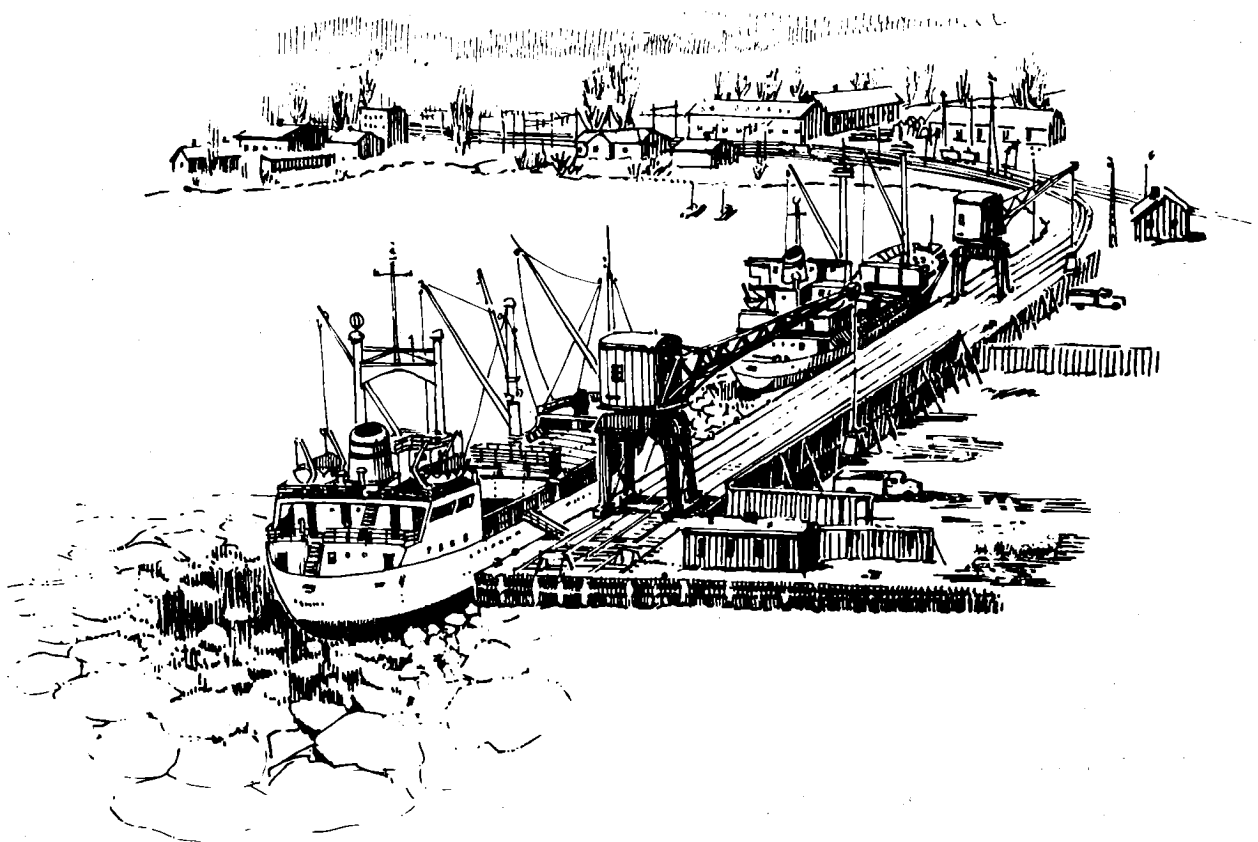


STYRELSEN FÖR  
**VINTERSJÖFARTSFORSKNING**

Sjöfartsverket  
Sverige

Sjöfartsstyrelsen  
Finland

Forskningsrapport nr 7



**VINTERSJÖFART I BOTTENVIKEN**

SYMPOSIUM LULEA, 1974-04-18/19

STYRELSEN FÖR  
**VINTERSJÖFARTSFORSKNING**

Sjöfartsverket  
Sverige

Sjöfartsstyrelsen  
Finland

Forskningsrapport nr 7

**VINTERSJÖFART I BOTTENVIKEN**

SYMPOSIUM LULEÅ, 1974-04-18/19

*OMSLAGSBILDEN: "Hamn i norr". Tuschteckning av Bo Eriksson, Tekniska högskolan, Luleå.*

*REDIGERING OCH LAY-OUT: Börje Hammargren, Sjöfartsverket, Stockholm.*

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Artikel/namn	sid.
Förord .....	1
Välkomna till Norrbotten! (Ragnar Lassinantti) .....	3
Vintersjöfart i Bottenviken (Erik Severin) .....	7
Vintersjöfartens betydelse för Norrbottens Järnverk (John Olof Edström) .....	11
Ekonomiska aspekter på vintersjöfart i Bottenviken (Inger Rydén-Johanson) .....	13
Ett bulkrederis synpunkter på vintersjöfart i Bottenviken (Ingemar Wahlström) ..	25
The influence of winter on the navigation in the northern part of the Gulf of Bothnia (B.M. Johansson) .....	31
Höghållfasta stål för fartygsbygge (C-E. Ridderstråle) .....	71
Projektering av isbrytare (E. Enkvist) .....	79
Navigering i isfarvatten (Sten Hjortzberg) .....	91
Behovet av vintersjöfartsforskning (Oso Siivonen) .....	99
Pågående och kommande arbeten vid SSPA inom ramen för isforskningsamar- betet (H.P. Loid) .....	101
Forskningsprogram rörande isförhållanden i Bottenviken och Bottenhavet (Th. Thompson) .....	129
Nya metoder för kartläggning och uppföljning av isförhållandena (Folke Eklund) .	141
Undersökning av havsisens egenskaper med mikrovågsradiometer (M. Tiuri, M. Hallikainen, K. Kaski) .....	151
Isproblem i farleder och hamnbassänger (Rolf Bolin) .....	159
Sammanfattning (Erik Severin) .....	165
Bilaga 1: Deltagarförteckning .....	167



– Och natten gick  
och det grydde  
och blev dager,  
men skeppet seglade oavlätligt.

(ur *Odysséen* av Homeros, omkr. 700 f.Kr.)

**Förord**

Sjöfartsstyrelsen i Finland och sjöfartsverket i Sverige arrangerade den 18 och 19 april 1974 ett symposium i Luleå under rubriken VINTERSJÖFART I BOTTENVIKEN.

Programmet upptog värdefulla anföranden i anslutning till ämnet.

Intresset kring symposiet har gjort att Styrelsen för Vintersjöfartsforskning beslutat att utge anförandena i form av en rapport, vilken härmed överlämnas.

Helsingfors och Stockholm i maj 1974

*Helge Jääsalo*

*Erik Severin*

*Denna rapport bygger på bandupptagningar vid nämnda symposium. I de flesta fall har skriftliga manuskript lämnats, i andra är det utskrifter från band. I samtliga fall har författarna haft tillfälle att läsa korrektur på sina bidrag, minst en gång. Måhända kan på några ställen ett elegant hållet anförande ha mist något av sin stringens, betoning eller underfundiga humor i det tryckta ordet. Som en ursäkt.*

*Red.*

Välkomna till Norrbotten!

*Landshövding Ragnar Lassinantti, Norrbottens län*

Herr Generaldirektör  
Herra Merenkulkuneuvos  
Mina Damer och Herrar  
Hyvät Naiset ja Herrat

Olemme erityisen iloisia siitä, että tämä arvovaltainen neuvottelutilaisuus on järjestetty tänne Luulajaan. Meillä on erittäin antoisa yhteistyö Suomen ja Ruotsin välillä juuri merenkulun alalla. Tämän vuoksi pidämmekin suurena kunniana läänillemme, että näin arvovaltainen ja monilukuinen edustus on saapunut Suomesta.

Olkaat sydämellisesti tervetulleita!

Jag ber att få hälsa detta symposium välkommet till Norrbottens län! Ni har kommit till Sveriges rikaste län men också till det län, där man kanske har de mest utpräglade sociala problemen. Med 90 procent av landets järnmalmsexport, 17 procent av skogstillgångarna, 1/3 av den utbyggbara vattenkraften och med 10–15 procent av rikets export för övrigt – så gör det skäl för namnet Sveriges rikaste län. Om hela landet skulle vara lika exportinriktat som Norrbottens län, så skulle rikets export inte stanna vid 45–50 miljarder kronor per år utan närma sig 150 miljarder kronor.

Vi brukar säga att för att kunna överleva är vi beroende av våra naturtillgångar innanför länet och våra vänner utanför länet. Detta symposium är så tillvida märkligt att det aktualiserar både naturtillgångarna innanför länet och ger oss möjlighet att träffa inflytelserika vänner utanför länet. Vi kan inte lösa våra problem av egen kraft utan är beroende av de bestämmande i riket.

Tidigare gällde Hälsingelagen här uppe i norr, som bl a föreskrev att de som bodde norr om Umeå och Bygdeå skulle vara befriade från ledung, eftersom de skulle "sitt land hemma värja". På sjöfartens område har denna självförsörjningsplikt varit rådande mycket länge. När det gäller vintersjöfarten, så är det först under de senaste femton åren man på allvar har börjat diskutera denna som varande det kanske mest utpräglade regionpolitiska medlet för att tillvarata de stora naturtillgångarna.

Erik Severin har personligen på ett utomordentligt, förtjänstfullt sätt lett den diskussion som avsatt de resultat över vilka vi alla nu är så glada. Det är mig mycket angeläget att till generaldirektör Severin framföra länets och Nordkalottens tack för hans engagerade medverkan till denna utveckling.

Det råder ingen tvekan om att vintersjöfarten idag framstår som det mest betydelsefulla regionalpolitiska medlet för att göra det här länet rikt, göra det värt att bebos av de människor som har sin hemvist här. Men vintersjöfarten har också på ett alldeles speciellt sätt klargjort statens ansvar för miljön – för infrastrukturen.

När man år 1927 för första gången diskuterade statens medverkan i utbyggnaden av det norrländska näringslivet, hade man som bakgrund händelserna vid sekelskiftet, då man ansåg att staten inte borde vara ägare till någonting. Man avhände sig betydande skogstillgångar på den tiden. År 1927 hade statsminister Karl Gustav Ekman att ta

ställning till hur man skulle rädda Kalixbygden. Man konstruerade då ett statslån som skulle lämnas till de arbetslösa sågverksarbetarna och småbrukarna i Kalixbygden. Dessa skulle köpa aktier i det tillämnade företaget och kommunen skulle borga för att staten skulle få tillbaka aktiekapitalet ifall det skulle gå dåligt. Men då ingrep regeringsrätten och sade att det inte var tillbörligt att kommunen lämnade denna borgen. Då fick man komma tillbaka till 1928 års riksdag och då utformades den dåtida kalixindustrin.

År 1964 erbjöd staten mycket generöst stöd åt det enskilda näringslivet. Detta var inte riktigt klar över sin egen situation. Under de första fem åren av det nya lokaliseringstödet var ju statlig företagsamhet inte stödberättigad. Nu kan man säga att under de tio år som gått sedan stödet infördes har företagsamheten och staten funnit varandra.

Men här i norr, där vi har dessa rikedomar, har vi också stora problem både i inlandet och i Tornedalen. Det räcker inte med att staten ställer ekonomiska resurser till förfogande, utan här måste man också genom samverkan mellan företagsamheten – enskild företagsamhet och staten – försöka få till stånd en ekonomisk aktivitet som behövs för att vi skall kunna ta tillvara våra stora naturtillgångar.

Det är framför allt två problemkommuner som jag brukar åberopa i dessa sammanhang:

Jokkmokk, som är den betydelsefullaste kommunen för svensk industri. Mellan 16 och 20 procent av elproduktionen kommer från Lule älv. Man räknar idag med att i konsumtionsledet är elkraften från Lule älv värd ungefär 1,2 miljard kronor. Ju mer oljan stiger i pris, desto mer värdefull blir Lule älv. Men det stora problemet är: Har staten möjligheter att tillförsäkra människorna i Lule älvdal och Jokkmokks kommun en tillfredsställande samhällsservice? De fjorton kraftverk som kommer att producera dessa jättemängder av elektrisk energi kan betjänas av tio–femton människor. Så automatiserat är det. Då inställer sig frågan: Måste staten så småningom börja avveckla kraftverken, därför att man inte har tillräckligt med skapande fantasi för att kunna lösa serviceproblemet? Det är enligt vårt recept mycket enkelt. Det är bara att se till så att vi får lite industri till källorna, till elkraftens källflöde. Jag hoppas att Kungl. Maj:ts kansli kan utveckla denna skapande fantasi.

Vi hör ofta sägas att det är ingen idé att hålla Pajala kommun under armarna, utan låt Pajala kommun försvinna i Nirvana. Pajala är den kommun i länet som producerar största volymen skoglig råvara – närmare 300.000 skogskubikmeter per år. Endast tio procent förädlas inom kommunen. Det är ett riksintresse att Pajala kommun existerar. Det är ett riksintresse att där finns så mycket människor att de kan ta ut rikedomarna ifrån skogen.

Jag säger till våra finska vänner, att jag hoppas att det samarbete som inletts på sjöfartens område skall medverka till att vi här uppe på Nordkalotten skall kunna skapa någonting utav ett Ruhr – i bästa bemärkelse. Miljöfrågorna får de ha kvar i Tyskland, men stålproduktionen kan vi ta hit upp till Nordkalotten.

Det är en stor ära för oss att ni har velat komma hit. När det mesta av vad Hitler och Stalin åstadkom, ensamt eller tillsammans, har fallit i glömska, så kommer den här tekniska högskolan att kanske vara det enda monumentet i konstruktiv mening över denna samverkan. Stalin-Hitler-pakten gav upphov till det finska vinterkriget, så anses det ju. Sverige lånade pengar till Finland och utav räntorna skapade man så småningom en svensk-finsk kulturfond. I kulturfondens styrelse diskuterade man en gång hur mycket

Nordkalotten skulle behöva i stöd från denna kulturfond. En professor från Göteborg ansåg att behoven var alltför stora på Nordkalotten. Jag frågade hur långt han hade varit uppe på Nordkalotten och om han kände till Nordkalotten. Han påstod att så var förhållandet, eftersom han hade varit ända upp till Umeå. Han kom senare tillsammans med styrelsen hit upp och vi hade ett besök på Norrbottens Järnverk och på metallurgiska forskningsstationen. Detta besök resulterade så småningom i en framställning till Kungl. Maj:t om att man skulle anlägga en teknisk högskola här i Luleå, där man skulle basera verksamheten på långtgående samverkan mellan näringslivet och den högre tekniska utbildningen och forskningen.

Vi var så okunniga när vi gjorde denna framställning att vi inte kunde presentera några linjer och därför var det ingen professor som motsatte sig vårt förslag. Jag vet inte hur stor betydelse detta hade i slutomgången. Norrlandsberedningen föreslog ju att den första satsningen skulle göras här i Luleå. Men vi betraktar i varje fall tillkomsten av tekniska högskolan i Luleå som en viktig milstolpe i Norrlands frigörelseprocess, liksom också "Stålverk 80" är.

När Ludvig Nordström publicerade sitt testamente till Norrland hösten 1940 så sade han att dittills hade det inte funnits några norrlänningar. Det hade funnits två perioder i Norrlands utveckling – prästperioden och disponentperioden. Han skönjde den tredje perioden, nämligen Norrlands frigörelseperiod. "Stålverk 80" och tekniska högskolan är de första väsentliga milstolparna i denna utveckling.

Hjärtligt välkomna till Luleå!

## Vintersjöfart i Bottenviken

*Generaldirektör Erik Severin, sjöfartsverket, Stockholm*

Detta symposium har en bakgrund. Planer föreligger att på finsk och svensk sida öka investeringarna i nya företag inom Bottenviksregionen. Förverkligandet av planerna kräver att sjötrafiken kan pågå året runt upp till Luleå och Kemi. Kontinuerlig sjöfart i Bottenviken blir nödvändig, då den förväntade ökningen av godsvolymen gäller varor som inte är lämpade för landtransporter.

De senaste fyra vintrarna har visat att det är möjligt att driva vintersjöfart i Bottenviken med isförstärkt tonnage och tillfredsställande tillgång på isbrytare. Visserligen har vintrarna varit normala, men det har ändå funnits så mycket is att det varit möjligt att prova sjötrafik i isfarvatten.

De hittills uppnådda resultaten har varit värdefulla. De utgör grunden för den framtidsbedömning som görs beträffande vintersjöfarten i Bottenviken, Vilken redovisas i en rapport avgiven av den svensk-finska vintersjöfartsforskningen.

Arbetsgruppen bakom nämnda rapport har bestått av företrädare för rederinäringen, varvsindustrin, avlastarna och sjöfartsmyndigheterna. Den konstaterar att det under vissa villkor är möjligt att trafikera Bottenviken med storbärigt isförstärkt tonnage under vintern.

Vad det kostar att bygga isförstärkta handelsfartyg i förhållande till icke-isförstärkta har framräknats.

I en annan rapport anges riktlinjer för hur isförstärkt tonnage skall utformas för att fylla ställda krav.

Lönsamhetsaspekterna på vintersjöfarten i Bottenviken behandlas i en avhandling av Inger Rydén-Johanson. Det blir värdefullt att få klarlagt vad det kostar att under vinterförhållanden trafikera Bottenviken. Meningarna därom är som bekant delade.

Frågan om kostnaderna har två sidor. Den ena handlar om sjöfartens förmåga att konkurrera med lantransporterna, trots att dessa subventioneras i olika former både i Sverige och Finland. Den andra berör lokaliseringpolitiska frågeställningar. Hur lönsamt är det för samhället att satsa på att till regionen lokalisera industrier och annan företagsamhet för att utnyttja tillgängliga naturresurser?

Under de senaste åren har frågan om vintersjöfart angripits mer systematiskt än tidigare i Sverige och Finland. Länderna utfärdar likartade trafikföreskrifter. Dessa har medfört att mindre, ej isförstärkt tonnage försvunnit från vintertrafiken. I stället har vi fått större, isförstärkta fartyg. Svenska och finska redare bygger bättre fartyg än tidigare. Detta utgör den första förutsättningen för en kontinuerlig vintertrafik. Denna utveckling fortsätter glädjande nog.

Det andra kravet är tillgång på isbrytare med hög maskineffekt. För närvarande bygger Sverige och Finland vardera två isbrytare av högre storleksklass än tidigare. Hösten 1974 levereras den första av dessa till Sverige och den fjärde i serien levereras till Finland 1976. De båda länderna förfogar då över fyra enheter på 22 000 hästkrafter vardera, eller

sammanlagt ca 90 000 hästkrafter, förutom äldre isbrytare. Men ytterligare tillskott av isbrytare erfordras.

En systematisk vintersjöfartsforskning bedrivs i samverkan mellan Sverige och Finland. Avsikten är att angripa alla frågor som hör samman med vintersjöfart. De båda länderna anslår väsentliga belopp för detta ändamål.

Hittills har sådan forskning varit försummad, varför det gäller att snabbt inhämta det försprång andra länder eventuellt kan ha.

Intresset för att sjöfart skall pågå året runt har vuxit på bredden, även om röster finns som varnar för att driva sjöfart under vintern på Bottenviken och Bottenhavet.

Men vintersjöfart är inte någonting som gäller enbart Bottenviken och Bottenhavet, utan denna fråga har fått ett vidgat perspektiv.

Vår jord består till ca 80 % av vatten. Stora delar av världen är belägna inom zoner, där haven är tillfrusna under större delen av året. Vissa vatten är ständigt isbelagda.

Under gångna tider utgjorde isarna ett hinder för förbindelserna mellan länder och världsdelar. Isarna har alltid varit sjöfartens svurne fiende.

Men det finns två faktorer som ökar våra möjligheter att befara isfarvatten.

Varvsindustrin bygger numera fartyg lämpade att gå i is och industrin är på väg att producera ett mera hållbart material än tidigare. Detta är faktorer som möjliggör sjötrafik i tidigare obefarna vatten, bland annat i arktiska områden. Dessa möjligheter ökar i den mån utvecklingen går framåt inom skeppsbyggeri och materialindustri.

En annan orsak till att vintersjöfarten får ökad betydelse är vår tids hårda exploatering av olje- och malmtillgångarna. Lättillgängliga resurser börjar sina, varför vi tvingas utnyttja råvaror belägna i arktiska områden.

För att detta skall bli möjligt tvingas vi trafikera isfarvatten. Vintertrafiken får därigenom ökad betydelse. Planerar vi in vintersjöfarten i ett globalt sammanhang, så får den vidgad betydelse för morgondagens världsekonomi. Sverige och Finland har längre än andra sjöfartsnationer sysslat med sjöfart i isfarvatten. De båda länderna har därmed skaffat sig värdefulla erfarenheter.

Vi tvingas hämta råvaror i andra delar av världen och här möter vi nya drag i sjötrafiken som får betydelse för hela världshushållet.

Mot denna bakgrund skall den framtida vintersjöfarten bedömas. Även om det i första hand gäller att avlasta godset från våra egna hamnar i norr och importera råvaror till regionens industrier, så får frågan även vidare aspekter.

Svenska och finska rederier kan i en framtid spela en roll när det gäller att trafikera farvatten som under delar av året är isbelagda.

Här i Norden har vi erfarenhet. Under många decennier har vi idkat vintersjöfart och därmed skaffat oss värdefulla kunskaper. Låt oss utnyttja dessa!



Det kommer att finnas en marknad ute i världen för isbrytare och isförstärkta fartyg. De kan byggas i Sverige och Finland.

Det finns behov av att trafikera isfarvatten. Svenska och finska redare kan svara för en del av denna trafik.

Detta symposium är i första hand tänkt som ett led i strävan att klarlägga olika frågeställningar kring komplexet kontinuerlig sjöfart i Bottenviken. Men det kan också få ett vidgat perspektiv ut mot stora världen.

## Vintersjöfartens betydelse för Norrbottens Järnverk

*Bruksdisponent John Olof Edström, Norrbottens Järnverk (NJA), Luleå*

Vad jag tänkte beröra är vad sjöfarten betyder för Norrbottens Järnverk och sedan komma med ett förslag som vi har funderat på.

För Norrbottens Järnverk är året-runt-sjöfart av väsentlig ekonomisk betydelse redan med de fraktmängder vi nu har. Den här säsongen, 1973/74, har vi hållit skeppningen igång oavbrutet – och det är fjärde säsongen i rad. Om vi jämför med en vinter, då vi får stoppa vår utförsel och även införsel under fyra månader, har vintersjöfarten i år inneburit 9 miljoner kronor i besparing. Med den volym vi får 1975 blir skillnaden 12 miljoner kronor och 1980 skulle den bli 19 miljoner kronor. Vi räknar då med en godsomsättning av 3,4 miljoner ton per år för järnverket. Med de volymer vi rör oss med redan i nuvarande Norrbottens Järnverk måste vi ha vintersjöfart.

Men kravet blir ännu större när vi räknar in "Stålverk 80". Då ökar godsomsättningen till 11,7 miljoner ton per år i stället för det nuvarande verkets 3,4 miljoner ton. Vi har sagt: Skall "Stålverk 80" bli av – då måste det finnas resurser för vintersjöfart. Vi skulle aldrig ha lagt fram detta projekt om inte sjöfartsmyndigheterna gett oss en försäkring att isbrytarresurserna skall bli tillräckliga.

Skulle vi behöva avbryta ut- och intransporterna under en vintersäsong, innebure detta 30–40 kanske 50 miljoner kronor per år i merkostnad.

Nu har vi i våra kalkyler räknat med att på grund av väderleksförhållandena få avbryta skeppningarna en vinter vart tionde år men i övrigt kunna upprätthålla oavbruten vintersjöfart. Det är därför med synnerligen stor glädje vi ser att generaldirektören för sjöfartsverket ställer sig i spetsen för en kraftig utveckling både av isbrytarflottan och det tonnage som skall frakta våra produkter. Vi förväntar oss också mycket av samarbetet mellan olika myndigheter. Speciellt det finsk-svenska samarbetet som gäller isforskningen och vintersjöfart är mycket välkommet.

### ETT FÖRSLAG

Att Luleå kommun tagit initiativet till Sjöfartscentrum i Luleå anser vi vara en naturlig och välmotiverad åtgärd. Det är just här uppe som vi har problemen och den här regionen erbjuder mycket intressanta forskningsobjekt. I sammanhanget skulle jag vilja lägga fram ett förslag, nämligen att det till detta Sjöfartscentrum knyts en permanent tjänst, som vi skulle kunna kalla forskningssekreterare. Jag har uppfattat Sjöfartscentrums roll så, att det skall fungera som en kvalificerad upplysningscentral beträffande sjöfart, speciellt vintersjöfart i Bottenviken. Sjöfartscentrum kan också uppfattas som en sambandscentral mellan befraktare, rederier, stuverier och andra.

En forskningssekreterare skulle ge eller vidarebefordra kvalificerad information om både nationellt och internationellt forsknings- och utvecklingsarbete. Förebilden för en sådan verksamhet skulle vara ungefär densamma som IVA på många håll i världen har organiserat med sina forskningssekreterare. Han skall följa litteraturen, delta i symposier och ha en nära kontakt med "hela världen" där man sysslar med sådana här problem. Den information han samlar skall sedan ges ut till dem som är i behov av att få den – befraktarsidan, rederierna, sjöfarten i stort.

Forskningssekreteraren skall alltså ha till uppgift att stå i direktkontakt med forskare som behandlar sjöfartsproblem. Den här forskningen har i Norden sin tyngdpunkt i Helsingfors, i viss mån i Göteborg och Stockholm, men vi kommer också här uppe att få en forskningsaktivitet. Universitetet i Umeå har föreslagits få en professur i klimatologi. Vi har Tekniska Högskolan här i Luleå som säkert också kan göra forskningsinsatser inom området.

Forskningssekreteraren bör ha teknisk utbildning, i varje fall naturvetenskaplig. Lämplig rekryteringskälla kanske vore Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut. Kostnaden per år skulle jag uppskatta till 130.000 – 150.000 kronor. Hur finansieringen skall gå till får vi rådgöra om senare.

Jag vill alltså väcka förslaget att det inrättas en forskningssekreteraretjänst vid Sjöfartscentrum i Luleå. Jag är säker på att vi får mycket stor nytta av att en sådan tjänst kommer till stånd. Vintersjöfarten är en livsviktig fråga för näringslivet här uppe.

## Ekonomiska aspekter på vintersjöfart i Bottenviken

*Civilekonom Inger Rydén-Johanson, Handelshögskolan i Stockholm*

För att belysa frågan om vintersjöfart i Bottenviken ges först en kort översikt över vintersjöfartens hittillsvarande utveckling. Sedan diskuteras vad som utgör samhällsekonomiska nyttor och kostnader för en utökad vintersjöfart. I samband med denna diskussion berörs några konkreta frågeställningar som har betydelse för en samhällsekonomiskt effektiv upplägning av framtidens vintersjöfart.

### VINTERSJÖFARTENS HITTILLSVARANDE UTVECKLING

Sedan femtiotalets mitt har den svenska isbrytarflottan utökats avsevärt. 1955 förfogade man över tre havsisbrytare med en sammanlagd maskinstyrka på 20 000 ahk. 1974 innehåller den svenska isbrytarflottan fem enheter med en sammanlagd maskinstyrka på 61 000 ahk. Vintern 1975/76 tillkommer ytterligare en ny havsisbrytare på 22 000 ahk.

Den finska isbrytarflottan har genomgått en motsvarande expansion. Idag innehåller den åtta egna enheter med en sammanlagd maskinstyrka på 73 500 ahk. Dessutom kommer de närmaste åren ytterligare två enheter i 22 000 ahk-klassen att sättas in i trafik.

Parallellt med att isbrytarberedskapen i Bottenviken och Bottenhavet har höjts, så har industrin börjat utnyttja allt mer iståligt tonnage, dels genom ökad isklass hos tonnaget, dels genom övergång till större tonnage. Till exempel utnyttjas idag fartyg på 5 000 – 7 000 dwt med minst isklass IA för transport av skogsindustriprodukter. Vidare förekommer bulkfartyg på 23 000 dwt med isklass IA, som fraktar slig och kisbränder.

Under vintern 1972/73 skeppades under perioden december till april 519 tton gods till och från de fyra bottenviksföretagen NJA, ASSI, Boliden och CEMENTA på fartyg av isklass IA. Denna vinter beräknas denna varukvantitet öka till 900 tton, vilket utgör en avsevärd andel av dessa företags förväntade årliga sjötransportbehov på 3,2 mton.

Som ett resultat av den höjda isbrytarberedskapen och övergången till mer iståligt tonnage har det genomsnittliga öppethållandet i svenska norrlandshamnar avsevärt förlängts.

Officiellt sjöfartsstopp i genomsnitt	UMEÅ	LULEÅ
53/54 – 62/63	54 dagar	133 dagar
63/64 – 72/73	12 dagar	76 dagar

*Bild 1*

De senaste fyra vintrarna har man, med benäget bistånd av vädrets makter, kunnat undvika att överhuvudtaget stänga någon av de större svenska norrlandshamnarna för sjöfart under högvintern!

Isbrytarberedskapen i dagsläget kan sägas innebära att sannolikheten för att större svenska bottenhavshamnar helt stängs för sjöfart under högvintern är mycket liten. Även vad

gäller bottenvikshamnarna torde risken för ett absolut sjöfartsstopp ha minskat avsevärt.

De aktuella erfarenheterna av vintersjöfart pekar på att

- oavbruten vintersjöfart i Bottenviken och Bottenhavet synes vara en teknisk möjlighet
- sjötransport med tonnage med tillräcklig istålighet för oavbruten vintersjöfart synes vara motiverad vad gäller åtminstone vissa varuslag

(med reservation för mycket stränga vintrar.)

#### FRAMTIDA VINTERSJÖFART

Satsningarna på iståligt tonnage och isbrytarkapacitet har möjliggjort en avsevärd utökning av vintersjöfarten på bottenvikshamnarna. De frågor som är aktuella idag är därför:

- skall ambitionsnivån vad gäller vintersjöfart ytterligare höjas?
- hur skall framtidens vintersjöfart läggas upp vad gäller isbrytarinsatser och vintergående tonnage?

En väsentlig utgångspunkt för diskussion av framtida vintersjöfart är naturligtvis den roll som sjöfart överhuvudtaget kommer att spela i framtidens Norrland.

#### *Sjöfartens framtida roll*

Näringslivet i Norrland har länge dominerats av råvarubaserade industrier med produktion av lågförädlade bulkvaror. För sådana utgör sjötransport det naturliga transportmedlet. De betydande transportavstånden har ytterligare förstärkt sjötransportens fördelar visavi landtransport.

De senaste årens industriutbyggnad i Norrland har i många fall inneburit en tendens mot ökad vidareförädling. Det är ett uttalat regionalpolitiskt mål att vidareförädling och differentiering av det norrländska näringslivet bör uppmuntras.

Mer vidareförädlade varor innebär emellertid ökade krav på godstransporternas *kvalitet*, såsom mer frekventa och mer pålitliga leveranser och mindre kvantiteter/sändning. I den mån produkterna samtidigt blir mindre standardiserade och mer kundanpassade, så torde kraven på transportens kvalitet ytterligare öka.

Dessa tendenser – ökad vidareförädling, mer kundanpassade produkter – betyder att sjöfartens komparativa fördel visavi landtransport minskar. Landtransport erbjuder, allt annat lika, större fördelar när leveranserna blir tätare och sändningsstorlekarna mindre. Det kan därför diskuteras huruvida sjöfarten kommer att spela samma roll för norrländskt näringsliv i framtiden som den gjort hittills.

Balansen mellan sjötransport och landtransport torde dock te sig olika beroende på nordlig breddgrad. Vad gäller Bottenviksregionen talar de stora avstånden ner till Mellansverige och Europa för att sjötransporter även i framtiden kommer att spela huvudrollen. Ett indicium på detta är att skogsindustrin i Bottenviksregionen i samband med övergång till systemtransporter funnit att sjötransporter fortfarande utgör det mest ekonomiska transportalternativet för deras del.

### Utökad vintersjöfart – ett samhällsekonomiskt problem

Givet att sjötransporter även i fortsättningen kommer att vara huvudalternativet för Bottenvikens långväga godstransporter, vilken roll kommer vintersjöfarten att spela?

Omfattningen av framtidens vintersjöfart avgörs av *två* parter (dessutom spelar vädrets makter in på ett svårförutsebart sätt):

1. De sjöfartsutnyttjande företagen och rederierna ("trafikanterna"), vilka avgör hur långt det är företagsekonomiskt rimligt att driva förlängningen av skeppningssäsongen och vilket tonnage som skall utnyttjas för olika varuslag.
2. Statsmakterna och sjöfartsmyndigheterna, vilka avgör utbudet av isbrytjänster genom att fatta beslut om isbrytarflottans storlek och dess fördelning på olika trafikanter och kustavsnitt under de perioder med brist på isbrytarkapacitet som uppstår under högvintern.

För att den framtida uppläggnings av vintersjöfarten skall bli effektiv krävs att de båda parternas beslut samordnas med varandra! Men andra ord, det behövs *samhällsekonomiska* avvägningar mellan å ena sidan "trafikanternas" kostnader och å den andra samhällets kostnader för isbrytningsverksamhet.

En samhällsekonomisk kostnads- och intäktsanalys av utökad vintersjöfart innehåller i princip följande poster:

NYTTA	KOSTNAD
Längre och säkrare skeppningsperiod för sjötransporterat gods	Ökade sjötransportkostnader Ökade isbrytningskostnader

Bild 2

Genom att statsmakterna och befraktarna tar på sig *merkostnader* för vintersjöfart, i form av ökad isbrytarinsats respektive merkostnader för iståligare tonnage, blir det möjligt att förlänga och utjämna skeppningssäsongen för godstrafiken till och från Bottenviken och Bottenhavet. Vilka är de motsvarande "intäkterna", dvs *nyttan* av en förlängd vintersjöfartssäsong?

Isvintern i de norrländska farvattnen gör det mycket svårt att upprätthålla ett regelbundet sjötransportflöde jämnt fördelat under året. För många sjötransporterade varuslag blir det fråga om skeppningsuppehåll varje vinter, vars längd kan variera med vinterns stränghet. Vad gäller de sjötransporter, som fortgår under vinterhalvåret, måste man räkna med förlängd rundresetid och risk för förseningar.

Isvinterns inskränkningar i sjöfartsbetingelserna betyder i de flesta fall *merkostnader för transportköparen* utöver det fraktpris han betalar, eftersom han måste öka sin lagerhållning, ibland utnyttja dyrare transportlösningar etc. Vintersjöfartsproblemen medför således en sänkning av sjötransporttjänstens *kvalitet* jämfört med sjöfart under sommarvillkor. (I de fall vintersjöfart kräver dyrare tonnage och erläggande av isriskpremier påverkas även fraktpriset.)

**ISVINTERNS INVERKAN PÅ  
SJÖTRANSPORTEN                      TRANSPORTKÖPAREN**

<b>1. KVALITET</b> – Oregelbundet transportmönster – Ökad rundresetid – Risk för förseningar	<b>1. MERKOSTNADER</b> – Större lager – Risk för dyra tillfälliga transporter – Risk för produktionsstillestånd
<b>2. KOSTNAD</b> – Isförstärkt tonnage – Ökad rundresetid – Isskaderisk	<b>2. HÖGRE FRAKTPRIS</b>

*Bild 3*

Inom ramen för rådande vintersjöfartsbetingelser söker naturligtvis transportköparen att minimera de merkostnader som isvintern orsakar. En transportköpare i bottenviks-regionen som utnyttjar sjötransport har därvid ett antal handlingsalternativ (strategier) att välja mellan:

<u>INGÅENDE VARUSLAG</u> STRATEGI	ANPASSNING
I Varierande produktionstakt Varierande kundleveranser	
II Jämn produktionstakt Varierande kundleveranser	1. Upplagring eller 2. Tillfälliga landtransporter
III Jämn produktionstakt Jämna kundleveranser	1. Upplagring eller 2. Tillfälliga landtransporter
<u>UTGÅENDE VARUSLAG</u> STRATEGI	ANPASSNING
I Varierande produktionstakt Varierande kundleveranser	
II Jämn produktionstakt Varierande kundleveranser	Vinterlagring vid fabriken
III Jämn produktionstakt Jämna kundleveranser	1. Dubbla lager eller 2. Tillfälliga landtransporter

*Bild 4*

Vad gäller tillförsel av råvaror (ingående varuslag) så medför ett sjöfartsuppehåll att produktionstakten måste reduceras under högvintern om företaget inte vidtar kompensande anpassning i form av lageruppbyggnad under hösten eller tillförsel med tillfälliga landtransporter under vintern.

Vad gäller utförsel av färdiga produkter (utgående varuslag) så är det valet av leveransservice (jämna eller varierande kundleveranser) som spelar huvudrollen. Om företaget väljer strategi II så kommer under sjöfartsuppehållet ett lager av färdiga produkter att byggas upp vid fabriken under högvintern.

Om företaget i stället strävar efter att upprätthålla jämna kundleveranser oberoende av vintersjöfartsbetingelserna (strategi III), så måste man antingen kunna utnyttja tillfälliga landtransporter för direkta leveranser från fabrik till kund, eller hålla dubbla lager – ett lager vid fabriken som byggs upp under sjöfartsuppehållet och ett lager närmare kunderna som byggs upp under hösten för att tillgodose kundernas leveransbehov under vintern.

#### *Nyttan av en förlängd sjöfartssäsong i Bottenviken*

I utredningen "En höjd isbrytarberedskap i norrländska farvatten – företagsekonomi och regionalpolitik"<sup>1)</sup> undersökes karaktären och storleksordningen av nyttan för sjöfartsutnyttjande företag av att det genomsnittliga sjöfartsuppehållet i svenska bottenvikshamnar förkortas från 60–70 dagar till 20 dagar.

De varuslag som förekommer i bottenvikssjöfart kan delas upp i tre kategorier:

- tillförsel av råvaror till regionens råvarubaserade industri (kol, kalksten, malmer, metallskrot, olja)
- tillförsel av övriga råvaror (olja, cement)
- utförsel av produkter från regionens råvarubaserade industri (malm, metaller, metallmanufaktur, skogsindustriprodukter)

Den sjöfartsutnyttjande delen av regionens näringsliv sammanfaller i hög grad med de fyra stora företagen ASSI, Boliden, NJA och LKAB. 1971 svarade dessa företag för 90 % av allt lastat gods i regionens hamnar och för 64 % av allt lossat gods exklusive mineraloljor. De kvantitativa beräkningar som utredningen gjorde avgränsades därför till dessa fyra företag.

Av den empiriska undersökningen framgick att en absolut restriktion på valet av transportlösning är att produktionstakten bibehålls jämn, oberoende av isvinterproblemen. Den ekonomiska grunden är att kostnaderna för produktionsstillestånd klart överstiger kostnaderna för alla andra anpassningsalternativ såsom beredskap i form av vinterlagerhållning eller tillfälliga landtransporter under högvintern.

Vad gäller ingående godsflöden av råvaror (kol, olja, kalksten) till de undersökta bottenviksföretagen valde man oftast vinterlagerhållning som gardering inför vinterns sjöfartsuppehåll. Detta ter sig naturligt mot bakgrund av dessa varuslags relativt låga varuvärde/ton, vilket betyder låga räntekostnader (jämfört med färdiga produkter). Stigande

<sup>1)</sup> I. Rydén, Norrlandsfonden, Luleå 1972



råvarupriser i framtiden kan naturligtvis ändra detta, så att oavbruten tillförsel av råvaror under vintern föredras framför vinterlagerhållning.

Bottenviksföretagets val mellan upplagring eller oavbruten tillförsel av råvaror är oftast en fråga om minimering av transportkostnaden och de egna lagerhållningskostnaderna under restriktionen att en jämn produktionstakt skall upprätthållas. Om råvarutillförseln sker enligt långsiktigt avtal och om bottenviksföretagets kvantitet utgör en betydande andel av leverantörens produktion, torde dock även *leverantörens* lagerhållningskostnader komma in i bilden, t ex genom att det pris som bottenviksföretaget betalar för råvaran kan påverkas.

VINTERSJÖFARTSLÖSNINGAR 1971

fobpris/ton  
(genomsnitt)

1. Vinterlagring, leveransstopp under sjöfartsuppehåll	250:—	järnmalm kulsinter svavelkis svavelsyra zinkklinker
2. Delvis vinterlagring, delvis tillfälliga landtransporter	700:—	trävaror massa bly
3. Övergång till tillfälliga landtransporter under sjöfartsuppehåll	1.400:—	wallboard kraftliner papper koppar stålprodukter

Bild 5

Vad gäller de undersökta företagens färdiga produkter var mönstret mer varierat:

Som framgår av bild 5, synes varuvärde/ton vara en viktig bestämningsfaktor vad gäller valet av handlingsalternativ.

En annan viktig faktor är *marknadssituationen* för produkten. Alla produkter som skeppas ut från de stora bottenviksföretagen är producentvaror, dvs de utgör insatsvaror i fortsatt produktionsverksamhet. De skiljer sig dock från varandra bl a med avseende på graden av "kundanpassning".

Den ena extremen representeras av den *standardiserade bulkvaran*, som säljs i relativt anonyma poster på världsmarknaden. Försäljningen förmedlas via mellanhänder, varför direkt kontakt mellan norrlandsföretaget och köparen ej förekommer. Köparen är oberoende av och omedveten om norrlandsproduktens leveransproblem. Under skeppningsuppehåll i Norrland kan köparen utan besvär erhålla leverans från annat håll. Således

påverkar leveransproblemen ej det pris som norrlandsproducenten erhåller, och valet av vintersjöfartslösning kan ses som ett renodlat kostnadsminimeringsproblem.

I den motsatta extremen har vi den "kundanpassade" varan, som anpassas efter köparens önskemål vad gäller dimensioner, sammansättning etc. Försäljning sker med direktkontakt mellan köpare och säljare. Leveranserna, som ofta motsvarar merparten av kundens förbrukning av varan, regleras med varaktiga avtal. I detta fall kan köparen inte med kort varsel erhålla leverans från annat håll, varför han på kort sikt blir beroende av leveranser från norrlandsföretaget.

Valet av transport/lagerhållningslösning blir då inte längre en fråga blott om norrlandsföretagets kostnader utan även om köparens kostnader givet olika leveransmönster. Ur bottenviksföretagets perspektiv torde därför valet av leveranstäthet, komma att påverka det pris man kan erhålla och därmed även företagets intäkter.

Frågan om vilken transportlösning och leveranstäthet som bör väljas kan betraktas som ett för köpare och säljare gemensamt kostnadsminimeringsproblem, givet restriktionen att köparens produktionstakt skall kunna fortgå oberoende av leveranserna från Norrland.

I utredningen beräknades för varje varuslag, som ingick i de fyra företagens sjötransportvolym, den kostnadsbesparing som skulle bli möjlig givet den förlängda skeppnings-säsongen till följd av att

- vinterlagerhållningen skulle kunna minskas i omfång
- antalet tillfälliga landtransporter under högvintern skulle kunna minskas.

UPPSKATTADE BESPARINGAR	(kr/årston)
Ingående varuslag	0,30 – 8,85
Utgående varuslag	0,45 – 12,60

Bild 6

Storleksordningen av de uppskattade besparingarna framgår av bild 6:

De undersökta företagen lämnade även uppgifter om sina produktionsplaner inför 1975 och 1980. Detta gjorde det möjligt att ta fram följande grova mått på nyttan av den förlängda sjöfartssäsongen i bottenvikshamnarna:

Eftersom beräkningarna enbart omfattade de fyra stora bottenviksföretagen, så skall till de ovan angivna summorna läggas kostnadsbesparingar för övriga industriföretag i Bottenviksregionen och för införseln av olja och cement, i den mån det visar sig ekonomiskt rimligt med utökad vintersjöfart även för dessa. Dessutom tillkommer de besparingar som följer av att kunder till norrlandsföretagen kan dra ner på de vinterlager de eventuellt upprätthåller.

SUMMA MINDREKOSTNADER	1975	1980
Ingående varuslag	3,8 Mkr	4,9 Mkr
Utgående varuslag	<u>12,9 Mkr</u>	<u>14,8 Mkr</u>
Totalt	16,7 Mkr	19,7 Mkr
	(1971 års priser)	

Bild 7

#### *Kostnader för en förlängd vintersjöfartssäsong*

Den refererade undersökningen behandlade *nyttan* av en förlängd vintersjöfartssäsong i Bottenviken.

En analys av *kostnadssidan* är viktig

- dels för att tillsammans med uppskattningar av nyttosidan avgöra hur stor vintersjöfartsvolymen och isbrytarflottan bör vara
- dels för att särskilja vad som är den mest effektiva kombinationen av isbrytarinsats och vintergående tonnage givet en viss trafikvolym.

#### *Merkostnader för vintersjöfartstonnage*

Förändringen av *sjötransportkostnaderna* till följd av utökad vintersjöfart kan i princip delas upp i följande:

- kostnadsökning som följd av ökad isförstärkning givet oförändrad fartygsstorlek
- kostnadsökning (eller -minskning) som följd av samtidig övergång till större tonnage.

Eftersom ett fartygs istålighet är en funktion inte bara av isklass utan även i viss mån av fartygets storlek, kan det tänkas att en förlängning av skeppningssäsongen åtföljs av en övergång till större tonnage. I sådant fall kan sjöfraktkostnaden (givet en viss isklass) minska till följd av stordriftsfördelar i sjötransportledet.

Samtidigt får transportköparen ta hänsyn till att med en given årsvolym betyder större fartyg färre skeppningstillfällen och därmed högre genomsnittlig lagerhållningsnivå och ökade räntekostnader!

En annan aspekt, som hittills inte rönt så stor uppmärksamhet, är vad en höjd isbrytarberedskap kan innebära för vintersjöfartens *kvalitet*.

Rent teoretiskt torde det vara möjligt att öka vintersjöfartsvolymen avsevärt redan inom ramen för dagens isbrytarflotta. Förutsatt att fartygen är beredda att vänta tillräckligt länge på att isbrytaren har tid med dem (eller att isen smälter!). Den ekonomiska förklaringen till att vi inte kan observera ett vinterskeppningsmönster med extremt långa väntetider i isen är naturligtvis att fartygstid kostar pengar!

En ökad tillgång på isbrytare under isvintern medför, förutsatt oförändrad trafikintensitet, kortare väntetider i isen och mindre förseningar. Dessa förkortningar av den förväntade rundresetiden betyder att vintersjöfartens *kvalitet* höjs.

Hittills torde dock höjningar av isbrytarberedskapen ha åtföljts av ökad trafikintensitet, varför kanske kvalitetsförbättringar för redan existerande trafik inte varit särskilt påtagliga.

Så småningom kan vi dock komma in i ett mer stabilt skede, där ytterligare ökning av isbrytarberedskapen framkallar endast marginella ökning av vintersjöfartsvolymen. Har vi då nått gränsen för en ekonomiskt försvarbar isbrytarberedskap?

Svaret på den frågan beror på hur mycket en extra isbrytare skulle förkorta rundresetiderna vintertid och huruvida trafikanternas ekonomiska utbyte av detta visar sig tillräckligt stort för att motivera de ökade isbrytarkostnaderna.

#### *Merkostnader för isbrytning*

De antaganden om tänkbara vintersjöfartssäsonger för Bottenviken, som den ovan diskuterade utredningen utgick från, byggde på sjöfartsverkets planer (1971) att utöka isbrytarflottan med två enheter på 22 000 och 12 000 ahk. Årliga drift- och kapitalkostnader för dessa två isbrytare beräknades till ca 17 mkr.

Emellertid är det knappast möjligt att diskutera kostnaderna för isbrytning i Bottenviken utan att ta hänsyn till Bottenhavets och Östersjöns anspråk på isbrytarresurser. I den mån de nämnda två nya isbrytarna skulle komma även bottenhavs- och östersjötrafiken till godo, så bör ej hela kostnaden belasta bottenvikssjöfarten.

Å andra sidan, kan höjda ambitioner vad gäller öppethållande i Bottenviken göra det nödvändigt att under mycket besvärliga isförhållanden avdela ytterligare isbrytarkapacitet till Bottenviken.

Den geografiska prioriteringen mellan de olika havsområdena har länge byggt på att Bottenviken under besvärliga isvintrar skall lämna företräde åt sydligare farvatten. Men det ökade intresset för vintersjöfart i Bottenviken har kanske gjort denna prioriteringsordning mogen för omprövning? Tillkomsten av Stålverk 80 kommer att medföra en avsevärd omstrukturering av bottenvikssjöfarten sett ur vintersjöfartssynpunkt, givet att ca 6 milj. ton järnmalm – en bulkvara som i ringa utsträckning skeppas under högvintern – ersättes med ca 4 milj. ton stålämnen – en vidareförädlad produkt med mycket högre anspråk på kontinuerliga sjötransporter året om.

På kort sikt kan en ökad isbrytarinsats i Bottenviken åstadkommas endast genom en omfördelning av de givna isbrytarresurserna på bekostnad av sydligare havsområden. I det läget torde merparten av kostnaderna för själva isbrytarna vara fasta. Kostnaden för en individuell isbrytarinsats blir då lika med *värdet* av isbrytaren i en *alternativ användning*. I *bristsituationer*, där efterfrågan på assistanser är större än vad de tillgängliga isbrytarna kan klara av, är kostnaden för att stationera en isbrytare i Bottenviken i stället för i Bottenhavet = kostnaderna för förlängd väntetid för fartyg destinerade till bottenhavshamn eller för omdirigering av dessa fartyg till annan hamn. Dessutom tillkommer merkostnader för transportköparen i bottenhavshamnen, om anpassning i form av ökad lagerhållning fler landtransporter etc blir nödvändig. Vad som i ett givet läge utgör en effektiv fördelning av isbrytarresurserna kan avgöras efter en jämförelse av de olika mer- och mindrekostnaderna som en omfördelning ger upphov till på respektive kustavsnitt.

På lång sikt kan ju isbrytarflottan utökas. Därmed minskar bristperioderna, både vad avser frekvens och varaktighet – kommer vi så småningom att helt kunna undvika att bristsituationer uppkommer, så att de besvärliga fördelningsproblemen försvinner?

Storleken av den isbrytarflotta som krävs en extremt hård vinter för att klara av en given trafikvolym i Bottenviken och Bottenhavet är säkerligen mångdubbelt större än vad som behövs en normal vinter. Däremot är kostnaderna för en viss isbrytarberedskap i hög grad fasta, dvs oberoende av vädrets utfall ett enstaka år. Detta gör att det troligen ej är ekonomiskt motiverat att höja isbrytarberedskapen till en sådan nivå att en given vintersjöfartsvolym i både Bottenhavet och Bottenviken skulle kunna klaras oberoende av vädrets makter.

Och därmed kvarstår problemen att fördela isbrytarresurser på olika havsområden, eftersom vi även i framtiden måste räkna med att situationer med brist på isbrytare kommer att inträffa, i varje fall under hårda vintrar.

#### *Sambanden mellan isbrytarinsats och vintersjöfartstonnage*

En analys av kostnaderna för vintersjöfart måste även ta hänsyn till att det råder ömsesidiga samband mellan isbrytningskostnader och sjötransportkostnader.

Genom att förkorta förväntade rundresetider vintertid, kan ökade isbrytarinsatser åstadkomma sänkta sjötransportkostnader (förbättrad transportkvalitet). Samtidigt påverkar trafikantens val av vintergående tonnage kostnaderna för isbrytarverksamheten.

Åtgången av isbryartid, som behövs för en given vintersjöfartsvolym, kan nämligen tänkas bli mindre ju större tonnage som utnyttjas. För det första torde större fartyg mer sällan och under kortare tidsperiod ta isbrytarassistans i anspråk. För det andra betyder större fartyg som transporterar en given godskvantitet, även färre fartyg i vintersjöfarten, vilket ytterligare minskar åtgången av isbryartid.

Naturligtvis är det inte minimal åtgång av isbryartid/godston i vintersjöfart, som skall eftersträvas. Den samhällsekonomiskt effektiva kombinationen av isbrytarinsats och vintersjöfartstonnage är en fråga om att minimera den sammanlagda summan av isbrytnings- och trafikantkostnader.

För att bedöma hur starkt sambandet mellan fartygsstorlek och isbryartid är, krävs ytterligare empirisk analys. Vidare behövs information om vilken betydelse variationer i fartygsstorlek har för transportköparen. I utredningsrapport nr 6 från Styrelsen för Vintersjöfartsforskning nämns att fartyg större än 8 000 dwt kan betraktas som "stora ur vintersjöfartssynpunkt". "Små" fartyg indelas i intervallen 2 000 – 5 000 dwt och 5 000 – 8 000 dwt.

Av rapporten framgår vidare att år 1978 beräknas drygt 60 % av antalet anlop under perioden december – april kommer att göras med fartyg under 5 000 dwt. Man kan fråga sig om detta innebär en något lägre genomsnittlig tonnagestorlek än vad som vore samhällsekonomiskt effektivt?

#### SAMMANFATTNING

Det ter sig sannolikt att sjöfarten även i framtiden kommer att spela en huvudroll vad gäller godstransporter till och från Bottenviksregionen. En utveckling av näringslivet mot mer vidareförädlade och kundanpassade produkter gör dock att kraven på sjötransporternas kvalitet ställs högre än tidigare, vad gäller tex regelbundenhet och frekvens. En höjd isbrytarberedskap spelar här en viktig roll, eftersom den kan minska oregelbundenheter i skeppningarna, möjliggöra snabbare rundresetider och minska riskerna vintertid för förseningar.

För att framtidens vintersjöfart skall få en riktig omfattning och uppläggning krävs att privata och offentliga beslut angående bottenvikssjöfarten samordnas. Ett viktigt underlag för denna samordning är samhällsekonomiska analyser med syfte att väga *samhällets* kostnader för isbrytarverksamhet mot *trafikanternas* kostnader, dels för själva sjötransporten, dels merkostnader för transportköparen vad gäller vinterlagerhållning och tillfälliga landtransporter.

## Ett bulkrederis synpunkter på vintersjöfart i Bottenviken

*Direktör Ingemar Wahlström, Gränges Rederi, Stockholm*

Sjötransporterna till och från Bottenviken är redan idag av betydande omfattning, cirka 11 milj ton per år. Prognoserna visar kraftig ökning under 70-talet. I samband med tillkomsten av koksverket och det nya stålverket vid NJA blir det inte enbart ytterligare volymökning utan också en förändrad struktur på det gods som skall transporteras.

Till övervägande del är det under 70-talet fråga om lågvärdigt massgods – malm i olika former, kol, kalksten – som transporteras i bulklastfartyg. Min framställning är i huvudsak knuten till problem inom denna sektor av Bottenviks-transporterna.

Volymmässigt är järnmalmsexporten från Luleå särklassigt störst. 1974 års exportsiffra blir cirka 7,5 milj ton medan importen av koks/kol och kalksten stannar vid cirka 1 milj ton. Man kan således dra den slutsatsen att förutsättningarna för att erhålla kombinationslaster av in- och utgående gods inte är särskilt goda av volymiskäl för närvarande.

Om man därtill lägger den informationen att malmexporten 1974 går till fem mottagarländer (Belgien, Holland, Västtyskland, Frankrike och Polen) som vart och ett importerar mellan 1 à 1,5 milj ton från Luleå, och att den resterande volymen fördelar sig på ytterligare åtta länder, så ger inte heller massgodsets länderfördelning helt idealiska kombinationsmöjligheter av in- och utgående laster med undantag av kol och koks från Polen och Västtyskland.

Av marknadsmässiga skäl är det således för närvarande naturligt att bulktonnaget som engagerar sig i transporten av de in- och utgående massgodsströmmarna i Bottenviken har utvecklats olika. Många av de malmlastande fartygen i Luleå har kommit att bli så stora som det överhuvudtaget är möjligt att acceptera i farled och i hamn, dvs 40 000 à 50 000 tons fartyg. Denna storlek av fartyg överensstämmer för närvarande inte med idealstorleken för import av koks och kalksten, som i huvudsak sker på mindre fartyg, eftersom restriktioner finns såväl vad gäller enskilda lasters storlek, utlastningshamnarnas kapacitet och lagerhållningsmöjligheter.

Med den marknadsmässiga utveckling som råder – krav på konkurrenskraftiga frakter – har det således varit naturligt att genom ökade tonnagesstorlekar snarare än genom kombinationstrafik förbättra rederiernas konkurrenskraft. Bland annat på grund av denna utveckling har det också blivit naturligt att utföra transporterna under vår, sommar och höst.

I och med tillkomsten av det nya koksverket i Luleå och det väntade beslutet om "Stålverk 80" förändras läget drastiskt. Det kan på goda grunder antas att malmexporten minskar kraftigt, kolimporten ökar och ämnesexporten blir av betydande omfattning.

### BILLETS – BLOOMS – SLABS

Såvitt känt kommer ämnesexporten att bestå av tre olika kvaliteter – "billets", "blooms" och "slabs". Den kommer att uppgå till ca 4 milj ton per år.

Genom utvecklingen mot högvärdigare massgodsprodukter ökar också möjligheterna för tillkomsten av ett nytt Bottenviks-tonnage, anpassat till den nya transportsituationen.

Marknadens krav på året-runt-transporter, ämnesexportens mindre fraktkänslighet, förbättrad storleksanpassning för enskilda in- och utgående laster samt större koncentration till färre hamnar är några av de faktorer som påverkar rederiernas tonnageanskaffningsplaner.

Hur skall då ett bulkfartyg se ut för att svara mot dessa krav?

Storleken bör ligga mellan 25 000 och 40 000 dwt. Fartyget skall byggas till högsta isklass vilket bl a innebär ökad stålvikt och större maskinstyrka jämfört med ett normalt bulkfartyg.

Fartyget skall konstrueras med avsikt att användas i kolimporten till Luleå i kombination med ämnesexporten från NJA. Ju mera kol som avses skeppas översjöiskt ju större sannolikhet för 40 000 tons storleken. Om koncentration sker till östersjötrafik ökar sannolikheten för 25 000-tonnaren. I händelse hematitslig kommer att i framtiden exporteras från Luleå kan man mycket väl tänka sig en kombination av slig och ämnen i samma lastrum. Detta skulle troligen förenkla lastningen av särskilt de tyngsta ämnena och under förutsättning av magnetlossning skapas inga problem i lossningshamnen. En samlastning av detta slag talar till fördel för det större fartygsalternativet.

#### VINTERSJÖFARTSFARTYG

Fraktkalkylen för ett vintersjöfartslämpligt tonnage skiljer sig väsentligt från motsvarande kalkyl rörande ett normalt bulkfartyg.

Kapitalkostnaden kan teoretiskt kanske beräknas bli 14 à 15 % högre, men i praktiken är det sannolikt att varven på grund av den relativt begränsade efterfrågan på denna typ av tonnage kommer att begära och kanske erhålla 25 % högre pris än för normalt bulkfartyg av samma storlek.

På driftssidan höjs kostnaderna för bunkers på grund av större maskinstyrka, som endast delvis kompenseras av högre fart i fria vatten. Risken för skador och off-hire ökar liksom att premier för isriskförsäkringar tillkommer. Dessa premier varierar efter en 10-gradig skala från 0,03 % av fartygets försäkringsvärde + 1:50 per dwt till 0,3 % av fartygets försäkringsvärde + 10:— per dwt.

Isförstärkta fartyg av svensk-finsk isklass IA Super betalar 10 % av gällande premier.

Rederiets "normala" försäkringskostnader höjs också på grund av fartygets högre värde.

Stor osäkerhet råder beträffande tidsåtgången för en rundresa under isförhållanden. Om fartyget i fritt vatten gör 14 à 15 knop minskas farten högst väsentligt under gång i is. Ökad tid betyder ökad kostnad som måste kompenseras i frakten.

#### EN RUNDRESA

Låt oss se på kalkylerna för en rundresa Luleå/Rotterdam för fartyg om 27 000 resp 40 000 dwt. Lasten är full last ämnen från Luleå till Rotterdam i kombination med full last kol från Rotterdam till Luleå under icke-issäsong. Således en helt idealisk kalkylsituation.



Förutsättningar och transportkostnadsberäkningar (1976 års kostnader)

*Data om fartyget*

Fartygsstorlek:	27 000 dwt	40 000 dwt
Lastintag: stålämnen	25 000 lt	38 000 lt
kol	25 000 lt	38 000 lt
Investeringskostnad:	65 milj kr	80 milj kr
Bunkerförbrukning: (fuel resp diesel oil)	40 + 2 ton/dygn	50 + 2 ton/dygn
Fart:	15 knop	15 knop

*Data om traden*

Trad:	Luleå/Rotterdam/ Luleå	Luleå/Rotterdam/ Luleå
Distans:	2800 sjömil	2800 sjömil
Sjötid: isfritt	7,8 dygn	7,8 dygn
tilläggs- tid för gång i is	2,5 dygn	2,5 dygn
Hamntid: stålämnen	8 dygn	12 dygn
kol	5 dygn	6 dygn
totalt	13 dygn	18 dygn
Rundresetid: isfritt	20,8 dygn	25,8 dygn
vintersjöfart	23,3 dygn	28,3 dygn

*Transportkostnadsberäkningar*

	Lastförmåga	
	25 000 lt/tkr	38 000 lt/tkr
Hamnkostnader:		
Luleå lastning ämnen	}	
lossning kol		
Rotterdam lossning ämnen		
lastning kol		
Lotskostnader		
Dygnkostnader*): 14 resp 15,5 tkr/dygn	291	400
Bunkerkostnader:		
Fuel oil, 400 kr/ton:	125	156
Diesel oil, 900 kr/ton:	37	46
Summa resekostnader:	618	822
Resekostnader (kr per ton)	24,72	21,63
Summa administrationskostn. (2 000 kr/dygn)	42	52
Administrationskostnader (kr per ton)	1,68	1,37

\*) inkluderar bl a underhåll, försäkringar, bemanning, kost.

Kapitalkostnader:

15 % per år av inv.kostn. 65 resp. 80 milj kr  
 = 9,75 milj. kr/år resp. 12,0 milj. kr/år  
 = 26 712 kr/dygn resp. 32 877 kr/dygn

Summa kapitalkostnader	556	848
Kapitalkostnader (kr per ton)	22,24	22,32
Summa kostnader (tkr)	1.216	1.722
<b>TOTALTRANSPORTKOSTNAD: KR PER TON</b>	<b>48,64</b>	<b>45,32</b>
Förändring av kostnaden vid hamndygnsökning/ minskning (kr/ton)	1,79	1,38
varav resekostnader	0,64	0,46
administrationskostnader	0,08	0,05
kapitalkostnader	1,07	0,87

*Detta innebär följande kostnader (kr per ton) vid angivet antal hamndygn*

Antal hamndygn	27 000 dwt kr per ton	40 000 dwt kr per ton
6	36,11	28,76
8	39,69	31,52
10	43,27	34,28
12	46,85	37,04
14	50,43	39,80
16	54,01	42,56
18	57,59	45,32
20		48,08
22		50,84
24		53,60
26		
Kostnadsförändring vid ± 1 hamndygn	± 1,79	± 1,38

*Extra kostnader förorsakade av vintersjöfart*

Baserat på antagandet att fartyget har att gå i is södra Bottenhavet/Luleå/södra Bottenhavet (600 sjömil) förlängs rundresetiden med 2,5 dygn. Den fördyring detta medför redovisas nedan inklusive kostnaderna för isriskpremie.

	27 000 dwt tkr	40 000 dwt tkr
Dygnskostnader	35	39
Bunker, fuel oil	40	50
diesel oil	5	5
Administrationskostn.	5	5
Kapitalkostn.	67	82
Summa kostnader	152	181
Kostnader kr/ton	6,08	4,76

Isriskpremie	465	640
10 % härav	46,5	64
Kostnader kr/ton	<u>1,86</u>	<u>1,68</u>
Totala extrakostnader kr/ton	7,94	6,44

Fördelas dessa kostnader på den totala volymen som skeppas under ett år innebär det en ökning av transportkostnaderna med 2,55 resp 2,10 kr/ton för 27 000 resp 40 000 dwt-fartyget.

Det bör dock understrykas att dessa till gång i is förknippade extra kostnader, endast utgör en del av den totala transportmerkostnaden för vintersjöfart.

Vi kommer senare att få lyssna till flera föredrag som behandlar olika vintersjöfartsproblem och belyser teknikens och vetenskapens möjligheter att hjälpa rederierna i deras viktiga uppgift att sköta Bottenvikens sjötransporter. Vi är självfallet inom näringen mycket tacksamma för alla hjälpmedel och resurser som ställs till förfogande, men en utveckling mot en livlig och för industrin nödvändig vintersjöfart kräver en vilja från exportörer och importörer att i fraktsättningen avspegla de kraftigt höjda kostnader och ökade risker som rederierna ikläder sig genom aktivt engagemang i vintersjöfart i Bottenviken.

## The influence of winter on the navigation in the northern part of the Gulf of Bothnia

Mr. B. M. Johansson, DE, OY Wärtsilä Ab, Helsinki Shipyard.

### 1. BACKGROUND

Winter navigation in the Baltic area is close to 100 years old and during the last years the development has been very fast which may be seen from the following dates:

Latest closing of Finland's		Number of Finnish icebreakers at that time	Yearly cargo volume transported at that time
easternmost major port	1966	6 + 1	25.0 million tons
northernmost major port	1970	8 + 1	32.5 million tons

The last three winters have been milder than normal and thus there has been no need to close any harbours. Traditionally the icebreakers have started by assisting the traffic at the northern harbours (and in Finland also at the eastern harbours). The ice conditions having grown more severe the limited number of icebreakers has been spread too thin and thus the harbours farthest away have had to be closed. As may be seen from the table above this has not happened in the Gulf of Finland since 1966 and it should be possible with modern icebreakers and modern icegoing cargo ships to avoid actual closing of any harbour in the Baltic area due to ice but for occasional stops due to difficult wind conditions which may last for some days.

Another factor that highlights the need for winter navigation is the rapidly growing amount of goods transported to and from harbours in the northern part of the Gulf of Bothnia. In the late 70's this amount is expected to grow to between 20 and 25 million tons (Finnish and Swedish goods combined).

### 2. TECHNICAL BASIS OF WINTER NAVIGATION

#### 2.1. Ice classes

The ice classes suitable for the Baltic area are defined in /1/. For year round service the following recommendations may be stated:

- Ice class for the northern part of the Gulf of Bothnia: I A super
- Ice class for the southern part of the Gulf of Bothnia and the Gulf of Finland: I A

The ice classes I B and I C are suitable in the areas above during the beginning and the end of the ice season as well as for harbours south of the areas above.

