

# Optimalisering av søkemønstre for bruk ved SAR-operasjoner i kalde omgivelser

**Øyvind Sjøstad Bech**

Marine Technology

Innlevert: januar 2014

Hovedveileder: Tor Einar Berg, IMT

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Institutt for marin teknikk





## MASTER THESIS IN NAUTICAL SCIENCE

HØST 2013/VÅR 2014

FOR

Øyvind Bech

### Søk i forbindelse med mann overbord

Økt maritim aktivitet i nordområdene krever et sterkere fokus på tidsaspekt i forbindelse med søk- og redningsaksjoner i forbindelse med forskjellige former for uhell og ulykker til sjøs. Lavere sjø- og lufttemperatur reduserer overlevelsestid for personer som ligger i sjøen. Det er derfor behov for å se på forskjellige løsninger for å optimalisere søkoperasjoner for raskt å finne personer som er falt i sjøen fra skip og eller offshoreinstallasjoner i nordområdene. Arbeidet som skal gjennomføres i MSc studien skal ta utgangspunkt i tidligere gjennomført prosjektoppgave.

Hovedarbeidet i oppgaven skal være studier av alternative søkemønstre hvor en tar hensyn til eksisterende driftsmodeller som brukes i sammenheng med planlegging og gjennomføring av søk til havs. Resultater fra slike modeller skal benyttes når en undersøker hvordan en kan utarbeide optimaliserte søkemønstre basert på IAMSARs standardiserte søkemønstre. Med dette som utgangspunkt har masteroppgaven følgende delmål:

- Gi en oversikt over driftsmodeller som brukes internasjonalt i forbindelse med planlegging og gjennomføring av søk etter personer som er falt i sjøen fra skip
- Vurdere usikkerhet i beregning av drivebaner ved bruk av Meteorologisk institutts drivemodeller (usikkerhet i værddata, usikkerhet i tidspunkt når person faller overbord)
- Foreslå og vurdere nye søkemønstre
- Planlegge, gjennomføre og dokumentere feltprøver med MOB dukke fra KV Andenes
- Sammenligne resultater fra feltprøver med modelldata fra bruk av drivemodeller
- Teste nye søkemønstre i forbindelse med dropp av MOB dukke fra KV Andenes
- Forslå metodikk for å utarbeide optimaliserte søkemønstre for person overbord søk i Nordområdene

I oppgaven skal kandidaten presentere sitt personlige bidrag til løsning på den gitte problemstillingen for denne masteroppgaven.

Teorier og konklusjoner skal baseres på matematiske utledninger og/eller logisk tankegang som identifiserer de forskjellige stegene i utviklingen.

Kandidaten skal utnytte eksisterende muligheter for å skaffe relevant litteratur.

The thesis should be organized in a rational manner to give a clear exposition of results, assessments, and conclusions. The text should be brief and to the point, with a clear language. Telegraphic language should be avoided.



Denne oppgaven skal inneholde følgende elementer: En tekst som beskriver mål, forord, innholdsliste, sammendrag, hoveddel av oppgave, konklusjoner og anbefalinger for videre arbeid, liste med symboler og forkortelser, referanser og (om nødvendig) vedlegg. Alle figurer, tabeller og ligninger skal nummereres.

Veileder kan kreve at kandidaten, I en tidligfase av arbeidet, presenterer en skriftlig plan for gjennomføring av arbeidet. Planen skal om nødvendig inneholde budsjett for bruk av regnekraft og laboratorieressurser som skal belastes instituttet. Overskridelser skal underveis rapporteres til veileder.

Originalt bidrag fra kandidaten og materiell hentet fra andre kilder skal defineres klart. Arbeid fra andre kilder skal refereres gjennom bruk av et anerkjent referansesystem.

Oppgaven skal leveres i to kopier:

- Signert av kandidaten
- Oppgaveteksten inkludert
- Innbundet
- Tegninger og/eller datautskrifter som ikke kan bindes inn skal organiseres i egne mapper
- Innbundet oppgave skal følges av en CD eller DVD som inneholder skrevet oppgavetekst som Word eller PDF format. Dersom det er utviklet dataprogram som en del av oppgaven så skal kildekode inkluderes. Hvis oppgaven har eksperimentelt arbeid så skal eksperimentelle resultat inkluderes på et passende elektronisk format.

Veileder : Professor II Tor Einar Berg

Start : Høst 2013

Leveringsfrist : Vår 2014

Trondheim, 20.09.2013

Tor Einar Berg  
Veileder



## Forord

Denne oppgaven er det avsluttende arbeidet i masterutdanningen Nautical Science ved NTNU. Det å arbeide i Kystvakten parallelt med studie har gitt inspirasjon til valg av emne i oppgaven. Søkk og redning i nordområdene er et høyaktuelt tema for Kystvakten. Oppgaven hadde nok ikke fått det perspektivet om ikke arbeidsplassen hadde gitt erfaringer og kunnskap innenfor nettopp dette området.

Fiskeriinspektører i Kystvakten er daglig utsatt for risiko for fall i sjøen. Entringer av losleidere i all slags vær i ugjestmilde klimatiske forhold, har gitt økt motivasjon for å utforske emnet.

Det å føle et tosifret antall kuldegrader på kroppen mens du er på vei opp en sliten losleider, får en til å tenke litt på hvordan det ville føltes å ligge ensom der bak båten i påvente av å bli funnet.

Jeg vil benytte anledningen å takke skipssjef Vidar Henriksen med besetning på KV Andenes, for at det ble avsatt tid og ressurser slik at oppgavens felttester kunne gjennomføres. Takk rettes også til veileder Tor Einar Berg for rettledning og innspill til oppgaven. I tillegg takkes følgende for avklaring av faglige spørsmål og tilgang på aktuelle artikler:

- Arthur A. Allen ved USCG Washington
- Raymond Prestøy ved HRS
- Johannes Röhrs ved MI

