen har följande utseende

$$H_w = 2.135 \left[\left(\frac{V^2}{10} \right) - \left(\frac{V}{20} \right)^{3.3} \right] + 0.305 \quad (5.2)$$

där H_w anges i m och den tidsviktade vindhastigheten $\bar{V}$ i m/s. Ekvationen ger $(H_w)_{\max}$ på 13.4 m för $\bar{V} = 40$ m/s.

De fullt utvecklade vindvågornas genomsnittliga period varierar linjärt med vindstyrkan och man har valt följande uttryck

$$P_w = \left| \frac{\bar{V}}{2} \right| + 2 \quad (5.3)$$

(sek) (m/s)

5.2 Dyning

Var 12:e timme skickas från varje punkt (i ett gitter på 300 km) med en vindvåg högre än 1.5 m i väg ett vågtåg (dyning) utefter en storcirkel (i vindvågens riktning (den analyserade vindriktningen)).

Härvid avtar resp. ökar dyningens höjd och period enl.

$$\begin{aligned} H_s(t) &= H_w \left[1.75 - 0.75 \log(t+10) \right] \\ (m) & \qquad \qquad \qquad (tim) \\ P_s(t) &= P_w \left[0.78 + 0.22 \log(t+10) \right] \\ (sek) & \qquad \qquad \qquad (tim) \end{aligned} \quad (5.4)$$

där t anger antalet timmar efter initieringen av vågtåget.

Vågpaketets hastighet = gruppshastigheten = halva fashastigheten för gravitationsvågor på stort djup.

$$C_g = \frac{g}{4\pi} P_s \quad (5.5)$$

Av ett vågpaket tillryggelagd vågsträcka D^t mellan tidpunkterna t och $(t+12)$ tim blir

$$\begin{aligned} D^t &\approx \frac{g}{4\pi} \frac{1}{2} (p_s^t + p_s^{t+12}) \times 12 \times 3600 = \\ (m) & \qquad \qquad \qquad (sek) \quad (sek) \\ &= \frac{g}{4\pi} \frac{12 \times 3600}{2} P_w \left[1.56 + 0.22 (\log(t+10) + \log(t+22)) \right] \end{aligned} \quad (5.6)$$

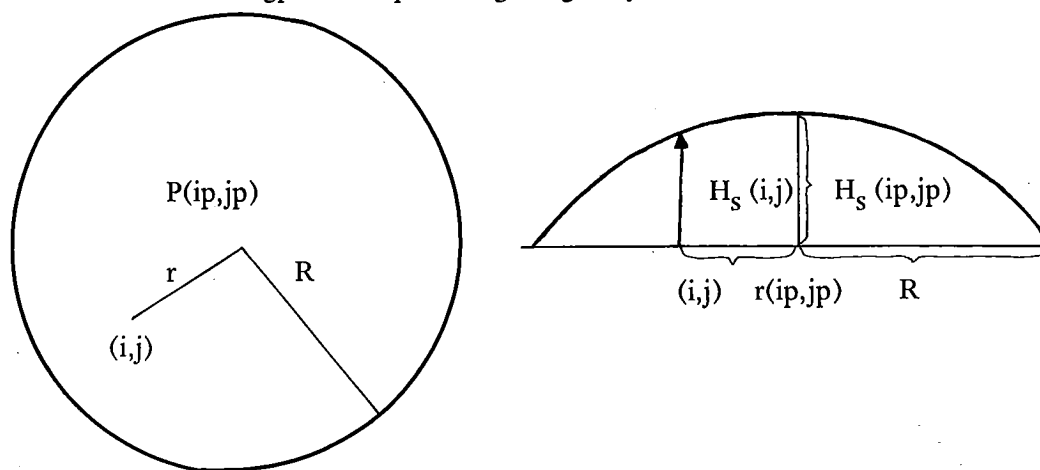
För varje vågtåg beräknas läge, höjd, period och riktning var 12:e timme efter initieringen till dess att

- höjden är lägre än 1 m;
- dyningen når en kustlinje eller isrand eller

c) går utanför området.

Härvid anges kusten och isranden med en halv gridlängds noggrannhet. Isranden utgör säsongmedelvärden.

Vågpaketen sprider sig enligt följande modell



P: vågpaketets läge
 (i,j): gitterpunkter
 R: = KD där D är vågtågets totala tillryggalagda vågsträcka och
 K=1 om dyningen är 12 timmar gammal
 K=0.7 " " " 24 " "
 K=0.4 " " " 36 " "
 K=0.3 " " " ≥ 48 " "

$$H_s(i, j) = H_s(ip, jp) \frac{R^2 - r^2}{R^2} \quad (5.7)$$

Vid varje analys eller prognostillfälle beräknas enl. formel 5.7 bidragen i varje gridpunkt från samtliga tidigare genererade vågpaket, men endast det högsta användes.

5.3 Resultat

Fig. 15 och 16 visar väderkartor för den 6/5 1971 00z resp. den 7/5 1971 00z. Fig. 17 visar väderkartor den 8/5 1971 00z med isolinjer för beräknade vinddrivna vågor. Siffrorna ger observerade våghöjder för vinddrivna vågor. Fig. 18 ger motsvarande beräkning för dyning. Inlagda siffror ger observerad höjd för dyningen.

VI AVSLUTNING.

Jag har i den här framställningen endast beskrivit SMHI:s kortfristiga prognosmodeller. Jag bedömer det som troligt att vi kan räkna med en fortsatt förbättring av de kortfristiga prognoserna på upp till 2 dygn.

En signifikant förbättring av vår service vad beträffar kortfristiga prognoser kommer att ske då ett nytt system för kortfristiga prognoser tas i bruk 1975. En förbättring

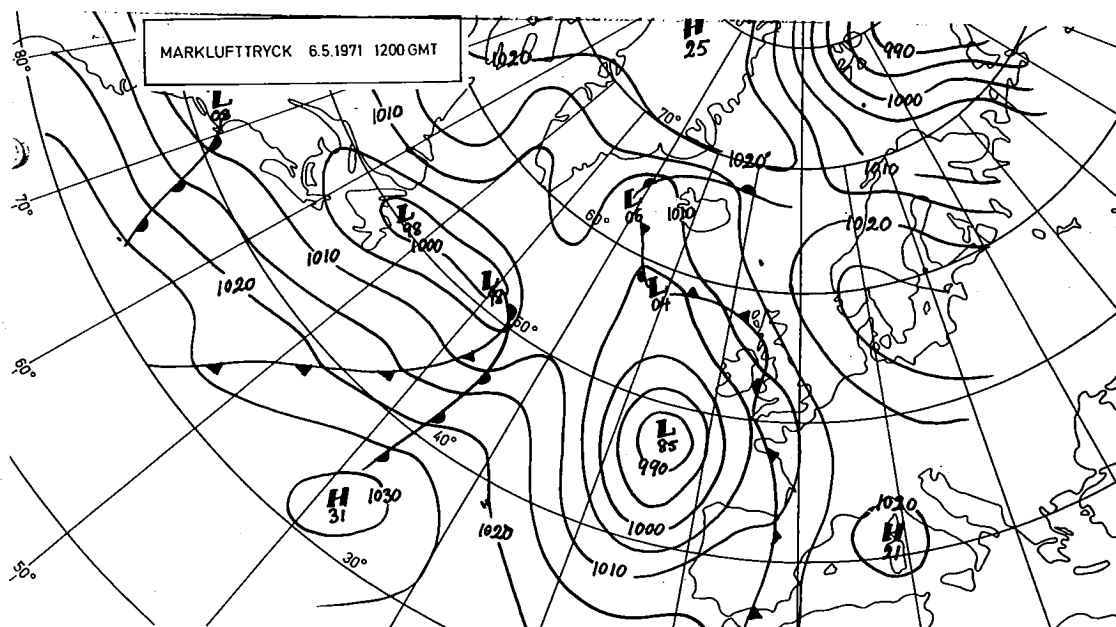


Fig. 15.

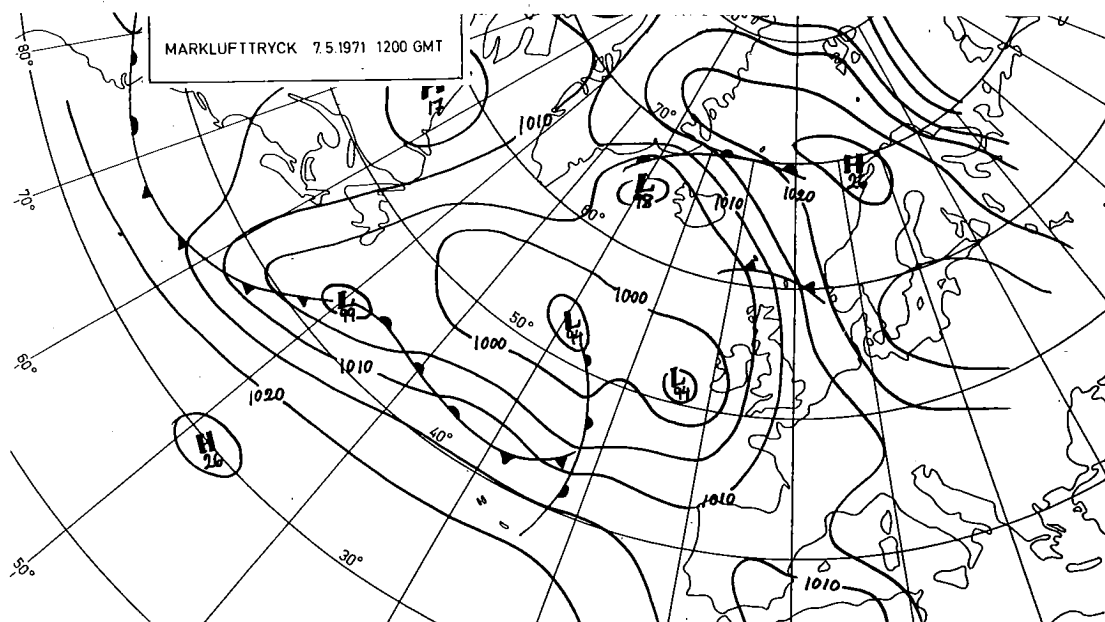


Fig. 16.