The new rules of ice classes are based on damage analysis of earlier ships operating in the Baltic, see /2/. The principal results concerning ice class I A are shown in Figs. 1 and 2. These figures show the ice pressure the hulls of the studied ships can take without permanent deflection. The horizontal axis (the square root of the product of the shaft

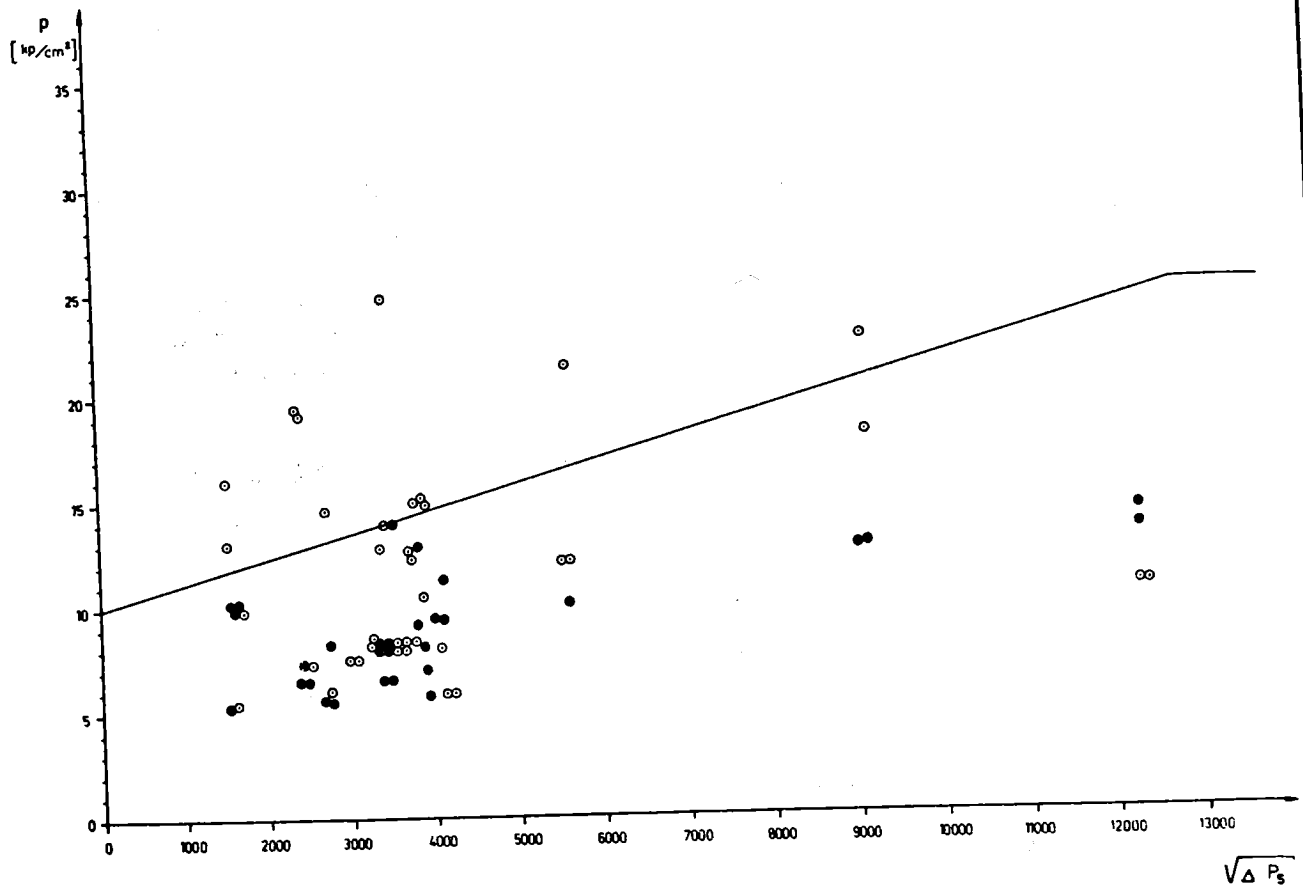


Figure 1. The strength of the analysed ships of ice-class IA in the **BOW** region. The black spots indicate that the ship has sustained ice-damage in this region. The white spots indicate that no damage has occurred. The line of the proposed design pressure is drawn into the figure.

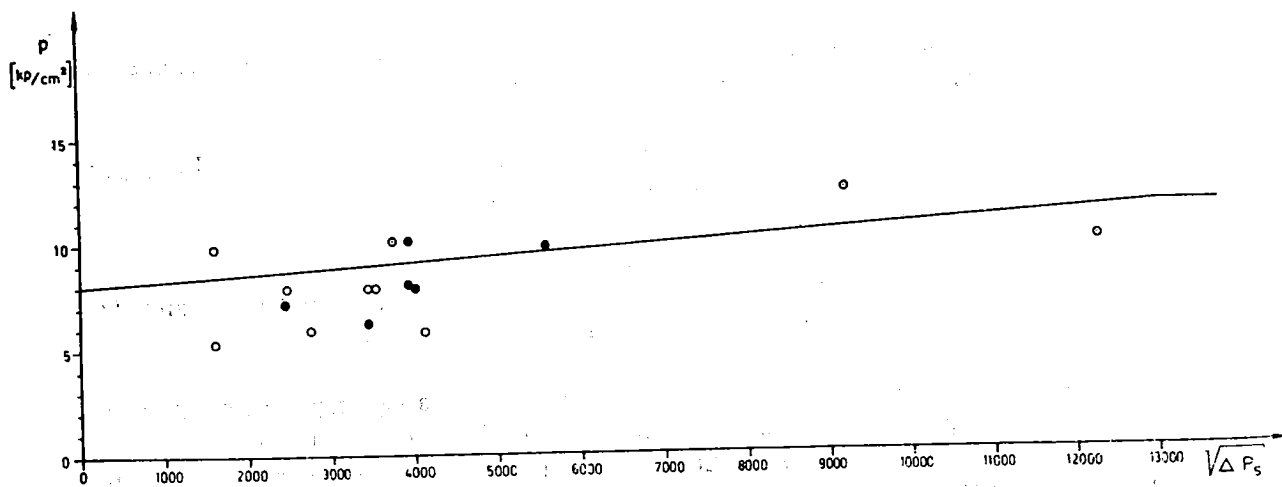


Figure 2. The strength of the analysed ships of ice-class IA in the **MID** region. For explanations, see Fig. 9.

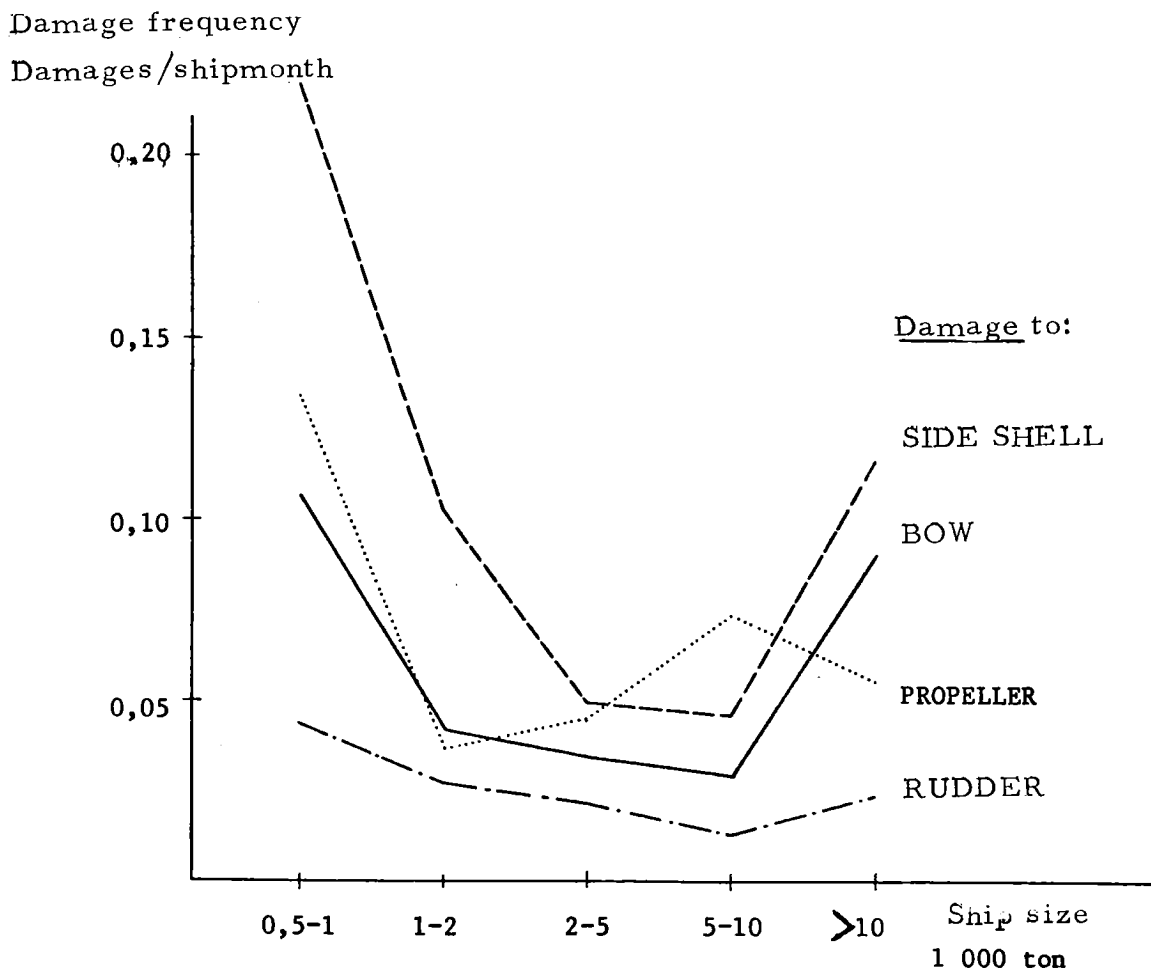


Fig. 3 Frequency of ice damages as a function of ship size

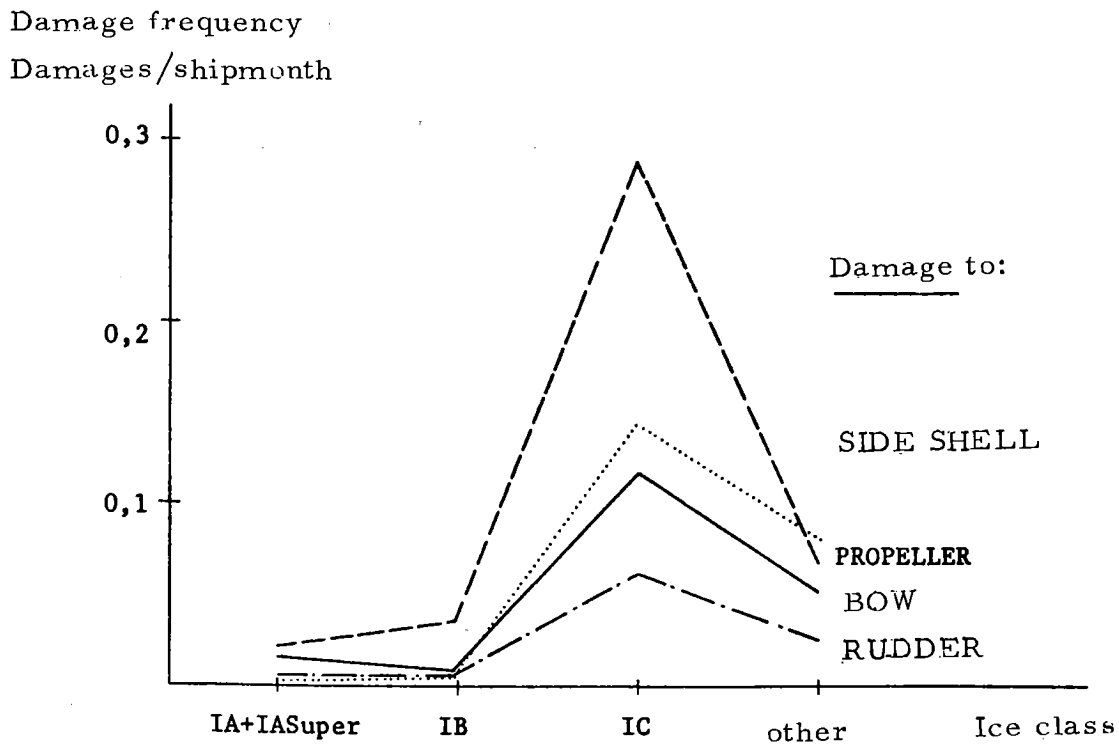


Fig. 4 Frequency of ice damages as a function of the ice class

Damages/shipmonth

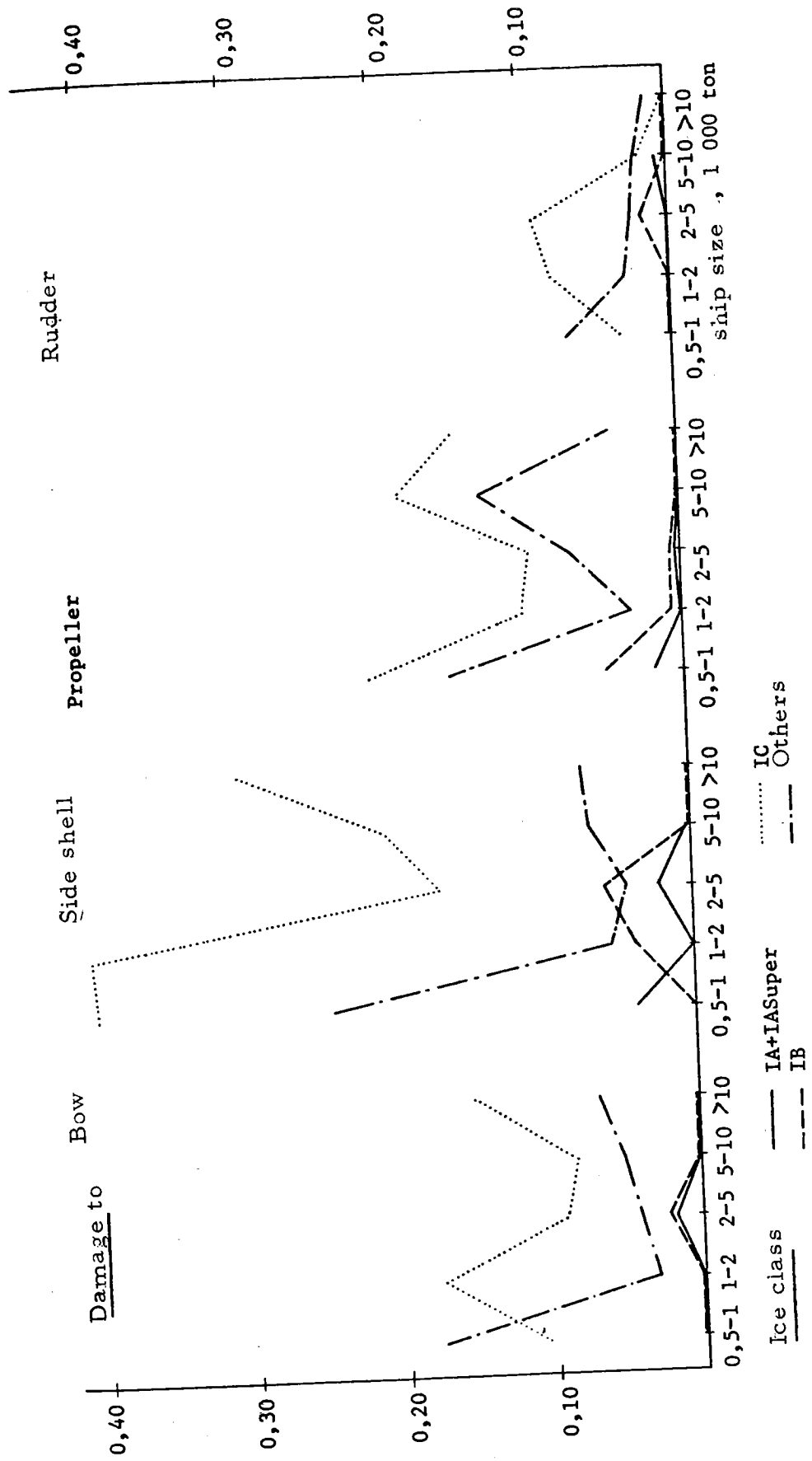
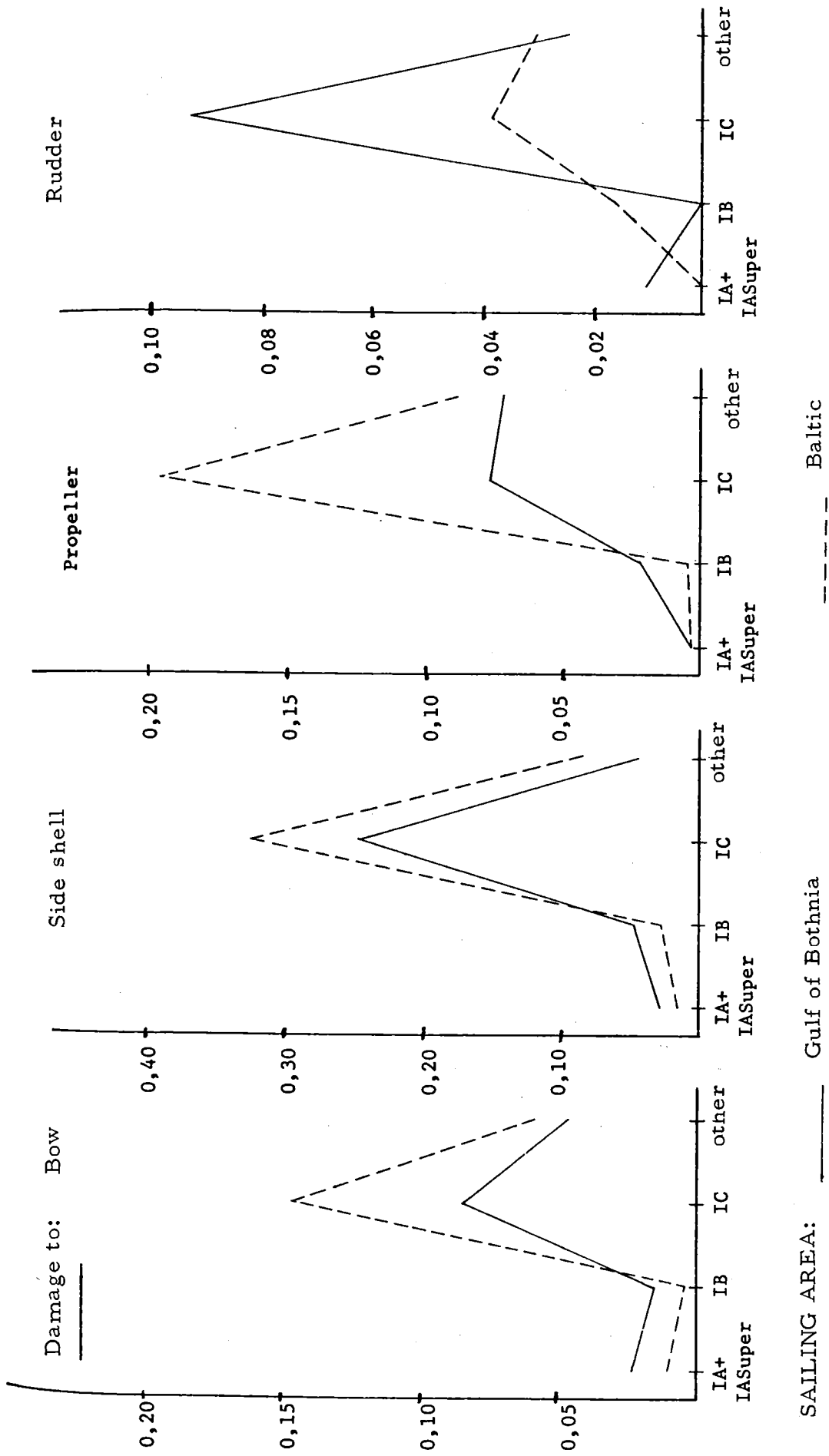


Fig. 5 Frequency of ice damages as a function of ship size and ice class



SAILING AREA: — Gulf of Bothnia — Baltic

Fig. 6

Frequency of ice damages as a function of ice class and sailing area



horse power and the displacement) gives some measure for the statistical possibilities to reach high ice pressures. The chosen design pressures should give a hull where large damages do not occur but which may sustain small deflections without practical effect. Future damage analysis may give reason to change both the height and the slope of the chosen design curves of ice pressure.

A recent study of ice damages, /8/, gives the principal results presented in Figs. 3, 4, 5 and 6. These show that the ice classes I A and I A super have sustained very few ice damages in comparison with the other ice classes. The results also show that according to the previous ice class rules the smaller ships are relatively weaker than the larger ships. The same results may be seen in Fig. 1 together with the corrective measure. Fig. 6 also shows that there is no significant difference between the Gulf of Bothnia and the Baltic Sea as for the risk of ice damages.

## 2.2. Ice conditions

The ice conditions in the Baltic area have been recorded since 1830. During the winter months ice maps are produced 2 – 3 times a week. The existing data, however, is not suitable to predict ice resistance and round trip times. Because of this a special study was made, see /6/, based on the material gathered by the Institute for Marine Research and by help of prof. E. Palosuo. As typical winters were chosen:

1970 – 1971: mild winter

1971 – 1972: normal winter

1965 – 1966: severe winter

The harbours shown in Fig. 7, were chosen as typical harbours and for those the ice conditions in Figs. 8, 9 and 10 were prepared, (ice thickness as a function of distance from the harbour).

## 2.3. Speed in ice

The formulae for ice resistance are chosen on basis of full scale measurements and model tests performed by the Wärtsilä Icebreaking Model Basin (WIMB) both in level ice, ridges and ice-clogged channels, see /7/. These formulae take into account the ice thickness and strength as well as the ship's speed, main dimensions, hull form, hull surface and special devices. The special devices are intended to make it possible for the ship to operate independently of icebreakers i.e. as its own icebreaker. Various types of special devices are available, e.g.:

- bow propellers
- an efficient heeling system
- an efficient trimming system
- a bubbler system

The special devices have some influence on the resistance in level ice, but their main benefit is that they make it possible for the ship to proceed through a ridge which usually is impossible without a special device as the ship gets stuck in the ridge and is unable to back out. This naturally also stops further progress and the ship has to wait for icebreaker assistance.

Some examples of calculated speed in ice are shown in Fig. 11.

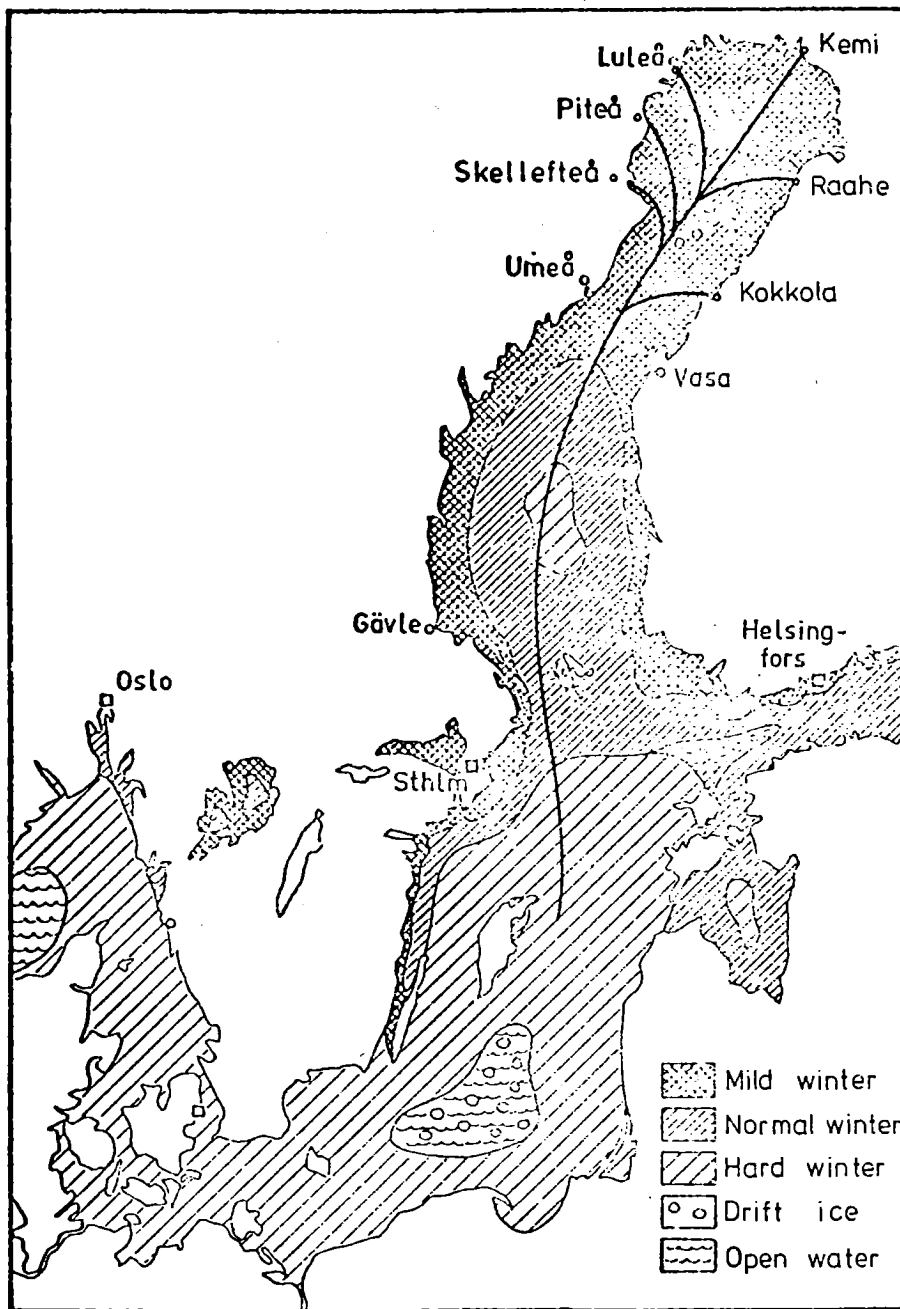


Fig. 7 The extension of ice in a hard, normal and mild winter

#### 2.4. Icebreaker assistance

Icebreaker assistance is provided by the Finnish and the Swedish governments. To make year round traffic in the northern part of the Gulf of Bothnia possible even during severe winters there must be a clear policy that the icebreakers are not taken away from the north when they are needed most at that area.

With present methods a ship to Luleå or Kemi is assisted for about 200 nautical miles inbound and the same amount outbound even during a mild winter. If the average speed can be kept at 10 knots, this means 40 hours of icebreaker assistance. If a convoy of 2

FIG. 8

THE EXTENT OF ICE COVER AND RIDGES FROM KEMI IN MARCH

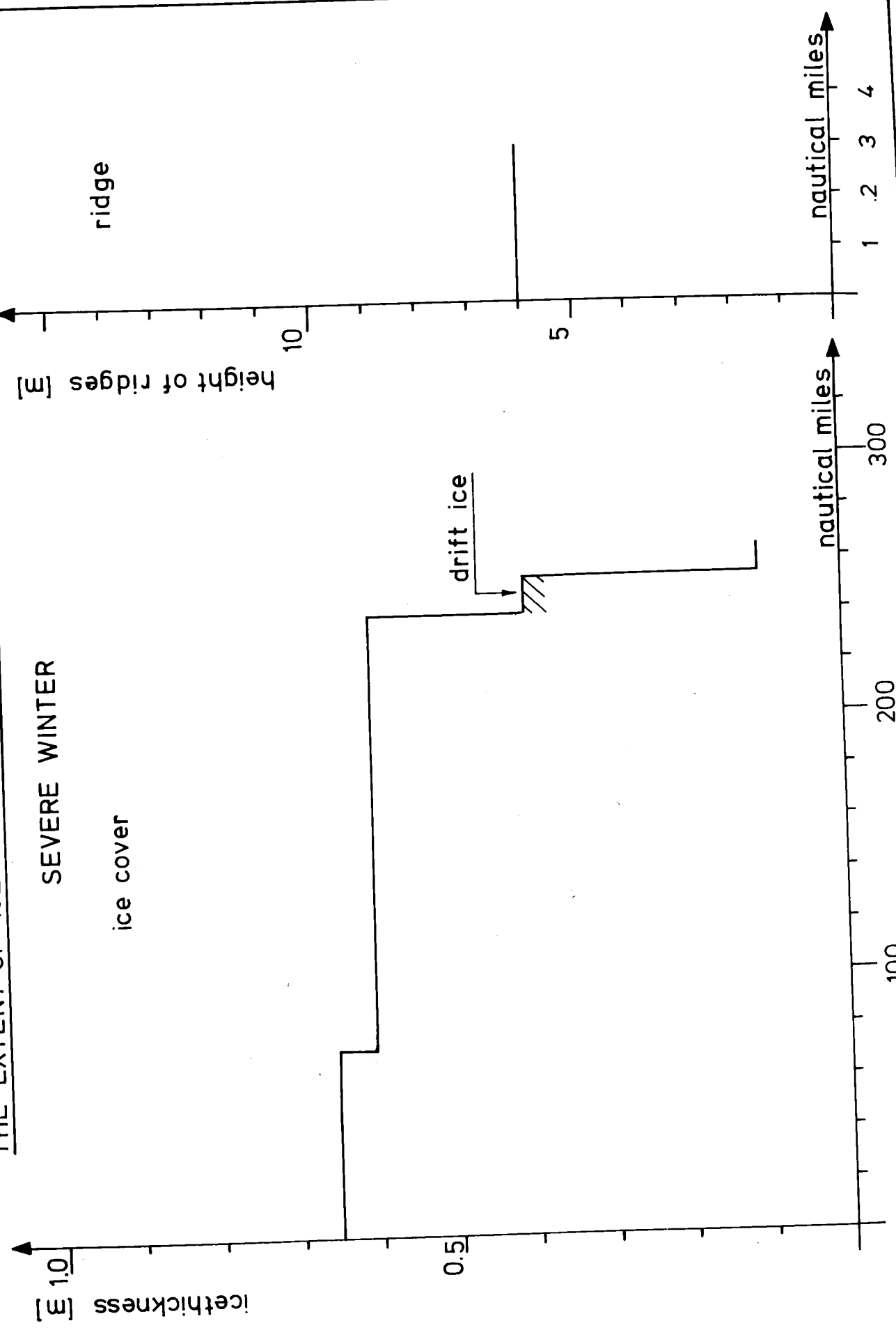


FIG:9

THE EXTENT OF ICE COVER AND RIDGES FROM KEMI IN MARCH

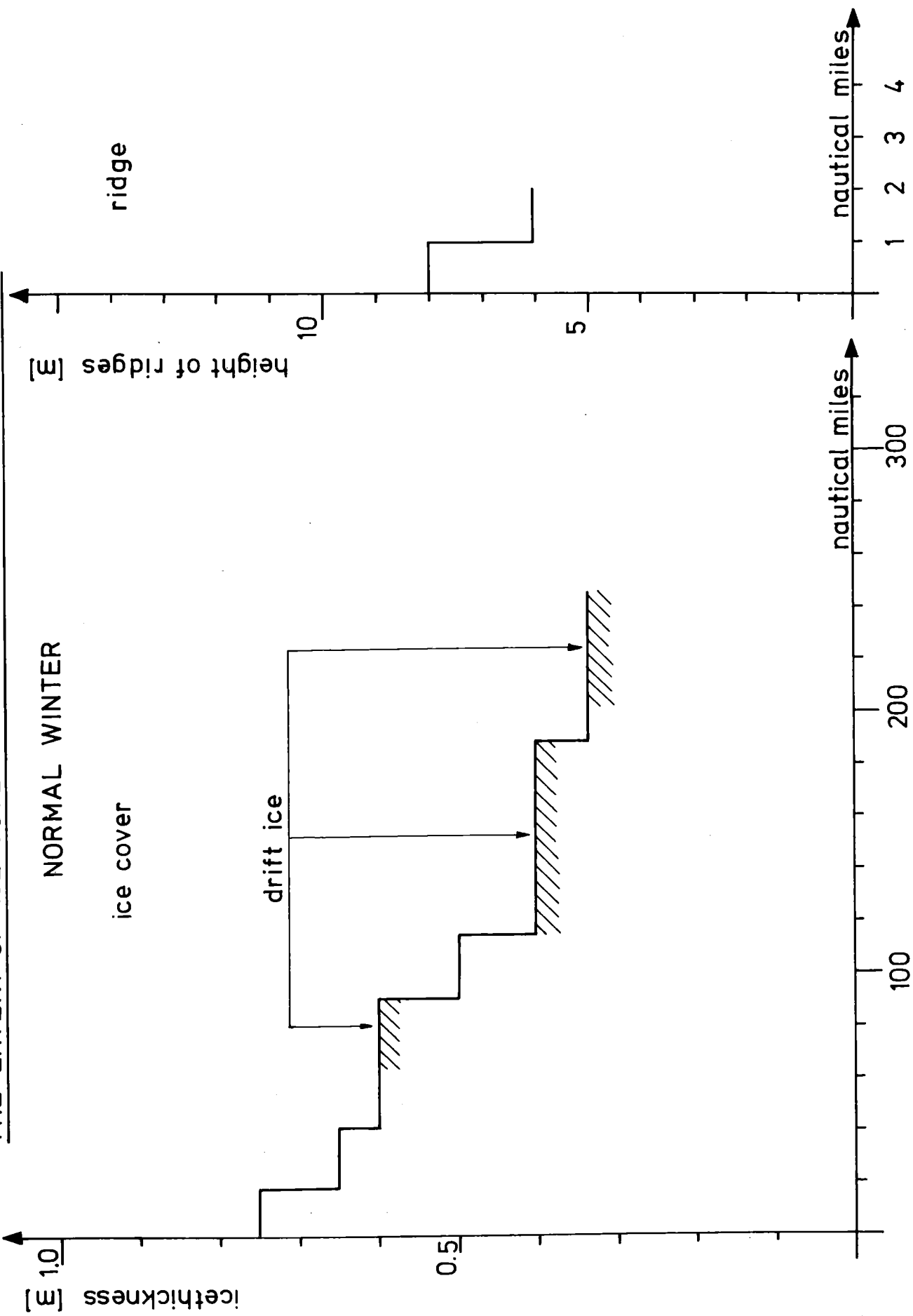


FIG.10

THE EXTENT OF ICE COVER AND RIDGES FROM KEMI IN MARCH

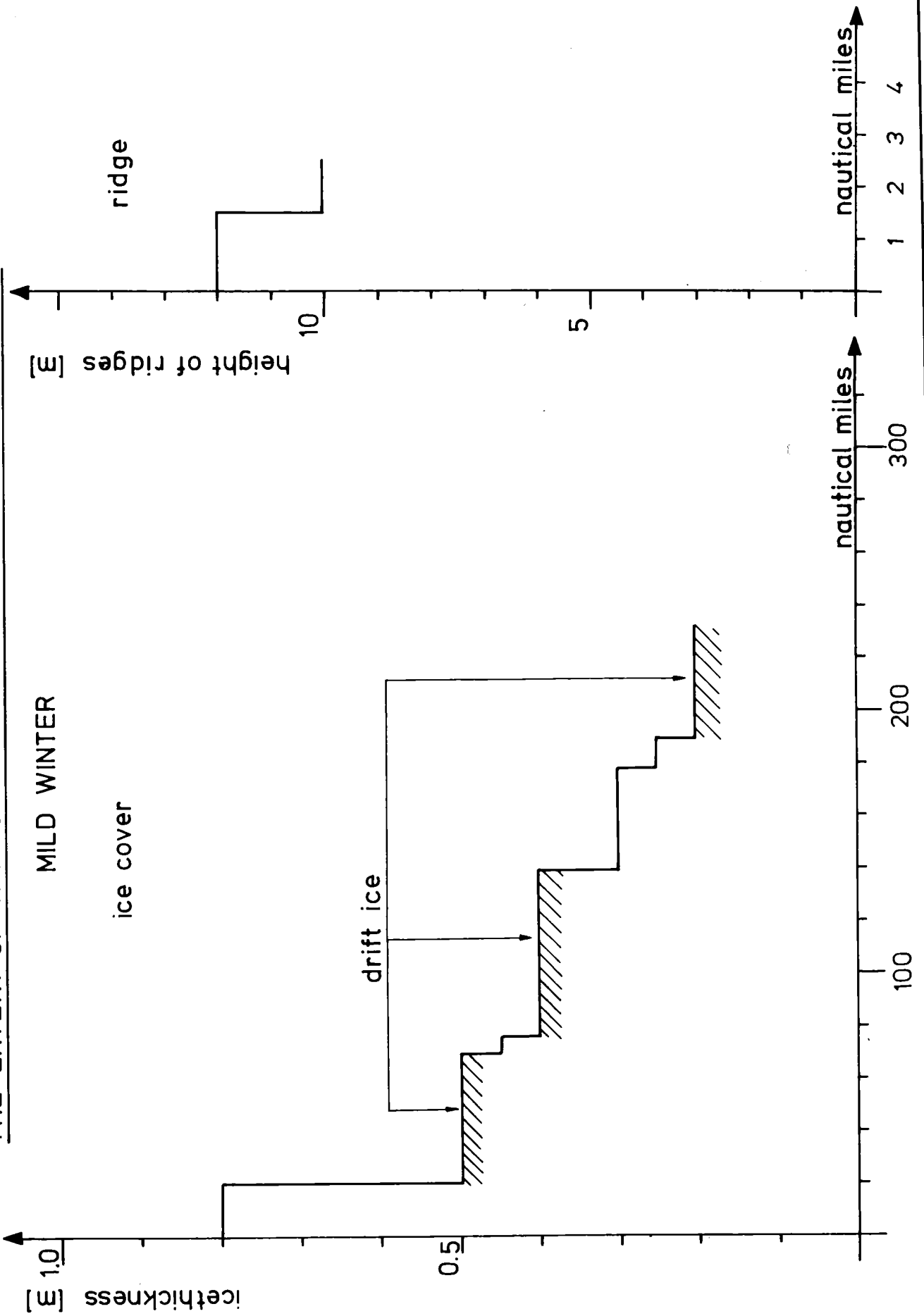


FIG. 11

RO-RO SHIP  
 CARGO 7500 tons  
 SHP 12825

BULK CARRIER  
 CARGO 40000 tons  
 SHP 17100

$h_{RIDGE}$  = RIDGE THICKNESS  
 $h_{ICE}$  = ICE THICKNESS  
 $V$  = SPEED OF SHIP

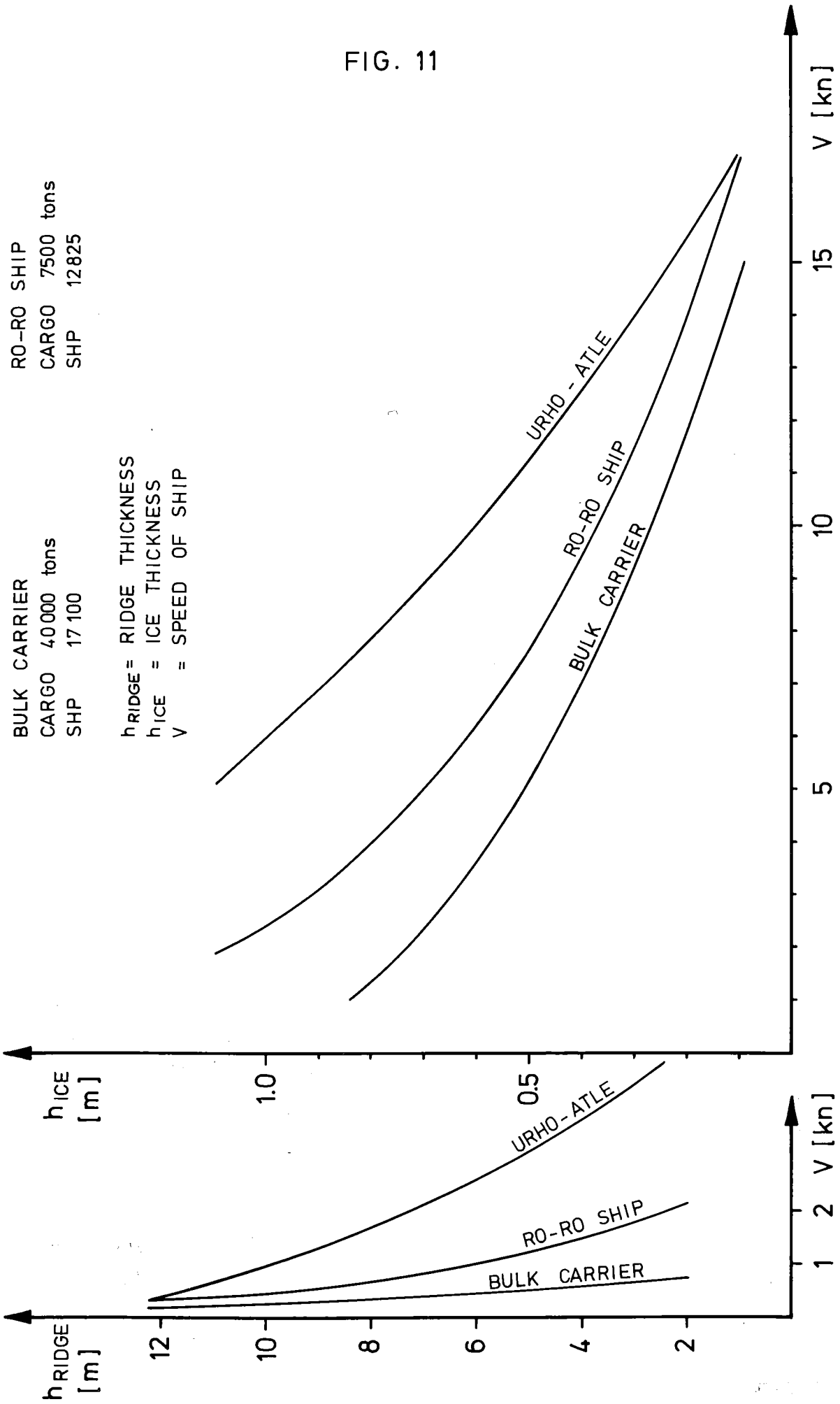
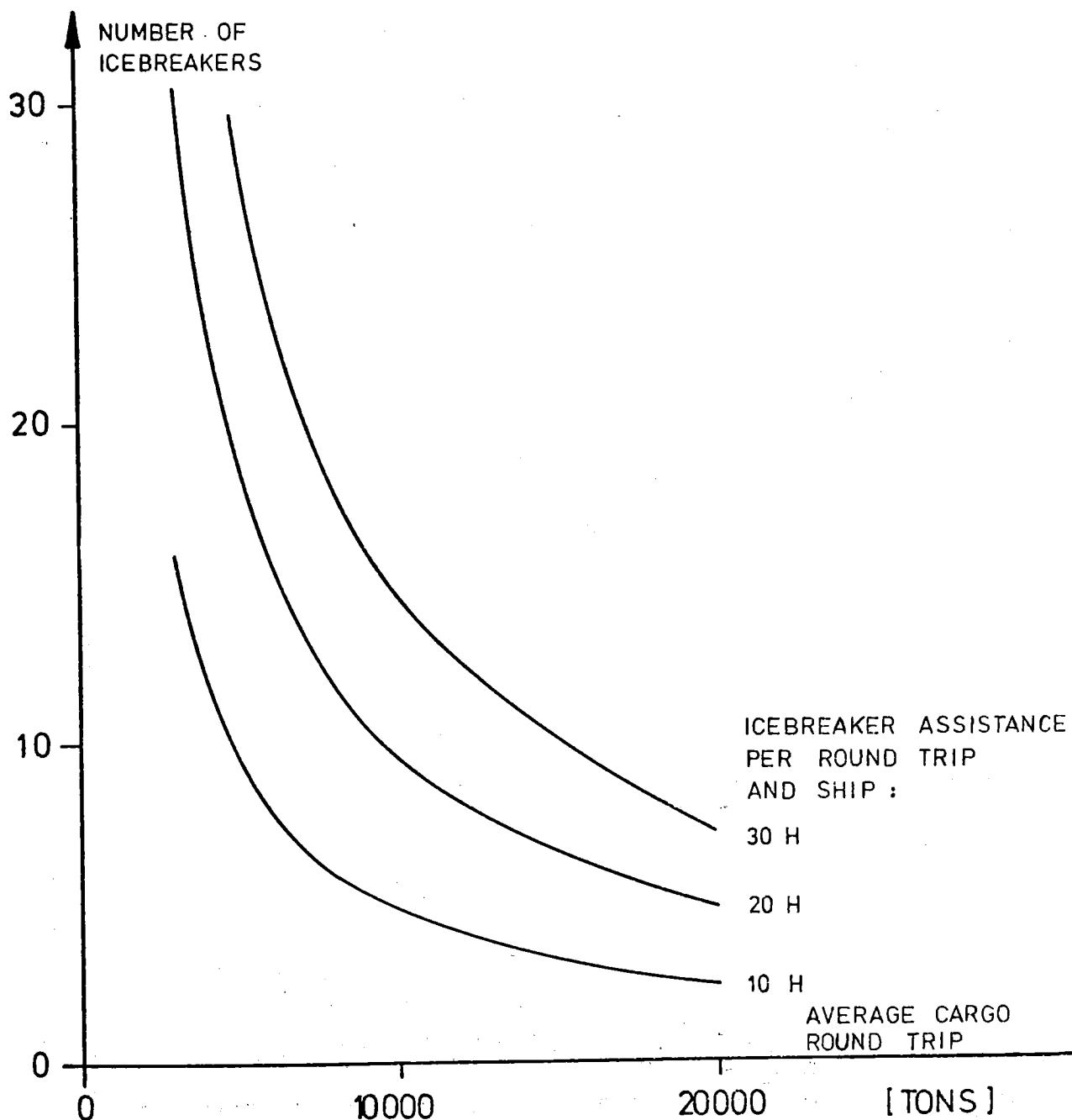


FIG. 12

NECESSARY AMOUNT OF ICEBREAKERS FOR  
YEAR ROUND TRAFFIC IN THE NORTHERN  
PART OF THE GULF OF BOTHNIA

CARGO TRANSPORTED PER YEAR: 24 MILLION TONS EVENLY DISTRIBUTED

ICEBREAKER ASSISTANCE 420 H/MONTH



ships is used, this means 20 hours per roundtrip and ship. In Fig. 12 the necessary amount of icebreakers is shown as a function of the average cargo per roundtrip. The different amounts of icebreaker assistance present winters of varying severity and/or ships with varying icegoing capability. From this figure we may see that the size of the average cargo is most important for the winter navigation. If the average cargo stays at about 3000 tons (see /3/) 32 icebreakers would be needed if the cargo transported per year is 24 million tons and the icebreaker assistance given is 20 hours per roundtrip and ship. This amount is naturally impractical, and a manageable amount would be 8 icebreakers at this area, which would ask for an average cargo of 12000 tons for the above mentioned conditions.

### 3. ECONOMIC STUDY OF WINTER NAVIGATION

#### 3.1. Simulation model

On behalf of the Board of the Winter Navigation Study Wärtsilä has performed an evaluation of the winter navigation in the Gulf of Bothnia, see /7/. The program calculates the transportation cost per transported ton of cargo from the shipowners point of view, i.e. the cargo transported from alongside the ship in one harbour to alongside the ship in another harbour.

The costs are calculated for open water conditions as well as for each month from December until May for one of the icebound harbours shown in Fig. 7. For the winter months the costs are calculated for the ship moving on its own as well as moving with icebreaker assistance in convoys of 1 – 6 ships.

An example of the computer print out is shown in Fig. 13, which in this case gives as a result that in March a convoy consisting of one icebreaker and one ship is the most economical. Fig. 14 shows the various cost components, and Fig. 15 a yearly summary.

In the study below the following values have been used:

Ship price:	According to Figs. 16 a and 16 b which show the price for late 1973 delivery (first ship in a series) the price includes ice strengthening to ice class I A super and the fitting of a special system. If the special system is not fitted the price is reduced by $7600 \sqrt{Ps} + 5000 \times L$ (mk).
Amortation time:	10 years
Rate of interest:	15 %
Insurance:	1 % of ship's price
Fuel cost:	500 mk/ton (unless stated)
Fuel Consumption:	180/g/hp · h
Service rating:	90 % of engine power
Loading time:	19 hours for full cargo for ro-ro ship 20 hours for full cargo for bulk carrier
Unloading time:	19 hours for full cargo for ro-ro ship 40 hours for full cargo for bulk carrier
Loading cost:	2.3 mk/ton for ro-ro ship 2.5 mk/ton for bulk carrier
Unloading cost:	2.3 mk/ton for ro-ro ship 2.5 mk/ton for bulk carrier
Crew cost:	900 000 mk/year for ro-ro ship and bulk carrier
Repair cost:	1 % of ship's price for ro-ro ship and bulk carrier



WINTERNAVIGATION PROGRAM  
 OY WÄRTSILÄ AB HELSINGIN TELAKKA  
 7500 TDW RO-RO ON THE ROUTE KEMI-LYBECK SERIES 2/HP/MACHINE POWER VARIATIONS ICE PROFILES:JUURMAA  
 SIDE 09  
 DATE 19740319

MONTH: MARCH WINTER: NORMAL WINTER ICEPROFILE USED: JUURMAA

TIMES ARE FOR ONE ROUND-TRIP

	MEDIUM SPEED [KNOTS]	TOTAL TIME [DAYS]	VOYAGE TIME [DAYS]	ICFBR. ASSIST [DAYS]	WITHOUT ICEBR. [DAYS]	OPEN WATER [DAYS]	WAITING FOR IB. [DAYS]	TOTAL EXPENC. [MK]	TRANSP CARGO [TON]	EXPENC / TON [MK/TON]
SHIP ALONE	11.2	9.61	6.48		4.53	1.95		1597242	46835	34.10
ICEBR +1 SHIPS	13.0	8.72	5.60	0.83	2.81	1.95		1597780	51599	30.97
ICEBR +2 SHIPS	13.1	9.16	5.53	1.67	1.92	1.95	0.50	1561200	49143	31.77
ICEBR +3 SHIPS	12.9	9.74	5.61	2.50	1.16	1.95	1.00	1528892	46215	33.08
ICEBR +4 SHIPS	12.1	10.60	5.97	3.33	0.69	1.95	1.50	1502655	42457	35.39
ICEBR +5 SHIPS	11.1	11.67	6.54	4.17	0.42	1.95	2.00	1482320	38576	38.43
ICEBR +6 SHIPS	9.0	13.02	7.40	5.00	0.45	1.95	2.50	1468212	34558	42.49

FIG. 13 COMPUTER PRINTOUT  
 Ps = 11500 SHP  
 ICEBREAKER ASSISTANCE = 20 H / SHIP / ROUND TRIP

OY KÄRTSILÄ AB HELSINGIN TELAKKA

WINTERNAVIGATION PROGRAM

7500 TDW RD-RO ON THE ROUTE KEHT-LYRECK SERIES Z/HP/MACHINE POWER VARIATIONS ICE PROFILES:JUURMAA

SIDE 10

DATE 19740319

COSTS FOR A ROUND-TRIP

	FUEL-OIL COSTS	CARGO COSTS	HARBOR COSTS	CREW COSTS	REPAIR COSTS	OFFICE EXPENCES	TOWING COSTS	CAPITAL COSTS	MISCELL. EXPENCES
SHIP ALONE	143679	69000	1950	24021	12411	801		259696	
ICEBR +1 SHIPS	124019	69000	1950	21803	11265	727		235718	
ICEBR +2 SHIPS	122596	69000	1950	22892	11828	763		247497	
ICEBR +3 SHIPS	124372	69000	1950	24343	12577	811		263177	
ICEBR +4 SHIPS	132390	69000	1950	26497	13690	883		286470	
ICEBR +5 SHIPS	146941	69000	1950	29163	15068	972		315291	
ICEBR +6 SHIPS	163921	69000	1950	32554	16820	1085		351954	

FIG. 14 COMPUTER PRINTOUT

WINTERNAVIGATION PROGRAM  
 OY WÄRTSILÄ AB HELSINGIN TELAKKA  
 7500 TDW RO-RO ON THE ROUTE KEMJ-LYBECK SERIES 2/HP/MACHINE POWER VARIATIONS ICE PROFILES: JUURMAA

SIDE 15  
 DATE 19740319

ECONOMIC MEASURES OF MERIT

	TOTAL EXPENC	TRANSP CARGO	EXPENC / TON	AMOUNT OF SHIPS
OPEN WATER	1599322	65242	24.5	
DECEMBER	1599239	64953	24.6	1
JANUARY	1598264	61189	26.1	1
FEBRUARY	1597601	50010	31.9	1
MARCH	1597700	51599	31.0	1
APRIL	1598044	61012	26.2	1
MAY	1599305	65088	24.6	

TOTAL EXPENCES / TRANSPORTED CARGO WITHIN A YEAR      26.0

**WARTSILA**  
 HELSINGIN TELAKKA  
 HELSINGFORSVARVET

RO - RO SHIPS  
 PRICES

No DIAGR. 4

Sivu  
 Sid.

Sis  
 Inneh.

Sivut  
 s.dor

Paiv. Dat.

Nimim.—Sign.

Tark.—Gransk.

Osasto—A.c.

FIG. 16 a

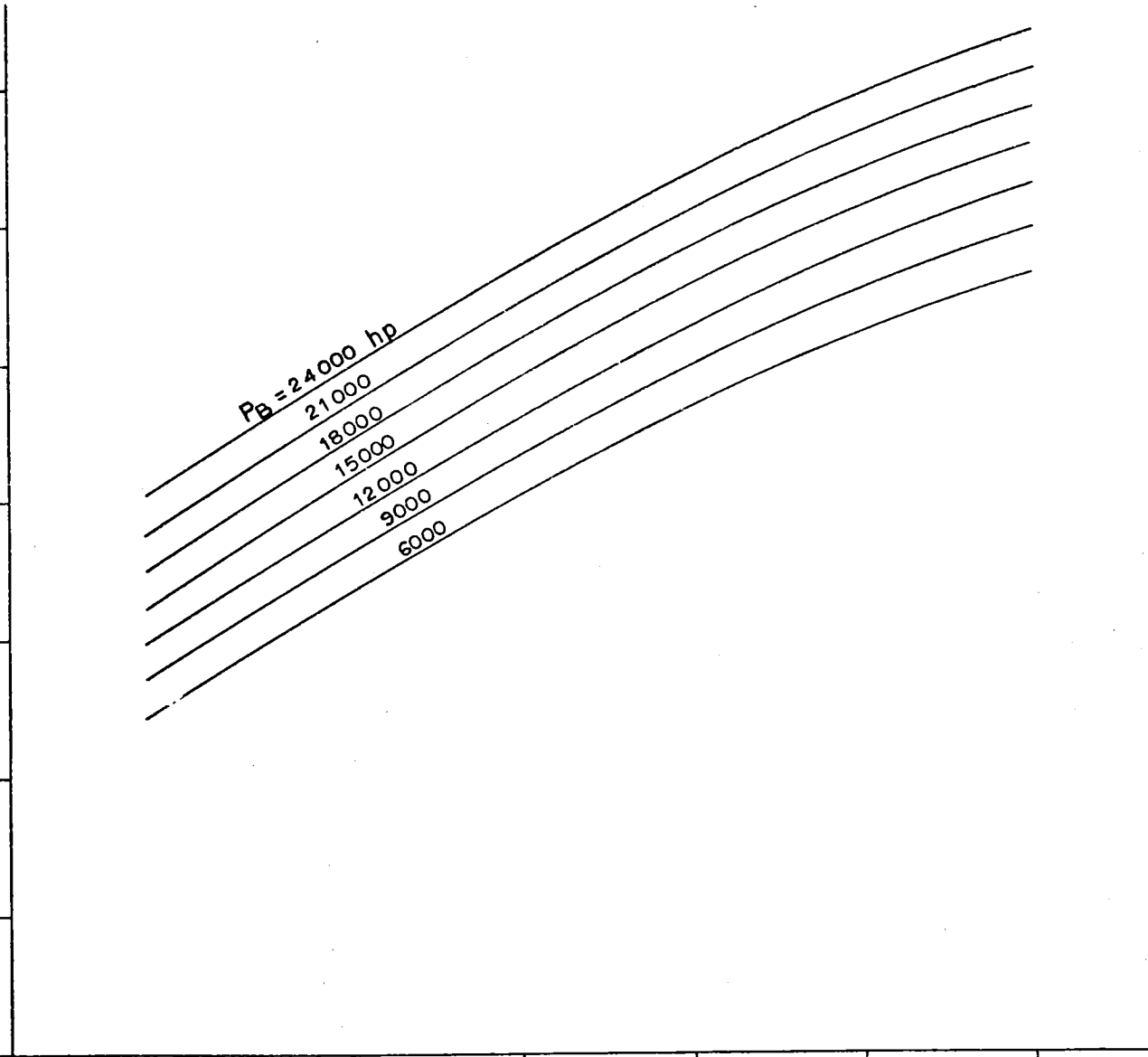
[mill  
 mk]

70  
 60  
 50  
 40  
 30  
 20  
 10

2500 5000 7500 10000 12000 15000

CARGO CAPACITY [tons]

$P_B = 24000$  hp  
 21000  
 18000  
 15000  
 12000  
 9000  
 6000

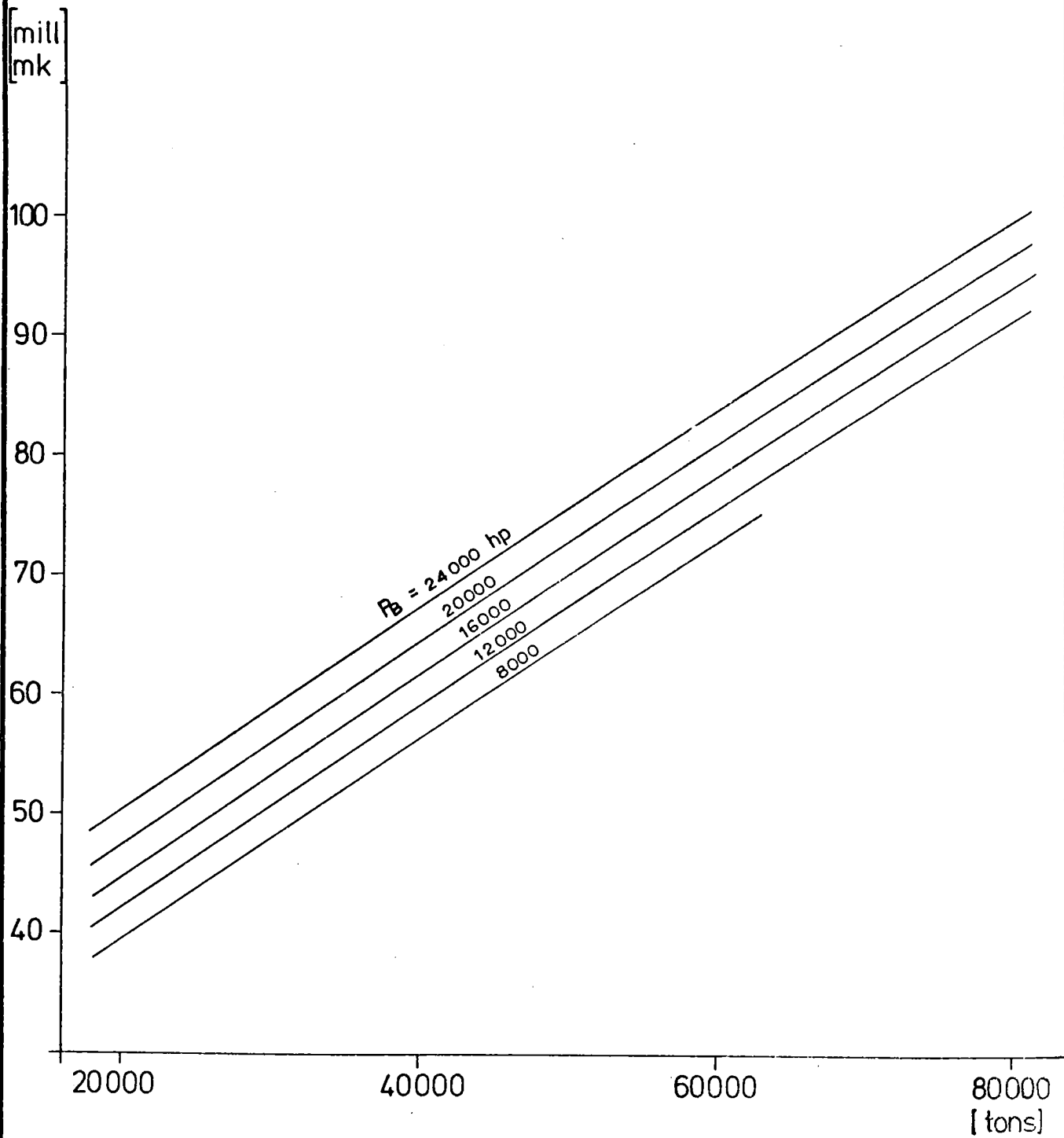


**WARTSILA**  
HELSINGIN TELAKKA  
HELSINGFORSVARVET

# BULK CARRIERS PRICES

No DIAGR. 3		Sivu Sid.
Sis. Inneh.	Sivua sidor	Päiv. Dat.
Nimim.-Sign.	Tark.-Gransk.	Osasto-A.

FIG. 16 b



### 3.2. Important assumptions

The following assumptions which are of importance to the economic analysis of winter navigation have been made:

– *Ice conditions.* These have been taken directly from /6/, but assume that the ships penetrate 10 % of the ice ridges and circumnavigate the rest which lengthens the voyage by 5.4 times the distance through the avoided ridges.

The influence of wind has not been considered, which for the individual journey naturally is a grave omission, but lacking meaningful data, it was assumed that what you lose when the wind is unfavourable you gain when the wind is favourable. This is a rough estimation and needs much more study.

In general it is thought that the ice conditions are taken as somewhat too difficult as it is well known that old channels sometimes may be found even in the moving sea ice. This leads to somewhat pessimistic additional costs due to slow-down in ice.

– *Icebreaker assistance.* The icebreaker assistance has been treated in such a way that half the available time has been used to assist the ship or ships out of the harbour and thus the travelled distance with icebreaker assistance has been calculated. For a convoy of one ship it has been assumed that there is no additional waiting time for the ship, but for larger convoys an additional waiting time of 12 hours for each additional ship has been assumed. For weak ships with inferior icegoing capability this is too optimistic as they might have to wait for icebreaker assistance on the inbound leg of the voyage even if they are moving in convoys consisting only of one ship and the icebreaker. In this study the icebreakers have been assumed to be of the Urho-Atle class of 22000 shp of which four will be delivered during the years 1974 – 1976.

### 3.3. Results

Using the computer program presented in /7/ and the data listed in section 3.1. systematic variations were run and the results are shown below.

#### *Ship size* (figs. 17 a and 17 b)

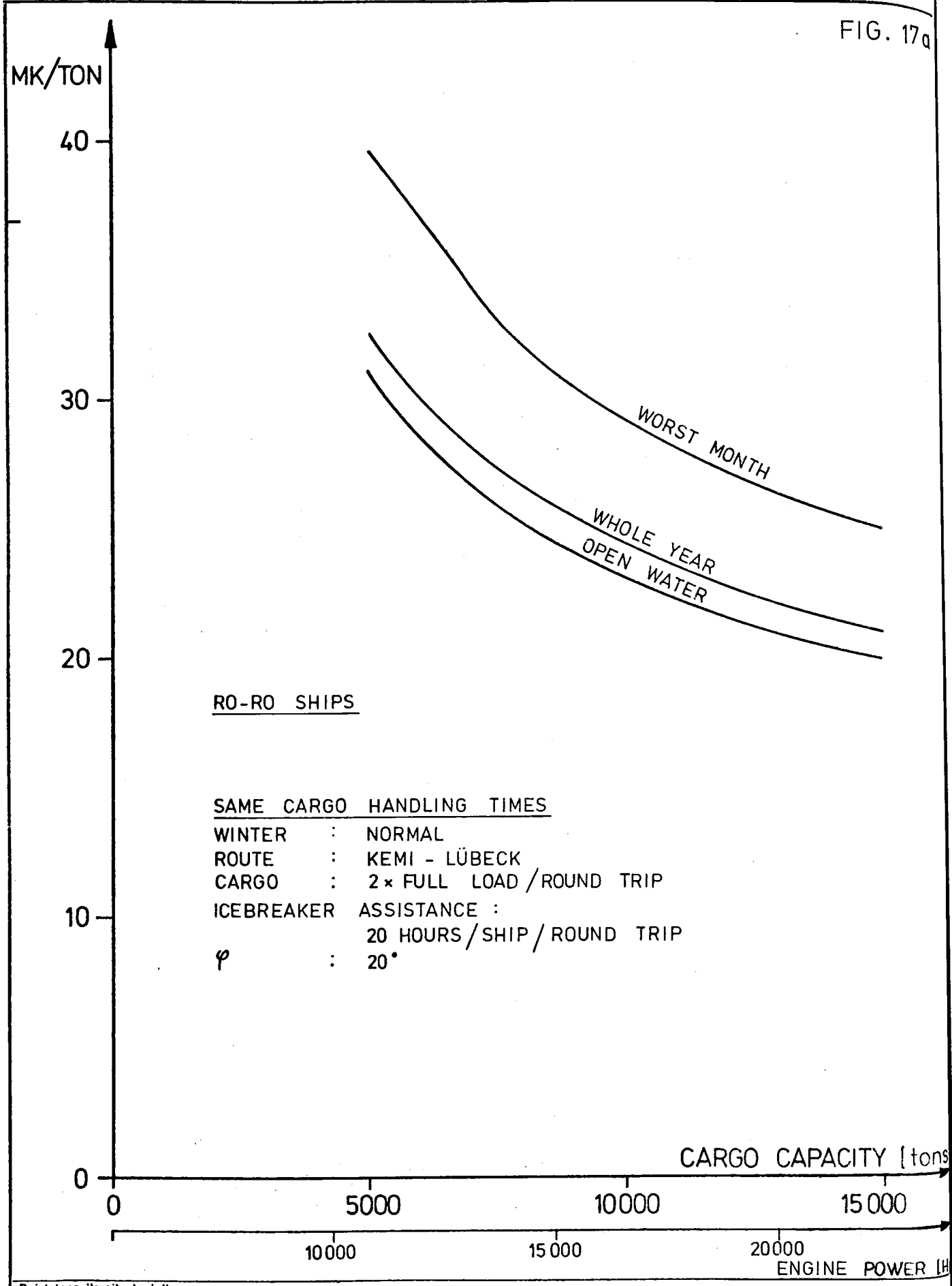
From a shipowner's point of view the larger ships are more favourable both in open water and in ice. The only exception is the bulk carrier during the worst month when the 60000 tons ship is more favourable than the 80000 tons ship, due to the fact that the ice class I A super demands the same engine power of both ships, and as the larger ship has a larger ice resistance she will naturally move slower in ice.

To the ro-ro ships the increase in transportation cost due to ice is between 1.1 and 1.6 mk/ton (5.1 to 5.5 %) during the whole year and between 5.2 and 8.6 mk/ton (25.9 and 27.4 %) during the worst month. The corresponding values to the bulk carriers are 1.3 to 2.3 mk/ton (10.1 to 16.1 %) during the whole year and 6.9 to 12.3 mk/ton (53 to 86 %) during the worst month.

#### *Cargo permeability* (Figs. 18 and 19)

As may be seen from these figures the influence of the cargo permeability is much more important to the transportation cost than that of the ice encountered. As the ships are not generally filled up (see e.g. /3/) this fact should at least theoretically tend to decrease the additional cost of winter navigation, because if the turn around time is slower during winter months the amount of gathered cargo in the harbour should also be larger.

