

Polarforskningskomiteen,
Norges Forskningsråd

UTREDNING OM ANVENDELSE AV LUFTPUTEFARTØY TIL ARKTISK FORSKNING



Av

Professor Yngve Kristoffersen
Inst. for faste jords fysikk, Univ. i Bergen/
Inst. for Biologi og Geologi, Univ. i Tromsø

Bergen/Tromsø mai 1994

INNHold

Sammendrag.....	2
Dokumentasjon.....	3
Luftputefartøyer: Kort om historikk og utvikling.....	3
Luftputefartøyets konstruksjon.....	5
Anvendelse av luftputefartøy i Arktis.....	7
Drivens morfologi.....	8
Fremkommelighet.....	12
Sikkerhet:	
Ferdsel over åpent vann.....	20
Ferdsel på drivisen.....	21
Redning.....	22
Støy fra et luftputefartøy.....	23
Luftputebåt som forskningsfartøy: Behov for utrustning og instrumentering.....	23
Hva slags forskning kan drives fra et luftputefartøy.....	24
Baseplassering.....	25
Rekkevidde.....	25
Driftsperiode.....	27
Brukere.....	28
Organisering og finansieringsmodeller.....	29
Videre utprøving.....	29
Konklusjon.....	29
Informasjonskilder.....	31
Referanser.....	31
Vedlegg 1: Lov av 17. juni Nr. 2 1966 om luftputefartøyer.....	33
Vedlegg 2: Utdrag av Defense Research Board rapport DR182. "Trials of an SR.N5 hovercraft in Northern Canada".....	34

SAMMENDRAG

Erkjennelsen av at dieseldrevne isbrytende forskningsfartøyer kan trenge inn i de sentrale deler av Polhavet har ført til en eksplosjon i multidisiplinær forskningsvirksomhet i et område som står sentralt i vårt kunnskapsbehov om mulige endringer av klima og forurensningsnivå. Signaler fra eventuelle klimaendringer kan best detekteres i et klimatisk stabilt område som Polhavet. Temperaturdata over 70 år fra isstasjoner viser f. eks. at middeltemperaturen i januar sentralt i Polhavet har et standardavvik på 3.7 grader Celsius, mens variasjonen som observeres i randsonen ved Svalbard er mange ganger større.

Det norske forskningsmiljøet har ingen tilgjengelig logistikk til å kunne spille en rolle i utforskningen av Polhavet. Planlegging av ekspedisjoner som f.eks. NCAP viser at kostnadene ved bruk av tradisjonell logistikk er for store.

Anvendelse av luftputebåt som plattform for forskningsvirksomhet er et reelt alternativ til tradisjonell logistikk. Et luftputefartøy kan uten vanskelighet forsere hindringer lik svevehøyden. En vurdering av tidligere dokumenterte (litteratur og video) undersøkelser samt innhenting av videodokumentasjon av isforholdene nord for Svalbard gir god grunn til å tro at et fartøy med en svevehøyde på 1.5 m eller mer, vil forsere drivisen på en effektiv måte i dette området av Polhavet. Fartøyet vil kunne mestre de isforholdene som til enhver tid eksisterer i fjordene og langs kysten av Svalbard.

Utviklingen av luftputebåtteknologien har siden 1986 ført til enklere vedlikehold og reduserte driftskostnader.

Et luftputefartøy med nyttelast på ca. 5 tonn og et kabinareal på 42 kv.meter vil kunne tjene som laboratorium og bolig for inntil 5 forskere på tokter av 1-2 ukers varighet. Oseanografiske målinger, biologiske og geologiske prøver kan tas inne fra kabinen gjennom en brønn i fartøyets skrog. Rekkevidden ut i drivisen fra nordligste drivstoff depot vil være ca. 350 km med reserve drivstoff til 12.5 timers kjøretid.

Operasjonsområdet for et luftputefartøy nord for Svalbard er innenfor rekkevidden for det materiell som redningstjenesten på Svalbard disponerer.

Aktuelle brukere av et luftputefartøy til forskningsformål forventes å være UNIS, Norsk Polarinstitut, de norske universitetene, SINTEF, og utenlandske forskningsinstitusjoner.

For universitetsstudiene på Svalbard vil et luftputefartøy være et praktisk transportmiddel til feltekskursjoner og innsamling av oseanografiske, marinbiologiske og geologiske data i undervisningsøyemed fra fjordområdene på Svalbard.

Fartøyets base bør av praktiske grunner være Longyearbyen.

Et luftputefartøy bør eies og drives av et velrenommert trafikkelskap/ rederi fortrinnsvis med arktisk erfaring og engasjement. Utgiftene til helårs drift antas å være av størrelsesorden kr. 4 mill. pr. år. Logistisk støtte til forskning og undervisning bør utgjøre minst 50% av driftsgrunnlaget.

DOKUMENTASJON

I forbindelse med utarbeidelse av rapporten er det innhentet følgende informasjon:

1. video-opptak av isoverflaten i 50 meters flyhøyde fra iskanten nord for Nordaustlandet til 83 30' N, 27 00' Ø (russisk/amerikanske isstasjonen "Turpin", april 1994).
2. observasjoner av isforhold (inkl. videodokumentasjon) under isbryterekspedisjon til Nordpolen august-oktober 1991 med forskningsfartøyet "Polarstern".
3. kopi av filmopptak fra tester med luftputebåt over skruis gjort av den kanadiske kystvakten i 1966 ved Tuktoyaktuk, Beauforthavet,
4. møte med Ron Wade, Superintendent of Special Ships, Ship Safety Branch, Canadian Coast Guard (R.W. foretar klassifisering av nye luftputefartøy-konstruksjoner),
5. besøk ved Griffon Hovercraft Ltd., Southampton (leverandører av luftputefartøyer til den svenske- (3) og finske kystvakten (2)).

Annen bakgrunnsinformasjon:

1. test av luftputebåt (svevehøyde 0.4 m) nord for Svalbard, mai 1992. Forberedelse til NCAP (Kristoffersen, 1992).
2. observasjoner av isforhold under helikopteroperasjoner med landinger på isen inntil 150 km fra base på isstasjonene "Fram-I" (84 N, 5 V i 1979) og "Fram-IV" (83 30' N, 15 Ø i 1982)
3. rapport: Trials of an SR.N5 Hovercraft in Northern Canada, Spring 1966. Report No DR 182, Dept. of National Defence, Canada
4. rapport fra anvendelse av luftputefartøy ut fra McMurdo, Antarktis (Cook, 1989)
5. prøvetur med en av den svenske kystvaktens luftputebåter i desember 1992.

LUFTPUTEFARTØYER: KORT OM HISTORIKK OG UTVIKLING

Et luftputefartøy som er nær bakken og har et relativt stort areal, flyter på en pute av luft hvor trykket er ca. 10 gram pr. kvadratcentimeter (fig. 1). Luftstrømmen styres av et fleksibelt skjørt som følger ujevnhetene på bakken. Trykket mot bakken fra et voksent menneske er til sammenlikning ca. tyve ganger større.

Oppdagelsen av luftputebåtprinsippet tilskrives den engelske båtbyggeren C. Cockerell i 1955 selv om luftputefenomenet var kjent og bl.a. omtalt i Charles Lindbergs bok om soloflyvningen over Atlanteren i 1927. Den første prototypen ble prøvd i juni 1959 og krysset den engelske kanal to uker seinere. Utfordringen lå først og fremst i anvendelse av luftputebåter til passasjer- og biltransport over kortere strekninger som f.eks den engelske kanalen. Fra våren 1969 kom det i gang regulær trafikk med luftputeferger (170 tonn, 40 m lang og 24 m bred) med en kapasitet på 254 passasjerer og 30 biler. Ved begynnelsen av 1970-årene gikk 30% av passasjertrafikken over kanalen med luftputebåt. SAS har i de seinere år hatt to luftputebåter i rutetrafikk mellom Kastrup og Malmø.

Foruten passasjertrafikk nyttes luftputefartøyer i dag hovedsakelig til rednings- og kystvakttjeneste, hydrografiske undersøkelser på grunt vann, seismiske undersøkelser i sumper og på store elvesletter, og som landgangsfartøyer.

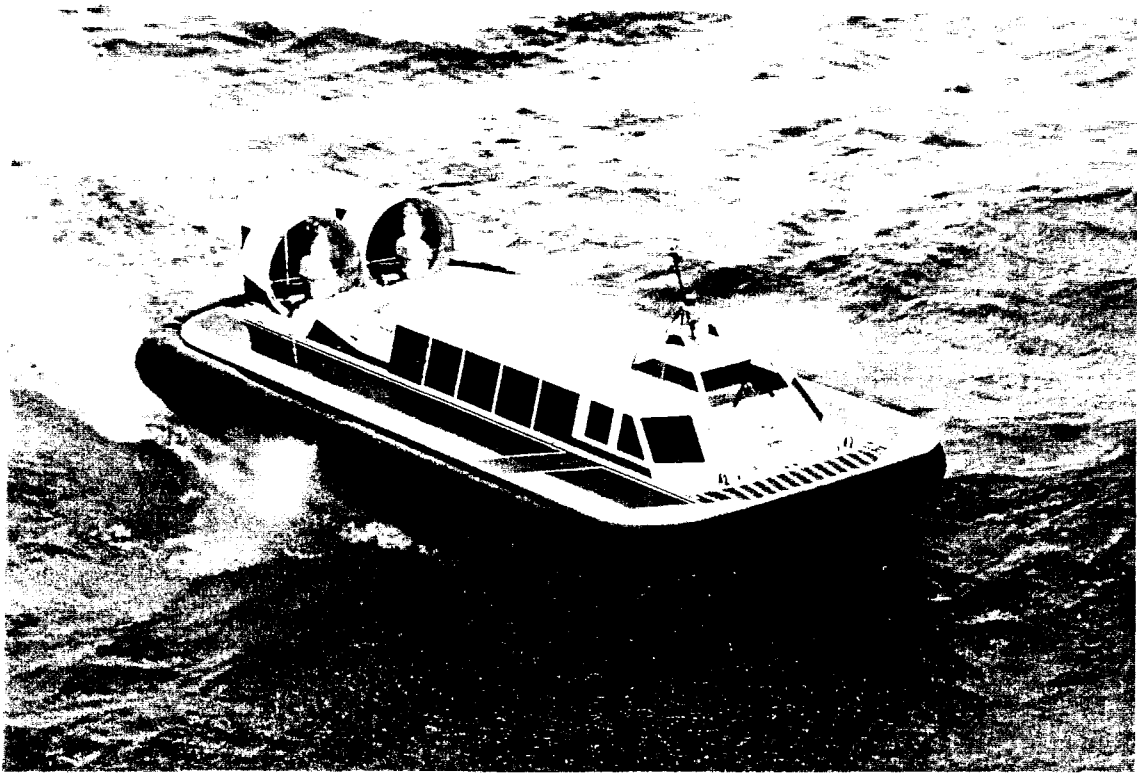


Fig.1 Dieseldrevet luftputefartøy under fart. Dette fartøyet tar en nyttelast på 5 tonn og har et kabinareal på 42 kvadratmeter.

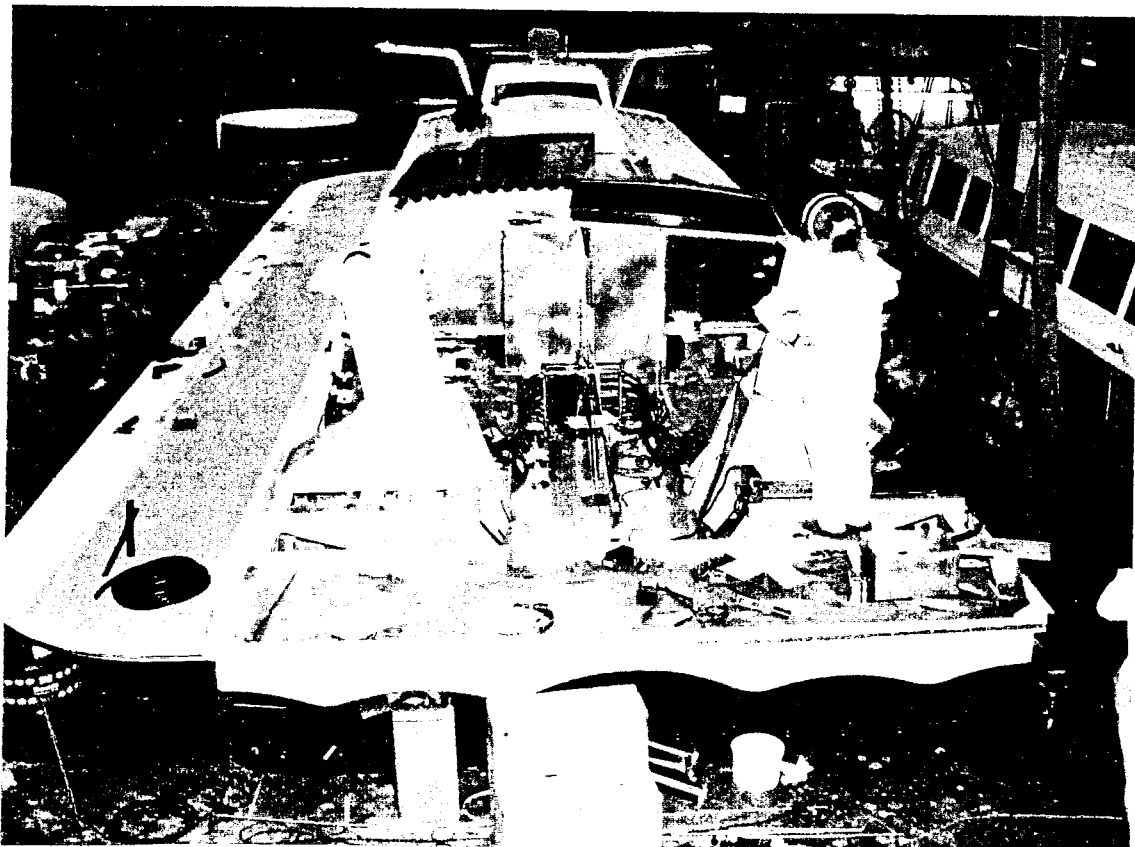


Fig. 2 Luftputefartøy under bygging sett aktenfra. Motorene er montert, men ikke drivaksler og propeller.

Den amerikanske marine hadde i 1993 fått levert 60 landgangsfartøyer av en ordre på 91. Fartøyene tar 60 tonnns nyttelast og har en marsjfart på 50 knop.

Fra 1988/89 sesongen har U.S. Antarctic Program operert et luftputefartøy (1500 kg nyttelast) omkring McMurdo for logistisk støtte til feltoperasjoner på sjøisen.

Teknologien for luftputefartøy var i de første tyve år knyttet til flyindustrien og er fremdeles det når det gjelder store fartøyer. Anvendelsen av dieselmotorer fra 1986 på mellomstore og mindre luftputebåter representerte en sterk operasjonsmessig forenkling og reduksjon av driftskostnader som har skapt nye muligheter for anvendelse.

LUFTPUTEFARTØYETS KONSTRUKSJON

Et luftputefartøy er klassifisert som en båt. I Norge er farkosten underlagt Lov om luftputefartøyer av 17. juni Nr. 2 1966 som trådte i kraft 1. januar 1994 (vedlegg 1).

Skrogkonstruksjonen er vanligvis laget av aluminium med langsgående bjelker og tverrribber dekket av 1.6-3 mm tykk aluminiumshud. Skroget har flytetanker som gir oppdrift med god margin (300%) i forhold til full lastekapasitet og utgjør i tillegg en dobbel bunn. Et fartøy under bygging er vist i figur 2.

Luftputefartøyer klassifiseres av Lloyds Register of Shipping, Det norske Veritas eller andre godkjenningstinstitusjoner.