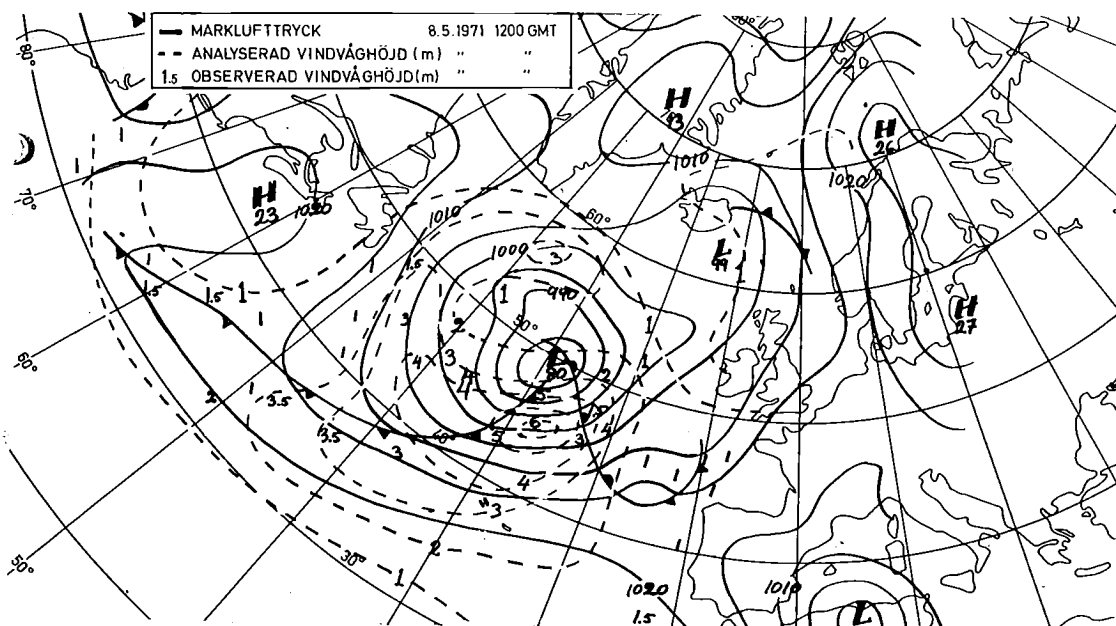


Fig. 17.

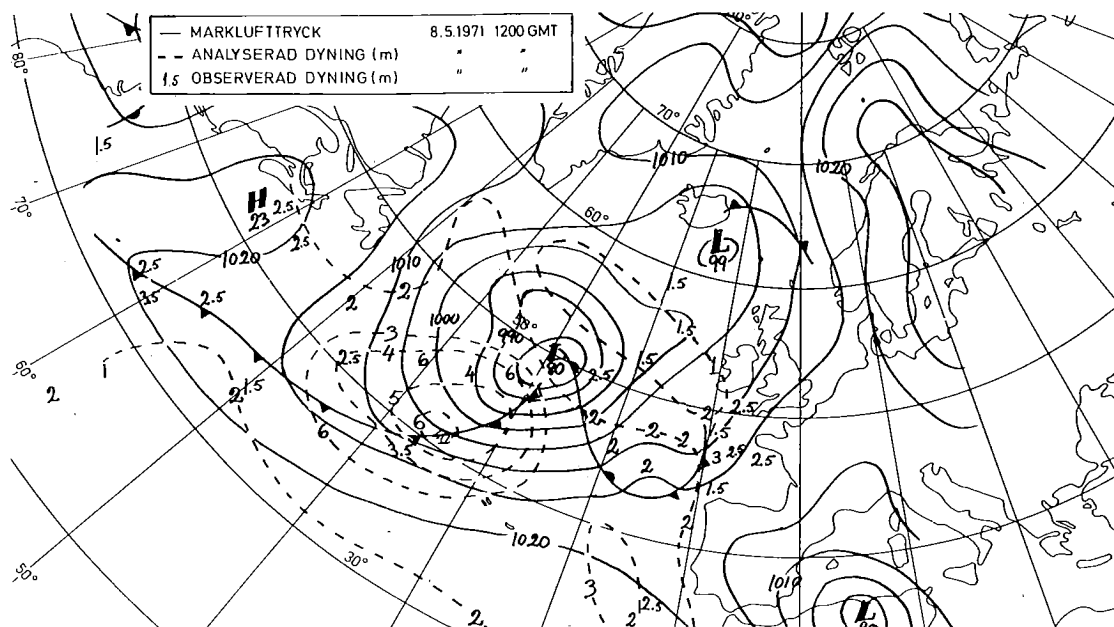


Fig. 18.

samt en förlängning av de medellånga prognoserna till ca 10 dygn kommer att ske mot slutet av 70-talet i samband med att ett särskilt europeiskt centrum för medellånga prognoser kommer att etableras.

Av vad jag inledningsvis nämnde kommer dessa senare prognoser inte att ge några detaljprognoser utan vara översiktliga och allmänna i likhet med våra nuvarande 5-dygnsprognoiser. Orsaken till denna förväntade förbättring är utveckling av snabbare och större datorer samt en förbättring av det meteorologiska observations- och telekommunikationssystemet.

I vilken utsträckning som de modeller som jag här beskrivit kan användas för förbättring av isprognoserna kan jag inte här besvara. Det är bl a det som det planerade forskningsprogrammet skall göra. Det är i alla fall klart att de numeriska väderprognoserna kommer att spela en central roll. Vi har också preliminärt diskuterat möjligheten att kombinera vår sjömodell med en transportekvation för is. Slutligen antar jag att prognoser för exempelvis vinddrivna vågor är värdefulla då det gäller bildandet av isbarriärer, isvallar m m. Vågornas roll för nedslagsrisken är likaledes väsentlig. Likaså torde vågorna spela en viktig roll vid nedbrytningen av istäcken.

Jag tror det skulle vara intressant och värdefullt att försöka utveckla en modell för isdriftsprognoiser samt också en modell av något annat slag än vad jag har tagit upp i det här föredraget, nämligen en termisk-stationär modell för bedömning av isläggning och isupplösning. De dynamiska processerna spelar givetvis också där en viktig roll men sannolikt skulle man kunna parameterisera den dynamiska inverkan av vädersystemen.

Det är synnerligen viktigt när man står inför ett helt nytt prognosprojekt av ett slag som vi diskuterar här att man noggrant analyserar de behov och de resurser som projektet kräver. Man bör exempelvis med olika slag av simuleringar påvisa det eventuella behovet av särskilda oceanografiska observationer. Hur noggranna skall dessa vara, hur många, och hur tätt i tiden skall observationerna företas. Vilket behov föreligger av särskilda vindmätningar, radarmätningar osv.

Man måste också skilja på det observationssystem som krävs för den *operationella verksamheten* och det observationssystem som krävs för *utveckling, forskning och metodutveckling*.

Som en tankeställare kan jag nämna att experiment har visat att aerologiska observationer från väderskeppet Polarfront inte signifikant kan förbättra flygplanering över Atlanten med avseende på de prognosmetoder som vi för närvarande använder.

Ett exempel på en rationell planering, låt vara i en helt annan omfattning, är den planering som WMO och ICSU nu håller på med och som syfte har att genomföra den första globala väderprognosen 1977. En av de centrala frågorna i detta program (GARP) är att med hjälp av datorer bestämma hur ett optimalt observationsnät skall utformas.

Jag tror att vi för havsisprognosprojektet kan lära en del från GARP. När det gäller numeriska beräkningar så har Sverige och Finland en unik möjlighet genom att de båda ländernas vädertjänster har tillgång till samma datorsystem. Vi har därför redan nu ett utomordentligt samarbete på prognosområdet och jag är övertygad om att det kan utvecklas till att även omfatta utveckling av numeriska isprognosmetoder.