FIG. 17a



RO-RO SHIPS

SAME CARGO HANDLING TIMES

- WINTER : NORMAL
- ROUTE : KEMI - LÜBECK
- CARGO : 2 x FULL LOAD / ROUND TRIP
- ICEBREAKER ASSISTANCE :
- 20 HOURS / SHIP / ROUND TRIP
- $\varphi$  : 20°

WHT 120 05 73

Poistetaan ilmoitustaululta  
Voimassaoloaika

BULK CARRIERS

FIG. 17 b

SAME CARGO HANDLING TIMES

WINTER : NORMAL

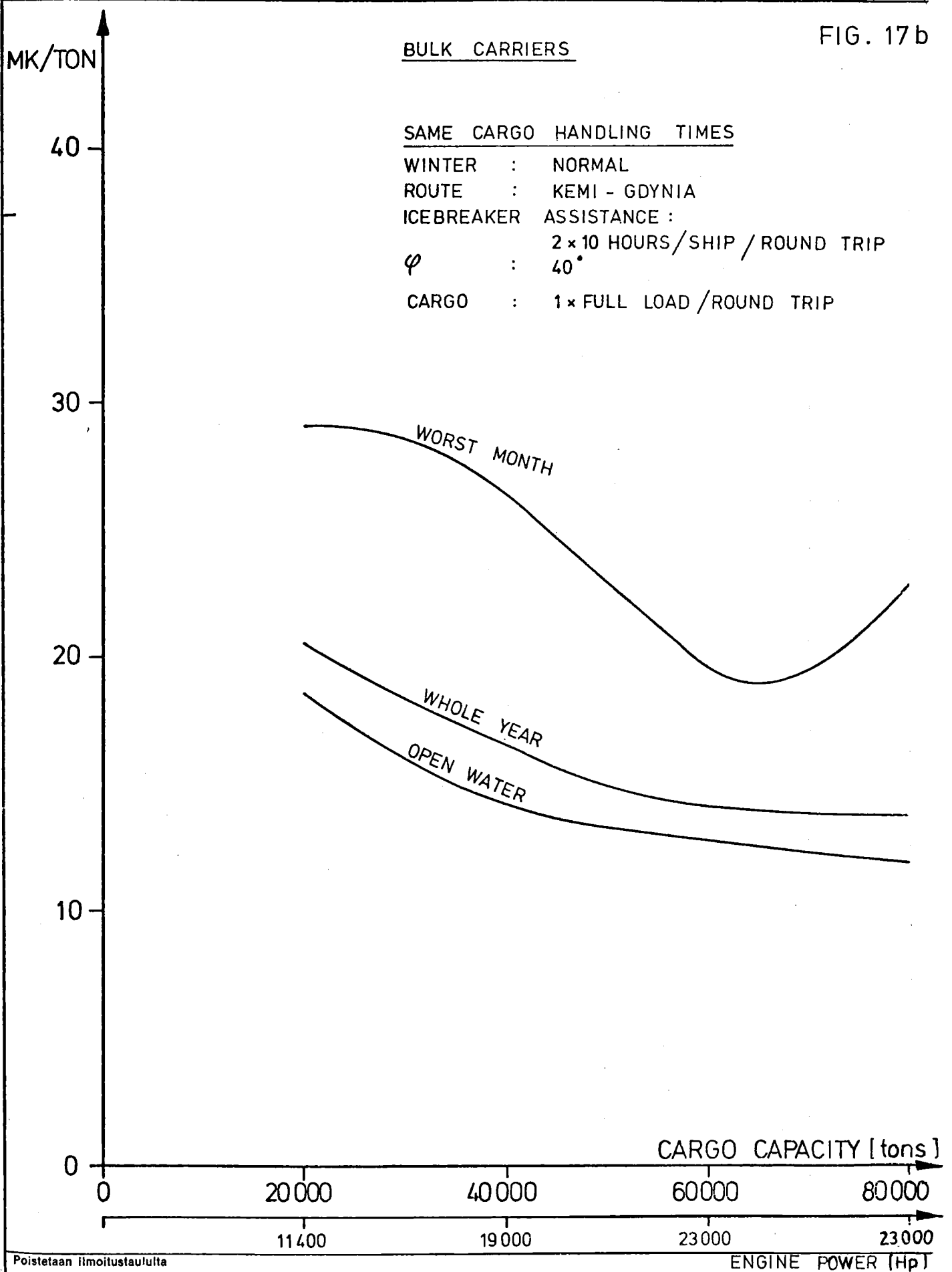
ROUTE : KEMI - GDYNIA

ICEBREAKER ASSISTANCE :

2 x 10 HOURS / SHIP / ROUND TRIP

$\varphi$  : 40°

CARGO : 1 x FULL LOAD / ROUND TRIP



Poistetaan ilmoitustaululta

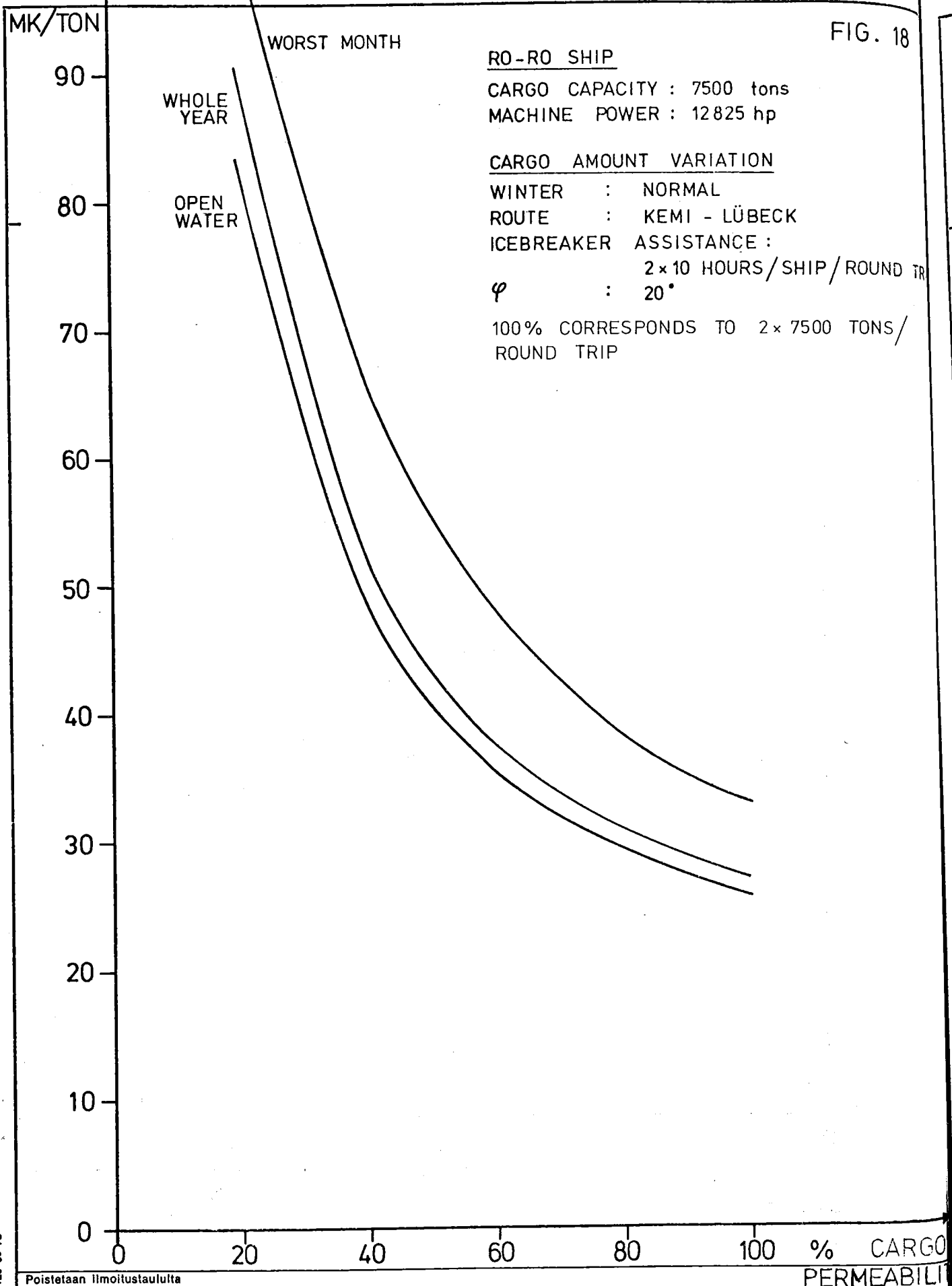
Poistetaan ilmoitustaululta

Voimassaoloaika

ENGINE POWER [Hp]



FIG. 18



WHT 120 05 73

Poistetaan ilmoitustaululta

Volmassaoloaika

% CARGO PERMEABILITY

FIG. 19

BULK CARRIER

CARGO CAPACITY: 40 000 TONS

MACHINE POWER: 17 100 hp

CARGO AMOUNT VARIATION

WINTER : NORMAL

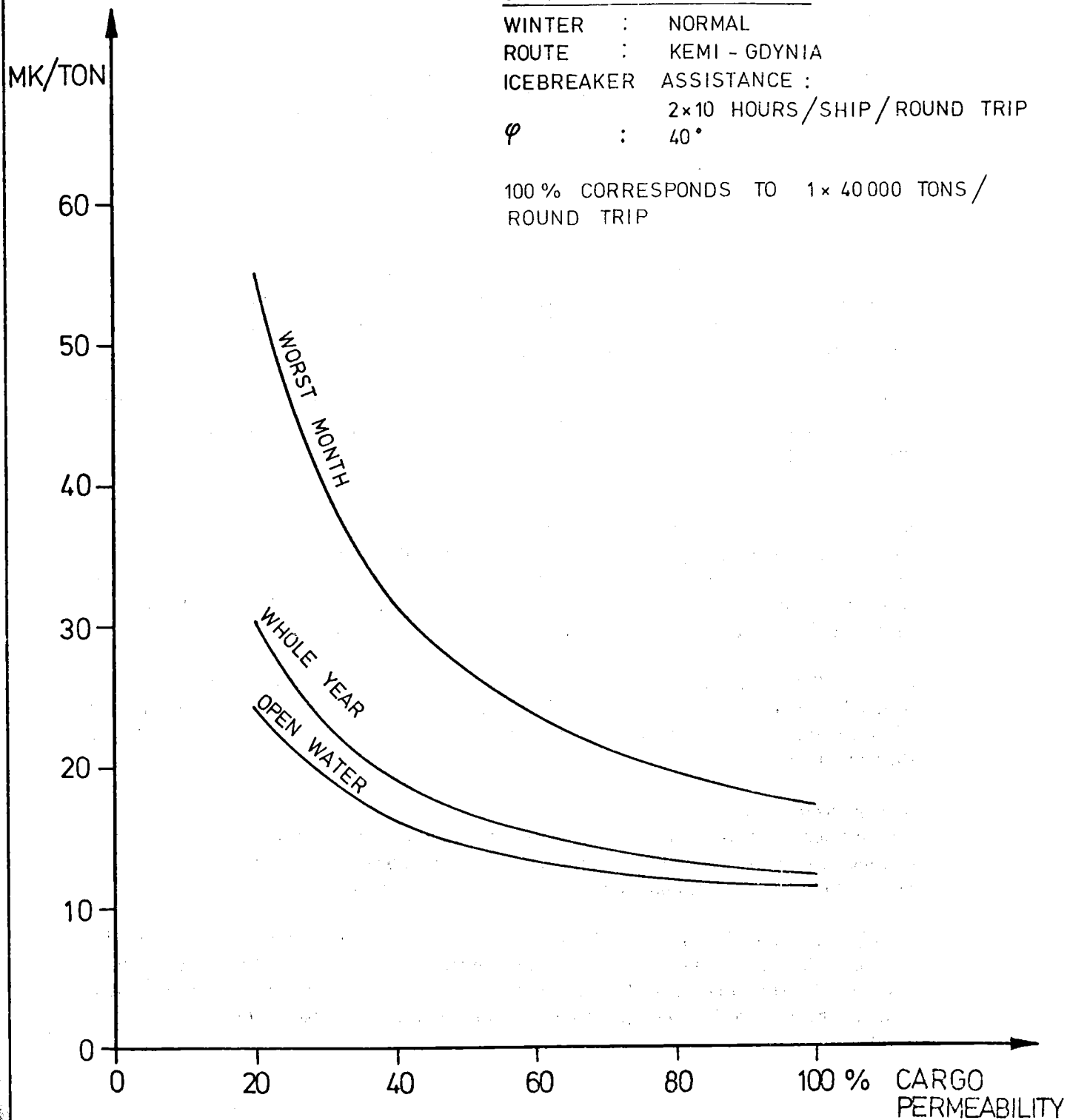
ROUTE : KEMI - GDYNIA

ICEBREAKER ASSISTANCE :

2x10 HOURS/SHIP/ROUND TRIP

$\varphi$  : 40°

100 % CORRESPONDS TO 1 x 40 000 TONS /  
ROUND TRIP



WFT 120 G 7

#### *Engine power* (Figs. 20, 21, 22 and 23)

The ice class I A super requires an engine power of about 6000 shp for the 7500 tons ro-ro ship and about 19000 shp for the 40000 tons bulk carrier if they are fitted with controllable pitch propellers. According to Fig. 20 the optimum for the 7500 tons ro-ro ship during the worst month is about 10000 shp and during the whole year under 5000 shp. For a cheaper fuel oil of 130 mk/ton the corresponding values are about 12000 shp and about 8000 shp (fig. 21).

According to Fig. 22 the optimum for the 40000 tons bulk carrier during the worst month is above 23000 shp for both fuel oil prices and the optimum during the whole year is about 20000 shp for a fuel price of 500 mk/ton and about 23000 shp for a fuel price of 130 mk/ton.

It should be noted that the examples above are for ships with good icebreaking lines. For poorer lines the optimum horsepowers would be higher. The engine power variations in Figs. 20 to 23 are made with constant cargo handling times, which is uncorrect from the open water navigation point of view, where the additional investment into higher ship speed should be matched with an investment into cargo handling equipment to reduce the time spent in port.

#### *Hull form* (Figs. 24 and 25)

The influence of the hull form (here represented by the stem angle,  $\varphi$ ) on the transportation cost is considerable. The change from a bad icebreaking form to a good one reduces the extra cost due to ice for the ro-ro ship from 17.2 mk/ton to 6.9 mk/ton during the worst month and from 3.4 mk/ton to 1.4 mk/ton during the whole year.

For the bulk carrier, which relatively has a smaller engine power, the difference is larger, i.e. from 31.2 mk/ton to 7.4 mk/ton during the worst month and from 6.0 mk/ton to 1.4 mk/ton during the whole year.

#### *Icebreaker assistance* (Figs. 26, 27, 28 and 29)

On the relatively high powered ro-ro ship fitted with a special system (Fig. 26), the influence of the amount of icebreaker assistance on the transportation cost is small, which would lead to a mode of assistance in which the ship is moving most of the time on its own and the icebreaker would assist only during very bad ice conditions.

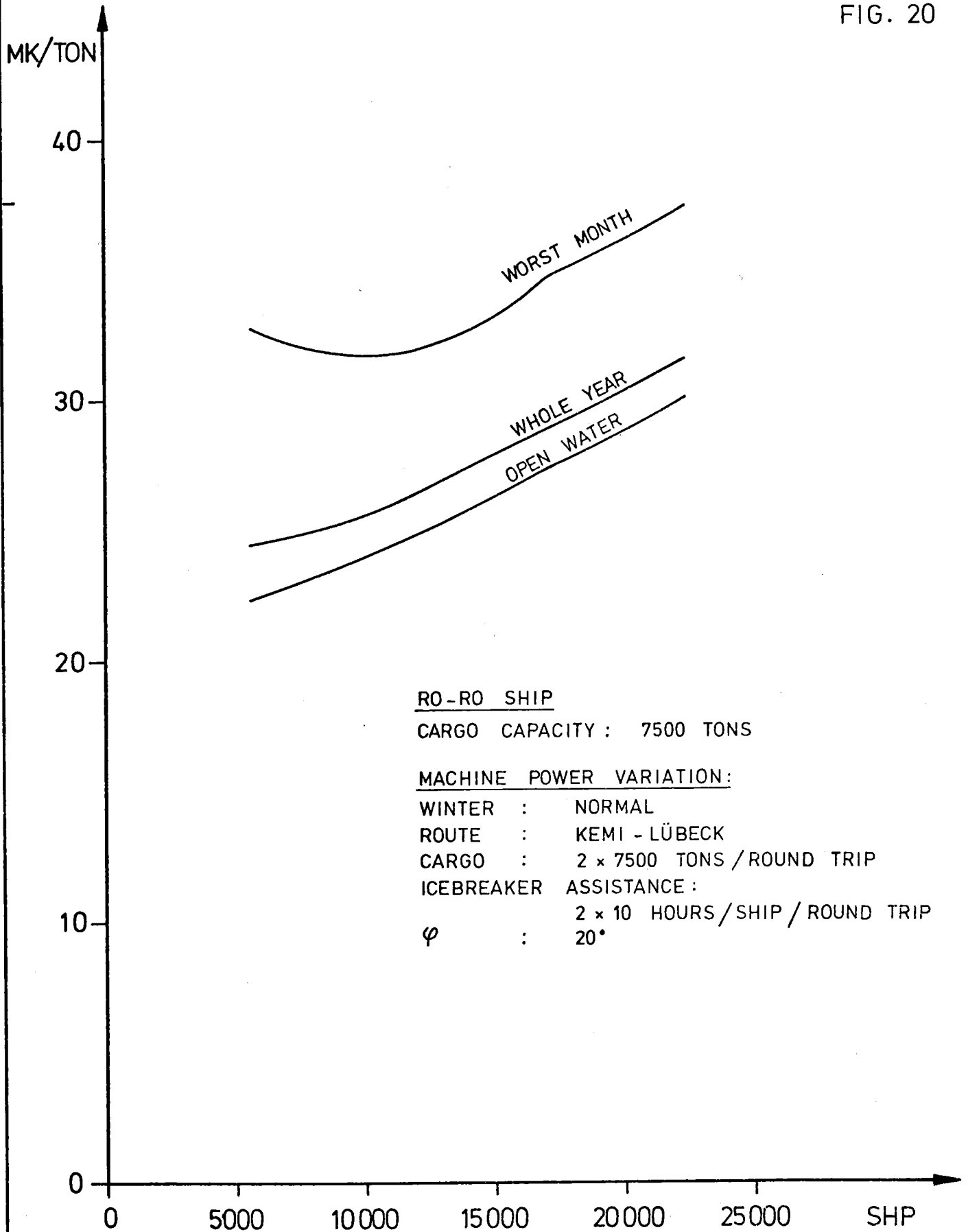
On the 40000 ton bulk carrier (Fig. 27) the influence is greater, and to ships with relatively smaller engine powers and fitted with no special systems to improve icegoing (Figs. 28 and 29), the amount of icebreaker assistance is very important especially during the worst month.

#### *Winter severity* (Figs. 30 and 31)

The influence of the severity of the winter on the transportation cost is naturally considerable as may be seen in Figs. 30 and 31. The normal winter will be close to the mean value of all winters and may thus be used as a base of economic analysis.

In Figs. 30 and 31 are also shown the influence of the special systems on the transportation cost. Although the cost in open water is greater than that of a ship without any special system due to the higher initial cost, the transportation cost during the whole year will be 2 to 15 % lower and during the worst month the transportation cost will be 3

FIG. 20



RO-RO SHIP

CARGO CAPACITY : 7500 TONS

MACHINE POWER VARIATION:

WINTER : NORMAL

ROUTE : KEMI - LÜBECK

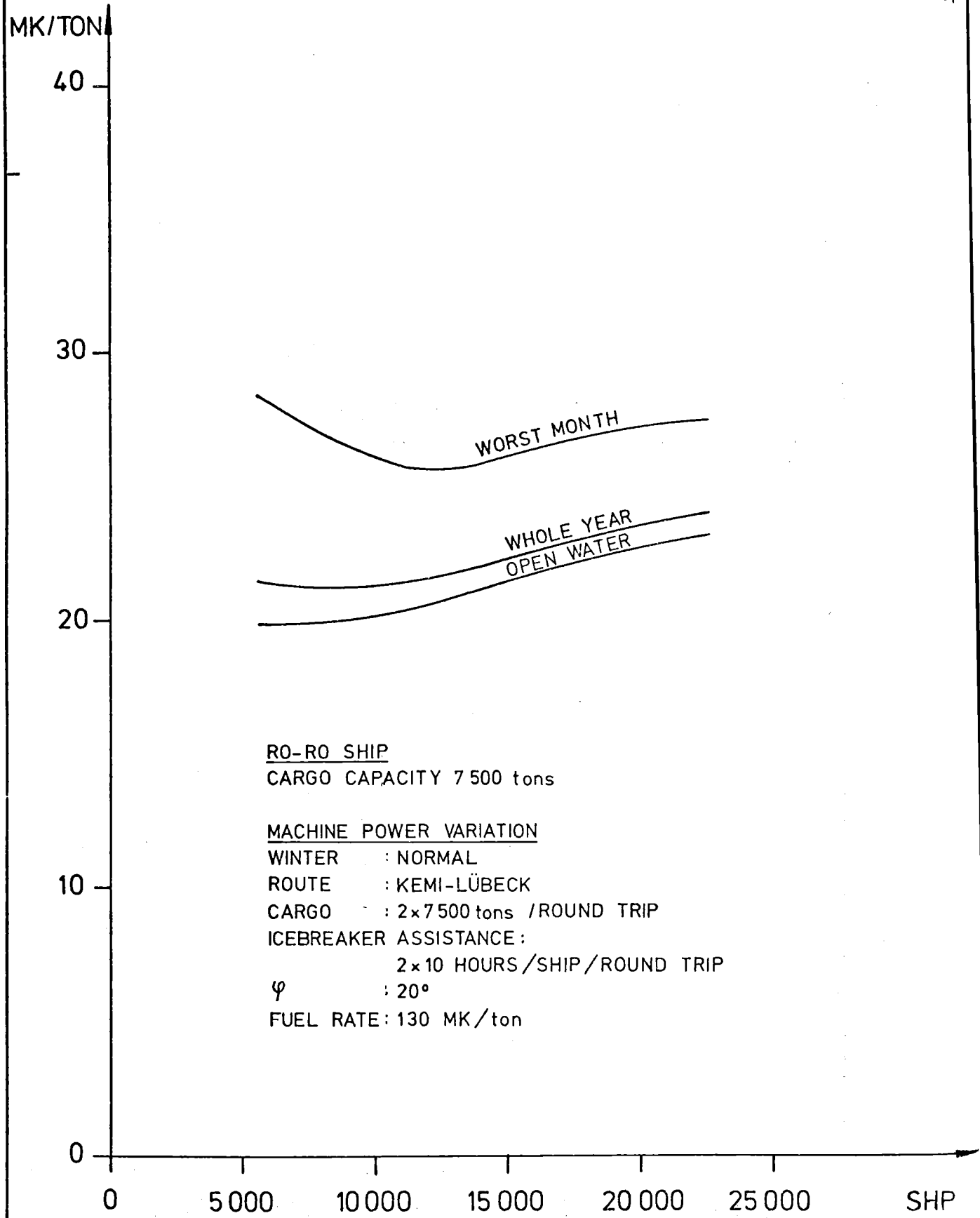
CARGO : 2 x 7500 TONS / ROUND TRIP

ICEBREAKER ASSISTANCE :

$\varphi$  : 2 x 10 HOURS / SHIP / ROUND TRIP

$\varphi$  : 20°

FIG. 21



WHT 120 05 73

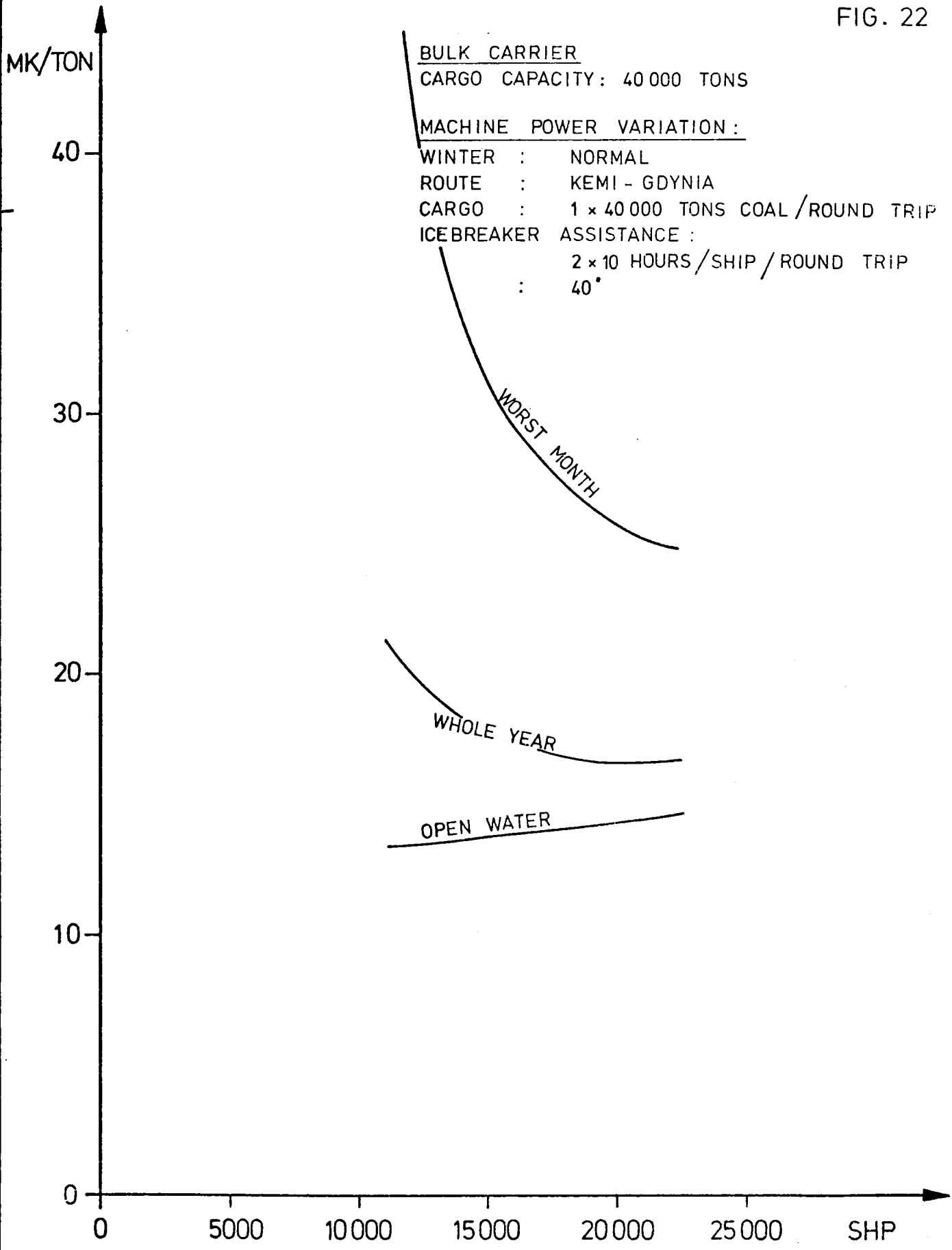
Poistetaan ilmoitustaululta  
 Voimassaoloaika

TN

FIG. 22

BULK CARRIER  
CARGO CAPACITY: 40 000 TONS

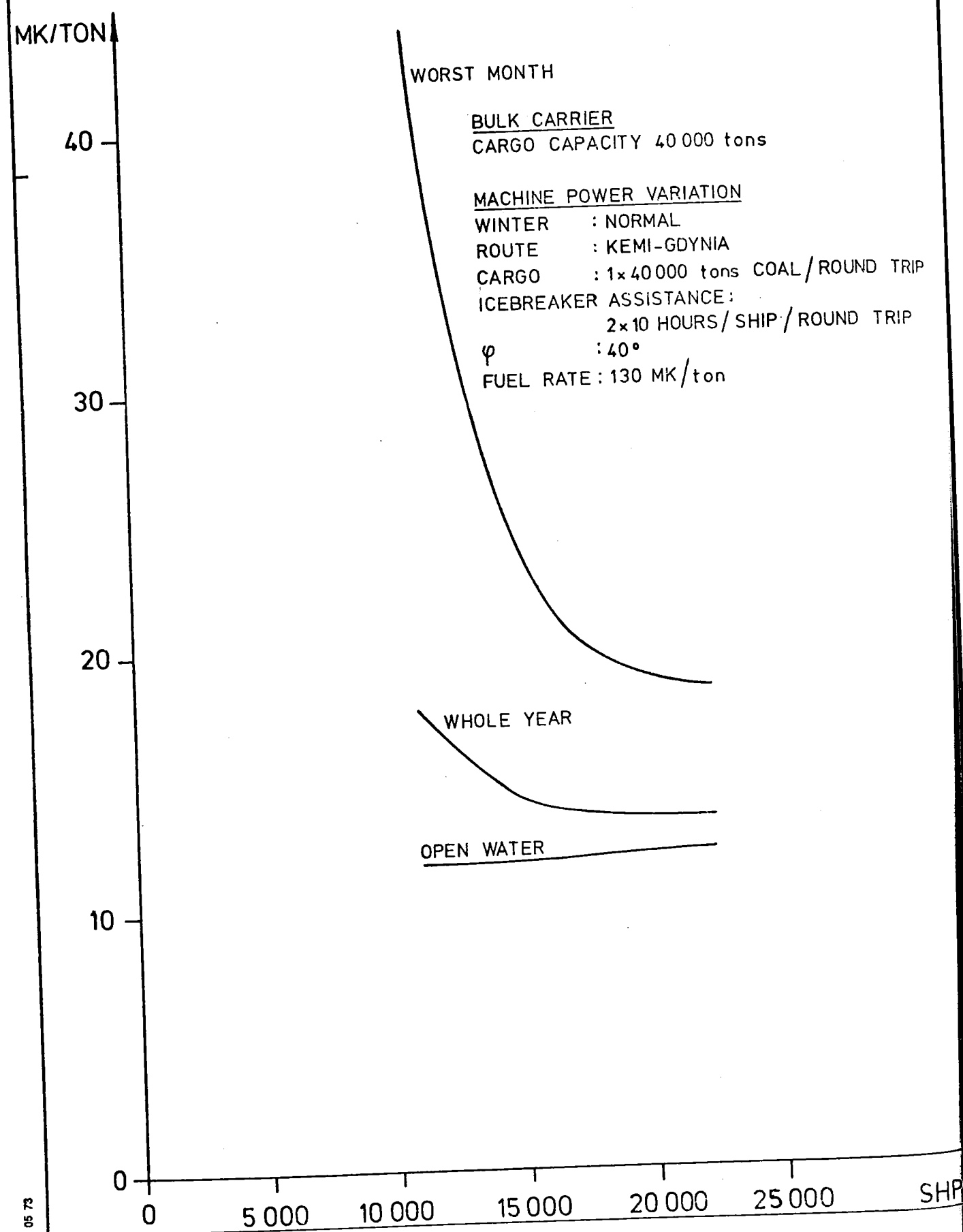
MACHINE POWER VARIATION:  
WINTER : NORMAL  
ROUTE : KEMI - GDYNIA  
CARGO : 1 x 40 000 TONS COAL / ROUND TRIP  
ICEBREAKER ASSISTANCE :  
2 x 10 HOURS / SHIP / ROUND TRIP  
: 40°



WHT 120 05 78

Poistetaan ilmoitustaululta  
Voimassaoloalka

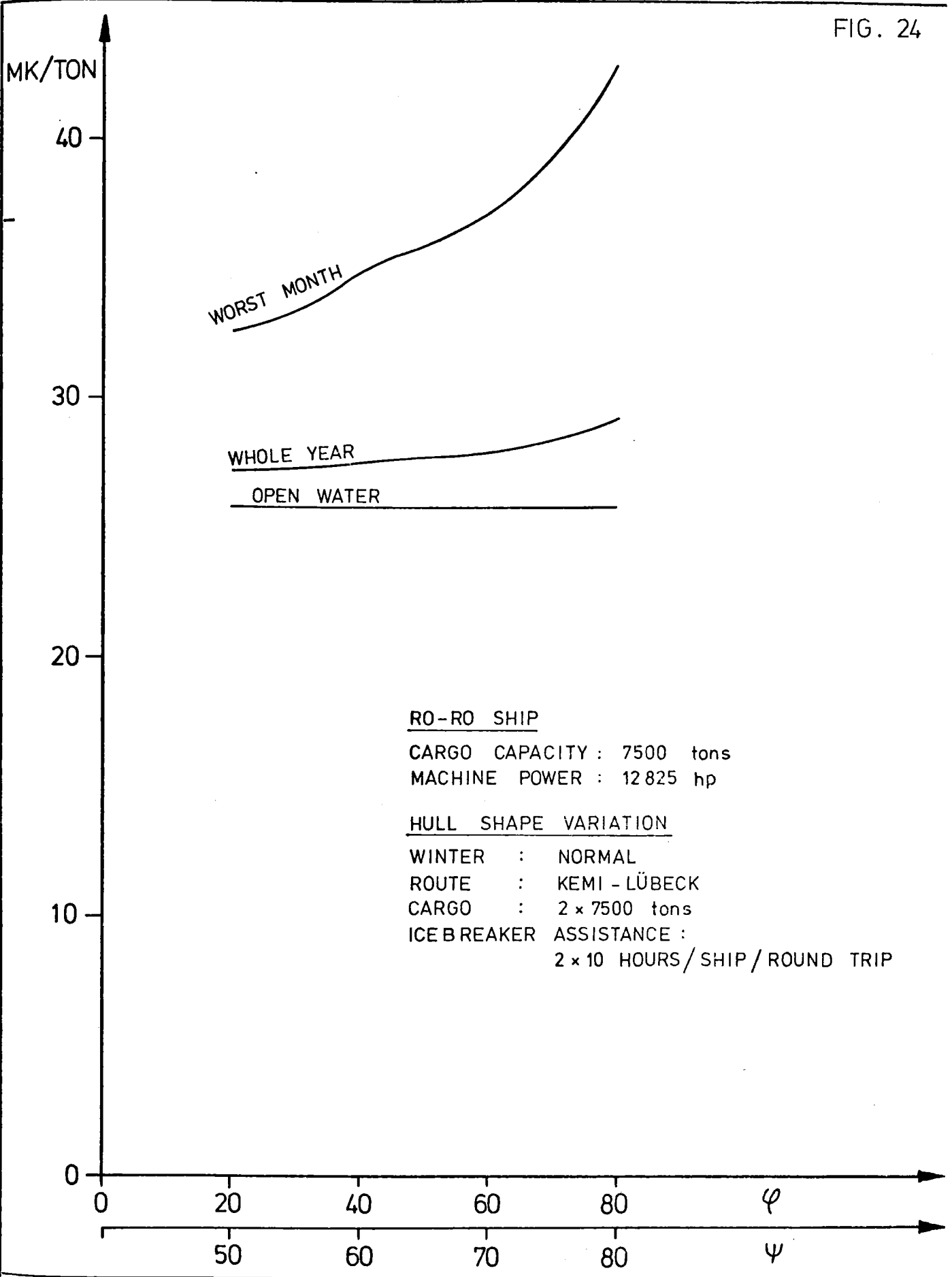
FIG. 23



WHT 120 05 73

Poistetaan ilmoitustaululta  
 Voimassaoloaika

FIG. 24



RO-RO SHIP

CARGO CAPACITY : 7500 tons

MACHINE POWER : 12825 hp

HULL SHAPE VARIATION

WINTER : NORMAL

ROUTE : KEMI - LÜBECK

CARGO : 2 x 7500 tons

ICE BREAKER ASSISTANCE :

2 x 10 HOURS / SHIP / ROUND TRIP

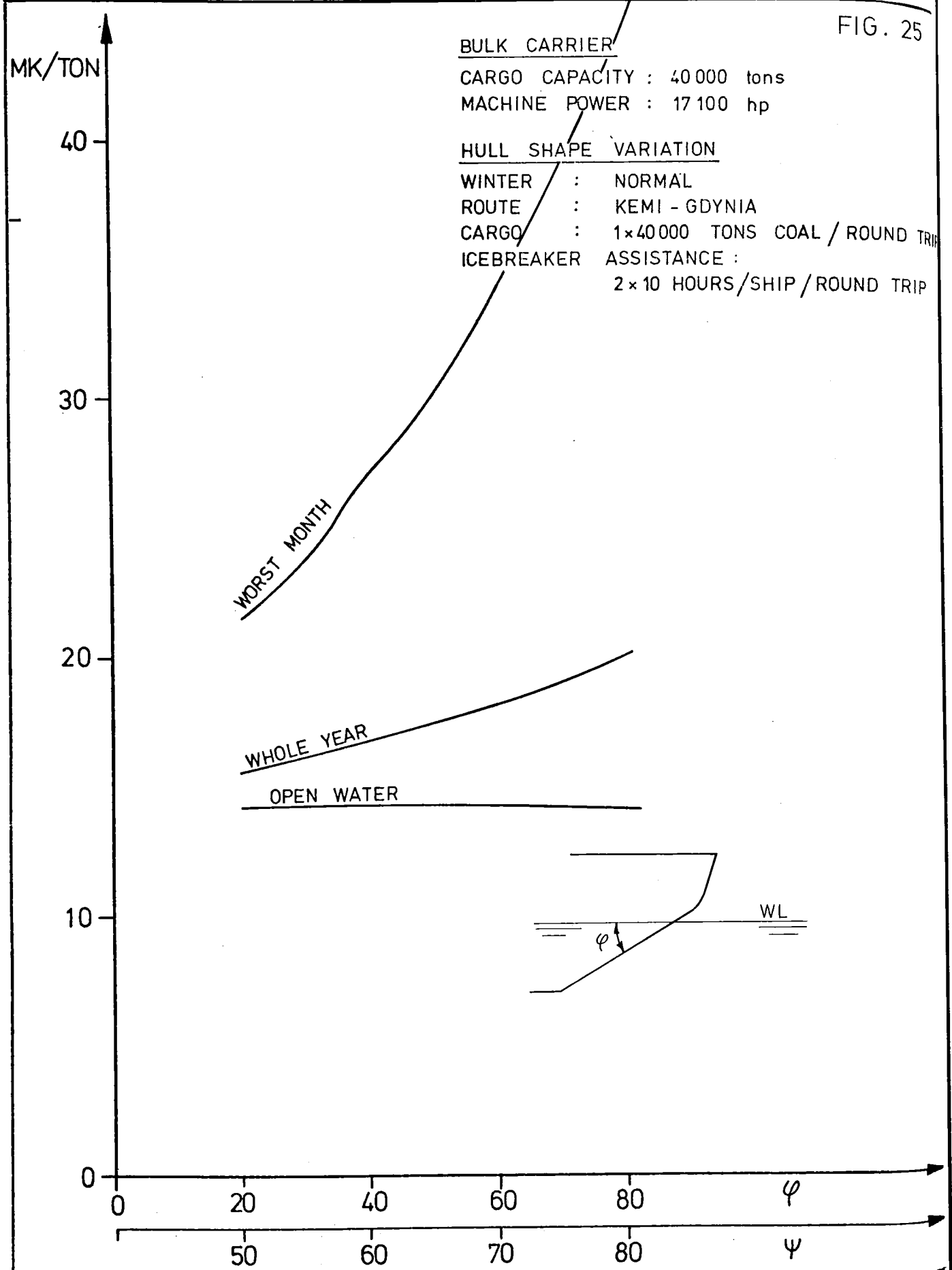
Poistetaan ilmoitustaululta

Voimassaoloaika

W157-420105 73



FIG. 25

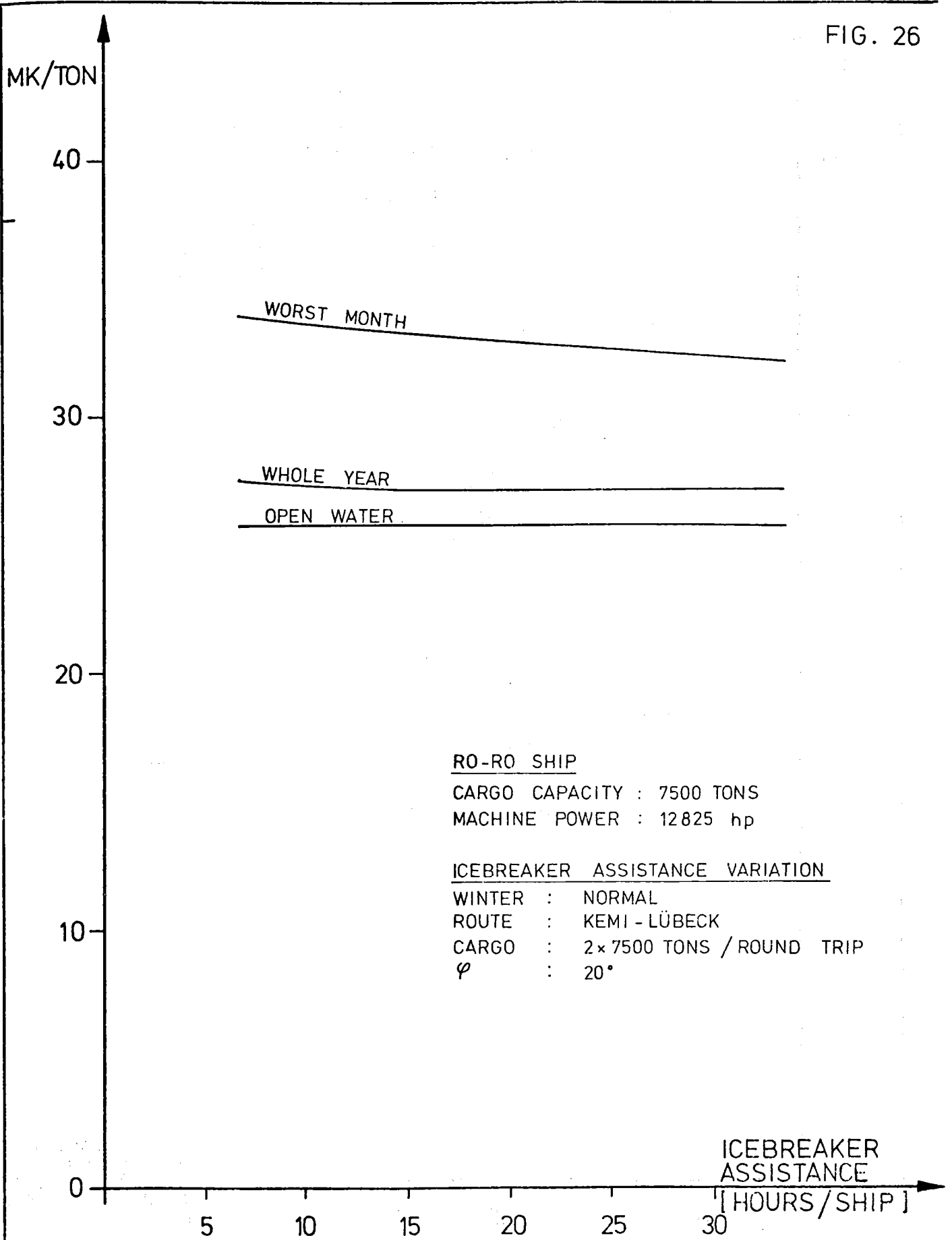


WHT 120 05 73

Poistetaan ilmoitustaululta

Voimassaoloaika

FIG. 26



RO-RO SHIP

CARGO CAPACITY : 7500 TONS

MACHINE POWER : 12825 hp

ICEBREAKER ASSISTANCE VARIATION

WINTER : NORMAL

ROUTE : KEMI - LÜBECK

CARGO : 2 x 7500 TONS / ROUND TRIP

$\varphi$  : 20°

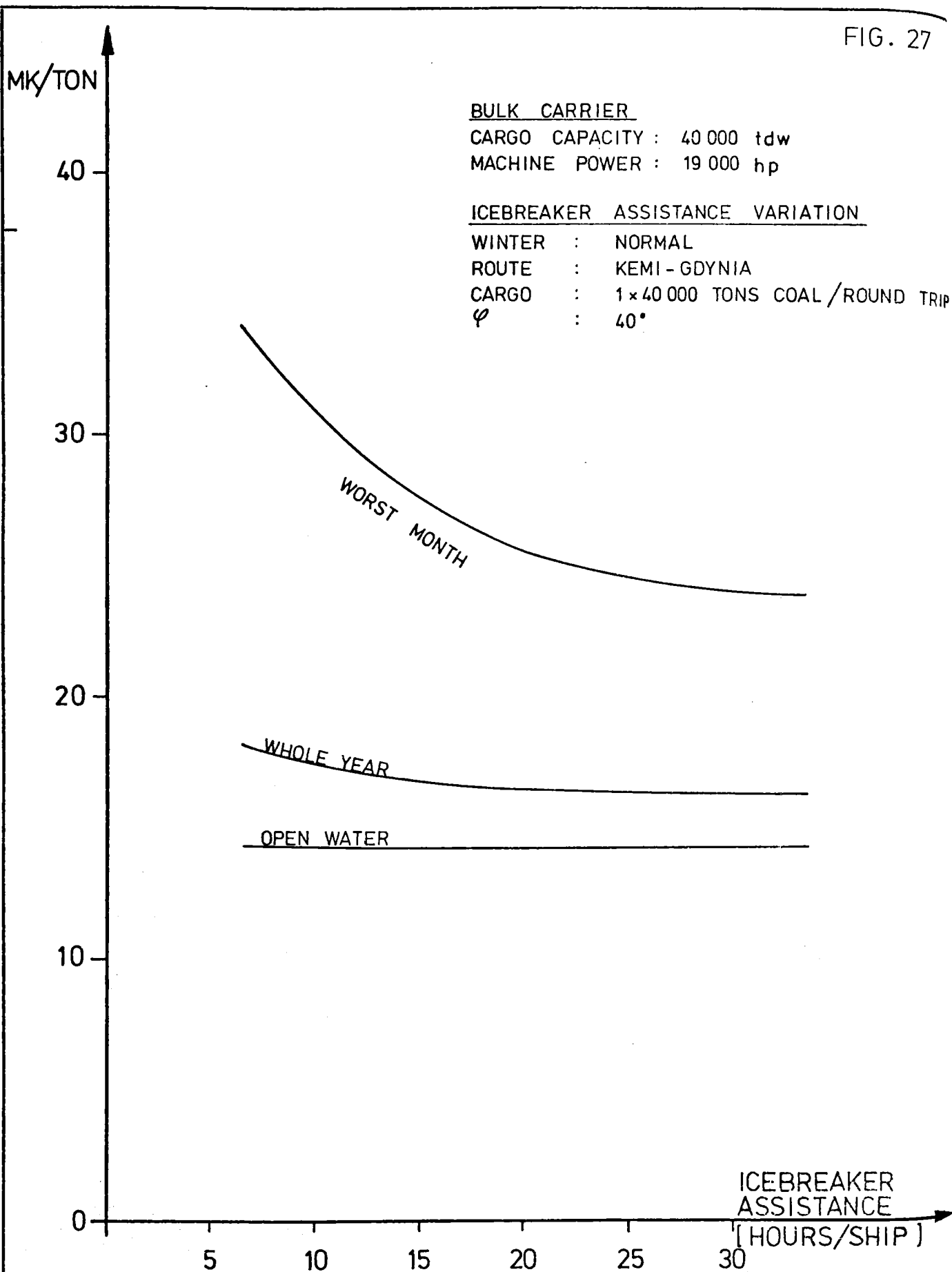
ICEBREAKER  
ASSISTANCE  
[HOURS/SHIP]

WHT 120 05 73

Poistetaan ilmoitustaululta

Volmassaoloka

FIG. 27



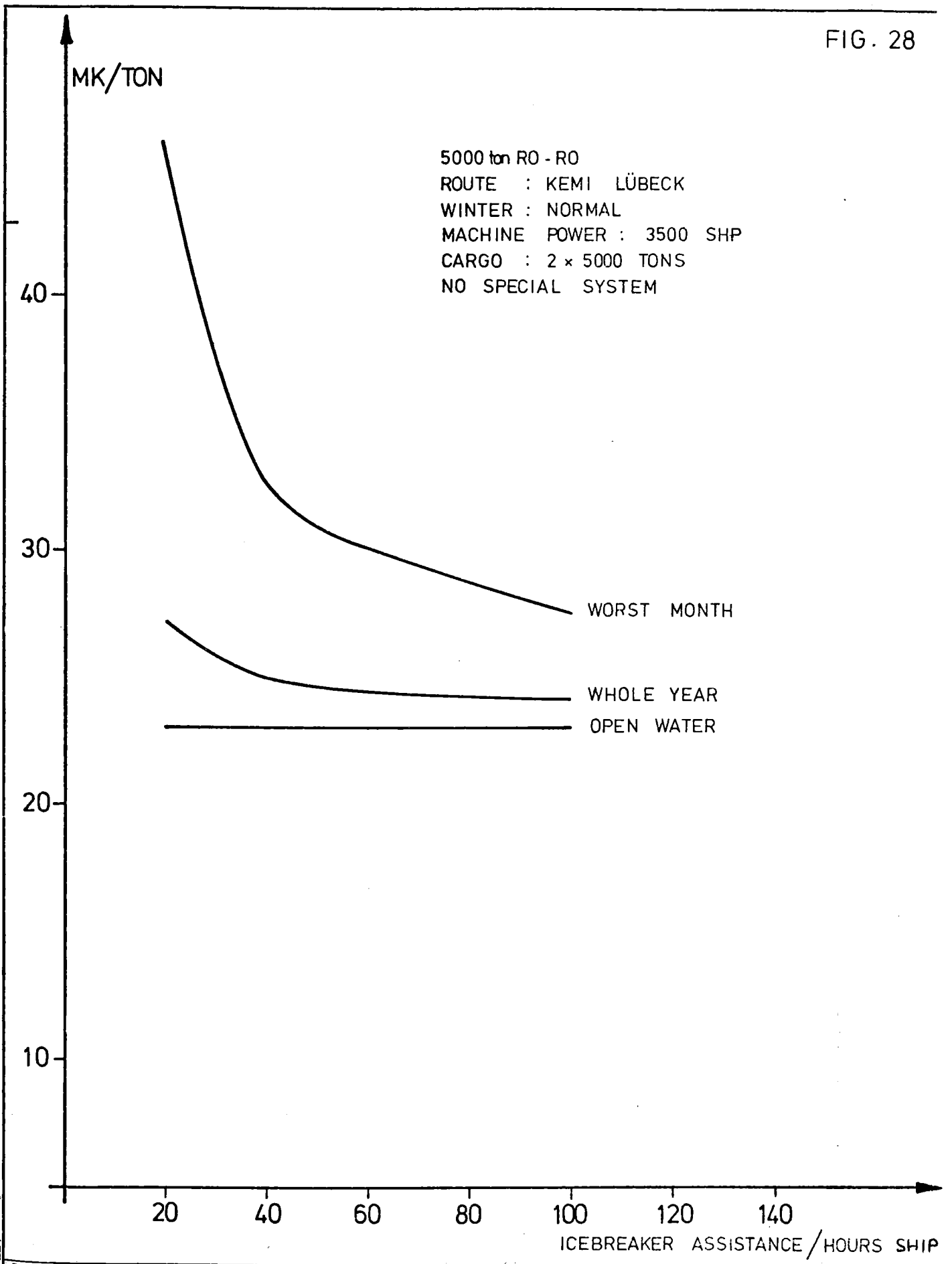
WHT 120 05 73

Poistetaan ilmoitustaululta

Voimassaoloaika

WHT 120 05 73

FIG. 28



5000 ton RO - RO  
ROUTE : KEMI LÜBECK  
WINTER : NORMAL  
MACHINE POWER : 3500 SHP  
CARGO : 2 x 5000 TONS  
NO SPECIAL SYSTEM

WORST MONTH

WHOLE YEAR

OPEN WATER

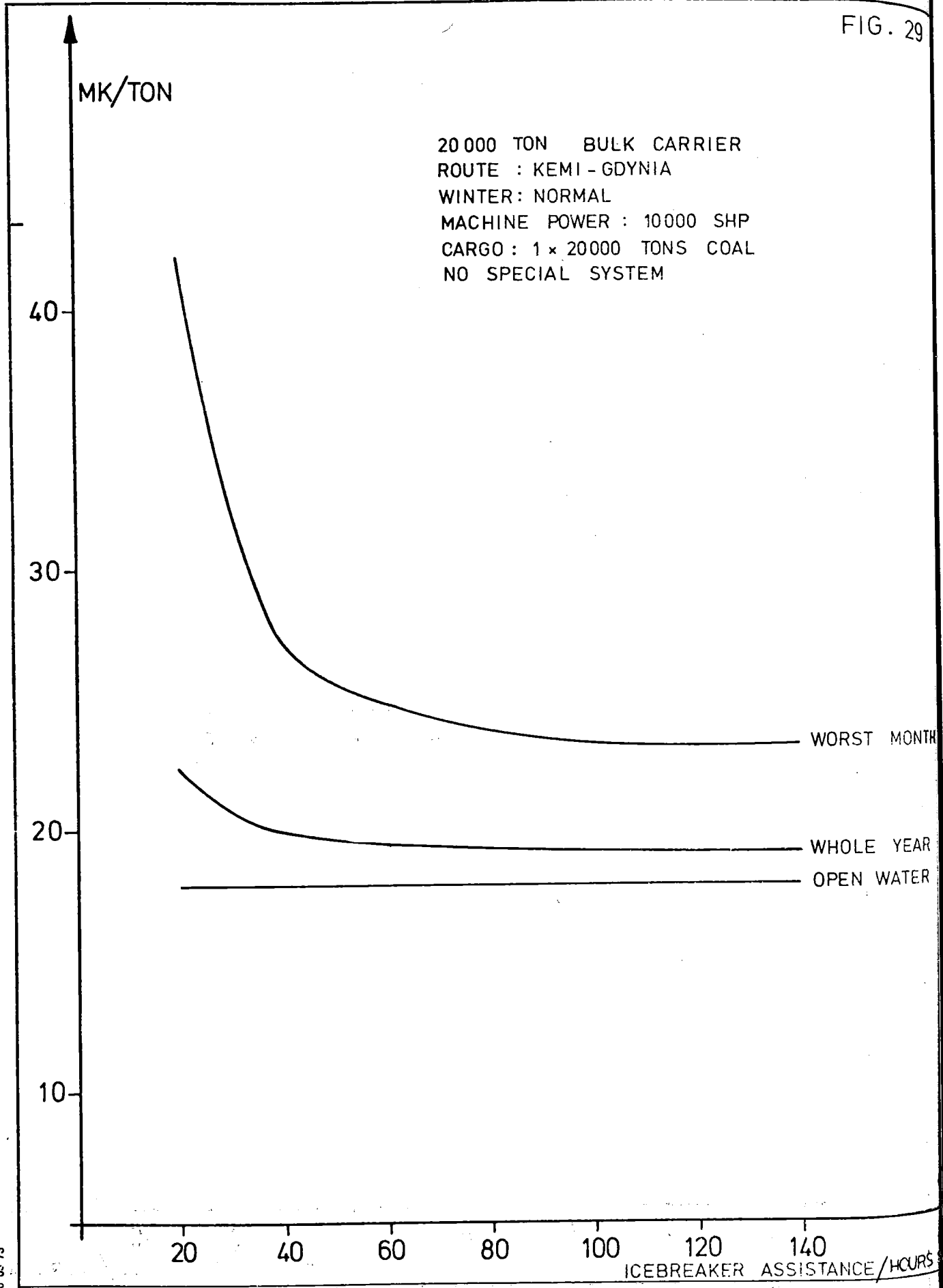
ICEBREAKER ASSISTANCE / HOURS SHIP

Poistetaan ilmoitustaululta

Volmassaoloalka

WAT 120 05 73

FIG. 29

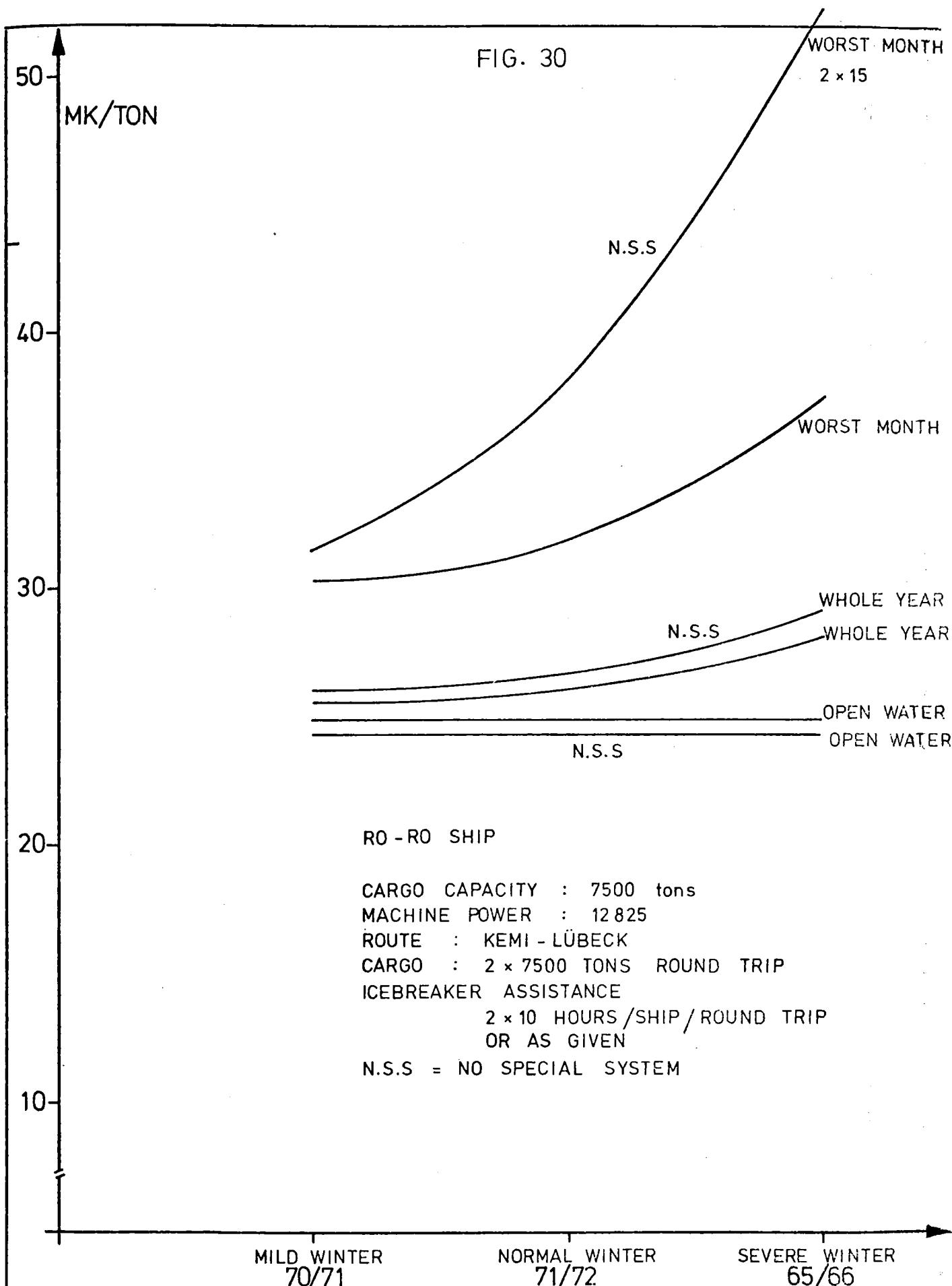


WHT 120 05 73

Poistetaan ilmoitustaululta

Voimassaoloaika

FIG. 30



RO - RO SHIP

CARGO CAPACITY : 7500 tons

MACHINE POWER : 12 825

ROUTE : KEMI - LÜBECK

CARGO : 2 x 7500 TONS ROUND TRIP

ICEBREAKER ASSISTANCE

2 x 10 HOURS / SHIP / ROUND TRIP

OR AS GIVEN

N.S.S = NO SPECIAL SYSTEM

MILD WINTER  
70/71

NORMAL WINTER  
71/72

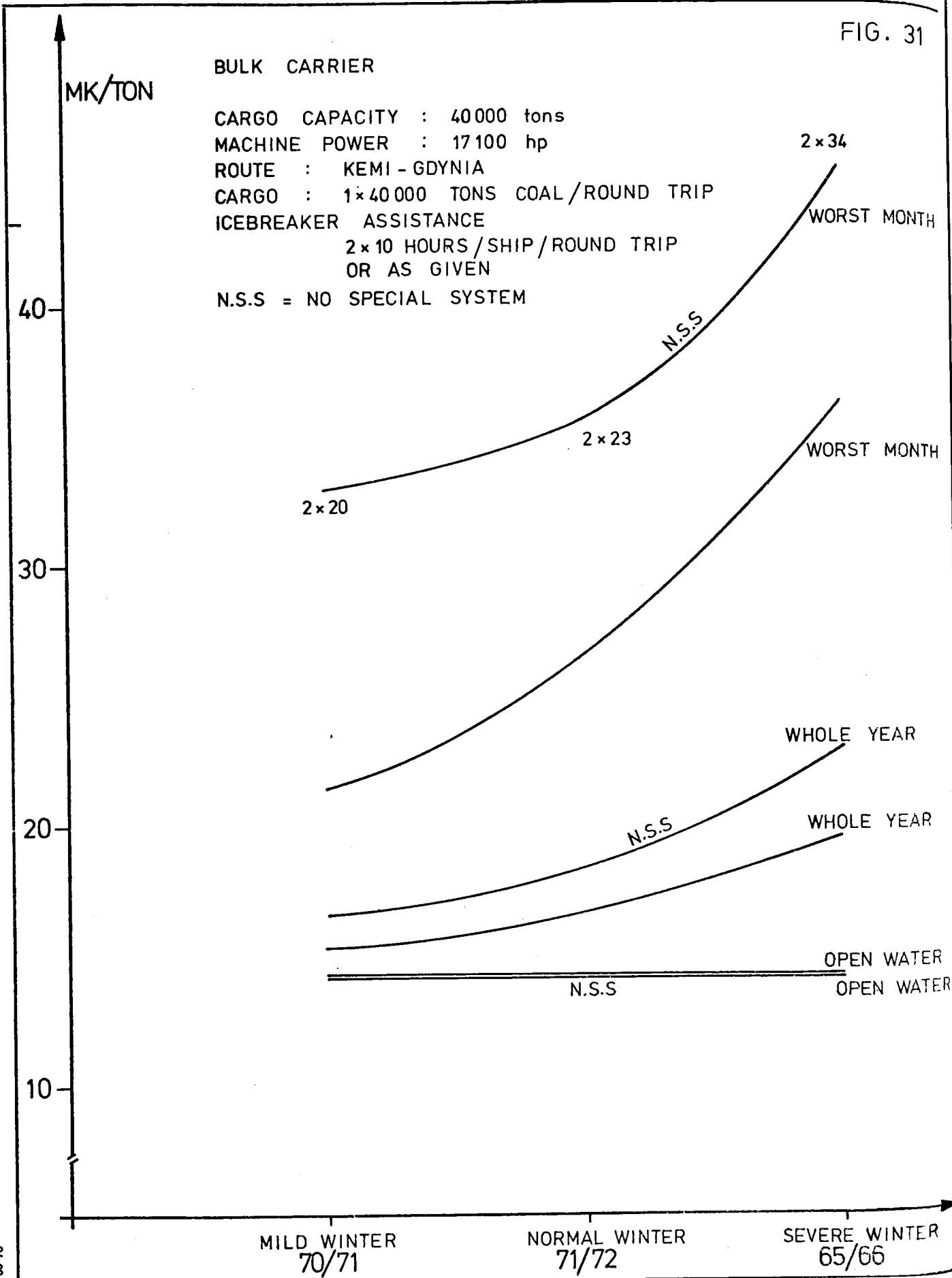
SEVERE WINTER  
65/66

Poistetaan ilmoitustaululta

Voimassaoloaika

WHT 120, 05 73

FIG. 31



WHT 120 05 73

Poistetaan ilmoitustaululta  
 Voimassaoloaika

to 30 % lower than that of a ship which is not fitted with a special system to improve its icegoing capability.

#### 4. DISCUSSION

Although the study above is based on data of which some are of a preliminary nature, the following conclusions do seem rather safe:

– For ships that are properly optimized to year round traffic in the northern part of the Gulf of Bothnia the higher transportation cost due to ice will be 5 – 10 % during the whole year and 25 – 50 % during the worst month.

– The ship size is very important both to the shipowner and to the efficiency of the icebreaker assistance. In Fig. 32 an estimate of the total cost of navigation of the northern part of the Gulf of Bothnia is shown. The cost to the shipowner is from Fig. 16 a and the icebreaker cost is taken as 6000 mk/hour of assistance. If we take 20 hours of icebreaker assistance per roundtrip and ship as normal we get the following table:

average cargo per roundtrip (tons)	total cost (mk/ton)
3000	80
10000	37
20000	26

This is a most important result and it should not be forgotten when the navigation to the northern part of the Gulf of Bothnia is planned. It is most urgent that the size of cargo should increase and even a reduction in the number of ports should be considered to gain this goal.

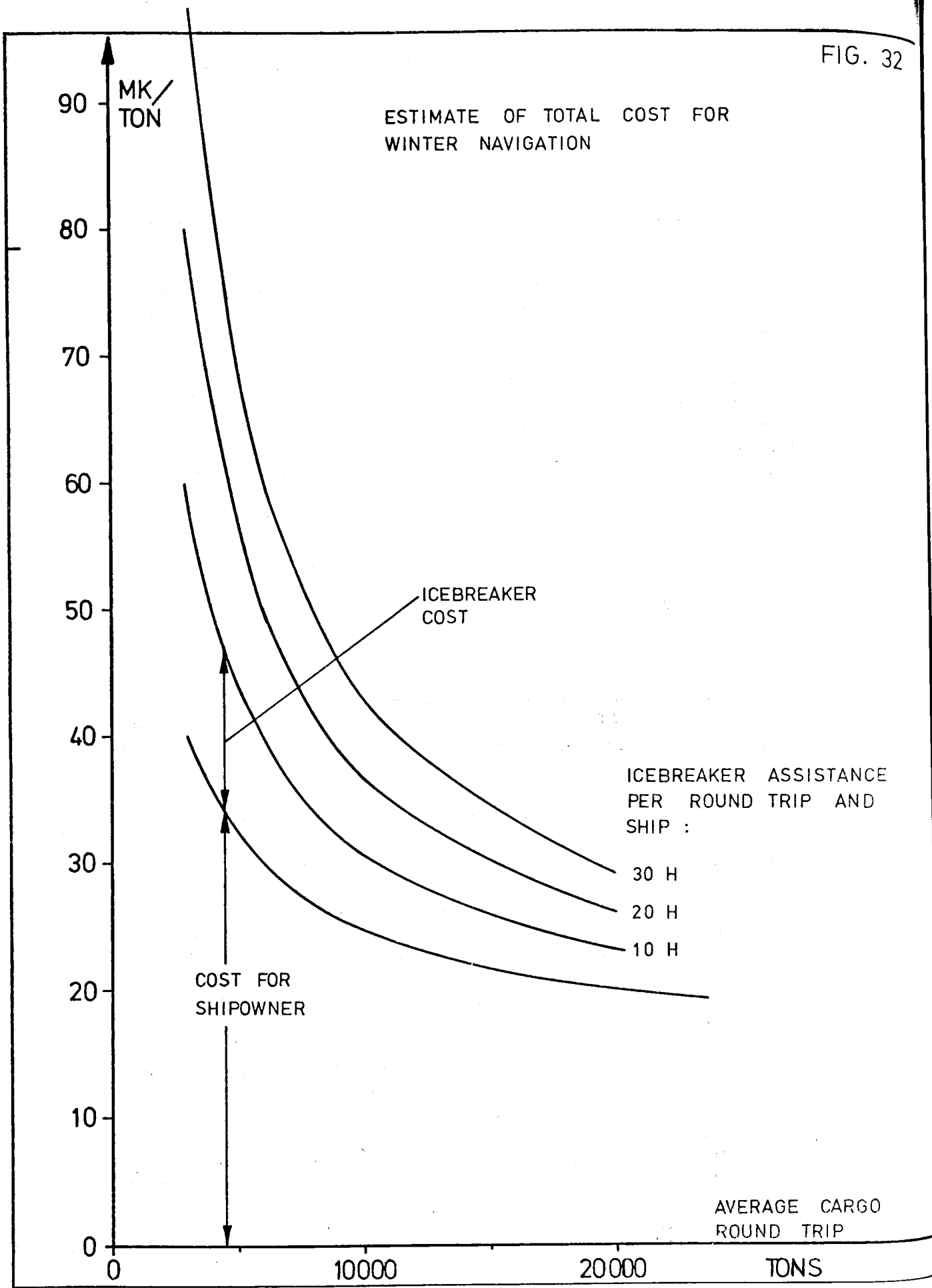
Fig. 32 also shows that the smaller ships would have to manage with less icebreaker assistance to be able to compete with the larger ones, i.e. they should have better icebreaking capability.