Det fleksible skjørtet er laget av gummibelagt duk (fig. 3). Skjørtet er delt i en øvre og en nedre del hvor sistnevnte er slitedelen som enkelt kan skiftes ut. Slitedelen består vanligvis av et hundretalls individuelle segmenter. Om et segment rives i stykker, vil de to nabosegmentene utvide seg og i noen grad tette luftlekkasjen. Opptil 15% av slitesegmentene kan være ødelagte uten at fartøyets løfteegenskapene endrer seg vesentlig. Ødelagte segmenter kan enkelt skiftes når fartøyet står i ro. Under polare forhold brukes skjørt av gummi som har vist seg å være myke ned til under minus 50 grader.

Fremdriftsmaskineriet består av en eller to dieselmotorer som hver driver en vifte som gir løft og en propell som gir skyvekraft. Kraftoverføring skjer via drivremmer så der fins ingen girbokser. Kraftfordelingen er vanligvis ca. 1/3 til løft og 2/3 til fremdrift. Fremdriften kontrolleres av vribare propeller innebygget i en skjerm. Skjerming gir økt effektivitet og lavere støynivå. Et luftputefartøy med to motorer kan i en nødsituasjon kjøre på en motor.

Styringen av fartøyet foregår ved ror i luftstrømmen bak propellene samt mekanisk regulering av nedre kant av skjørtene slik at fartøyet krenger til samme side som svingeretningen.

Bremsing foregår ved hjelp av reverserbare propeller og friksjonen mot bakken. I en nødsituasjon kan man øke friksjonen ved å senke fartøyet mot bakken. På større åpne flater stopper man effektivt ved å snu fartøyet 180 grader i forhold til fartsretningen og så øke skyvekraften forover.

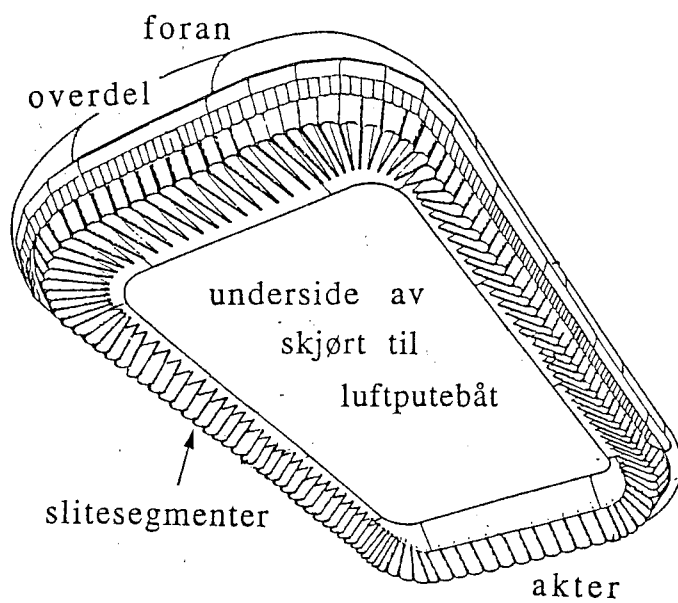


Fig. 3 Prinsippskisse av skjørtet til et luftputefartøy sett fra undersiden.

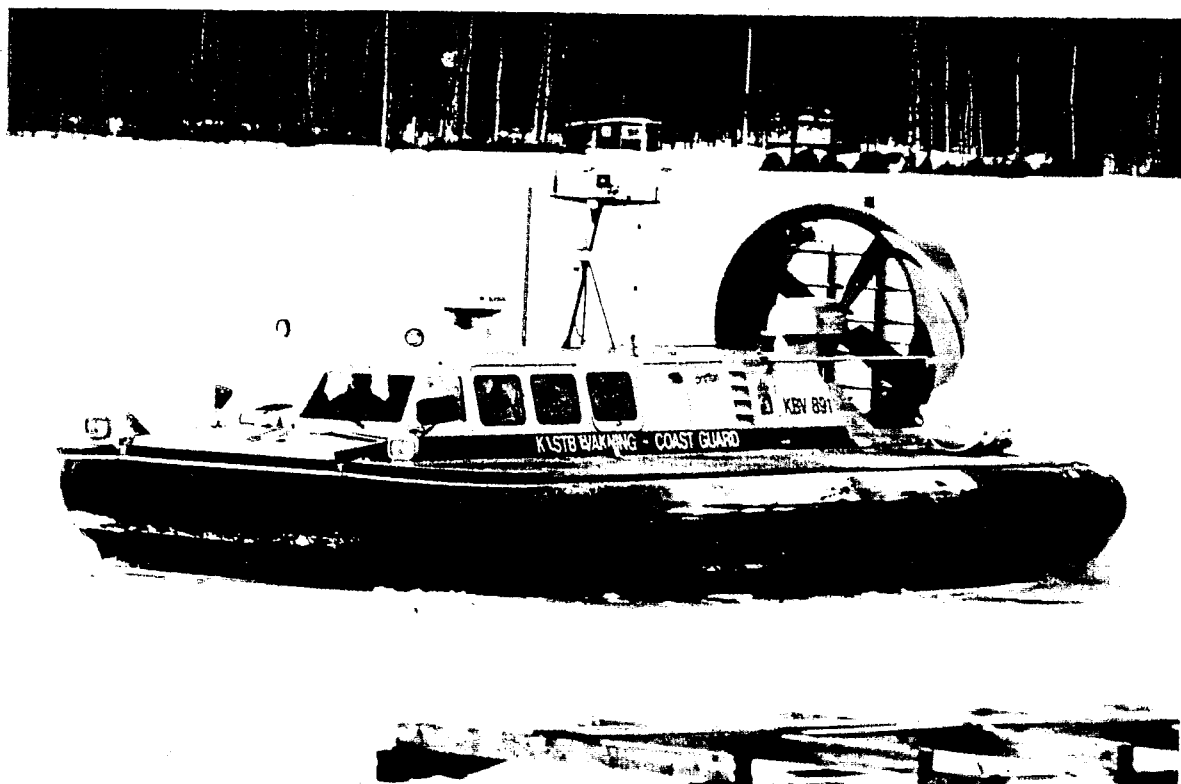


Fig. 4 Luftputefartøy tilhørende den svenske kystvakten på isen i Bottenviken. Svevehøyde 0.5 m.

Et luftputefartøy har meget god stabilitet mot velt på grunn av lavt tyngdepunkt og stor bredde. Svevehøyden er 15-20% av fartøyets bredde.

Sjødyktigheten til et luftputefartøy er begrenset av kombinasjonen av bølgelengde og bølgehøyde. Når bølgelengden avtar og blir 1-1.5 ganger lengden av fartøyet, vil kritisk bølgehøyde være omtrent lik svevehøyden fordi den fleksible luftputen bevirker at skroget ikke hever seg raskt nok under stor fart. Maksimal anbefalt bølgehøyde for aktuelle fartøyer er 1.5 m. I situasjoner over kritisk bølgehøyde, kan man kjøre på skrå av bølgeretningen for å øke den tilsynelatende bølgelengden.

Støynivået inne i kabinen på et luftputefartøy av aktuell størrelse oppgis å være 78 dB. Tar man spesielle hensyn, kan dette reduseres til 73 dB som tilfellet er for den svenske kystvaktens luftputefartøyer. Sistnevnte nivå tilsvarende støyen i passasjerkabinen på et DC-9 fly når marsjhøyden er nådd. Til sammenligning oppgis støynivået i et Twin Otter fly på marsjhøyde til henholdsvis 89 dB foran og 82 dB bak i kabinen. Støynivået ute i 25 meters avstand fra et luftputefartøy med to motorer under full motorkraft er 78 dB. (3 dB mindre betyr en halvering av støyenergien).

Ferdighet i å føre et luftputefartøy oppgis å kreve en øvelsesperiode på 15-25 timer for et fartøy med en motor, og 40 timer for et større fartøy med to motorer.

ANVENDELSE AV LUFTPUTEFARTØYER I ARKTIS

I årene 1966-1968 foretok kanadiske myndigheter i alt seks tester av luftputefartøyer. Den første ble utført våren 1966 i Tuktoyaktuk ved utløpet av Mackenzie-elven i Polhavet med et fartøy av typen SR.N5 hvor svevehøyden var ca. 1.2 m. Prøvene omfattet måling av maksimumshastigheter over jevn is, forsering av isrygger, kjøring over snødekket tundra og en tur på over 700 km opp langs Mackenzie-elva under isgangen. Et utdrag av rapporten er gitt i Vedlegg 2.

Luftputefartøyet forserte isrygger opp til 1.7 m, og det fremgår av rapporten og filmopptakene at man var meget opptatt at dette skulle foregå med størst mulig hastighet. Sluttkommentaren i Defense Research Board Report (DR 182) fra 1966 var:

"In general this Hovercraft (SR.N5) could negotiate all surface conditions encountered in these areas. It has been shown that hovercraft have considerable potential as a transport medium in Northern Canada"

På denne tiden var filosofien bak konstruksjon av luftputebåter basert på flyteknologi. Fremdriften var gassturbiner og høye driftsomkostningene var en begrensende faktor i den praktiske nytten av fartøyet. Etter prøveperioden gikk den kanadiske kystvakten til anskaffelse av et luftputefartøy til bruk for redningsoperasjoner stasjonert i Vancouver. Den såkalte Jones Act fra 1920-årene krevde at befordring av passasjerer og frakt skulle skje med fartøyer bygget i Kanada. Et større kanadisk bygget fartøy ble tatt i bruk i 1971 og stasjonert i Montreal fra 1973. Senere kom det tre luftputefartøyer til. I dag har kystvakten to fartøyer i operasjon på vestkysten og et på østkysten av Kanada.

Northern Transportation Company, Calgary, opererte i 1973-1976 to eldre luftputefartøyer (SR.N5 og SR.N6) i forsyningstjeneste til oljeplattformer i Beauforthavet. I 1986-1988 opererte Arctic Transportation Ltd., Calgary og Wartsila Arctic Inc., Vancouver, den finskbygde luftputefergen "Larus" ut fra Tuktoyaktuk for transport av passasjerer og utstyr til boreplattformer i Beauforthavet (Makinen and Wainwright, 1986).

Den svenske kystvakten gikk til anskaffelse av et luftputefartøy i 1992 (fig. 4) og mottok ytterligere to i 1993 (svevehøyde 0.85 m) til kystovervåkning i Bottenviken når isen hindrer vanlig ferdsel. Den finske kystvakten har kontrahert to fartøyer for levering i 1994 fra samme leverandør. Disse fartøyene tar en nyttelast på ca. 2 tonn og har et kabinareal på 1.8 m x 5 m.

Den svenske kystvakten har et nært samarbeid med fabrikken når det gjelder forbedring av konstruksjonsdetaljer for operasjon av fartøyene under ulike is- og temperaturforhold. Som et eksempel kan nevnes bruk av en type skjørt hvor segmentene i den nedre slidedelen har et høyere lufttrykk for å gi større maksimal svevehøyde og krenningsstabilitet. Dette skjørtet gir større friksjon mot bakken og i helt spesielle tilfeller hvor underlaget besto av hauger av plateformete løse isstykker med store hulrom hvor luften unnslipp i underlaget, kunne fartøyet bli stående. I tillegg er det problemer med ansamling av is på skjørtets nedre del. Man vurderer derfor å gå tilbake den vanlige skjørttypen med jevnt trykk overalt.

DRIVISENS MORFOLOGI

Dragkreftene fra vind og strøm påvirker drivisen og holder den i kontinuerlig bevegelse. Strekkspenninger medfører oppsprekking av isflaten og kompresjonsspenninger presser isflaten sammen og danner skruis. Det er vanligvis isflak omgitt av nylig tilfrosne råker som presses sammen og skruisen består derfor av relativt tynn is (< 1 m) som kan danne lange rygger. På grunn av likevektsbetingelsene vil isryggene ha en kjøle på isens underside som er omtrent ni ganger høyden på skrugarden.

Isoverflaten er generelt en mosaikk hvor jevne flater med utstrekning hundre meter til kilometer er omgitt av rygger av ulik alder. Flatene kan være helt jevne tilfrosne råker eller bestå av flerårsis hvor gamle rygger er utjevnet til et svakt bølget landskap på grunn av nedsmelting og seinere innfylling av snø. Skrugardene får jevnt skrå sider av fokksnø ettersom tiden går, mens nye rygger har bratte sider. Lasermålinger fra fly og helikopter viser at ca. 80% av ryggene er mindre enn 1.5 m. høye (Tucker og Taylor, 1989; Wadhams, 1980; Wadhams 1976).

I sommersesongen (medio juni-medio august) foregår det en betydelig smelting på isoverflaten som gir en avrunding av ryggformene. Opptil 50% av isflaten kan være dekket av knedype smeltevannsdammer. Råker som dannes i denne perioden fryser ikke til og antallet råker øker derfor utover i denne perioden før tilfrysning starter etter midten av august måned.

Figur 5 viser de forskjellige karakteristiske trekk av drivisens overflate.



Fig. 5a Skrugard dannet ved sammenpressing av nytilfrosset råk. Høyden er ca. 1.8 m. Etter Tucker & Taylor (1989).

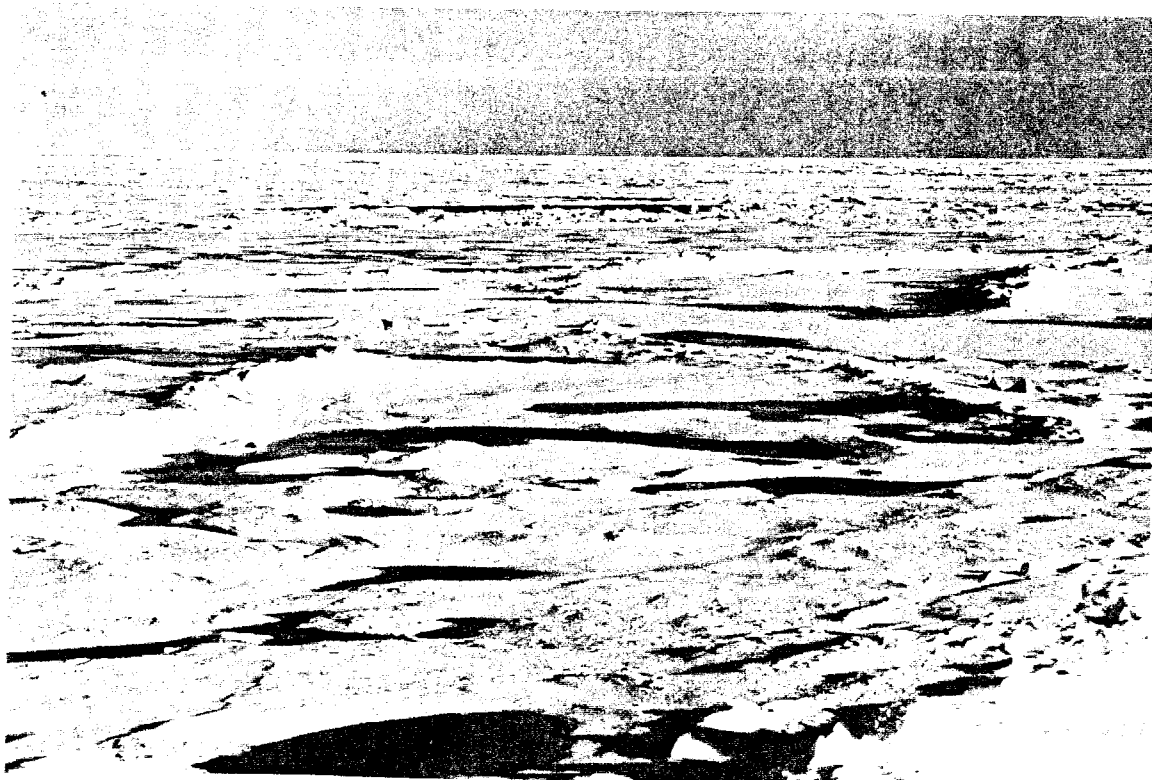


Fig. 5b Eldre skrugarder i flerårsis med smeltevatnsdammer innimellom. Høyden på isryggene er ca. 1.5 m over den jevne isflaten Posisjon 84 30'N og 5 V, 22 sept. 1991.