Referenser

- Bleckert, G. och Moen, L., (1972). Meteorologisk ADB-verksamhet vid SMHI. Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut. Notiser och preliminära rapporter. Serie Meteorologi Nr 31.*
- Hansen, W., (1956). Theorie zur Errechnung des Wasserstandes und der Strömungen in Randmeeren nebst Andwendungen. Tellus 8.3.*
- Hubert, W.E. och Mendenhall, B.R., (1970). The FNWC Singular Sea/Swell Model. Technical Note No 59. Fleet Numerical Weather Central. Monterey, California.*
- Lorenz, E.N., (1969). The predictability of a flow which processes many scales of motion. Tellus 21.3.*
- Lönnqvist, O., (1971). Über die automatische Interpretation von Vorhersagekarten. Zeitschrift für Meteorologie.*
- Robinson, G.D., (1971). The predictability of a dissipative flow. Quart. J. R. Met. Soc. 97.*
- Bengtsson, L. och Moen, L., (1971). An operational system for numerical weather prediction. Satellite and Computer Applications to Synoptic Meteorology WMO 283.*

Finlands meteorologiska instituts system för dynamiska och dynamisk-statistiska väderleksprognoser samt möjligheterna att utnyttja systemet för förbättrade isprognoser.

Datachef DANIEL SÖDERMAN, Finlands meteorologiska institut

I INLEDNING.

En Datasaab D21 dator installerades vid Meteorologiska Institutet i Helsingfors i oktober 1969. Genom att ett omfattande vid Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut utvecklat meteorologiskt programsystem levererades tillsammans med datorn, kunde man redan den 1 mars 1970 starta med operationella dynamiska väderleksprognoser tre gånger per dygn.

Under senaste tid har tyngdpunkten för utvecklingsarbetet när det gäller väderleksprognoser legat vid utvecklandet av på en sofistikerad regressionsteknik baserade så kallade dynamisk-statistiska prognoser, vilka genom kombination av storskaliga dynamiska prognoser och klimatologiskt observationsmaterial vid ett antal synoptiska stationer ger metoder för utförandet av lokala prognoser för olika meteorologiska parametrar. De första rutinmässiga prognoserna av detta slag utfärdades den 1 maj 1972. Det var här fråga om vindprognoser för sex orter fyra gånger per dygn. Den 1 oktober sattes ett avsevärt förbättrat vindprognossystem i rutindrift och rutinprognoser för ett antal andra meteorologiska parametrar planeras under den närmaste tiden.

II DE DYNAMISKA PROGNOSENA.

Vid Finlands meteorologiska institut körs för närvarande dynamiska prognoser 3 gånger per dygn under vintern och 4 gånger per dygn under sommaren (maj–september). Den horisontella resolutionen i modellen är antingen 300 km (för prognoser baserade på observationer gjorda 00 och 12 GMT över ett område som täcker en stor del av norra hemisfären), eller 150 km för mera detaljerade prognoser för ett betydligt mindre område (Europa och norra Atlanten) baserade på 18 GMT-observationer under hela året och dessutom på 12 GMT-observationer under perioden maj–september. Modellens vertikala upplösning framgår ur Fig. 1. Prognostiden är i allmänhet 36 timmar, med undantag för vissa förenklade prognoser av strömningen på 500 mb (ca 5 km) vilka beräknas upp till 96 timmar.

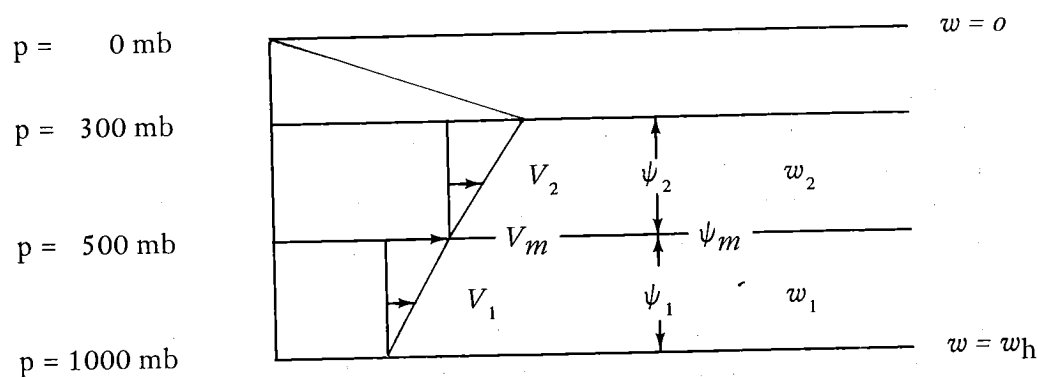


Fig. 1. Atmosfärmodellens vertikala upplösning.

Inga väsentliga förändringar i de dynamiska prognoserna planeras under 1973, men på sikt är det uppenbart att de dynamiska prognoserna i allt större utsträckning kommer att beräknas av speciella internationella centraler med mycket stor beräkningskapacitet. Även inom Norden planeras en viss arbetsuppdelning mellan de olika meteorologiska instituten så snart den pågående uppsnabbningen av telenätet genomförts.

III DE DYNAMISK-STATISTISKA PROGNOSENA.

Atmosfärens mest betydande direkta påverkan av havet sker genom atmosfärens lägsta lager, det så kallade planetära gränsskiktet. Geometriskt är de i detta gränsskikt förekommande fenomenen dock så små att det är så gott som omöjligt att med numeriska metoder i detalj avbilda dem. Av dessa fenomen kan nämnas t ex vindens vridning och uppbromsning nära havsytan på grund av friktionen, fuktighets- och energiutbytet mellan atmosfären och havet, etc. I de dynamiska modellerna beskrivs fenomen av detta slag endast genom att statistiskt försöka beskriva deras storskaliga inflytande ("parametrisering").

När man vill prognosera väderleksfenomen nära havsytan kommer en omvänd statistisk teknik i fråga. Ur en dynamisk prognosmodell får man areala medelvärden av förhållandena i den lägre troposfären. För att kunna beräkna ytprognoser måste man med statistiska metoder studera hur atmosfären uppför sig lokalt under olika storskaliga strömningsförhållanden. Vid dessa undersökningar använder man sig av på magnetband lagrade mångåriga observationsserier av olika väderleksparametrar som uppmätts vid kusten eller längre ut till havs. De storskaliga atmosfärförhållandena finns också lagrade på magnetband i form av numeriska analyser eller kortfristiga prognoser gjorda med dynamiska modeller för olika utgångsterminer (00, 06, 12 och 18 GMT).

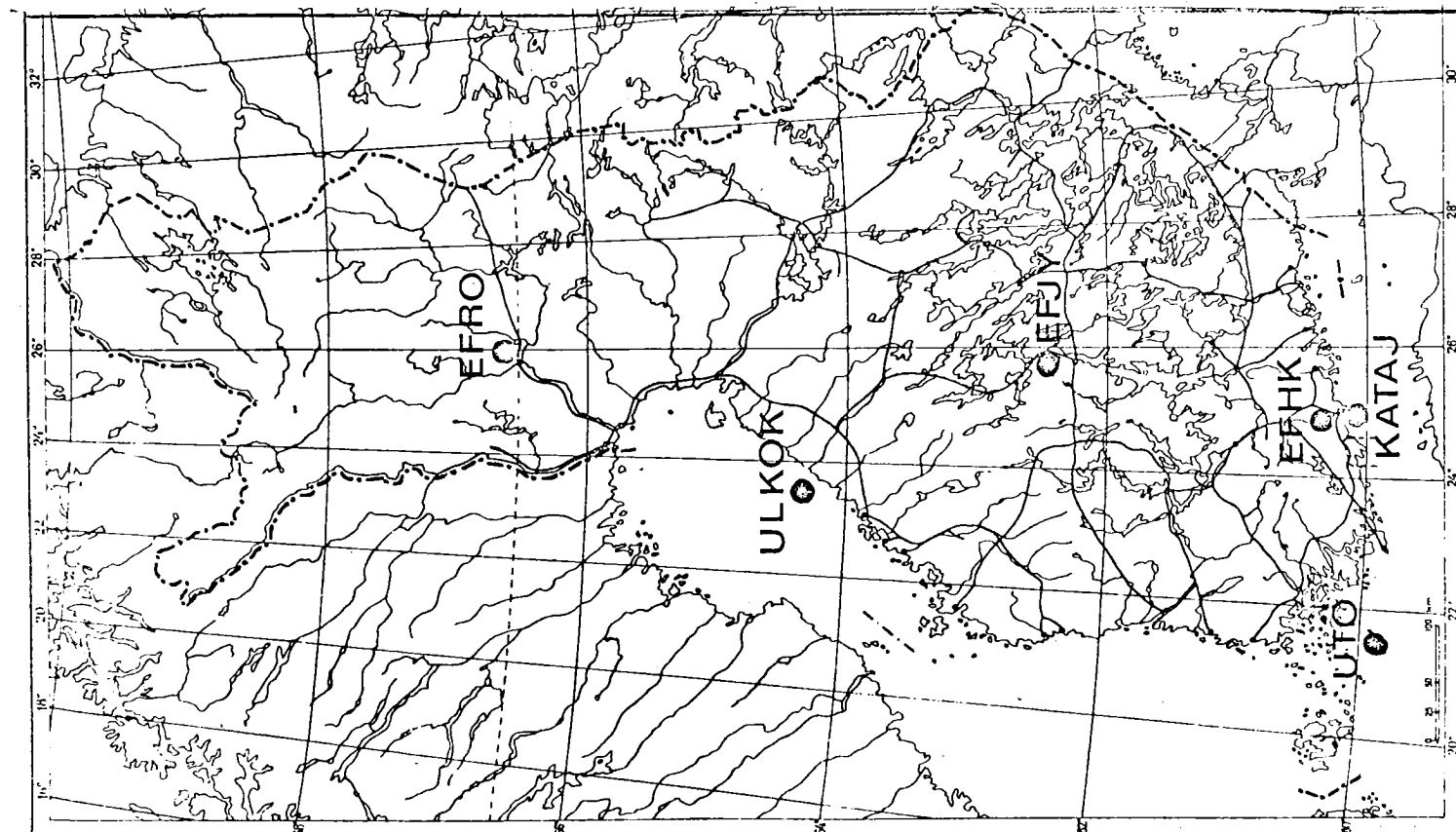
Finlands meteorologiska instituts utvecklingsprojekt för dynamisk-statistiska lokalprognoser har följande stegvisa målsättning:

- 1) utvecklandet av en statistisk tolkningsmodell för dynamiska prognoser (analyser)
- 2) utvecklandet av en statistisk tolkningsmodell för dynamiska prognoser med beaktande av den aktuella parametrarnas senaste observation (persistensen)
- 3) utvecklandet av en statistisk tolkningsmodell för dynamiska prognoser med beaktande av persistensen och den subsynoptiska advektionen (dvs de senaste observationerna vid närliggande stationer motströms).

Tolkningsmodellen (steg 1) är ur databehandlingssynpunkt den enklaste eftersom man i rutin endast behöver tillfoga modellen de senaste numeriska prognosfälten. En dylik modell sattes i rutin den 1 maj 1972 och från denna tidpunkt har vindprognoser utfärdats fyra gånger per dygn för tre fastlands- och tre havsstationer. De sex stationerna och exempel på prognostelegram baserade på 00, 12 och 18 GMT-data ses i Figur 2.

Persistensmodellen (steg 2) utnyttjar även de senaste mark- (SYNOP-/METAR-) och höjd- (TEMP-/PILOT-) observationerna, vilket är av betydelse närmast för kortare prognosintervall (upp till 12 timmar). Från och med den 1 oktober 1972 används en dylik modell för vindprognoser en gång per dygn för de tidigare nämnda orterna.

Advektionsmodellen (steg 3) kräver ett mera komplett datamaterial än de



ZCZC										
txfi2 efkl 270205										
fmi exp stat fcast of surf winos based on bc np	72092700+30									
valid	00	06	12	18	00	06				
efhk	35009	35012	34013	31010	33009	36010				
efjy	33011	34012	34014	34009	33014	36013				
efro	35012	36017	02013	01013	02015	03018				
utö	36018	35021	34027	33024	35019	36023				
kataj	34016	33019	32018	30018	32017	35015				
ulkok	////	35020	36029	36024	////	01024				
ZCZC										
txfi2 efkl 271730										
fmi exp stat fcast of surf winos based on bc np	72092712+36									
valid	12	18	00	06	12	18	00			
efhk	34012	32006	34006	01007	02014	36013	35011			
efjy	35009	36006	34010	01010	01016	36009	34010			
efro	04014	02013	02012	36011	36003	35003	34009			
utö	34018	33023	34017	01017	02027	01024	01016			
kataj	32017	31009	33011	36011	36019	36022	35020			
ulkok	01023	03029	////	02023	01024	35016	////			
ZCZC										
txfi2 efkl 280200										
fmi exp stat fcast of surf winds based on bc np	72092718+36									
valid	18	00	06	12	18	00	06			
efhk	33007	36007	02003	03016	36012	36010	35003			
efjy	36003	34011	01010	02012	01007	33003	35003			
efro	02011	01010	36010	34007	32005	35003	03001			
utö	34015	36013	01021	03024	01013	35013	34010			
kataj	32012	36011	02015	01023	36020	35019	34012			
ulkok	02021	////	02019	02013	34011	////	36005			

Fig. 2.

BILDANDET AV LOKALA REGRESSIONSMODELLER

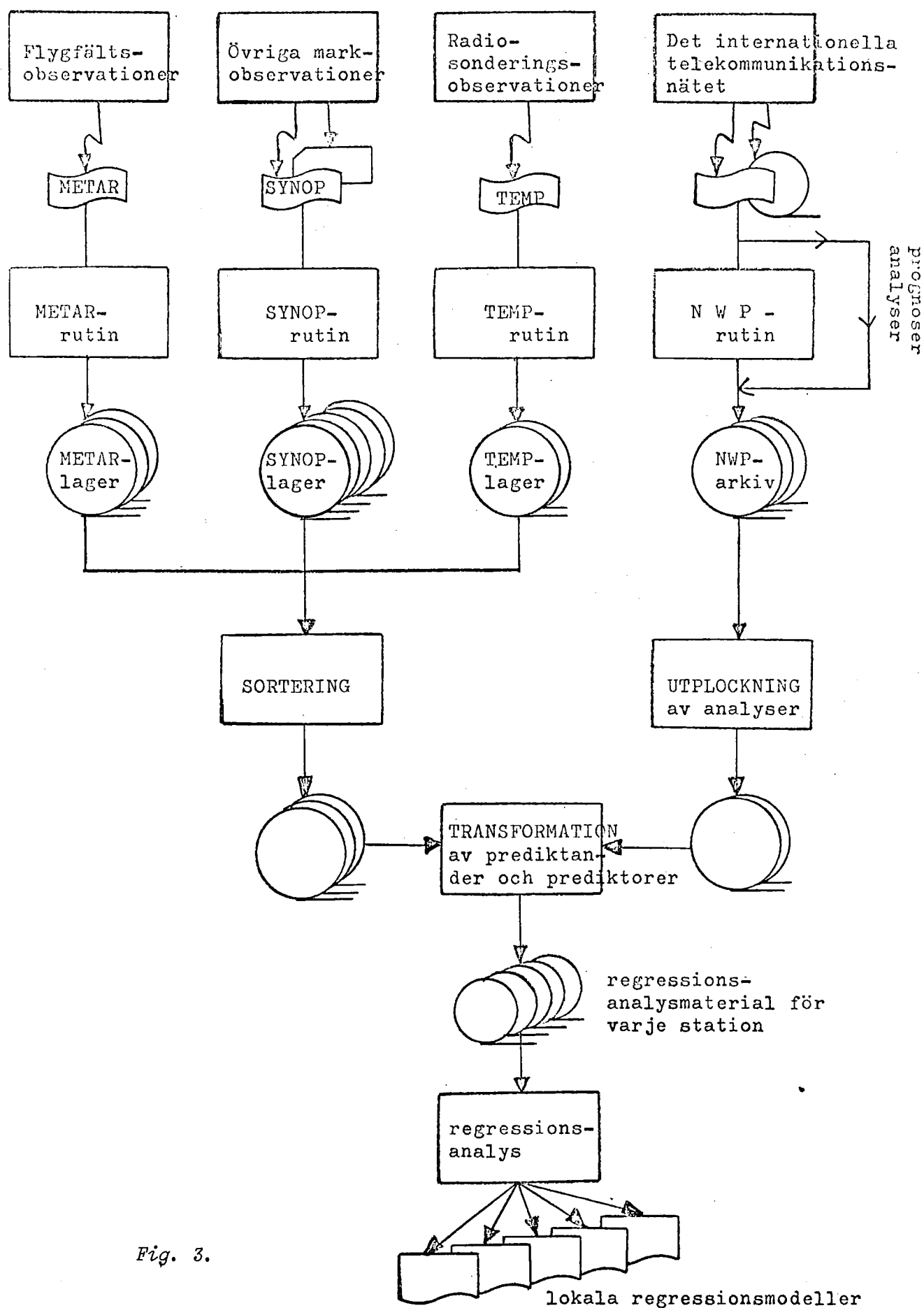


Fig. 3.