– The ships to be used for winter navigation in the northern part of the Gulf of Bothnia have to be specially designed for that purpose with high engine power, icebreaking hull lines, special systems to improve their icegoing capability and so on. These expensive and taylormade ships will pay off very well, as shown above, if they are used the whole year, and thus the cargo owner has to make yearly contracts with those shipowners who are prepared to invest into these ships.

– The ships have to be designed so that no ice damages of any importance occur. In reference /3/, where various combinations of sea and land transport systems were evaluated economically without finding any significant differences in total cost between the studied alternatives, the cost of ice damages was thought to be 5.5 mk/ton as an average value for traffic of six months to Kemi during a normal winter. This is totally out of balance as this for the ship in Fig. 13 would correspond to an increase in the ship's first cost of about 18 %. This should be compared to the whole cost of ice strengthening which for a I A super ship will be between 2 and 5 % of the ship's price.



FIG. 32



WHT 120 05 73

Poistetaan ilmoitustautulta  
Voimassaoloaika

– The above study indicates that 8 icebreakers of the Urho-Atle class (22000 shp) would be needed to assist the 20 – 25 million tons of yearly traffic in the northern part of the Gulf of Bothnia even during severe winters, which is important because once it is decided that year round traffic in this area is a fact, it has to succeed every year. Otherwise the trust in the system will suffer and the interest in serious investments will fade away.

– With properly designed ships, large average size cargos and adequate icebreaker assistance the additional cost due to ice conditions will be below 10 – 15 mk/ton for traffic to the northern part of the Gulf of Bothnia during the worst month. This cost is too small to justify investment into alternative systems that may be used every fifth year.

#### References:

- /1/ Finnish – Swedish ice class rules of 1971
- /2/ B. M. Johansson: "On the ice strengthening of ship hulls", International shipbuilding progress, Vol. 14, No 154, June 1967
- /3/ Pohjois-Suomen satamatoimikunnan mietintö, (Report by the harbour committee of Northern Finland), Helsinki 1972
- /4/ Hamnutredningen 1971, Vintersjöfart. (The harbour study 1971, Winter navigation) SOU 1971:63, Stockholm
- /5/ P. Kukkonen – E. Tikkanen: "Jäänmurtajat ja talviliikenne". (The icebreakers and winter navigation). Kulkulaitosneuvosto, Helsinki 1970
- /6/ K. Juurmaa: "Pohjanlahdelle suunniteltujen alusten talviliikennemahdollisuuksien ennustaminen", (Prediction of the possibilities of winter navigation for the ships planned for the northern part of the Gulf of Bothnia). Thesis, Helsinki Technical University, 1973
- /7/ B. M. Johansson, K. Isokallio, I. Penttinen, H. Pohjola: "A computer program for evaluation of the winter navigation in the northern part of the Gulf of Bothnia". The Board of the Winter Navigation Study. (To be published 1974)
- /8/ L. Sjöstedt – S. Hammarsten: "Isskador på fartyg i Östersjön, Bottenhavet och Bottenviken", (Ice damages on ships in the Baltic and the southern and northern part of the Gulf of Bothnia), Styrelsen för vintersjöfartsforskning, Forskningsrapport Nr. 3, Stockholm 1973.

## Höghållfasta stål för fartygsbygge

*Överingenjör Carl-Erik Ridderstråle, Norrbottens Järnverk, Luleå*

### SAMMANFATTNING

Den tidigare helt dominerande typen av stål för skrovbygge, mild steel (MS), har främst för större fartyg sedan 60-talets mitt i stor utsträckning ersatts av höghållfasta stål (HT-stål). Härigenom har stora kostnadsbesparingar till följd av minskad stålvtikt i skroven erhållits.

För mindre fartyg är kostnadssänkningen ej tillräcklig för att i större omfattning övergå till HT-stål.

För fartyg som emellertid skall isförstärkas till isklass 1A eller 1A Super blir användning av HT-stål intressant även på mindre fartyg.

Genom att utnyttja HT-stål i isbältet istället för som normalt i däck och botten kan tilläggsvikterna för isförstärkning väsentligt reduceras. Då vidare de restriktioner beträffande utnyttjande av HT-stål som gäller för större fartyg ej till alla delar är giltiga i samband med isförstärkning, finns anledning att närmare undersöka den ekonomiska totaleffekten av att gå till högre hållfasthet än 36 kp/mm<sup>2</sup>.

### BAKGRUND

Den helt dominerande ståltypen som använts för fartygsbygge har fram till 1960-talets början varit mild steel (MS) med sträckgräns ca 24 kp/mm<sup>2</sup> och brottgräns 40-50 kp/mm<sup>2</sup>. Denna ståltyp är ett enkelt kol-manganstål som utan större restriktioner enkelt hanteras och behandlas i vilken verkstad som helst.

### HÖGHÅLLFASTA STÅL

Sedan mitten av 1960-talet har i allt större utsträckning höghållfasta stål (HT-stål) kommit till användning inom varvsindustrin. De olika ståltyperna specificeras noggrannt vad avser kemisk sammansättning, hållfasthet, slagseghet etc i klassningssällskapens regler. Vissa skillnader i specificerade krav finns mellan de olika klassningssällskapen, men i fig. 1 ges en sammanfattande bild av ståltyperna.

De höghållfasta stålen har en mer avancerad metallurgisk bakgrund och kräver därför en något mer kontrollerad verkstadsmässig behandling än mild steel för att de goda stålegenskaperna ej skall spolieras.

Utöver de krav på mekaniska egenskaper som i sammanfattning visas i fig. 1 finns restriktioner i kemisk sammansättning, främst betingade av svetsningsegenskaperna. Således begränsas t ex svavelhalten normalt till max 0,040 % för att minska risken för "varmsprickor" vid svetsning. Vidare begränsas normalt den sk kolekvivalenten C<sub>E</sub> till 0,41 enligt nedanstående formel

$$C_E = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

för att minska risken för sk hydrogenersprödning i anslutning till svetsfogar.

## METALLOGRAFISKA KARAKTÄRISTIKA MS, HT-STÅL

Mild steel i grades utan slagseghetskrav tillverkas ofta som halvtätade stål med en något större halt icke metalliska inneslutningar än höghållfasta stål som huvudsakligen tillverkas heltätade.

Den väsentliga skillnaden förutom tätningsgrad mellan mild steel och höghållfast är emellertid den finkornbehandling som utföres på höghållfasta stål.

Ett ståls hållfasthet kan ökas på tre principiellt skilda sätt.

- 1 Lösningshärdning
- 2 Utskiljningshärdning
- 3 Minskning av kornstorleken

Genom ökning av t ex C-halt och Mn-halt erhålles lösningshärdning med ökad hållfasthet som följd. Emellertid försämras härvid svetsbarheten mycket snabbt enligt formeln i föregående stycke, varför denna metod endast i mycket begränsad omfattning kan tillämpas på fartygsstål som ju måste ha god svetsbarhet.

Genom tillsats av vissa mikrolegeringselement kan erforderlig hållfasthetsökning enligt endera av metoderna 2 eller 3 erhållas utan att svetsbarheten påverkas.

Genom tillsats av ca 0,03 % Nb i stålet bildas vid svalning från valsningstemperaturen utskiljningar i form av NbC (niobkarbider) vilka genom s k utskiljningshärdning effektivt höjer hållfastheten.

Som framgår av fig. 1 är hög hållfasthet ofta kombinerad med ett krav på slagseghet vid temperaturer ned till  $-40^{\circ}\text{C}$ . Slagsegheten är ett mått på stålets förmåga att uppta energi vid brott och god slagseghet betyder således att risken för snabbt löpande sprödbrott elimineras. De två väsentligaste faktorerna som påverkar ett ståls slagseghet är

- a Kornstorlek
- b C-halt

Minskad kornstorlek som betyder förbättrad slagseghet åstadkommes normalt genom att ett finkornsbehandlat stål efter färdigvalsning normaliseras: dvs uppvärms till ca  $900^{\circ}\text{C}$  för att därefter fritt svalna i luft. Vid denna normalisering förändras de tidigare nämnda utskiljda NbC-partiklarna, till form och storlek, så att i samband med fasomvandlingarna vid uppvärmning resp avkyllning, stålet i normaliserat utförande får en väsentligt mindre kornstorlek. Den minskning av kornstorleken som således erhålles vid normalisering av ett finkornbehandlat stål bidrar både till ökad hållfasthet och förbättrad slagseghet.

Förbättring av stålens slagseghet genom sänkning av C-halten under ca 0,15 % kan ej ekonomiskt motiveras för stål med slagseghetskrav ned till  $-40^{\circ}\text{C}$ , enär kostnaden för kompensation av hållfasthetsförlusten är för stor. För lågtemperaturstål avsedda för gastankers och med slagseghetskrav vid  $-60^{\circ}\text{C}$  tillämpas emellertid normalt båda metoderna för förbättring av slagsegheten.

<i>Mild steel (MS)</i>				
Beteckning	sträckgräns kp/mm <sup>2</sup>	brottgräns kp/mm <sup>2</sup>	förlängning δ 5 %	slagseghet kpm °C
Grade A	ca 24	41-50	22	—
D	ca 24	41-50	22	2,8 -20
E	ca 24	41-50	22	2,8 -40
<i>Höghållfasta stål (HT-stål)</i>				
Beteckning	sträckgräns kp/mm <sup>2</sup>	brottgräns kp/mm <sup>2</sup>	förlängning δ 5 %	slagseghet kpm °C
AH 27	min. 27	41-52	22	2,8 0
DH 27	min. 27	41-52	22	2,8 -20
EH 27	min. 27	41-52	22	2,8 -40
AH 32	min. 32	45-60	22	3,2 0
DH 32	min. 32	45-60	22	3,2 -20
EH 32	min. 32	45-60	22	3,2 -40
AH 36	min. 36	50-63	21	3,5 0
DH 36	min. 36	50-63	21	3,5 -20
EH 36	min. 36	50-63	21	3,5 -40

Fig. 1

#### ANVÄNDNING AV HÖGHÅLLFAST STÅL

Sedan mitten på 60-talet har användning av höghållfast stål för skrovbyggen ökat mycket snabbt. Den ståltyp som helt dominerat vid denna ökning av HT-stålen har i Europa varit 36 kp-stålet medan 32 kp-stålet haft större framgång i Japan.

Det i grunden liggande ekonomiska motivet till övergång till höghållfast stål är minskad stålvtikt i skroven.

Medlen för att praktiskt uppnå denna viktminskning är huvudsakligen

- a Förbättrade beräkningsmetoder vid konstruktion av skroven
- b Kontinuerlig förbättring av profiltyper, stålqualiteter, svetsmetoder etc.

Den största effekten på viktminskning av skrovet erhålles på stora tankbåtar där övergång till höghållfast stål direkt leder till möjlighet att minska godstjockleken på förstyvande spant och plåt i däck och botten. Som framgår av fig. 2 kan skrovet betraktas som en balk upplagd på stöd. Avgörande för dimensionering blir då den nedböjning som erhålles mellan upplagspunkterna. Genom användning av HT-stål i däck och botten ökas således balkens böjstyvhet, varför möjlighet att öka fartygets längd erhålles. Alternativt kan med bibehållen längd dimensionerna hos i däck och botten ingående komponenter minskas med ökad lastkapacitet som följd.

Ytterligare minskning av stålvtikten genom ökning av stålets sträckgräns över 36 kp/mm<sup>2</sup> är icke möjligt p g a de konstruktionsregler uppsatta av klassningssällskapen som idag

# HÖGHÅLLFAST STÅL I STÖRRE TANKER

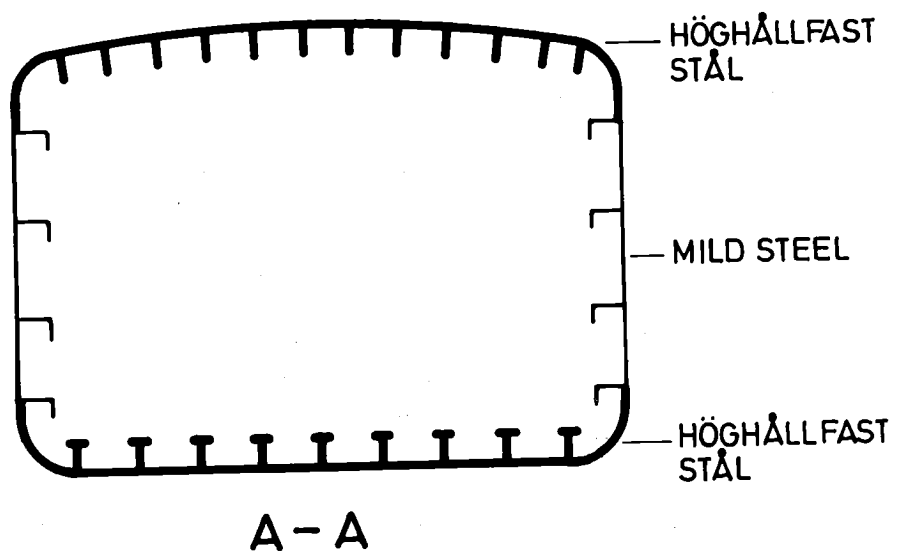
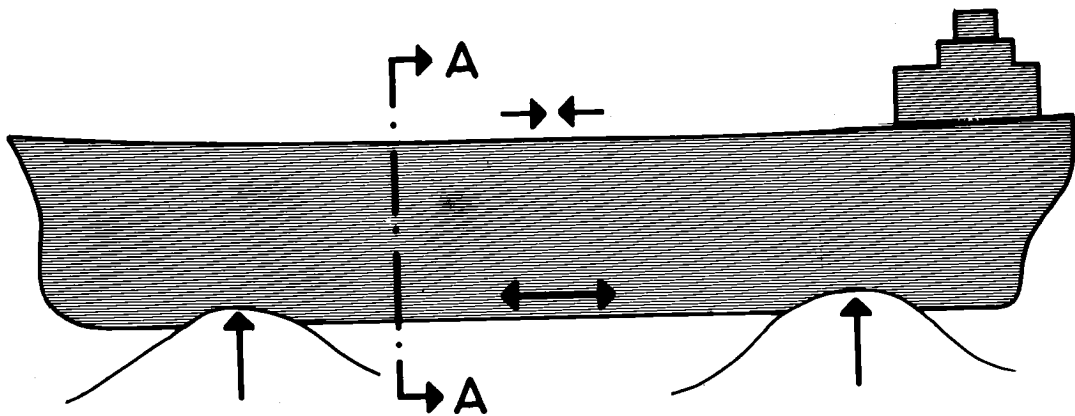


Fig. 2

gäller. Farhågor om risk för utmattningsbrott till följd av stora spänningsamplituder i högt påkända delar har lett till dessa begränsningar.

#### HÖGHÅLLFAST STÅL – ISFÖRSTÄRKNING

Som tidigare nämnts ökar det ekonomiska utbytet av höghållfast stål med ökad fartygsstorlek. För mindre fartyg säg < 20 000 TDW användes höghållfast stål i väsentligt mindre utsträckning än i stora fartyg, enär viktsbesparingen ej är tillräcklig för att motivera extrakostnaderna. För mindre fartyg som skall isförstärkas kan situationen emellertid bli annorlunda. I fig. 3 visas en skiss hur och var isförstärkning av skrovet lägges in.

Vid skrovförstärkningen inlägges extraspant samt ökas bordläggningsplåtens tjocklek. Dimensionerande för detta är istrycket på bordläggningen i isbältet. Normalt utföres denna förstärkning av mild steel, dvs samma ståltyp som resten av fartyget.

Genom att i isbältet använda stål med högre hållfasthet kan stålvikten minskas med bibehållande av konstruktionens hållfasthet.

Användning av höghållfasta stål i isförstärkt tonnage blir enligt ovanstående radikalt skiljt från det normala sättet i tankfartyg. På de ställen i skrovet där höghållfast stål inte kan göra någon nytta i ett stort tankfartyg erhålles den största positiva effekten i ett isförstärkt fartyg.

Lloyd's Register of Shipping i Göteborg har genomfört beräkningar på erforderlig isförstärkning av skrov till isklass 1A Super och därvid jämfört mild steel med höghållfast stål.

Ex. 1	Bulk Carrier 27 000 TDW längd 176 m	
	Total stålvtikt ca 6 500 ton	
		Ökning av stålvtikt (1A Super)
	Mild steel	360 ton (5,7 % av tot. stålvtikt)
	Höghållfast	210 " (3,5 % - " - )
	Skillnad	150 ton (2,2 % av tot. stålvtikt)

Ex. 2	Bulk Carrier 10 000 TDW längd 120 m	
	Total stålvtikt ca 4 200 ton	
		Ökning av stålvtikt (1A Super)
	Mild steel	260 ton (6,2 % av tot. stålvtikt)
	Höghållfast	175 " (4,0 % - " - )
	Skillnad	85 ton (2,2 % av tot. stålvtikt)

Enligt ovanstående kan således genom övergång från mild steel till höghållfast stål en radikal minskning av tilläggsvikten för isförstärkning erhållas.

# HÖGHÅLLFAST STÅL - ISFÖRSTÄRKNING

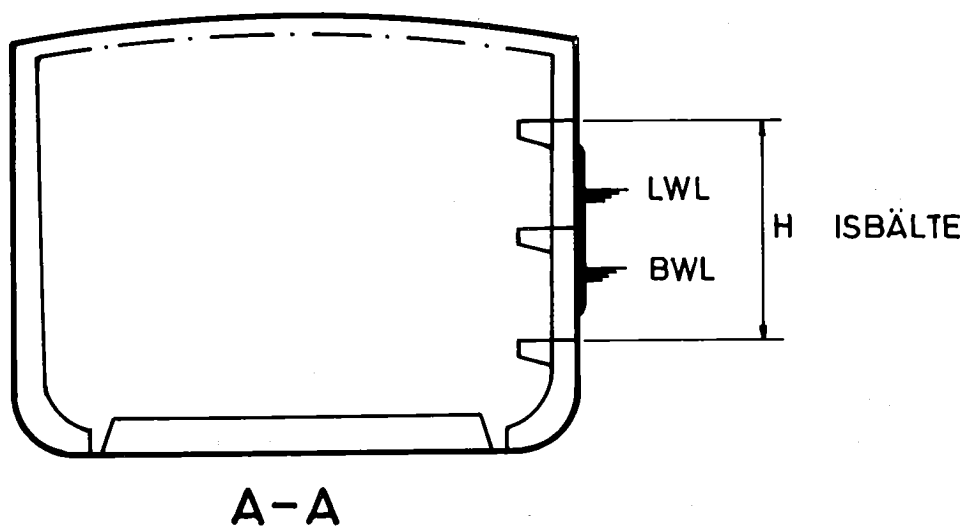
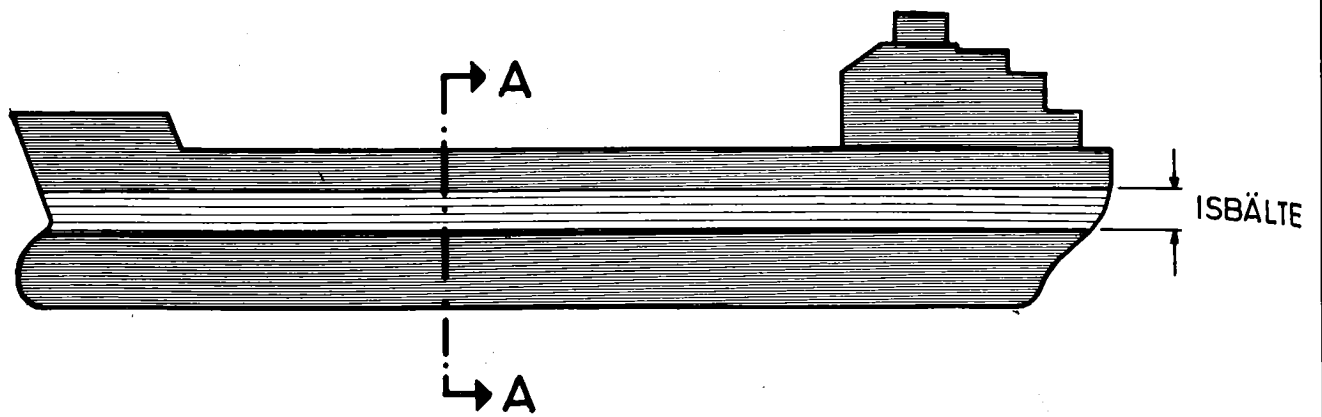


Fig. 3



Av stor betydelse för vilken absolut viktsökning som erfordras vid isförstärkning av äldre fartyg är naturligtvis fartygets grundkonstruktion.

För fartyg med stort ballastdjupgående minskar isbältets storlek med minskat stålbehov för isförstärkning som följd. På liknande sätt blir tilläggsvikterna för isförstärkning relativt små för t ex fartyg med dubbelskrov.

Ex. 3 Bulk Carrier 10 000 TDW längd 142 m  
Dubbelskrov total stålvikt ca 6 000 ton

	Ökning av stålvikt (1A Super)
Mild steel	150 ton (2,5 % av tot. stålvikt)
Höghållfast	120 " (2,0 % - " - )

Sättet att utnyttja höghållfast stål vid isförstärkning ger vidare vid handen att de begränsningar i nyttjandemöjlighet av högre hållfastheter som finns på större fartyg ej är giltiga vid isförstärkning. Således bör högre hållfastheter än 36 kp/mm<sup>2</sup> kunna utnyttjas. En noggrannare undersökning av dessa möjligheter och de ekonomiska effekter högre hållfasthet medför är att se som en angelägen uppgift att bearbeta för att komma närmare en ekonomiskt optimal totallösning av vintersjöfart.

## Projektering av isbrytare

*Tekn dr Ernst Enkvist, Oy Wärtsilä Ab, Helsingfors*

När vi definierar en projekteringsuppgift för vilket fartyg som helst, utgår vi i allmänhet från en specificerad prestationsförmåga, vanligen lastkapacitet och fart. När det gäller isbrytare har det i praktiken i stället varit fråga om att man vill ha en isbrytare som är ungefär likadan som de tidigare – ”för de har varit bra” – men med dubbla effekten.

Man skulle också kunna tänka sig att man specificerar en isbrytningsförmåga, en prestationsförmåga, t ex kontinuerlig brytning med viss hastighet i is av viss tjocklek. Vi har ju arbetat med frågor om framdrivningsmotstånd. Då frågar vi oss, varför vi inte gör så?

Framför allt är frågan om kontinuerlig brytning inget problem för östersjöisbrytare idag, när det gäller jämn fast is. Fig. 1 visar brytförmågan för några kända svenska isbrytare. Vi ser att de alla med låg fart kan bryta betydligt över en meter tjock is. I östersjöområdet förekommer nästan aldrig en meter tjock is, såvida den inte är hopskjuten i ett tidigt skede.

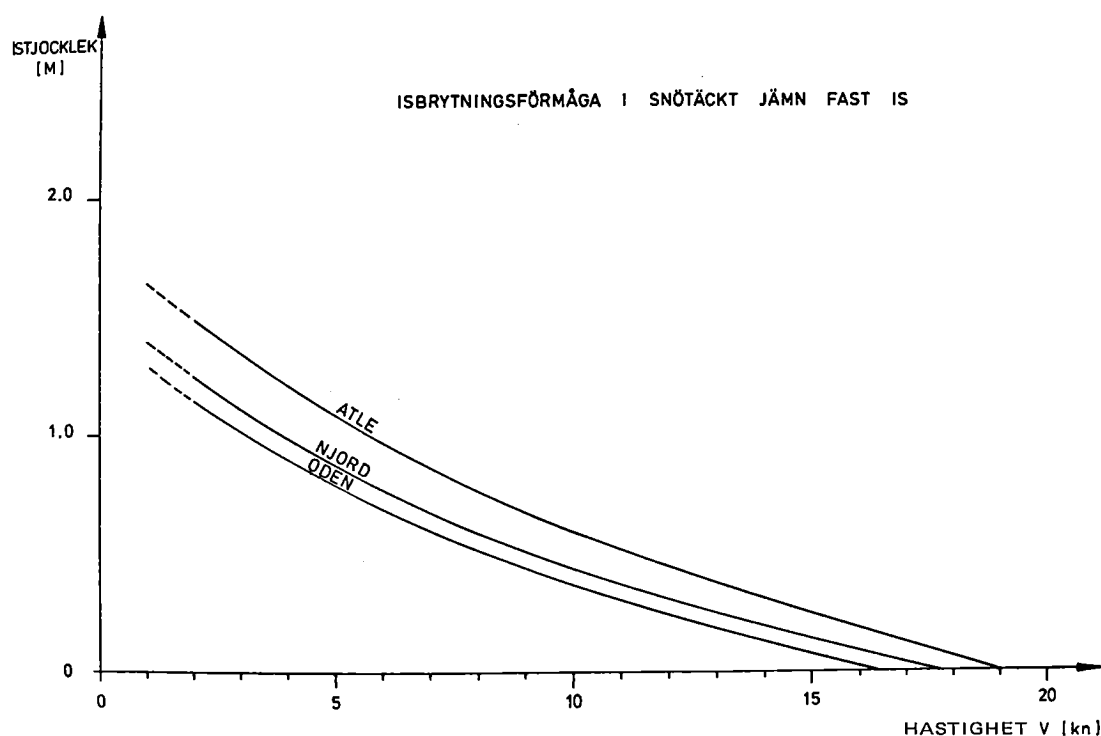


Fig. 1

Däremot är manöverförmågan av mycket stor betydelse samt förmågan att passera vallar. Om vi skulle utgå från att precisera prestationsförmågan beträffande kontinuerlig brytning i fast is, skulle dessa viktiga praktiska frågor hamna i skuggan. Man kan kanske säga att det faktum att det är praxis beträffande projektering av övriga fartyg att utgå från fart och kapacitet har lett till att andra fenomen – sjögångsegenskaper och manövrering

t ex — har förbisetts under lång tid. Det är inte lika kommersiellt viktigt att befatta sig med dem, eftersom de inte garanteras i kontrakt.

Å andra sidan kan vi konstatera med synnerligen blandade känslor att det redan framställts önskemål, att vi skall garantera viss prestationsförmåga för isbrytare. Vi föredrar idag att få en beskrivning av arbetsuppgiften, uppgift om tillåten djupgång (dvs en ev. djupgåendebegränsning), en effektidé och en aktionstid.

#### GRUNDFRÅGOR

Grundfrågorna i isbrytarprojektering kan anses vara effekt, djupgåendebegränsning, aktionstid och val av maskineri. Dessa faktorer inverkar naturligtvis alla på varandra som i allt projekteringsarbete. Om man ökar aktionstiden — ökar deplacementet, huvuddimensionerna, bredden. Därmed går prestationsförmågan ner. Normands tal för isbrytare är i allmänhet omkring 2. Det betyder att om man vill ha 100 ton mera brännolja för att få en längre aktionstid, så ökar deplacementet med cirka 200 ton.

Det här förefaller vara rätt självklart, men det har faktiskt hänt att vi råkat i diskussion om byggande av t ex isbrytare av *Moskva*-klass för östersjötjänst. I själva verket visade det sig i samband med projekteringen av *Urho*-typen (alltså *Atle*) att vi fick ett helt annat fartyg med 22.000 hk för östersjötjänst än vad *Moskva*-typen är.

Det har också visat sig att man blivit intresserad av en del östersjöisbryartyper för arktisk drift. När man arbetat med saken i något år, har det blivit en helt annan båt, dvs betydligt större. Frågan om aktionstid är i allmänhet inte kritisk på Östersjön, där den kan vara rätt begränsad. Däremot är den av stor betydelse i arktiska vatten.

Ett fenomen som jag speciellt vill nämna är frågan om djupgåendebegränsning. När man planerar en isbrytare och konstaterar att man i vissa havsområden, farleder eller hamnar har ett begränsat vattendjup, så är det mycket enkelt att specificera att fartyget inte får sticka djupare än så. Det har inte varit så kritiskt tidigare, men när man beaktar att effekterna ständigt ökas, så kommer man mycket snart till absurda lösningar, eller i varje fall konstruktioner, som avviker starkt från hur de skulle bli utan djupgåendebegränsning.

För det första inverkar djupgåendebegränsningen på valet av propellrar. Fig. 2 är en enkel kurva som visar att man får större dragkraft per hästkraft vid påle om man har propellern lägre belastad. För det andra blir frågan om kavitation av avgörande betydelse när man går till verkligt stora effekter. Det som nu intresserar oss — inte ännu för Östersjön, utan andra områden — är kavitationsbegränsningen vid nollfart, dvs. propellern kan inte bära vilken kraft som helst.

Fig. 3 är från en Wärtsilä-publication från 1968 /1/. Från denna kurvsvarm kan man se att man knappast kan belasta en propeller som skall kunna arbeta i pålkonditionen mera än ca 1 000 hk per m<sup>2</sup>. Den här kurvsvarmen baserar sig på gamla kavitationsförsök med isbrytarpropellrar. Som en liten kommentar till Hans P Loids utmärkta forskningsrapport nr 4 i Styrelsen för Vintersjöfartsforsknings serie /3/ vill jag påpeka, att för att kunna arbeta med pålkonditioner, måste man gå till ett kavitationstal, där man använder t ex periferihastighet i stället för framdriftshastighet.

Extrema djupgåendebegränsningar kan leda till mycket stora svårigheter.

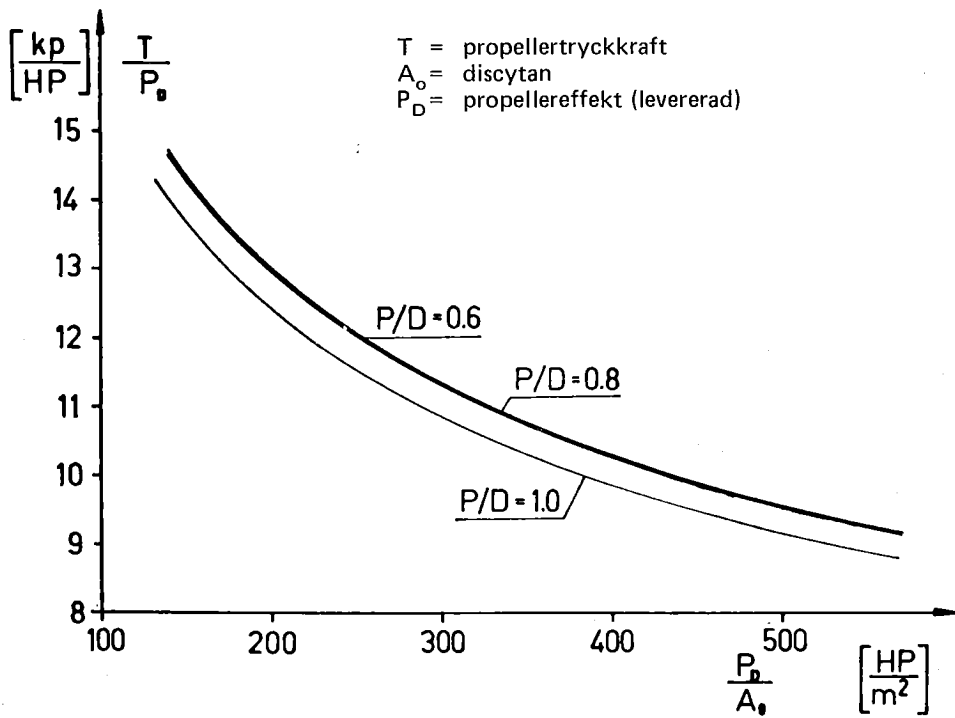


Fig. 2

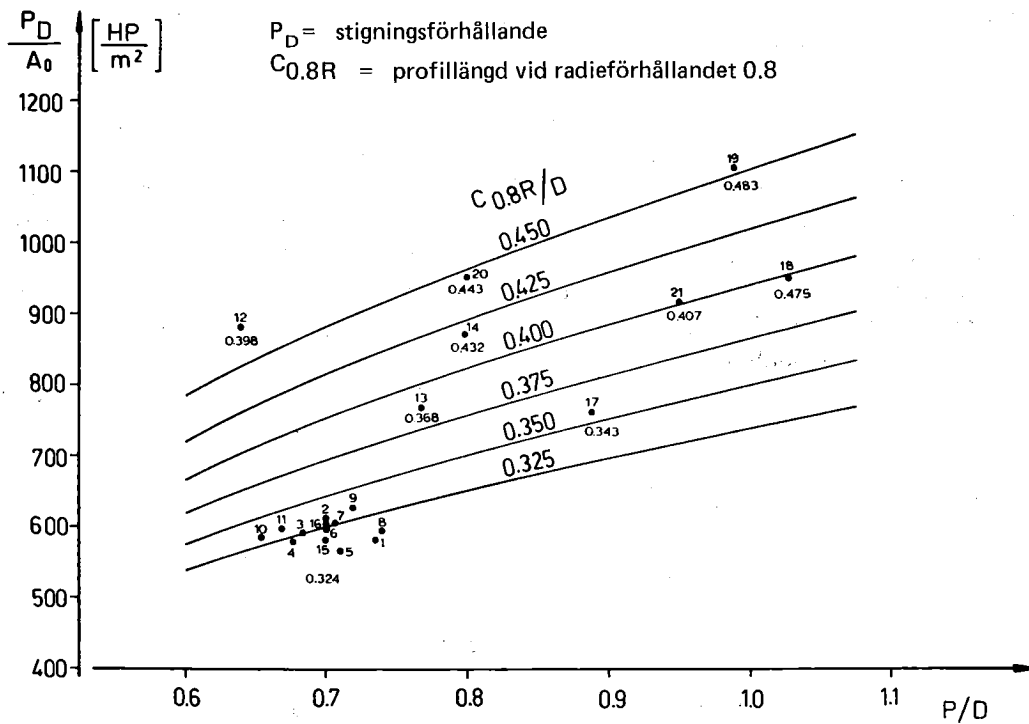


Fig. 3

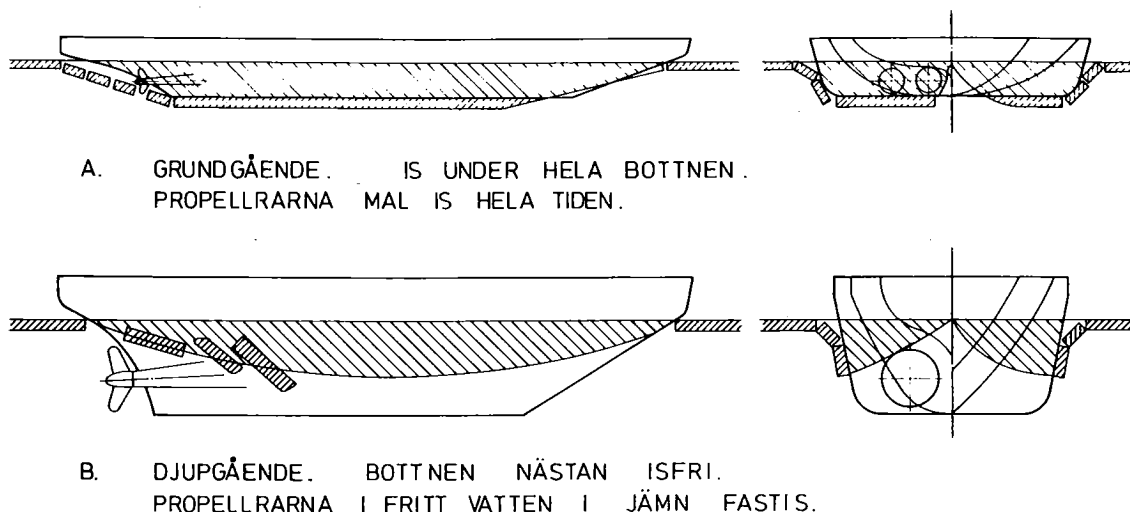


Fig. 4

Fig. 4 visar karikerat hur ett grundgående fartyg är mycket mera utsatt för is i propellrarna än ett djupgående. Fenomenet har tydligt iakttagits vid modellförsök i is. Detta är inget stort östersjöproblem idag, utan snarare ett globalt problem. Det finns stora havsområden med litet havsdjup, t ex vid Sibiriens nordkust och på floderna.

För att få en viss dödvikt och en viss aktionstid och samtidigt hålla en djupgåendebegränsning blir man tvungen att, i stället för att öka djupgåendet, öka huvuddimensionerna bredd och längd. Framför allt bredden ger ett större ismotstånd.

En sak som kan tillämpas vid val av isbrytares huvuddimensioner, vilken knappast har presenterats tidigare, är Kasteljans försök till effektivitetskriterium för isbrytare. Fig. 5 visar hans kriterium E1 och E3 för några fartyg. Någon kanske kommer ihåg att man försökt mäta isbrytares effektivitet med ett tal, t ex effekt per displacement. Kasteljan förklarar att det är helt misslyckat, vilket numera alla vet att det är. I stället föreslår han sådana tal som roten ur effekt per bredd, dvs effektivitetstalet E1, vilket är ungefär proportionellt mot den istjocklek som isbrytare kan bryta kontinuerligt, förutsatt att pålkraften är proportionell mot effekten (vilket den inte är).

$$E_1 = \left(\frac{N}{B}\right)^{0.5}$$

$$E_3 = \frac{D^{0.5} N}{B}$$

N = EFFEKT, AHK

B = BREDD, M

D = DEPLACEMENT, TON

	E <sub>1</sub>	E <sub>3</sub>
MOSKVA - KLASS	30,6	10,8
JERMAK	37,5	20,0
NJORD	24,1	4,3
ATLE	31,3	8,7
ALE	19,4	1,4

Fig. 5

Vidare ges ett effektivitetstal — E3 — där man också inkluderar deplacementet, som är av stor betydelse ifall man måste arbeta med stötar under arktiska förhållanden. E3 påstås vara ett universellt giltigt kriterium som gäller allmänt både i kontinuerlig isbrytning och vid arbete med stötar.

## MASKINERI

Frågan om maskinerival: Propulsionsmaskineriet består av en primär effektkälla och en kraftöverföring samt propellern. När det gäller måttlig effekt är det klart att vi har att göra med medelsnabblöpande dieselmotorer, möjligen snabblöpande dieselmotorer. Men så fort man kommer till hög effekt — låt säga över 50 000 hk — så har vi utan tvekan att göra med turbinmaskinerier som ett allvarligt alternativ. Man kan lämna det osagt om det är gas- eller ångturbiner, men att det är turbinmaskinerier är klart. Det beror framför allt på att skalaförhållandena är sådana att ett dieselmaskineris vikt är direkt proportionell mot effekten, medan turbinmaskineriets vikt är proportionell mot roten på effekten, vilket ger stora fördelar när det gäller höga effekter.

Användning av nukleära värmekällor för turbinmaskinerier är framför allt en aktionsradiefråga. Det är helt klart att den typen av maskinerier tekniskt sett är synnerligen aktuella när det gäller stora effekter. Var gränsen går skall lämnas osagt, likaså all diskussion om miljöskaderisker o dyl.

När det gäller kraftöverföring så är det fråga om en momentomvandling. Om vi har att göra med turbinmaskinerier är det inte nödvändigt med en variabel momentomvandling, eftersom turbinmaskineriet har en fördelaktig momentkaraktistik — vi kan få övermoment med låga varvtal. Men med dieslar som är konstantmomentmaskinerier, är det nödvändigt med variabel momentomvandlare.

Man kan också tänka sig möjligheten att lagra rörelseenergi genom att använda svänghjul. Det används men är en kortvarig lösning. Om vi har att göra med isbelastningar som är långvariga, är enda möjligheten att använda momentomvandlare. Möjligheterna är följande:

För det första kan vi tänka oss en mekanisk stegväxel som finns i varenda bil. Den kommer icke ifråga.

För det andra kan man mycket väl tänka sig en hydraulisk momentomvandlare. Den kan vid prelimimär undersökning verka direkt lovande beträffande vikt, utrymmesbehov och pris i jämförelse med en elektrisk kraftöverföring. Felet är bara att den inte finns färdigutvecklad. Ingen är redo att ge sig i kast med frågan och sätta in stora utvecklingskostnader, när det ändå är fråga om ett begränsat antal tillämpningar för så stora effekter.

För det tredje har vi den elektriska kraftöverföringen, som nu är allena rådande på stora isbrytare. Om den kan man säga: Om den inte skulle ha varit färdigutvecklad nu, så skulle jag säga att det är alldeles för monumentalt och riskabelt att börja utveckla någonting så komplicerat.

De färdiga alternativ som finns för isbrytarmaskinerier idag har måttlig effekt — alltså de effekter vi har haft att göra med hittills på östersjöisbrytare. På egentliga isbrytare har man medelsnabblöpande dieslar plus elektrisk kraftöverföring och fast propeller. Den

andra möjligheten som förekommer på fartyg men inte på egentliga isbrytare är medel-snabblöpande diesel plus överdimensionerad mekanisk växel plus rörelseenergi – lagrande svänghjul plus propeller med vridbara blad.

Vid projekteringen av *Atle* bedrevs ekonomiska och tekniska undersökningar samt jämförande vidlyftiga utredningar om möjligheten att bibehålla varvtal, där man jämförde dessa alternativ. Det finns mycket som kan anföras till det ena eller andra maskineriets fördel.

Jag skall här begränsa mig till att fastslå tre egenskaper som tveklöst kan tillskrivas dessa olika typer av maskinerier. För det första kan inte det växlade maskineriet åstadkomma övermoment med låga varvtal under lång tid – bara så länge rörelseenergin räcker till från svänghjulen. För det andra är den elektriska kraftöverföringen dyrare och tyngre. Om man bara jämför kraftöverföringen, så är den i storleksordningen tre-fyra gånger tyngre än den primära effektkällan. Det kan leda till stor skillnad mellan priser på maskinerier, men eftersom en komplett isbrytare även består av annat än maskineri, så blir resultatet att prisskillnaden mellan en isbrytare med växlat maskineri och en med elektrisk kraftöverföring visat sig vara av storleksordningen 10 %. För det tredje kan man konstatera att haverier förekommer på båda typerna av maskineri.

Beträffande elmaskineriet som fortfarande är allenarådande på egentliga isbrytare kan man skönja vissa utvecklingstendenser. För det första finns det beställare som anser att det är nödvändigt att övergå till växelströmgeneratorer. Att man inte kan klara kommuteringen på likströmgeneratorer är ju klart motiverat – om den primära kraftkällan har för högt varvtal – men när det gäller de normala varvtalen så är det närmast bara fråga om enkelheten hos generatoren. För att klara momentkaraktistiken måste man ha en likströms-propellermotor och detta betyder att man skall ha en likriktare emellan.

Vi har i beställning för sovjetisk räkning en typ av hamnisbrytare, där man använder tyristorer för likriktning. En annan möjlighet är diodlikriktare. Med tyristorer kan man mata bakeffekten till primärkraftkällan. Förutom att man kan likrikta växelströmmen från generatorerna till propellermotorerna, kan man omforma likströmmen från propellermotorerna i bakeffektfall och mata in den i generatorerna och alltså klara en snabbare manövrering. Om vi använder dioder, kan vi bromsa propellermotorerna vid omkastning av rörelseriktning bara genom att utnyttja förlusterna i det elektriska systemet. Tillkoppling av värmemotstånd anses kräva för monumentala brytare.

En annan utvecklingstendens som säkerligen kommer på längre sikt än supraledargeneratorer och motorer. Genom att kyla ned lindningarna till nära den absoluta nollpunkten, blir motståndet noll och man kan få ner vikten på de elektriska maskinerna till cirka en fjärdedel av de i en konventionell anläggning. Om vi över huvud taget i framtiden – när kopparn tar slut – skall kunna använda elektriska maskinerier för stora effekter, så torde det bli maskinerier av den här typen.

#### SKROV OCH RÖRLIGHET

Övriga frågor i samband med isbrytarprojektering är val av skrovform, propellerarrangemang, propellerdata, manöveregenskaper, hållfasthet hos skrov och propellerarrangemang, bullerfrågor o dyl. Jag skall beröra några av dessa. Beträffande skrovformen har frågan om framdrivningsmotstånd för isbrytare nyligen behandlats /4/. I publikationen berörs aktuella tendenser beträffande fartygs framdrivningsmotstånd i is och därför skall jag inte

göra någon utläggning om detta. Jag vill i alla fall nämna ett par nya resultat som kommit fram sedan denna rapport publicerades. I rapporten förklaras hur viktig frågan om den mekaniska friktionen är för framdrivningsmostånd i is. Där finns exempel på ett par isbrytande sjöbevakningsfartyg (*Silmä* och *Valpas*). I fullskaleprov visade det sig att den äldre båten vars yta var skrovlig hade ett mostånd av cirka 20 ton i 35 cm tjock is med snö, medan *Valpas* motstånd var 11 ton. *Valpas* var ny och hade en slät skrovyta. I år har vi provat *Silmä*, sedan den epoxibehandlats. Den grova ytan blev inte helt slät. Den fick en vågig epoxiyta. Motsåndet sjönk enligt de preliminära rapporterna från 20 till ca 17 ton, medan *Valpas* som hade rostet en smula sedan de tidigare proven fick ett ökat motstånd från 11 till ca 14 ton. De åtgärder som vidtagits pekar alltså fortfarande på att vi har att göra med enkel och klar mekanisk friktion – att vi måste göra ytan på isbrytare och isbrytande fartyg slät på ett eller annat sätt.

Jag vill nämna att ryssarna som också är aktiva på det här området har tagit fram en del möjligheter att beräkna risken eller tendensen till fastkilning som funktion av några enkla skrovparametrar. På kurvan i fig. 6 ser vi den friktionskoefficient med vilken fartyget fastnar i fören (kilas fast), ifall friktionskoefficienten är högre än den som kurvan visar. Vi har prickat in *Atle* och *Ale* och vi ser att *Atle* teoretiskt sett kan fastna från förskeppet

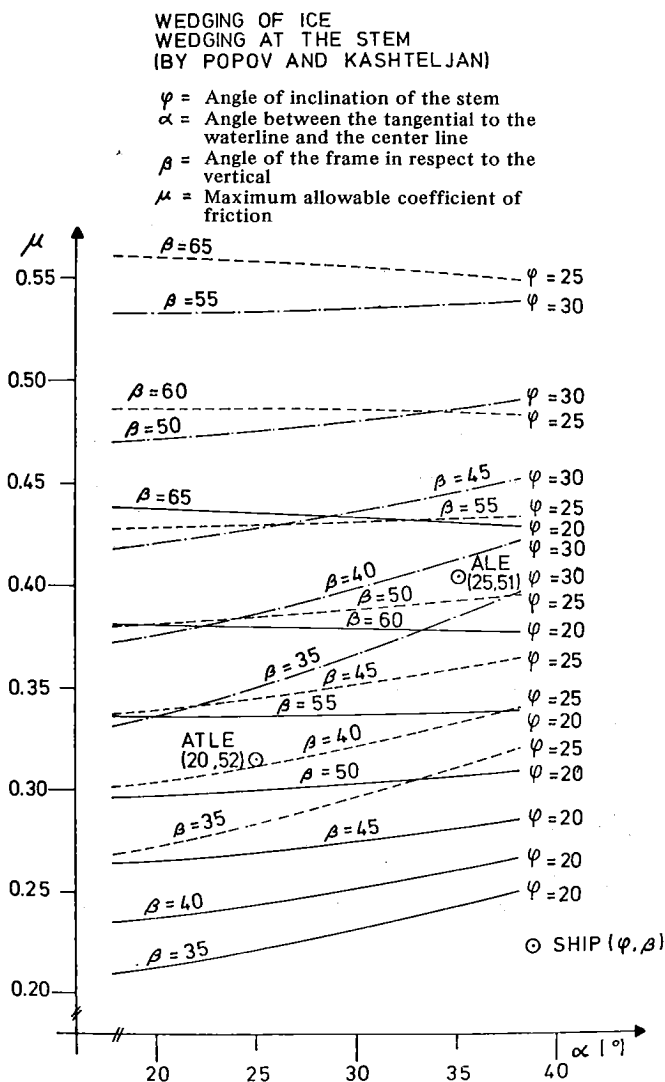


Fig. 6



om skrovytans mekaniska friktionskoefficient är högre än 0,34, medan *Ale* som ju är mera kritisk eftersom den inte har förpropellrar klarar upp till 0,4 utan att fastna, p g a brantare bogyta.

Det som jag framför allt vill visa med fig. 6 är att den mekaniska friktionskoefficienten är av helt avgörande betydelse, icke endast för framdrivningsmotståndet utan också för tendensen att fastna, vilket kan sägas vara ett mera betydelsefullt praktiskt fenomen. Fartygen förlorar tid – särskilt små och svaga – i vintertrafik, när de fastnar och inte kan klara sig alls. Däremot är frågan om de går tre eller fyra knop, när de väl rör sig, inte lika viktig, utan det är den tid de ligger fast som inverkar på rundresetiderna.

I samma undersökning har Kasteljan också visat, på basis av de utgångsantaganden han gjort, att ett trimsystem kan anses vara betydligt effektivare än ett krängningssystem, när det gäller att få loss en båt som har fastnat. Vi har i allmänhet krängningssystem på isbrytarna. Den faktiska orsaken till detta är naturligtvis att det är oerhört mycket svårare att pumpa stora vattenmängder från fören till aktern än från sida till sida. Vad som däremot är klart är att man inte skall splittra systemen på ett svagt krängningssystem och ett svagt trimsystem, utan man skall satsa allt på antingen det ena eller det andra.

En fråga som jag helst inte skulle beröra här är frågan om propellerantal, dvs frågan om man för östersjöförhållanden kan tänka sig bara akterpropellrar eller om det för all framtid är rätt att ha både för- och akterpropellrar. Frågan om förpropellerbossarnas tilläggsmotstånd finns omnämnd i /4/. Där finns också omnämnt en serie operativa prov som vi höll på med förra hösten i laboratoriet. De är fortfarande under behandling och därför har jag inga slutgiltiga resultat att komma med. Så mycket kan sägas att de klart har visat att förpropellrarna – vilket man också ansett när man projekterat de nya östersjöisbrytarna – är synnerligen effektiva när det gäller att med kontinuerlig hastighet

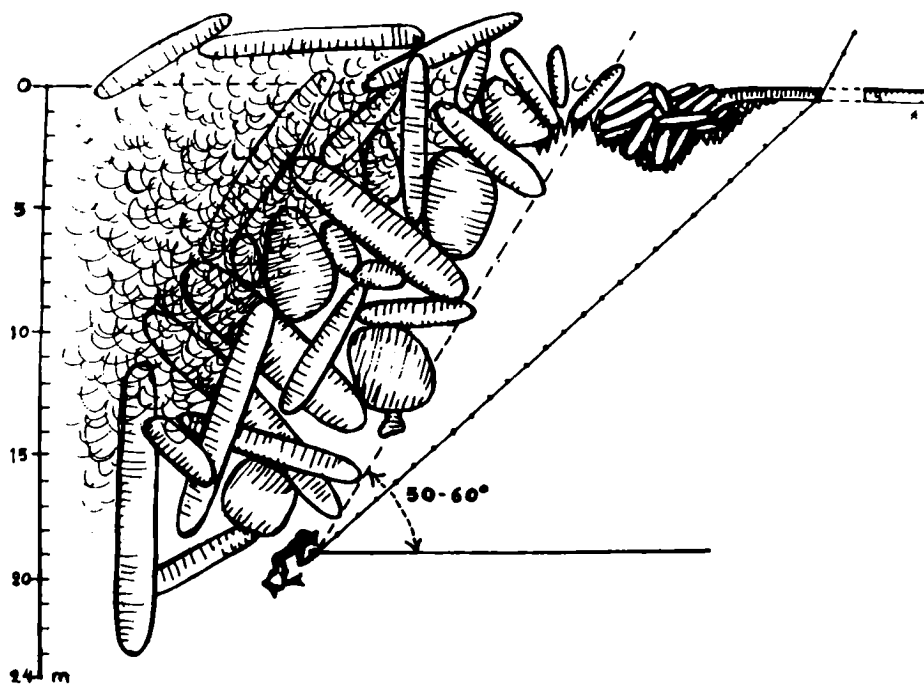
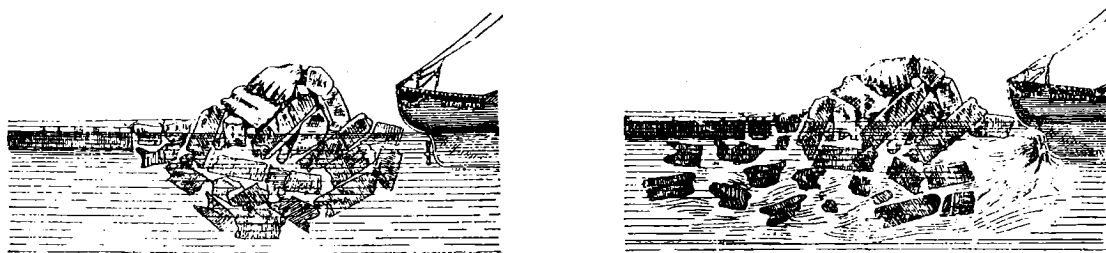


Fig. 7 (enl. Palosuo)

ta sig igenom en tjock packisvall. Fig. 7 är en bestickande bild av en östersjövall som visats många gånger förut.



*Fig. 8 (enl. Makarov)*

Fig. 8 är synnerligen antik; det är amiral Makarov som ritat den i slutet av 1800-talet. Den visar vad man då ansåg att förpropellrarna gör. Den säger att man visste att vallarna bestod av lösa flak som hade tornat upp sig och att man kunde spola bort dem med hjälp av förpropellern, visserligen här med förpropeller roterande back, men principen är i alla fall i huvudsak densamma.

#### PRAKTISKA FRÅGOR

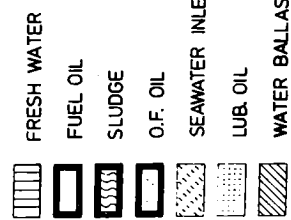
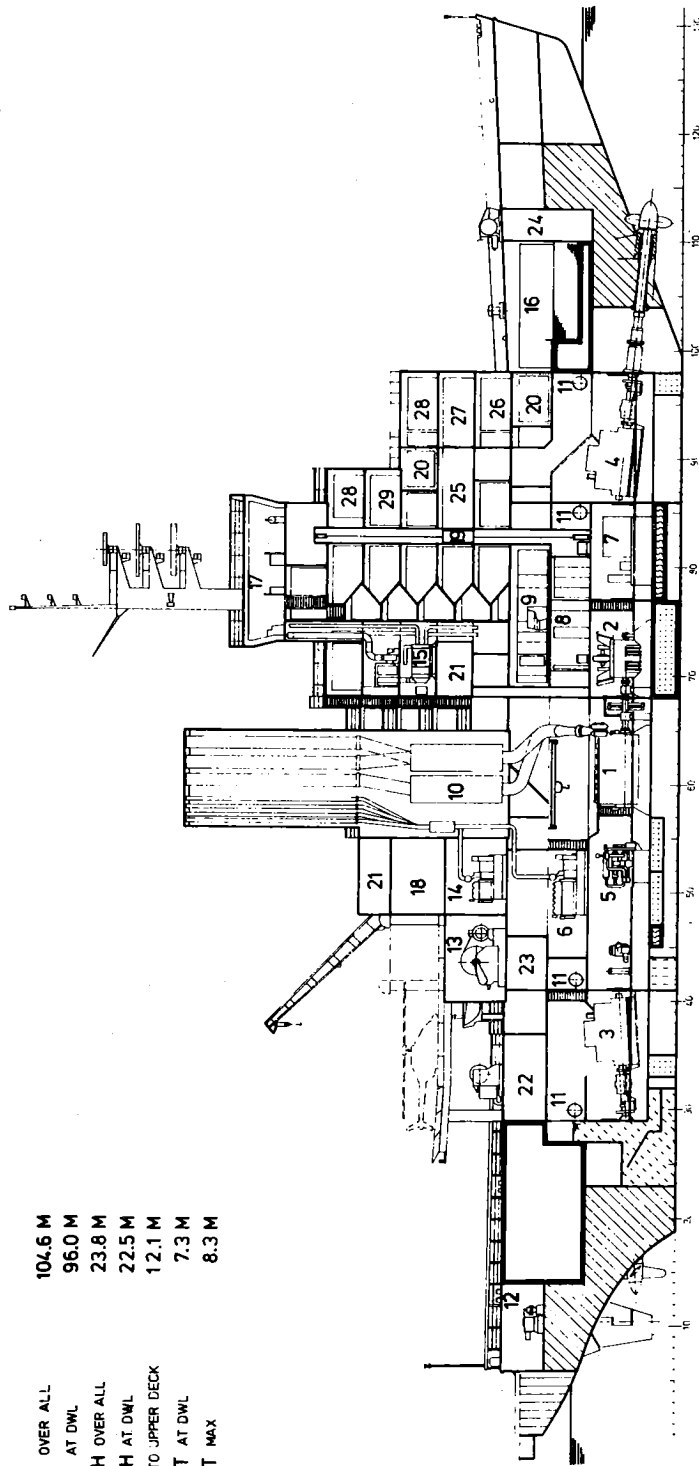
Till sist skall jag komma med några mer praktiska projekteringsfrågor: Fig. 9 är en profilsnitt av *Urho*-klassens isbrytare. De tendenser som man kan se i senare års isbrytarprojektering – som delvis gäller alla fartyg – är att inredningen koncentreras i rätvinkliga däckshus med inredning av modulariserade standardkomponenter. De sociala förhållandena ombord blir genom denna placering mycket bättre. Bullerproblemen är annars desamma som på andra fartyg, dvs de bullerkällor som gäller maskineriet. Vi har medelsnabblöpande dieslar också på andra fartyg än isbrytare. Där gäller det att ha ett sådant arrangemang att man inte placerar inredningen direkt gränsande till maskineriet eller i akterskeppet. Det som är speciellt för isbrytare är att vi har buller från isen och den självklara lösningen är att man inte placerar någon inredning i närheten av isbältet i skrovet utan allting i ett däckshus uppe på däck.

Sedan eftersträvar man naturligtvis raka kanaler och placerar maskinerierna så att man får ut avgasrören vertikalt utan att passera inredningen. Man gör så få tankar som möjligt och undviker i görligaste mån oljetankar mot bordläggningen för att de vid läckage i så fall skulle kunna förorsaka havsföroreningar. Ett annat fenomen som kan förefalla som en detalj är att man liksom på andra fartyg har tvingats frångå asbesten som isolerings- och garneringsmaterial. Det har varit en betydligt större fråga än man i första hand kunde tro. Man har övergått till plåtkassetter med bergullsfyllning.

Ytterligare en typisk praktisk isbrytarprojekteringsfråga är svårigheterna med ånga som kondenserar på insidan av bordläggning och skott i däckshus. När man för att förbättra miljön ombord inför befuktning, så blir de här svårigheterna naturligtvis betydligt större. Vi har gjort vidlyftiga undersökningar för att få fram isoleringsmaterial som tål att fyllas med kondensvatten i den mängd man har att räkna med.

# 22000 SHP ICEBREAKER

LENGTH OVER ALL	104.6 M
LENGTH AT DWL	96.0 M
BREADTH OVER ALL	23.8 M
BREADTH AT DWL	22.5 M
DEPTH TO UPPER DECK	12.1 M
DRAUGHT AT DWL	7.3 M
DRAUGHT MAX	8.3 M



- |   |                                    |    |                       |    |                              |
|---|------------------------------------|----|-----------------------|----|------------------------------|
| 1 | MAIN DIESEL ENGINE                 | 10 | SILENCER ROOM         | 20 | SAUNA                        |
| 2 | MAIN GENERATOR                     | 11 | HEELING PIPE          | 21 | AIR INTAKE FOR THE MACHINERY |
| 3 | AFT PROPELLER MOTOR                | 12 | STEERING GEAR         | 22 | CARGO HOLD                   |
| 4 | BOW PROPELLER MOTOR                | 13 | TOWING WINCH          | 23 | MACHINERY SHOP               |
| 5 | PUMPS AND COOLERS FOR MAIN DIESELS | 14 | EMERGENCY GENERATOR   | 24 | CHAIN LOCKER                 |
| 6 | AUX DIESEL GENERATOR               | 15 | AIR CONDITIONING ROOM | 25 | PENTRY                       |
| 7 | SEWAGE CLEANING TANK               | 16 | SWIMMING POOL         | 26 | CREW                         |
| 8 | APPARATUS ROOM                     | 17 | NAVIGATION CENTRE     | 27 | CREW'S MESS                  |
| 9 | MACHINERY CONTROL ROOM             | 18 | HELICOPTER HANGAR     | 28 | OFFICERS                     |
|   |                                    | 19 | LIFT                  | 29 | SALOON                       |

Fig. 9

Observera placeringen av bryggan för god sikt både föröver och akteröver, så att den tidigare förekommande akterbryggan kunnat slopas. Skorstenen är assymetriskt placerad.

En annan efterlängtd nyhet är placeringen av de ömtåliga generatorerna i ett eget rum.

Dubbelroderlösningen ger väsentligt förbättrad styrförmåga vid låg fart.

#### FRAMTIDENS ISBRYTARE?

Jag skulle vilja avsluta med att fantisera om hur en framtida, stor arktisk isbrytare skall vara skapt. Det är klart att den kommer att vara mycket stor och att hästkraftantalet kommer att överstiga 100 000. Den kommer att vara turbindriven, högst sannolikt med nukleär värmekälla. Vidare kommer den att ha ett blankt skrov, antagligen beklätt med rostfri plåt, antingen i form av en påsvetsad plåt eller compundplåt på mer eller mindre hela skrovet, så att det glänser som Nådendals sol, gör det halt som en tvål och förhindrar isbrytaren att fastna, minskar dess motstånd och ökar dess prestationsförmåga i hög grad. Propeller- och axeldimensioneringen kommer att helt eliminera haverier och möjliggöra idiotsäker manövrering. Mycket stora trim- eller krängningstankar kommer att ytterligare garantera rörligheten under alla isförhållanden.

#### LITTERATUR

- /1/ Enkvist, E, Johansson, B.M: On Icebreaker screw Design. European Shipbuilding No. 1-1968-vol. XVII.
- /2/ Johansson, B.M.: On the Ice-strengthening of ship Hulls. International Shipbuilding Progress, Vol. 14 no. 154-Juni 1967.
- /3/ Loid, H.P.: Propellerproblem-Propellerverkningsgradens beroende av bladutformningen. Styrelsen för Vintersjöfartsforskning. Forskningsrapport nr 4.
- /4/ Enkvist, E.: Fartygs framdrivningsmotstånd i is. Styrelsen för Vintersjöfartsforskning. Forskningsrapport nr 5.
- /5/ Каштелян, В.И., Рывлин, А.Я., Фадеев, О.В., Ягодкин, В.Я. Ледоколы. Издательство „Судостроение” Ленинград 1972.  
Engelsk översättning erhålles från The Defence Documentation Center, Cameron Station, Alexandria, Virginia 22314, USA.
- /6/ Johansson, B.M., Mäkinen, E.: Icebreaking Model Tests: Systematic Variation of Bow Lines and Main Dimensions of Hull Forms Suitable for the Great Lakes. Marine Technology, Vol. 10, No. 3, 1973.

## Navigering i isfarvatten.

*Kommendörkapten Sten Hjortzberg, sjöfartsverket*

### INLEDNING

De navigatoriska och operativa problem, som sjöfarten ställs inför under vintersäsongen, är av en helt annan karaktär än de man har att ta hänsyn till under den övriga delen av året. Vid gång i farvatten med is så finns det en hel del faktorer som påverkar navigeringen. I denna framställning kommer endast problem och faktorer, som har inflytande på navigeringen till sjöss att behandlas.

Is till sjöss är ett betydande hinder för alla fartyg, även för isbrytare. Vid navigering i isfarvatten fordras erfarenhet och man måste förstå med vilka krafter isen kan påverka ett fartyg. Om isförstärkta fartyg navigeras och manövreras på rätt sätt så har de dock stora möjligheter att gå fram även under svåra isförhållanden, då oftast under assistans av isbrytare. Isen erbjuder således inget oöverstigligt hinder för vintersjöfarts bedrivande under förutsättning att härför lämpade handelsfartyg utnyttjas och erforderliga isbrytarresurser kan avdelas.

Navigering i isfarvatten fordrar kunnighet, påpasslighet och tålamod. Det kan ofta vara mycket tröttsamt att gå fram genom isen, även om man har hjälp av isbrytare. Om isförhållandena är sådana att ett fartyg har möjlighet att gå runt ett besvärligt isområde, så är detta oftast den snabbaste och säkraste vägen, även om distansen blir avsevärt längre.

En faktor, som påverkar navigeringen i isfarvatten, är om ett fartyg är lastat eller ej samt vilka möjligheter ett fartyg har att ta in ballast för att öka djupgåendet. När ett fartyg inte är lastat, har det mindre tyngd och därmed mindre levande kraft, propellern ligger högre i vattnet och ger därigenom mindre effekt samtidigt som risken för skador på såväl propeller och roder som på skrov är större. Kylvattenintag skall vara så anordnade att de inte sätts igen av is eller issörja.

Under vintertid är de flesta, inte fasta sjömärken intagna. Många prickar står visserligen ute men isen har oftast flyttat dem från deras rätta lägen och man kan därför inte lita på utprickningen.

Landkonturerna kan förändras på grund av upptornande is och snö och sjömärken kan vara helt eller delvis översnöade. Fyrarnas lanterniner kan tillfälligt vara isbelagda och därigenom visa felaktigt sken. Kustbandets annorlunda utseende och sjömärkenas förändrade karaktär medför att Ortsbestämningen försvåras.

Under 1960-talet och början av 1970-talet har flytande sjömärken i stor utsträckning ersatts med fasta sjömärken. Det är framförallt fyrskepp och bojar som ersatts med bottenfasta fyrar. Det föreligger en allmän strävan att få samma utprickning under vintern som under sommaren.