Fig. 5c Ujevn overflate av første års is i bakgrunnen, men høydeforskjellene er mindre enn 1 meter. Posisjon 84 30'N og 5 V, 22 september 1991.



Fig. 5d Oversiktobilde som karakteriserer issituasjonene slik den ofte var under toktet med "Polarstern" og "Oden" til Nordpolen i 1991. Posisjon 85 30'N og 10 V 16 september 1991.



Fig. 5e Relativt jevn overflate på flerårsis. Bemerk sporene etter en snøscooter i forgrunnen til venstre. Posisjon 83 30'N og 5 Ø , 24 september 1991.

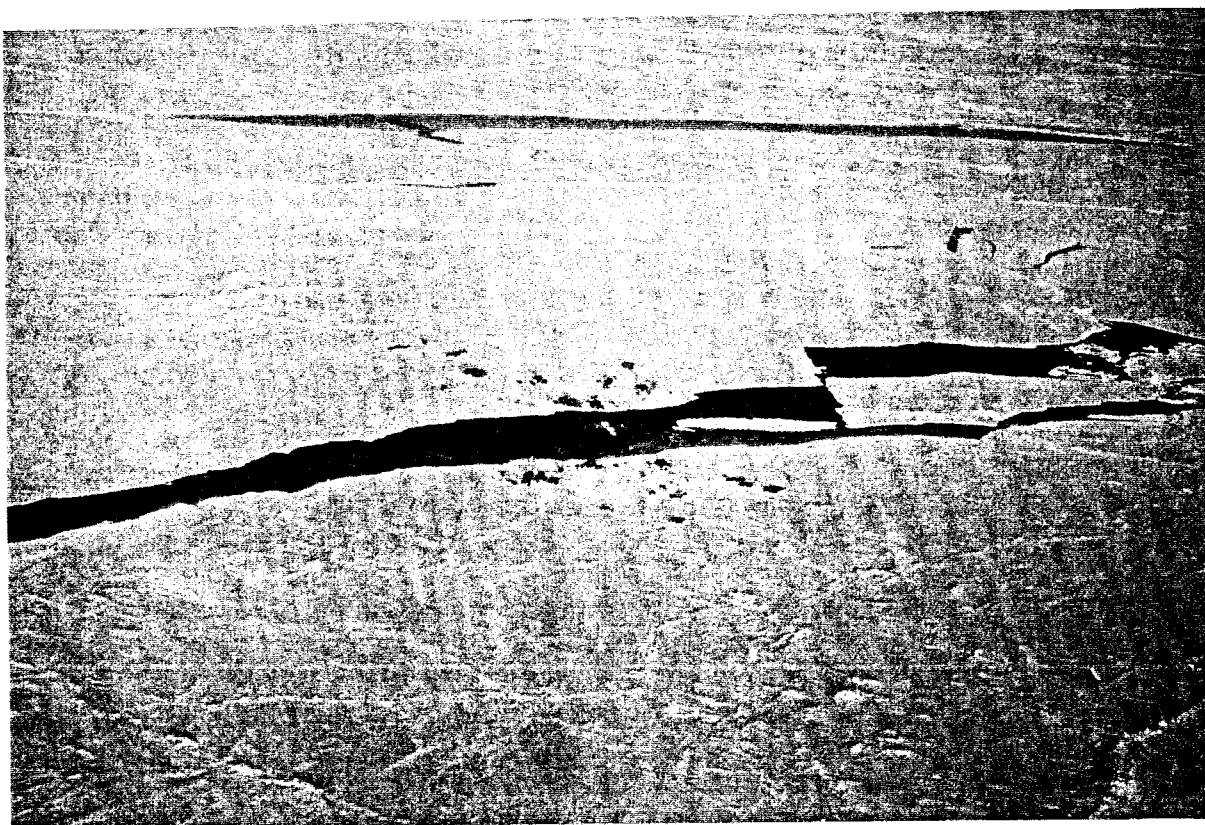


Fig. 5f Oversiktsbilde av isflaten omkring isstasjonen "Fram I" 10 april 1979 etter oppsprekking av et større flak av flerårsis. Posisjon 84 N og 12 V.

FREMKOMMLIGHET

Drivisen i Polhavet viser regionale variasjoner i overflateruhet som kan sees i sammenheng med det storskala mønstret for isdriften og grensebetingelsene fra landmassene omkring. Området med åpent vann mesteparten av året nord for Svalbard representerer en fri grense for drivisen og gir ingen oppstuing av is som tilfellet er nord for Grønland og øyene i kanadisk Arktis.

Et luftputefartøys mulighet til å bli et *praktisk* transportmiddel over drivisen i Polhavet må vurderes ut fra tre forhold:

1. Tester av fartøyets evne til å forsere hindringer av ulik høyde.
2. En vurdering av fordelingen av ujevnheter på drivisens overflate nord for Svalbard.
3. Gjennomsnittshastigheten over isen må være tilstrekkelig.

Dokumentasjonen fra prøvene gjort på isen utafor Tuktoyaktuk av den kanadiske kystvakten (se Vedlegg 2) og testen utført i den marginale issonen nord for Svalbard i 1992 (Kristoffersen, 1992) viser at et luftputefartøy forsere greitt vertikale iskanter med høydeforskjeller opp til svevehøyden. Dette gjelder også ved overgangen fra vann til is. Har ryggene skrå sider av fokksnø, kan høyere rygger forseres. Tucker et al. (1984) undersøkte tverrsnittet av 84 skrugarder dannet av første-års is. Hellningsvinkelen var i gjennomsnitt 25 grader, men variasjonen var 7-56 grader.

Målinger med laser avstandsmåler fra fly gir det mest detaljerte kvantitative bilde av overflaten langs en profil. Wadhams (1980) viser endringer i ruheten av isoverflaten langs en 850 km lang profil i nordvestlig retning fra iskanten i Framstredet (fig. 6). Ruheten er uttrykt som fordelingen av sannsynlighetstettheten for ulike variasjoner i høyden på ujevnheten. I den Transpolare strømmen langs de første 350 km fra iskanten er variasjonene i ujevnhetene i hovedsak innenfor 1 m, men antallet høye rygger øker nord for Grønland. Målinger utført i den Transpolare isstrømmen under ekspedisjonen med "Polarstern" til Nordpolen i 1991, viste at av det totale antall isrygger med høyde over 0.8 m, var 70% mindre enn 1.4 m høye (Futterer et al., 1992). Andre laser profileringseksperimenter gir lignende resultat (Wadhams, 1976; Weeks et al., 1980). Målinger av høydefordeling og hyppighet av isrygger er vist i figur 7.

Den lasermålte topografien gir imidlertid et overestimat av den reelle topografien et luftputefartøy må passere langs en trasé fordi målingene reflekterer ikke de mange muligheter til bedre veivalg som i virkeligheten eksisterer ved at mindre kursendringer foretas.

Trafikkbareheten i Polhavet for luftputefartøyer med ulike svevehøyder er forsøkt kartlagt av Tucker & Taylor (1989). Trafikkbareheten er uttrykt som forholdet mellom den reelle avstanden et fartøy må kjøre for å komme fra A til B og den rette linjen mellom de to punktene. Utgangspunktet var en statistisk analyse av Hibler & Ackley (1973) hvor det ble vist at trafikkbareheten var kun en funksjon av antall isrygger over en spesifisert høyde pr. kilometer distanse samt forholdet mellom første og andre momentet i den statistiske fordelingen av rygg lengden. Sistnevnte forholdstall ble av Tucker & Taylor gitt en antatt verdi (Hibler & Ackley, 1973) og høydefordelingen av isrygger ble tatt fra

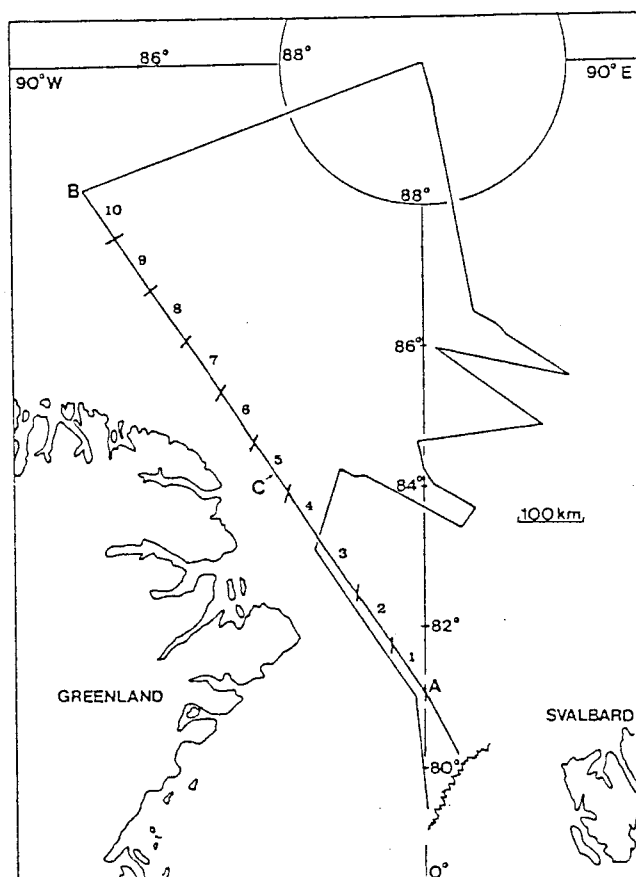


Fig. 6a. Flylinje (A-B) med laser profilometer utført av den kanadiske maritime patrulje i oktober 1976. Fra Wadhams (1980). Linja A-B er delt inn i segmenter og høydefordelingen av isryggene innenfor hvert segment er vist nedenfor.

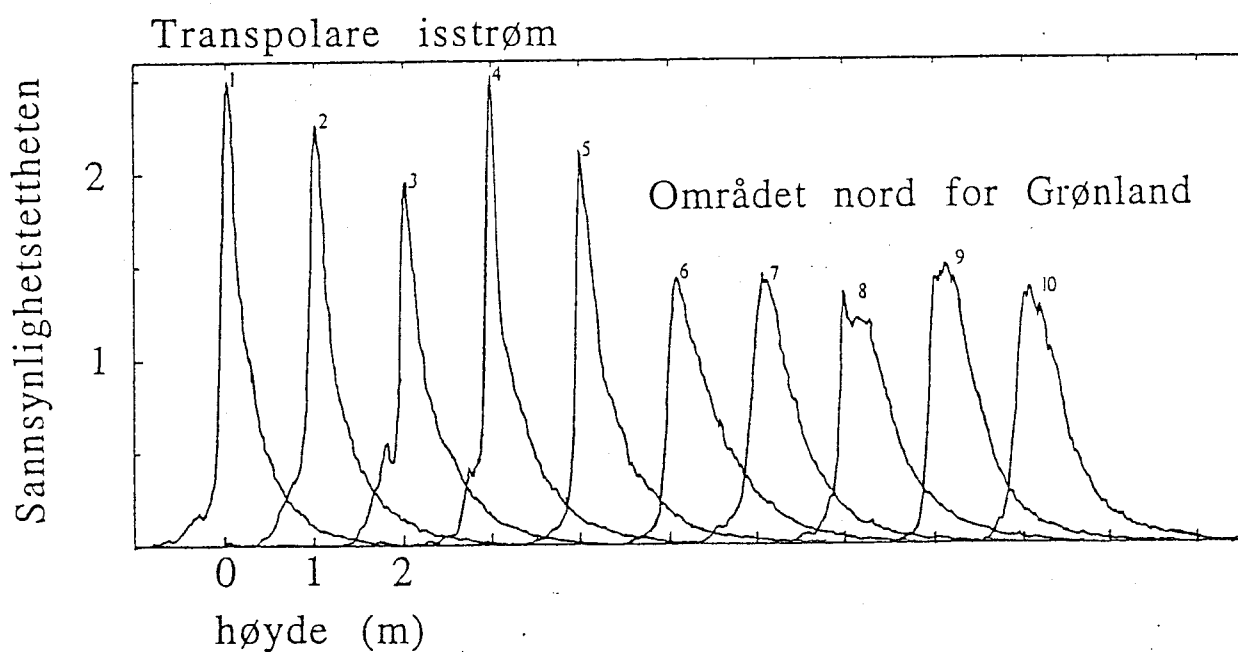


Fig. 6b Høydefordelingen av isrygger langs de enkelte segmenter av flylinja A-B uttrykt ved sannsynlighetstettheten. Null høydenivå er den jevne isoverflaten. Hver kurve er forflyttet med 1 m. i forhold til nabokurven. De fem første segmentene omfatter is i den Transpolare isstrømmen og viser generelt lavere isrygger enn isen i området nord for Grønland. Fra Wadhams (1980).

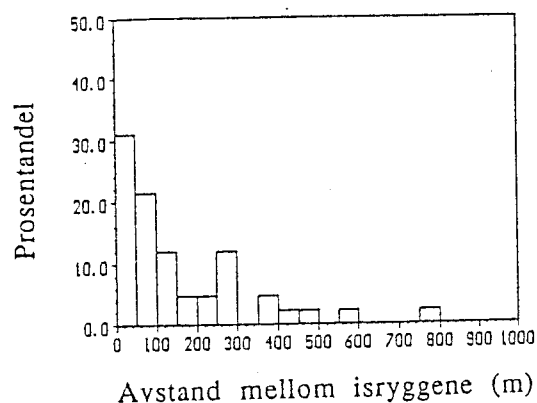
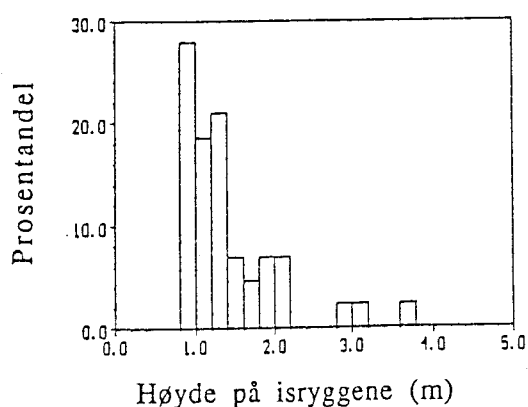


Fig. 7 Venstre figur:
Høydefordelingen av isrygger over 0.8 m fra
lasermålinger over en 8 km lang strekning
22 august 1991 i posisjon 87°30'N, 91°Ø
utført av P. Lemke, A. Wegener Institutt
for Polarforskning. Fra Futterer (1992).

Høyre figur:
Avstanden mellom isryggene over
samme strekning som i figuren til
venstre.