Øyvind Sjøstad Bech



---

24. januar 2014

# Innholdsfortegnelse

<b>FORORD</b> .....	<b>I</b>
<b>INNHOLDSFORTEGNELSE</b> .....	<b>II</b>
<b>FORKORTELSER</b> .....	<b>IV</b>
<b>LISTE OVER FIGURER</b> .....	<b>VI</b>
<b>LISTE OVER TABELLER</b> .....	<b>VI</b>
<b>SAMMENDRAG</b> .....	<b>VII</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>IX</b>
<b>1. INNLEDNING</b> .....	<b>11</b>
1.1 BAKGRUNN.....	11
1.2 PROBLEMSTILLING .....	13
1.3 SAR GENERELT .....	14
1.3.1 Hovedredningsentralen.....	14
1.3.2 NAW SARH.....	16
1.3.3 Søk.....	16
1.4 AKTUELL FORSKNING .....	19
1.5 ARBEIDSMETODE .....	19
<b>2. DRIVBANE</b> .....	<b>20</b>
2.1 GENERELT .....	20
2.1.1 Driftsmodeller frem til i dag.....	22
2.1.2 Dagens drivbaneberegning globalt .....	23
2.1.3 Strøm og tidevannsmodeller.....	24
2.2 MONTE CARLO BASERT MODELL.....	26
<b>3. SØKEMØNSTER</b> .....	<b>27</b>
3.1 SØKEBREDDE .....	27
3.2 VALG AV SØKEMØNSTER .....	28
3.3 GENERELLE SØKEMØNSTER.....	28
3.3.1 Sektorsøk.....	29
3.3.2 Ekspanderende firkant søk .....	30
3.3.3 Kurslinje søk.....	30
3.3.4 Parallelsøk .....	31
3.3.5 Oil-Rig Søkemønster .....	31
3.4 OPTIMALISERTE SØKEMØNSTER.....	32
<b>4. METODIKK FOR SØKEMØNSTER</b> .....	<b>33</b>
4.1 TANKE .....	33
4.2 METODE .....	35
4.3 NAVIGATØRENS OG SØKSPANLEGGJERENS ROLLE .....	42
4.4 SVAKHETER.....	43
4.5 VURDERING .....	44
4.6 ADAPTIV FOR FLERE TILFELLER .....	44
4.6.1 Savnet MOB.....	45
<b>5. FELTTESTER</b> .....	<b>48</b>
5.1 FORBEREDELSE .....	48
5.1.1 Hensikt.....	48

5.1.2 Planlegging .....	48
5.1.3 Utstyr .....	50
5.1.4 Utførelse .....	51
5.2 DOKUMENTERING OG RESULTAT .....	53
5.2.1 Dag 1 .....	56
5.2.2 Dag 2 .....	58
5.2.3 Dag 3 .....	60
5.3 DRIVBANEVURDERING .....	63
5.4 ANALYSE AV METODE ETTER FELTTESTER .....	63
<b>6. AVSLUTNING .....</b>	<b>65</b>
6.1 DRØFTING .....	65
6.2 KONKLUSJON .....	67
6.2.1 Videre arbeid .....	67
<b>REFERANSER .....</b>	<b>68</b>
<b>VEDLEGG .....</b>	<b>70</b>
VEDLEGG 1: DOKUMENTASJON .....	70
Dag 1 25.10.13 .....	70
Dag 2 31.10.13 .....	71
Dag 3 03.11.13 .....	72
VEDLEGG 2: UTSTYRSPESIFIKASJON .....	74

## Forkortelser

AIS	Automatic Identification System
CANSARP	Cannadian Search and Rescue Planning software
CASP	Computer Assisted Search Planning
COG	Course over ground
EPIRB	Emergency Position Indicating Radio Beacon
ETA	Estimated time of arrival
GPS	Global Positioning System
HF	High Frequency
HIRLAM	High Resolution Limited Area Model
HRS	Hovedredningsentralen
HYCOM	Hybrid Coordinate Ocean Model
IAMSAR	International Aeronautical and Maritime Search and Rescue Manual
IMO	International Maritime Organisation
IR	Infrarød
kn	Knop
KV	Kystvakt
LKP	Last Known Position
MHz	Mega Hertz
MI	Meteorologiske Institutt (tidligere Det Norske Meteorologiske Institutt)
MOB	Mann over bord
N	Nord
NAWSARH	Norwegian All Weather Search and Rescue Helicopter
nm	Nautiske mil
NTNU	Norges Tekniske og Naturvitenskapelige Universitet
NØ	Nordøst
OSC	On Scene Coordinator
PC	Personal Computer
PIW	Person In Water
PIW/SS	Person In Water/ Survival Suit
POC	Probability Of Containment
POD	Probability Of Detection
POS	Probability Of Success
ROMS	The Regional Ocean Modeling System
S	Sør
SAR	Search and Rescue
SARIS	Search and Rescue Information System
SARMAP	Search and Rescue Model and Response System
SAROPS	Search And Rescue Optimal Planning System
SARP	Search and Rescue Planning System
SART	Search And Rescue Transponder
SLBDM	Self Locating Datum Marker Buoy
SMC	Search and rescue mission coordinator

SOG	Speed over ground
SOLAS	Safety of Life at Sea
SRS	Survivor Recovery System
SRU	Search and Rescue Unit
SSØ	Sørsørøst
ST-WAVE	Steady-State Spectral Wave Model
SV	Sørvest
SV	Sør-vest
SWAN	Simulating Wave Nearshore
T/S	Turbine Ship
UID	Unique Identification Number
USA	United States of America
USCG	United States Coast Guard
USGS	United States Geological Service
USSARTF	United States Search and Rescue Task Force
UTC	Coordinated Universal Time
VHF	Very High Frequency transmitter/reciever
WAM	Wave Model

## Liste over figurer

Fig. 1: Bilde fra T/S Maxim Gorkiy .....	11
Fig. 2: Bilde av KV Andenes og dukke .....	14
Fig. 3: Ansvarsområde for søk og redning i Arktis .....	15
Fig. 4: Normalfordeling rundt datumpunkt(Frost, 1996).....	17
Fig. 5: Normalfordelt POD (Frost, 1996) .....	18
Fig. 6: Total drift .....	20
Fig. 7: Skisse av PIW Survival Suit (Allen & Plourde, 1999).....	21
Fig. 8: PIW ansiktet ned, påvirkning av vind (Allen, Roth, Maisondieu, Breivik, & Forest, 2009).....	22
Fig. 9: SLDBM (Francis, 2012).....	23
Fig. 10: Oversikt over HF-radar langs kysten USA (NOAA, 2013).....	24
Fig. 11: Sektorsøk.....	29
Fig. 12: Ekspanderende firkantsøk.....	30
Fig. 13: Parallellsøk .....	31
Fig. 14: Oil-rig søkemønster.....	31
Fig. 15: Trajektoriefordeling .....	36
Fig. 16: Optimalisert søkemønster .....	37
Fig. 17: Søk med optimalisert søkemønster .....	39
Fig. 18: Redusert søkeområde .....	41
Fig. 19: Søk i redusert søkeområde .....	42
Fig. 20: Drivbane der LKP er langs en linje.....	46
Fig. 21: Forslag til søk etter savnet MOB.....	46
Fig. 22: Oversikt over område for dag 1 og 2 .....	54
Fig. 23: Dukke 1, kl1700, 45min drift, 0,59nm-237 <sup>0</sup> .....	56
Fig. 24: Dukke 1, kl 1707, drift 1 time, 0,57nm-240 <sup>0</sup> . Dukke 2, kl 1707, drift 1 time, 0,74nm-222 <sup>0</sup> .....	57
Fig. 25: Dukke 1, kl 1522, drift 58 min, 0,37nm-207 <sup>0</sup> . Dukke 2, kl 1522, drift 38 min, 0,23nm-206 <sup>0</sup> .....	58
Fig. 26: Dukke 1, kl 1624, drift 1 time, 0,51nm-216 <sup>0</sup> .....	59
Fig. 27: Dukke 1, kl 0929, drift 1 time, 0,88nm-057 <sup>0</sup> .....	60
Fig. 28: Dukke 2, 0935, drift 1:05, 0,75nm-051 <sup>0</sup> .....	61
Fig. 29: Dukke 1, kl 1032, drift 1:04, 0,66nm-061 <sup>0</sup> .....	61
Fig. 30: Dukke 2, kl 1030, drift 1 time, 0,67nm-062 <sup>0</sup> .....	62
Fig. 31: PIW dukke .....	64