Många fyrar har utrustats med racon, vilket gör att de speciellt vintertid är lättare att identifiera.

Vid gång i isfarvatten tvingas ofta ett fartyg att gå utanför gängse router och farleder för att undvika svårare is. Fartygen kan också tvingas att gå närmare land och grund än vad som är brukligt. Detta ställer stora krav på god och noggrann navigering och sjömätningen.

Fartyg utrustade med trycklogg kan inte använda denna i isfarvatten. Därigenom kan fart och distans inte erhållas från loggen. På grund av isens motstånd kan ej heller propellerns varvtal ligga till grund för död räkning.

På grund av isförhållandena kan det ofta vara omöjligt för lotsarna att möta fartyg på ordinarie lotspassningsställe. Lotssökande fartyg måste därför själva ta sig in närmare kusten eller in i skärgården, innan lots kan komma ombord. Då fartyg assisteras av isbrytare får de ofta följa efter isbrytaren tills de kommer till lämplig plats, där lots kan gå ombord.

Då isen kan vara i rörelse utanför kusten och infartslederna, föreligger stor risk för fartyg att utan isbrytarassistans och lots, vilken känner till strömförhållanden och isens rörelser i det aktuella området, söka sig in mot kusten och lotsplatsen. Fastnar fartyget, kan det komma i drift med isen och driva mot grund eller land eller in på sådant vatten att en isbrytare inte kan assistera. Fartygen kan i avvaktan på isbrytarhjälp tvingas att vänta utanför grövre isområden eller i öppet vatten.

#### NAVIGERINGSHJÄLPMEDEL

De fartyg, som numera trafikerar farvatten där det förekommer is, är i de flesta fall moderna och utrustade med sådana moderna navigeringshjälpmedel, som erfordras för att säkert framföra ett fartyg även under dåliga väderleksförhållanden.

Själva sättet att navigera i isfarvatten skiljer sig i princip inte från sättet att navigera i öppet vatten.

För närvarande har man huvudsakligen tre hjälpmedel för lägesbestämning, vilka är oberoende av sikten. Det är radar och Decca-navigator samt radiopejl. Många av de större fartygen har radar, antingen två 3-cm radar eller en 3-cm och en 10-cm radar. De flesta fartyg är numera utrustade med goda kompasser och nästan alla större fartyg har gyrokompass. Fartyg som trafikerar isfarvatten skall vara försedda med strålkastare så att de under mörker har möjlighet att följa den ränna som brutits av en isbrytare och för att de själva utan isbrytarassistans skall kunna söka sig fram den lämpligaste vägen genom isen.

Decca-navigator är ett mycket pålitligt och noggrant navigeringshjälpmedel. Decca-kedjan i våra nordligaste farvatten kommer att moderniseras. Det kan uppstå störningar på Deccan, t ex grynings- och skymningseffekt. Deccan är inte heller tillförlitlig i närheten av land eller i skärgården. Decca-navigator används därför huvudsakligen för lägesbestämning till sjöss.

I närheten av land och vid angöring samt vid gång i farleder såväl under dager som under mörker och dålig sikt används radar som navigeringshjälpmedel. Radar är också ett viktigt hjälpmedel vid gång i isfarvatten för att hitta rännor, avläsa isens beskaffenhet och då det gäller att följa en isbrytare under mörker och dålig sikt. Radar har dock sin begränsning och ger vid isspaning huvudsakligen endast goda resultat inom en radie av ca 3 nautiska mil.

Vid navigering med radar i isfarvatten kan det många gånger vara svårt att avgöra vad man mäter på. Is kan ha tornat upp sig mot land och man får därigenom felaktiga avstånd. Det fordras därför vana och erfarenhet att under sådana förhållanden läsa radarbilden och göra riktiga mätningar för en lägesbestämning.

Inom vissa områden i våra nordligaste farvatten är sjömätningarna av gammalt datum och sjökorten blir därigenom icke tillförlitliga.

#### MANÖVER I ISFARVATTEN

Som nämnts är radar ett viktigt hjälpmedel för fartyg, då de under mörker och dålig sikt skall följa efter en isbrytare. Med radarns hjälp kan avståndet till isbrytaren eller ett framförvarande fartyg hållas och kontrolleras. Fartyget har också möjligheter att se rännan så att den kan följas. Det fordras relativt stor vana och erfarenhet att bedöma isens beskaffenhet med hjälp av radar. Man lär sig snart att skilja is från öppet vatten. Detta är till stor nytta när isförhållandena är sådana att man kan gå fram i råkar och sprickor i isen. Detta inträffar i synnerhet på våren, då isen håller på att gå upp och är i rörelse. Vallar och vallområden är relativt lätta att se i radar, men det är ofta mycket svårt att bedöma deras svårighetsgrad.

Vid manövrering i isfarvatten måste man iakttaga stor försiktighet, dels för att undvika skador på fartyget och dels för att inte fastna i isen. Isen har mycket större kraft än man tror.

Det är framförallt propellrar och roder som är särskilt utsatta för skador. Men även skrovet kan bli utsatt för stora påfrestningar t ex om ett fartyg fastnar i isen och blir utsatt för isskrivning. Även fartyg av högsta isklass har under svåra förhållanden erhållit isskador i samband med svår ispress.

#### ASSISTANS AV ISBRYTARE

När isen blir av sådan svårighetsgrad att ett fartyg inte kan ta sig fram på egen hand genom isen kan det få assistans av isbrytare. En isbrytare kan assistera ett eller flera fartyg samtidigt beroende på aktuella isförhållanden. Vid stor trafikintensitet och om isförhållandena det medger kan en konvoj bestå av många fartyg. Vid ofördelaktiga vindförhållanden, då det uppstår isskrivning och isskjutning, kan det många gånger vara mycket svårt för en isbrytare att assistera fartyg. Fartygen kan få läggas i väntläge och man kan få invänta bättre väderförhållanden.

Sjöfartsverket har utgivit bestämmelser för fartyg som assisteras av isbrytare. Dessa bestämmelser, som i stort sett är likartade för de nordiska länderna, återfinns i Svensk Lots, del A och Underrättelser för sjöfarande. Det är mycket viktigt att fartyg följer dessa bestämmelser och de direktiv som isbrytaren lämnar. I den mån dessa anvisningar inte följs riskerar fartyget att inte erhålla fortsatt assistans.

Det föreligger en viss skillnad i att assistera stora, medelstora och små fartyg. I isbrytarsammanhang kan man till stora fartyg hänföra fartyg på över 10 000 ton DW. Ett stort och tungt fartyg med erforderlig isförstärkning och maskinstyrka har större möjligheter att ta sig fram genom isen och att följa en isbrytare än ett mindre och lättare fartyg, men ett stort fartyg kan vara svårare att bryta loss när det fastnat i isen. Det har även svårigheter att gira och att följa en ränna som ej är rak. Fartyg på 20 000 ton DW och däröver är klumpiga och svårhanterliga i isen.

Ett fartygs levande kraft har stor betydelse, t ex vid passage genom vallar eller vid gång i rännor fyllda med is och issörja. Som tidigare nämnts är det en avsevärd skillnad på ett fartygs framkomlighet genom isen om det är lastat eller ej.

Avståndet mellan isbrytaren och ett assisterat fartyg samt det inbördes avståndet mellan fartygen i en konvoj blir beroende av isförhållandena, fartygens storlek och maskinstyrka. Vid svåra isförhållanden och då rännan skjuter samman efter isbrytaren måste avståndet vara mindre än under lätta isförhållanden och då rännan står öppen. Vid assistans av stora fartyg måste avståndet vara förhållandevis stort. Då fartygen är mycket stora, händer det att fartygen på grund av kollisionsrisk går vid sidan om den av isbrytaren brutna rännan och för att minska risken för kollision, om isbrytaren plötsligt skulle stoppas upp av isen.

Isbrytaren måste eftersträva att hålla så rak kurs som möjligt och att undvika skarpa girar, speciellt vid assistans av stora fartyg.

Under vissa förhållanden måste man vid assistans av fartyg som är bredare än isbrytaren bryta dubbla rännor. Detta kan ta lång tid i anspråk, om man inte har två eller flera isbrytare tillgängliga.

#### BOGSERING AV ISBRYTARE

Det händer att fartyg på grund av svåra isförhållanden, t ex isskruvning eller mycket svårframkomliga rännor, måste bogseras av isbrytare. Man brukar skilja mellan lång och kort bogsering. Vid lång bogsering bogseras fartyget på ett avstånd av 50 – 100 meter. Vid kort bogsering, som numera är det vanligaste sättet för bogsering, tar isbrytaren in det bogserade fartyget i den klyka som finns i isbrytarens akter. Då isförhållandena är varierande är detta oftast den enda möjligheten att bogsera ett fartyg. Genom att ta in fartyget i klykan undviker man knyckar i bogservajern. Risken för kollision om isbrytaren plötsligt stoppar upp i en vall undviks. Fartyg med bulbstäv kan inte bogseras i klyka. Om ett fartyg är över 10 000 ton DW, har en isbrytare stora svårigheter att bogsera det i klykan. Eftersom bogsering endast tillgrips under svåra isförhållanden, då ett fartyg inte på annat sätt kan följa en isbrytare, blir det mycket svårt och tidsödande att under sådana förhållanden assistera fartyg som ej kan bogseras.

#### NEDISNING

Ett problem som många gånger förbises vintertid är risken för nedisning. Under vintern föreligger ofta risk för nedisning av fartyg vid gång i öppet vatten och då lufttemperaturen är under 0° samt vindstyrkan är så hög att det blir överstänk. Vid låg temperatur och vid hård vind kan ett fartyg nedisas ganska snabbt. Fartyget kan få slagsida och det kan i värsta fall till och med kantra. Vid nedisning blir det oftast svårt att röra sig på däck och ett nedisat fartyg får svårigheter att ta emot bogservajer från en isbrytare då halkipar, ankarklys, ankarspel och pollare är överisade.

#### VÄDERLEKS- OCH ISFÖRHÅLLANDEN

Vid all navigering är det viktigt att hålla sig väl underrättad om väderleksförhållandena och vid gång i isfarvatten även om isförhållandena. Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska institut (SMHI) gör dagligen under vinterhalvåret en sammanställning av de israpporter som erhålles från lots- och fyrplatser, isbrytare och handelsfartyg, helikopter och flygspaning samt i vissa fall satellitfotografier. De sammanställda uppgifterna utsänds i form av israpporter och iskartor på telegrafi, teleprinter, radiotelefoni, rundradio och telefax. Fartyg utrustade med telefax kan alltså mottaga en färdig iskarta. Israpporten och iskartan, om en sådan kan mottagas, kan ligga till grund för navigering genom isfarvatten.



Innan ett fartyg nalkas isfarvatten skall det ta kontakt med isbrytare som kan lämna ytterligare upplysningar och direktiv. Isbrytarna har telefax och de är även utrustade med telecopierapparater. Med de senare kan iskartor sändas till isbrytarledningen, SMHI och de svenska och finska isbrytarna. Iskartor kan även tas emot i motsvarande omfattning. Det finns möjlighet att utrusta handelsfartyg med telecopierapparater och därigenom skulle dessa fartyg kunna erhålla iskartor på samma sätt som isbrytarna.

Försök pågår med vindprognoser, som erhålles från SMHI för olika havsområden. Dessa prognoser kommer två gånger per dygn och ger vindriktning och vindstyrka för var sjätte timma. De är särskilt avsedda för isbrytarna och mera detaljerade än de som erhålles i de ordinarie väderrapporterna. Genom dessa vindprognoser är det tänkt att isbrytarna lättare skall kunna bedöma isens eventuella rörelser och därigenom förändringar i isläget.

#### HELIKOPTER- OCH FLYGSPANING

Helikopter- och flygspaning kan endast utföras vid någorlunda god sikt. Denna spaning, framförallt från helikopter, är av största betydelse för att snabbt få det aktuella isläget. En helikopter kan leda isbrytare och även handelsfartyg så att de väljer lämpligaste väg genom isen.

Isläget kan även utspanas med radar från högt flygande flygplan. Denna spaning kan ge en överskådlig bild av isläget i stort. För närvarande finns i Sverige inga större erfarenheter av denna metod men försök pågår.

#### VINTERSJÖFART I BOTTENVIKEN

Det har i det föregående lämnats en del allmänna synpunkter på de faktorer som påverkar navigeringen i isfarvatten och de problem som därvid kan uppstå. Vad finns det då med hänsyn till vad som tidigare framhållits för möjligheter till kontinuerlig vintersjöfart i Bottenviken?

De tre senaste vintrarna har av svenska isbrytarledningen bedömts såsom milda, liksom innevarande vinter, och av dessa har de två senaste varit exceptionellt milda. Det har varit möjligt att hålla hamnarna i Bottenviken öppna för sjöfart alla dessa vintrar med trafik i begränsad omfattning. Man får nog inte ta detta som intäkt på att året-runt-sjöfart är möjlig på Bottenviken under alla vintrar. Huruvida det skulle vara möjligt för handelsfartyg att med isbrytarhjälp gå fram genom isen i Bottenviken under normala och stränga vintrar har vi begränsade erfarenheter. Under tidigare vintrar har isbrytarna i början eller mitten av april utfört isrekognoscering i Bottenviken för att undersöka möjligheterna att så snart som möjligt öppna trafiken på hamnarna i Bottenviken. Vid flera tillfällen har isbrytarna därvid funnit isförhållandena så svåra att det inte ansetts möjligt att assistera fartyg. En eventuell assistans skulle tagit onormalt lång tid och riskerna skulle blivit för stora.

Vintern 1970-71, som var den besvärligaste av de senaste fyra vintrarna visade att det inom vissa områden i Bottenviken inte var möjligt att assistera handelsfartyg med hjälp av isbrytarna Tor och Njord. Under lång tid fanns det dock möjligheter att framföra trafiken längs den finska kusten. Många fartyg måste bogseras genom hela Bottenviken, då de inte hade möjlighet att för egen maskin följa isbrytarna. På Skelleftehamn förekom under ca en månad ingen sjöfart.

Det är inte enbart isens tjocklek som är avgörande utan framförallt de vallar och vallområden som bildas och i synnerhet vinden som sätter isen i rörelse och därvid pressar samman isen samt orsakar isskrivning. Vid ofördelaktiga vindförhållanden sluter sig rännorna nästan omedelbart efter isbrytaren och det är endast möjligt att assistera ett fartyg i sänder och då i allmänhet med bogsering.

Som tidigare nämnts finns det inte några erfarenheter av året-runt-sjöfart i Bottenviken under normala och stränga vintrar. Det finns emellertid erfarenheter från Bottenhavet.

Vintern 1969-70, som kan betraktas som en sträng vinter, hölls sjöfarten igång i begränsad omfattning i Bottenhavet med insats av endast en isbrytare. Under vissa tider var dock isförhållandena så svåra längs en del kuststräckor att trafiken måste omdirigeras och godset transporteras landvägen till en annan hamn, som kunde hållas öppen för sjöfart. Det uppstod långa fördröjningar och väntetider.

Under några vintrar och om man håller sig till senare år så var under vintrarna 1965-66 och 1969-70 Ålands hav under några månader totalt blockerat av is och fartyg destinerade till hamnar i Bottenhavet tvingades att gå genom Öregrunds och Åbolands skärgårdar.

Ett problem, som man kanske inte tänker på då det gäller året-runt-sjöfart på Bottenviken, är att det också finns is längre söderut. För att komma till Bottenviken måste man passera Östersjön, Ålands hav, Södra Kvarken och Bottenhavet. Under en normal vinter går iskanten under högvintern genom Ålands hav, och under en sträng vinter är större delen av Östersjön och även Västkusten isbelagda.

Av vad som sagts får man kanske den uppfattningen att det är omöjligt att idka sjöfart året runt på Bottenviken under normala och stränga vintrar. Detta torde dock inte vara omöjligt förutsatt att man har tillräckliga resurser. Om man med rimlig säkerhet skall kunna garantera sjöfart året runt på Bottenviken så fordras det att man sätter in stora och maskinstarka specialbyggda fartyg och att det finns tillräckligt antal isbrytare. Assistanssträckorna kan bli långa och många gånger tidsödande. Hur många fartyg en isbrytare kan assistera samtidigt blir beroende på is- och vindförhållandena. Det är inte heller säkert att det finns isbrytare på plats när ett handelsfartyg skall ha assistans utan fartyget kan få vänta. En faktor som också har betydelse när det gäller antalet isbrytare, är att under en normal vinter skall alla hamnar i Bottenhavet betjänas och under en sträng vinter tillkommer hamnarna i Östersjön och i extrema fall även Västkusthamnarna.

Det torde därför vara realistiskt att tänka sig att vi med de relativt begränsade isbrytarresurser som vi kan förutsättas att disponera under stränga vintrar tvingas att för längre eller kortare tid avbryta assistansverksamheten i Bottenviken.

#### SAMMANFATTNING

Sammanfattningsvis kan sägas att de navigeringshjälpmedel som för närvarande finns i huvudsak är tillfyllest för navigering vintertid i de farvatten som omger våra kuster. Beträffande väderprognoserna så har de blivit bättre och tillförlitligare och man får hoppas att de skall bli ändå mera tillförlitliga. Det kommer att fordras flera fasta sjömärken om det skall bli trafik med mycket stora fartyg. Sjömätningen måste kompletteras och sjökorten förbättras. Det är en stor fördel om det finns alternativa leder vid angöring av hamnar.

Vad som framförallt fordras vid navigering i isfarvatten är erfarenhet och tålamod. Man måste ha klart för sig att det tar längre tid att gå genom isbetäckta farvatten och att fartyg av denna anledning kan bli avsevärt fördröjda. Man måste hålla i minnet att väderleksförhållandena (med kyla, snö och stormar) oftast är sämre under vintern än under den övriga delen av året. Vintermörkret i våra nordligaste farvatten påverkar även navigeringen och möjligheterna att framföra fartyg.

Till sist bör framhållas att kvaliteten på handelsfartygen har förbättrats under senare år. Det har byggts flera fartyg av svensk-finsk isklass 1A och 1A Super. Isbrytarna har förbättrats och till nästa vinter får såväl Sverige som Finland nya isbrytare som är avsevärt kraftigare än de som nu finns. Men det är inte enbart storleken och styrkan på handelsfartyg och isbrytare som är avgörande. Det måste även finnas tillräckligt antal isbrytare för att betjäna sjöfarten på vår långa kust under stränga vintrar.

Sjöfart i isfarvatten är inte omöjlig om det finns tillräckliga resurser i form av kraftiga isbrytare och handelsfartyg och befäl, som har erfarenhet i att navigera och manövrera dessa fartyg under de speciella förhållanden som är rådande i samband med vintersjöfart.

## Behovet av vintersjöfartsforskning

*Sjöfartsrådet Oso Siivonen, sjöfartsstyrelsen, Helsingfors.*

Först vill jag framföra finska sjöfartsstyrelsens tack till Luleå kommun och till svenska sjöfartsverket för att de arrangerat detta symposium. Fastän inbjudan till symposiet var utfärdad i vardera sjöfartsverkens namn har arbetsbördan för de praktiska arrangemangen burits på den här sidan av Bottenviken.

Likaså önskar jag framföra generaldirektör Helge Jääsalos hälsning till symposiets arrangörer och deltagare. Generaldirektör Jääsalo kunde dessvärre inte delta på grund av andra engagemang.

Huvudrubriken för den här programpunkten är "Behovet av vintersjöfartsforskning". Under den har sammanförts redogörelser för forskningsarbeten som finansieras och leds av Styrelsen för Vintersjöfartsforskning och som för närvarande pågår.

Då man vill klarlägga behovet av forskning kan det vara skäl att göra en tillbakablick. Åtminstone i Finland kan man rätt väl fastställa när vintersjöfarten inleddes. Man anser att det började med att ångfartyget EXPRESS år 1876 inledde reguljär trafik året runt mellan Hangö och Stockholm. Vi kan alltså snart fira vintertrafikens 100-årsjubileum.

I allmänhet var det möjligt att inleda vintertrafik då fartygen började byggas av stål och man tog propellern i bruk. Från dessa första tider har vintersjöfarten avancerat långt på den praktiska erfarenhetens väg. Utvecklingen inom industri och näringsliv ställde allt högre krav på vintersjöfarten.

Det byggdes isförstärkta fartyg men det gjordes mest så att man förstärkte vanliga fartyg, tänkta för gång i öppet vatten. Man försökte visserligen forma fartygens förskepp för gång i is. Härvid utgick man dock från linjer ämnade för öppet vatten och fäste mest vikt vid vinkeln mellan förstäven och vattenlinjen. Man åstadkom på så sätt ett förskepp med en form som knappast nämnvärt förbättrade förmågan att ta sig fram i is, medan egenskaperna i öppet vatten försämrades avsevärt jämfört med ett systerfartyg ritat helt för sommartrafik.

Då isbrytarna utvecklades och trycket växte för upprätthållande av vintertrafik var man tvungen att övergå till att projektera fartyg enkom lämpade för vintertrafik i stället för att nöja sig med isförstärkta sommarfartyg. Det var av denna orsak nya isklassbestämmelser utarbetades under åren 1969–1972. Initiativet kom från Sverige och bestämmelserna borde vara gemensamma och kallas finsk-svenska, eller på den här sidan Bottenviken svensk-finska. Dessa bestämmelser siktar på att förbättra fartygets hållfasthet och på att optimalt utnyttja det stål som används till förstärkningen. En avsikt med de nya bestämmelserna, fastän icke så klart uttryckt, var att möjliggöra större hastighet för de konvojer som assisteras av isbrytarna.

Här i Sverige har ni inom olika sektorer av administrationen strävat efter att tillämpa självförsörjningsprincipen. Enligt denna princip har frågan väckts, vad handelsflottan satsar på vintertrafiken, då staten satsar stora summor på byggandet av isbrytare. I Finland har vi inte haft så häftiga diskussioner om ömsesidighet. I fråga om utrikeshandeln har Finland ibland liknats vid en ö, vars hela kust fryser till. Då finns det inga andra alternativ än att bygga isbrytare och isförstärkta handelsfartyg.

Jag har förstått att diskussionerna om ömsesidigheten var som häftigast då man behandlade frågan om beställningen av de isbrytare av Urho-klass, som nu är under byggnad. Det var väl närmast dessa diskussioner som ledde till att sjöfartsmyndigheterna i Sverige och Finland beslöt att bilda Styrelsen för Vintersjöfartsforskning. Styrelsens uppgift är att inleda och inspirera undersökningar ur vilka de personer som ansvarar för handelsflottans utveckling och planering kan få fram uppgifter som lämpar sig som underlag för beslut.

Det har i något sammanhang påståtts att dessa undersökningar, som utförts på Vintersjöfartsstyrelsens initiativ saknar ett klart definierat mål. Det kan synas så, då undersökningarna fördelats på många olika områden. Frågan är dock om forskningen kan vara mer koncentrerad i ett skede när vi saknar tillräckliga kunskaper till och med i en så grundläggande fråga som hållfasthetsegenskaperna hos våra kära bottenviksisar. En undersökning av isens hållfasthet var ett av de första forskningsprojekten. Dessvärre har naturen börjat sabotera forskningsprogrammet; de två gångna, milda vintrarna har icke gjort det möjligt att utföra alla erforderliga försök. Av denna orsak är vi inte vid detta symposium i tillfälle att höra en redogörelse över de undersökningar som för närvarande utförs vid Uleåborgs universitet. Även vissa andra forskningsprojekt har fördröjts, men trots inskränkningarna i det här symposiets ämnessfär och vetenskapsmännens förargelse, måste vi vara tacksamma för dessa milda vintrar som har möjliggjort året-runt-trafik på Bottenviken redan i tre-fyra år. Det skulle inte vara möjligt annars, innan vi fått utökad isbrytarkapacitet.

För att återkomma till vintersjöfartsforskningens målsättning, så har åtminstone styrelsens mål varit att inleda sådana undersökningar som kan vara av omedelbar nytta för:

- dem som inom rederierna planerar *trafiken*,
- projektörer av *fartyg* både inom rederier och varv,
- dem som *leder* vintertrafiken, samt
- *befälet* på enskilda fartygs kommandobryggor.

Styrelsen för Vintersjöfartsforskning anser att ett sådant forskningsprogram, som tjänar vintertrafikens praktiska behov, utgör en tillräckligt väldefinierad målsättning. Om verksamheten — på grund av att forskningsfältet är så vidsträckt — verkar att sakna sammanhang är detta intryck endast skenbart.

I tidigare föreläsningar har vi fått höra redogörelser för undersökningar som redan genomförts. I följande föreläsningar kommer det att talas om pågående undersökningar. Styrelsen för Vintersjöfartsforskning har på sitt program även projekt som ännu icke inletts. Det ursprungliga avtalet mellan Finland och Sverige gällde ett treårsprogram som går ut i och med detta år. Vardera landets sjöfartsmyndighet har beslutat att samarbetet skall fortsättas tillsvidare enligt avtalets bestämmelser.

I Finland har vi börjat ordna för att anslag skall kunna erhållas för år 1975. Vi har föreslagit 400 000 mark. Och jag har förstått att man även i Sverige håller på att planera finansieringen i fortsättningen.

## Pågående och kommande arbeten vid SSPA inom ramen för isforsknings-samarbetet

*I.e forskningsingenjör Hans Peder Loid, Statens skeppsprovningssanstalt, Göteborg*

### INLEDNING

Statens skeppsprovningssanstalts (SSPA) verksamhet är begränsad till området hydromekanik. Inom detta område bedriver SSPA forsknings- och utvecklingsarbete på bl a fartygs motstånd, propulsion, styrning och sjöegenskaper (fig. 1-4).

Arbetet bedrivs parallellt med teoretiska studier, försök i modellskala och i fullskala.

På ovan nämnda områden kan skeppsprovningssanstalten verksamt bidra till att öka fartygens förmåga att gå i is, dels med befintliga kunskaper, dels också med utveckling och anpassning av dessa i den riktning vintersjöfartsforskningen kräver. Jag kommer här att kort peka på de insatser SSPA gjort tidigare på vintersjöfartens område, kortfattat redogöra för innehållet i Styrelsens för Vintersjöfartsforskning rapport nr 4 och slutligen redogöra för potentiella möjligheter till forsknings- och utvecklingsarbete vid SSPA på vintersjöfartens område.

### TIDIGARE VERKSAMHET

Sedan skeppsprovningssanstaltens tillkomst 1940 har med jämna mellanrum forsknings- och utvecklingsarbete med anknytning till vintersjöfarten utförts vid SSPA.

Projektanvisningar och provning av isknivar liksom fartygs propulsion vid gång i is är exempel på arbeten som utförts. SSPA har naturligtvis deltagit med modellförsök vid projektering av isbrytare. Exempel på isbrytare, som i modellskala provats vid skeppsprovningssanstalten, är finska *Karhu*, ryska *Moskva* och *Leningrad* (fig. 5) samt svenska *Thule* och *Oden*.

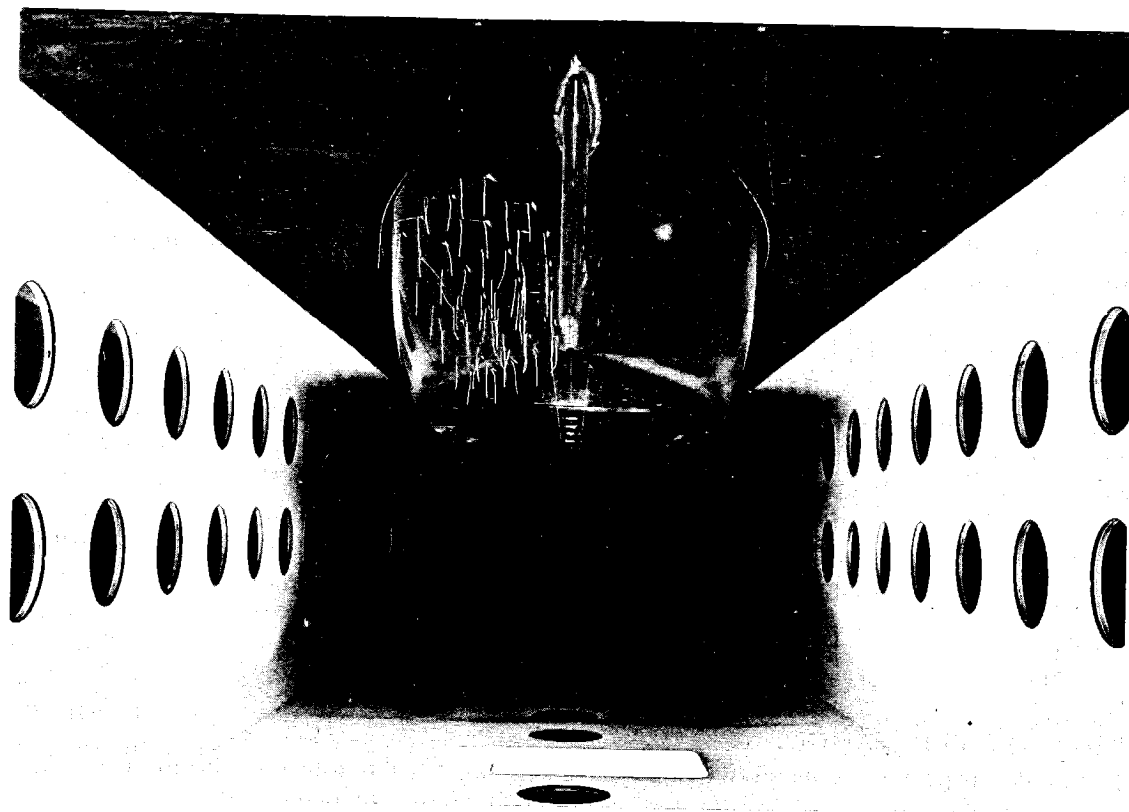
Bland de arbeten som tidigare utförts vid SSPA inom vintersjöfartens område vill jag gärna nämna NORDSTRÖM, EDSTRAND och LINDGREN /1/. Detta arbete redovisar jämförande studier av olika propeller- och skrovarrangemang på isbrytare utförda i början av 50-talet. I modellskala undersöktes exempelvis strömningen kring förskeppet och propulsionsegenskaperna på isbrytare med en respektive två förpropellrar.

I enpropelleralternativet visar resultaten, att strömningen kring förskeppet blir osymmetrisk, se fig. 6. Med en hörgängad propeller blir det bättre strömning på babordssidan. Detta medför att suget för att hjälpa till att bryta isen och förmågan att föra undan isen blir större på ena sidan. Vidare kommer akterpropellrarna att få arbeta i olika medströmsfält.

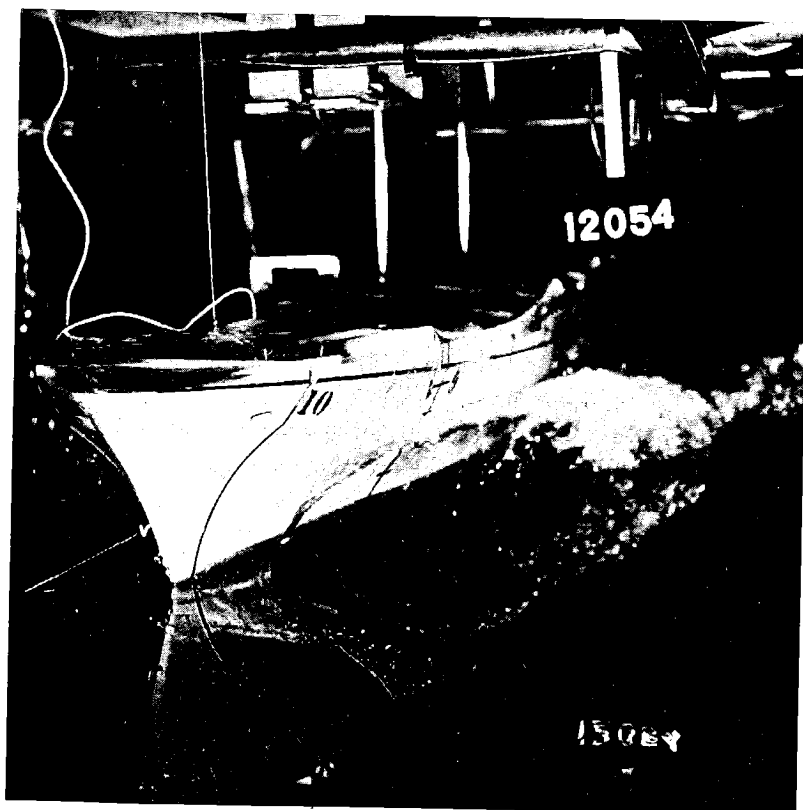
Vid ett tvåpropellerarrangemang i fören föreligger inte detta problem. Man kan emellertid åstadkomma bättre symmetri beträffande strömningen i enpropelleralternativet genom att göra förskeppet osymmetriskt, se fig. 7 och 8.

### FORSKNINGSRAPPORT NR 4

Under 1973 genomförde skeppsprovningssanstalten en studie rörande propellrar inom ramen för isforsknings-samarbetet. Jag redovisar kortfattat resultaten av denna studie.



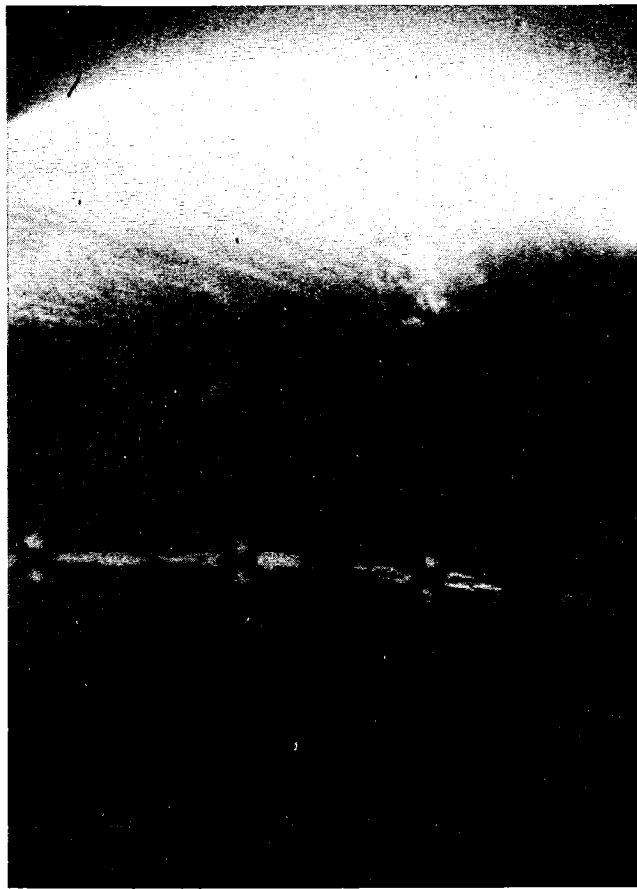
*Fig. 1 Modell i SSPA's stora kavitationstunnel*



*Fig. 2 Modellförsök. Fartyg i vågor*

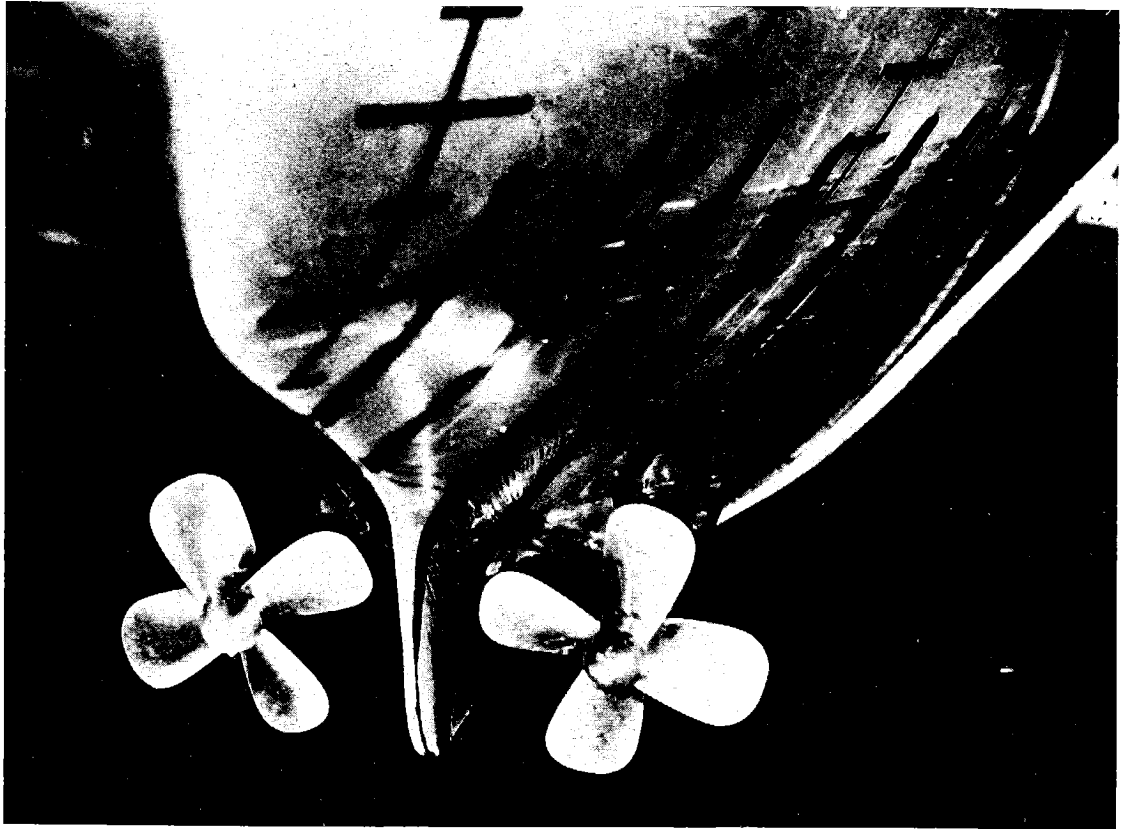


*Fig. 3 Modellförsök. Motroterande propeller*



*Fig. 4 Kavitation på fullskalepropeller*





*Fig. 5 Modell av isbrytaren Moskva*

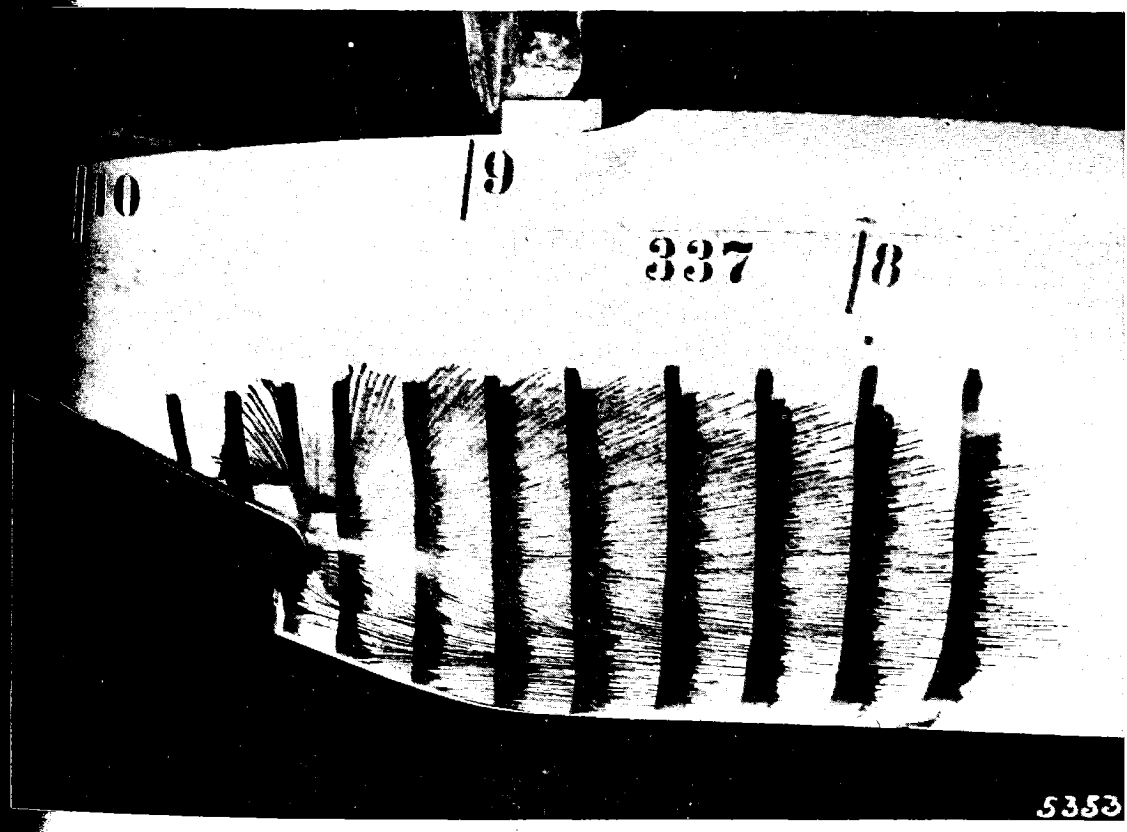
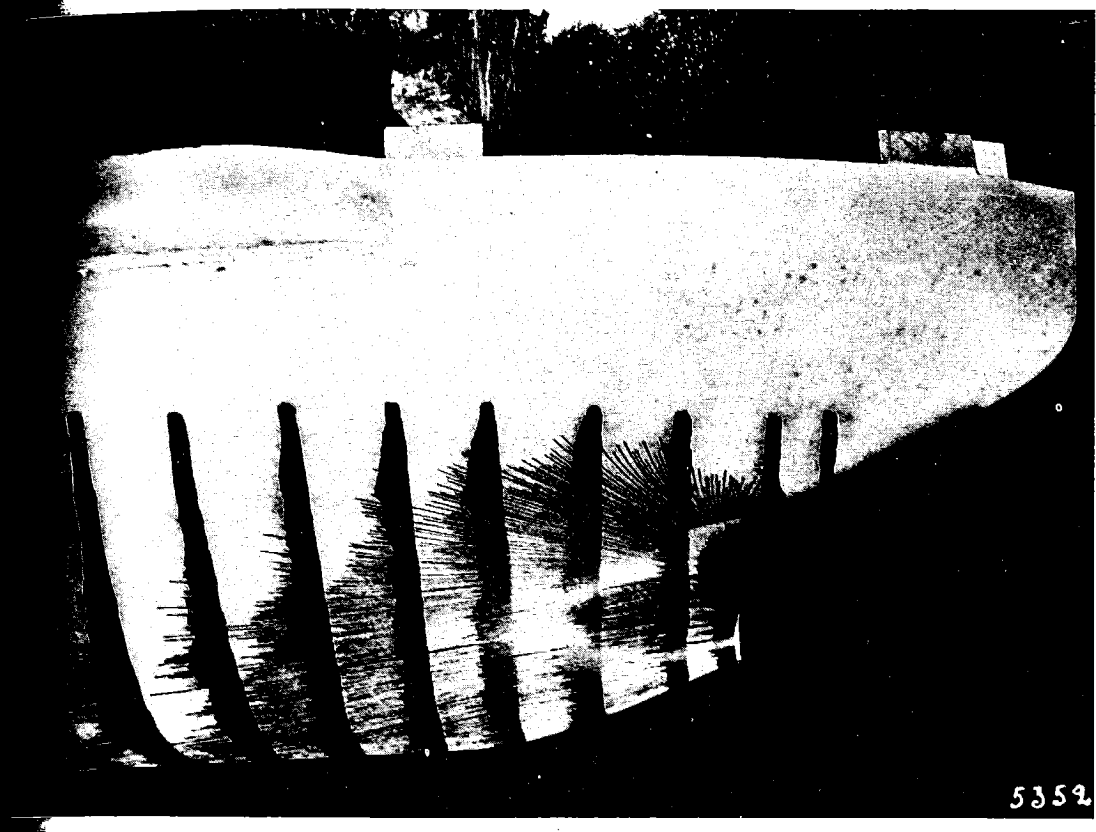


Fig. 6 Strömlinjer kring förskepp på isbrytare

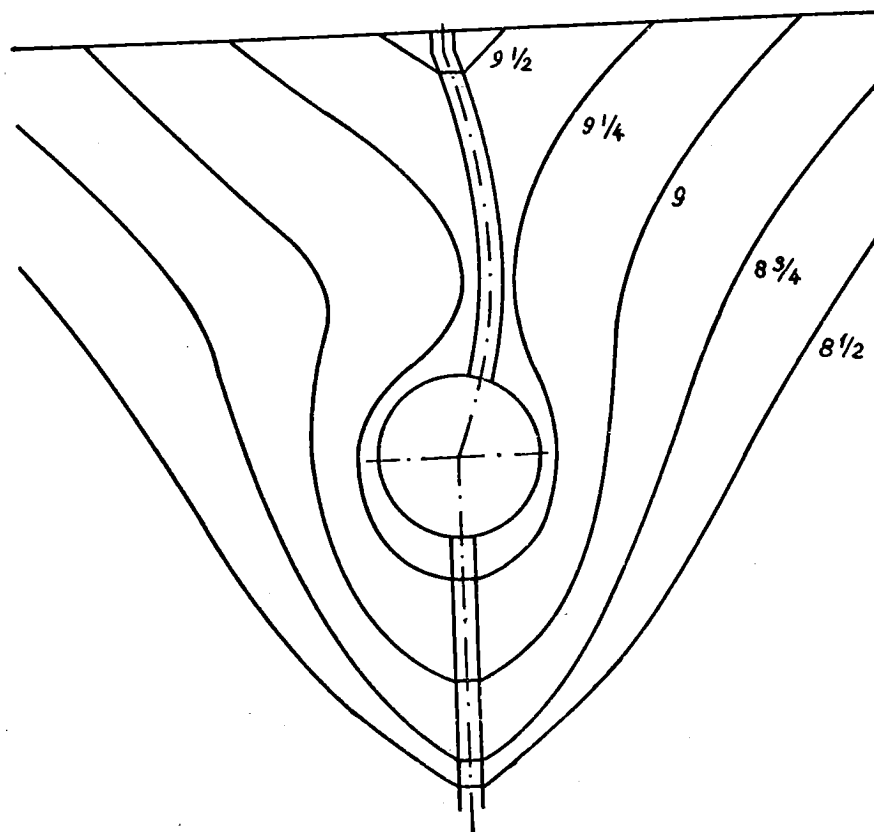
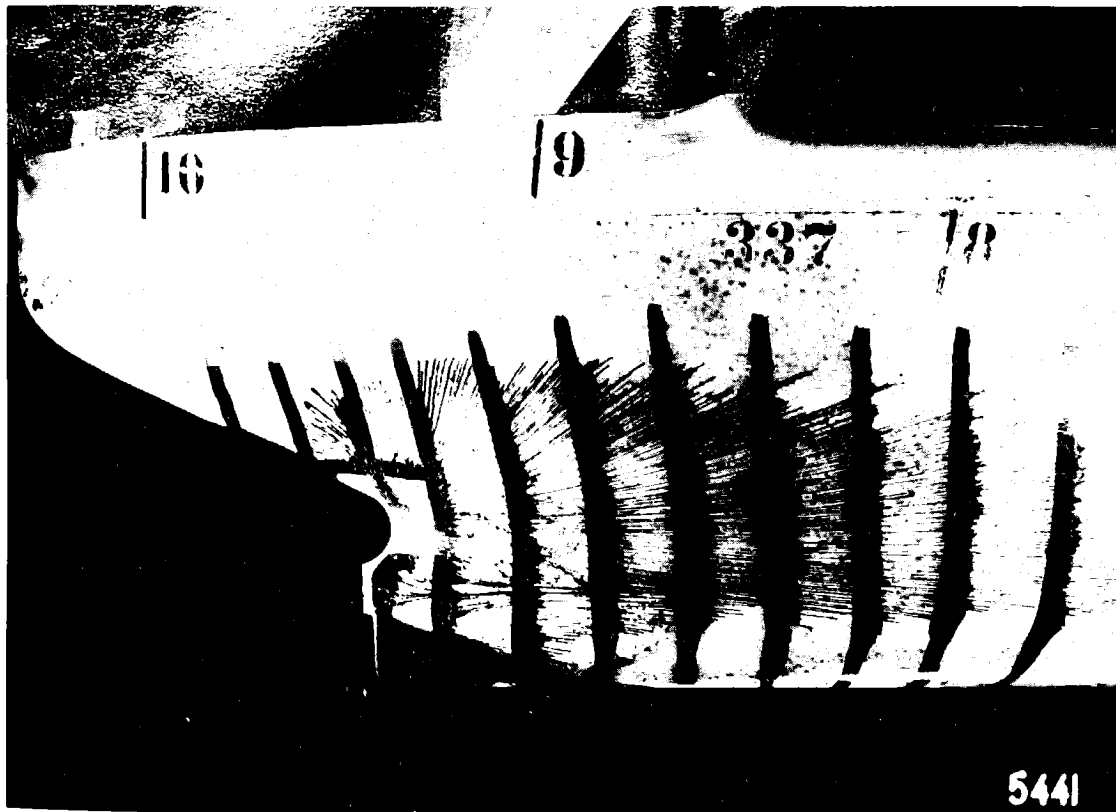
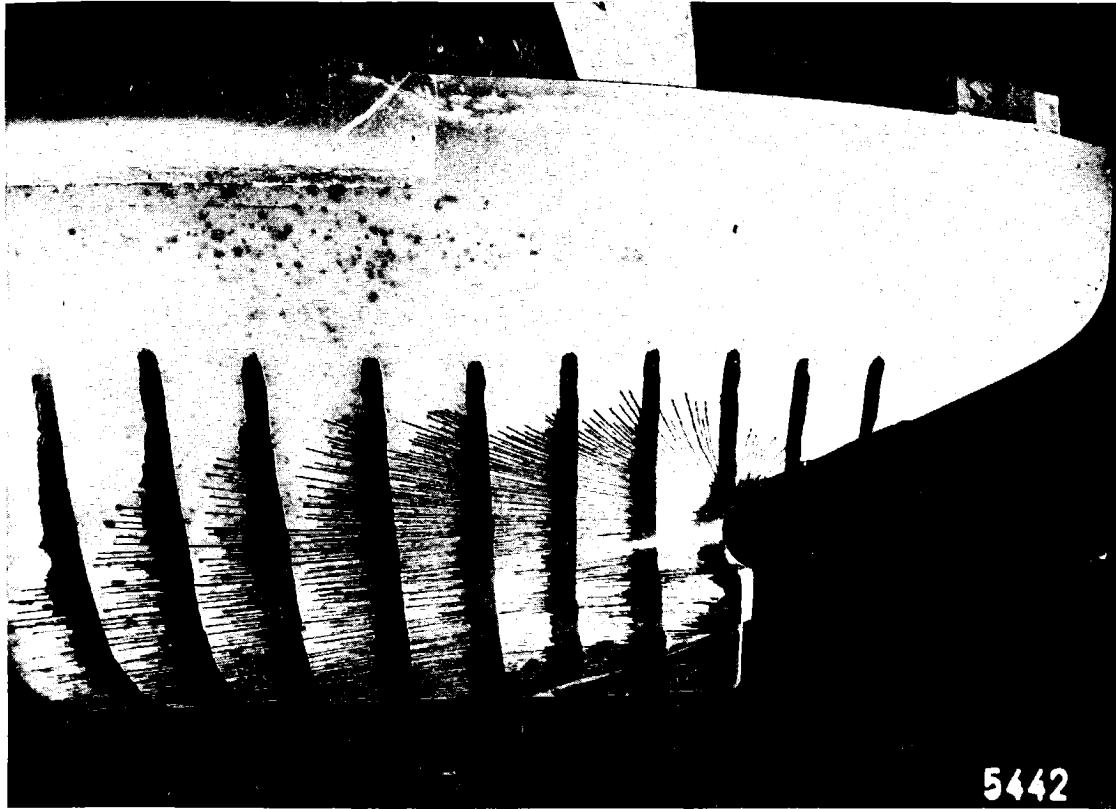


Fig. 7 Model No. 337: Unsymmetrical Stern

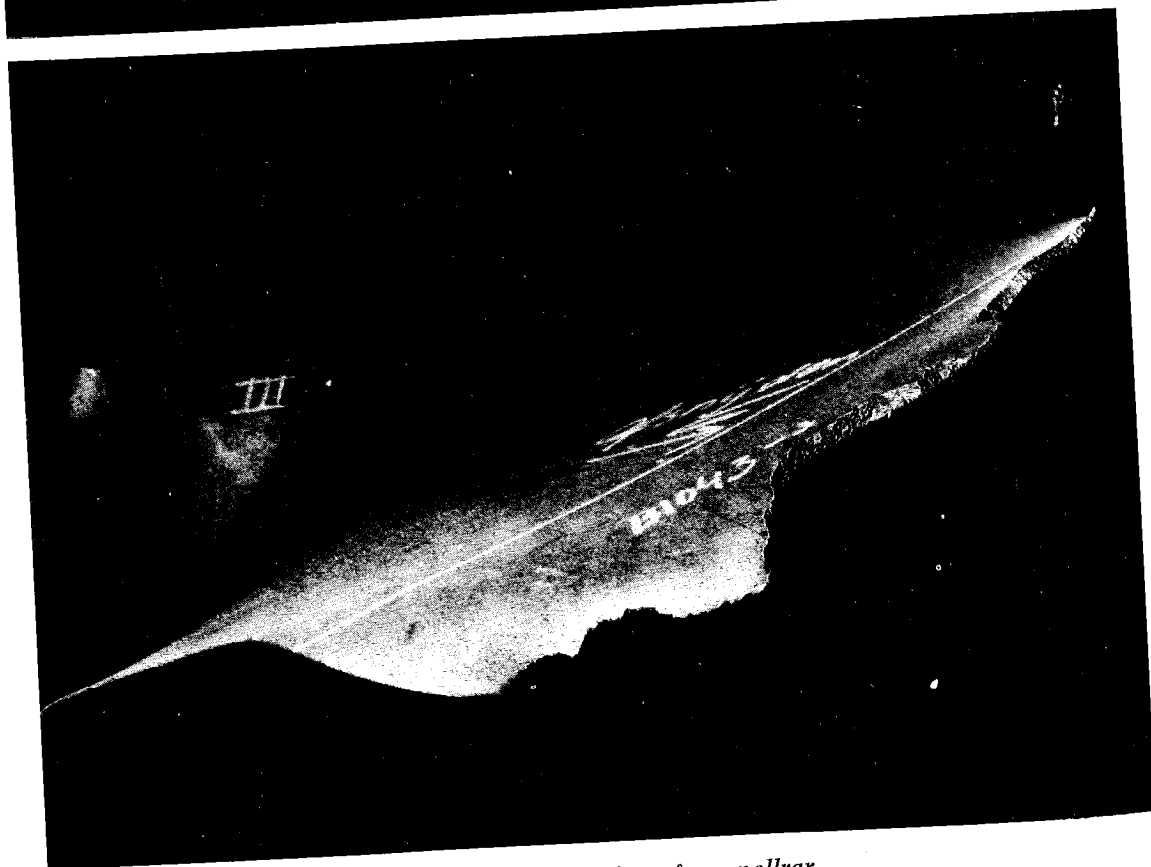
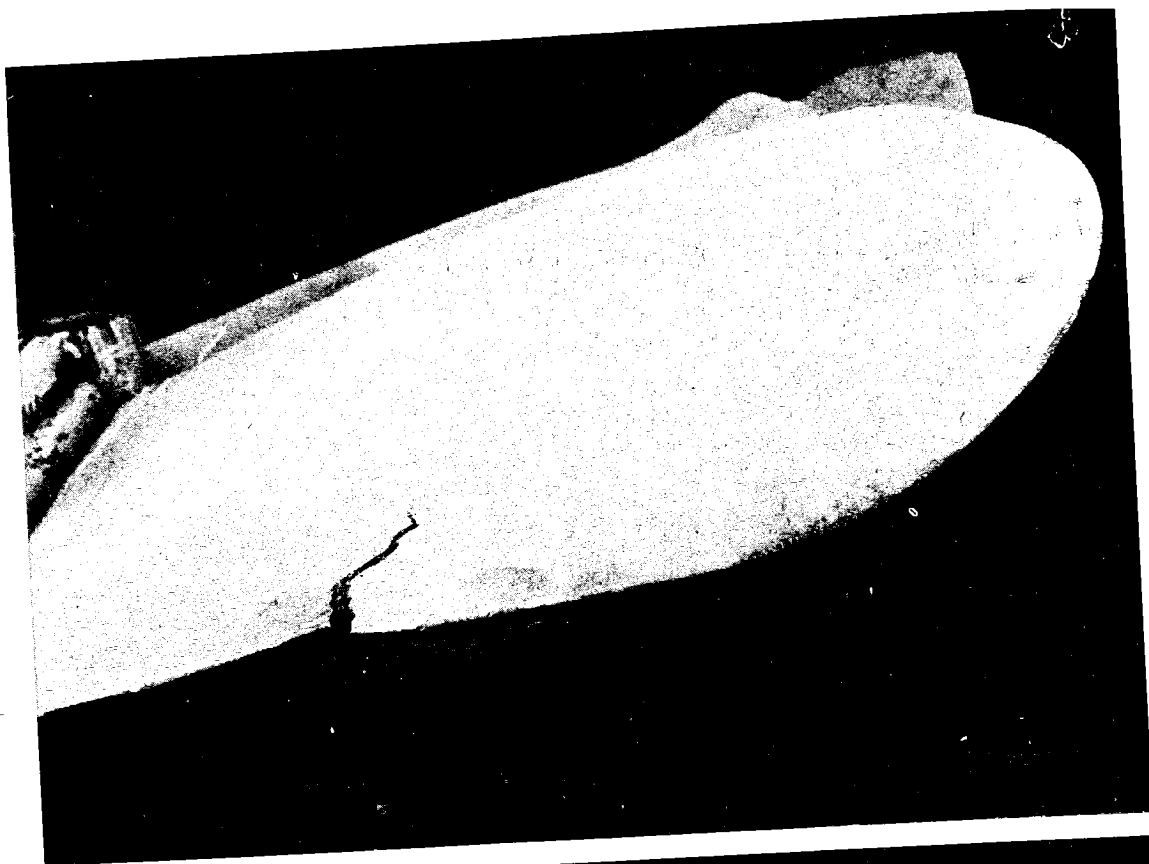
Arbetet bestod i huvudsak av två delar. För det första att analysera det material om isskador på propellrar som samlats vid försäkringsbolagen under åren 1962–71. I fig. 9–11 visas några exempel på propellerskador vid gång i is. För det andra att med ledning av detta material studera propellerverkningsgradens beroende av bladutformningen.

Följande kritik kan riktas mot den haveristatistik som erhållits:

- Statistiken omfattar ej uppgifter från alla försäkringsbolag.
- Då några försäkringsbolag tillämpar en hög "alltid avdragbar franchise" kommer knappast några skador från dessa bolags försäkringstagare att förekomma i statistiken.
- Som propellerskador rubriceras även skador, som endast har berört axlar, cederwallsboxar, omställningsmekanismer, etc. (Den aktuella studien berör endast propellerbladen.)
- Svårigheten att bedöma huruvida en propellerskada är en iskada accentueras av förhållandet att vid isskador betalar försäkringen endast 75 % av skadan.
- Ingen systematisk beskrivning av propellerskadornas läge och omfattning finnes i arkivmaterialet på försäkringsbolagen. I ett fåtal fall kan fotografier redovisas.



*Fig. 8 Strömlinjer kring osymmetriskt förskepp på isbrytare*



*Fig. 9, 10 Isskador på propellrar*

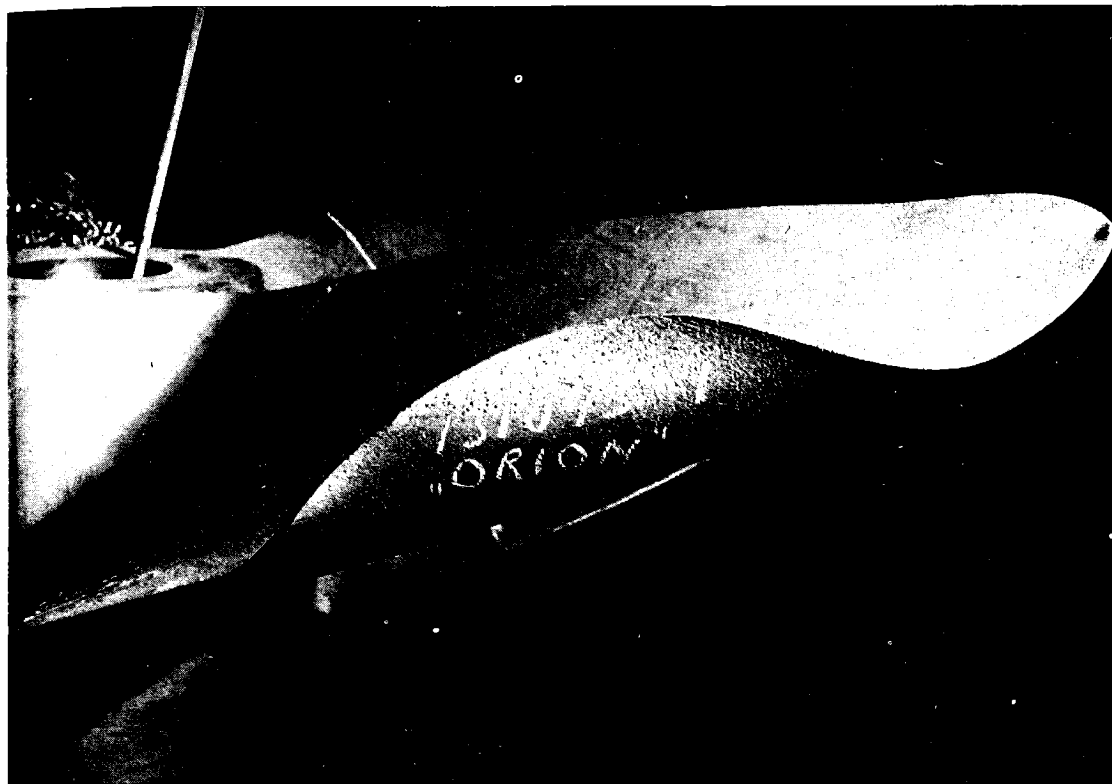


Fig. 11 Isskadad propeller

Fördelningen av skadorna under tiden 1962–1971 framgår av diagram i fig. 12. I samma diagram finns inlagt medeltemperaturen under januari–mars i Stockholm, Härnösand och Haparanda som ett mått på hur svår vintern har varit. Ett klart samband föreligger (naturligtvis) mellan antalet isskador och medeltemperaturen. Låg medeltemperatur gör högre antal skador.

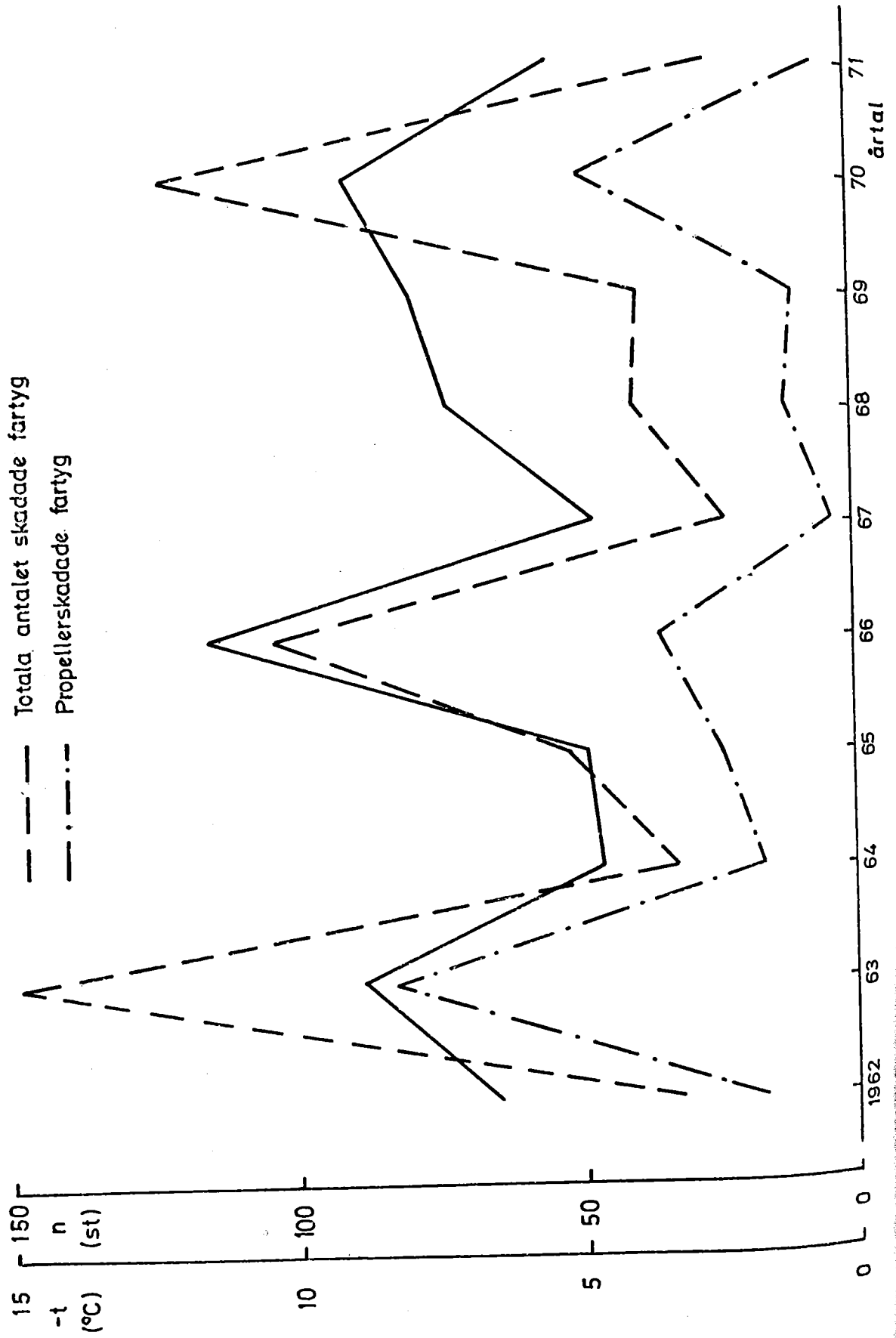
I fig. 13 redovisas fördelningen av totala antalet skador och antalet propellerskador på fartygs storlek. Studeras propellerskadornas andel av totala antalet skador fördelat i tiden, se fig. 14, framgår att antalet propellerskador relativt sett har minskat under hälften. Det är svårt att förklara varför. En hypotes är att nedgången beror på att antalet mindre fartyg i trafik radikalt minskade under första hälften av 60-talet. Detta motsägs emellertid av diagrammen i fig. 13 som visar att fördelningen av propellerskador och totala antalet skador på fartygsstorleken är samma.

Skadestatistiken gav inte några tekniska angreppspunkter för studier av hur bladutformningen påverkar bladhållfastheten, varför problemställningen måste studeras förutsättningslöst.