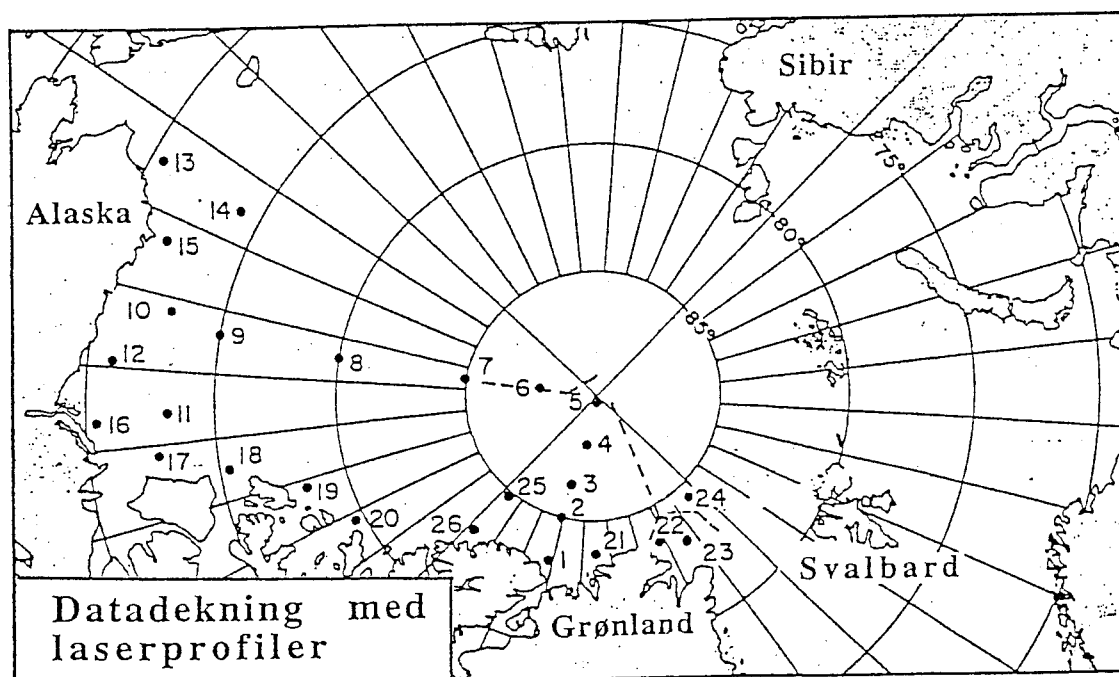


Fig. 8 Datadekning med lasermålinger av høydevariasjonene på isoverflaten brukt som
grunnlagsmateriale av Tucker & Taylor (1989) for statistiske estimat av trafikkbarehet for
luftputefartøyer i Polhavet.

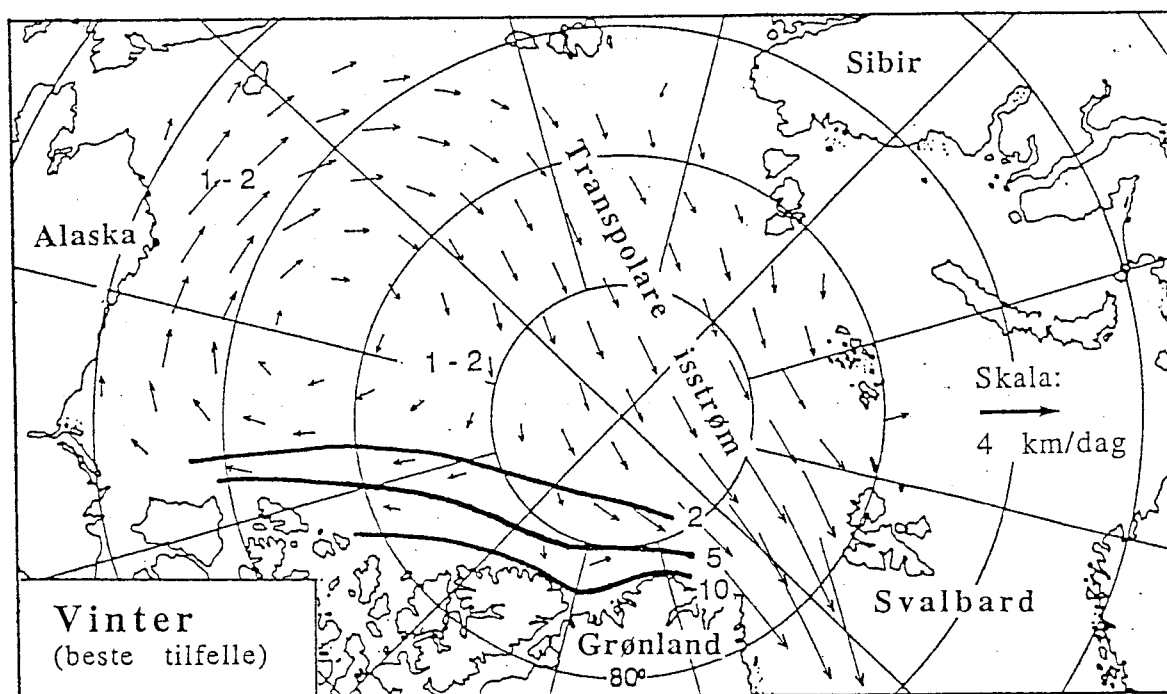
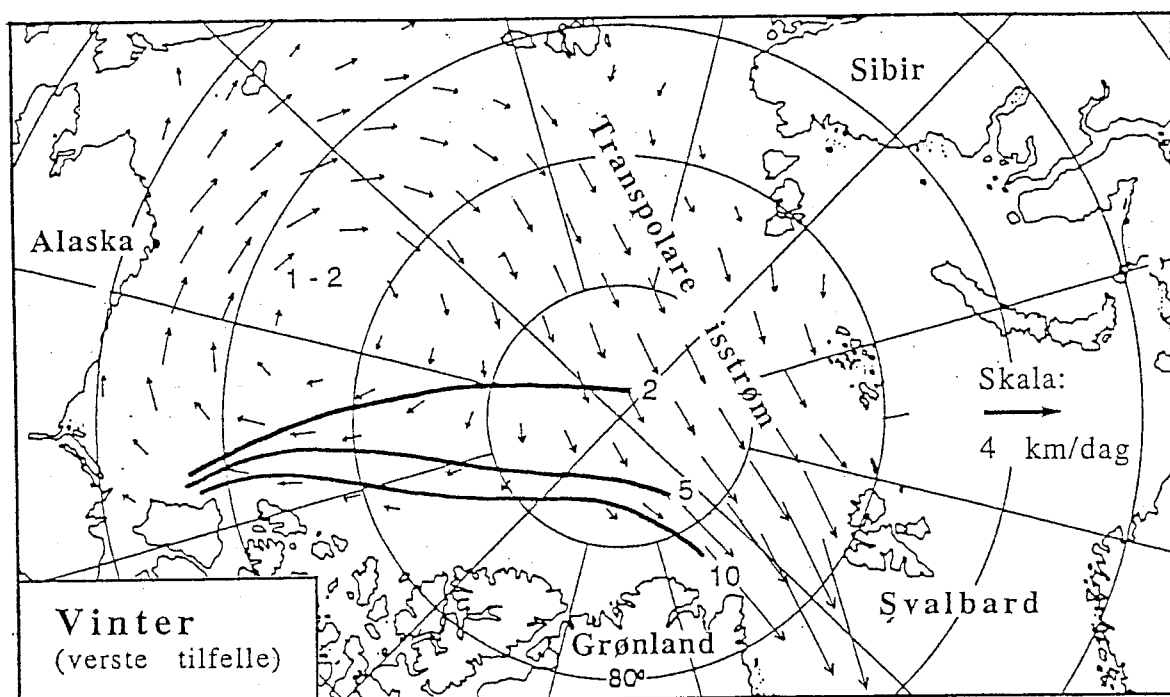


Fig. 9a Tucker & Taylor's estimat av trafikbarheten om vinteren i Polhavet i området mellom Alaska og Grønland ut fra ulike antagelser om sannsynligheten for at lange rygger krysser hverandre. Verste tilfelle er vist øverst og beste tilfelle nederst. Fra Tucker & Taylor (1989). De små pilene angir årlig middel isbevegelse basert på drift av ARGOS bøyer i perioden 1979-90 (fra ARGOS Newsletter No. 44).

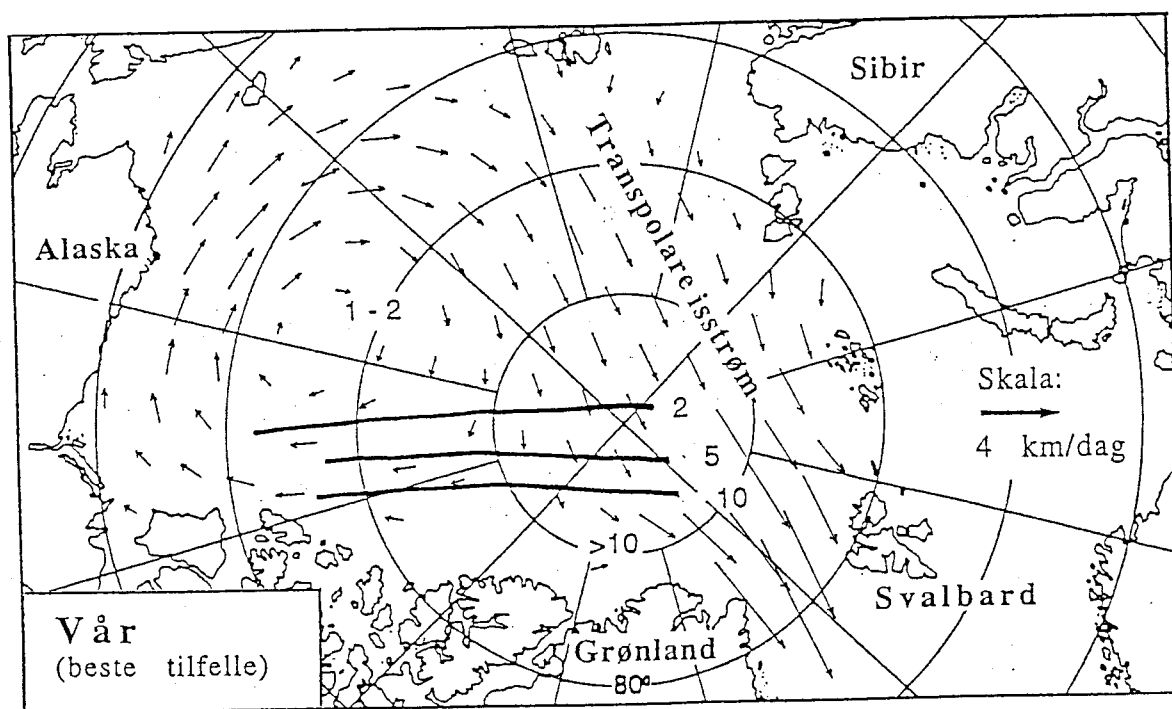
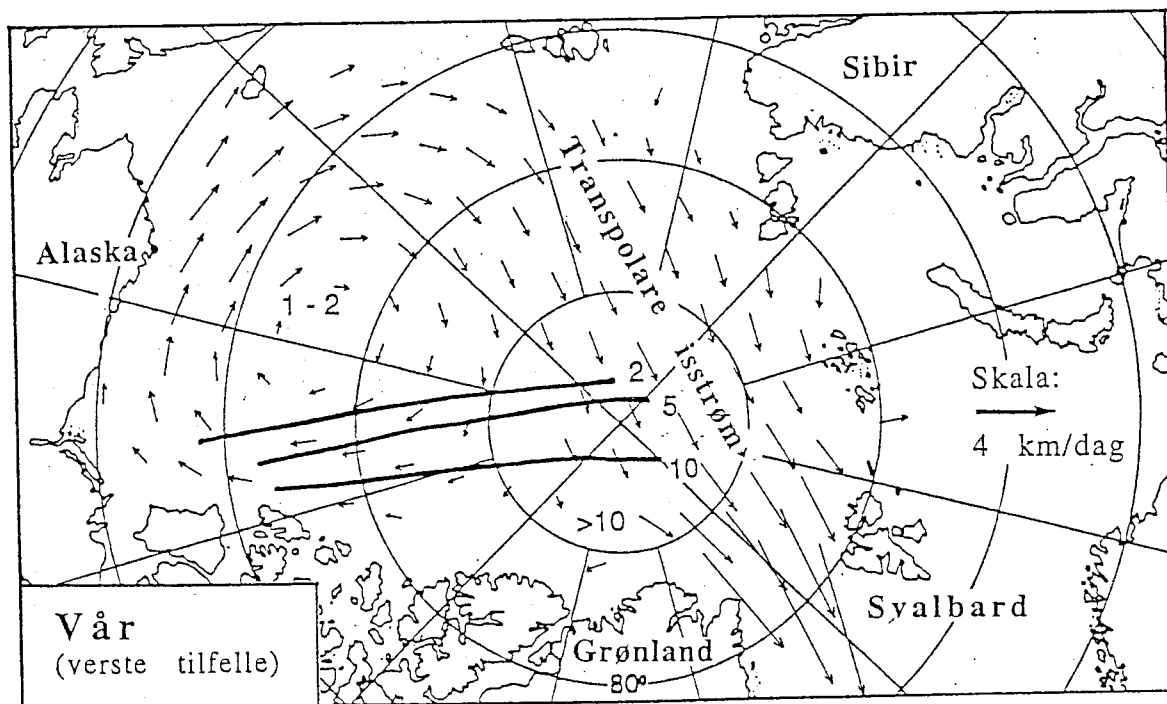


Fig. 9b Tucker & Taylor's estimat av trafikkbarheten om våren i Polhavet i området mellom Alaska og Grønland ut fra ulike antagelser om sannsynligheten for at lange rygger krysser hverandre. Verste tilfelle er vist øverst og beste tilfelle nederst. Fra Tucker & Taylor (1989). De små pilene angir årlig middel isbevegelse basert på drift av ARGOS bøyer i perioden 1979-90 (fra ARGOS Newsletter No. 44).

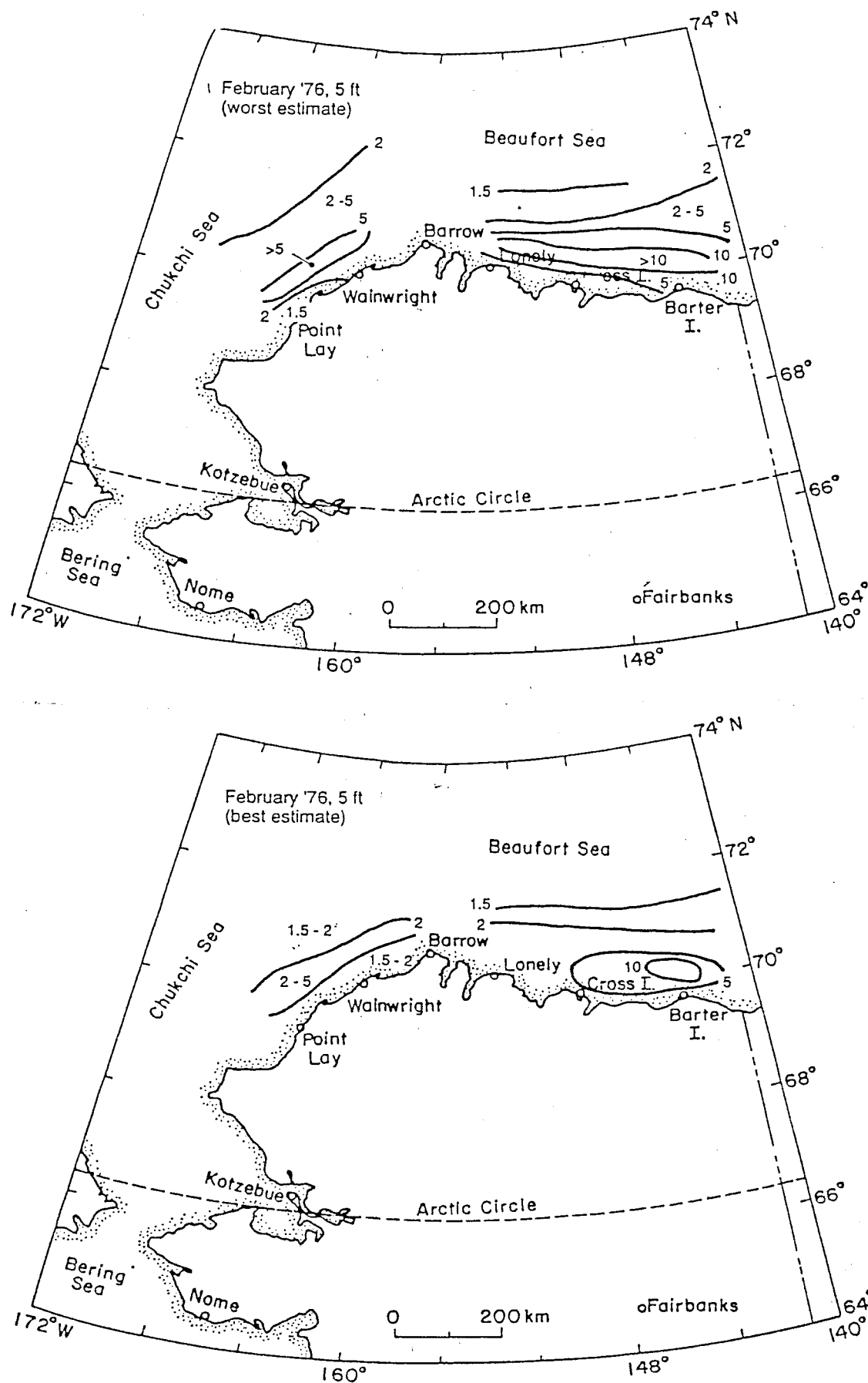


Fig. 10 Tucker & Taylor's estimater av trafikbarheten nord for Alaska i februar 1976 ut fra ulike antagelser om sannsynligheten for at lange rygger krysser hverandre. Verste tilfelle er vist øverst og beste tilfelle nederst. Fra Tucker & Taylor (1989).

lasermålinger fra fly. Datadekningen omfattet sektoren fra Greenwich-medianen i Framstredet i øst til Beringstredet i vest (fig. 8).