## Liste over tabeller

Tabell 1: Overlevelsestid i vann (Clauss, Kauffeldt, & Otten, 2009) .....	13
Tabell 2: Empiriske formler for Leeway (Allen & Plourde, 1999).....	21
Tabell 3: Distanse på kurslegg .....	37
Tabell 4: Tidsbruk 6 kn.....	38
Tabell 5: Tidsbruk 8 kn.....	38
Tabell 6: Tidsbruk 10 kn.....	38
Tabell 7: Oversikt over kurser for søkemønster .....	42
Tabell 8: Oppgaver ifm. felttest .....	49
Tabell 9: Gjennomføring av felttester .....	52

## Sammendrag

Den økte aktiviteten i nordområdene og rundt Arktis gir nye utfordringer hva gjelder beredskap. Fartøy og aktører blir i disse store områdene pålagt å kunne håndtere krisesituasjoner i større grad på egenhånd enn andre områder. Det er ikke bare beredskapen og store avstander som er problemet. Temperaturer og klimatiske forhold gir også store utfordringer. Spesielt sentralt er overlevelsestid for personer i sjøen, for eksempel ved mann over bord (MOB).

Standard IAMSAR søkemønster benyttes i dag på generell basis i søkeoperasjoner. Det har i løpet av 2000-tallet blitt utviklet sofistikerte drivbanemodeller for å kunne prediktere driften i sjøen for ulike utvalgte objekter. Disse nye modellene gjør det aktuelt å utforske spørsmålet: bør søkemønster optimaliseres for hvert enkelt tilfelle på bakgrunn av data fra modellene? Om det her kan utvikles en metode for å lage et søkemønster for hvert enkelt tilfelle, med utgangspunkt av data fra en sofistikert drivbanemodell?

Drivbanemodellen som benyttes i denne oppgaven er den samme som hovedredningsentralen (HRS), U.S Coast Guard (USCG) og en rekke andre nasjoner benytter i sine søksplanleggingsverktøy. Den er utviklet i et samarbeid mellom USCG, franske iFremer og Norges Meteorologiske Institutt (MI), og er tilgjengelig for brukere på halo.met.no. Denne modellen tar utgangspunkt i empiriske drivbanekoeffisienter som er utviklet gjennom en rekke feltforsøk siden slutten av 90-tallet. Drivbanemodellen henter prognoser fra havstrøm- og værmodell for å kunne estimere et område som definerer usikkerheten til et valgt objekt. Ved hjelp av 500 forskjellige trajektoriepunkter, kalt trajektoriefordeling, presenteres dette sannsynlighetsområdet (POC) for brukeren.

Det å planlegge med et standard søkemønster over dette området vil sjelden samsvare med POC området eller kanskje virke ufornuftig i mange tilfeller. Et optimalisert søkemønster med hensyn på å fokusere søket der hvor trajektoriefordelingen er tettest, samtidig også orientere søket i retning med drivbaneretningen kan i mange tilfeller være mer fornuftig. Metoden som argumenteres for i oppgaven er ment for sterke vind og værforhold. I de tilfeller kan en person forsvinne ut av synet og utsettes for resultantkrefter som fører til avdrift av betydning. Videre er metoden avhengig av korrekt sist kjente posisjon (LKP), og at objektet befinner seg innenfor drivbanemodellens estimerte trajektoriefordeling. Fordelen er at søket rettes mot det å finne objektet etter kortest mulig tid, ved å plassere ressursene der det er størst sannsynlighet for funn. Det optimaliserte søkemønsteret lages og vurderes med liten bruk av verdifull tid, for at søket effektivt kan igangsettes med et søkeområde som presenteres i kartplotter for navigatør.

Feltforsøk ble gjennomført i Barentshavet om bord på Kystvaktskipet Andenes. Det ble gjennomført totalt 12 dokumenterte felttester på 1 time hver, der MOB dukker ble observert under drift. Drivbanene ble dokumentert og sammenlignet med modellens trajektoriefordeling for deretter å kunne avgjøre om det var mulig å gjennomføre søk etter metode.

Det viste seg at det ved kun to tilfeller kunne startes søk ved bruk av metode. Dette på grunn av at modellens trajektoriefordeling ikke samsvarte godt nok med den aktuelle drivbanen. Ved bruk av observerte strøm- og vindverdier fikk en resultater fra drivbanemodellen som samsvarte med den aktuelle drivbanen på et mye høyere nivå. Modellen ga i de tilfeller gode nok resultater for bruk av metoden.

Under enkelte forhold kan trajektoriefordelingen til drivbanemodellen være uriktig i forhold til aktuell drivbane. Det er viktig for brukere å være klar over dette.

Det bør gjennomføres flere liknende feltforsøk i fremtiden, når vær- og havstrømmodeller utvikles videre, men også for å få et større statistisk grunnlag. Det bør også vurderes hvordan en kan adaptere metoden videre, for andre drivende søk og rednings (SAR) objekter som har et annet tidsperspektiv.



## Abstract

The increased activity in the Arctic poses new challenges in terms of the available rescue service and available resources. In these major areas vessels and actors are required to handle crisis situations to a greater extent on their own than in other areas. It's not lack of available search units and long distances that are the only problems. Temperatures and climatic conditions also state major challenges. Preparedness is especially important when surviving in water, such as man overboard (MOB) situations.

Standard IAMSAR search pattern is today used in search operations on a general basis. During the 2000's sophisticated trajectory models have been developed to present the drifting paths of different selected objects. With these new models it is therefore relevant to ask: Should search patterns be optimized for each special case, emphasizing data from these models? Based on data from a sophisticated trajectory model, will it be possible to develop a method for evolving an individual search pattern for each single search?

Drift path model used in this report is the same as used by Rescue Coordination Centre, U.S. Coast Guard (USCG) and a number of other nations use in their search-planning tools. It is developed in collaboration between the USCG, the French iFREMER and the Norwegian Meteorological Institute, and is available for users on halo.met.no. This model is based on leeway coefficient, empirical developed through a series of field experiments since the late 90's. Drift path model obtains ocean currents- and weather forecasts to estimate an area that defines the uncertainty of a selected object. The probability area is presented for the user by 500 different trajectory points, called the trajectory distribution or the possibility of containment (POC) area.