DEN DYNAMISK-STATISTISKA PROGNOSRUTINEN

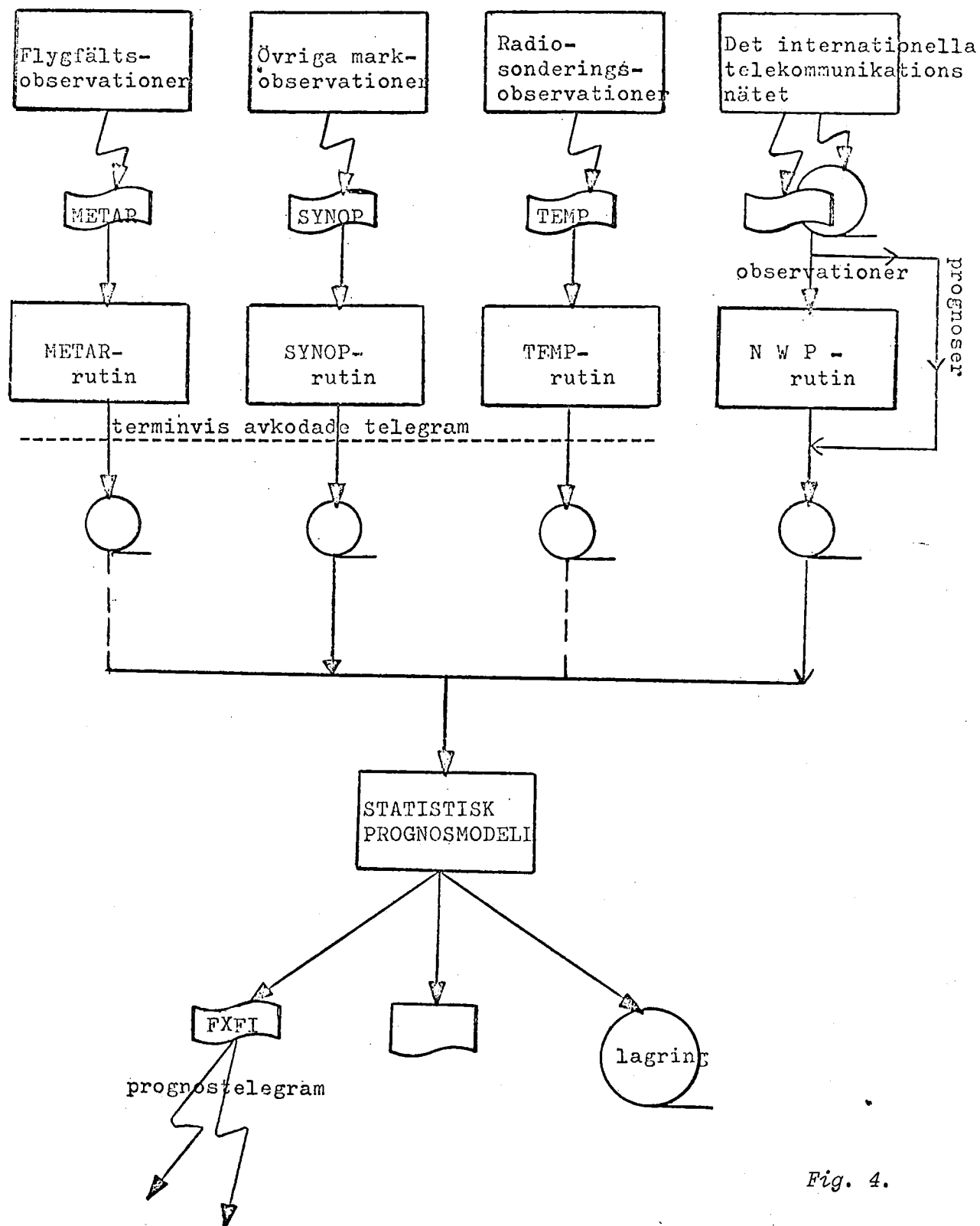


Fig. 4.

föregående versionerna. Genom att beakta advektionen med tillhjälp av statistiska metoder kan man avbilda olika meteorologiska parametrars förändringar till exempel vid passerandet av i struktur- eller höjdhänseende föränderligt underlag.

Figur 3 illustrerar hur de dynamisk-statistiska regressionsekvationerna utarbetas. Hittills har man använt sig endast av den dynamiska prognosrutinens analyser, eftersom man därigenom uppnår att regressionsekvationerna inte behöver ändras om ändringar görs i det dynamiska prognossystemet. Det är dock troligt att på dynamiska prognoser baserade regressionssystem skulle ge något bättre prognoser genom att vissa systematiska fel i prognosmodellen automatiskt skulle neutraliseras av den statistiska behandlingen. Figur 4 visar hur den dagliga prognosrutinen är uppbyggd. Det är skäl att påpeka att ett dynamisk-statistiskt prognossystem har den fördelen att även om utvecklandet av regressionsmodellerna kan kräva avsevärda mängder datortid så behövs det för rutindriften endast obetydliga beräkningstider, vilket ur operationell synpunkt är synnerligen värdefullt.

Under den första hälften av 1973 kommer utveckling av advektionsmodeller att ske för åtminstone följande parametrar: vind, temperatur och sikt. Under den senare hälften av samma år borde även vissa sannolikhetsprognoser kunna sättas i rutin, varvid riskprognoser av olika slag kan utfärdas.

IV MÖJLIGHETERNA ATT UTNYTTJA SYSTEMET FÖR FÖRBÄTTRADE IS-PROGNOSER.

En grundförutsättning för att kunna förbättra både de meteorologiska och oceanografiska prognoserna med tillhjälp av dynamisk-statistiska metoder är naturligtvis att ett tillförlitligt observationsmaterial finns tillgängligt för en period omfattande minst två år. Antalet observationspunkter både i närheten av kusten och längre ut till havs är relativt lågt, speciellt om man endast beaktar stationer som kan anses vara representativa för ett något större område än den närmaste omgivningen. En viktig parameter är här havsytans temperatur, som har ett betydande inflytande på atmosfärens lägsta skikts stabilitet, vilken i sin tur påverkar bland annat vinden ovanför havsytan. Denna parameter ingår tyvärr inte i de meteorologiska SYNOP-telegrammen och har dessutom inte heller alltid registrerats vid kuststationerna, vilket delvis beror på att havets temperatur i närheten av kusten ofta inte är representativ för ett större område. Även när det gäller rent meteorologiska parametrar förekommer vissa bristfälligheter i observationssystemet. En möjlighet är att utnyttja sig av observationer gjorda på isbrytare eller handelsfartyg, vilket förutsätter att lämpliga interpolationsmetoder tillämpas genom att dessa observationer ej utförts på fixa platser.

Ett fenomen som relativt lätt borde kunna prognoseras med dynamisk-statistiska metoder är isbildningsrisken för fartyg i vintertrafik. De avgörande faktorerna här är närmast meteorologiska: vinden, temperaturen i luften och i viss mån luftens fuktighet. Statistiskt kan man till exempel bestämma risken för att temperaturen understiger -4°C samtidigt som vindens hastighet är minst 5 Beaufort. I Sverige görs experimentella prognoser av detta slag rutinmässigt, men det är uppenbart att metodiken kan utvecklas mycket långt med lämpliga statistiska metoder.

Ett annat fenomen som borde kunna prognoseras statistiskt är isbildningen och isens tillväxt. Förutom luftens temperatur och vindens styrka måste man nu även känna till havstemperaturen och strömningsförhållandena. Ur dessa data bör man kunna utveckla en effektivt fungerande regressionsmodell för rutinprognosering.

När det gäller isens rörelser (inklusive isskrivning m m) kan problemet knappast

angripas med enbart statistiska metoder. En väsentlig svårighet ligger här i det faktum att man sällan känner till isläget vid en synoptisk tidpunkt. Visserligen har man tillgång till ett stort antal observationer av isläget i olika delar av de aktuella havsområdena, men de är gjorda över en kortare eller längre tidsperiod, vilket komplicerar problematiken. Ett motsvarande problem har dykt upp i meteorologin genom de nya satellitobservationerna, vilka utförs kontinuerligt under det att satelliten roterar runt jordklotet. Det är dock möjligt att genom så kallad 4-dimensionell assimilationsteknik optimalt utnyttja sig av asynoptiska observationer för att få en kontinuerlig bild av strömningsläget i atmosfären.

Även i ett annat hänseende kan man dra paralleller mellan prognosering av isens rörelser och meteorologiska problem. En parameter som fuktigheten, som är nära kopplad till vertikalarörelserna i atmosfären, kan enligt Bengtssons undersökningar prognoseras med tillfredsställande noggrannhet av en dynamisk modell utan att parametrarnas utgångsläge har matats in i systemet. Fuktigheten anpassar sig med andra ord relativt snabbt (inom 12–18 timmar) till rörelserna i modellen och en god prognos på 24 timmar kan alltså fås utan att parametrarnas observationer överhuvudtaget använts (annat än för verifikation av prognosen). Isens rörelse är också ett fenomen som i hög grad är beroende av vissa meteorologiska och oceanografiska parametrar, och det är därför inte alltför utopistiskt att tänka sig ett system för prognosering av isens rörelser som fungerar tillfredsställande även om utgångsläget inte alltid observerats över hela området.

V SLUTORD.

Finlands meteorologiska institut har för närvarande under utveckling (och delvis i rutindrift) ett sofistikerat system för utfärdande av lokala prognoser av olika meteorologiska parametrar. Detta utvecklingsarbete kommer inom de närmaste åren uppenbarligen att förbättra åtminstone vissa av institutets rutinmässiga väderleksprognoser för en tidsskala av upp till 36 timmar. Detta gäller naturligtvis också prognoserna för havsdistrikten under förutsättning att vissa minimikrav gällande utförandet och insamlandet av observationer uppfylls.

Det är också skäl att komma ihåg att en kontinuerlig utveckling av de dynamiska modellerna sker främst vid de stora prognoscentralerna. Detta arbete kräver dock så mycket datorkapacitet att endast ett fåtal internationella centraler kan tänkas klara av att utfärda användbara prognoser för tidsperioder upp till omkring en vecka. Dessa centralers prognoser kommer naturligtvis att bli tillgängliga för de mindre ländernas väderlekstjänster mycket snabbt genom de förbättringar som planeras när det gäller det internationella meteorologiska telekommunikationssystemet, varefter lokalprognoser kan framräknas nationellt på basen av de mottagna dynamiska prognoserna.