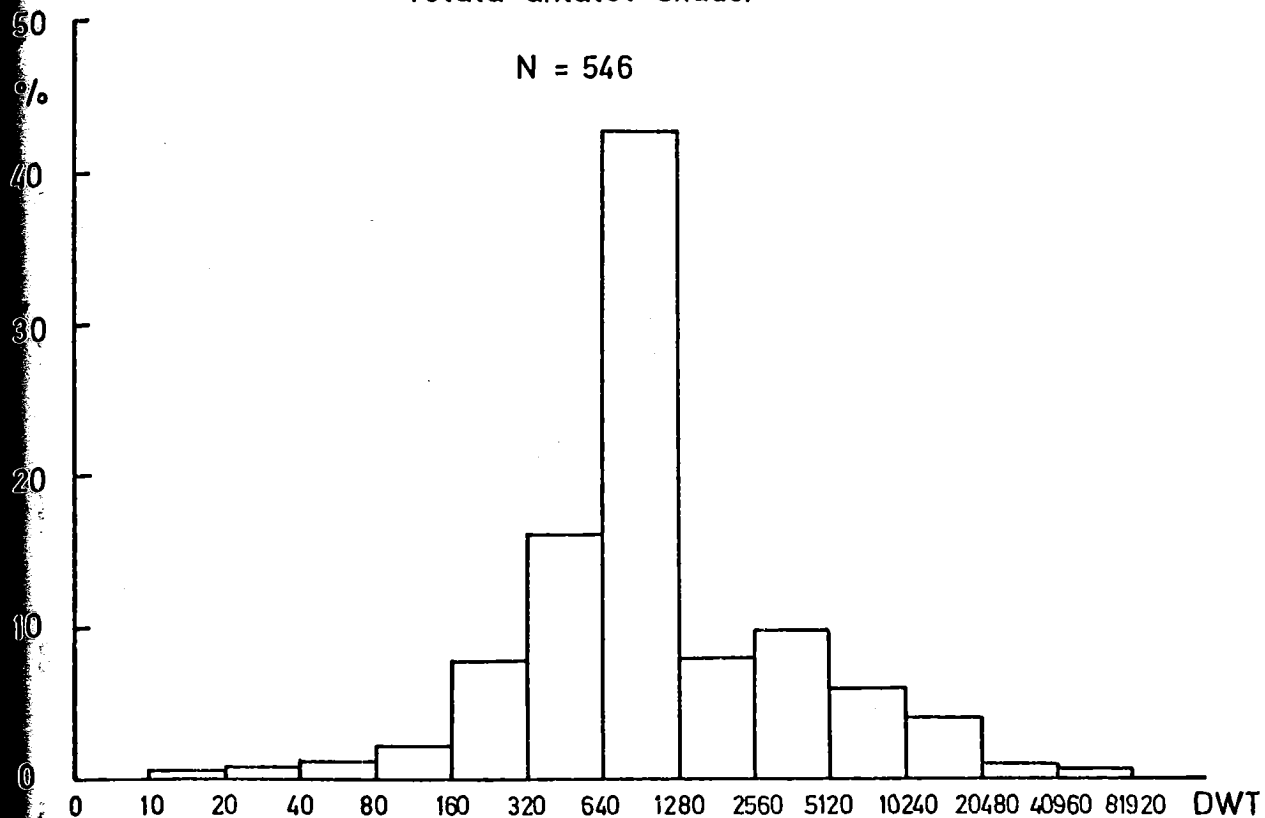
Beträffande bladutformningen kan tre variabler anses vara av intresse ur hållfasthets-synpunkt: Bladlängden, bladtjockleken och framkantsradien. Att öka bladlängden innebär en minskning av propellerns hållfasthet vid gång i is. Å andra sidan är en konstant kavitationsmarginal i radiell led över propellerbladet önskvärd. Konstant kavitationsmargi-

Fig. 12 Skadornas antal fördelat i tiden

Medeltemp. jan.-mars, för Stockholm, Härnösand, Haparanda.



Totala antalet skador



Propellerskadade fartyg

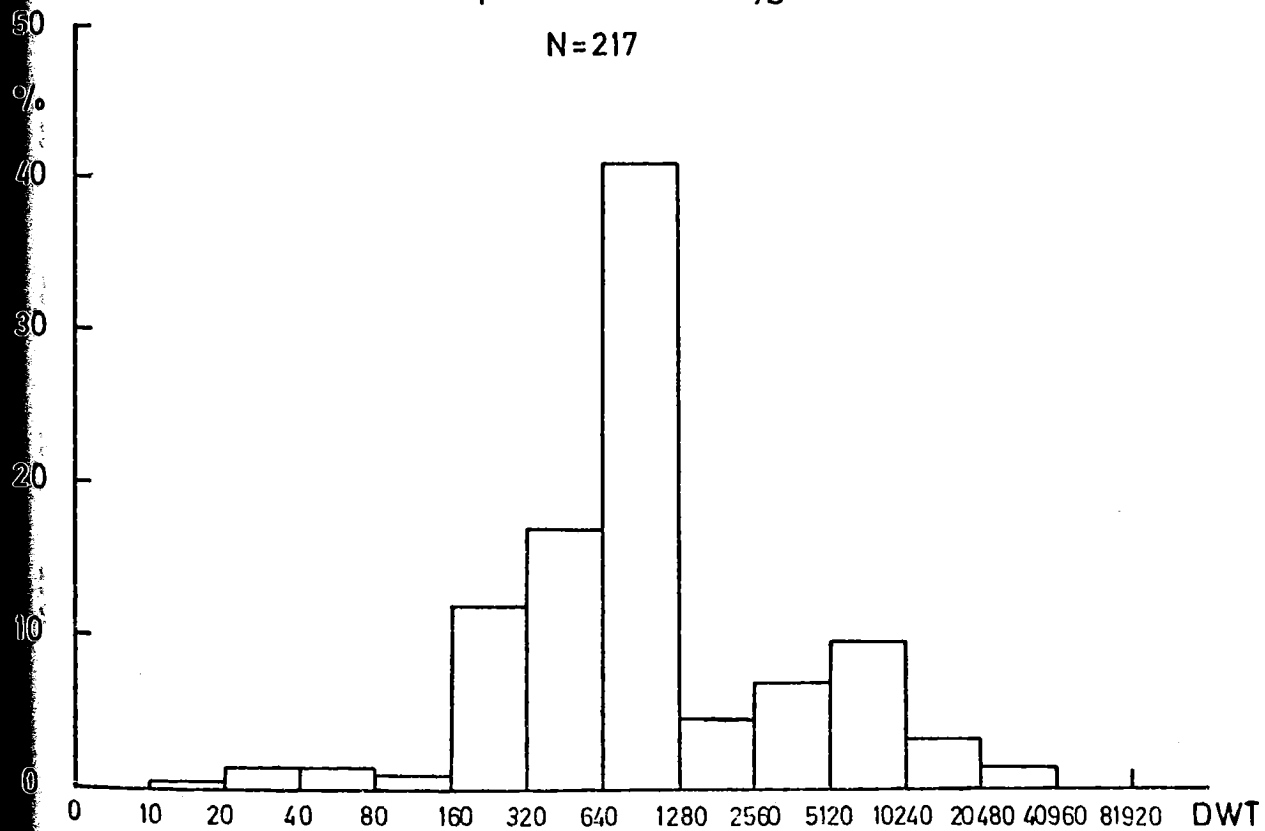
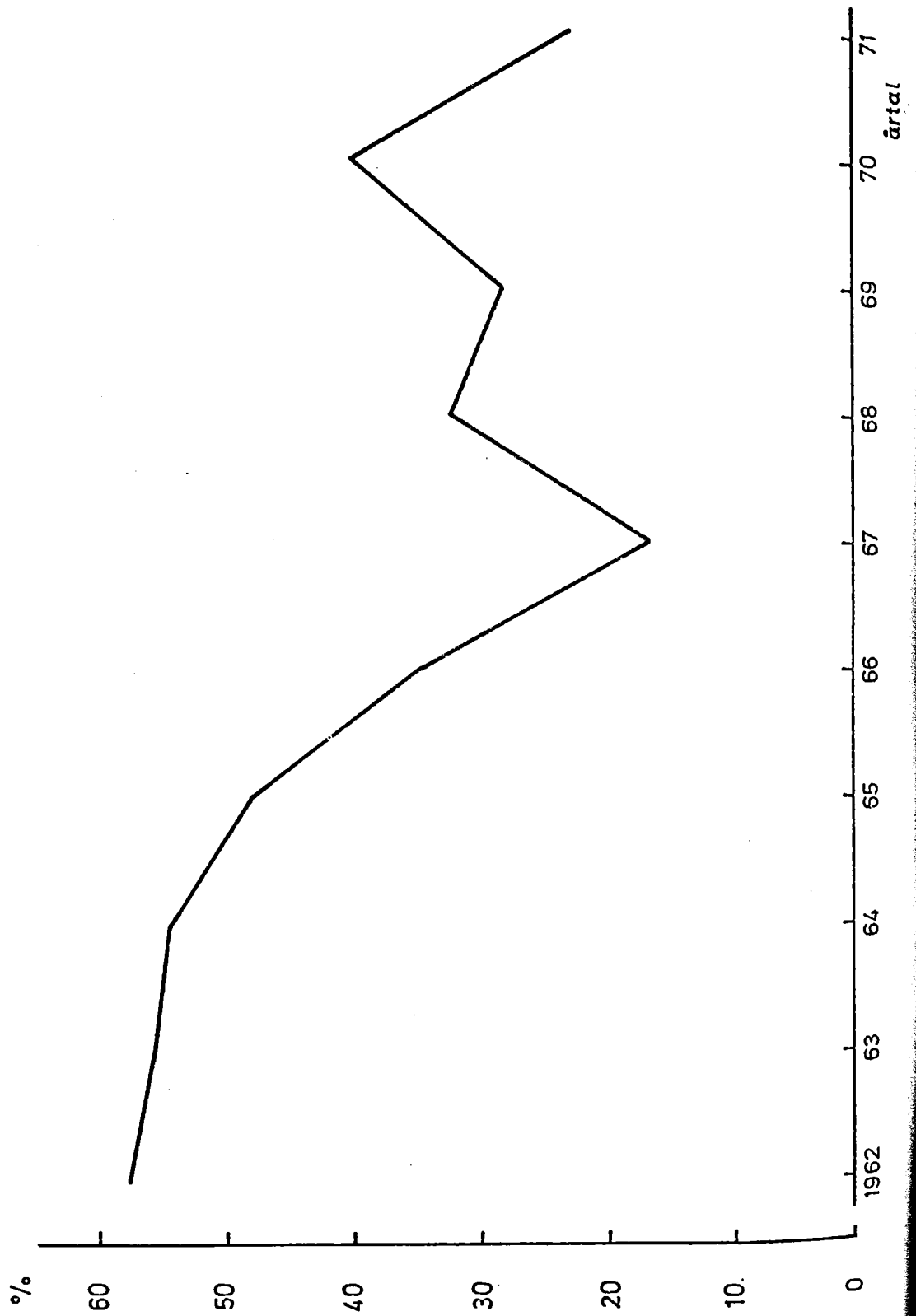


Fig. 13 Fördelning av skadade fartyg vid gång i is



Fig. 14 Propellerskadornas andel av totala antalet skador

$\frac{\text{Propellerskador}}{\text{tot. ant. skador}}$



nal erhålles genom val av en satisfierande bladlängdsfördelning. Vidare påverkar bladets yta direkt nivån på kavitationsmarginalen. Man kan således inte för att tillfredsställa hållfasthetskrav ändra på bladlängderna.

Här studeras därför propellerverkningsgradens beroende av bladtjockleken. Framkantsradien synes inte påverka profilmotståndet i så hög grad att verkningsgradsförändringen blir av intresse.

I fig. 15 visas propellerverkningsgradens beroende av bladtjockleken i två beräknings-exempel. Denna teoretiska beräkning visar att ökad bladtjocklek ger relativt liten förändring i propellerverkningsgraden. Risken för kavitation ökar emellertid med ökad bladtjocklek, se fig. 16. Inträffar kraftnedsättande kavitation på propellern minskar propellerverkningsgraden radikalt.

I skeppsprovningensanstaltens kavitationstunnel 2 utfördes försök med tre propellrar med skilda bladtjocklekar men i övrigt med samma geometriska egenskaper (fig. 17). Diagrammet i fig. 18 visar en förenklad bild av resultaten. Vid kavitationstal,  $\sigma > 4$  erhöles måttliga förändringar av propellerverkningsgraden. Vid lägre kavitationstal erhöles kraftnedsättande kavitation med åtföljande minskning av propellerverkningsgraden.

Kavitationstalet vid driftförhållanden varierar med olika belastningar och fartygstyper. För stora tankfartyg är kavitationstalet av storleksordningen  $\sigma = 20$ , medan kavitationstalet uppskattningsvis ligger i området  $1.5 < \sigma < 5$  för containerfartyg. För den senare fartygstypen kan således ökning av bladtjockleken innebära kraftnedsättande kavitation på propellern och därmed avsevärd minskad propellerverkningsgrad. Belastningen på en tankfartygspropeller kan emellertid bli så stor att risk för kraftnedsättande kavitation föreligger även här.

Frågan om ökad bladtjocklek kan accepteras ur verkningsgradssynpunkt beror således på inom vilket belastningsområde propellern skall arbeta.

## SSPA'S RESURSER FÖR KOMMANDE INSATSER PÅ FORSKNING KRING VINTERSJÖFART

### *Studium av propeller – maskinalternativ vid gång i is.*

Samspelet maskin – propeller – fartyg kan studeras vid SSPA. Olika propulsionssystemers för- och nackdelar, konsekvenserna av olämpliga manövrar med avseende på ett antal parametrar är möjligt att utreda. Inverkan av vind, sjö och skrovbevaxning samt isförhållanden kan illustreras.

Dessa studier utföres med en matematisk modell vars parametrar styrs av logiska och matematiska funktioner. Den matematiska modellen består av två ekvationer. Den ena beskriver balansen mellan fartygs motstånd och den tryckkraft som alstras av propellern, den andra ekvationen beskriver balansen mellan det av propellern absorberade och det av motorn avgivna momentet, se fig. 19. Gemensam variabel i bägge ekvationerna är propellervarvtalet. Ekvationerna tar även hänsyn till de trögheter som finns i motor, axelsystem och fartyg samt till motorns mekaniska förluster. Även till exempel varvtals-, ruschnings- och lastregulatorerna samt start- och stopplogik kan beskrivas med matematiska funktioner.

Till hjälp att lösa de ekvationerna har SSPA en analogmaskin och hybridmaskin, se fig. 20.

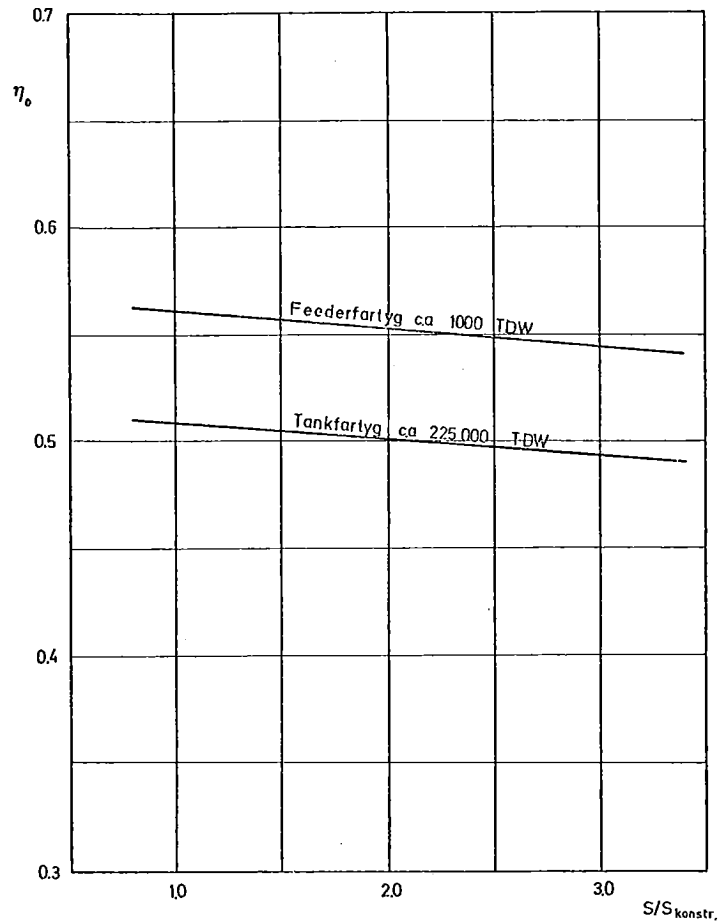


Fig. 15 Propellerverkningsgraden som funktion av  $S/S$  konstr. Två beräkningsexempel

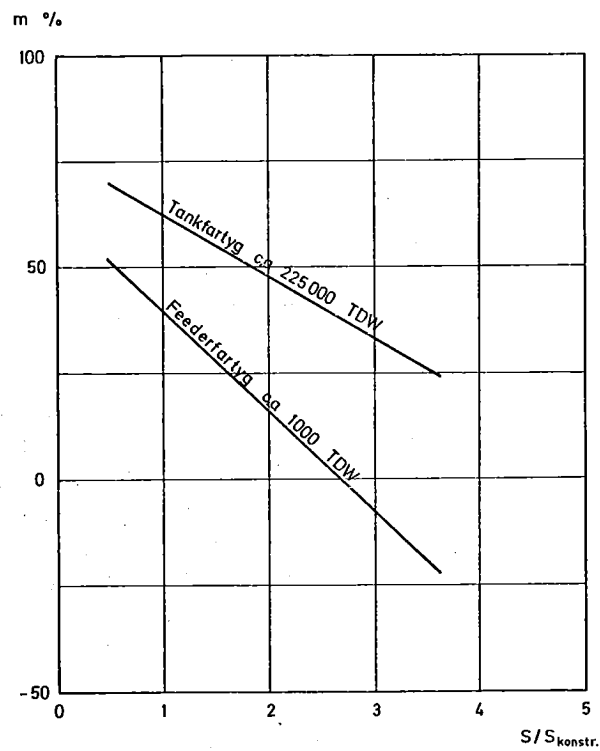


Fig. 16 Kavitationsmarginalen som funktion av  $S/S$  konstr.

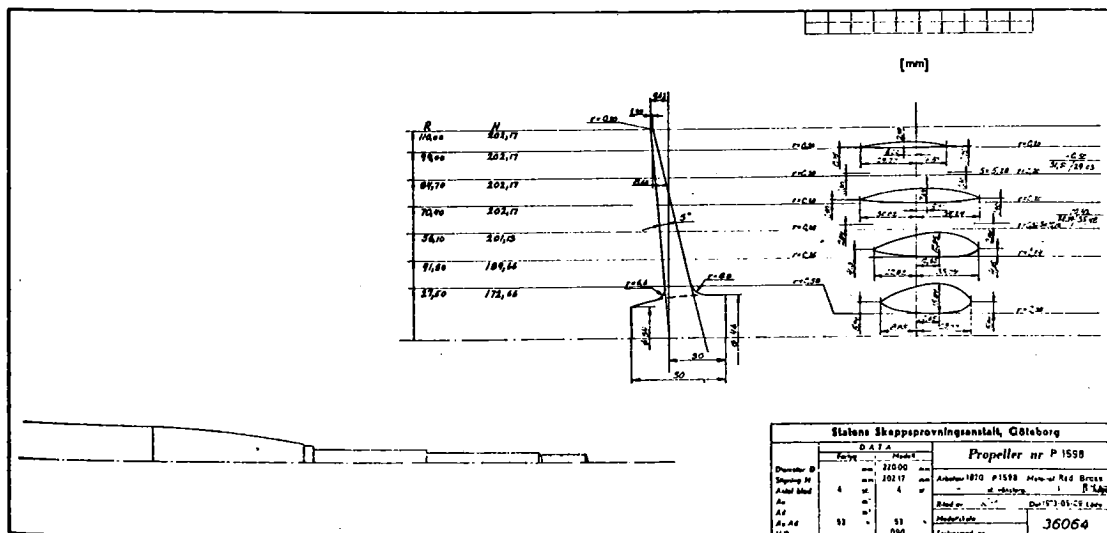
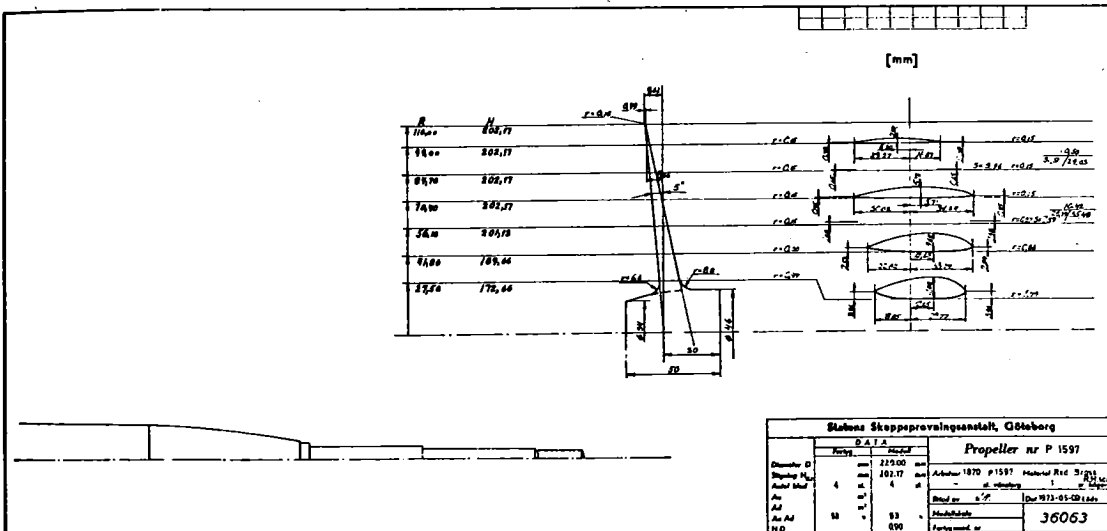
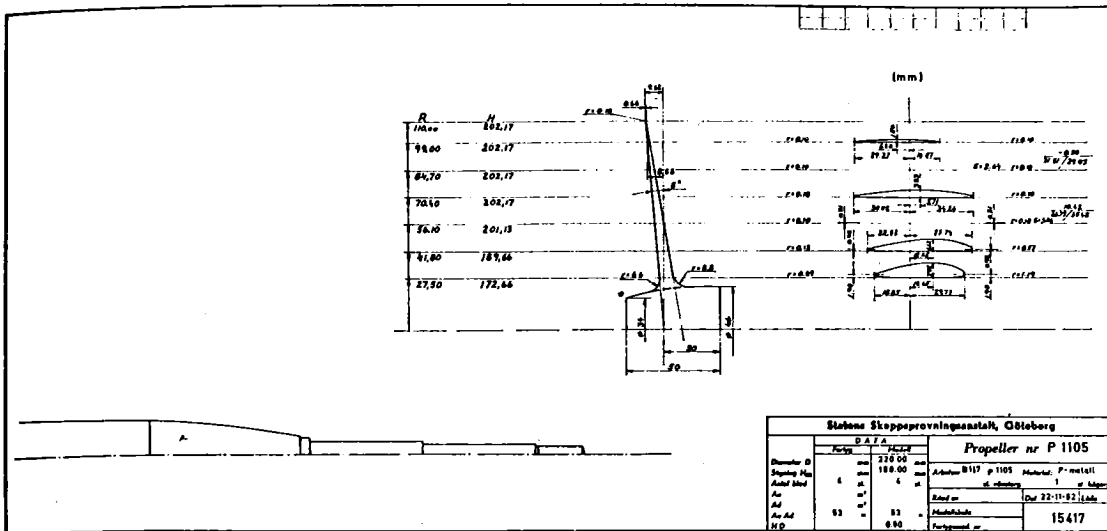


Fig. 17 Propellermodeller P 1105, P 1597, P1598

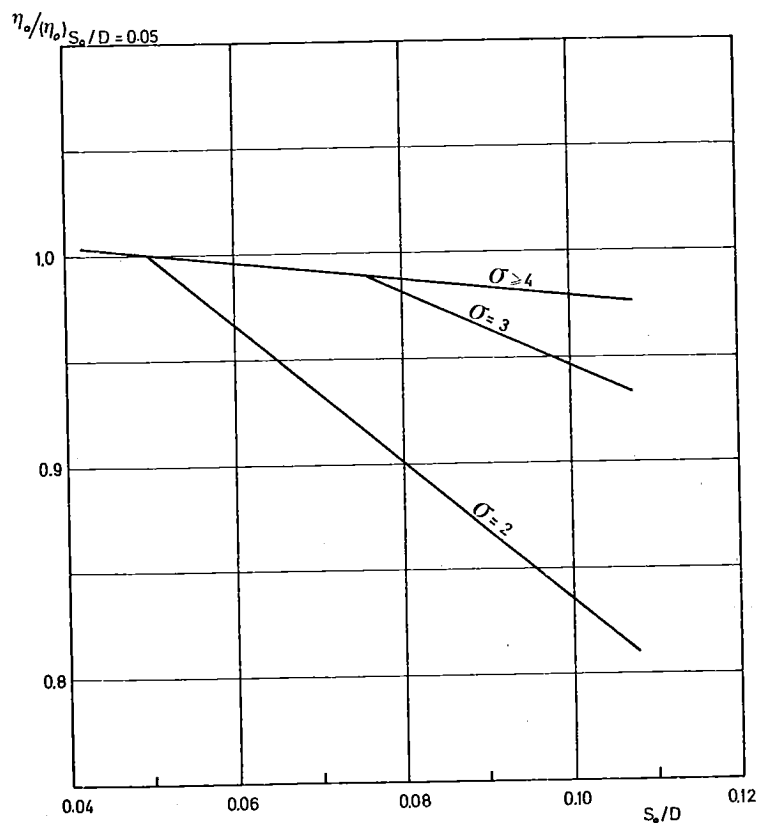


Fig. 18 Propellerverkningsgraden som funktion av bladtjockleken

$$\boxed{\text{Propellertryckkraft}} = \boxed{\text{Fartygsmotstånd}} + \boxed{\text{Fartygets tröghet}}$$

$$\begin{aligned} & \boxed{\text{Propellermoment}} + \boxed{\text{Propellerns och axelns tröghetsmoment}} + \boxed{\text{Friktionsförluster i axellager}} = \\ = & \boxed{\text{Masströghetsmoment i motorns rörliga delar}} + \boxed{\text{Indikerat moment i motorn}} + \boxed{\text{Moment p.g.a. mekaniska förluster i motorn}} + \boxed{\text{Startmoment}} \end{aligned}$$

Fig. 19

Underlaget till ekvationerna hämtas från motortillverkarnas uppgifter beträffande maskinernas egenskaper. Propellerkaraktistikorna kan erhållas genom kraft- och momentmätning i någon av SSPA's kavitationstunnlar (fig. 21–22).

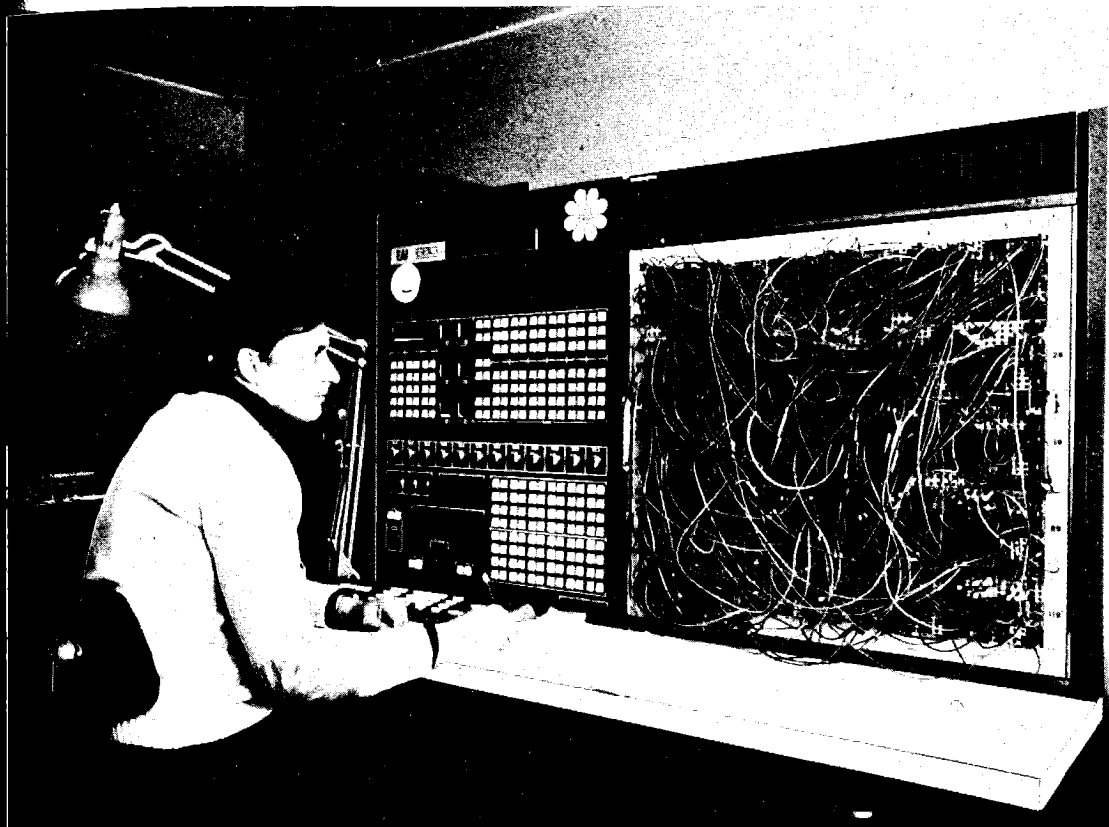


Fig. 20 Analogmaskin

Studier enligt ovanstående kan alltså ge underlag för val av lämpligt maskineri och propelleralternativ på fartyg avsedda för gång i is. Är turbin eller dieselmaskineri lämpligast vid vintersjöfart? Skall isbrytarna ha diesel-elektriskt maskineri? Lämpar sig den fasta propellern bäst eller bör propeller med vridbara blad användas vid gång i is? Detta är frågor som kan utredas med ovan nämnda teknik.

#### *Studium av fartygsmanövrering i is.*

Liksom studier av propeller-maskin-fartyg kan fartygs styrning och manövrering studeras med hjälp av matematiska modeller. Fartygets rörelser beskrivs med tre ekvationssamband, vilka uttrycker respektive kraft i fartygets längdaxel, kraft i fartygets tvärriktning samt girmoment. Dessutom användes tre hjälprelationer vilka uttrycker propellervarvtal, propellertryckkraft och vattenhastighet vid rodret. Även här användes analogimaskinen för lösning av ekvationssystemet. Denna har en relativt hög räknehastighet, vilket gör att såväl lösning i verklig tid som uppsnabbad tid kan användas. Fördelen med uppsnabbad tid är att ett stort antal fall kan beräknas på kort tid.

I ekvationssystemen kommer fartygets egenskaper att bestämma ett visst antal koefficienter som representerar fartygets tröghet, hydrodynamiska krafter på skrovet. De hydrodynamiska krafterna erhålles dels från fullskaleförsök, dels också från försök i skeppsprovingsränna och manöverlaboratorium, se fig. 23–25. Isens påverkan i form av ökat fartygsmotstånd och tvärkrafter samt moment kan naturligtvis även beskrivas matematiskt och infogas i ekvationssystemet. "Iskoefficienter" erhålles genom

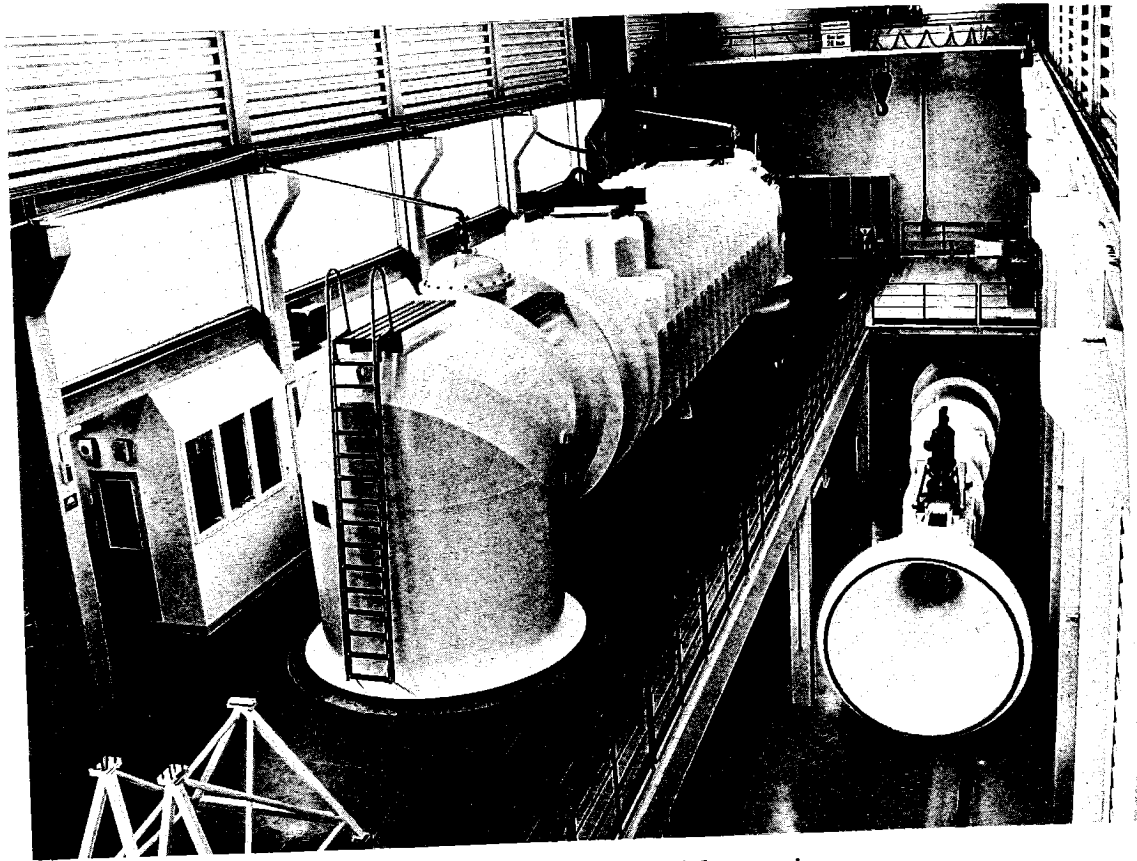


Fig. 21 SSPA's kavitationslaboratorium

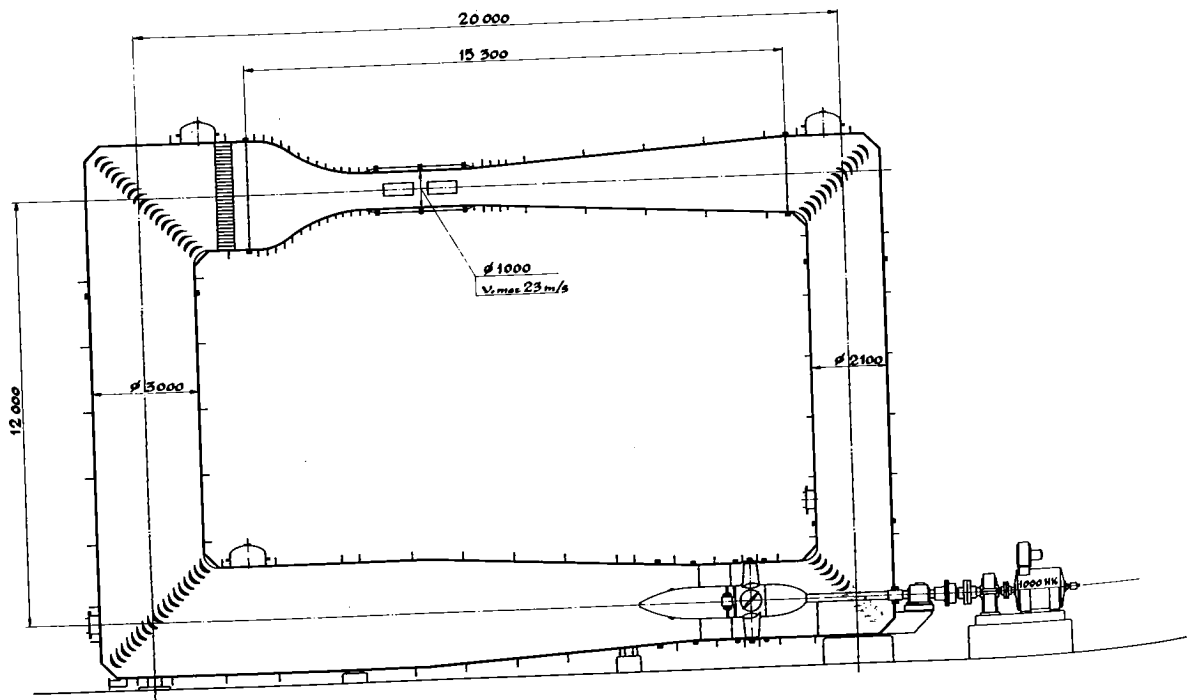


Fig. 22 SSPA's kavitationstunnel nr 2

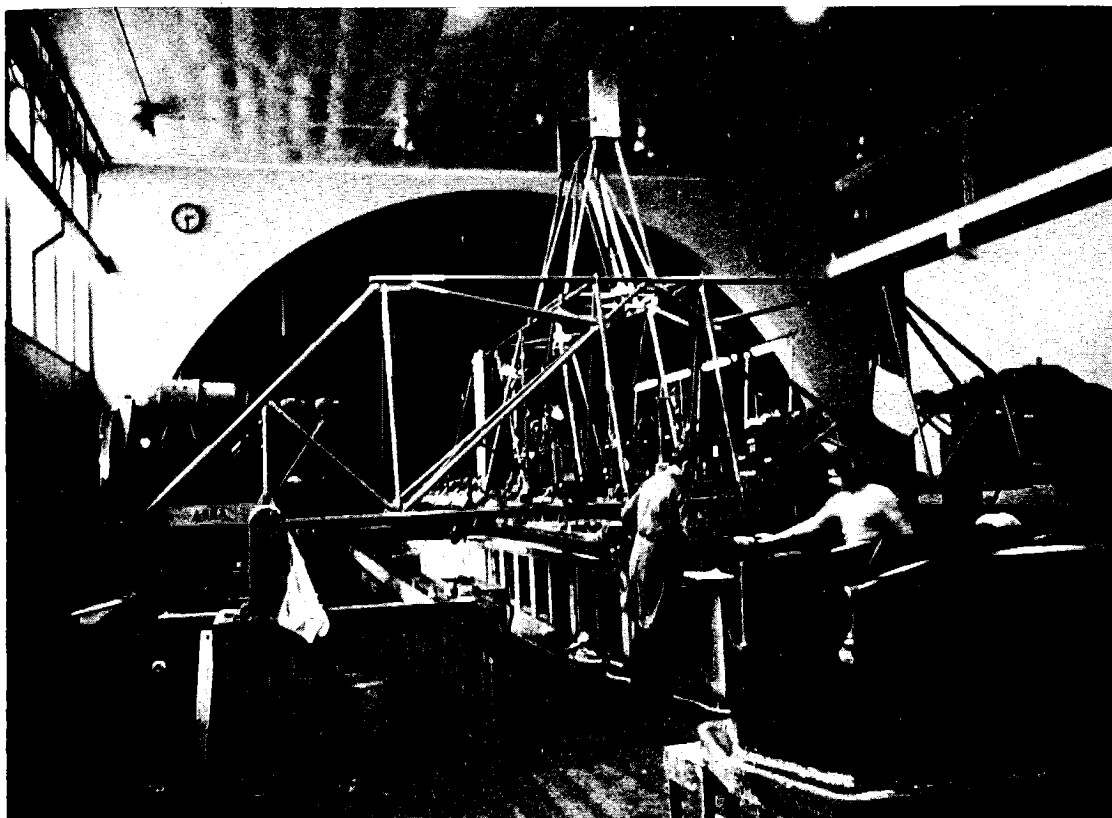


Fig. 23 Mätvagnen i SSPA's öppna ränna

sammanställning av erfarenheter från försök i isbrytningslaboratorium och fullskala samt teoretiska studier.

Studium av fartygets rörelser och propeller-maskin-fartygssambandet kan kombineras till en helhetsbild av propulsions- och styrningsproblemen, se fig. 26. Resultaten kan användas som underlag för prognoser och konstruktionsanvisningar samt utbildning av fartygsbefäl. Jag skall nedan redogöra närmare för den senare möjligheten.

#### *Utbildning av fartygsbefäl i styrningssimulator.*

Ordet "simulator" har hämtats från latinets och betyder "efterhärmar". Som tidigare framhållits kan ett fartygs rörelser beskrivas med hjälp av ett antal ekvationer. Dessa löses med hjälp av datorer och speciellt kan lösningstiden anpassas till verklig tid. Därmed föreligger den viktigaste förutsättningen för att man skall kunna studera systemet människa-maskin (fig. 27) eller träna i den datorbaserade realtidssimulatore. Samma förutsättningar finns inte vid försök med bemannade skalm modeller, där tidsmomenten enligt de fysikaliska lagarna i stället förkortas i proportion till kvadratroten ur längdskalan.

I SSPA's styrnings- och manöversimulator, fig. 28, 29, 30, kompletteras datorerna av en verklighetsnära "bryggmock-up" med konsoler för manöverorgan och övervakningsinstrument; datorerna själva är placerade utanför det egentliga simulatorrummet. De



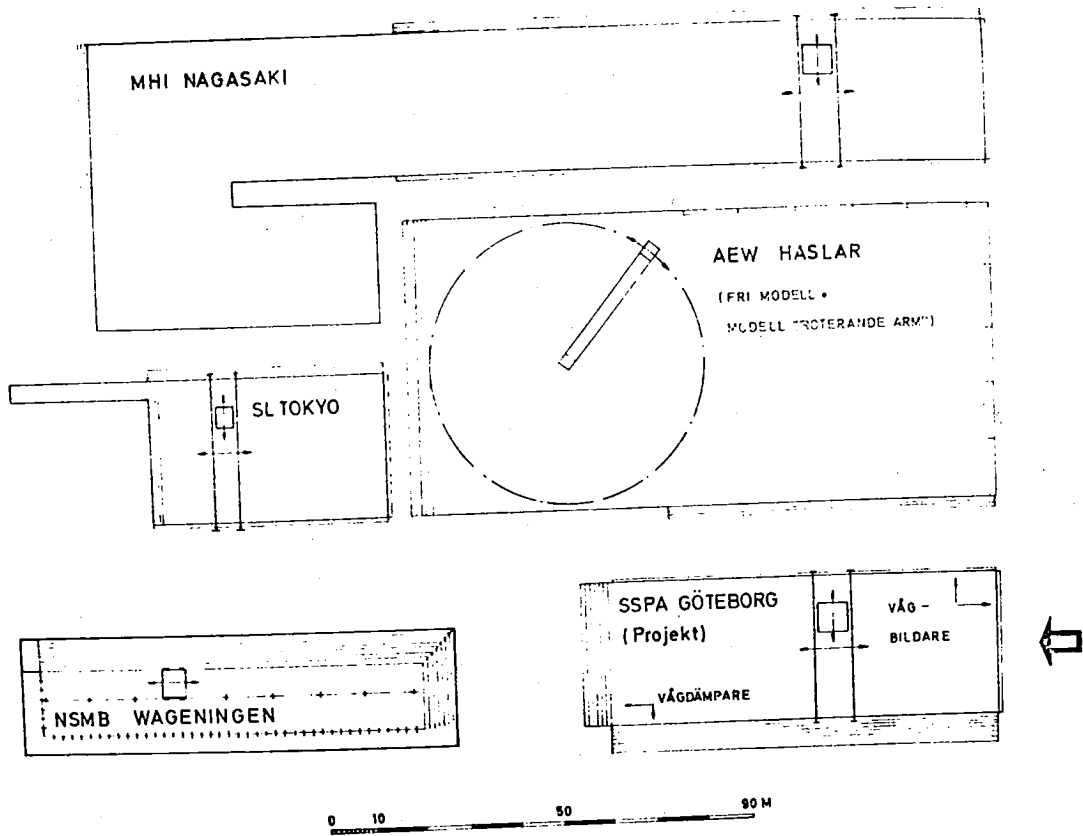
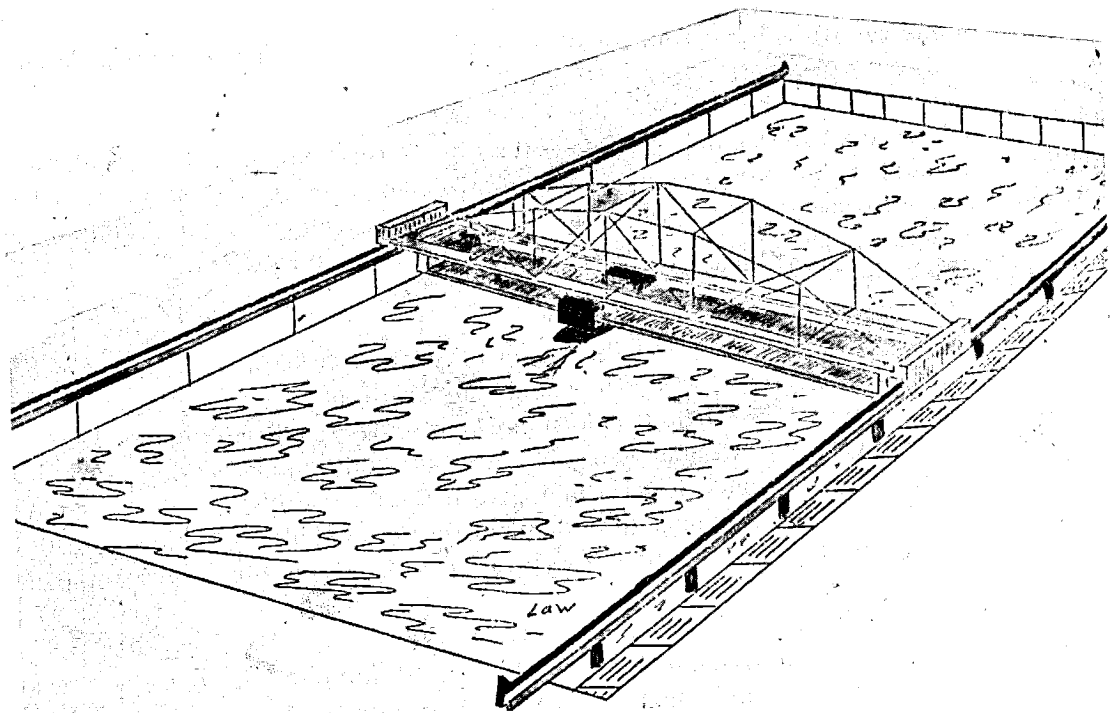
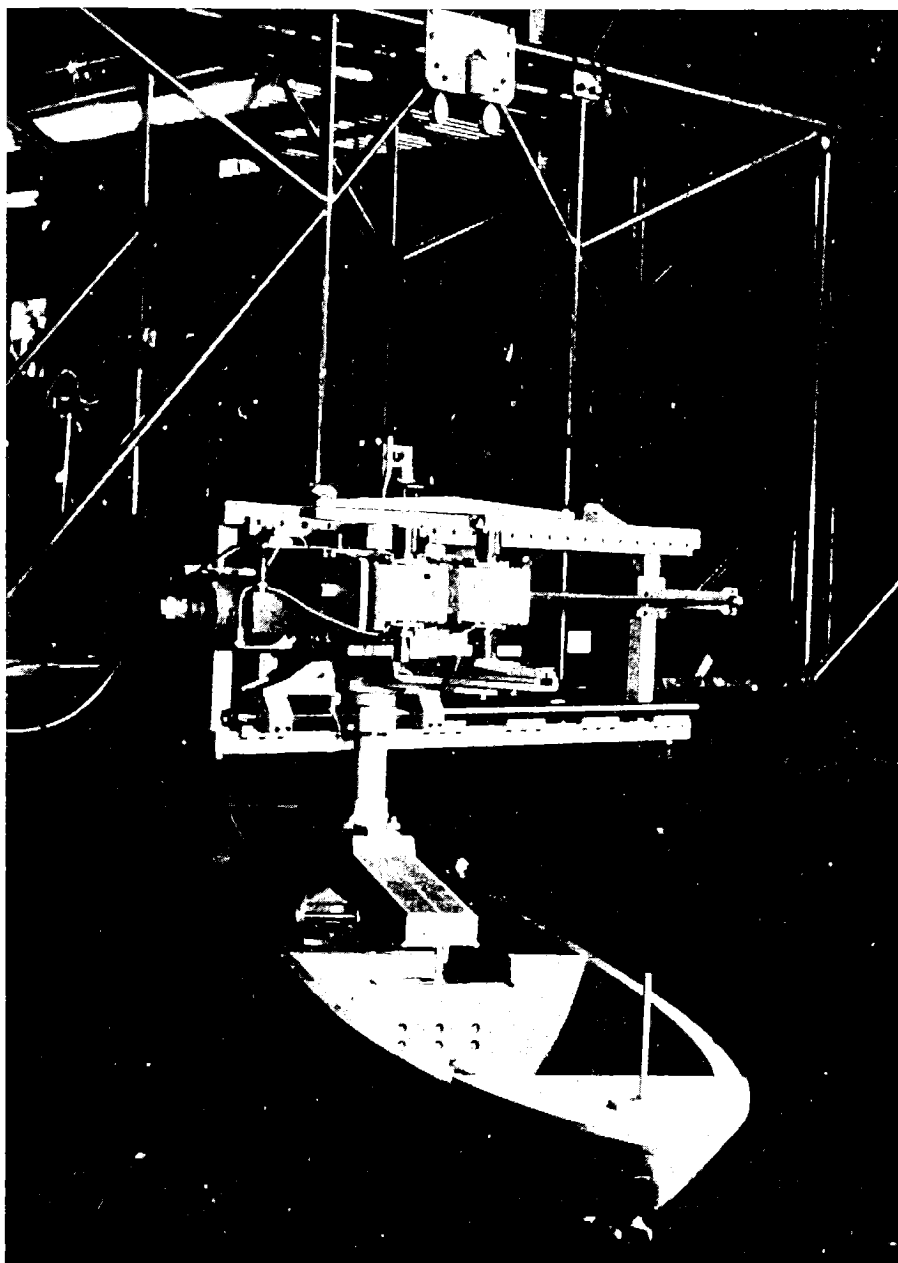


Fig. 24 Storleken av olika manöverlaboratorier

Manöver- o våglaboratorium





*Fig. 25 Modellförsök i våg- o manöverlab.*

uppställda matematiska modellerna och den s k hybridatorns stora beräkningskapacitet medger simulering av komplicerade manövrar med propellrar och roder. Manövergången och fartygets uppträdande registreras fortlöpande på olika skrivare och datautskrifter.

Här nedan skall beskrivningen begränsas till utrustningen i simulatorrummet eller på "bryggan".

"Bryggan" omfattar i förliga delen manöverutrymme med pulpeter under fönsterraden i frontskottet och med ett tillbakadraget styrstativ samt akter därom navigationsutrymme med kartbord och tillhörande navigatoriska hjälpmedel. I fönsterraden sitter sju bildskärmar för en visuell presentation av omvärlden i blickfältet.

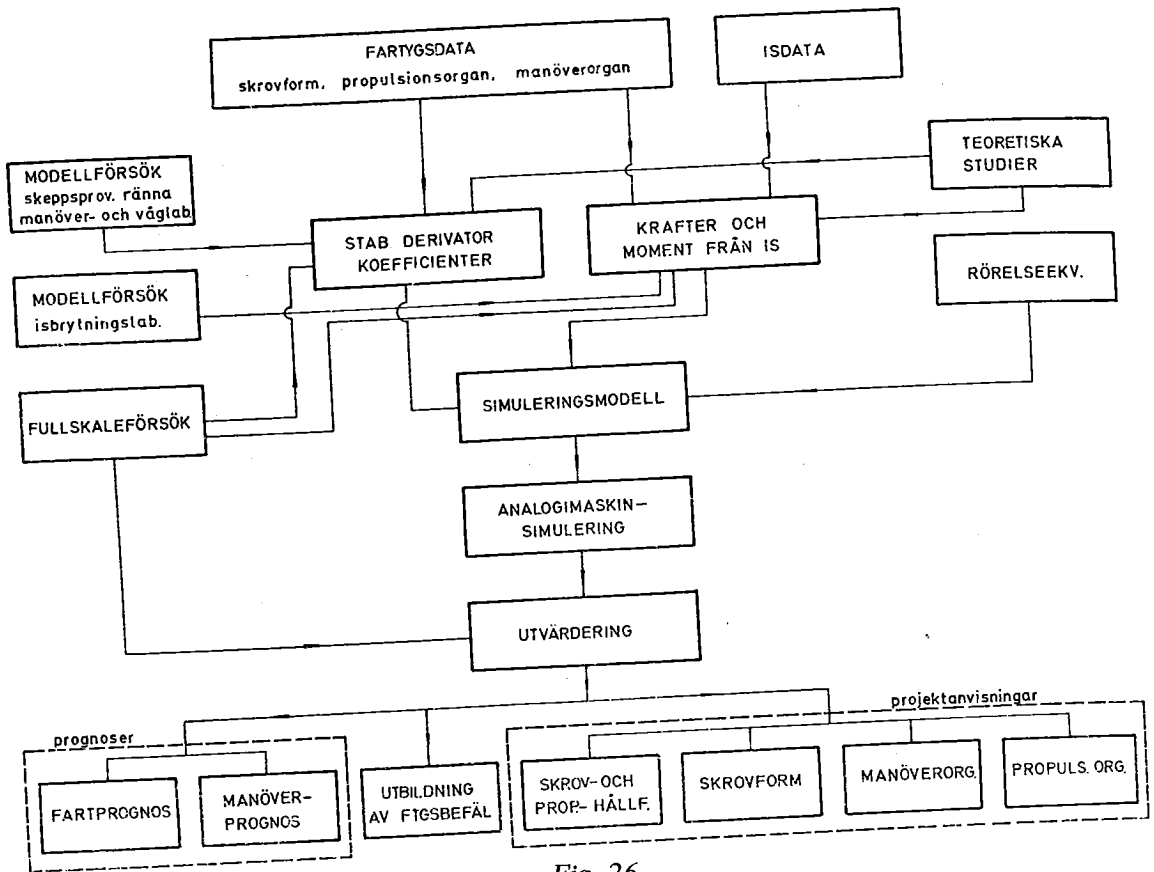


Fig. 26



Fig. 27

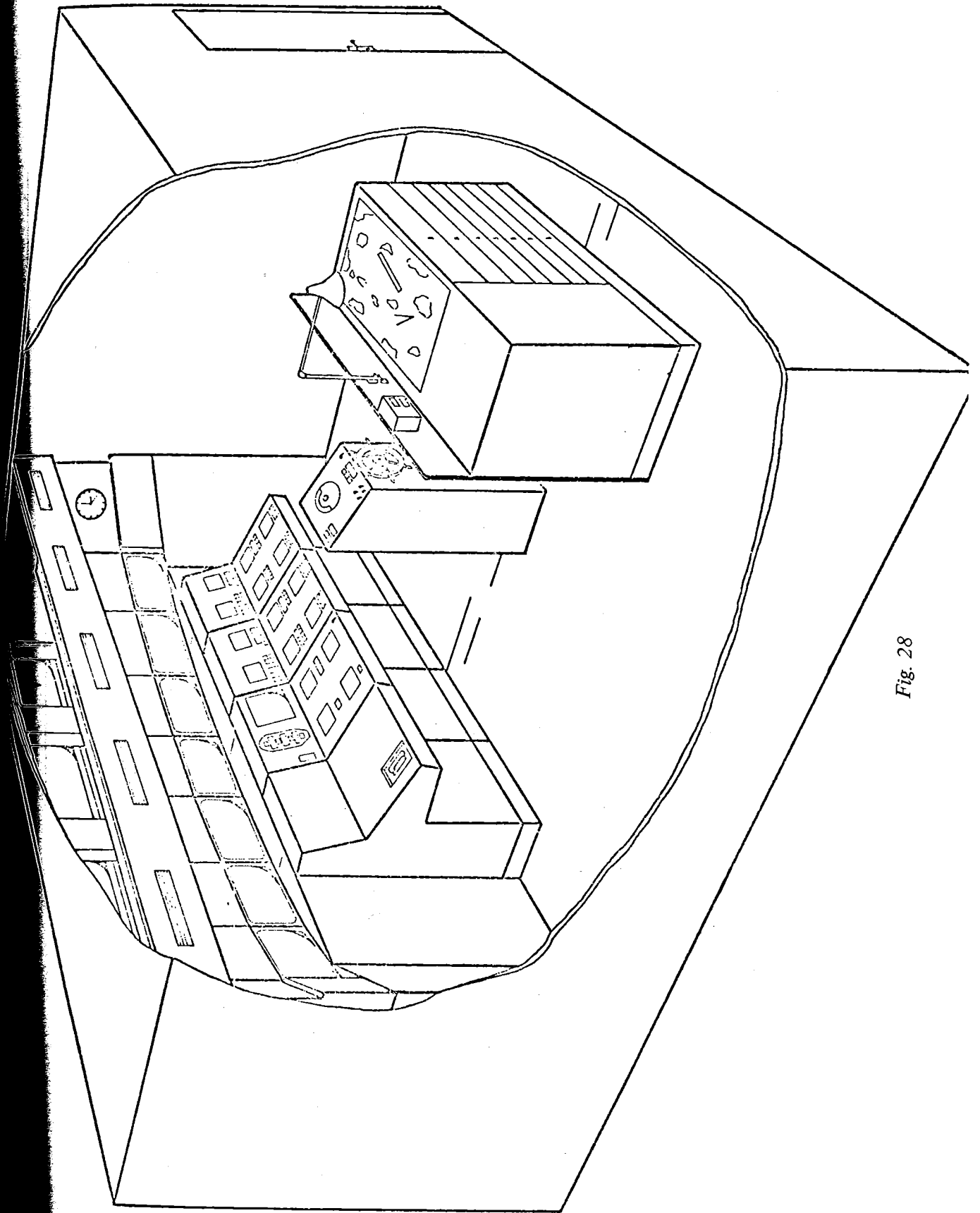
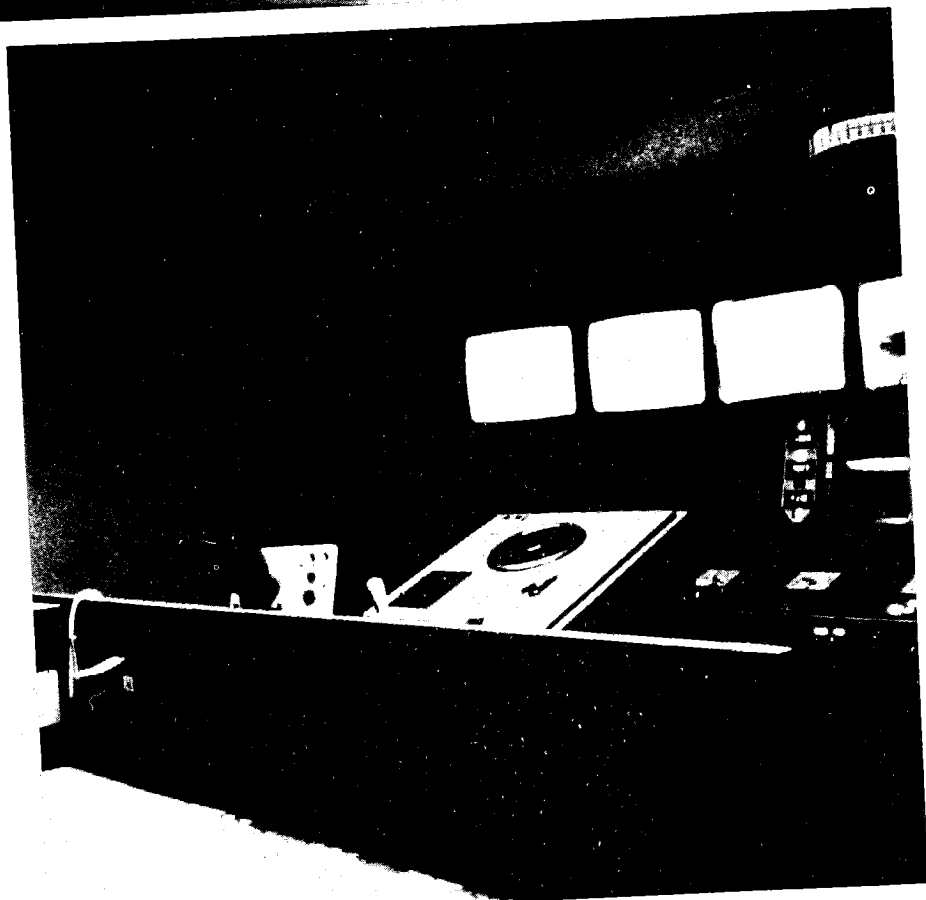
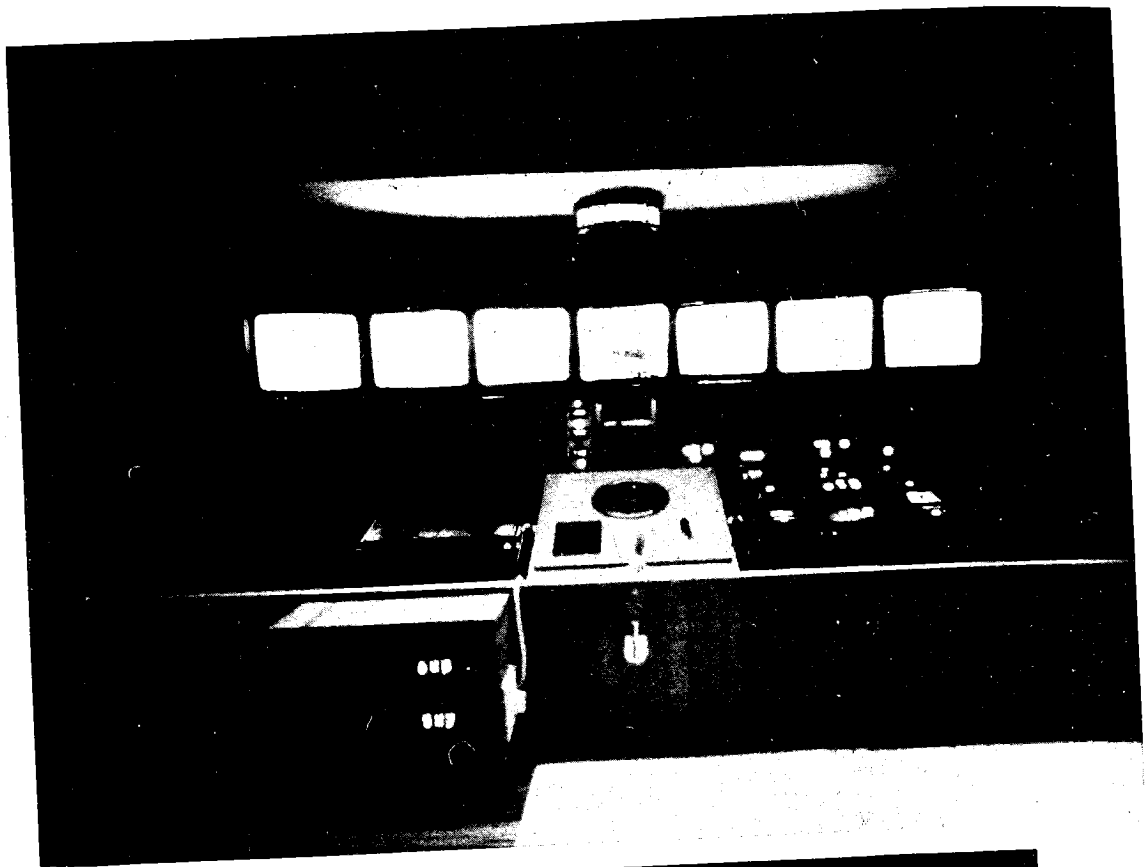
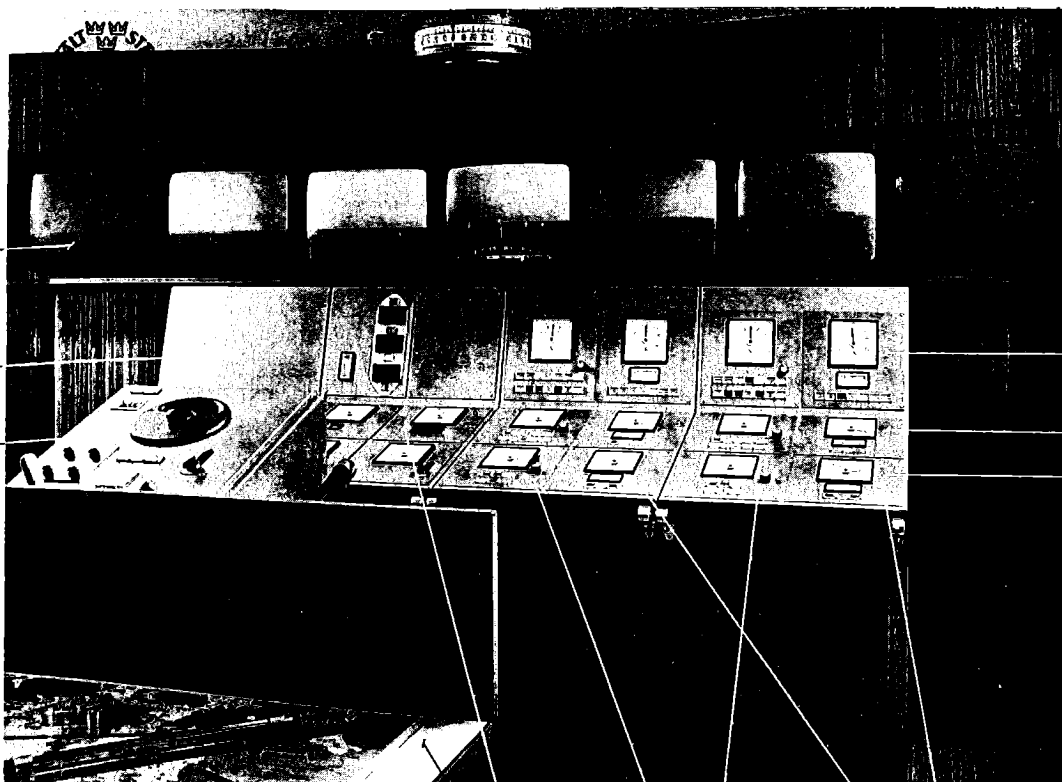


Fig. 28



*Fig. 29 och 30 Interiör. Manöversimulator*



Steering and Navigation Consoles

Engine consoles

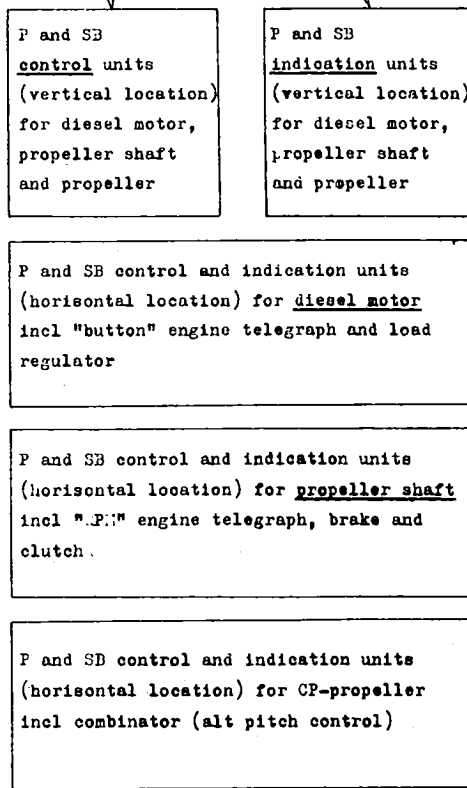
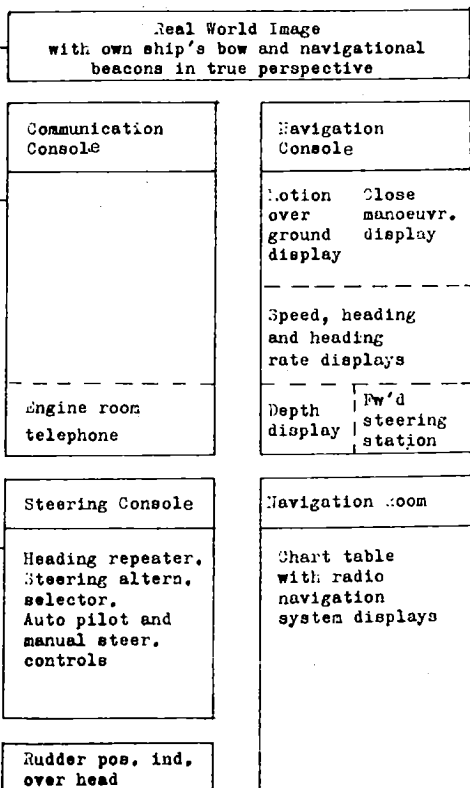


Fig. 31 Bridge Mock-up



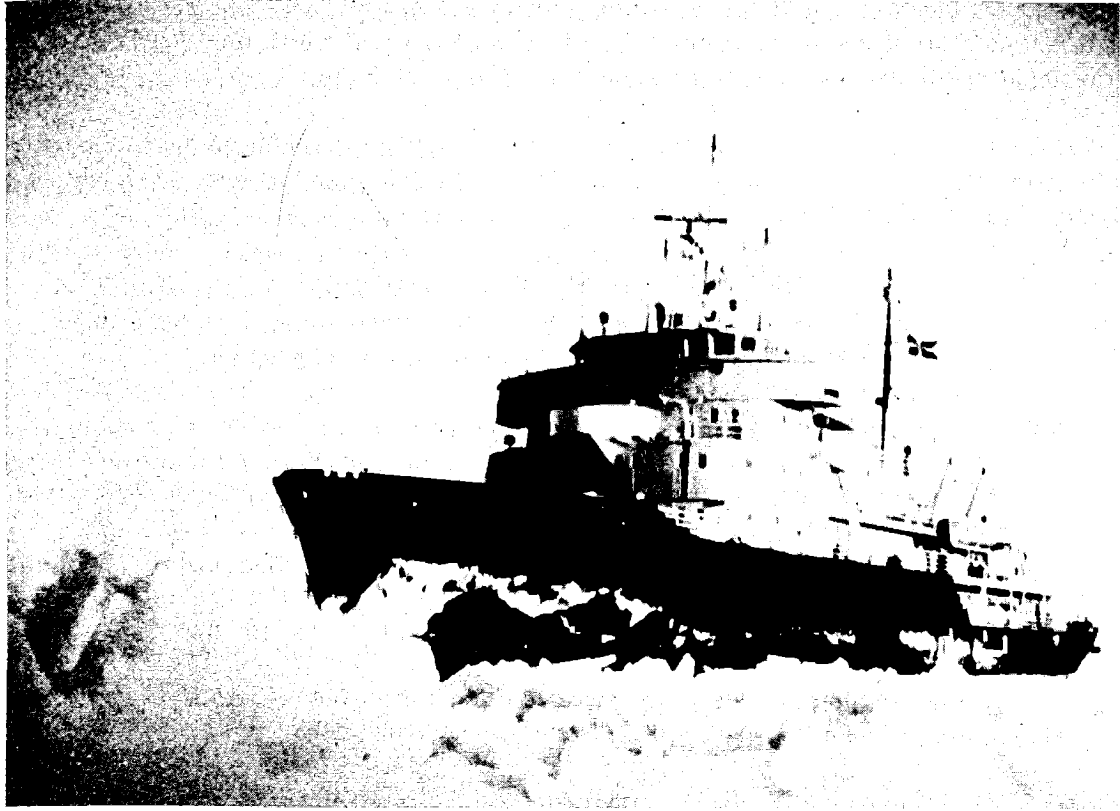
Fig. 32

Omvärldspresentationen visar horisontlinjen mellan hav och himmel i nyanserade gråtoner och däremot en elektroniskt genererad vinkeltrogen och perspektiviskt riktig bild av viktigare navigationsmärken såsom fyrar, bojar, ensmärken och eventuella karakteristiska topografiska formationer. I centerlinjen syns också det egna förskeppet såsom det kan iakttagas från rorsmans plats vid styrstativet. När fartygets position förändras, förändras utsikten föröver.