Planning a standard search pattern over a specific area rarely matches the POC area or seems unreasonable in many cases. An optimized search pattern regarding focusing the search where the trajectory distribution is most abundant, combined with orienting the search in the direction of trajectory drift and may be an preferred alternative. The method argued in this thesis is intended for strong winds and bad weather conditions. It is for use in cases of which a person disappears out of sight and is subjected to forces that make the drift of significant impact. Furthermore, the method is dependent on a correct last known position, and that the object is within the estimated trajectory distribution. The advantage is that the search effort is aimed towards finding the object after the shortest time possible, by focusing resources where they are most likely to find the missing object. The optimized search patterns are created and evaluated with limited use of valuable time, so that the search can effectively be initiated with a search area presented for the navigator.

Field trials were conducted in the Barents Sea on board the Coast Guard vessel Andenes. It was performed a total of 12 documented field tests of 1 hour each, where MOB dolls were observed during operation. Drifting paths were documented and compared with the trajectory model, to determine whether it was possible to carry out the developed search method.

It turned out that it was possible only in two cases to start a search using the method. This is likely because the trajectory model distribution did not match well enough with the actual drift path. Using the observed current and wind values, resulted in matching the trajectory model with the actual drift path at a much higher level. In these cases the model gave good enough results favouring the method. Under certain conditions, the trajectory distribution may be incorrect in relation to the actual drift path. This is important knowledge for users to be aware of. It should be conducted several similar field trials in the future, when weather and ocean models are developed further, but also to get more statistical data. For future references it should be taken in consideration adapting the method further, in respect of other drifting search and rescue items, that have a different time perspective.

# 1. Innledning

## 1.1 Bakgrunn

Issmelting og indikasjoner på store områder med gass og olje i nordområdene, vil føre til økt fartøytrafikk og aktivitet. Avtalen om den nye delelinjen mellom Norge og Russland åpner for seismiske undersøkelser, som fører til at petroleumsfelt oppdages og etter hvert utvinnes. U.S. Geological Survey estimerer at ca. 13% av jordens ubrukte oljeressurser, og ca. 30% av gassressursene ligger i de arktiske områdene nord for polarsirkelen og at 84% totalt skal ligge offshore (U.S. Geological Survey , 2008).

Tilbaketrekning av isen i Arktis medfører at passasjene i øst og i vest åpnes og er åpen lengre enn før. Det medfører at mer skipstrafikk tar "snarveien" til Stillehavet over Nordpolen. Økt trafikk i forbindelse med Nordområdene sett i et SAR perspektiv sees som positivt. Ressursene og responstiden for en eventuelt forulykket vil være kortere, og sannsynligheten for å overleve vil være større med stadig flere tilgjengelige ressurser. Samtidig med mer trafikk øker risikoen for at fartøy og personell havner i nødsituasjoner. Erfaring og kunnskap om is og meteorologiske forhold om bord på et fartøy, som fartes i nordområdene er avgjørende for å unngå nød og havarisituasjoner.

Historisk er det i hovedsakelig fiskeri som har vært primærtrafikken i nordområdene. Trafikken rundt polområdene er økende av flere grunner. Cruisenæringen ønsker å gi passasjerer nye inntrykk. I nordområdene er det uberørt landskap som trekker flere og flere cruiseskip opp til områder med fare for is og meteorologiske utfordringer som for eksempel polare lavtrykk. Erfaringen blant cruiseskipperne kan være varierende. Skipene er sjeldent godkjent for å gå i is. Nød utrustningen til fartøyene kan også være mangelfull i forhold til hvilke temperaturer som er i slike områder. Redningsdrakter er for eksempel kun et krav for besetningen. Fartøyene kan ha opptil flere tusen passasjerer, og med besetning som har lite erfaring fra slike ekstreme værforhold.



Fig. 1: Bilde fra T/S Maxim Gorkiy

Om bord er folk i alle aldre og tilstander. Store utfordringer må påregnes ved et eventuelt ulykkestilfelle. Responstiden i Arktis kan være lang ved et eventuelt

nødstilfelle. Det kan ta veldig lang tid for at nok fartøy og kapasiteter kommer til unnsetning. Ved ekstrem kulde er tid veldig avgjørende for de forulykkede.

Denne økte trafikken medfører at sannsynligheten for ulykker og SAR operasjoner i nordområdene øker. SAR operasjoner i områdene Barentshavet og rundt Svalbard har spesielle utfordringer. Utfordringene ligger i lave temperaturer, sterke vinder fra polare lavtrykk, drivende is og mye tåke. I tillegg er det mørketid om vinteren. Å finne igjen for eksempel en person som har falt over bord i stummende mørke og høy sjø, er i seg selv en vanskelig oppgave.

Områdene så langt nord er tynt befolket og består av lite ressurser til bruk for en eventuell SAR operasjon. I kombinasjon med store områder og ekstreme vær-situasjoner setter det store krav til utholdenhet og effektivitet fra søkeenheter.

I melding til Stortinget nr.7 (2011-2012) står det at på grunn av klima, avstand og tidsfaktoren, vil visse aksjoner være umulige. Selv om det benyttes store ressurser på beredskap og redningstjenester.

*"...Det påligger derfor den enkelte næringsutøver og deres bransjeorganisasjoner systematisk å arbeide for å redusere risikoen for ulykker og for selv å kunne håndtere kriser i større utstrekning enn det som er nødvendig i andre farvann..." (UD, 2012)*

Noe som vil gi hver enkel aktør i nordområdene et ekstra ansvar opp mot fartøyets eller oljeriggens sikkerhet. Søk etter savnede må kanskje gjennomføres av den enkelte aktør uten bistand fra redningstjenesten. Det vil igjen stille krav til oppøving og kunnskap innenfor feltet.

SAR omfatter å søke etter, prioritere, bestemmelse av hjelp og bistand til skip, fartøyer og personer som har havnet i nød eller øyeblikkelig fare. I forberedelsene til et søk ligger usikkerhetsmomenter som nøyaktigheten av beregnet posisjon, nøyaktigheten av datum, objektets tilstand, størrelse, form og visibilitet. Andre mer sikre variabler som må tas hensyn til er vind, vær, sjø, sikt, dagslys eller mørke, øyehøyde på søkefartøy, optiske hjelpemidler, antall søkefartøy og eventuell erfaring til søkefartøy. Alle disse kriteriene må bestemmes og vurderes med hensyn på erfaring og dyktighet, av HRS eller den de utnevner til on scene coordinator (OSC).

Derfor ansees det som svært viktig å ha gode verktøy og solid kunnskap som kan hjelpe til med bestemmelsen for valg av riktig søkemønster for raskest og høyest mulig deteksjon av objektet man leter etter. Søkemønstre som kan plottes i dag er basert på standardiserte søkemønstre fra IAMSAR, de er kvadratiske og tar lite hensyn til mest sannsynlig datum og leeway under søket. Dette kan bli et problem under operasjoner der objektet driver fort og søkefartøyet søker på motsatt side av mest sannsynlig datum, da søkemønsteret har en gitt form og liten mulighet for å skreddersy søkemønstre for enkelttilfeller. Det siste man ønsker er å bevege seg vekk fra et sannsynlig datum. Med de søkemønstre som ligger som standard i verktøyet til blant annet Kystvakten i dag kan dette skje. Når dette er en mulighet, selv ved valg av tilsynelatende rett søkemønster, begrenser verktøyet sannsynligheten for å finne objektet på kortest mulig tid. Det kan være fatalt for resultatet av et søk. Muligheten for å optimalisere et søkemønster vil kunne være avgjørende for et positivt resultat i en SAR operasjon.