For en svevehøyde på 1.5 m (5 fot) har den teoretiske trafikkbarheten høye verdier i områdene nord for Grønland og øyene i kanadisk Arktis på grunn av oppstuingen av is som følge av det generelle sirkulasjonsmønstrer for drivisen (fig. 9). Isen er mest ujevn tidlig på våren. En trafikkbarhetsfaktor på 10 er i praksis et område som ikke kan forseres. En kystnær deformasjonssone i isen utafor Alaska om våren reflekteres i høye verdier for trafikkbarhet (fig. 10).

Området nord og øst for Svalbard gir få hindringer for utstrømmingen av is fra den Transpolare strømmen. Denne sektoren er imidlertid utafor dekningsområdet for datagrunnlaget i rapporten til Tucker & Taylor (1989), men burde ha en trafikkbarhet som ikke er dårligere enn det som er angitt for den sentrale delen av Polhavet (1-2). W. Herbert som i 1968 gjennomførte en ekspedisjon fra Alaska til Svalbard via Nordpolen med hundespann i løpet av 16 måneder oppgir at de kjørte en total distanse som utgjorde 1.752 av storsirkelruten (Herbert, 1970). Når det gjelder forskjellen på isoverflaten mellom Alaska og Nordpolen sammenlignet med området i den Transpolare isstrømmen observerte Herbert :

"The ice topography is more massive in the Gyral and the pressure ridges, though fewer in number than in the Trans-Polar Stream, tend to be higher. The Gyral floes are thicker and instead of the small, angular hummocks on the Trans-Polar Stream floes, we found solid, smooth hummocks rounded by the melt of several summers"

Det fremgår også klart av observasjonene til Wadhams (1980) at isryggene i den Transpolare strømmen har gjennomsnittlig lavere høyde enn isryggene i området nord for Grønland (fig. 6).

Det må understrekes at rapporten til Tucker & Taylor (1989) er en teoretisk studie som foreløpig ikke har vært gjenstand for noen form for kalibrerings-eksperimenter. Den illustrerer imidlertid noe av den storskala variasjonen i ruheten av isoverflaten som har direkte sammenheng med sirkulasjonsmønstrer. Fremdriften til flere sportsekspedisjoner etter at de hadde passert det vanskelige området like nord for kysten av Ellesmere øya, indikerer imidlertid klart at tallene for trafikkbarheten til Tucker & Taylor vist i figur 9, er altfor høye for den nordligste 2/3 av distansen til Nordpolen. Det gjelder Thorset's snøscooterekspedisjon til Nordpolen i 1982 samt Kagge, Ousland og Randby på ski i 1990 (Thorset, 1982; Kagge, 1990).

Video-opptak i lav høyde over isflaten gir kun et kvalitativt bilde, men demonstrerer best de naturlige mulighetene for mindre kursendringer som gir fri passasje med reduserte krav til svevehøyde. I forbindelse med forsynings-tjeneste til den russisk/amerikanske isstasjonen "Turpin" i posisjonen 83° 30' N, 27° 00' Ø nord for Nordaustlandet (fig. 11), ble det 16-19 april 1994 foretatt flyvninger med Twin Otter i 50 m høyde over isflaten langs den 250 km lange strekningen fra stasjonen til iskanten. Videre var det i slutten av september 1991 gjort video-opptak av isflaten fra helikopter over ca. 50 km på 82° 30' N, 10° Ø fra forskningskipet "Polarstern" med tanke på evaluering av fremkommelighet for luftputebåt.

En direkte omsetting av informasjonen i disse opptakene til kvantitative mål for trafikkbarhet byr på store problemer fordi vi mangler tilleggsmåling i form av kvantitative kalibreringstester for ulike grader av ujevnheter på isover-

Prepared April 18th 1994

DNMI
THE NORWEGIAN
METEOROLOGICAL INSTITUTE

HOV
MINISTRY OF ENVIRONMENT - PROGRAMME
FOR OCEAN SURVEILLANCE AND FORECASTING

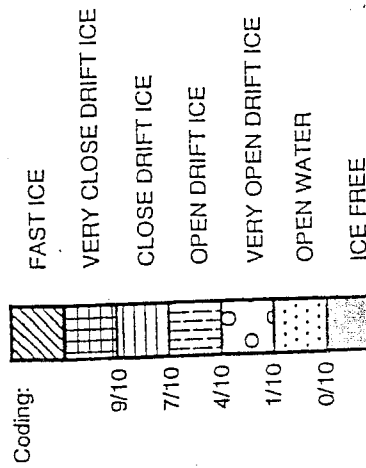
Postal address: DNMI, P.O. box 43 Blindern, N-0313 Oslo.
Telex: 21564 meteo n, Fax: +47 22 96 30 50, Telephone: +47 22 96 30 00

Map Proj: Stereographic conformal, M 1:7.5 mill. at 60N

Data sources: 1.5 - 3 km resolution NOAA/AVHRR satellite data
25 km resolution passive microwave data (DMSF/SSM/I)
Observations from ships and aircrafts

The ice chart is based on data from April 15th 1994 through April 18th 1994.

Ice observations April 18th 1994:



M (+).... Very thick multi-year ice
M..... Dominance of multi-year ice
M+F..... Multi-year and first-year ice
F+M..... First-year and multi-year ice
F..... Dominance of first-year ice
Y..... Young ice
★..... New ice
△..... Observed icebergs
▲..... Buoys on icebergs

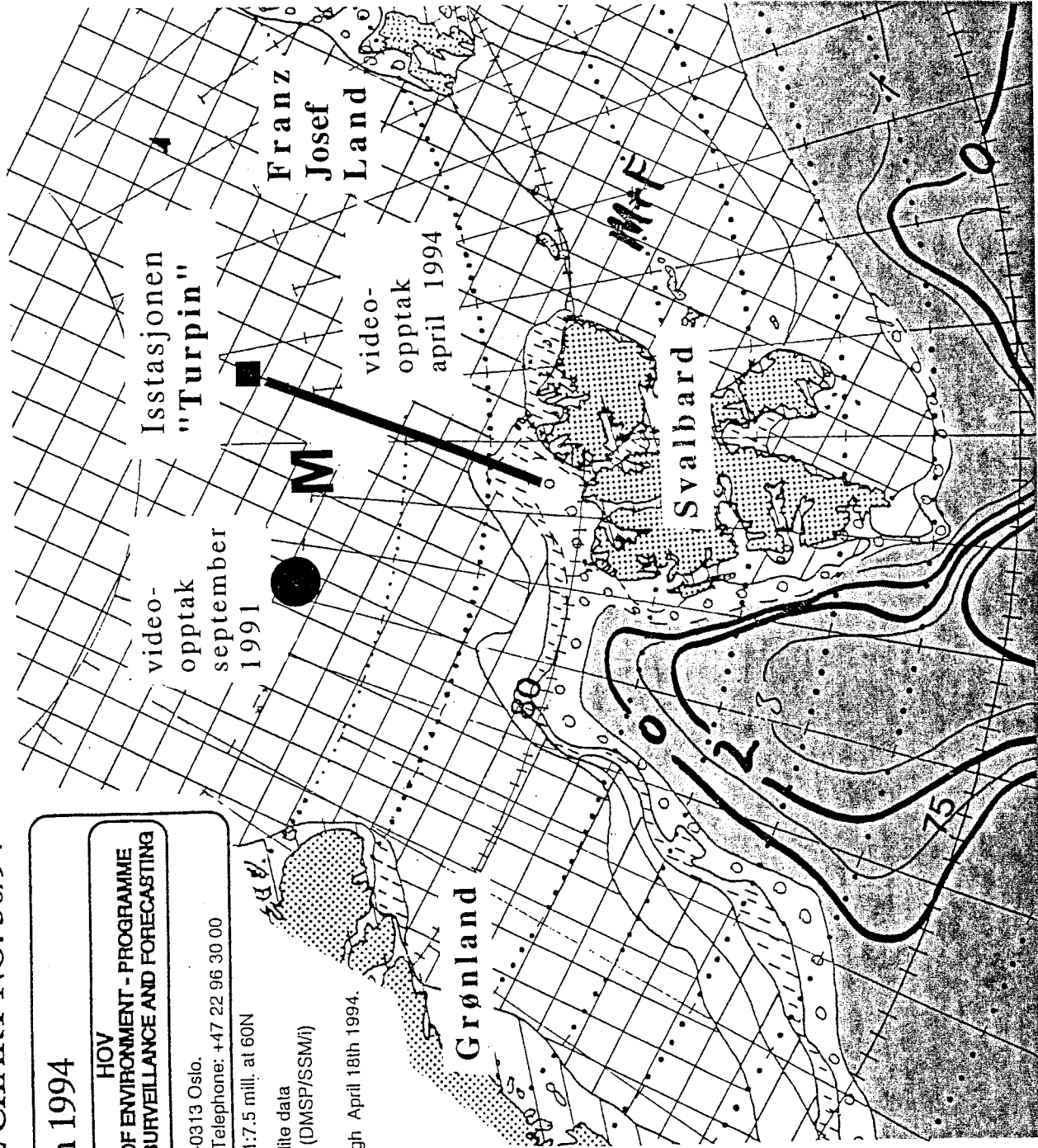


Fig. 11

flaten. I denne situasjonen er vi nødt til å ta et utgangspunkt som er begrenset til følgende:

- a) Video-opptak av isoverflaten tatt på isen etter landing på isstasjonen "Turpin" sammenlignet med opptak under overflyvning av leirområdet i lav høyde.
- b) Observasjon av isens fribord i råker gir et inntrykk av høydeforskjeller.
- c) Manøvreringsegenskaper og fremdrift i ønsket kursretning til et luftputefartøy i mellom iskosser som langt overstiger svevehøyden, slik det ble demonstrert under testen nord for Svalbard. (Kristoffersen, 1982).

Med de forbehold som er nevnt ovenfor, er video-opptakene fra 50 m flyhøyde over isen nord for Nordaustlandet gjennomgått grundig gjentatte ganger og forsøkt klassifisert ut fra en subjektiv inndeling i fire grader av trafikkbarhet for en svevehøyde på 1.5 m:

- A. områder som antas å kunne forseres uhindret i mer enn 25 km/t i gjennomsnitt,
- B. områder som med mindre kursjusteringer kan forseres med 25 km/t,
- C. moderat vanskelige områder hvor man i noen grad må lete seg frem og gjennomsnittshastigheten kanskje er 10 km/t,
- D. meget vanskelige områder hvor man kun kan regne med å forsere i kursretningen med 5 km/t eller mindre.

Fremkommeligheten under disse isforholdene og med en sikt på minst 500 m samt lysforhold som gav tilstrekkelig kontrast estimeres som følger:

- A. 50% av strekningen kunne forseres uhindret med en antatt gjennomsnittsfart på godt over 25 km/t.
- B. Over 25% av distansen var mindre kursjusteringer nødvendig for å holde nominell gjennomsnittsfart på 25 km/t.
- C. Over 20% av distansen måtte man tildels lete seg frem i den grad at en gjennomsnittsfart på kanskje 10-15 km/t var realistisk.
- D. Den vanskelige delen av strekningen utgjorde 5% og var konsentrert i et belte som var over 5 km bredt i nord-sør retning. Her var ikke høye skrugarder problemet, men en labyrint av oppbrutt is hvor høyden på blokkene antas å ha vært opptil 3 m. Skruis er ofte lokalisert i belter.

Hvis man så skulle våge å skjønnsmessig omsette denne vurderingen til Tucker og Taylor's trafikkbarhet, ville kategori A og B ovenfor få en faktor på 1, kategori C en faktor 2 eller mindre og kategori D en faktor 3-4 eller mindre. For strekningen som helhet ville dette gi en trafikkbarhet på 1.3. Man ville altså måtte kjøre en strekning som er 30% lenger enn en rett kurslinje, men kjøretiden ville øke med 50% og gi en reell trafikkbarhet på 1.5. Rekkevidden begrenses av kjøretiden, og tar man hensyn til at kategori A kunne blitt tilbakelagt raskere enn antatt (25 km/t), ville den reelle trafikkbarheten forbedres.

Til sammenlikning kan nevnes at isbryterne "Polarstern" og "Oden" i hovedsak fulgte råker på toktet til Nordpolen i 1991. Dette gav en økning i utseilt distanse på minst 30% etter navigasjonsdatene å bedømme.

Ismassen i den Transpolare strømmen driver med en hastighet på 5-10 km i døgnet nord for Svalbard og isforholdene endres kontinuerlig over tid.

SIKKERHET

Ferdse over åpent vann

Et luftputefartøy under marsjart i åpen sjø kan uten vanskeligheter klare bølgehøyder på 1-1.5 m alt etter fartøyets størrelse. Ved større bølgehøyder må fartøyet krysse med redusert fart. Transit over åpent vann bør skje med land eller iskanten i sikte. I tilfelle været blir for dårlig, vil fartøyet kunne kjøre opp på tørt land eller inn på et større isflak for å avvende situasjonen. I vintersesongen kan det være et problem å forsere isranden (landkall) i strandkanten spesielt ved lavvann, men det burde være mulig å finne åpninger som tillater landing uten spesiell fare.

Marsjart for den aktuelle fartøytypen med full last er ca. 65 km/t (35 knop).

Ferdse på drivisen

Kjøring over drivisen krever høy konsentrasjon for å avgjøre veivalg samt foreta manøvrering med tilstrekkelig sikkerhetsmargin mellom hindringer av skruis.

Som et utgangspunkt vil vi av sikkerhetsmessige hensyn vurdere en gjennomsnittshastighet på 25 km/t som tilfredstillende fremdrift under gunstige is- og lysforhold. Dette er ca. 40% av marsjhastighet for den aktuelle fartøytypen.

Under kjøring på drivisen vil kollisjon med isblokker kunne gi skade på skrog og skjørt. Den lave hastigheten over isen vil i betydelig grad redusere faren for alvorlige personskader og større materielle skader, men fartøyet har med full last en totalvekt på over 16 tonn og derved et betydelig treghetsmoment. Lavt tyngdepunkt og bredden av et luftputefartøy tilsier at muligheten for velt under en kollisjon ved de hastigheter som her er aktuelle, er forsvinnende liten. Fartøyet bør være utstyrt med en elektrisk vinsj som kan monteres foran eller bak etter behov på samme måte som fartøyene til den svenske kystvakten. Alle skader på skjørt vil kunne repareres i felt. Fartøyet er utstyrt med flyte-tanker og dobbel bunn. Skader på skroget vil i et nødstilfelle kunne repareres midlertidig ved påagling av aluminiumsplate med silikon tetning rundt.