När det gäller oceanografiska prognoser bör det framhållas att institutets ansvarsområde inte omfattar dylika. Institutet ställer dock, inom ramen för ett samarbetsprojekt, gärna till förfogande sina kunskaper på det statistiska området. Det finns alltså ett stort intresse för att i samarbete med oceanografer i Sverige och Finland utveckla ett operationellt system för att betjäna havstrafiken med förbättrade meteorologiska och oceanografiska prognoser. Problemen som skall lösas är absolut inte enkla, och mycket forsknings- och planeringsarbete måste utföras innan man kan övergå till en operativ fas. Nationalekonomiskt sett är det uppenbart att en satsning på forskningsprojekt av detta slag mycket snabbt blir ekonomiskt lönsam genom förbättrad service åt fartyg i vintertrafik.

Referenser:

Bengtsson, L. (1970). Dynamiska nederbördsprognoser. Särtryck ur föredrag i sammandrag från WMM VII i Helsingfors.

Söderman, D. (1972). Numerical Weather Prediction in Finland during 1970. Finnish Meteorological Institute. Technical Report No. 2.

Debatt

LENNART HALLENGREN: — Det senaste anförandet var otroligt stimulerande och uppmuntrande ur svensk synpunkt, inte så att det löste havsisproblemen precis, men vårt meteorologiskt dåliga samvete för fyrautomatiseringen och de bristande observationer som gått i dess spår gör ju att man nu ser en ljusare framtid. Det är väl inte så att jag tolkat anförandet som om det skulle vara slut med behovet av observationer. Det är väl så att den modell man har och de datatekniska metoderna gör att man kan bedöma värdet av observationer på vissa ställen och att man rent av skulle kunna få objektiva bedömningar av alternativa platser och man kanske kunde klippa sönder en gammal observation i bitar, som man matematiskt och lätt kan göra och komplettera med andra observationer av den klassiska typen; molntyp, frontpassager, sikt och sådant som man ser med det mänskliga ögat — men att man kunde göra det på annorlunda ställen, exempelvis på fyrskeppet FALSTERBOREV, om man inte har folk där ute, kan man titta på moln inne på fastlandet, på FALSTERBO fyr, 10 km därifrån, varifrån man skulle kunna hämta vissa enkla uppgifter utifrån den automatiska bottenfasta fyren, som ersatt fyrskeppet. Bara för att belysa metodiken. Det skulle vara väldigt roligt om man kunde använda de här modellerna och datatekniken i det sammanhanget — så vi inte behövde ha samma dåliga samvete som vi har i detta sammanhang.

DANIEL SÖDERMAN: — Det är definitivt klart att vi behöver observationer, när det gäller de meteorologiska prognoserna. Vi behöver representativa observationer för att kunna utveckla regressionsmodellerna. Det måste alltså finnas observationer, men det som kan bedömas är hur många behöver vi, vilken täthet på nätet osv. Där har vi faktiskt en metodik, som vi håller på att testa i Finland och många andra länder, t ex Sverige, håller på med det. Metoden har utvecklats av prof. Gandin i Sovjetunionen och med den kan man objektivt optimera ett observationsnät, om man vet vad man är ute efter. Detta kan naturligtvis också användas i ett oceanografiskt projekt. Det finns alltså objektiva metoder för att optimera meteorologiska observationer, som vi håller på att använda oss av.

LENNART BENGTSSON: — Jag vill uttrycka mig på ungefär samma sätt som Söderman gjorde och dessutom nämna att det f n pågår planering av ett globalt projekt — GARP — syftet med det programmet är att göra den första globala väderprognosen redan 1977. Vad man där använder är synnerligen sofistikerade datalogiska metoder för att simulera hur observationsnätet skall se ut i avsikt att optimera de resurser för mätningar som finns, så att man inte skall behöva mer än vad man behöver och precis så mycket som är nödvändigt för att kunna åstadkomma vad man vill. Jag tror det är riktigt att man har detta klart för sig — att man hela tiden försöker klart definiera vad det är man vill åstadkomma. Det är inte bara som Söderman nämnde, nämligen att man kan optimera observationsfältet i sig utan det är också fråga om vilka typer av prognoser man skall göra med hjälp av detta observationssystem.

ERIK SEVERIN: — Jag vill säga att sjöfartsverket känner inte alls dåligt samvete. Vi är ålagda att rationalisera farledsutmärkningen. Det har medfört att vi plockat bort en del fyrskepp och satt ut fyrkassuner i stället. Är det så att man vill betala bemanningen ifrån andra medel på dessa fyrar, så har vi inte något emot det. Vi har skrivit till Kungl Maj:t om det. Men eftersom sjöfartsverket skall vara självbärande och sjöfarten skall betala vad det kostar, så kan vi inte ha bemannade fyrar. Det blir för dyrbart. Däremot har vi på en del fyrar monterat automatiska väderleksstationer, som lämnar väderleksdata. Vi har nämnt ALMAGRUNDET tidigare, där sitter en sådan väderleksstation. Om ni hör på SMHI:s väderleksrapport, så kommer även uppgifter från ALMAGRUNDET, som väl säger detsamma som ni får från t ex LANDSORT, där vi har en bemannad väderleksstation. Exaktheten i ALMAGRUNDETS uppgifter och LANDSORTS uppgifter kan jag självfallet inte bedöma.

LENNART HALLENGREN: — Jo, jag känner dåligt samvete på ett vis. Det är väl så att farledsverksamhet och säkerhet till sjöss hänger ihop och vädret är en betydande faktor i säkerheten till sjöss. Att vi inte har gjort tjänstefel när vi gjorde detta är väl också klart. Nu när vi är omgivna av så många meteorologer, så skadar det inte att man håller en mjuk och sympatisk inställning till problemet.

PENTTI MÄLKI: — Som ni vet kommer oceanografin efter meteorologin i många fall. Därför var min första fråga till Söderman: Hur lång tid behövs det för att genomföra dessa prognoser? Var det fem års observationer som behövs? Det skulle betyda att även för öppet hav finns det vissa möjligheter att använda den statistik som finns och som jag tror har en viss betydelse, om man tänker utnyttja det här systemet även på den oceanografiska sidan. När Bengtsson nämnde GARP, så måste jag också nämna ett annat program, som heter IGOSS, som är samarbetsprojekt mellan WMO och IOC (International Oceanographic Commission), som syftar till att oceanografin så småningom skall nå de operativa resultat som meteorologin redan nu nått. Där planerar man observationsaktivitet ute på havet så att man kan få direkt information till landstationernas analyscentraler, där man kan behandla det här materialet. Enl. nuvarande planer borde för europeiska området, Nordsjö- och Östersjöstaterna ha intresse av att etablera en central. Då man efter några år får den här aktiviteten i full gång, så tror jag att det kan vara till nytta för sjöfarten.

DANIEL SÖDERMAN: — Hur lång skall tidsperioden för regressionsekvationernas basmaterial vara? Periodens längd är naturligtvis av betydelse bl a därför att den direkt är kopplad till pengar (för datainsamling, stansning, kontroll och testkörningar). Av praktiska skäl började vi med en mycket kort basperiod; 10 månader. Detta är en mycket kort tid. Då vi började med det här mera sofistikerade systemet den 1 oktober var bakgrundsmaterialet två och ett halvt år. Det intressanta var att själva steget från tiomånadersperioden till två och ett halvt årsperioden gav mycket små skillnader i resultaten. Statistiska experter bedömer att det knappast är troligt att det blir väsentligt bättre om man skulle förlänga tidsperioden. En kommer vi inte att tillämpa längre tidsperioder utan vi räknar med att det skall räcka med 26 månader.

OLOV LÖNNQVIST: — När det gäller temperaturen och särskilt nederbörden och olika egenskaper hos nederbörden så behövs det en betydligt längre period. Jag har arbetat med 16-årsperioder och särskilt med nederbörden har det visat sig vara helt otillräckligt. Konklusionen skulle vara i vårt fall de här oceanografiska observationerna och isparametrarna i det här sammanhanget. Jag är rädd att det fordras ganska långa serier för åtminstone vissa av de här isförhållandena.

ULF EHLIN: — När det gäller de oceanografiska modellerna så är det naturligtvis väldigt viktigt att de snabbt blir framtagna och verifierade. Så länge som modellerna inte är verifierade, så måste man arbeta med observationer också i den utsträckning kanske som vi gör idag. Men jag håller med Lennart Bengtsson och Söderman om att det är väldigt viktigt att man snart kan bedöma tillförlitligheten i de modellerna. När det gäller de meteorologiska observationerna, så var det ju så att när vi utarbetade den här havsresursutredningen var vi och diskuterade med en hel del meteorologer och då visade det sig att synpunkterna skiljde sig väldigt mycket. Lennart Bengtsson sade att vi kan radikalt reducera antalet observationsstationer i landet. Pratade man med andra så sa de att vi behöver radikalt utöka observationsnätet. Och så när man diskuterade kom man fram till att från många håll så var man kritisk mot de prognoser som man hade idag, man ville ha bättre prognoser än vad man hade. Det har vi ju hört både igår och idag. Konklusionen av detta för utredningens sida blev som jag citerar direkt ur utredningen "De indragna observationsstationerna bör därför snarast ersättas på ett sådant sätt att en förbättrad meteorologisk observation som prognostjänst erhålles vid kust- och havsområden." Det är alltså inte sagt att man skall ersätta stationerna på samma platser och med lika antal. Det väsentliga är att man får fram en bättre observations- och prognostjänst.