## 1.2 Problemstilling

Behovet for å utvikle et spesielt søkemønster for hver situasjon er overhengende. Spesielt når tidsfaktoren har så stor betydning for å finne overlevende i sjøen, på grunn av at operasjonsområdet er så langt nord i ekstreme og kalde omgivelser. Tabellen viser tentativ overlevelsestid i vann.

Tabell 1: Overlevelsestid i vann (Clauss, Kauffeldt, & Otten, 2009)

Vann temperatur (°C)	Tid til bevisstløshet	Tid til omkommet
0-4	15 minutter	15-60 minutter
4-10	30-60 minutter	1-2 timer
10-15	2-4 timer	6-8 timer
15-20	3-7 timer	-
20-25	12 timer	-

Kaldt vann som holder 0-10 °C vil provosere frem en kjede av ukontrollerte reflekser. Dette kan videre føre til kuldesjokk. Den vanligste dødsårsaken ved MOB er hypotermi (Clauss, Kauffeldt, & Otten, 2009).

Når all mulig informasjon om situasjonen er innhentet, vil den neste oppgaven være å beregne posisjon for objektet, altså datumposisjon. I dag finnes det sofistikerte modeller som kan beregne denne posisjonen ut ifra hvordan vind- og strømtilstanden er i området. Og deretter starte et planlagt søk etter objektet.

En teori er at disse sofistikerte drivbanemodellene ikke utnyttes optimalt. Standardiserte IAMSAR søkemønstre benyttes i de fleste tilfeller i dag. Det å benytte spesielle søkemønstre, spesielt tilpasset situasjonen vil kanskje forbedre mulighetene for suksessfullt resultat i søket. Er det mulig å benytte de datamodeller som finnes i dag på en bedre måte, for å lage slike optimaliserte søkemønstre for hvert enkelt tilfelle?

Tema i oppgaven vil knytte seg rundt søk etter mann over bord. Jeg har som intensjon å utforske en metode for å lage forskjellige modifiserte søkemønstre som tar utgangspunkt i IAMSARs standardiserte søkemønstre. Målet er å kunne utvikle en metode for å effektivisere søk ved å benytte modellerte drivbanedata. For mulig å kunne identifisere et forbedringspotensial i dagens metode for søk etter mann over bord. Det vil også vurderes muligheten å adaptere metoden opp mot andre søkeoperasjoner.

Min teori som jeg ønsker å undersøke, bygger på at ved bruk av IAMSARs standard søkemønstre, bruker søkeenhet (SRU) mye dyrebar søketid borte fra sannsynlig datum. Med dagens modelldata fra MI og modifiserte søkemønstre skal jeg se på muligheten for å korte ned søketiden. Konkrete forslag til effektivt å konstruere optimaliserte søkemønstre på bakgrunn av modelldata, vil være en del av oppgaven.



Fig. 2: Bilde av KV Andenes og dukke

### 1.3 SAR Generelt

Søk og redning er et stort emne så det vil være naturlig å se på hvilke aktører og hvilken teori som benyttes i søk og redning generelt. Spesielt beskrives emne om sannsynlighet i forbindelse med søk da det er aktuelt videre for rapporten.

#### 1.3.1 Hovedredningsentralen

Hovedredningsentralen er lagt under Justis- og politidepartementet og har det overordnede operative ansvar i søk og redningsaksjoner i Norge. Den er delt inn i to geografiske ansvarsområder, en sør for  $65^{\circ}$  N, med base på Sola utenfor Stavanger. Basen med ansvar nord for  $65^{\circ}$  N, ligger i Bodø. HRS sin hovedoppgave er å redde liv både til lands og til vanns. De kan raskt mobilisere redningsressurser både private og offentlige.

Stort sett alle SAR operasjoner blir gjennomført under ledelse av en SAR Mission Coordinator (SMC). I Norge er dette som regel HRS, de har ansvaret for SAR operasjonen til de savnede er funnet, eller til videre søk ikke er hensiktsmessig eller til en annen redningsetat har tatt over ansvaret. Denne enheten har ekspertise og erfaring fra SAR operasjoner og er den som håndterer alle tilfeller innenfor et gitt område. Det kan nevnes av oppgaver og ansvarsområder for SMC, iht. IAMSAR (2008):

- Hente inn og analysere alle data for nødstilfelle
- Bestemme type redningsutstyr ombord på fartøyet i nød
- Holde kontroll på bevegelsene til fartøyet i nød, alarmere fartøyer i området, etablere sambandsfrekvenser med fartøy i området og designere SRUer
- Plotte område som skal søkes og bestemme søkemønstre
- Planlegge operasjonen, designere OSC og brife SRUer
- Innhente ny informasjon og modifisere planen om nødvendig
- Arrangere etterforsyninger om nødvendig
- Holde kontinuerlig oversikt over plott og søkte områder
- Informere andre etater
- Informere SRU når de kan avslutte søk
- Føre logg og skrive sluttrapport.



OSC er utnevnt av SMC. Det er gjerne det fartøy som ankommer området først ved en SAR operasjon der det er flere enn en SRU. Det er mest hensiktsmessig at fartøyet med mest erfaring tar rollen som OSC, men det må unngås å bytte rollen for ofte. Som OSC må det påregnes SMC plikter avhengig av situasjon. Oppgaver som OSC må være forberedt på å kunne utføre er iht. IAMSAR 2008:

- Koordinere alle SRU i området
- Motta søksplan fra SMC og modifisere denne med tanke på forhold i området som vær, vind, sjøtilstand og fartøyenes kapasitet. Og utveksle forandringer i plan med SMC om mulig
- Utveksle relevant informasjon med de andre SRU, implementere søkeplanen og overvåke de andre søkefartøyene i søket
- Forberede eventuell redningsaksjon
- Sende situasjonsrapporter til SMC

Den personen ombord med mest trening og erfaring og kommunikasjonskapabiliteter skal utnevnes til ansvarlig ombord i fartøyet(IAMSAR, 2008).