En godt vedlikeholdt dieselmotor er under normale omstendigheter relativt pålitelig. I en nødsituasjon, vil et fartøy utstyrt med to motorer ha tilstrekkelig motorkraft til å kunne kjøre med en motor.

Så lenge risikoen for velt er liten under kjøring over is, er det rimelig sannsynlig at fartøyets kabin er lite utsatt for skade i kollisjonstilfeller. Mannskapet

kan derfor ha opphold i kabinen med mulighet for oppvarming inntil skaden er utbedret eller assistanse rekker frem.

Et luftputefartøy for operasjon i drivisen nord for Svalbard må være utstyrt med GPS navigasjonsutstyr, radar med høy oppløsning, HF og VHF kommunikasjonsutstyr samt radartransponder som gir identifikasjon (IFF) og en ARGOS satelittsender som kan aktiviseres i tilfelle et alvorlig uhell eller total svikt av annen kommunikasjon.

Ferdsel på land

Intensjonen med luftputefartøyet er transport i helt eller delvis isdekket farvann. Ferdsel på land uten snødekke, bør være begrenset til at fartøyet hvis nødvendig settes ned på fast grunn i tidevannssonen for på- og avstigning eller parkeres for påfylling av drivstoff. Luftputen har et marktrykk som er 1/20 av et menneske og eventuell manøvrering for å dreie fartøyet mot sjøen igjen vil medføre små forstyrrelser i jordbunnen.

Redning

Ansvar for redningstjenesten på Svalbard er tillagt Sysselmannen. I redningstjenesten anvendes et SuperPuma AS 332L helikopter som under normalt gunstige værforhold har en rekkevidde på 230 nautiske mil ut fra Longyearbyen eller 4 timers flytid utenom reserve. Denne rekkevidden inkluderer tid til å ta ombord 15 mann med bruk av heis, hvis nødvendig. Beredskapen er operativ hele året. Med utgangspunkt og retur til Longyearbyen vil maskinen ha et dekningsområde i nordlig retning inntil 82 N.

Av sikkerhetsmessige grunner er det lagt ut reserve drivstoff i Mosselbukta. Mindre kvanta er også utlagt på Gråhuken, Kinnvika, Rijpfjorden og på Storøya.

Hvis værforholdene tillater at helikopteret kan gå ned i Mosselbukta på nordtur for å etterfylle drivstoff, utvides operasjonsområdet til 83 N. Under gunstige værforhold hvor etterfylling er mulig både på tur nordover og under tilbaketuren, vil maksimal rekkevidde være til 83 50'N i nordlig retning.

STØY FRA ET LUFTPUTEFAKTØY

Støynivet inne i kabinen på et luftputefartøy er omtalt på side 7. Den ytre støyen fra en aktuell fartøytype oppgis av fabrikanten å være 78 dB i en avstand av 25 m. og opptrer som en jevn, relativt lavfrekvent dur. For andre relevante transportmidler angis følgende støynivåer:

Luftputefartøy:	78 dB i avstand 25 m under full motorkraft
Snøscooter:	85 dB i avstand 15 m (støygrense etter EØS-regler)
Helikopter:	96 dB i avstand 25-30 (helikopter inn for landing)

Den oppgitte verdien for støy fra snøscooter er en grenseverdi som kjøretøyene må tilfredstille etter EØS-reglene (kilde: Yamaha Norge a/s). Helikopterservice a/s har ingen målinger av ytre støy, men støymålinger under helikopterlandinger på plattformer i Nordsjøen er foretatt av Norsk Hydro og Statoil.

Støyenergien avtar med 6 dB når avstanden til støykilden økes til det dobbelte. Omregnet til samme avstand er derfor støyenergien fra et luftputefartøy sammenlignbar med grenseverdien for støyen fra en stor snøscooter med full gass, basert på disse tallene. Støyen fra et helikopter er nede på 78 dB i en avstand av ca. 200 meter.

Støyenergien fra et luftputefartøy som passerer i 500 m avstand fra et vernet område er sammenligbar med støyen fra et helikopter i ca. 5 km avstand.

Bruk av dieselmotorer og skjerming av propellene har bidratt til reduksjon av støy fra luftputefartøyer.

LUFTPUTE BÅT SOM FORSKNINGSFARTØY: BEHOV FOR UTRUSTNING OG INSTRUMENTERING

Fartøyet skal enkelt kunne konverteres fra andre brukerbehov til en multi-disiplinær forskningsplattform med sove-, koke og sanitær muligheter for inntil 5 forskere og mannskap (1-2). Eksempelvis vil et kabinareal på 42 kv.meter (Griffon TDX4000) kunne gi 20 kv. meter til laboratorie plass og resten til bofunksjonen. Tokt av 1-2 ukers varighet bør kun dekke en eller to fagdisipliner. All instrumentering bør være ferdig oppsatt og testet før avreise nordover.

En brønn gjennom skroget (minst 60 cm x 60 cm) vil gi mulighet til å foreta alle typer oseanografiske målinger og prøvetaking av vannmassene, inkludert geologiske prøver fra havbunnen, inne fra kabinen. Brønnen i skroget er dekket av en vanntett luke under kjøring. Et hull bores eller smeltes gjennom isen og fartøyet parkeres over hullet. Til CTD målinger og prøvetaking kreves en vinsj med kevlar tau og en jigg med løpehjul. Kraftoverføring til vinsja kan skje hydraulisk fra hovedmotor.

I motorseksjonen må det være en liten dykkerkompressor som kan innkobles etter behov for å gi trykkluft til dykkeroperasjoner og seismiske undersøkelser.

Tilgang til 230 volt vekselstrøm kan fåes fra hovedmotor under gang, men må ellers skje fra liten hjelpegenerator for å spare drivstoff.

Et laboratorieareal skal gi mulighet til oppstilling av måle- og analyseutstyr, PC, etc. Basisutrustningen må inkludere:

1. instrument for måling av temperatur, saltholdighet og dyp (CTD). Et egnet instrument er anskaffet av UNIS.
2. penetrasjonsekkolodd med enkel svinger som kan slepes etter fartøyet under sakte fart i åpent vann eller senkes gjennom brønnen i skroget under stasjonsarbeid på isen.

HVA SLAGS FORSKNING KAN DRIVES FRA ET LUFTPUTEFARTØY?

Et luftputefartøy utrustet som beskrevet ovenfor, vil være egnet til følgende forskningsoppgaver:

<u>Fagfelt:</u>	<u>Utstyr:</u>	<u>Kommentar:</u>
Oseanografi	CTD, vannhentere, strømmålere	Bruker CTD med intern datalogger. Mer effektiv operasjon enn større isgående fartøy, stor mobilitet i regionale undersøkelser for bl.a deteksjon av mesoskala hvirvler.
Isforskning	temp. datalogger, staker for snødybde og deformasjonsnettverk, pulsradar for istykkelse	Velegnet for utplassering og tilsyn av datalogger for temperatur, varmestråling, posisjonering av referansepunkt for isdeformasjon, innhenting av iskjerner etc. Radarmålinger av istykkelse.
Marin biologi	planktonnett, vannhentere, dykkeutstyr, prøvetaker for overflate-sediment	God laboratorieplass for behandling av prøvemateriale
Forurensningsundersøkelser	isbor, vannhenter, bunnprøvetaker	Godt egnet til prøvetaking av is, vannmassene og kortere bunnprøver for geokjemiske analyser (basislinje studier).
Fjernmåling	scatterometer, radiometer, is-termometer, konduktivitetsmåler	Meget godt egnet til verifikasjonsmålinger for satellittdata over et stort område og flere sesonger.
Meteorologi/stråling	automatiske værstasjoner	Velegnet for utsetting og tilsyn av av automatiske målestasjoner
Energiutveksling atmosfære-is-hav	radiometer, CTD, termistor-kjeder m/logger	Velegnet for eksperimenter som går på varmeutvekslingen mellom hav og atmosfære i råker og gjennom tynn is.
Osean tomografi	akustisk kilde/mottaker	Godt egnet til å utplassere akustisk kilde og mottaker for årlige sesongmessige studier av den integrerte temperaturtilstanden som klimaindikator i Polhavet.
Marin geologi	sedimentprøvetaker, sedimentfeller, pumpeutstyr	Ny teknologi utviklet (lett vekt og lange kjerner, 10-15 m) spesielt med tanke på Polhavet (p.t.kommersielt operativ i Nordsjøen), studie av innholdet av partikulært materiale i vannmassene med utsetting av sedimentfeller samt pumping og filtrering.

Marin geofysikk

seismisk snø-
kabel, luftkanonSnøkabelteknologien er velutprøvd på
Svalbard og også i Polhavet under
ARCTIC-91.

BASEPLASSERING

Praktiske og kostnadsmessige hensyn tilsier at et luftputefartøy bør stasjoneres i Longyearbyen fordi dette vil være det kommunikasjonsmessige utgangspunkt for flesteparten av brukerne. Kjøretiden til Ny Ålesund over åpent vann under normale værforhold vil være ca. 3.5 timer.

REKKEVIDDE

Hvis man tar utgangspunkt i spesifikasjonene til et luftputefartøy av type Griffon TDX4000, er nyttelasten til et uinnredet fartøy angitt til 6.000 kilo i tillegg til vekten av ballast, fører og 450 kilo drivstoff. Antar man at vekten av innredning for bofunksjonen (køyer, kjøkkenbenk, sanitæranlegg, etc.) er 1000 kilo og videre at vekten av fire forskere med utstyr og forsyninger, er begrenset til 2000 kilo, vil de resterende 3000 kilo av lastekapasiteten kunne nyttes til drivstoff. En ekstra ballast på ca. 500 kilo benyttes til å trimme fartøyet under fart og kan utnyttes til drivstoffreserve. Tilgjengelig drivstoff er totalt 3450 kilo pluss en reserve på 500 kilo. Dette utgjør henholdsvis 4.300 og 600 liter diesel.

Forbruket under marsjart med full last er ca. 130 liter/time. Under kjøring over drivisen antar vi en gjennomsnittsfart på 25 km/t og forbruket er av fabrikken beregnet til ca. 90 liter/time. Dette gir en kjøretid på 48 timer og i tillegg en nødreserve på 6.5 timer. For beregning av rekkevidden antar vi at disponibelt drivstoff utgjør 42 kjøretimer og total reserve er på 12.5 timer.

Rekkevidden er avhengig av isforhold, siktbarhet og lysforhold. Drivisen nord for Svalbard beveger seg med en hastighet på 5-10 km/dag alt etter vindforholdene. I de tilfeller at man møter vanskelige isforhold på tur nordover under et tokt, vil man kunne forutsi posisjonen til dette området når returreisen skal foretas. Områder med skruis opptrer ofte i belter. Man har derfor mulighet til å ta de nødvendige forbehold med tanke på disponeringen av drivstoff under toktet. Vurdering av isforholdene ut fra video-opptakene viste at den reelle kjøretiden ble anslått til å være inntil 50% mer enn kjøretiden for en direkte rute med en gjennomsnittshastighet på 25 km/t. Rekkevidden må derfor regnes ut fra 28 timer *effektiv* kjøretid.

Beregnet kjøretid over åpent vann under normale værforhold fra en base i Longyearbyen til enkelte punkter i nord er:

Longyearbyen - Ny Ålesund	180 km	3.5 timer
Longyearbyen - Verlegenuken	400 km	8 timer
Longyearbyen - Sjuøyene	500 km	10 timer

(Antatt hastighet 50 km/t)

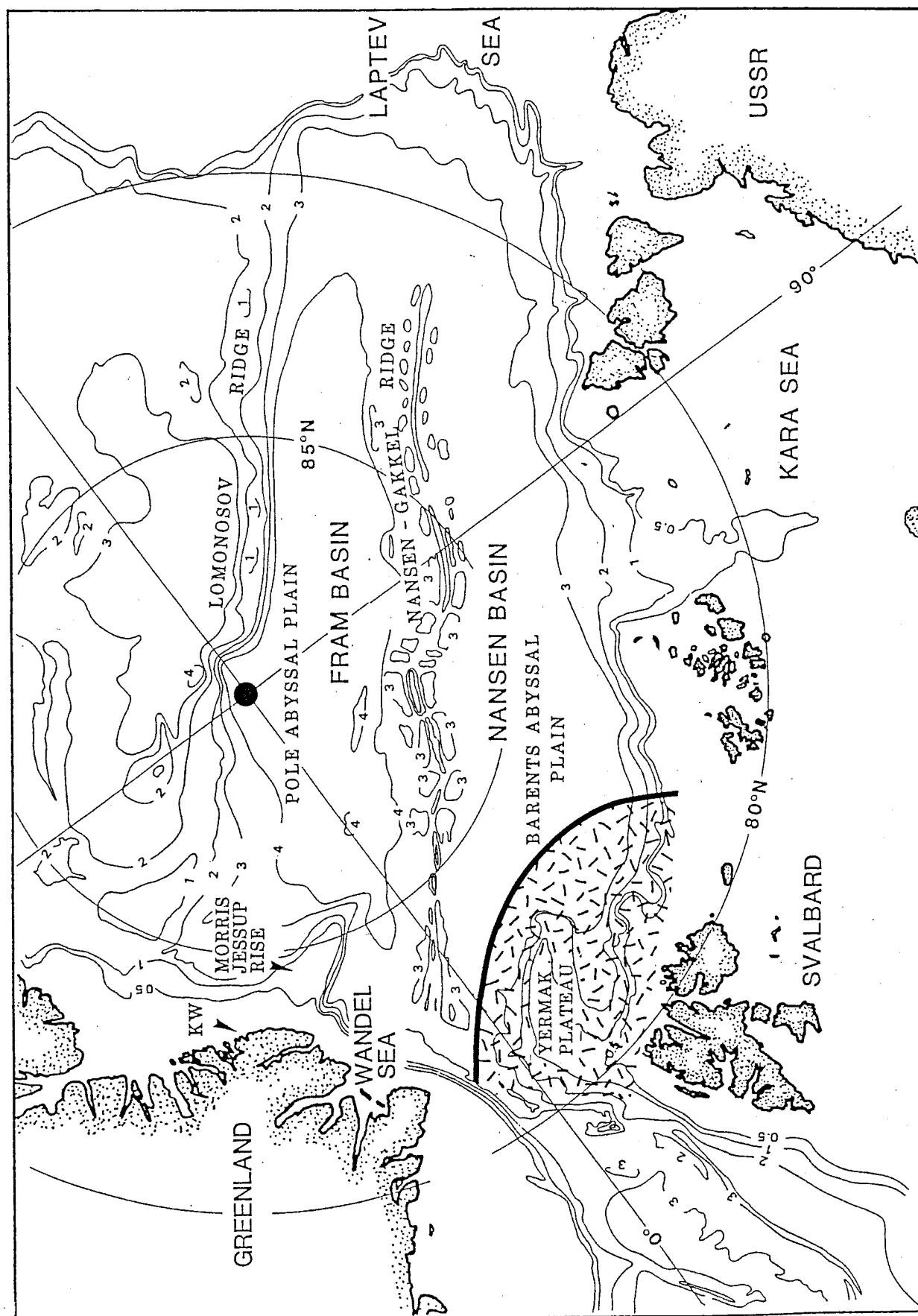


Fig. 12 Beregnet dekningsområde for luftfartøyet som forskningsplattform med 2000 kilo nyttelast (forskere og vitenskapelig utstyr) ut fra anslått drivstoffdepot nord på Svalbard. Kjøretid 42 timer og drivstoffreserve 12.5 timer.

All ferdsel innenfor sjøområdet ut til territorialgrensen rundt Svalbard er regulert av forskrift om turisme og annen reisevirksomhet på Svalbard og miljøvernforskriftene for Svalbard.