Rättvisande ändringar kan tillsvidare endast uppmätas från rorsmans plats, men önskade uppgifter kan också erhållas på telefonförfrågan hos simulatorcentralen.

Vid manöver i tränga farvatten eller i närheten av förtöjningsbojar eller pirar kan omvärldspresentationen kompletteras med en bild i "fågelperspektiv" på en särskild bildskärm i navigationskonsolen.

En förenklad "radarbild" visas på ett oscilloskop vid sidan av manöverkonsolerna.



*Fig. 33*



En mer detaljerad presentation av kommunikations-, navigations- och maskinmanöverkonsolerna samt styrstativ återfinns i fig. 31. Konsolerna är flexibelt uppbyggda så att de kan anpassas till olika typer av fartyg, maskinerier, propellrar etc.

I SSPA's manöver- och vågsimulator skulle till exempel isbrytarbefäl kunna utbildas för olika operativa situationer som t ex forcering av isvallar och assistans av fartyg som fastnat i isen (fig. 32-33).

#### SAMMANFATTNING. FÖRSLAG TILL FRAMTIDA STUDIER

Fortsatta arbeten vid skeppsprovningsanstalten inom ramen för isforskningsarbetet bör inriktas på manöver- och propulsionssegenskaper på fartyg vid gång i is.

Följande arbeten bör utföras

1. *Sammanställning* av redan utförda analyser och experiment beträffande hydrodynamiska och externa krafter på fartyg vid gång i is.
2. Utarbetande av *matematisk modell* innefattande hydrodynamiska krafter för fartyg, propeller, roder och yttre krafter från is och vind samt maskinegenskaper.
3. *Modellförsök* för bestämning av hydrodynamiska krafter och iskrafter vid varierande fartygsform, propellerkonstruktion och roderarrangemang.
4. På basis av den matematiska modellen utföra *simuleringar* i analogmaskin av manövrering av fartyg i is.
5. Kontroll av resultaten genom *fullskaleförsök* samt statistisk bearbetning av tillgängliga fullskaleinformationer.

#### REFERENSER

- /1/ Nordström, H F "Model Tests with Icebreakers."  
Edstrand, H SSPA meddelande nr 20, 1952.  
Lindgren, H
- /2/ Loid, H P "Propellerproblem. Propellerverkningsgradens beroende av bladutformningen."  
Styrelsen för Vintersjöfartsforskning, Forskningsrapport nr 4, 1973.
- /3/ van Berlekom, W "Några hydromekaniska problem kring manövrering av stora tankfartyg i begränsade farleder."  
SSPA allmän rapport nr 32, 1971.
- /4/ Norrbin, N H "The SSPA Steering and Manoeuvring Simulator. A Presentation of Simulator Bridge Functions."  
Williams, Å SSPA allmän rapport nr 40, 1973.

## Forskningsprogram rörande isförhållanden i Bottenviken och Bottenhavet

*1:e statsmeteorolog Thomas Thompson, SMHI, Stockholm*

Sedan början av 1930-talet har SMHI ansvarat för den dagliga istjänsten, som har haft till uppgift att så noggrant som möjligt kartlägga isförhållandena runt våra kuster för att underlätta sjöfarten vintertid. Under senare år har också prognoser av väder och isförhållanden ingått i våra uppgifter. Då det svensk-finska samarbetet om vintersjöfartsforskning startade 1972 var det därför naturligt att SMHI fick bidra inom området havsisforskning.

Denna havsisforskning har som mål att ge vintersjöfarten en mer detaljerad och tillförlitlig information om isförhållanden i våra vatten och då främst i Bottenhavet och Bottenviken. Sådan information skall inte bara avse det rådande isläget men också den väntade utvecklingen så långt framåt i tiden som möjligt. Detta kräver en ökad förståelse av samspelet hav – is – atmosfär, bl a för att kunna utnyttja våra väderprognoser för tillförlitligare isprognoser.

Vårt forskningsprogram har delats in i följande delprojekt:

1. Iskartläggning.
2. Isens rörelser och dynamik.
3. Isens termodynamik. (Isläggning, istillväxt och islossning.)
4. Isens deformation. Vall- och råkbildning.
5. Nedisning av fartyg.

Problemen förknippade med de olika delprojekten är många och intrikata. De har i huvudsak angripits från två vinklar.

- a) Teoretiska studier med modellutveckling och simulering.
- b) Mätningar i fält.

De två metoderna är beroende av varandra. Det teoretiska utvecklingsarbetet måste verifieras genom praktiska mätningar för att se om de överensstämmer med verkligheten. De parametrar man kan mäta i fält måste, för att ge användbara slutresultat, sammanbindas och infogas i ett logiskt mönster (eller teori).

### TEORETISKA STUDIER

Ett av huvudmålen med SMHI:s isforskning är att mer objektivt, mer tillförlitligt och för längre tidsperioder än idag kunna prognosera isens förändringar. Under våren och sommaren 1973 påbörjades utvecklingen av en dynamisk-numerisk ismodell för Bottenhavet och Bottenviken. Den beskriver hur isen i Bottenviken och Bottenhavet förflyttas och omfördelas då den påverkas av yttre faktorer som bl a vinden.

Flera forskare har sysslat med isdriftsproblemet tidigare. Nansen var pionjär med ett arbete publicerat redan 1902. Det grundade sig på *Frams* drift med isen i Arktis. Senare har bl a svensken Rossby behandlat problemet. Först i mitten av 1960-talet gjorde datorerna det möjligt att lösa isdriftsekvationerna utan de alltför restriktiva approximationer som man tidigare tvingats till för att överhuvudtaget kunna genomföra de matematiska beräkningarna. Amerikanen Campbell (1965) var den förste som numeriskt simulerade havsisens rörelser i Arktis.

Campbells artikel har efterföljts bl a av arbeten av ryssen Doronin. Förutom rörelseekvationen för isen tar han hänsyn till ismassans kontinuitet och till instrålningen. Han har applicerat sin modell på Karahavet, öster om Novaja Semlja, och fört fram beräkningarna över 50 dygn. Han beräknar med sina ekvationer inte bara isens rörelser utan också hur isens koncentration och tjocklek förändras i tiden. Hans modell visar bl a var man kan vänta sig råkar och områden med öppet vatten, som är en viktig upplysning för sjöfarten.

Den modell SMHI har utvecklat under året ansluter sig närmast till Doronins arbete och beräkningarna utförs tills vidare för Bottenviken och Bottenhavet.

Allmänt gäller följande ekvationssystem för isdrift.

$$m \frac{dW}{dt} = \mathcal{A} + \mathcal{W} + \mathcal{C} + \mathcal{G} + \mathcal{R} \quad (1)$$

$$\rho_i N \frac{\partial H}{\partial t} = \rho_i N W \nabla H + \phi_1 + m \Psi \quad (2)$$

$$\rho_i H \frac{\partial N}{\partial t} = \rho_i H W \nabla N - m \operatorname{div} W + \phi_2 - m \Psi \quad (3)$$

$$m = \rho_i N H \quad (4)$$

Där (1) är rörelseekvationen som beskriver sambandet mellan acceleration, vindstress, vattenstress, corioliskraft, tryckkraft, som beror på havsytans lutning och inre isstress.

Ekv. (2) visar att istjockleksförändringarna beror på isens förflyttning men också på frysning, smältning och deformation t ex vallbildning.

Koncentrationsändringarna ekv. (3) beror på att is av annan koncentration rör sig till ett område, att isen ansamlas eller rör sig ut ur ett område, att smältning eller tillfrysning sker eller att isen deformeras.

Ekv. (4) anger sambandet mellan isens massa, koncentration och tjocklek.

I isdriftsmodellerna försummas en del termer, vissa är så små att de inte nämnvärt påverkar slutresultatet och andra försummas för att man vill studera effekten av olika termer för sig.

Vi har i första ekvationen bortsett från accelerationerna i isen ( $m \frac{dW}{dt}$ ) och likaså den kraft som havsytans lutning ger upphov till ( $\mathcal{G}$ ).

I de två andra ekvationerna har vi i första utvecklingsstadiet bortsett från istillväxt och avsmältning samt nederbördsackumulering ( $\phi_1$  o  $\phi_2$ ). Deformation i isen behandlas däremot i modellen på ett sådant sätt att man får en indikation på i vilka områden hopskjutningar eller vallområden är sannolika.

Beräkningarna utförs i ett sk gridnät eller beräkningsnät över Bottenviken och Bottenhavet. Avståndet mellan två punkter är 10 n.m. eller 18,5 km men kan halveras vid kommande försök. I varje punkt beräknas fortlöpande isens rörelser, koncentration och tjocklek. Vissa problem uppstår vid ränderna, dvs anslutningen till kusterna, där man på grund av gridstorleken inte kan få en fullt realistisk anpassning. En mindre gridstorlek som kommer att införas vid senare försök kommer att avhjälpa detta.

En rad försök har gjorts med modellen och det mest realistiska är en 4-dygns prognos över isläget med den 8 mars 1973 som utgångsvärde. *Fig. 1* visar iskoncentrationen och totala ismassan den 8 mars. Den övre bilden visar att isen låg i Bottenviken och Norra Kvarken och att en råk fanns på den finska sidan i södra Bottenviken. Av den undre bilden framgår att istjockleken ökar norrut. Vinden hade före den 8:e varit SE-lig men vred senare över till en W-lig och NW-lig riktning. En 1, 2, 3 och 4-dygns prognos gjordes över isläget.

I *Fig. 2* ses ismodellens prognos efter 4 dygn på den övre bilden medan iskartan för den aktuella dagen ses därunder. Båda bilderna visar en utbredd råk längs den svenska Bottenvikskusten. Jämförelsen visar en hel del brister i modellen men den är ännu i ett första utvecklingsstadium och resultaten från fältförsöken har ännu inte inkorporerats i den. Istora drag visar den ändå någorlunda realistiskt, var man kan räkna med att områden med öppet vatten samt hopskjutningar och vallar finns.

Efter vinterns fältprogram kommer arbetet med modellen att fortsätta, där bl a nya numeriska beräkningsmetoder kommer att prövas. Prof. Doronin kommer att besöka SMHI under sista hälften av maj för diskussioner och utväxling av idéer och erfarenheter beträffande vidareutveckling av modellen.

### TERMODYNAMIKEN

Som nämnts ovan så har, i den första fasen i utvecklingen av en numerisk ismodell, inte hänsyn tagits till termodynamiken, dvs frysning och smältning. Detta beror inte på att dessa termer kan ignoreras utan på att man först vill lösa den dynamiska delen av ekvationerna och för att, i ett senare skede, inkorporera de termiska effekterna. Med en rent dynamisk modell bör man kunna räkna fram kortsiktiga prognoser (t ex upp till 5 dygn), där man utan större fel kan bortse från de termodynamiska effekterna. För prognoser för längre perioder kan termodynamiken däremot inte ignoreras. Genom påverkan från atmosfären sker termiska förändringar i vattnet. Ytvattnet avger eller tar emot energi från atmosfären.

*Fig. 3* ger en schematisk bild av energiflödena genom vattenytan.

Nettoflödet  $Q_n$  är sammansatt av olika energiflöden.  $Q_e$  och  $Q_c$  beror av den latent respektive sensibla värmen till och från ytan. Långvågsstrålningen från vattnet ger upphov till  $Q_b$ . Den inkommande kortvågiga strålningen ger  $Q_r$  men en del av denna,  $Q_s$ , reflekteras i ytan. I vattnet finns också energiflöden.  $Q_a$  är den horisontella värmetransporten från närliggande vatten och  $Q_w$  det vertikala flödet.

Höst och vinter går värmefflödet  $Q_n$  mot atmosfären. Havet förlorar då energi och vattentemperaturen sjunker. När en tillräckligt stor mängd energi har lämnat vattnet bildas is på ytan. Om energiflödet fortfarande går i samma riktning ökar istjockleken. På våren vänder  $Q_n$ . Havet absorberar energi, isen smälter och vattentemperaturen stiger.

Vattenytans värmebalans är mycket komplicerad och den påverkas som nämnts av en mängd faktorer. Tidigare approximerade man uttrycket genom att endast ta hänsyn till de

större flödestermerna och genom att beräkna vissa flöden empiriskt. Nu när datorer har börjat användas kan problemen behandlas termodynamiskt i numeriska modeller.

En av de parametrar som ingår i de termodynamiska ekvationerna är ytvattentemperaturen. Denna har hittills varit dåligt kartlagd i Östersjön, Bottenhavet och Bottenviken. Mätningar av ytvattentemperaturen har visserligen utförts sedan många år tillbaka men endast vid ett fåtal kuststationer. Under de senaste två åren har mätprogrammet kraftigt utökats. I tillägg till kuststationerna har ett stort antal lotsbåtar, tullkryssare, färjor och handelsfartyg samt alla statsisbrytare utrustats med instrument för mätning av ytvattentemperaturen.

Kuststationerna, lots- och tullbåtarna har försetts med en sk burktermometer som sänks ned i vattnet för mätning av vattentemperaturen. Färjor och handelsfartyg, som inte kan stanna för att mäta temperaturen med denna metod, har utrustats med speciella fjärrtermometrar. Från en givare som fästs på insidan av skrovet under vattenlinjen och isolerats från påverkan inifrån går en kabel till ett visarinstrument, placerat på bryggan eller annat lämpligt ställe där ytvattentemperaturen bekvämt kan avläsas.

Ytvattentemperaturen rapporteras dagligen eller varannan dag från 44 kuststationer (inklusive lotsbåtar), 21 tullkryssare, 10 handelsfartyg, 35 mätpunkter från 8 färjelinjer och vintertid från 5 isbrytare, när dessa befinner sig i öppet vatten. Under vissa perioder utförs också temperaturmätningar från flygplan med infraröd strålningstermometer. På grundval av alla inkomna observationer analyseras nu varannan dag ytvattentemperaturer i Sverige omgivande farvatten. *Fig. 4* visar ett exempel på en sådan analys.

För att kunna inkorporera det vertikala värmeflödet behövs också mätningar av djupvattentemperaturen och en utökning av sådana mätningar pågår för närvarande.

#### NEDISNING

SMHI har sedan ett antal år tillbaka insamlat och bearbetat rapporter om nedisning som har insamlats från fartyg i Östersjön. Bearbetningen av ca 300 rapporter har bl a gett som resultat ett diagram som visar nedisningens svårighetsgrad vid olika lufttemperaturer och vindstyrkor.

*Fig. 5* visar detta diagram som sedan denna vinter används vid utarbetandet av de nedisningsvarningar som utsändes i radio när risk för nedisning föreligger.

#### FÄLTFÖRSÖK

Som nämntes tidigare kräver den teoretiska ismodellen fältmätningar för testning och vidareutveckling. För att kunna beräkna isens rörelse och deformation krävs dessutom information om

- a) Isens massa
- b) Vindens stress på isen
- c) Vattnets stress på isen.

För att kunna mäta dessa storheter måste följande parametrar bestämmas.

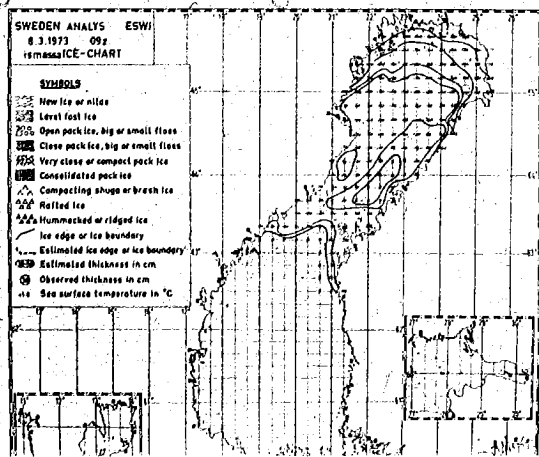
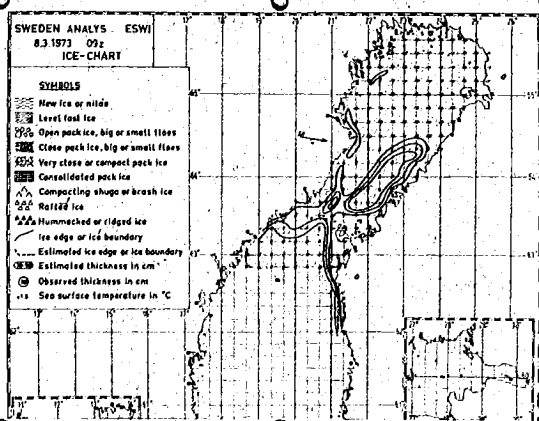
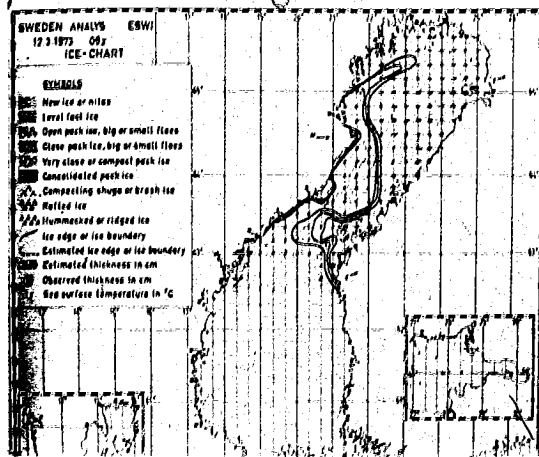
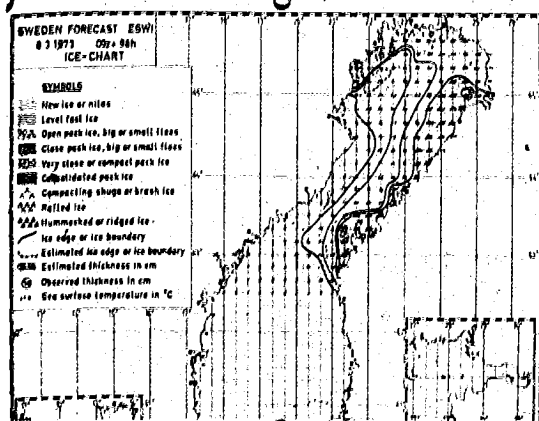
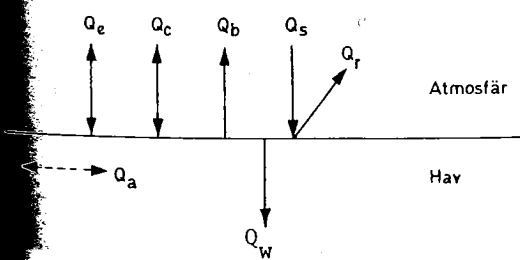


Fig. 1

Fig. 2

Fig. 4

Fig. 3



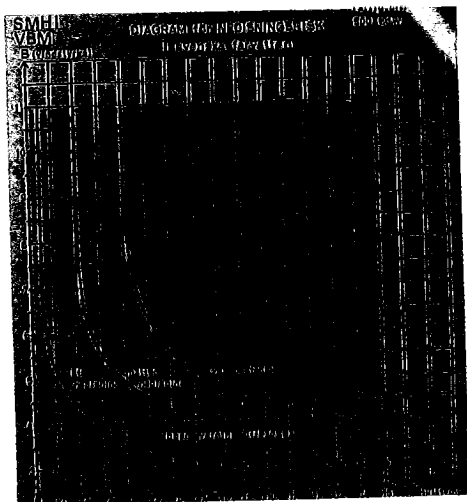


Fig. 5

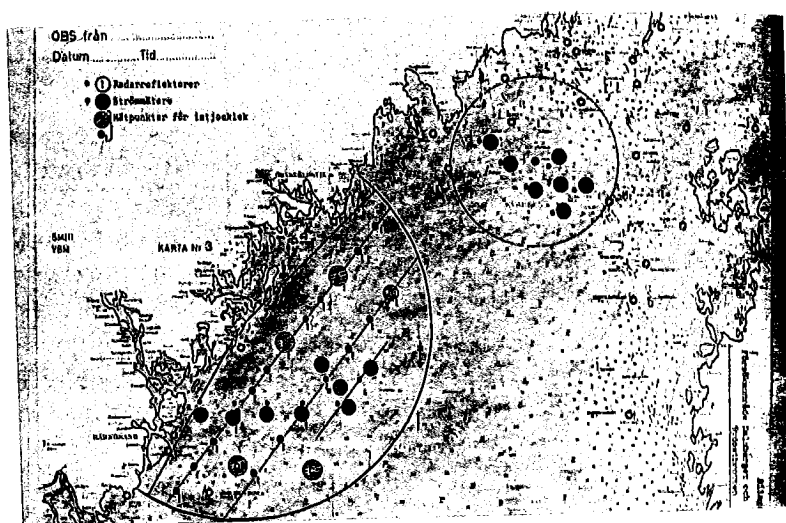
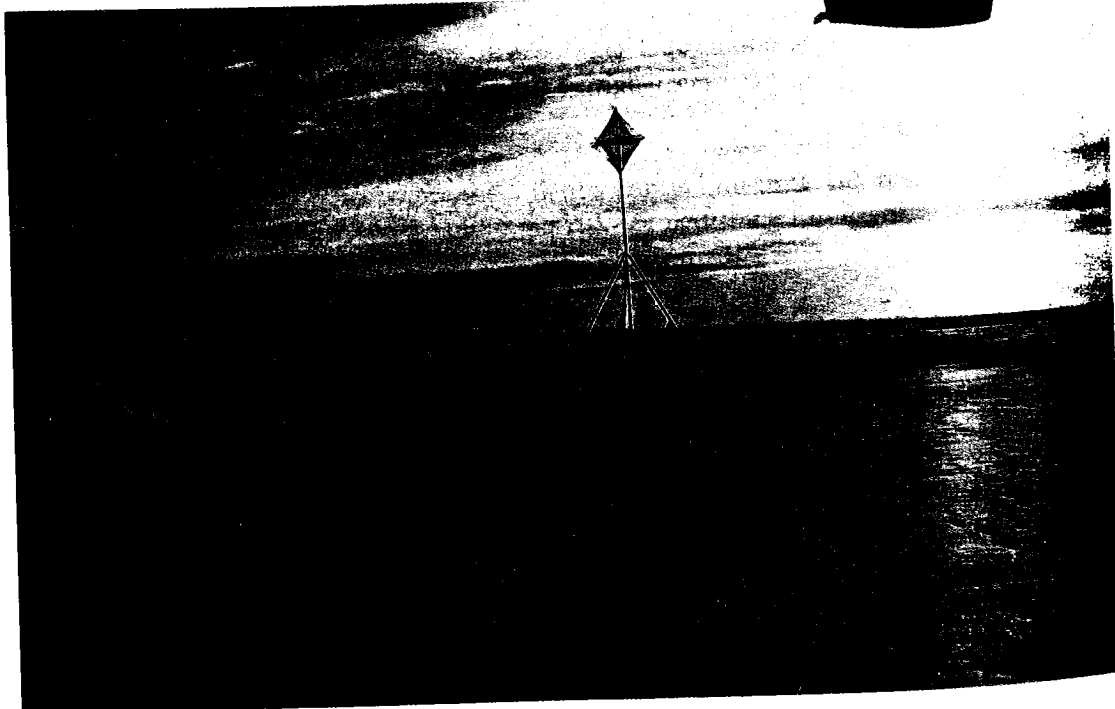


Fig. 6

Fig. 7



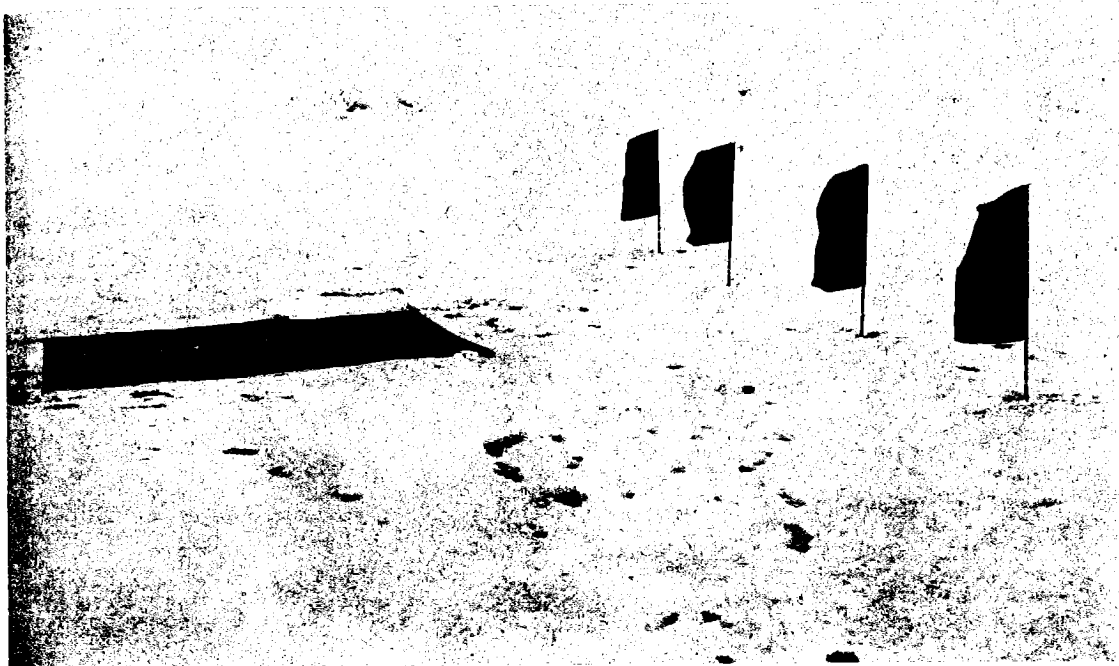


Fig. 8

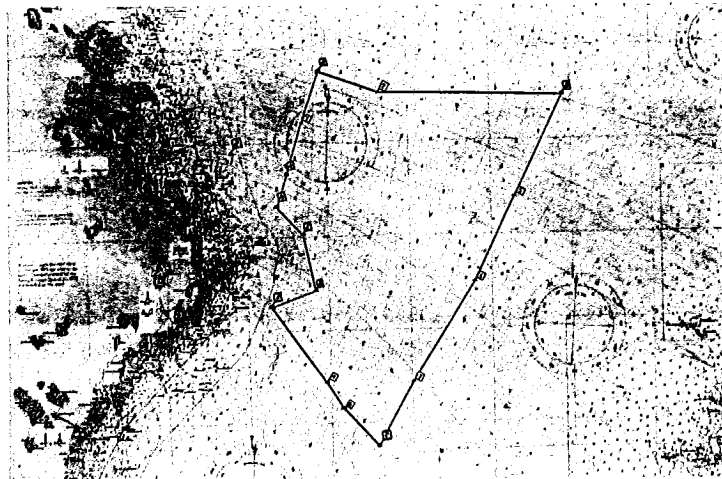


Fig. 9

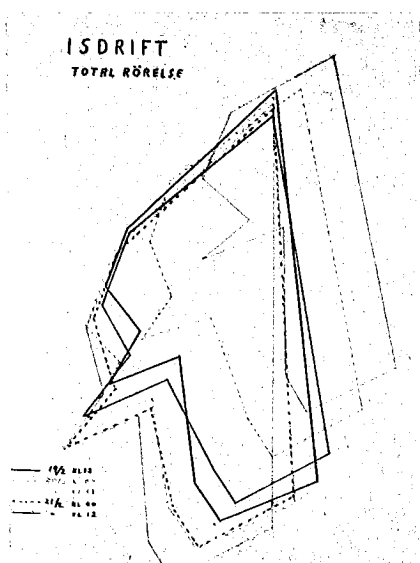


Fig. 10

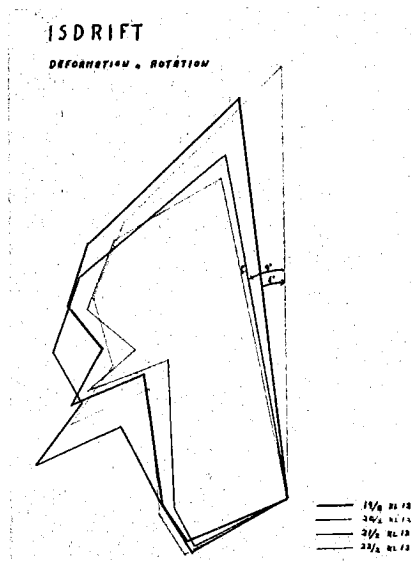


Fig. 11



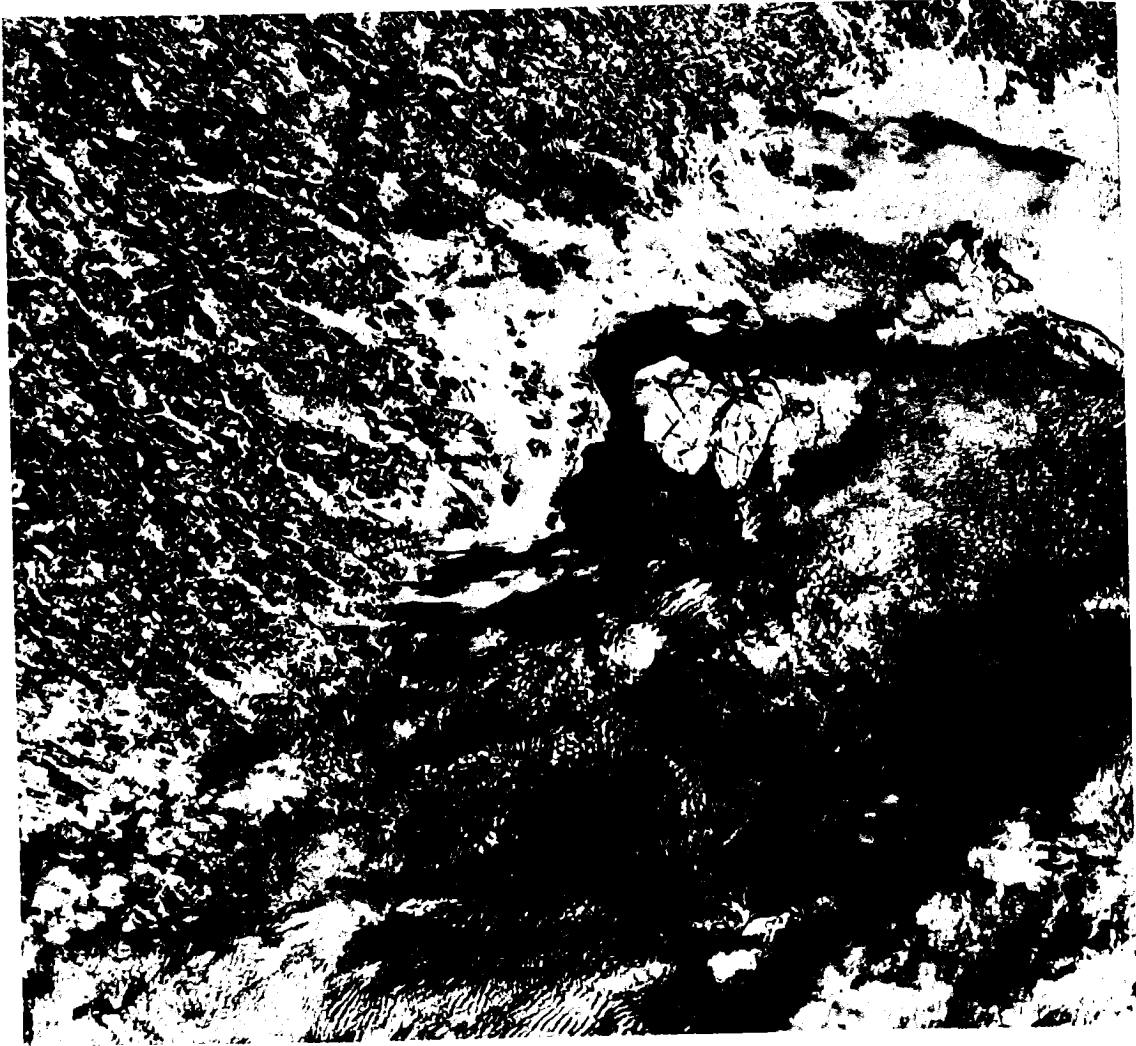


Fig. 12

Fig. 13

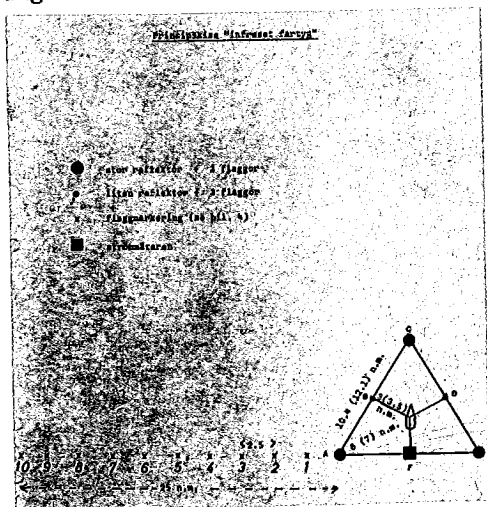
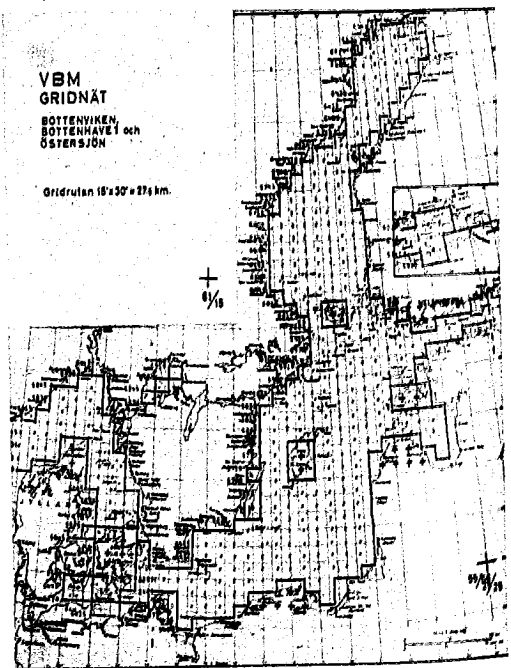


Fig. 14



1. ISMASSA
  - a) Koncentration
  - b) Tjocklek
  - c) Täthet
2. ISENS RÖRELSE
  - a) Hastighet
  - b) Riktning
  - c) Divergens och konvergens
  - d) Deformation
  - e) Rotation
3. VINDSTRESS
  - a) Vindhastighet
  - b) Vindriktning
  - c) Isskrovlighet på ovansidan
  - d) Atmosfärens skiktning
4. VATTENSTRESS
  - a) Strömhastighet
  - b) Strömriktning
  - c) Isskrovlighet på undersidan
  - d) Vattnets skiktning

De flesta av dessa parametrar är inte tillgängliga från den dagliga rutininformationen som mottages på SMHI, i varje fall inte med tillräckligt stor noggrannhet. För säsongen 1973/74 uppgjordes därför ett omfattande fältprogram för bestämning av dessa parametrar. Då resurser för kontinuerliga mätningar inte var tillgängliga, beslöts det att förlägga fältförsöken till tre intensivperioder: 18–25 februari, 8–16 mars och 25 mars–3 april. Dessa perioder valdes därför att de sammanföll med jordresurssatellitens ERTS-1 passage över Bottenviken och Bottenhavet. Det förutsattes att följande metoder och hjälpmedel skulle kunna utnyttjas för bestämning av följande parametrar:

Iskoncentration, Isslag, Isskrovlighet	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bilder från vädersatelliter</li> <li>2. Bilder från jordresurssatellit</li> <li>3. Flygfotografering från hög höjd av flygvapnet</li> <li>4. Visuell spaning från helikopter och flygplan</li> <li>5. Visuell spaning från isbrytare</li> <li>6. Landfast radar</li> </ol>
Istjocklek	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Borrning och manuell mätning</li> </ol>
Isens rörelse	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Radarföljning av reflektorer utplacerade på isen</li> <li>2. Positionsbestämning av andra markeringar på isen med Decca-navigators</li> <li>3. Drift av fartyg infruset i isen</li> </ol>
Meteorologiska parametrar som vind, temperatur etc.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mätning på isen</li> <li>2. Mätning ombord på isbrytare</li> <li>3. Mätning på kuststationer</li> </ol>
Ström	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Registrerande strömmätare</li> <li>2. Manuella mätningar</li> </ol>

Som plattformar förutsattes att följande var tillgängligt.

1. Isbrytare, svenska såväl som finska.
2. Helikoptrar, stationerade ombord på isbrytare (svenska och finska), skulle utnyttjas för positionsbestämning av fasta markeringar på isen, för mätningar på isen och för kartläggning.
3. FOA:s radarstation på Dalsberget vid Nordingrå, som är uppsatt för isforskningsändamål samt sjöfartsverkets radar på Sydostbrotten. Båda dessa är utrustade med kameror för kontinuerlig fotografering av radarskärmen.
4. Ett fartyg utrustat med Decca-navigator och förstklassig radar, som skulle få frysa fast och driva med isen, företrädesvis i norra delen av Bottenhavet.

Att frysa in ett fartyg i isen för att därifrån utföra mätningar skulle ha stora fördelar och ge ett utomordentligt material för isforskningen. Man skulle ha möjlighet att följa driften av ett stort isfält med stor noggrannhet och få information om fältets rotation och deformation samtidigt som man mäter de meteorologiska och oceanografiska parametrarna, som bestämmer isfältets rörelse. I tillägg skulle man få uppgifter om isskrovlighet, istjocklek och koncentration.

*Fig. 6* visar hur fältförsöken utanför Dalsberget och Sydostbrotten var planerade. Ett stort antal reflektorer skulle placeras på isen inom de två radarstationernas täckningsområde, samtidigt som områdena skulle kartläggas i detalj beträffande is såväl som meteorologiska och oceanografiska parametrar. Tyvärr blev också denna vinter, liksom fallet var 1972/73, extremt mild, varför ingen eller obetydlig is förekom i Bottenhavet. Hela fältprogrammet måste därför förläggas till Bottenviken. Under den första försöksperioden, 18–25 februari, utnyttjades statsisbrytaren *NJORD*, där kommandörkapten Hjortzberg vid tillfället var fartygschef, som bas. Den 18 och 19 utplacerades nio radarreflektorer på isen. Reflektorerna, som var av typ nätreflektorer (fabrikat Chemring) var monterade på ställningar av aluminium. Deras höjd över isen var 5–6 meter och målytan på de två storlekar av reflektorer som användes, var 2.143 respektive 422 m<sup>2</sup> för 3-cm radar, 193 respektive 38 m<sup>2</sup> för 10-cm radar.

*Fig. 7* visar en sådan reflektor utplacerad på isen.

Förutom radarreflektorerna placerades sju flaggmarkeringar med numrerade presenningar för lokalisering och positionsbestämning med helikopter.

*Fig. 8* visar en sådan flaggmarkering. Utöver radarreflektorer och flaggmarkeringar medfördes utrustning för mätning av vind, temperatur, ström, istjocklek. Snabba istjockleksmätningar kunde utföras med hjälp av en liten effektiv motorborr.

*Fig. 9* visar hur radarreflektorer och flaggmarkeringar utplacerades på isen i området utanför Bjuröklubb. Området hade utvalts med tanke på isbrytarnas *NJORD* och *TOR* mest frekventerade arbetsområden. Valet visade sig vara lyckat, fränsett att området var för stort för att man på en rimlig tid skulle kunna avspana samtliga markeringar med helikopter. Med fartygsradar kunde dock alla radarreflektorer pejlas och positionsbestämmas. Radarlokalisering av reflektorerna var också värdefull vid helikopterspaningarna efter flaggmarkeringarna, då man där kunde få fasta punkter att starta flygningarna från.

Under ett dygn från 21 februari kl 08.00 till den 22 februari kl 08.00 låg *NJORD* stilla och drev med isen. Under denna period utfördes en serie lyckade mätningar. Förutom lokalisering och positionsbestämning av markeringar utnyttjades helikopter för att kartlägga isen i större delen av Bottenviken. Därvid bestämdes: typ av is, isens koncentration, isens skrovlighet, den horisontella utbredningen av skrovligheten. Ett antal tjockleksmätningar utfördes samtidigt.

*Fig. 10* visar polygoner, som framkommit genom att linjer har dragits genom läget för markeringspunkterna (reflektorer såväl som flaggor) vid vissa fasta tidpunkter. Det framkommer tydligt hur det ursprungliga området innanför markeringarna (gröna linjen) från den 19 februari har rört sig i SSW-lig riktning för att sedan vända och röra sig i NNE-lig riktning. Rörelsehastigheten under driften nordvärt från den 20 kl 12.00 till den 22 februari kl 12.00 var ca 0.15 m/s eller 0.30 knop. Vindriktningen var omkring 190 grader och medelvindhastigheten 15 knop.

*Fig. 11* visar samma polygoner men nu fastlåsta i nedre högra hörnet. Detta för att åskådliggöra den vridning och den deformation, som isområdet innanför markeringarna har varit utsatt för under sin drift. Vi ser hur isfältet har roterat åt höger under driften sydväst och åt vänster då det drev nordvärt.

Detta är bara ett exempel på bearbetning av det observationsmaterial, som insamlades under den första perioden av fältförsöken. Bearbetningen av ismaterialet pågår och vi hoppas kunna presentera intressanta resultat vid ett senare tillfälle. Bland annat har vi erhållit bilder från ERTS-1 från den 21 februari, som täcker undersökningsområdet utanför Bjuröklubb. Ett exempel på den informationsmängd en ERTS-1 bild innehåller har vi försökt att demonstrera på SMHI:s utställningsbidrag i Sjöfartscentrum i Luleå. Informationen från tre spektralband från ERTS-1:s scannande radiometer har färgkodats och uppförstorats till en diabild av storleken 75 x 75 cm, se *fig. 12*.

Under andra fältperioden den 11–18 mars ställde sjöfartsverkets isbrytningssektion isbrytaren *YMER* till vår disposition. *YMER* tog sig ut i isen till ungefär mitten av Bottenviken, där hon sedan låg och drev medan ett intensivt mätprogram pågick. Omkring fartyget placerades radarreflektorer enligt *fig. 13*. Dessutom utsattes i ett snitt in mot svenska kusten en rad flaggmarkeringar med ett inbördes avstånd av cirka 2 n.m.

Fartygets och reflektorernas position bestämdes varje timme och under hela perioden fanns en helikopter tillgänglig för isspaning och undersökningar på isen. Under tre dagar utfördes en storskalig kartläggning av isens massa och skrovlighet över större delen av Bottenviken. I området omkring *YMER* bestämdes isens massa genom systematiska borrhningar. Strömhastigheten bestämdes med registrerande strömmätare och den sk havregrynsmetoden. Vindens riktning och hastighet mättes regelbundet såväl som luft- och vattentemperaturen i flera områden och i olika nivåer. Den tredje perioden inställdes.

#### SAMARBETE MED FINLAND

Under båda undersökningsperioderna deltog Finland aktivt i iskartläggningen. I stort delades ansvaret för isspaningarna mellan Sverige och Finland så att Sverige täckte området väst om linjen Kemi – Valsörarna och Finland området öst om denna linje. Finska helikoptrar deltog också i någon utsträckning i lokalisering och positionsbestämning av flaggmarkeringarna. Metoden föreföll lyckad och Finland har föreslagit att man under nästa säsong utökar antalet flaggmarkeringar så att isdriften kan bestämmas över ett ännu större område. Det föreslås också att massberäkningen av isen intensifieras

kommande säsong och att vissa vallområden detaljstuderas under hela issäsongen för att kartlägga händelseförloppet vid vallbildningar.

#### BEARBETNING AV HISTORISKT INTRESSE

Den serie av iskartor som framställs dagligen i rutinistjänsten både i Sverige och Finland innehåller en mängd information som bör bearbetas. Att manuellt bearbeta ett stort kartmaterial är ytterst tidskrävande och Sverige och Finland har därför enats om att digitalisera iskartorna åtminstone tio år tillbaka i tiden. Man har blivit enig om en lämplig kodform såväl som ett gridnät för detta ändamål. Gridnätet framgår av *fig. 14*. Sedan digitaliseringen har slutförts, kan olika typer av bearbetningar enkelt utföras med datorer.

#### AVSLUTNING

Arbetet med att vidareutveckla den numerisk-dynamiska ismodellen kommer nu att fortsätta med stöd av de mätresultat som erhållits under vinterns fältförsök. Detta kommer troligen att leda till nya teoretiska utvecklingar, som i sin tur kräver nya fältförsök, varför den gångna vinterns övningar ändå får ses som en första början i det forskningsprogram som nu har börjat komma igång på allvar.

## Nya metoder för kartläggning och uppföljning av isförhållandena

*Forskningschef Folke Eklund, Försvarets forskningsanstalt (FOA), Stockholm*

### NULÄGE

Kartläggning och uppföljning av isförhållanden har hittills huvudsakligen skett genom bearbetning av observationer av isförhållanden inom det optiska våglängdsområdet. Man har observerat isen eller fotograferat den från flygplan eller fartyg och rapporterat iakttagelserna till lämplig instans.

Det underlag man på det sättet fått har många brister. Iakttagelserna har varit punktvisa och man har haft svårt att få en god uppfattning om issituationen, speciellt till havs. Dålig sikt och mörker har ofta förhindrat upptäckt och uppföljning av förändringar i issituationen. Detaljeringsgraden i rapporteringen har varit låg. Uppgifter om istjocklek och iskvalitet har förekommit endast sporadiskt. Listan på brister skulle säkert kunna göras ännu längre.

Indirekt är därmed också sagt vad man framför allt önskar sig av nya och bättre metoder för kartläggning och uppföljning av isförhållanden:

- God överblick med bibehållen hög detaljeringsgrad
- Oberoende av ljus och siktförhållanden
- Information om isens ytstruktur (över och undersida)
- Information om istjocklek och iskvalitet
- Beskrivning av isens rörelser och dynamik.

Vilka förutsättningar finns för att åstadkomma sådana nya och bättre metoder?

### FYSIKALISKA FÖRUTSÄTTNINGAR

Då man betraktar isen eller fotograferar den med normal svart-vit eller färgfilm utnyttjar man endast en mycket liten del av det elektromagnetiska frekvensspektret. All materia reflekterar och sänder ut elektromagnetisk strålning inom ett mycket vidare område. Avbildning av isen kan i princip åstadkommas vid vilken frekvens som helst. Beroende på frekvens och på avbildningssystemets tekniska utformning kommer, som vi senare skall se, olika egenskaper hos isen att kartläggas.

Med hänsyn till att kartläggning bör kunna ske oberoende av sikt och ljusförhållanden, är det inte lämpligt att försöka använda sig av högre frekvenser (= kortare våglängder) än de optiska. Sådan kortvågig (ultraviolet) strålning dämpas kraftigt i atmosfären och är ännu känsligare för varierande meteorologiska förhållanden än optisk strålning.

Går man i stället mot lägre frekvenser (= längre våglängder) kommer kartläggningsmöjligheterna att förändras till det bättre med hänsyn till de uppställda kraven rörande sikt och ljusberoende.

Det första intressanta våglängdsområdet åt det långvågiga hållet finns mellan våglängderna 8 och  $14\mu$  ( $1\mu = 10^{-6}$  m). Den strålning som går ut inom detta område känner vi som värmestrålning. Den dämpas obetydligt av den klara atmosfären. Däremot utgör dimma, moln och nederbörd allvarliga hinder.

Eftersom man kartlägger (avbildar) den direkt från ytan utgående värmestrålningen, är man inte beroende av att ytan är belyst.

Inom våglängdsbandet från  $14\mu$  och upp till de allra kortvågigaste radiovågorna med våglängder av storleksordningen mm utgör atmosfärens gaser en effektiv spärr för strålningen.

Inom radiovågsområdet som börjar vid våglängder av storleksordningen mm och sträcker sig mot allt längre våglängder finns förutsättningen för avbildning av jordytan, is, vatten etc oberoende av atmosfärens gaser, ljus och meteorologiska förhållanden.

I och med att man använder radiovågor blir dock upplösningen i den bild man får sämre, men med utnyttjande av avancerad teknik kan kraven på detaljrikedomen i avbildning av isförhållanden i regel tillfredsställas.

Möjligheter att avbilda isytan på håll så att man får en god överblick föreligger alltså inom det optiska området, inom IR-området  $8 - 14\mu$  och inom radiovåglängdsområdet mm till några meter.

Man kan säga att ett nytt grepp på avbildningsproblemet har tagits i och med att begreppet fjärranalys vuxit fram. Fjärranalys innebär att medelst avståndsobservationer insamla, bearbeta och analysera data för att därigenom erhålla information om jordytans och atmosfärens egenskaper. Vi kan lämpligen betrakta hjälpmedel och metoder inom fjärranalysen som ingående i ett informationsinsamlingssystem. Ett sådant system syftar till att ge information, så att vi kan beskriva mätobjekt eller "scenen" på ett för uppgiften lämpligt sätt.

Fjärranalysens mät- och analyseringsproblem består i att välja den sensorkombination och att uppmäta sådana fysikaliska storheter (s k signaturer) vilka möjliggör att bestämma den önskade egenskapen hos scenen.

Fjärranalysområdet är ett tvärtekniskt och tvärvetenskapligt ämnesområde. Mätsensorerna kan vara av många olika typer: kameror med film och filter inom olika våglängdsområden, radarutrustning, laserutrustning, detektorer för termisk kartläggning inom infraröd- och mikrovågsområdet. Sensorerna kan vara markplacerade eller luftburna i ballong, flygplan eller satelliter. Plattformsteknikens enorma utveckling med flyg- och rymdteknik spelar en betydelsefull roll för fjärranalysens expansion.

Vi skall återkomma till de tekniska möjligheter som finns för fjärranalys av is och snö i nästa avsnitt.

Den grundläggande fysikaliska bakgrunden till att man kan fjärranalysera olika egenskaper hos t ex ett isfält utgörs av att ett föremål eller liten del av isfältet som träffas av elektromagnetisk strålning (från solen från en radarsändare eller annan belysningsanordning) sprider, reflekterar och absorberar den infallande strålningen på ett sätt som är karakteristiskt för just det föremålet eller isområdet ifråga. Man kan också avbilda isen utan krav på belysningsanordning. Man utnyttjar då det förhållandet att all materia utsänder strålning inom hela det elektromagnetiska spektret beroende på att det alltid finns en viss oordnad temperaturrörelse hos elektronerna i materien. Strålningen blir också oordnad - brusstrålning. Brusstrålningens intensitet är inom det optiska och IR-området huvudsakligen beroende av materiens temperatur. Inom radioområdet är den proportionell mot produkten av temperatur och emissionsförmåga. Emissionsförmågan i sin tur är ett mått på strålningens förmåga att tränga igenom materien. Vatten har t ex låg emissivitet till följd av att radiovågor med så korta våglängder som det här är fråga om

inte har någon nämnvärd genomträngningsförmåga i vatten. Is däremot har relativt hög emissivitet. Radiobrusstrålningen från en istäckt vattenyta kommer därför successivt att öka då istäcket tillväxer i tjocklek. Detta kan som vi senare skall se kanske möjliggöra fjärranalys av havsisens tjocklek.

Sammanfattningsvis kan konstateras:

Inom det optiska området kan isytans eller i förekommande fall snöytans oregelbundenheter fjärranalyseras under förutsättning att belysningsförhållanden och sikt är tillfredsställande.

Inom IR-området kan isytans eller i förekommande fall snöytans brusstrålning fjärranalyseras oberoende av belysningsförhållanden men med krav på relativt god sikt. Den information man erhåller återspeglar huvudsakligen is-(snö-)ytans temperatur och oregelbundenheter.

Inom radioområdet kan man genom lämpligt våglängdsval välja att fjärranalysera oregelbundenheter hos ett *mer eller mindre tjockt skikt av kombinationen snö-istäcke*. Man kan också fjärranalysera istjocklek. Man är oberoende av ljus och i stort sett av meteorologiska förhållanden. Detaljeringsgraden i avbildningen är sämre än inom det optiska och IR-området.

## TEKNIK OCH EXEMPEL PÅ RESULTAT

### *Optiska området*

Inom det optiska området är flygfotograferingen en etablerad metod för fjärranalys av markytan. Dess möjligheter och begränsningar skall därför inte diskuteras närmare här.

I de fall man önskar mycket noggrann information om en isytas ojämnheter, t ex isvallars höjd, kan man utnyttja flygburna laserhöjdmätare. Med dem sänder man ut en mycket kort och starkt koncentrerad ljuspuls som reflekteras mot en cm-stor fläck av isytan under flygplanet. Men tar emot den reflekterade ljuspulsen i flygplanet och mäter ljuspulsens gångtid tur och retur isytan. Gångtiden är ett direkt mått på avståndet flygplan – reflekterande fläck på isytan. Eftersom man själv alstrar den strålning som krävs för en laserhöjdmätare är man inte beroende av ljusförhållanden. God sikt är däremot ett krav.

### *IR-området*

Flygtermografi eller termisk kartläggning är en metod som använts vid fjärranalys från luften för att studera värmestrålningen från mark- och vattenområden. Vid flygtermografi utnyttjar man den termiska egenstrålningen från objekten. Helst arbetar man i våglängdsområdet 8 – 14  $\mu\text{m}$ , där atmosfärens transmission är god och värmestrålningen har sitt maximum vid de temperaturer som vanligtvis förekommer i naturen. Detta innebär att metoden kan användas såväl på dagen som på natten.

Vid flygtermografi använder man en scannande apparatur t ex av det slag som visas i *fig. 1*. Spegelsystemet till höger i bilden samlar strålningen inom en liten rymdvinkel på detektorelementet. Vid detta får man en elektrisk signal som varierar med strålningseffekten. Den elektriska signalen förstärks och kan omformas på olika sätt innan den registreras. Registreringen sker genom att signalen styr intensiteten hos en glimlampa som avbildas på en fotografisk film. Ju starkare den inkommande strålningen är desto större blir svärtningen på filmen.



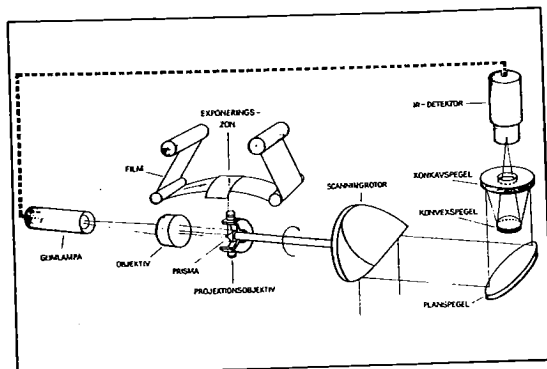


Fig. 1

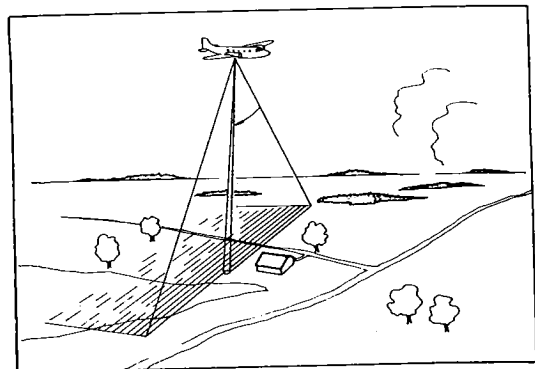


Fig. 2

"Documenta" nr 6, 1973. E Fagerlund, FOA, "Flygtermografi".

En del av optiken både på insamlingsidan och på registreringsidan sitter på en axel som roterar under flygningen. Därigenom känner detektorn av strålningen successivt inom ett brett stråk under flygplanet (fig. 2). Samtidigt sveper bilden av glimlampan tvärs över filmen och registrerar strålningsvariationerna. Genom att filmen matas fram med en hastighet som motsvarar flygplanets rörelse får man en sammanhängande värmebild av området längs färdvägen.

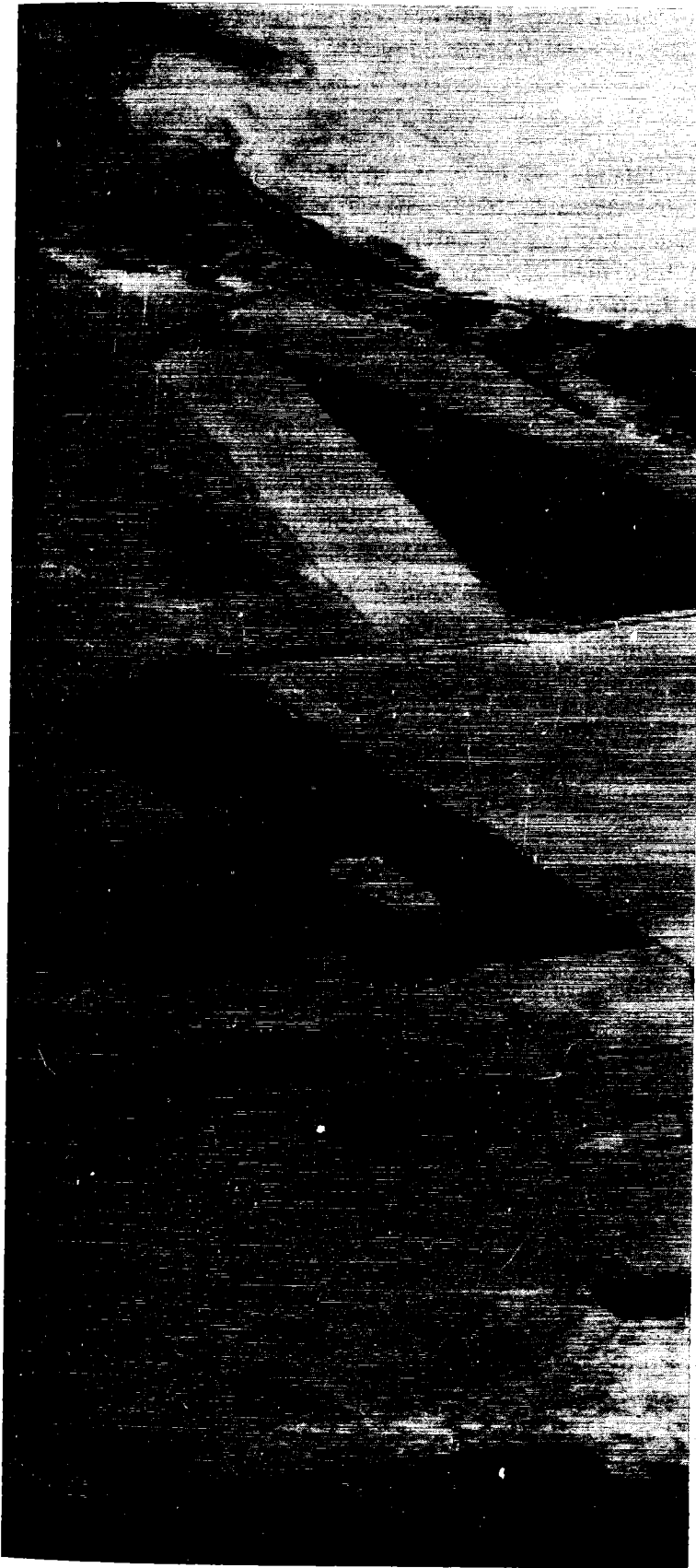
I dessa bilder finns det inget enkelt samband mellan gråtonerna och temperaturerna hos objekten. Detta beror på att strålningen varierar inte enbart med temperatur utan även med emissionsfaktor, reflexions- och transmissionsförhållanden. Flygtermografi är således ingen metod för temperaturmätning men kan användas för studier av de lokala temperaturvariationerna inom enhetliga områden. Temperaturkänsligheten är ett par tiondels grader vid en geometrisk upplösning (avsökningslobens vinkel) av 1–2 mr.

Det stråk som avbildas under flygplanet har i regel en bredd som är ca 3 ggr flygplanets höjd. Upplösningen i bilden är huvudsakligen beroende av den önskade känsligheten hos apparaturen och av flygplanets höjd. Vid flyghöjder av storleksordningen km och måttliga krav på temperaturkänslighet kan en upplösning av storleksordningen m erhållas. Temperaturkontrasten mellan is och vatten liksom mellan snötäckt och bar is bör lätt kunna urskiljas. Isvallar och andra områden med ojämnheter i ytan torde också framträda med önskvärd tydlighet. IR-utrustningen (IR-scanner) kan arbeta oberoende av ljusförhållanden, men relativt god sikt krävs.

Kostnaden för en flygburen IR-scanner av god kvalitet är av storleksordningen 0.2 Mkr. Exempel på IR-avbildning av is saknas men man torde få en uppfattning om vad den skulle ge av fig. 3 som visar bilden av ett land-vattenområde som överflugits nattetid en klar sommarnatt. Det varma vattenområdet ses i bildens övre högra hörn. Genom utstrålning har vissa landområden svalnat och framträder svarta i bilden.

#### Radioområdet

Två typer av tekniska system kan urskiljas: aktiva och passiva. Med aktiva system avses sådana där det mark-(is-)område man vill avbilda belyses av en sändare och där sedan en mottagarutrustning får analysera den från marken (isen) spridda eller reflekterade energin.



*Fig. 3 E Fagerlund, FOA 2*

I passiva system (radiometrar) har man ingen sändare utan registrerar och analyserar den radiobrusstrålning som utgår från jordytan, huvudsakligen inom våglängdsområdet mm – några 10-tal cm.

Ett av de vanligaste aktiva radiosystemen för avbildning av markytan från luften är den flygburna sk sidstrålande radarn, se fig. 4. Med den belyser man i varje ögonblick en remsa av den underliggande terrängen vid sidan om flygstråket. Den från remsan returspridda signalen kan t ex presenteras på ett intensitetsmodulerat katodstrålerör och tecknar där en linje med varierande ljusintensitet. Avstånd utmed linjen svarar mot avstånd utmed den i ett ögonblick belysta markremsan och intensitetsvariationerna berättar om returspridningen från olika punkter av den belysta markremsan. Avbildningen av markytan åstadkoms genom att linjen på katodstråleröret projiceras och registreras på tvären på en filmremsa, som löper fram med en hastighet som är proportionell mot flygplanets hastighet över markytan. I avancerade system kan man lägga in en omfattande signalbehandling i kedjan mottagare – filmremsa. Utveckling av sidstrålande radarsystem pågår längs flera linjer: 3-dimensionell avbildning, speciell utmärkning av rörliga föremål, bättre upplösning (nuvarande gränser ca 5–50 m beroende på systemens komplexitet), syntetiska färgbilder, billigare system. De främsta nackdelarna med radiofjärranalys är att rumsupplösningen är jämförelsevis dålig och priset högt. Trots detta har man under de senaste ca fem åren sett en kraftig expansion av användning av sidstrålande radar för olika civila ändamål, sannolikt beroende på att tekniken har vissa obestridliga och stora fördelar. Jag skall nämna och illustrera de viktigaste.