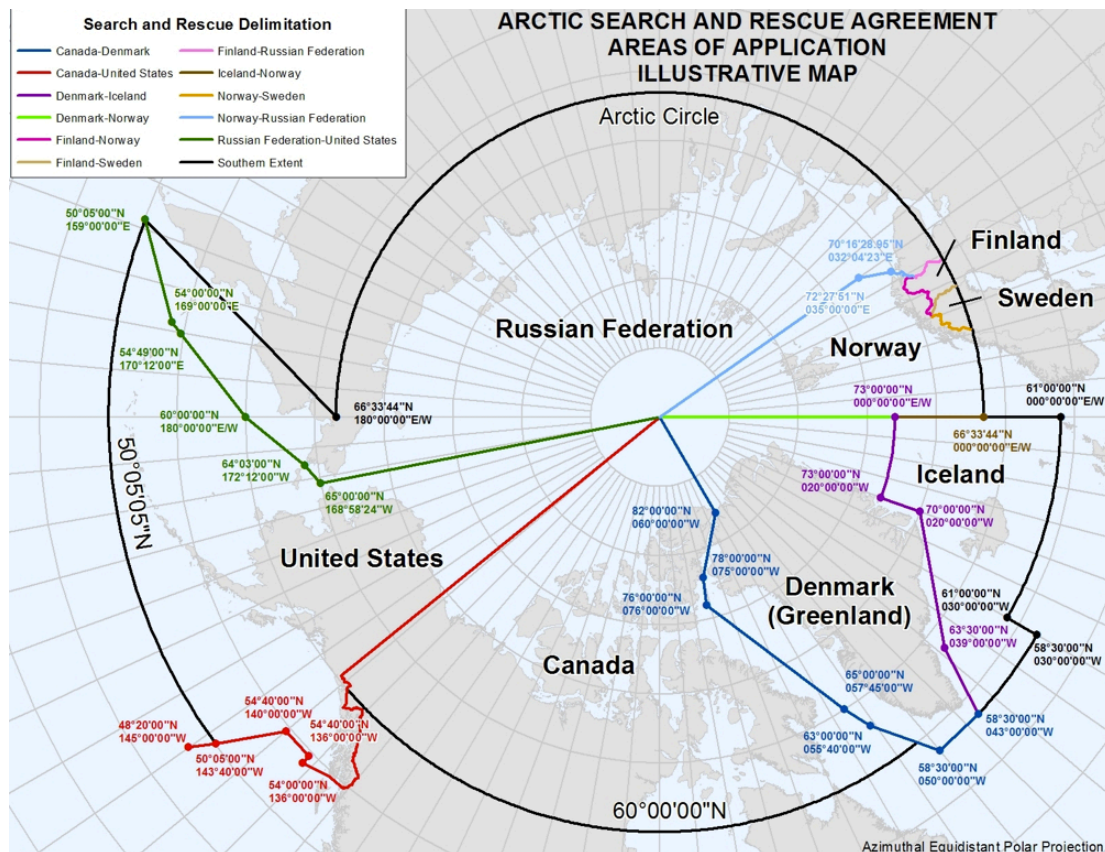


Fig. 3: Ansvarsområde for søk og redning i Arktis

### 1.3.2 NAWSARH

I løpet av 2017 skal innfasingen av nye redningshelikoptre starte. De skal overta etter Sea King. Sea King har for øvrig vært i bruk i over 40 år. De nye helikoptrene vil ha det siste innen avanserte elektroniske hjelpemidler som vil være nyttig i bruk for søk etter savnede personer. Hvilke helikopter som skal bestilles er enda ikke bestemt. Det står i dag om to typer: Augusta Westland 101 eller Eurocopter 725. En av de skal overta etter Sea King som etter planen skal være utfaset i 2020 (Dalløkken, 2013)

I anskaffelsen av nye helikopter er det noen krav til punkter listet under:

- Rekkevidde
- Operasjonskonsept med 6 mann
- Avisingsutstyr
- Utstyr for forbedret søkeevne og sikkerhet (varmesøkende kamera , sensorer, 360<sup>o</sup> radar m.m)
- Mulighet for å etterfylle drivstoff fra fartøy
- Ambulanseinnredning

Rekkevidden er satt til en plass mellom 220 og 270 nm, og mulighet for å plukke opp 20 personer med retur (Justis og politidepartementet, 2011).

### 1.3.3 Søk

Søk utføres av ressurser som fartøy, fly og helikopter i nærheten av forulykkede. Deltakere i søket defineres som SRU. Et resultat av etterforskningen vil søk etableres i området hvor det kan sannsynliggjøres at fartøy eller personer kan befinne seg. Sannsynligheten for positivt funn(POS) beror på to sannsynlighets verdier (Frost, 1999):

1. Sannsynligheten for at objektet faktisk er i område det søkes i(POC).
2. Sannsynligheten for å oppdage objektet i område det søkes i(POD).

$$POS = POC \cdot POD$$

Hensikten er å finne objektet. Da må det søkes i et område der det er sannsynlighet å finne objektet. Samtidig vil området dekkes av sensorer med en viss deteksjonsevne. Da menes optisk ved hjelp av utkikk, radar og elektrooptiske hjelpemidler, her spiller siktforhold også inn. Er denne POD 0%, vil ikke objekt oppdages selv om objektet er i området. Denne deteksjonsevnen vil ligge en plass i sjiktet mellom 0-100%. Sett at det er storm, høy sjø, snøvær og is i et område der det er sannsynlig at det skal være et objekt. Deteksjonsevnen vil da være svært lav i forhold til hvis det var stille hav, dagslys og god sikt. Tilgjengelig utstyr om bord til bruk for deteksjon, vil også være av betydning.

#### 1.3.3.1 Sannsynlig posisjon (datum)

Datum kan være et punkt, en linje eller et område. Det er der hvor det er høyest sannsynlighet for at savnede befinner seg. Dette området finnes på bakgrunn av informasjon og etterforskning. Målet for en SMC vil være å snevre inn det sannsynlige området til et så lite areal som mulig. Søk over store områder er kostbart, ressurskrevende og ineffektivt. Oppgaven til SMC er å gjøre området så stort at sannsynligheten for objekt er i det bestemte søkeområdet er opp mot 100%, i praksis er dette vanskelig. SMC gjør dette for å kunne konsentrere ressursene mot



det høyst sannsynlige området for funn. Når dette området er satt, deles området inn i mindre deler, ut i fra hvilke deler det er høyest sannsynlighet for at objektet befinner seg. Det er viktig å søke i disse delområdene først, da det gir størst sannsynlighet for et effektivt og suksessfullt søk. Målet ved etterforskningen til SMC er å finne mest sannsynlig datum for å kunne eliminere mest mulig av "søk", fra søk og redning. Altså finne savnede så fort som mulig for å kunne starte redning.

Det første en SMC vil forsøke å finne ut med tanke på planlegging av søk er å finne lokasjon for alle mulige overlevende ut ifra tilgjengelig informasjon. Dette bestemmes vanligvis av maks avstand overlevende kan ha forflyttet seg fra en sist kjente posisjon (LKP). Der de befant seg da de sendte nødmeldingen eller falt over bord. Et systematisk søk innenfor disse maksverdiene er som regel ikke praktisk gjennomførbart. Det trengs fra SMC å gjøre forsiktige antagelser og avgjørelser, på bakgrunn av etterforskning og funn for å begrense området det skal søkes i.