Operasjon i drivisen nord for Svalbard vil være sikrere dersom det finnes et depot for drivstoff lokalisert på fast grunn så langt nord som mulig og forenlig med miljømessige hensyn. Spørsmålet om drivstoffdepot for et luftputefartøy må utredes nærmere skulle dette bli aktuelt. I dag finnes reserve drivstoff for redningstjenesten i Mosselbukta.

Under forutsetning av en gjennomsnittsfart på 25 km/t, er *effektiv* kjørestrekning over drivisen lik 700 km med en drivstoffreserve på 12.5 timer. Dersom mulighet for etterfylling av drivstoff finnes nord på Svalbard, er det antatte dekningsområdet for et slikt fartøy som vist i figur 12.

DRIFTSPERIODE

Operasjon av et luftputefartøy av aktuell størrelse kan foregå i vindstyrker opp til 30 knop (styrke 7). Erfaringer fra Antarktis viser at dette er et realistisk tall (Cook, 1989). Den anbefalte maksimale bølgehøyde for passasjertransport er 1.5 m. Skjørt laget av gummi har gode egenskaper helt ned til minus 50 grader Celsius.

Et luftputefartøy må være utstyrt med radar med høy oppløsning for navigasjon.

Operasjon over åpent vann

Under værforhold som er innenfor de angitte grenser, bør et fartøy kunne operere over åpent vann hele året sålenge ising ikke er et problem. Fartøyet skal være utstyrt med et ytre skvettskjørt montert langs sidene nederst på sliteskjørtet. Dette gir en kraftig reduksjon av sjøsprøyten som genereres av luftstrømmen når skjørtet ikke tetter godt nok mot en ujevn vannflate eller kanten på et isflak. I hvilken grad ising på overbygget kan bli et problem i streng kulde under lengere overfart over åpent vann, er det foreløpig ikke gitt noen dokumentasjon på. Spørsmålet forblir ubesvart inntil videre. Ved operasjon i streng kulde er det tendens til isdannelse i propellskjermens forkant på grunn av høy lufthastighet. En fabrikant har innlagt varmekabler for å unngå isdannelse her.

Operasjon over is

En tilfrosset fjord som ikke har vært utsatt for isskruing representerer optimale kjøreforhold. Isskruing i fjordene medfører isrygger som er gjennomgående betydelig lavere enn hva tilfellet er med drivisen i Polhavet. Med gode kjøreløys og tilstrekkelig erfaring i å lese isforhold ut fra radarbildet ombord i fartøyet, er det rimelig grunn til å anta at et luftputefartøy kan operere på isen i fjordene på Svalbard også i den mørkeste årstiden.

Eventuell ising på undersiden av skroget i streng kulde under stadig kryssing av åpne råker synes ikke å være et problem under vinteroperasjoner i

Bottenviken. Kryssing av en råk er imidlertid en kontrollert handling av båtføreren, og antallet kryssinger kan begrenses hvis frysing er et problem.

Eventuelle operasjoner i drivisen nord for Svalbard i perioden november-februar kan bare vurderes når det finnes et erfaringsgrunnlag å bygge på.

BRUKERE

Basert på eksisterende virksomhet på Svalbard og planlagt forskningsvirksomhet i Polhavet vil der være følgende brukerpotensiale:

<u>Institusjon</u>	<u>Formål</u>
Universitetsstudiene på Svalbard	Feltekskursjoner og innsamling av oseanografiske, biologiske og geologiske data i undervisningsøyemed fra fjordområdene på Svalbard
Norsk Polarinstitutt	Feltvirksomhet rundt Svalbard
Universitetene i Norge	Forskning i Polhavet
SINTEF	Oppdragsforskning
Utenlandske brukere	Forskning i Polhavet

Universitetsstudiene på Svalbard tar sikte på å gi studentene et kurstilbud som har hovedvekt på i de særegne naturforholdene i Arktis. Fullt utbygget fra høsten 1995 vil undervisningen omfatte 100 studenter. Med et egnet transportmiddel vil de fleste ekskursjoner kunne utføres som dagsturer med Longyearbyen som utgangspunkt. På samme måte kan feltkurs med innsamling av oseanografiske- og marinbiologiske data fra islagte fjorder, foregå som dagsturer. Ferdig oppsatt instrumentering og laboratorieplass ombord gir bedre muligheter for instruksjon. Avviklingen av den feltmessige delen av undervisningsopplegget vil bli mer fleksibel med en slik logistisk ressurs tilgjengelig hele året i Longyearbyen.

Av kategorien utenlandske brukere, kan nevnes eksperimenter som f.eks. den russisk/amerikanske isstasjonen "Turpin", 5-28 april 1994 hvor transporten av tradisjonell logistikk og 12 personer, ble utført av det kanadiske flyselskapet First Air (Bradley). Denne operasjonen kunne effektivt vært utført av et luftputefartøy av aktuell størrelsen. Instrumenteringen kunne blitt oppstilt og sjekket før avgang fra Longyearbyen og behovet for personell sterkt redusert. Transportkontrakten var ca. 1 mill. kroner.

ORGANISERING OG FINANSIERINGSMODELLER

All ferdsel i Norge er i hovedsak organisert gjennom selvstendige trafikk-selskaper. Anskaffelse av et luftputefartøy av tilstrekkelig størrelse til blant annet å kunne tjene som forskningsplattform innebærer en betydelig økonomisk risiko og vil kreve et spektrum av brukere for å økonomisk forsvarlig drift. Anskaffelse og drift av et slikt fartøy kan derfor best ivaretas av et velrenommert privat trafikk-selskap/rederi som fortrinnsvis har arktisk erfaring og engasjement.

Utgangspunktet for investeringen vil kreve intensjonavtaler med flere større brukere av en varighet på minst 3 år og et omfang som sikrer et tilstrekkelig minimum driftsgrunnlag.

Eksempelvis kan det anføres at prisen på et luftputefartøy av typen Griffon TDX4000 som referert til tidligere, utstyrt for polar operasjon, vil være ca. kr. 9 millioner. Et budsjettanslag for helårsdrift vil være:

avskrivning 6 år	kr.	1.5 mill.
renter 10%	kr.	0.9 mill.
drivstoff	kr.	0.3 mill.
reservedeler	kr.	0.3 mill.
mannskapsutgifter	kr.	0.7 mill.
forsikring	kr.	0.3 mill.
totalt	kr.	4.0 mill.

Dette vil gi en leiepris i området kr. 13.000.- - 20.000.- pr. dag basert på ca. 8 måneders drift pr. år.

VIDERE UTPRØVING

Det hadde vært ønskelig å kunne teste flere aspekter av ferdsel med luftputebåt på drivisen i Polhavet før en investering gjøres. Fartøyer av aktuell størrelse leveres kun etter ordre og vanligvis for en svevehøyde på max. 0.9 m. fordi markedet for slike fartøyer er knyttet til passasjertransport mellom fastland og kystnære øyer med tett bebyggelse. Svevehøyden kan økes til 1.4-1.7 m ved å endre dimensjonene på skjørtet.

Vi har undersøkt tilgjengeligheten av fartøyer i aktuell størrelse eller mindre (2 tonns nyttelast) for eventuelle tester i Polhavet, men med negativt resultat.

KONKLUSJON

Regionale variasjoner i ruheten av overflaten på drivisen i Polhavet har sammenheng med det storskala bevegelsesmønstret og fordelinger av landmassene. I områdene nord for Grønland og øyene i kanadisk Arktis foregår en oppstuing av is gjennom hele året og langs kysten av Alaska i Beauforthavet dannes en stor skjærsone utafor kysten om våren. Størrelsen

og hyppigheten av isrygger i disse områdene gir noe av forklaringen på at luftputefartøyer ikke har fått større anvendelse som transportmiddel ut i Polhavet. Disse landene har i tillegg store isbrytere som kan nyttes til forskningsformål.

Et luftputefartøy kan forsere bratte hindringer tilsvarende svevehøyden. Isforholdene i fjordene og langs kysten av Svalbard antas å kunne forseres uten vanskeligheter av et fartøy med svevehøyde på 1.5 m eller mer.

Lasermålinger og video-opptak av drivisen i den Transpolare strømmen nord for Svalbard gir god grunn til å tro at et luftputefartøy med svevehøyde på 1.5 m eller mer, vil være et effektivt transportmiddel over drivisen.

De viktigste fordeler med et luftputefartøy som forskningsplattform i Polhavet vil være:

- gi mulighet til å utføre mindre forskningsprosjekter over store deler av året med begrenset logistisk kostnad
- gi mulighet for at mindre enkeltprosjekter kan utgjøre deler av et større program som dekker årssyklusen i variasjonen av miljøparametrene
- gi mulighet for utplassering i drivisen og tilsyn med enkle målesystemer som er ubemannet over et tidsrom på 1-2 måneder
- gjøre Norge til en attraktiv samarbeidspartner for andre lands isbryterekspedisjoner til de indre deler av Polhavet.

Den foreliggende situasjonen med spørsmålet om anvendelse av luftputebåt har sannsynligvis en klar parallel i utviklingen siden 1991 når det gjelder våre forestillinger om fremkommeligheten i Polhavet. Før denne tid anså man at kun atomdrevne isbrytere var istand til å gjennomføre tokt til den sentrale delen av Polhavet. Etter at dieseldrevne fartøyer var forbi polpunktet i 1991 ("Oden" og "Polarstern") og returnerte med nesten halvparten av drivstoffbeholdningen i behold, har situasjonen endret seg totalt. Fra 1993 vil der være årvisse forskningstokter med isbrytere fra ulike nasjoner inn i Polhavet.

Fremkommeligheten på isflaten om vinteren og våren nord for Svalbard er betydelig bedre enn hva forholdene er i kystsonen nord for Grønland, Kanada og Alaska. Det er derfor gode grunner til å tro at luftputefartøy vil kunne være et effektivt transportmiddel og en plattform for norsk forskningsaktivitet i Polhavet ut fra Svalbard.

INFORMASJONSKILDER

Polar Science Center, University of Washington, Seattle ved logistikkoordinator Andreas Heiberg og pilot Pat Doyle First Air, Ottawa takkes for muligheten til å gjøre video-opptak av drivisen nord for Nordaustlandet.

Tore O. Vorren, Univ. i Tromsø gjorde video-opptakene av isflaten på 83 30' N, 24 september 1991 under helikopterflyvninger ut fra "Polarstern".

Andreas Heiberg, Polar Science Center, Univ. of Washington, Seattle, har tatt del i vurderingen av video-opptakene med hensyn på fremkommelighet for et luftputefartøy.

Pilotene Sverre Sjøstad og Kåre Kalsveen, Helikopterservice, Longyearbyen, gav orientering om redningstjenesten på Svalbard

Tekniske avdelinger ved SAS og Widerøe har bidratt med opplysninger om støy inne i fly og Norsk Hydro Driftsorganisasjon for Snorrefeltet med målinger av støy fra helikopter.

Ron Wade, Superintendent of Special Ships, Ship Safety Branch, Canadian Coast Guard, Ottawa, delte entusiastisk sine erfaringer fra prøvene av luftputebåt i Tuktoyaktuk i 1966, og kanadisk anvendelse av luftputebåter generelt.

Graham Westerling, Air Cushion Ltd., Southampton har bidratt med sine erfaringer fra luftputebåtoperasjoner i Nord-Kanada og Alaska, 1977-1981.

The Hovercraft Society, Gosport, Hampshire ved sekretær Warwick Jacobs har skaffet tilveie relevant litteratur og videodokumentasjon om anvendelse av luftputebåter i Arktis.

John Gifford, Griffon Hovercraft Ltd, Southampton har bidratt med informasjon om konstruksjonsdetaljer for skrog og skjørt samt operasjonelle karakteristika for luftputefartøy.

Den svenske kystvakten stilte velvilligst et luftputefartøy til disposisjon for en prøvetur utenfor Luleå i desember 1992 for Bjarne Grimstvedt, Norsk Polarinstitutt og Yngve Kristoffersen.

REFERANSER

- Cook, H.C., 1989. Hovercraft experience in Antarctica. Advanced Marine Vehicles Conference, American Institute of Aeronautics and Astronautics, Arlington, Virginia, juni 1989, side. 224-231.
- Defence Research Board, Canada, 1966. Trials of an SR.N5 Hovercraft in Northern Canada, Spring 1966. Report No DR 182, Dept. of National Defence, Canada, 72 sider.
- Futterer, D.K., 1992. ARCTIC '91: The Expedition ARK-VIII/3 of RV "Polarstern" in 1991. Berichte zur Polarforschung, No. 107, Alfred Wegener Institut für Polar- und Meeresforschung, Bremerhaven.

- 265 sider.
- Kagge, E., 1990. Nordpolen. Det siste kappløpet. J.W. Cappelens Forlag a.s., 133 sider.
- Kristoffersen, Y., 1992. Report on a hovercraft trial in the marginal ice zone north of Svalbard. Planning for the Nansen Centennial Arctic Program 1994-1996. NAVF.
- Makinen, E. & Wainwright, J., 1986. First winter's experience with the air cushion vehicle "Larus" in the Beaufort Sea. AIAA 8th Advanced Marine Systems Conference, Sept. 1986, San Diego. American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc., s. 1-6.
- Herbert, W., 1970. The first surface crossing of the Arctic Ocean. *Geographical Journal*, 136: 511-528.
- Hibler, W.D. III & Ackley, S.F., 1973. A sea ice terrain model and its application to surface vehicle trafficability. CRREL Research Report 314, AD774195.
- Tucker, W.B. & Taylor, S., 1989. An Assessment of Trafficability over Arctic Sea Ice for the Landing Craft, Air Cushion. U.S Army Corps of Engineers, Cold Regions Research and Engineering Laboratory, Hanover, New Hampshire, 85 sider.
- Tucker, W.B. III, Sodhi, D., & Govoni, J.W., 1984. Structure of first-year pressure ridge sails in the Prudhoe Bay region. In: P. Borns, D. Dchell & E. Reimnitz (editors), *The Alaskan Beaufort Sea: Ecosystems and Environments*, side 115-135.
- Wadhams, P., 1980. A Comparison of Sonar and Laser Profiles along Corresponding Tracks in the Arctic Ocean. I: R. Pritchard (editor), *Proceedings of the Arctic Ice Dynamics Joint Experiment International Commission on Snow and Ice Symposium*. University of Washington Press, side 283-298.
- Wadhams, P., 1976. Sea ice topography in the Beaufort Sea and its effect on oil containment. *AIDJEX Bulletin* No. 33, side 1-3.
- Weeks, W., Tucker, W., Frank, M. & Fungcharoen, S., 1980. Characterization of Surface Roughness and Floe Geometry of Sea Ice over the Continental Shelves of the Beaufort and Chukchi Seas. I: R. Pritchard (editor), *Proceedings of the Arctic Ice Dynamics Joint Experiment International Commission on Snow and Ice Symposium*. University of Washington Press, side 300-312.

Annen relevant litteratur:

- 1985: *Proceedings on a Cushion of Air. A Review of Hovercraft Technology*. British Association for the Advancement of Science.
- 1993: *Proceedings of the Fifth International Hovercraft Conference*. The Hovercraft Society, Gosport, UK.
- Fowler, H.: The lift air requirements of ACV's over various terrains. National Research Council of Canada, 14 sider
- Anonym: Arctic surface effect vehicles, Volume 1. An overview of developments. Science Applications, Inc., 39 sider
- SEV

VEDLEGG 1

17 juni. Nr. 2 1966

Lov om luftputefartøyer

Paragraf 1

Med luftputefartøy (svevefartøy) forstås i denne lov et fartøy som hviler på sammenpresset luft mellom fartøyets underside og den flate det beveger seg over. Loven gjelder fart med slike fartøy både til lands og til vanns

Fart med luftputefartøy her i riket, herunder norsk territorialfarvann, kan bare finne sted i samsvar med denne lov og bestemmelsene gitt med hjemmel i loven.