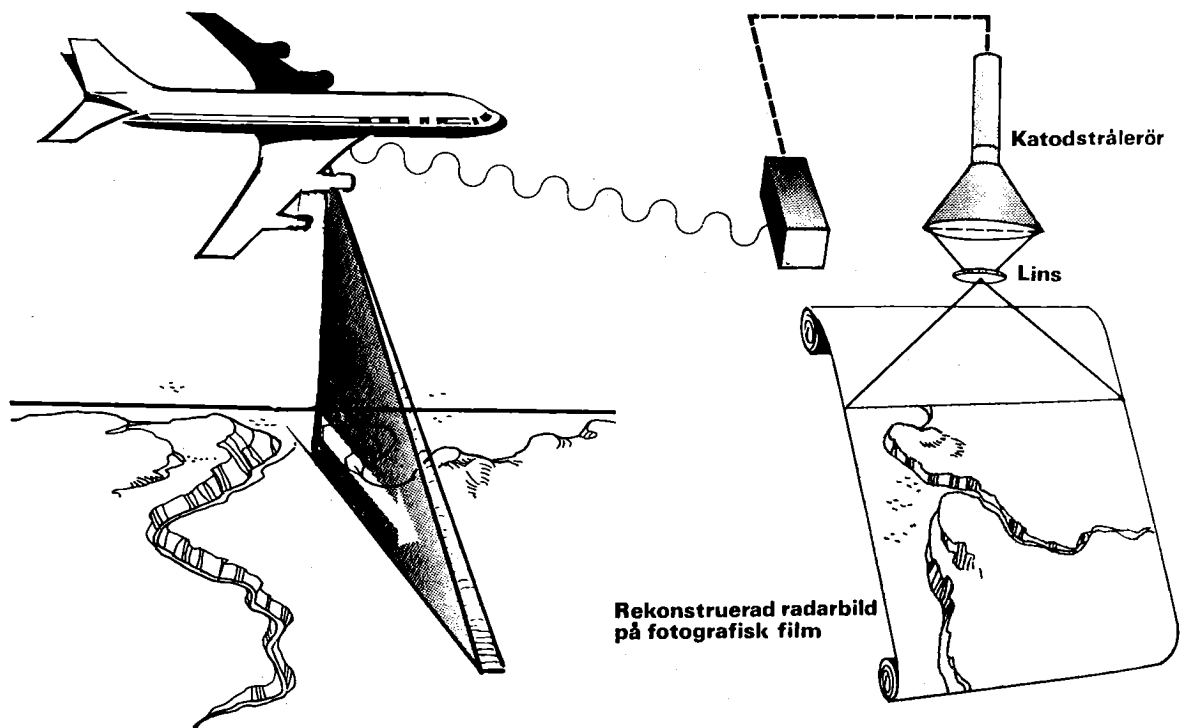


Fig. 4

*För det första:* Den sidstrålande radarn erbjuder möjligheter till snabb avbildning av stora områden med en upplösning som oftast är tillräcklig ur tillämpningssynpunkt. Detta har utnyttjats i flera stora kartläggningsprojekt. Den remsa av isytan som kan avbildas under en överflygning får i ett typexempel bredden 40 km. Eftersom kartläggning kan ske på ömse sidor om flygplanet kan den sammanlagda bredden av två remsor bli 80 km.

*För det andra:* Man kan genom lämpligt våglängdsval tränga igenom snötäcken och avbilda den verkliga isytan.

*För det tredje:* Radarbildningen kan ske oberoende av ljus- och siktförhållanden.

Priset för ett ur iskartläggningssynpunkt lämpligt sidstrålande radarsystem är av storleksordningen 1.5 Mkr.

Även konventionell flygburen eller fast kustbaserad radar kan användas för iskartläggning. Detta framgår bl a av resultat från försök i Bottenhavet och Bottenviken i samverkan mellan FOA, SMHI och sjöfartsverket. Det har visat sig möjligt att kartlägga förekomst av råkar och isvallar ut till ca 40 km från kusten. Med speciell registreringsmetodik har det också varit möjligt att följa och beskriva de långsamma, mäktiga rörelserna i ismassorna.

Med flygburen radar är det också möjligt att mäta flygplanetns höjd över isen och därigenom — om flygbanan är stabil — mäta höjdvariationer hos istäckets yta. Noggrannhet och upplösning vid en radarhöjdmätning blir dock väsentligt sämre än vid lasermätning.

Flygburen radar kan också användas för att mäta istjocklek. Eftersom is är "halvgenomskinlig" för radiovågor kan man erhålla en reflekterad signal från den övre och en från den undre isytan. Genom analys av de båda reflekterade signalerna kan istäckets tjocklek beräknas och registreras. Svårigheter kan dock uppkomma. Bl a är det ofta svårt att erhålla en distinkt reflex från den undre isytan genom att den ofta är mycket ojämn.

Med passiva radiometoder, mikrovågsradiometri, kan man avbilda isytan eller snarare egenskaperna hos ett isskikt av viss tjocklek. Systemuppbyggnaden påminner om den som används för IR-scannern. Man avbildar en remsa under flygplanet som blir ca 2 ggr flyghöjden. Upplösningen i avbildningen blir beroende av flyghöjd och känslighet. Ett grovt riktvärde på möjlig upplösning vid 1 km flyghöjd är några 10-tal m.

Som tidigare nämnts framträder gränser mellan is och vatten speciellt tydligt i avbildningen som kan göras oberoende av ljus- och siktförhållanden. Priset för en avbildande (scannande) mikrovågsradiometer är av storleksordningen 0.5 Mkr.

Som tidigare antytts erbjuder mikrovågsradiometrin en möjlighet att göra istjockleksmätningar medan man flyger fram över isytan. Då ett istäcke börjar växa till i tjocklek dämpas brusbidraget från vattenytan något samtidigt som ett brustillskott erhålles från isskiktet. Brusbidraget från isskiktet växer till en början så snabbt med ökande tjocklek att man totalt sett får en ökande brustemperatur. (Vattenytan brusar ju som vi tidigare konstaterat obetydligt genom att den är en relativt god reflektor). Då isskiktet fortsätter att växa kommer brusbidrag från nytillkommande lager på isens undersida att successivt minska i betydelse på grund av att dessa bidrag dämpas på vägen upp genom istäcket. Därför kommer ökningstakten i brustemperatur vid växande istjocklek att avta för att så småningom praktiskt taget upphöra då istjockleken väsentligt börjar överstiga radiovågens inträngningsdjup i is vid den använda frekvensen.

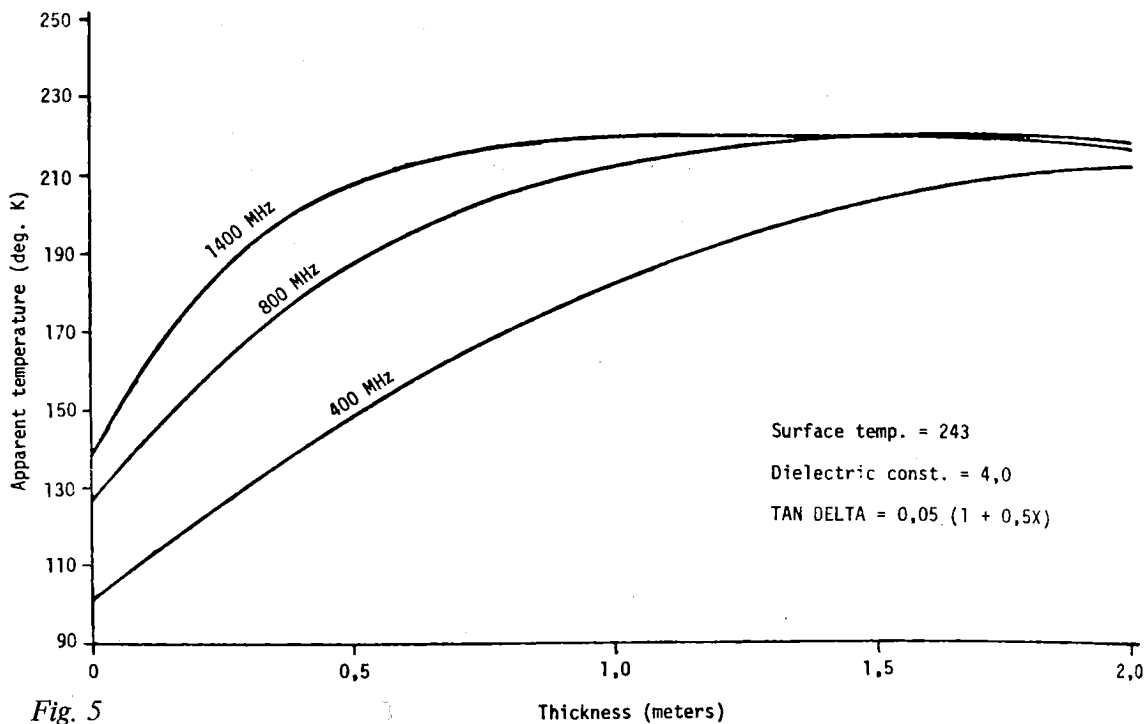


Fig. 5

Kanadensiska beräkningar av brustemperatur som funktion av istjocklek vid frekvenserna 400, 800 och 1400 MHz visas i fig. 5. Beräkningarna är utförda under antagande av isläggning på relativt salt havsvatten. Lämpligt frekvensområde blir då omkring 400 MHz. Motsvarande beräkningar för Östersjö-förhållanden visar att betydligt högre frekvens kan användas på grund av ökad inträngning vid lägre salthalt.

Fig. 6 ger exempel på resultat av mätningar för det kanadensiska fallet. I ett område där istjockleken varierade från 1,5 m till 0,3 m minskade brustemperaturen med 70°K vid 400 MHz, vilket stämmer bra med de beräknade värdena. Kostnaderna för en enkel radiometer för istjockleksmätning torde bli av storleksordningen 0,2 Mkr.

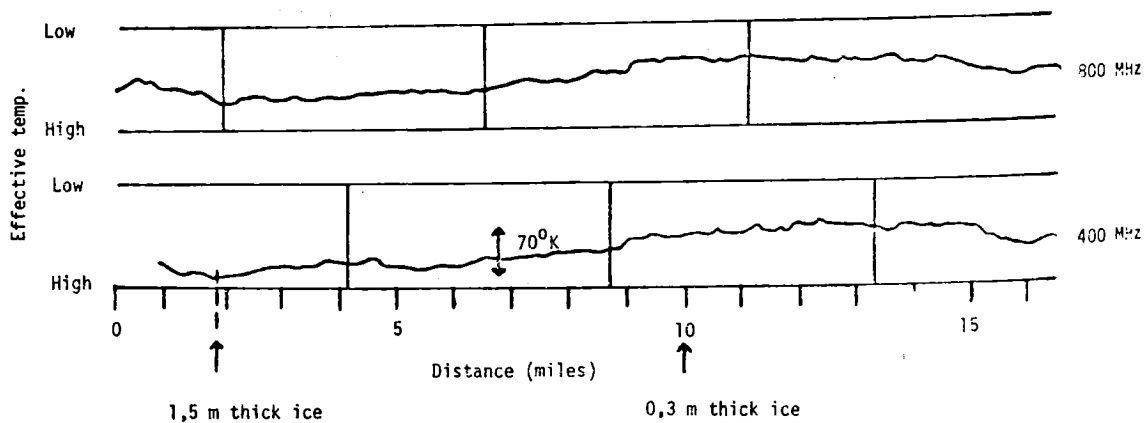


Fig. 6

...hållandet att olika metoders för- och nackdelar har poängterats i framställningen  
...tolkas så att det i fjärranalyssammanhang är en tävling mellan olika metoder. Det  
...ofta så att avbildningar med olika metoder och vid olika våglängder innehåller  
...mentär information som sammantagen gör att metoderna inte konkurrerar med  
...utan stöder varandra. Ett exempel härpå är ett flygburet system för  
...vakning (framför allt olja, men även is) som framtagits av US Coast Guard.

...innehåller:

- ...strålande radar vid 3 cm våglängd
- ...spande mikrovågsradiometer vid 8 mm våglängd
- ...scanner vid våglängderna 8 – 14  $\mu\text{m}$   
9 – 9,5 "
- UV

...ljus TV-system som kan arbeta vid den belysning som erhålles av 1/4 måne.

...från de olika systemen kan databehandlas och sammanlagras och presenteras på  
...och färg-TV.

...och IR-bilderna kan dessutom presenteras på film så som tidigare beskrivits.

...utvecklingskostnaderna för systemet är ca 12 Mkr. I serieproduktion uppskattas  
...bli ca 2,5 Mkr.

## Undersökning av havsisens egenskaper med mikrovågsradiometer

*Martti Tiuri, Martti Hallikainen, Kimmo Kaski, Tekniska Högskolan i Helsingfors*

### INLEDNING

Utnyttjandet av mikrovågor för att observera havsisens egenskaper undersöks som en del av vintersjöfartsforskningen mellan Finland och Sverige. Mikrovågor är radiovågor, vilkas våglängd är kortare än 30 cm.

En viktig applikation för mikrovågor är nuförtiden fjärranalys, vilket innebär att man på avstånd observerar och analyserar fenomen på jordytan eller annan strålning. Den mest betydande fördelen hos en fjärranalys, som äger rum på mikrovågsområdet, är att den är oberoende av väderleks- och belysningsförhållanden.

Projektet begyntes med teoretiska undersökningar av havsisens egenskaper. Därvid åstadkom man en modell, med vilkens hjälp man kan beräkna havsisens elektriska egenskaper. /1/. Efter det konstruerades en mikrovågsradiometer, som placerades i en helikopter, och i mars 1974 utfördes den första serien mätflygningar över Bottenviken.

### TEORI

All materia sänder av sig själv elektromagnetisk strålning, så kallad strålning från en svart kropp /2/. Mått på denna strålningsmängd är den så kallade brustemperaturen, som alltså är direkt proportionell mot den effekt som kroppen strålar ut. Brustemperaturen är igen beroende av kroppens fysikaliska temperatur, kroppens elektriska egenskaper och beskaffenheten hos gränsskiktet. Brustemperaturen är lägre än den fysikaliska temperaturen. Både den strålning, som isen sänder ut, och den, som sänds av vattnet, som finns därunder, påverkar den brustemperatur hos isen, som kan observeras på mikrovågsområdet. I den teoretiska havsismodellen beror brustemperaturen på isens tjocklek, fysikaliska temperatur samt på isens salthalt, fig. 1 /1/.

Enligt det tidigare sagda kan man med en känslig mikrovågsmottagare, som har installerats i ett flygplan eller helikopter, mäta isens brustemperatur och av det dra slutsatser om isens egenskaper.

### RADIOMETERN

I Radiolaboratoriet vid Tekniska Högskolan i Helsingfors har för ismätningar utvecklats apparatur, som omfattar två radiometrar, och vars blockschema visas i fig. 2. Radiometrarnas frekvenser är 4,7 GHz och 605 MHz. På dessa frekvenser finns inga störande radioförbindelser.

Till antenn för 4,7 GHz radiometern valdes en ny antenntyp, nätantennen, som utvecklats i högskolans radiolaboratorium, fig. 3 /3/. Tack vare sin flata konstruktion passar den bra att installera i en helikopter eller ett flygplan, fig. 4. Lobens riktning hos nätantennen är beroende av frekvensen, och genom att sålunda använda flera olika mätfrekvenser kan man mäta strålningen från olika håll. På grund av detta har 4,7 GHz radiometern tre frekvenskanaler (och lober), fig. 5. Storleken hos antennen är ung. 1,2 x 1,2 m<sup>2</sup>, och vidden hos en individuell lob är ung. 4°, vilket motsvarar ung. 7 m upplösningsförmåga på isens yta, när man flyger på 100 m höjd. Med tre kanaler får man mätt ett 12° brett område medan upplösningsförmågan ändå förblir god.

Antennen för 605 MHz är en dipolgrupp med 4 element, som har placerats ovanpå nätantennen.

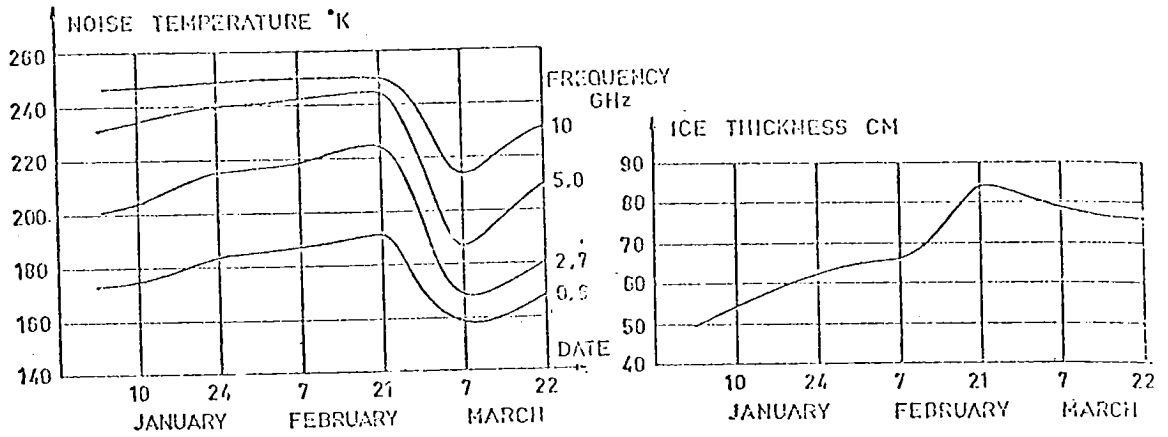


Fig. 1. Beräknad brustemperatur för havsis vid olika frekvenser som funktion av tiden (baserad på experimentell salthet, temperatur och istjockleksvärden för Bottenviken).

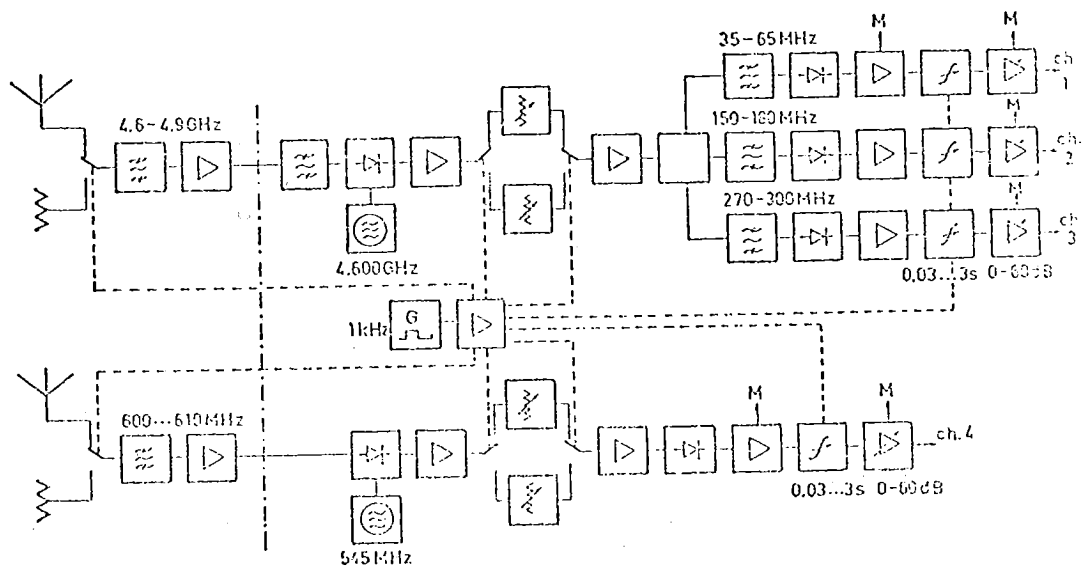


Fig. 2. Blockschema av radiometersystemet.



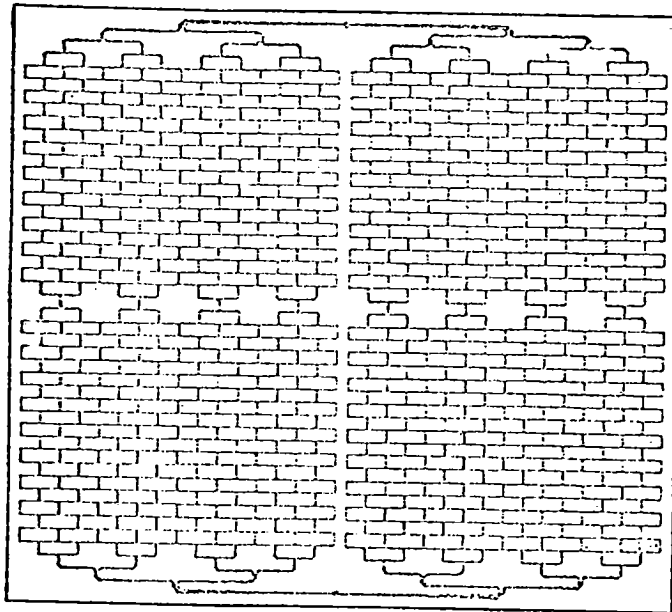


Fig. 3. 4.7 GHz nätantenn.

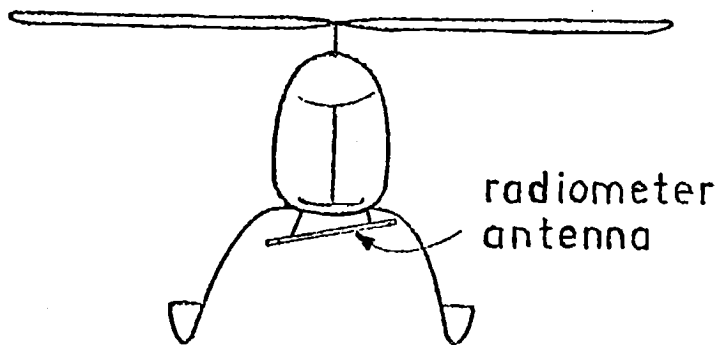


Fig. 4. En helikopter med 4.7 GHz antenn.

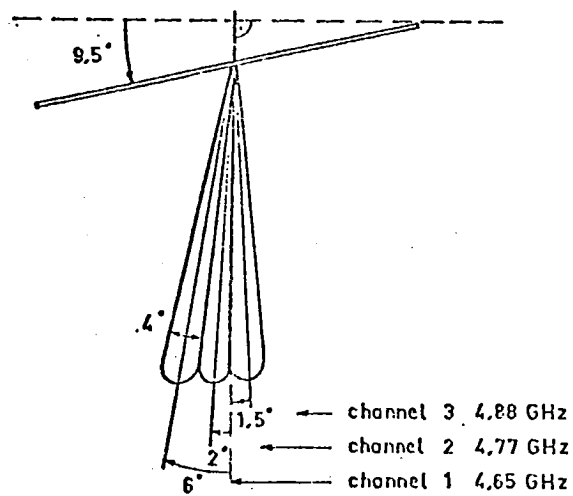


Fig. 5. Lobriktningarna för den trekanaliga radiometern.

I tabell 1 har visats båda radiometrarnas viktigaste egenskaper.

Kanal	4,7 GHz radiometer (Dicketyp)			605 MHz radiometer (Dicketyp)
	1	2	3	1
kanalens mittfrekvens/MHz	4650	4765	4885	605
kanalens bandbredd B/MHz	30	30	30	8
systembrustemperaturen $T_s/^\circ\text{K}$	1340	1130	1260	2320
integreringstid $\tau/s$	0.01–3	0.01–3	0.01–3	0.01–3

Tabell 1. Egenskaperna hos apparaturen

Den teoretiska känsligheten hos en radiometer av Dicketyp är  $2T_s/\sqrt{\tau B}$ , där  $T_s$  är systembrustemperaturen,  $B$  är bandbredden före detektorn och  $\tau$  är integreringstiden efter detektorn /4/. Integreringstiden är beroende av flyghastigheten hos helikoptern eller flygplanet och lobvidden hos antennen. En typisk integreringstid är 0,3 s varvid man erhåller som känslighet  $0,9^\circ\text{K}$  (på kanal 1) hos 4,7 GHz radiometern samt  $1,5^\circ\text{K}$  hos 605 MHz radiometern. Utsignalerna från 4,7 GHz radiometerns tre kanaler och 605 MHz radiometern matades till en 4-kanalig bandspelare.

#### EXPERIMENTELLA RESULTAT

Preliminära experiment med radiometern utfördes i slutet av mars under en vecka och det uppträdde på dem olika istyper, istjocklekar samt öppet vatten. Isens tjocklek varierade 0–100 cm. Helikopterns flyghöjd varierade mellan 20 och 200 m, och hastigheten mellan 150 och 200 km/h. Isprover togs på testområdena för salthaltsanalys, och isens tjocklek mättes. Snötäcket tjocklek i området var 20 cm och dess täthet under 0,3 (vattnets täthet = 1,0), så dess inverkan på resultaten var liten. Figurerna 6–8 visar typiska uppmätta brustemperaturer för havsisen och vattnet.

Av mätningarna kan följande slutsatser dras:

- Den öppna havsytan har en mycket låg brustemperatur, ung.  $120^\circ\text{K}$ , vilket är mer än  $100^\circ\text{K}$  mindre än brustemperaturen hos tjock is. På grund av detta kan man lätt observera öppna rännor och råkar med mikrovågsradiometer, fig. 6.
- Redan ett relativt tunt isskikt på havsytan ökar märkbart brustemperaturen. Till exempel en ungefär 5–10 cm tjock is har en brustemperatur på bara ung.  $25^\circ\text{K}$  lägre än hos 70 cm tjock is. Fig. 7
- Inverkan hos isens tjocklek på brustemperaturen är relativt liten, när tjockleken går över ung. 40 cm. Detta tröskelvärde är desto större ju saltfriare och kallare isen är. På grund av detta är det uppenbart, att noggranna istjockleksmätningar för tjock is inte är möjliga.
- Vid isvallar är brustemperaturen ungefär  $10^\circ\text{K}$  mindre än omgivningens jämnare is. Detta tyder på, att det är möjligt att med radiometern observera vallarnas positioner, vilket är viktigt vid val av isbrytarnas router. Fig. 8
- Utförda mätningar av brustemperaturen på två olika frekvenser gav nästan likadana resultat, så det finns inget klart optimivärde för mätfrekvensen.

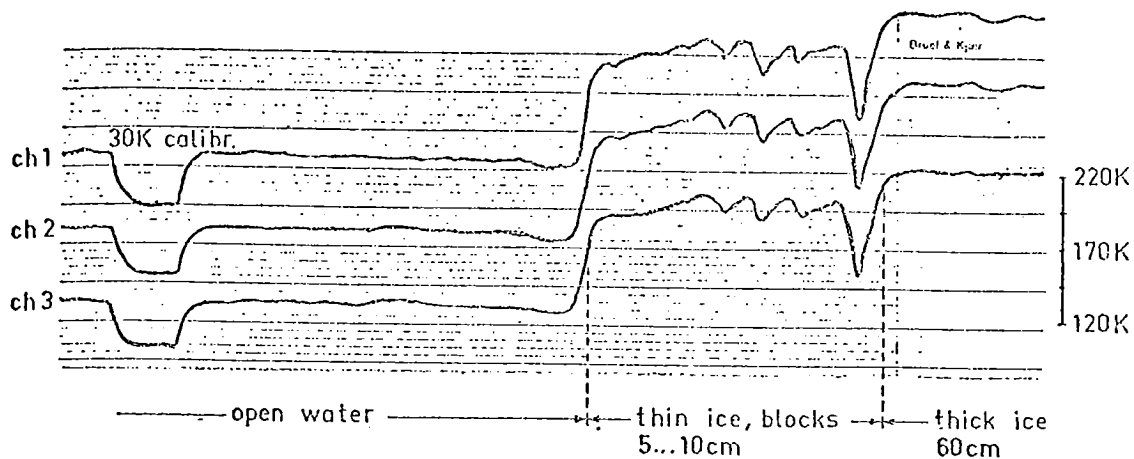


Fig. 6. Uppmätt brustemperatur för öppet havsvatten och olika istyper i Bottenviken.

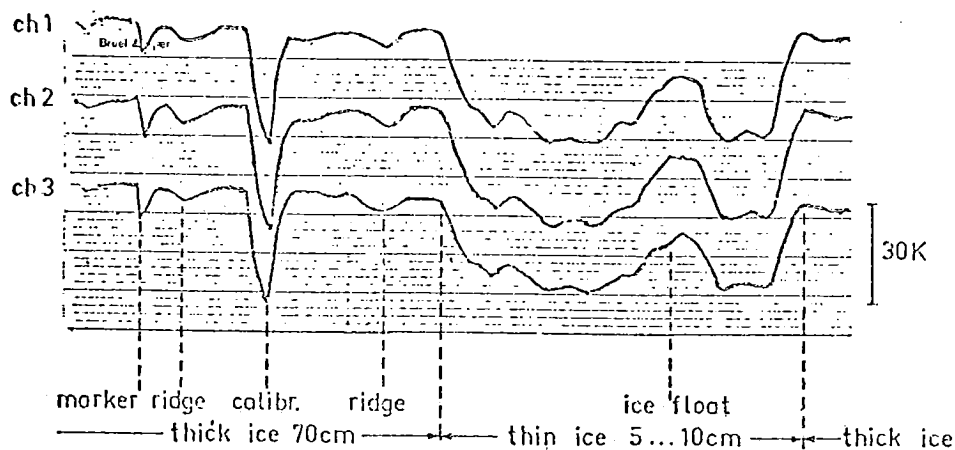


Fig. 7. Uppmätt brustemperatur för olika istyper i Bottenviken. Längden av det uppmätta området är ung. 2 km.

#### UTVECKLINGSMÖJLIGHETER

De preliminära försöksresultaten visar, att radiometern är nyttig vid utredandet av havsisens egenskaper. Oberoende av vädret och ljuset kan radiometern användas för att söka öppna farleder och råkar samt att skilja tjock is från tunnare is. Det verkar vara möjligt att med radiometern också observera isvallar. Det bör emellertid påpekas, att observationer har tillsvidare utförts under issituationen i slutet av mars. För att få en säkrare helhetsbild bör försöken fortsättas med mätningar under de olika isförhållanden, som råder under hela vintern.

Vid navigering av isbrytare måste man i dess närhet kunna undvika tjocka isvallar, eftersom de kan vara mycket besvärliga att bryta igenom. En vanlig slät is, fastän relativt tjock, förorsakar inget betydande hinder för moderna isbrytare. Om man kan begagna

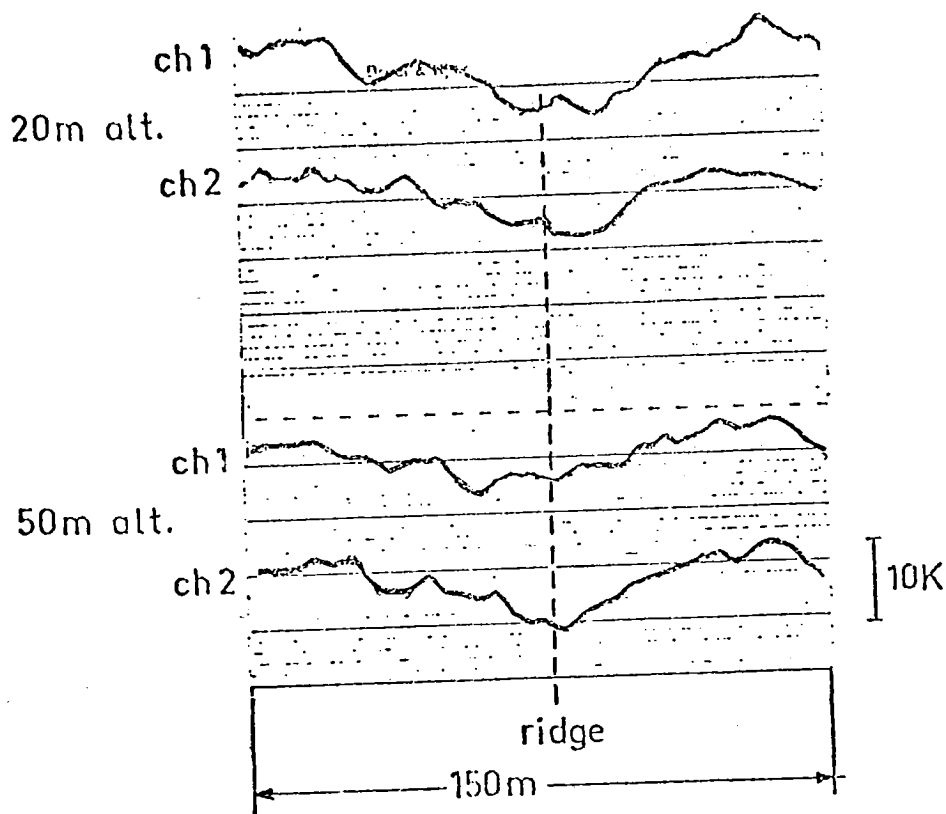


Fig. 8. Uppmätt brustemperatur av en isvall.

radiometrar för att observera stora och besvärliga isvallar, vilket experimentresultaten antyder, samt att skilja på områden med tunn och tjock is, är det möjligt att med hjälp av dem underlätta isbrytarnas navigering och överhuvudtaget sjöfarten på vintern. Därvid vore det fördelaktigt att placera radiometern i den helikopter, som begagnar isbrytaren som sin bas och flyger i dess närhet på ung. 200 m höjd och undersöker situationen.

Vid spaning över större havsområden måste det utredas, var det uppträder öppna råkar och rännor, var det finns relativt tunn is och var det finns tjock is och vallar. Då kan radiometern placeras i ett flygplan, som flyger på en eller ett par kilometers höjd (eller ännu högre) och utföra en allmän analys av issituationen. I synnerhet när väderleksförhållandena är dåliga, kommer en analys, som utförts med radiometer från flygplan, att bli viktig.

Eftersom issituationen i Bottenhavet är mycket komplicerad är det uppenbart, att bara en radiometer, som åstadkommer en mikrovågsbild, garanterar de bästa möjligheterna att observera isens egenskaper. Den radiometer, som använts i experimenten, kan i princip utvidgas till en radiometer, som alstrar en mikrovågsbild, genom att lägga till tillräckligt med kanaler och använda ett lämpligt framställningssätt för mätresultaten till exempel i form av en karta. Apparaten för att framställa resultaten kunde befinna sig på isbrytaren, dit mätresultaten sänds via radio över en ljudkanal. Redan med en 20-kanals radiometer kunde man åstadkomma en iskarta, vars bredd är ungefär samma som flyghöjden, och då förblir upplösningensförmågan god (ung. 20-del av flyghöjden).

Nästa vinter är det meningen att fortsätta mätningarna speciellt i olika isförhållanden genast när isarna kommit. Det är meningen att lägga några kanaler till radiometern för mätningarna under nästa vinter. Då kan en bättre bild av radiometerns användningsmöjligheter erhållas.

#### REFERENSER

- /1/ M. Hallikainen: Analysis of dielectric properties and noise temperature of sea ice for microwave remote sensing applications; Proceedings 1973 European Microwave Conference, Brussels University, Vol. 2C.15.3
- /2/ J.D. Kraus: Radio astronomy, McGraw-Hill 1966.
- /3/ M. Tiuri, S. Tallqvist, S. Urpo: Chain antenna: IEEE AP-symposium, Atlanta, Georgia, June 1974.
- /4/ M. Tiuri: Radio Telescope receivers; VII chapter in Kraus: Radio Astronomy, McGraw-Hill 1966.

## Isproblem i farleder och hamnbassänger

*Hamnchef Rolf Bolin, Luleå hamn*

Avsikten med mitt anförande är att försöka belysa de svårigheter som tillstöter utöver de normala vid angöring av hamnar under vinterperioden samt de svårigheter som ligger för handen vid förtöjning och vändning av fartyg under vinterperioden vid kajerna och i hamnbassängerna.

Jag har endast byggt mina erfarenheter av dessa problem på iakttagelser som vi gjort i Luleå hamn och naturligtvis kan därför inte de svårigheter som finns i Luleå direkt appliceras på andra hamnar, enär sådana förutsättningar som hamnbassängernas utformning, farledsbredder, strömmar m m har stor betydelse för isbildning och möjligheterna till att reducera dessa problem.

En hamn som har korta farleder och som ligger nära det yttre kustbandet måste anses som fördelaktigare ur issynpunkt, enär det åtminstone i början och slutet av islägningsperioderna finns goda möjligheter att få ut isen ur hamnbassänger på ett smidigare sätt än vad som fallet är med en hamn som ligger placerad långt in ifrån det yttre kustbandet.

Vilka är då skillnaderna mellan de isproblem som föreligger utanför skärgårdarna och innanför desamma, eller med mera vedertagna beteckningar skillnaden mellan havsis och skärgårdsis? Den stora skillnaden är ju att när skärgårdsisen har lagt sig så ligger den stilla och problemet med isvallar förekommer inte och ej heller isskruvning.

Dessa båda problem är så vitt jag förstår de dominerande när det gäller havsisen.

Den fasta isen — och nu anger jag siffror som vi uppmätt i Luleå — varierar mellan en tjocklek av 60–90 cm beroende på vinterns svårighetsgrad.

Under innevarande vinter som väl får anses som kanske något mildare än normalt när det gäller Luleå så uppgår det fasta istäckets tjocklek till ca 70 cm. Att tekniskt bryta 70–90 cm is är inget problem ens för en nagorlunda stark hamnisbrytare, mycket mindre för de stora havsisbrytarna och skulle man kunna bryta isrännor i fast is hur mycket som helst så skulle problemen inte vara så stora.

### I SAMMA SPÅR HELA VINTERN

När det gäller farleder in och ut från hamnarna och i hamnbassängerna är man dock hänvisad till att gå i samma spår i stort sett hela vintern och detta föranleder att istjockleken i farlederna och hamnbassängerna kan uppgå till avsevärda mått. Fig. 1 visar fyra olika mätningar som vi gjort inom hamnområdet och som ni ser så varierar issörjans tjocklek mellan 5 och 6 meter.

Enär mätningarna är komplicerade att utföra och måste ske med dykarhjälp har vi inte kunnat kartlägga hela hamnområdet även om det skulle vara mycket intressant att se en profil av isens underkant i hela hamnbassängen.

Fig. 2 visar en mätning som vi utfört i en farled och den visar ju i princip att issörjan ej på något sätt trycks under den fasta isen och den illustrerar på ett bra sätt att om man kunde bryta en ny ränna vid sidan om så skulle tjockleken på ismassan endast uppgå till

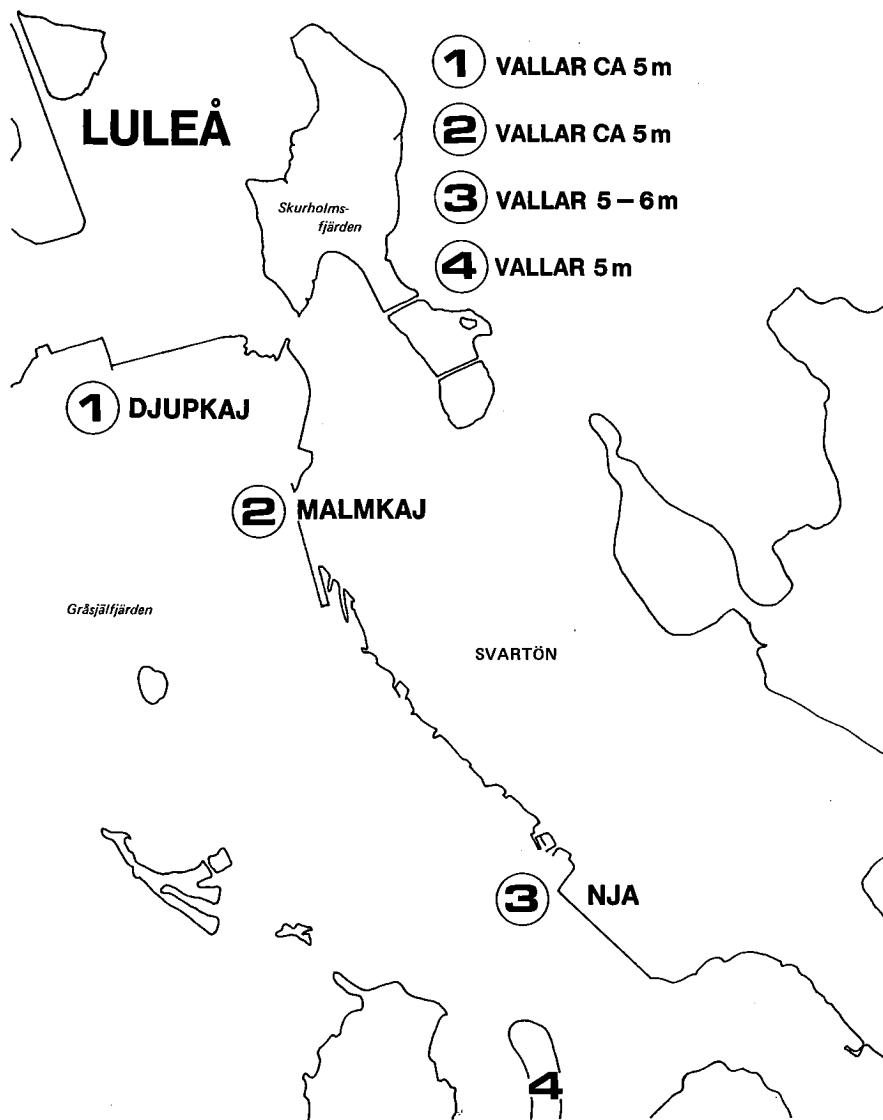


Fig. 1

ISMÄTNING UTFÖRD DEN 4 APRIL 1974

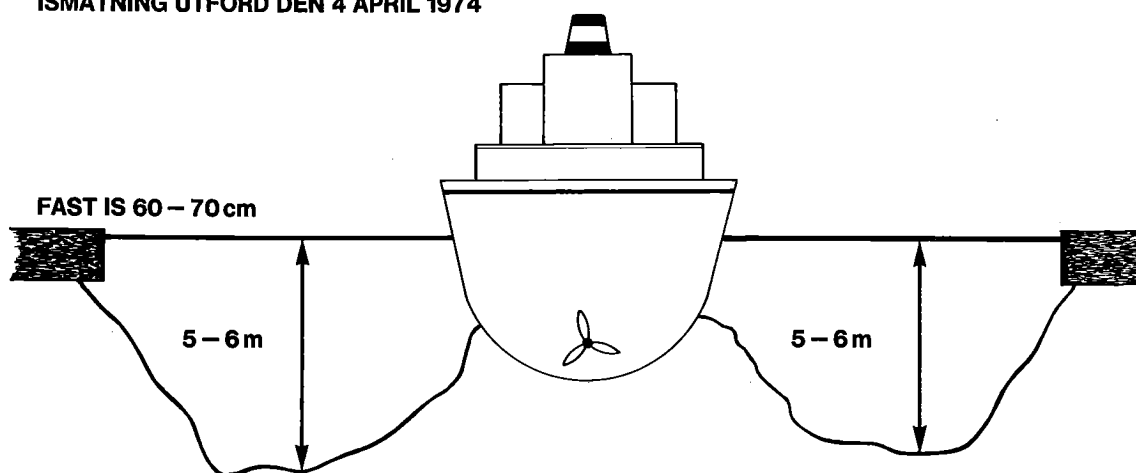


Fig. 2

den fasta isens tjocklek. Var och en kan då föreställa sig att svårigheterna med att förtöja fartygen vid kajer och vända fartygen i hamnbassängerna med dessa ismassor är betydande och ju intensivare trafik som förekommer desto oftare bryter man farlederna och åstadkommer därmed ytterligare issörja i farlederna.

Vad kan man då hitta på för att underlätta dessa manövrar för fartygen. Ja, hittills har vi endast försökt lösa problemet med kraftiga hamnisbrytare och det har väl fungerat någorlunda tillfredsställande på den storlek av tonnage som använts på Luleå under de senaste åren, upp till ca 5.000 ton dödvikt.

Dock är det mycket tidsödande att förtöja under sådana här förhållanden, trots assistans av bogserbåt, och utan att man tidsstuderat problemet närmare så kan man med säkerhet räkna med två timmars tid utöver den normala på varje fartyg.

Försök har gjorts med luftbubbelledningar vid kajerna, men den huvudsakliga nyttan av dessa är väl att isen ej sammanfrusit med själva kajen och att det alltså blivit lättare att få undan isen.

#### VILKA MÖJLIGHETER FINNS?

Vad finns det då för möjligheter att underlätta dessa problem och även vintertid få någorlunda acceptabla förhållanden att förtöja och vända fartyg?

Det finns i dag enligt vad jag erfarit följande möjligheter:

1. Att använda sig av bubbelledningar som har tryckluft som huvudingridiens.
2. Att pumpa upp bottenvattnet via på botten placerade mammutpumpar (Helixorsystemet), vilket använts i Kanada med viss framgång enligt reklamen.
3. Strömbildare som suger upp bottenvattnet och sprider ut detta i ytskiktet och därmed åstadkommer en stark strömbildning.
4. Kraftiga isbrytande bogserbåtar får anses vara helt ofrånkomliga i kombination med något av ovanstående system.

Enligt mitt förmenande anser jag att strömbildare är det mest effektiva hjälpmedlet att använda sig av vid kajer och vändplatser, dock anser jag det inte tillräckligt att ha strömbildare som enbart blåser ut från kajen, när varje fartyg som angör för med sig en sådan mängd av is så att man täpper till strömbildaren. En förutsättning anser jag vara att man kan hålla en isfri bassäng utanför kajen av en sådan storlek att fartyget passerar in i öppet vatten med hela sin längd innan själva tilläggsmanövern påbörjas för att inte få is mellan fartyget och kajlinjen.

Varför jag anser strömbildaren effektivast är att den strömningseffekt den åstadkommer förhindrar nybildning av is samtidigt som den uppfordrar ett något varmare bottenvatten. Dock kan väl den temperaturskillnad som åtminstone vi uppmätt i Luleå ej i märkbar grad göra någon större nytta i detta avseende.

Vi har gjort mätningar på vattentemperaturen i Sandöleden på 1 m, 6 m och 12 m djup och skillnaden i temperatur mellan 1 m och 12 m är liten,  $0.2^{\circ}$ . Se fig. 3.



VATTENTEMPERATUR FEBRUARI 1974

UDDEBO KOLHAMN

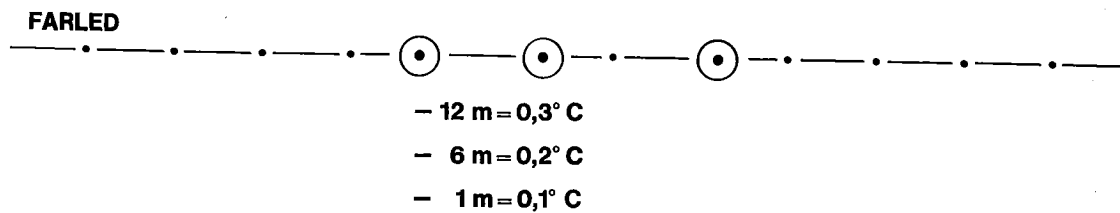


Fig. 3

Bubbelledningssystemet och Helixorsystemet bygger ju helt på att det varmare bottenvattnet skall förhindra istillväxten.

#### EN SLANT EXTRA

Vi har dock ännu inte helt bestämt oss för typ av system. Det fordras ytterligare undersökningar, såsom strömmätningar m m. Vi har för avsikt att vid den nya kolhamnen som tas i bruk i oktober detta år utföra experiment i större skala och erfarenheter av detta får väl utvisa vad som är mest effektivt. Här kommer ju även den ekonomiska faktorn med i bedömningen. För jag hoppas att de som avser att utnyttja sig av vintersjöfart även är införstådda med att det kostar en slant extra per ton för att hålla hamnar och farleder trafikabla. Se fig. 4.

Luleå hamn

GODSOMSÄTTNING

År	Mån.	Antal fartyg	Godsomsättn. i ton
1971	1-4	42	129.500
1972	1-4	31	122.000
1973	1-4	59	182.000
1974	1-3	47	254.300 (Malm = 36.950)

ISBRYTNINGSKOSTNADER

År	Mån.	Kostnader
1971	1-4	158.000 kr
1972	1-4	208.000 kr
1973	1-4	305.000 kr
1974	1-4	366.000 kr

TONKOSTNADER

År	Mån.	Kostnader
1971	1-4	1:22 kr
1972	1-4	1:70 kr
1973	1-4	1:67 kr
1974	1-4	1:44 kr

Fig. 4

## Sammanfattning

*Generaldirektör Erik Severin, sjöfartsverket, Stockholm.*

Jag skall försöka sammanfatta de synpunkter som har framförts under dessa två dagar.

Jag tror att de här två dagarna har sagt oss alla att en del har gjorts och görs på det här området, alltså frågan om vintersjöfarten, även om mycket återstår. Det har väl framgått av att det här finns en optimism och när människorna är optimistiska så brukar man kunna lösa svåra frågor. I bakgrunden för debatten har skymtat risken för den extremt kalla vintern, och vad vi skall göra när den kommer. Självfallet är det bra att tänka på det, men å andra sidan får inte den kalla vintern förhäxa oss så att vi inte utnyttjar de normala och milda vintrarna. Det finns en statistik när det gäller Sverige och jag skulle tro att förhållandena är motsvarande i Finland.

Under de senaste 53 åren har vi haft 7 mycket kalla vintrar. Vi har haft 13 kalla, 13 normala, 13 milda och 7 mycket milda vintrar. När vi målar upp de kalla vintrarna, t.ex. 1966, och försöker tänka oss in i de svårigheter de vintrarna skapade för sjöfarten så glömmar vi lätt två ting: För det första att vi har fått ett helt annat tonnage, större med bättre maskinstyrka. Vi glömmar också bort att vi har andra isbrytarresurser samt ett samarbete mellan Sverige och Finland som är intimare än tidigare. Även om vi inte kan göra någonting åt naturens krafter — naturens krafter är obestämbara, de kan inte definieras, kan inte förutsägas — så tror jag ändå, och här är jag optimist, att modern teknologi och resultatet av intensiv forskning kan resa ett motstånd mot de konsekvenser kalla och hårda vintrar för med sig.

Jag tror att forskare och teknologer kommer att bekämpa vädergudarna, om jag får uttrycka det så. Bara de senaste åren har ju visat att vi har gjort framsteg och ändå befinner vi oss bara i början på en period som kommer. Här återstår mycket att uträtta. Vi skall heller inte glömma att vid mycket extrema vintrar så får andra transportmedel också känna på vad den kalla vintern innebär. Vi har erfarenheter från 40-talet då godståg inte kunde gå, då rangering icke kunde ske, då lastbilar inte kunde trafikera vägarna. Jag tror att andra transportmedel har och kommer att få svårigheter vid extrema vintrar.

Jag tycker att det är bra att vi räknar med extrema vintrar. Men vi får inte låta den extrema vintern, som statistiskt sett kommer vart tionde år, förlama oss till den grad att vi inte gör någonting under de nio vintrarna som är kalla, normala eller milda. Ingen vet vad utvecklingen de närmaste åren leder fram till. Vi får starkare isbrytare och vi kan få bättre tonnage. En sund och realistisk optimism kan hjälpa oss ett gott stycke på väg när det gäller att komma till rätta med sjöfart under vintern.

Jag vill tacka alla som har deltagit i detta symposium, alla föreläsare och alla som gjort inlägg. Debatten har bidragit till att föra frågan vidare.

Vi skall sammanfatta föreläsningarna så snart vi kan, skicka ut dem till deltagarna och värdet av detta symposium är enligt min mening att vi alla går hem och tänker på frågan. Den är möjlig att lösa om vi sätter alla klutar till.

Jag vill särskilt rikta ett tack till finska sjöfartsstyrelsen och deltagarna från Finland. Det har varit två deltagare från finska sjöfartsstyrelsens centrala ledning och det har tidvis varit fyra deltagare från Wärtsilä samt ett 40-tal övriga deltagare från Finland.

Wärtsilä är banbrytare på vintersjöfartens område. De är besvärliga att ha att göra med. Det vet jag. När man gör affärer så får man möta besvärligt folk. Men de har ändå drivit ett utvecklingsarbete på vintersjöfartsområdet som är internationellt erkänt och som är av mycket högt värde. För detta skall Wärtsilä ha ett tack idag, nu när vi inte gör några affärer. Jag kommer att ha en annan uppfattning om vi eventuellt skall göra fler affärer.

Kontakten med företrädare från Finland vill jag gärna se som ett uttryck för ett gott samarbete mellan våra två länder. Det är naturligt att två länder som bor på varsin sida om ett hav samarbetar när det gäller vintersjöfart och andra sjöfartsfrågor. Det samarbetet löper friktionsfritt och jag hoppas att det skall fortsätta och ytterligare fördjupas.

Jag vill säga ett hjärtligt tack till tekniska högskolan i Luleå. Vi har haft denna magnifika lokal till vårt förfogande. Dessa lokaler är utsökta och den service som högskolan med rektorn i spetsen har lämnat är utmärkt. För detta säger vi ett hjärtligt tack. Jag hoppas att högskolan kommer att kunna ordna liknande symposier i fortsättningen och göra insatser på den tekniska forskningens område.

Jag vill hjärtligt tacka Luleå kommun för ett gästvänligt mottagande och för en god service i många avseenden. Man har från Luleå kommun visat intresse för denna fråga. Man har gjort stora insatser för att det här skulle bli lyckat. När vi nu far härifrån proppfulla med visdom, så tror jag vi kan sända en tanke till Luleå kommun och Norrbotten med landshövdingen i spetsen.

Till sist så ber jag få tacka er alla för de här två dagarna och jag hoppas att ni har funnit er väl tillrätta här. Därmed ber jag att få förklara symposiet avslutat.

## Bilaga 1

### Deltagarförteckning

Aarkkola, Asko	Oy Henry Nielsen Ab, Helsingfors
Ahlberg, Per	Moderna Transporter
Almgren, Anders	Vår Industri
Andersson, Sven-Olof	Länsarbetsnämnden, Luleå
Andersson, Åke	Luleå
Annwall, Harry	Folksam
Askenby, Arne	Sundsvallsbanken
Asplund, Ture	LKAB
Backlund, Ana-Lisa	Vår Industri
Backlund, Lars	Länsstyrelsen, Luleå
Becker, Hans	Finska Ångfartygs AB, Helsingfors
Beckman, Lars	Sjöförsäkringsbol. förening, Helsingfors
Bengtsson, N E	Norrbottnens Järnverk AB
Berg von Linde, Wilhelm	Örnsköldsviks Stuveri AB
Berglund, Ivar	Piteå hamnförvaltning
Berglund, Jan	Eriksbergs Mekaniska Verkstad
Berglund, Mats	Gävle hamnförvaltning
Bergmark, Ragnar	Boden kommun
Bjelke, Bertil	Gävle Stuveri AB
Bladfors, Folke	Luleå kommun
Blom, Tor	Svensk Sjöfarts Tidning
Bodegård, Ivar	Cementa
Bolin, Rolf	Luleå hamn
Broberg, Bengt	Hamnförvaltningen, Sundsvall
Bruun-Riegels, Ulf	Rautaruukki, Brahestad
Bäcklund, Eric	Norrländsk Tidskrift
Bölin, P-G	Försvarets materielverk
Cairenius, Roy	Finska Cellulosafören., Helsingfors
Carlström, C G	LKAB, Stockholm
Carsjö, Sven	Sjöassuradörernas förening
Christenson, Agne	Sjöfartsverket
Dahl, Seppo	Veitsiluoto Oy, Kemi
Dohnhammar, Holger	Skelleftehamn hamnförvaltning
Dybeck, Clarence	Salénrederierna
Edberg, Svante	Luleå kommun
Edelmann, Gunnar	Sjöfartsstyrelsen, Finland
Edström, John-Olof	Norrbottnens Järnverk AB
Ehnberg, Stig	Hamnförvaltningen, Sundsvall
Ekeström, Gösta	Salénrederierna
Ekström, Lars	Norrbottnens Järnverk AB
Eklund, Folke	Försvarets forskningsanstalt
Ekman, Lennart	Gränges Shipping
Elffors, Åke	Söderhamns hamnförvaltning

Emanuel, Tage  
Enbom, Stig  
Engman, Alvar  
Enkvist, Ernst  
Eriksson, Gösta  
Ericsson, Ingvar  
Ericsson, Ragnar  
Eriksson, Bo Gilbert  
Eriksson, Bo  
Eriksson, Stig

Svenska Cellulosa AB, Sundsvall  
Norrbottens-Kuriren  
Luleå hamnstyrelse  
Oy Wärtsilä AB  
Handelshögskolan, Åbo  
Hamnförvaltningen, Holmsund  
Länsarbetsnämnden, Luleå  
Finska Ångfartygs AB, Helsingfors  
Högskolan, Luleå  
Norra Västerbotten

Fagerström, Lars  
Falk, Gunnar  
Falk, Carl-Erik  
Falkeborn, Ansgar  
Faxén, Gunnar  
Fogelberg, Lars  
Forsberg, Allan  
Forsberg, Georg  
Forsberg, Lennart  
Forsén, Anders  
Forsell, Rolf  
Fredén, Erland

Norrländska Socialdemokraten  
LKAB  
Norrbottens Järnverk AB  
Lotsdistriktet, Gävle  
Hamnförvaltningen, Örnsköldsvik  
Scandinavian Continental Line AB  
Piteå-tidningen  
Hamnförvaltningen, Skelleftehamn  
Skandiakoncernen  
Norrbottens Järnverk AB  
Sundsvalls Tidning  
Norrbottens företagarförening

Granholm, Bror  
Grönwall, Hannu  
Gustafsson, Helge  
Götharson, Rut

R.M. Labbart, Jakobstad  
Havsforskningsinstitutet, Finland  
Luleå kommun  
Malmexport

Hallikainen, Martti  
Hall, Rune  
Hammarberg, Bertil  
Hammargren, Börje  
Hammarlund, Gunnar  
Harju, Börje  
Hedström, Olof  
Harlin, Sven  
Heikkinen, Kaarlo  
Hemming, K-G  
Henriksson, Rolf  
Herrström, Ulf  
Hertzen, von C H  
Hjortzberg, Sten  
Holma, Heikki  
Holmquist, Gustaf  
Hägg, P A  
Härmäläinen, Erkki  
Hörnfeldt, Jan

Tekniska Högskolan, Helsingfors  
Holmsunds Stuveri  
Statens Järnvägar, Luleå  
Sjöfartsverket  
Sveriges Riksbank  
Ortje & Co  
Bottenvikens Stuveri AB  
Bogserbåten Victoria  
Uleåborg  
Sundsvalls hamnförvaltning  
Kemi Oy  
Scandinavian Continental Line AB  
Oy Wärtsilä AB  
Sjöfartsverket  
Finnlines  
Hamnförvaltningen, Holmsund  
Lloyd's Register of Shipping  
Kemi Stad  
Norrbottens Järnverk AB

Ivanoff, Vasilij

Finska Cellulosaför., Helsingfors

Janzén, Stig  
Jeppsson, Malte  
Johannesson, Nils  
Johansson, Bengt  
Johanson, Bo  
Johansson, Valter  
Johansson, Rolf  
Johnson, Knut  
Johnsson, Thore

Kenttä, Sven-Olof  
Kaarnimo, Benny  
Kallberg, Halvar  
Karlsson, Sture  
Karsberg, Johan A  
Knif, Per  
Kättström, Åke  
Köhler, Bertil  
Köhler, Sven  
Köster, Anders

Laitinen, Aulis  
Larsson, Klas-Rune  
Lange, Antti  
Lassinantti, Ragnar  
Lax, Karl-Magnus  
Levin, Sven  
Liedholm, Torsten  
Liljegren, Ingvar  
Lindberg, Lars  
Lindberg, Thorbjörn  
Lindgårdh, Lars  
Lindmark, Sture  
Lindström, Lars-Gunnar  
Lindvall, Gösta  
Loid, Hans Peder  
Lukkarinen, Ilmari  
Lundbäck, Folke  
Lundin, Göran  
Lundström, Birger  
Lundström, Folke  
Lundström, Hans  
Lundström, Karl-Erik  
Lövgren, Roland

Malmgren, Nils  
Mannola, Kimmo  
Marklund, Aron  
Maunu, Paavo  
Marklund, Kari  
Modig, Stig  
Münz, Matti

Lloyd's Register of Shipping  
Cementa  
Boliden AB, Hälsingborg  
Oy Wärtsilä AB  
Larsson & Lind  
Luleå hamnstyrelse  
United Lines, Helsingfors  
Sjöfartsverket  
Gorthonrederierna

Bogserbåten Victoria  
Sjöfartsstyrelsen, Helsingfors  
Boliden AB  
Luleå hamn  
Gränges Rederi  
Wilh. Schauman, Jakobstad  
Hamnförvaltningen, Piteå  
Luleå kommun  
Luleå kommun  
Bottenvikens Stuveri AB

Kemi stad  
Försvarets forskningsanstalt  
Meteorologinstitutet, Finland  
Länsstyrelsen, Luleå  
Finska Sjöförs., AB  
Sv. Ångfartygs assurancesförening  
Bottenvikens Stuveri AB  
Boliden AB, Hälsingborg  
Norrbottens-Kuriren  
Bottenvikens Stuveri AB  
Göteborgs-Posten  
Länsstyrelsen, Luleå  
Cementa  
Lotskontoret, Luleå  
Statens skeppsprovninganstalt  
Rautaruukki Oy, Brahestad  
Luleå kommun  
Norrbottens Järnverk AB  
Luleå kommun  
Hamnförvaltningen, Holmsund  
Bogserbåten Victoria  
Kommunstyrelsen, Skellefteå  
Luleå Spedition AB

Luleå kommun  
Väg- & Vattenbyggnadsstyr., Finland  
Luleå kommun  
Väg- & Vattenbyggnadsstyr., Finland  
Högskolan, Luleå  
Länsarbetsnämnden, Luleå  
Salénrederierna

Mäki, Gustaf  
Mäkinen, Matti  
Mäkinen, Pentti  
Mälkki, Pentti

Nieminen, Olavi  
Nilsén, Göte  
Nilsson, Sten  
Nilsson, Per Olof  
Nilsson, Yngve  
Niskanen, Urjö  
Nordlander, Sten  
Nordlund, Torsten  
Nordqvist, Robert  
Nordström, Lars  
Norio, Eino  
Norrman, Gösta  
Nyberg, Alf  
Nyberg, Brita  
Nyman, Onni

Odén, Rolf  
Olsson, Bertil

Palmér, Sven  
Pertovaara, Heikki  
Pesonen, Jarmo  
Pettersson, Sven  
Pettersson, Ulf  
Porko, Ralf V

Quist, Nils-Erik

Rasila, Seija  
Raustia, Matti  
Renhorn, Olle  
Ramberg, Per  
Rhodiner, Bo  
Ridderstråle, C E  
Risberg, Ingemar  
Rubin, Nils  
Rubing, Börje  
Rustén, Sven  
Rydén-Johanson, Inger

Salvessen, Jens  
Samsioe, Michael  
Sandström, S E  
Schéle, Bertil  
Schjelderup, Knut Ivar  
Severin, Erik  
Siipilää, Lauri

Luleå kommun  
Norrlandsfonden  
Oy Finnlines Ltd., Helsingfors  
Havsforskningsinstitutet, Finland

Outukompo Oy, Helsingfors  
Malmexport  
Norrlands Skogsägares Cellulosa  
Högskolan, Luleå  
Sjöfartsverket  
Uleåborg  
Marinstaben  
Sundsvalls hamn  
Försvarets materielverk  
Högskolan, Luleå  
Oulu Osakeyhtiö  
Sveriges Ångfartygs assuransför.  
SMHI  
Luleå kommun  
Oy Finnlines Ltd., Helsingfors

Luleå Hamnstyrelse  
Statsföretag

Tullkammaren, Piteå  
Väg- & Vattenbyggnadsstyr., Finland  
Ing.byran Jaakko Pöyry, Helsingfors  
Länssparbanken  
Luleå Marina bevakningsområde  
Gamla Karleby

Norrbottens Järnverk AB

Tidningen Kaleva  
Kemi Oy  
Veckans Affärer  
Söderhamns Stuveri AB  
Länsstyrelsen, Härnösand  
Norrbottens Järnverk  
Skellefteå lotsplats  
Norrbottens Järnverk AB  
Kreditbanken  
Gamla Karleby  
Handelshögskolan

Pohjola försäkringsbol., Finland  
Hamnförvaltningen, Gävle  
LKAB  
Svenska Cellulosa AB  
Norges Handels- og Sjöfartstidende  
Sjöfartsverket  
Uleåborg



Siivonen, Oso	Sjöfartsstyrelsen, Finland
Sjödin, Lars	Lotsdistriktet, Umeå
Sjöholm, Bjarne	Oy Wilh. Schauman Ab, Jakobstad
Sjögren, Lars	Hamnförvaltningen, Jakobstad
Sjölin, Nils	Länsstyrelsen, Härnösand
Smids, Åke	Postbanken
Sondén, Göran	Gränges Rederi
Stenmark, David	Bogserbåten Victoria
Strömbäck, Frederik	Gamla Karleby
Sundberg, Gösta	Sjöfartsverket
Sundborger, Lennart	Statens Skogsindustrier, Stockholm
Sundqvist, Agne	Hamnförvaltningen, Skelleftehamn
Sundström, Erik	Sjöassuransföreningen, Finland
Sundström, Rolf	Oy Finnlines Ltd., Helsingfors
Svennerud, Anders	Chalmers Tekniska Högskola
Svensson, Hans	Luleå kommun
Svärdendahl, Lennart	Marinstaben
Säaf, Henry	Länsarbetsnämnden, Luleå
Taube, Staffan	Karlsborgs Bruk
Thidholm, Sture	Härnösands hamn
Thompson, Thomas	SMHI
Thornström, Torgny	Sveriges Varvsindustriförening
Tiiainen, Kai	Rautaruukki, Oy, Brahestad
Tählin, Åke	Luleå Tullkammare
Törnqvist, Jan	Tidningen Arbetsgivaren
Udin, Ingemar	SMHI
Waernmark, Rolf	Gorthonrederierna
Wahlström, Ingemar	Gränges Rederi
Wallin, Berndt	Stift. Svensk Skeppsforskning
Wallmark, Kurt	Hamnförvaltningen, Holmsund
Westerberg, Ted	Finska Ångfartygs AB, Helsingfors
Westin, Hadar	Lotskontoret, Luleå
Westman, Bo	Luleå Hamn
Wikner, Ingemar	Orrje & Co
Wikman, Ture	Hamnförvaltningen, Piteå
Wikström, Daniel	Luleå kommun
Wikström, Gunnar	Norrbottnens Järnverk AB
Åhlund, Bertil	Föreningen Sveriges Flotta
Åkesson, Ingemar	Högskolan, Luleå
Öquist, Berndt	Länsstyrelsen, Umeå
Öström, Kjell	Länsstyrelsen, Luleå