Når et område skal søkes, er det kommet frem til en sannsynlighet for at objektet skal være i det området, denne verdien er POC. Området søkes med en verdi for POD, sannsynligheten for deteksjon av objektet. Når området er ferdig søkt, vil ikke sannsynlighetsverdien være like stor for at objektet er i det området, som før det ble gjennomført søk. POC verdien har naturlig nok sunket i et søkt område etter negativt søk. Som beskrevet i likning:

$$POC_{\text{Etter}} = POC_{\text{Før}} \cdot (1 - POD)$$

(Frost, 1996)

Det fremkommer da en ny POC verdi for området og kan da benyttes i planlegging for at videre søk skal gjentas i området, eller om søket skal flyttes til annet område.

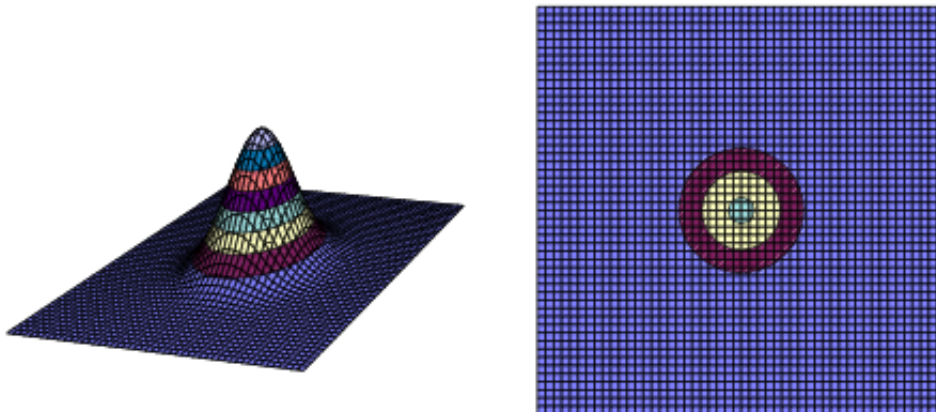


Fig. 4: Normalfordeling rundt datumpunkt(Frost, 1996)

For et datumpunkt vil den sannsynlige posisjonen til et objekt være normalfordelt. Det samme gjelder for en linje. Et område vil betraktes ved en uniform fordeling. Et stort område vil da ha en fordeling som er uniform i flere mindre områder. Da kan søkeressursene konsentreres på det høyst sannsynlige område etter prioritert rekkefølge(IAMSAR vol. 2, 2008).

### 1.3.3.2 Sannsynlig funn

Når en utfører søk i et aktuelt tilfelle vil det være langt i fra sikkert å detektere og gjenkjenne objektet man søker etter. Hvis sannsynligheten for at et objekt er i et område er lik 100%, er fortsatt resultatet avhengig av deteksjon og ikke minst å holde deteksjon ved første blick av objektet. Dette er vanskelig når objektet går i et med omgivelsene og ikke har noe særlig størrelse. For eksempel en mann i mørke klær med skitten redningsvest har falt over bord. Slike objekt kan passeres ved kort avstand uten å detekteres, selv av erfarne SRU. Deteksjonssannsynlighet synker med avstanden fra søkeobjekt til søkt objekt. POD sannsynligheten for deteksjon definert ut ifra søkebredden til søket, antall søkelinjer, søkemønster og størrelsen på området. Fig 5. viser normalfordelingen av POD med hensyn på søkebredde.

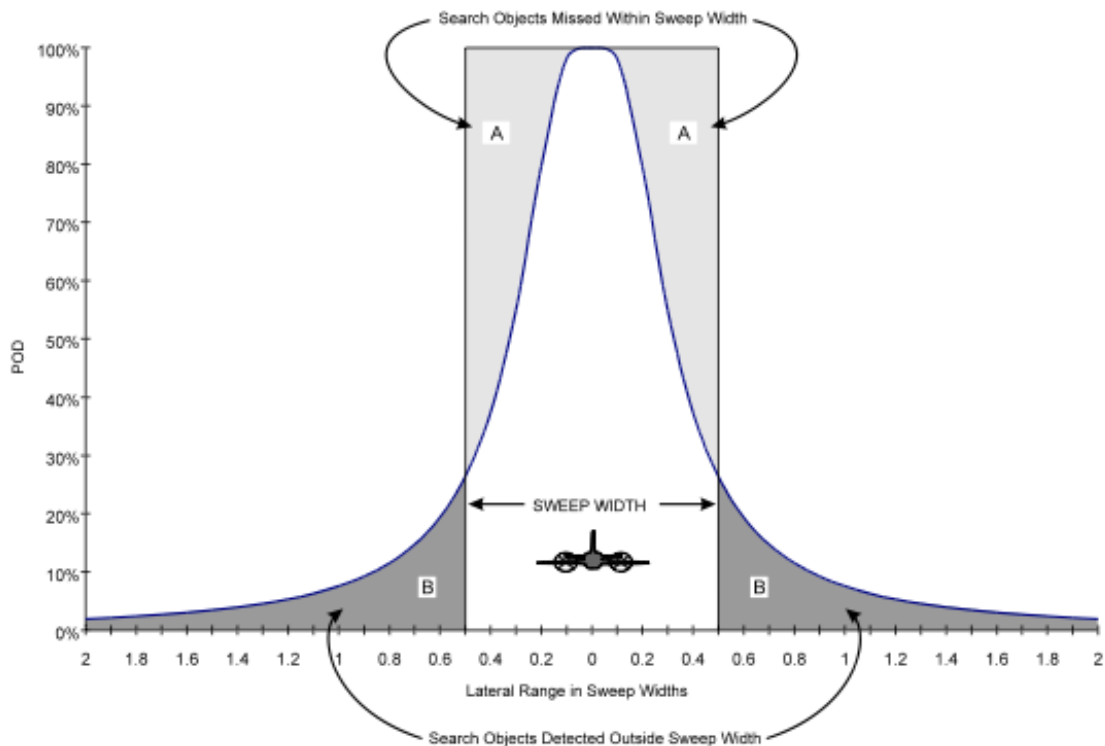


Fig. 5: Normalfordelt POD (Frost, 1996)

Også andre forhold er med på å bestemme sannsynligheten for deteksjon, men matematisk faller de under kriteriet for valg av søkebredde: værforhold, sikt, objektets kontraster til omgivelser, størrelse, og muligheter for kommunikasjon, søkeenheter og utstyr til bruk for søk (Frost, 1996).

$$POD = e^{-\frac{WL}{A}}$$

$w$  - søkebredden

$L$  - lengden av hver søkestrek

$A$  - arealet av søkeområdet

Sannsynlig deteksjon er en betegnelse på hvor godt et område er søkt. Sett at et område først er søkt av et fartøy med en sannsynlighet for deteksjon på 75% med hensyn på de forskjellige kriteriene for POD. Deretter søkes det samme området av et fly med sannsynlighet for deteksjon 50% med forskjellige kriterier enn fartøyet. Det kumulative POD resultatet vil da være for området:

$$POD_c = 1 - (1 - 0,75)(1 - 0,5) = \underline{87,5\%}$$

Dette vil være sannsynligheten for å kunne detektere objekt i løpet av de to respektive søkene. Dette benyttes for å kunne effektivisere søket i planleggingsfasen (Frost, 1996).