Dette gjelder selv om fartøyet er registrert i utlandet eller eieren eller brukeren er utlending. Bestemmelser utferdiget i medhold av paragraf 2 første og annet ledd gjelder også for luftputefartøyer som er registrert eller hjemmehørende i Norge, og som brukes utenfor riket, når ikke annet er fastsatt, og det er forenlig med fremmed rett.

Paragraf 2.

Luftputefartøyer skal tilfredstille de bestemmelser som Kongen gir om konstruksjon, innredning og utstyr.

Kongen kan gi bestemmelser om registrering, merking, vedlikehold, kontroll, bemanning og føring av luftputefartøyer.

Kongen kan også gi bestemmelser om konstruksjon, innretning, vedlikehold og kontroll av og utstyr for landingsplasser for luftputefartøy.

Paragraf 3.

Kongen kan bestemme at det skal kreves løyve for mot vederlag å drive rutetransport med luftputefartøy mellom steder i Norge eller mellom Norge og utlandet. Med rutetransport menes det samme som i lov av 4 juni 1976 nr. 63 paragraf 3 om samferdsel. Kongen kan bestemme at luftputefartøy uten løyve ikke kan brukes til annen virksomhet mot vederlag.

Løyve gis av den myndighet Kongen bestemmer. Det gis for bestemt tid og på de vilkår som finnes påkrevet. Når ikke Kongen bestemmer annet, skal det stilles som vilkår at det foreligger godkjent forsikring eller, annen godkjent sikkerhet til dekning av erstatningsansvar for skade som måtte oppstå ved bruken av fartøyet.

Paragraf 3a.

Kongen kan fastsette at bestemmelser om forurensning fra skip gitt i eller i medhold av lov om Statskontroll med Skibes Sjødyktighet m.v. av 9. juni 1903 nr. 7 skal få tilsvarende anvendelse for luftputefartøy.

Paragraf 4.

Forsettelig eller uaktsom overtredelse av denne lov eller bestemmelser etter vilkår som er fastsatt i henhold til loven, straffes med bøter eller fengsel inntil 3 måneder.

Paragraf 5.

Denne lov trer i kraft fra den tid Kongen bestemmer

Lov om luftputefartøyer av 17 juni. Nr. 2 1966 trådte ikraft fra 1 januar 1994 ifølge resolusjon 4 november 1993 nr. 1007.

VEDLEGG 2

Utdrag av rapport fra test av luftputefartøy SR.N5 i mai 1966 over drivis ved Tuktoyaktuk på Kanadas nordkyst.

Noen SR.N5 spesifikasjoner:

Lengde:	11.6 m	Bredde:	6.9 m
Svevehøyde:	1.2 m	Nyttelast:	19 passasjerer*
Motor:	gassturbin 900 Hk*.		

**"Trials of an SR.N5 Hovercraft in Northern Canada,
Spring 1966"**

ABSTRACT

An SR.N5 hovercraft was operated for 71 hours during the period 22 April to 30 May, 1966, in and near the Mackenzie River Delta, in Canada's Northern Territories. This period covered late winter and spring conditions with temperatures ranging between minus 31 and plus 16 degrees Celsius.

The hovercraft was tested over a variety of surfaces: the fast ice at Kugmallit Bay, pressure ridges, typical first-year sea ice, and overland. Several extended sorties were made. A 500-mile trip from Tuktoyaktuk on the Arctic Coast to Norman Wells was also accomplished. On this last, the hovercraft travelled through all the phases of break-up on the Mackenzie River.

With the exception of the severest river break-up conditions, few problems were experienced. The maintenance and servicability of the vehicle also presented little difficulty. The only exception to this was with the skirts: although no difficulty was experienced with skirt wear, the material of which they were made was not suitable for prolonged operation in low temperatures.

In general this Hovercraft (SR.N5) could negotiate all surface conditions encountered in these areas. It has been shown that hovercraft have considerable potential as a transport medium in Northern Canada.

The following recommendations were made for further work:

That if suitable skirt materials are available, hovercraft trials be held in mid-winter arctic conditions;

That regular hovercraft operation under northern Canadian conditions, complemented by operation research, be carried out for a period of several months to give a sound basis for evaluating economic and logistic problems;

The problems associated with crossing arctic terrain in midsummer and with year-round travel over sea ice be studied further.

Relevant utdrag av:

QUALITATIVE HANDLING ASSESSMENT

Snow covered smooth ice:

Large expanses of smooth ice - Kugmallit Bay, the East Channel of the Mackenzie River north of Tununuk, and the larger inland lakes, were covered with hard packed drifts of snow. On Kugmallit Bay the average irregularities were between 15 and 30 cm in height, with typical wavelengths of 6 to 11 m. Occasional drifts reached heights of 60 cm.

Over areas of this type, the SR.N5 cruises comfortably at speeds up to 85 km/hr. with an all up weight (AUW) of 7.250 kilo. The impact effect was similar to, though harder than, that of a short choppy sea. For best passenger comfort and least crew fatigue, 18.000 rpm and 5-7 degrees propeller pitch was found most effective. The effect of drifting broadside over this surface was almost unnoticable, but to avoid possible skirt damage sideways, speed was kept below an estimated 55 km/hr. As has been mentioned above it was unadvisable, owing to the risk of underside damage, to attempt emergency stops on this type of surface by the conventional means of allowing the craft to drag to a halt. Instead, while the craft was on the air cushion, it was turned rapidly through 180 degrees in the manner used during the controlled tests described above.

Isolated pressure ridges

Pressure ridges were the most severe obstacles found on Kugmallit Bay. They are formed by upthrust blocks of ice, which present frequent vertical faces and increase the difficulty of the obstacle. These ridges averaged 2.4 to 3 m high except near the coast, where they were 0.6 to 0.9 m high. Fig. 12 is an attempt to give a quantitative idea of the range of heights found in a typical section of one of these ridges; in it the height of the more easterly ridge is plotted at 15 m lateral intervals over a distance of 1.525 m. Low sections of this ridge, which can be seen on the figure, are probable crossing places of the hovercraft. Typical places where the hovercraft crossed the ridge are illustrated in section in Fig. 13. In most places, as can be seen in these sections, drifting snow had modified the vertical faces and softened the profile of the ridge; full advantage was taken of this fact in selecting crossing places for the craft.

For ridges up to 1.5 m high, with drifted snow on the approach side, a maximum threshold speed of 55 km/hr. with a minimum turbine setting of 19.000 rpm was established. In one case a ridge 1.7 m high was negotiated by the craft. A vertical drop of 1.2 m on the reverse side of the ridge was encountered on one occasion, but this presented no hazard to the craft if adequate speed was maintained.

Rough First-year Sea Ice

Not much difficulty was encountered in repeated crossings of the field of first-year ice north of Tuktoyaktuk, which had ridges averaging 0.9 to 1.2 m. The speed which the craft could negotiate such stationary areas of rough ice depend on the size and frequency of the obstacles. An approach speed of 28 to 37 km/hr was used to cross ridges having vertical or outward-sloping faces on the approach side. Where the ridges were spaced at intervals of a few feet it was found best to set 20.000 rpm, apply up to 5 degrees of forward pitch, and pick a way over the ice as well as the limited directional control from the rudder would permit.

This lack of directional control first caused serious trouble in the early operations over rough sea ice. Specifically, the need to yaw the craft to maintain a desired track may make the stern swing dangerously near to, or into, obstacles on either side of the track. This and the craft's relatively limited acceleration caused the hull to strike a 2.5 m high solid lump of ice (Fig. 14) 42.5 km west of Tuktoyaktuk. As has already been described, the hovercraft returned to Tuktoyaktuk after temporary repairs were made, with its performance little affected by the accident.

*** Sammenligner man dette fartøyet med et aktuelt fartøy for forskningsformål omtalt i denne rapport, er motorkraften halvert mens nyttelasten er mer enn tredoblet.**

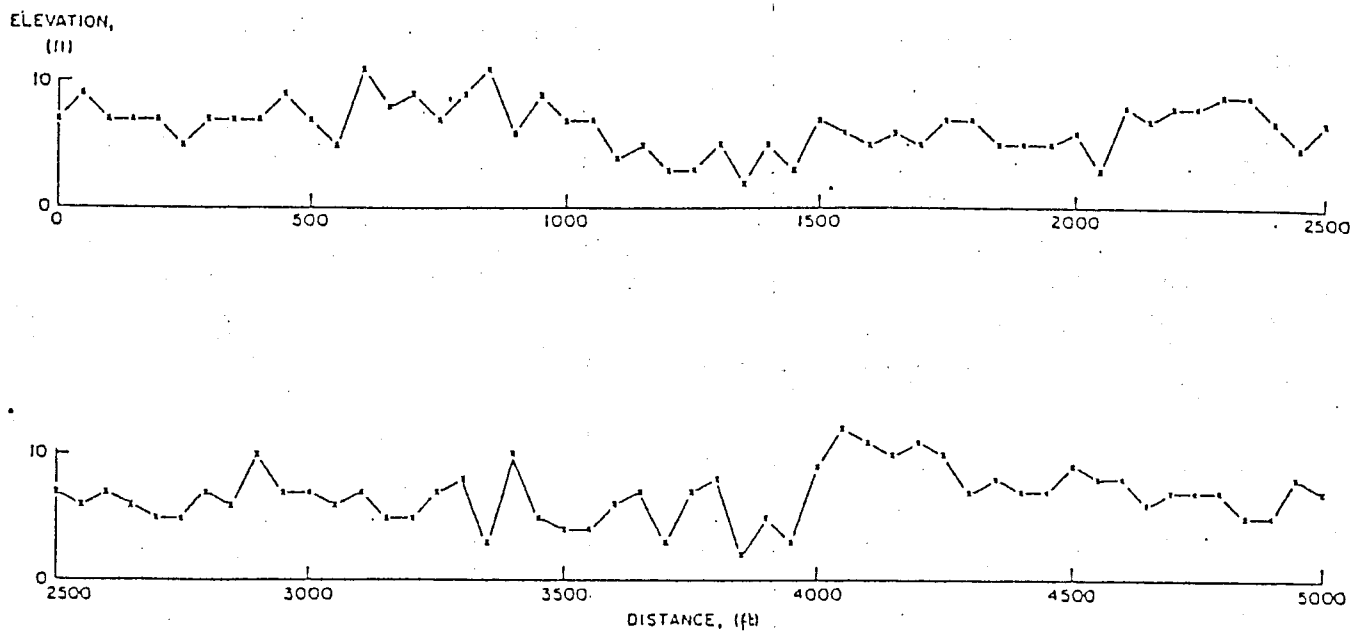


Fig. 12. Typical pressure ridge - Longitudinal profile.

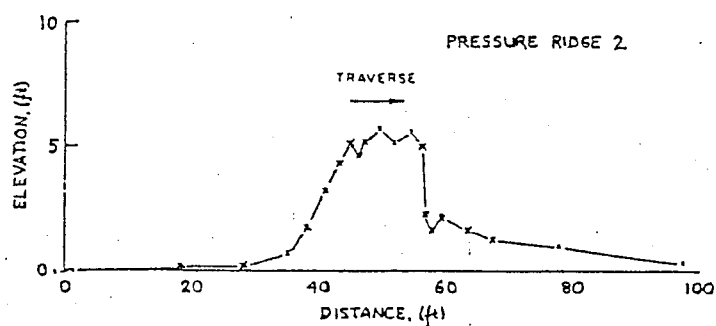
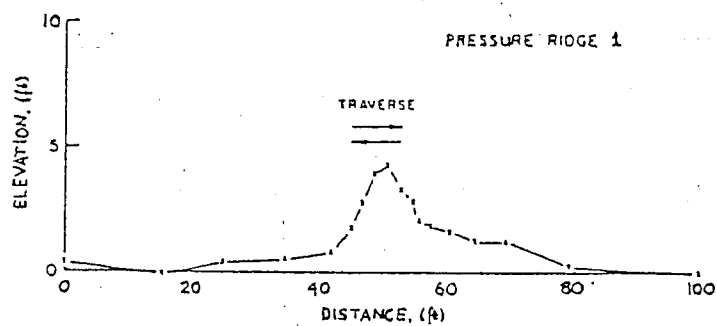


Fig. 13. Typical pressure ridge - Transverse profile.

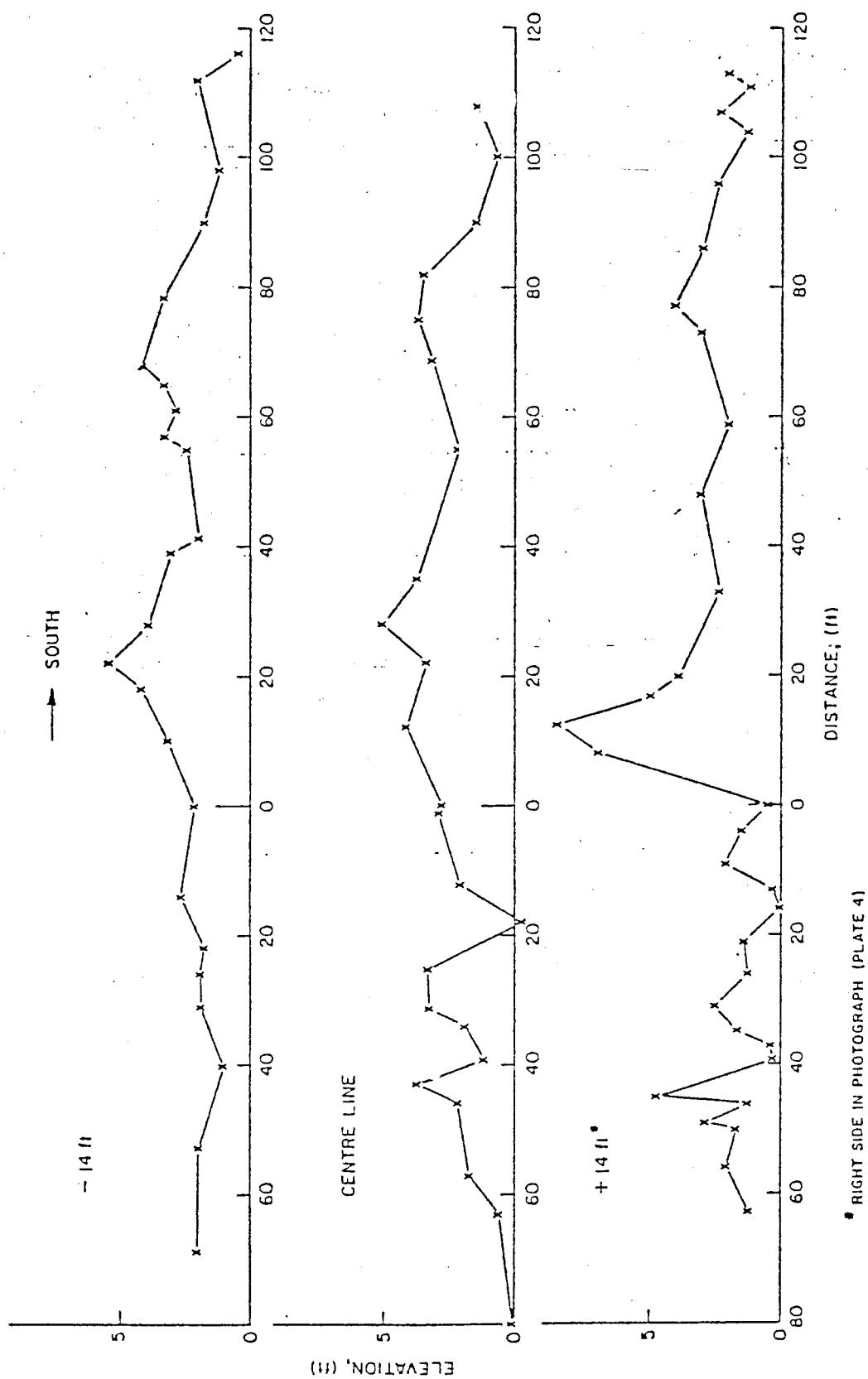


Fig. 14. Rough ice profile.