LENNART BENGTSSON: — Får jag bara replikera Ehlin här. Jag kan inte erinra mig att jag har uttryckt mig så kategoriskt utan jag har väl snarare sagt så att det är viktigt att ha klart för sig att stationsnätets täthet måste stå i relation till vad det är man observerar. Observerar man exempelvis lufttrycket, så behöver man kanske inte ha mer än 20 stationer. Observerar man nederbörden och vill göra detta ordentligt, då behöver man kanske ett par miljoner. Jag menar, det står helt och hållet i relation till vad man är ute efter och också till vad det är man vill åstadkomma, men när det gäller anknytning till prognosmöjligheten så tror jag nog att de flesta meteorologer nu är helt av den uppfattningen att vi om vi missar att prognosera ett signifikant oväder så är det inte bara observationernas antal som är det avgörande. Det är inte att det saknas en observation i Eksjö utan det är att vi vet inte tillräckligt hur atmosfären beter sig. Vi har inte tillräckligt detaljerade modeller för att beskriva processerna i atmosfären.

CHRISTIAN LANDTMAN: — Jag vågar inte säga någonting om de meteorologiska problemen. Dem känner jag över huvudtaget inte till. Men jag tycker att vid ett sådant här möte, där enbart meteorologerna haft ordet, är det på sin plats att också framhålla det fatala misstag som sker fortfarande på den meteorologiska sektorn och vid givande av prognoser. Det är synbarligen oundvikligt men man skulle vilja understryka hur viktigt det är att det undviks. Jag tänker t ex på stormvarningar utan att ha någon som helst statistik men bara genom att gissa så skulle jag tippa att kanske 10 eller 20 stormvarningar utfärdas årligen, jag talar om Finland, utan att det då blir tillnärmelsevis någon storm utan kanske ofta alldeles lugnt väder. Och det här är en stor ekonomisk fråga. Det är otaliga flottningar, bogseringar och arbete som stannar och väntar på den här stormen som aldrig kommer. Det är naturligtvis kolossalt mycket viktigare, medger jag, att om man är osäker att man försäkrar en skuld och det har ju också varit fatala fall där 9 och 10 stormar har varit oanmälda, som har kostat människoliv. Det medger jag, men det här tror jag är en mycket väsentlig synpunkt från shippingsidan, om det nu sedan regnar eller är solsken, det är inte så noga för shipping som för semesterfirarna, men om det stormar eller är lugnt, det är viktigt.

DANIEL SÖDERMAN: — Det håller jag med om att prognoserna inte alltid är bra och när det gäller stormvarningar så är kritiken ofta berättigad. Man ger hellre en stormvarning för säkerhets skull för då tar man inte livet av folk i varje fall. Felet i

prognoserna beror dock definitivt inte på att vi har för få observationer utan felet beror som Bengtsson sade, på att vi inte känner tillräckligt väl till processerna för våra modeller, de är inte tillräckligt bra ännu.

LENNART HALLENGREN: — De här sista synpunkterna är ju faktiskt fantastiskt optimistiska och det är väldigt roligt att höra att man närmar sig den teoretiska lösningen av problemen. Det heter havskonferens och man tänker sig, vad skulle man ha för prognoser så att man hade någon maximal nytta av den här isforskningen. Det är väl naturligtvis att man som sjöfartens representanter sade, att vad vi vill ha uppgifter på är att vi kan bedriva sjöfart, att vi alltid kan ta upp fartyg med en lönsam hastighet och med ett så reducerat antal skador på fartygen att det är en tillförlitlig form av transport, dvs den går året runt alla år utan någon inskränkning. Men sjöfarten går ju inte på det viset. Vi har ju stormvarningar när sjöfarten ibland måste gömma sig, när det blåser riktigt som 1969 när vi hade 30–40 meter per sekund, när sjön går upp på land och spolar bort hela fyrar, som bara försvinner. Så att när man går upp på morgonen, så finns inte fyren kvar där. Det händer sådana saker. Då kan man säga ur issynpunkt, även om vi följer upp alla möjligheter som finns att ta sig fram genom isen genom observationer, hur man skall genom det lokala området ta sig fram, så är min fråga: Kan våra matematiskt, statistiskt, meteorologiskt, oceanografiskt, forskningsmässigt fulländade framtidsprognoser komma dithän att man säger att med en månads förvarning kan vi säga till sjöfarten att nu går det inte att gå ut i Bottenhavet utan nu måste ni lugna er en månad för att alla barometrarna tyder på att det här blir en väldigt besvärlig vinter. Är detta med rimlig optimism möjligt att säga, att man kan skicka fartyg med viss isförstärkning med isbrytarassistans och kan man förutse sådana tillfällen med tillräckligt lång förvarning. Man måste ju ha förvarning, man kan ju inte skicka iväg båten bara några dagar innan, utan man måste ju planera det längre. Om jag omformulerar det hela. Vilken förvarningstid kan man ha för att förutsäga att sjöfart är omöjligt inom områden, när man har ordentlig statistisk erfarenhet från det hela, en ordentlig modell som man är överens om och när man har tillgång till dator-kapacitet.

LENNART BENGTSSON: — Jag kanske var litet för teoretisk i början av mitt föredrag, men vad jag ville visa där, var var gränsen gick för prognosmöjligheten och om man tänker sig att göra en prognos över det allmänna väderläget så bedömer de flesta experter det som om denna gräns ligger vid några veckor. Då ingår det alltså i detta att man inte kan ge några detaljerade beskrivningar av oväder av den typ vi hade exempelvis 1969. Där är tidsgränsen sannolikt mycket mindre och där bedömer man det till 2 à 3 dagar. Men man kanske kan säga att för en något längre tid än några veckor i förväg, det finns en stor sannolikhet för att det under denna period kan passera kraftiga stormar men vilken dag exakt de kommer, det kommer man inte att kunna säga. Det var detta jag ville visa med diagrammet över sambandet mellan predaktibiliteten (prognostidens längd) och storleken på systemen i atmosfären. Att förutsäga temperaturer är något annat. Där har man ju naturligtvis denna fördröjning i havet som beror på att havet kan bevara värmen mycket längre tid än atmosfären. Men när det gäller själva ispressningen, som beror på vinden, är det klart att det måste vara kopplat till atmosfären. Likaså är vattenståndet och de vinddrivna strömmarna direkt kopplade till atmosfären.

DANIEL SÖDERMAN: — För det första förvånade det mig att man skall behöva månadsprognoser för att planera sjöfarten. Det tror jag inte skall gå på de närmaste tusen åren, men jag skall försöka kommentera de närmaste 10, 20 och 30 åren. Det har gjorts undersökningar på det som kallas atmosfäriskt predaktibilitet, och man har kommit fram till att man borde kunna inom 20 år prognosera atmosfären mellan 10 och 20 dagar i stort sett. Det är väl en storleksordning med

en viss noggrannhet som är acceptabel. När vi tänker på det som nämndes tidigare, den här europeiska meteorologiska datacentralen har det specificerats, att den ska ge dagliga prognoser, vilkas längd är mellan 4 och 10 dagar. Detta ger en indikation på vad som kan hända inom 10 år, att man i stort sett kan komma upp till 4 dagar som är användbart, jämfört med 36 timmar för tillfället.

ALF NYBERG: — Man har här talat om möjligheter att förutsäga vädret dag för dag. Det var vad Söderman sade sist. Men en annan sak är att förutsäga en statistisk temperatur för en längre period och där finns det faktiskt möjligheter att gå längre, men däremot tror jag inte att man kan lämna ett entydigt svar på Hallengrens fråga, att man kan lämna en garanti. Utan all den prognosverksamhet som bedrives, innebär en viss grad av sannolikhet. Man väntar sig att det och det inträffar. Det är inte så att man kan lämna en garanti och sannolikheten för prognosen är som jag ritade upp igår någonting som faller av med tiden och i själva verket faller det ganska hastigt i början och sedan mycket långsamt senare. Frågan är väldigt förnuftig men jag tror inte att någon kan svara på den utan vi vill ha vissa möjligheter att lämna antydningar om vad som kommer att hända. Jag har själv hållit på med en statistisk prognos över en månadstemperatur och den ger ett resultat som om ni har 100 vid rätt prognos och 50 när man gissar, så ligger det litet över 60. Det innehåller ett visst värde, men om någon kan använda det, det kan inte jag svara på.

Avslutning

DANIEL SÖDERMAN: — Jag har fått i uppdrag att på den finska delegationens vägnar säga några ord. Det hölls många tal igår, men jag skall hålla ett mycket kort tal. Jag vill först hjärtligt tacka arrangörerna, dvs sjöfartsverket och generaldirektör Severin och SMHI och generaldirektör Nyberg. Jag ska kanske inte kommentera de här dagarna, därför att Alf Nyberg kommer att göra det betydligt bättre än jag kan göra. Men jag skall ändå kommentera indirekt det som har hänt med någonting som kanske är en nyhet, och som visar att ett sådant här möte där olika intressegrupper samlas kan leda till praktiska resultat. Saken är nämligen den att vi i samarbete med sjöfartsstyrelsen i Finland planerat ett system, här naturligtvis något skisserat men dock ganska konkret, med vilket vi från den 1 januari nästa år har tänkt oss att vårt institut skulle börja betjäna isbrytarna med vindprognoser 4 gånger per dygn med det system jag har presenterat. Det skulle baseras på vissa premisser; närmast att vi får observationer från isbrytarna varefter vi kan göra 24-timmarsprognoser och skicka dem tillbaka inom en timme. Det här är utan tvivel ett resultat av denna konferens. Det är kanske skäl att betona att det här är experimentell verksamhet så tillvida att vi tar inget ekonomiskt ansvar för dessa prognoser ännu i varje fall, utan vi vill se hur det kommer att fungera. Vi har också kommit överens om att vi från konsumenterna, dvs isbrytarcheferna, skall få en kontinuerlig kritik. Jag tror väl att dessa prognoser skall vara ganska användbara och hoppas att vi skulle kunna utveckla systemet vidare. Med anknytning till det som sades igår så kan jag också meddela, jag har konsulterat min chef om det, att det inte ska komma någon räkning på dessa prognoser utan vi skall göra det som en extra service. Vilket sker genom en viss omdisponering av resurserna på institutet. Jag tror att detta visar att en sådan här konferens kan vara till mycket stor nytta. Jag hälsar från min chef, överdirektör Vuorela, som tyvärr inte kunde komma hit men som jag har diskuterat med både före mötet och nu under pausen, så jag har full rätt att säga det jag säger. Jag hoppas att vi kan träffas någon gång senare, gärna på en isbrytare. Tack för oss!

ALF NYBERG: — Först får jag tacka för att jag inte behövde lämna den här sammanfattningen före symposiet. Den sammanfattning som jag gör, är naturligtvis min personliga uppfattning av vad som har tilldragit sig här på mötet, så att jag ber alla om ursäkt om jag inte lägger vikt vid de saker som de själva finner vara av största vikt. Jag börjar med att gå tillbaka till ändamålet med den här konferensen och tar då först upp vad ändamålet är med isbrytarverksamheten, den som vi nu har till syfte att hjälpa. Vi skulle här belysa faktorer som påverkar vintersjöfarten i Bottenhavet och Bottenviken, där avsikten är att upprätthålla en lönsam trafik i största möjliga utsträckning under årets alla månader med största möjliga utsträckning under årets alla månader med största möjliga säkerhet för människor, fartyg och last. Det som väl har kommit fram tydligt här är den stora ambition som finns på alla håll att hjälpa till att förverkliga den målsättningen. Det finns från meteorologernas sida, det finns från havsforskarnas sida och det finns naturligtvis ifrån dem som är inblandade i själva isbrytarverksamheten. Vi har också anledning att understryka den manifesterade viljan till samarbete över havet och jag tror att det är en av de stora tillgångarna eller resultatet av mötet här, att det har kommit så klart till uttryck. Vilka medel har man nu för att förbättra den meteorologiska och oceanografiska servicen till isbrytarverksamheten och sjöfarten. Vi har från många olika håll hört att det är observationerna som är grundläggande. Det har varit en liten diskussion här i eftermiddag, där det har

diskuterats det relativa värdet av observationer och prognoser, men det har väl varit enighet om att observationer är någonting som vi måste ha och det är olika slags observationer som behövs. Jag förstår för min del Hallengrens samvetsbänkligheter. Det är otvivelaktigt så att bortfallet av observationer från fyrskeppen innebär en nackdel för väderlekstjänsten och det är klart att vi måste förstå de skäl som ligger bakom detta beslut, men vi kan lika väl komma ihåg att det är en nackdel som endast delvis är kompenserad av att vi får automatiska stationer på en del håll. Vi behöver ha bättre israpportörer. Här har vi ju knappast möjlighet att få hjälp av automatiska stationer. Man har talat om de positiva och negativa egenskaperna av olika slags observationer från flygplan, från satelliter, från helikopter i anslutning till isbrytare och vi hörde med glädje att sjöfartsverket i Sverige kommer att gå in för att skaffa fler isbrytare för att vi skall få bättre observationer. Det är alltså en attityd som skiljer sig från den tidigare attityden och vi hälsar det med tillfredsställelse. Vi har också sett mycket stimulerande exempel på användningen av markradar. Vi har fått optimistiska men realistiska, tror jag, föreställningar om den flygburna radarn och annan mikrovågsteknik och vi hoppas att det skall utvecklas och att vi skall kunna dra nytta av den nya tekniken. Vi har också hört om rena oceanografiska observationer av vattenstånd, strömmar, salthalt osv. Det har diskuterats här med något olika uppfattning om hur iskarter skall se ut, hur israpporter skall lämnas, i vilken grad vi skall skicka våra uppgifter till isbrytarverksamhet och i vilken grad även andra skall få direkta informationer från de meteorologiska tjänsterna. De teoretiska studier som har bedrivits har omnämnts här, men vi kan väl konstatera att så väldigt mycket har inte skett på det området när det gäller de oceanografiska arbetena, men det är ju någonting som är i sin linda och som säkerligen kommer att fortsätta i betydande omfattning och utvecklas. När det gäller isprognoser så är det naturligtvis likadant med dem som med väderleksprognoserna, att kvalitén avtar med tiden. Men det har ju framkommit ett behov här av att vi skulle lämna tätare isprognoser och det är en sak som vi alltså måste överväga på vilket sätt det skall kunna ske. Man har även framhållit behovet av att förbättra 5-dygnsprogner och där är det någonting som vi arbetar på från andra utgångspunkter än från havsisen, men där alltså isbrytarverksamheten har anledning att hoppas på vissa om också långsamma förbättringar i resultatet. Här har ju framhållits hur man med hjälp av teoretiska modeller kan komma fram till förbättrade prognoser och presentera lösningar för områden där observationsdata är mycket sparsamma och de är väl övertygande, de bilder vi har fått se idag, exempel på sådana saker. Vilka åtgärder skall man nu vidtaga? På den här konferensen har det kommit många uppslag för vad man skall kunna göra och det är väl knappast möjligt att vi omgående kan sätta in stora resurser på alla dessa områden. Det är någonting där man måste välja och försöka att satsa på sådana saker som man räknar med kan ge ett resultat inom rimlig tid och där man alltså bedömer att utbytet i frågan om vinst i förhållande till omkostnader är särskilt stort. Vi kommer därför att på grundval av de här diskussionerna göra upp vissa förslag till sådana arbeten som kan tas i gång och vi försöker att göra en kostnadsberäkning på detta och sedan får vi med sjöfartsverket i Sverige diskutera vad man skall sätta igång och jag förutsätter att det på motsvarande sätt händer i Finland och att man sedan har en samordning mellan sjöfartsverken så att vi inte ger oss på samma saker och åstadkommer dubbelarbete utan att det blir en förnuftig användning av våra resurser. I själva verket är det ju så att vi har redan börjat med vissa arbeten som kommer att leda till åtminstone en mindre förbättring av prognostjänsten. Det är givet att när det gäller observationer så är det inte bara de meteorologiska och oceanografiska

instituten som kan komma att spela en roll utan det blir naturligtvis andra som på grundval av sina speciella kunskaper och sina resurser kan göra en insats och jag behöver inte närmare gå in på det. Det har framgått av förhandlingarna här. Jag uppfattar för min del att konferensen har varit mycket givande. Det har kommit fram åsikter från olika grupper, som har talat till andra grupper, så att en vidare utblick har lämnats i många olika riktningar. För min del vill jag uttrycka min tillfredsställelse med det sätt på vilket diskussionerna här har förts. Jag vill naturligtvis särskilt tacka de finska gästerna för att de kommit hit och diskuterat de här frågorna med oss, vilka är av största intresse för sjöfartsverket, men naturligtvis också för oss som skall biträda sjöfartsverket i service av isbrytarverksamheten.

HELGE JÄASALO: — Jag har inte mycket att tillägga till vad Söderman just sade, men jag vill bara säga, att när vi nu lämnar Sverige, så har vi mycket större hopp i våra hjärtan. Vi har ju fått lyssna på så många föredrag. Det var en här som påstod att jag igår kväll hade lovat, att meteorologerna skulle få komma på en finsk isbrytare nästa vinter. Nu kan jag garantera att ni är välkomna. Det skulle vara mycket skojigt att lyssna på väderleksrapporterna på isbrytarens kommandobrygga och sedan gå ut och jämföra vindens riktning och styrka. Välkomna! Tack så mycket!

ERIK SEVERIN: — Då har jag bara att förklara den här konferensen avslutad!