#### **1.4 Aktuell forskning**

USCG har lenge forsket på drivbane og SAR generelt. De meteorologiske institutt i forskjellige land har bidratt med en del forskning rundt emnet, naturlig nok da utfordringen med drivbaneberegninger er nært knyttet opp mot meteorologi og oseanografi. Oljebransjen og sjøfarten har også noen forskningsprosjekt rundt emnet, da primært på oljedrift etter oljeutslipp. USCG, iFremer og MI har hatt et prosjekt på utvikling av drivbanemodell og gitt ut en rekke artikler og forskningsrapporter i forbindelse med prosjektet. Samarbeidet er fortsatt gjeldene og arbeider i dag blant annet for å finne metoder som kan forbedre datainput til drivbanemodellen.

#### **1.5 Arbeidsmetode**

Metode for denne rapporten er utarbeidet gjennom litteratursøk foretatt ved en rekke søkemotorer, både på det åpne og lukkede internett. Det har også under prosjektet blitt innhentet en del informasjon og meninger fra artikkelforfattere og aktører innenfor område, dette gjennom kontakt på e-post og telefon. I tillegg knyttes en del av referansene opp mot publikasjoner som er sentrale innenfor emnet.

Det er også gjennomført felttester i løpet av prosjektperioden. Felttestene er gjennomført på bakgrunn av et forarbeid. Forarbeidet har bestått av en analytisk del av drivbanedata fra MI. Fra analysearbeidet er det utarbeidet en metodisk tilnærming for bruk i felttester. Erfaringer som ble gjort i felttester er en sentral del av rapporten. Resultatet er dokumentert gjennom observasjoner gjort av forfatter, i tillegg til posisjonslogging fra GPS mottakere. Feltarbeidet er beskrevet i kap. 5. I tillegg har gode innspill fra erfarent kystvaktpersonell vært en del av grunnlaget for drøfting og konklusjon.

Rapporten er utarbeidet ved en del egenresonering og argumentasjon av forfatter. Det har blitt gjennomført veiledning av veileder som har bidratt med innspill og rettledning i utarbeidelsen av rapporten.

## 2. Drivbane

### 2.1 Generelt

Et objekt i sjøen vil påvirkes av krefter fra bølger, vind og strøm. For de tilfellene med mindre objekter i sjøen, ser IAMSAR vekk fra bølgekreftene da de er neglisjerbare i forhold til strøm og vindkrefter. To typer avdrift tas i betraktning for å beregne lokasjon til savnede, det er vind- og strømindusert drift. Dette krever å ha gode vær og strømdata for det området nødstilfellet har oppstått.

Leeway: Dette er de samlede kreftene fra vind og bølger som får objektet til å drive i samlede krefters retning.

Total strømdrift: Dette er den distansen objektet flytter seg på grunn av det totale strømbildet: havstrømmer, roterende tidevannsstrømmer, elvestrømmer og lokal vindstrøm. Lokal vindstrøm er vanskelig å beregne nøyaktig men etter en 6-12 timers periode med vind, vil det være induisert en vindstrøm. Det må benyttes estimater for gjennomsnittlig vindstyrke og retning de siste 48 timer for beregning av den vindstrømkomponenten(IAMSAR , 2008).

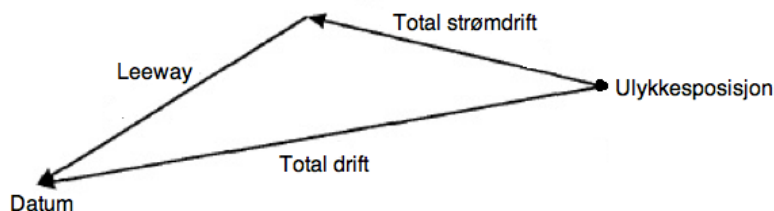


Fig. 6: Total drift

Fig.6 viser den totale driften som gir et datumestimat for objektet ut ifra ulykkesposisjon. For å kunne gjøre en nøyaktig datumberegning må det beregnes i flere omganger med tanke på forandringer i strøm og vind over tid. Det å beregne total drift over lang tid er vanskelig. Da er det anbefalt å få prediksjoner på datum fra SMC eller MI.

I tillegg har en ved større objekt, en kryssvindkomponent som er forårsaket av at større flate areal på skip og fartøy vil seile med vinden. Denne komponenten gir to nye datum på grunn av "jibing", et uttrykk fra seilfartøy som betyr å slå eller endre kurs. Ved små farkoster og person i sjøen (PIW) sees det vekk fra denne effekten.

Det er gjort noen studier på hvor stor effekt vind har på PIW. Bidraget kan variere i henhold til vindprofil hos personen. Personen kan ha redningsdrakt, flere typer redningsvester, uten redningsvest. Personens oppdrift isolert sett har innvirkning på hvordan personen vil drive medvinds i sjøen.

Drift forårsaket av vind og bølger altså leeway komponenten i det totale driftsbildet, kan beregnes med forskjellige parameter.

I arbeidet av Allen & Plourde, 1999 er det utviklet flere empiriske modeller for driften til ulike typer av PIW.

Tabell 2: Empiriske formler for Leeway (Allen & Plourde, 1999)

Type PIW	Leeway	Usikkerhet i x/y-retning
PIW-1 Kombinert	$1.1\%W_{10m} + 3.5\text{ cm / s}$	$> 15\text{ cm / s}$
PIW-2 Vertikal	$0.5\%W_{10m} + 3.8\text{ cm / s}$	$> 10\text{ cm / s}$
PIW-3 Sittende	$1.17\%W_{10m} + 0.2\text{ cm / s}$	$1.38\text{ cm / s}$
PIW-4 Overlevingsdrakt	$1.44\%W_{10m} + 5.25\text{ cm / s}$	$1.85\text{ cm / s}$
PIW-5 Dykkerdrakt	$0.7\%W_{10m} + 4.3\text{ cm / s}$	$5.92\text{ cm / s}$
PIW-6 Bevisstløs	$1.5\%W_{10m} + 4.0\text{ cm / s}$	$> 10\text{ cm / s}$

$W_{10m}$  - er da vinden 10 meter over havoverflaten, som også er den vind som meldes på prognoser og værvarsel.

Leeway kategorien PIW er delt opp i fem kategorier som gir leeway distanse med hensyn på vindstyrke. Det er delt opp i vertikal (stående i vannet), sittende i vannet, med overlevingsdrakt, med dykkerdrakt og bevisstløs (liggende med hodet ned). Den første kategorien er algebraisk kombinert, summert og delt på fem slik at gjennomsnittet er representert. Tabellen er utarbeidet gjennom en kombinasjon av felttester og tidligere forskning. Resultatene er da empiriske modeller som kan benyttes for å beregne leeway for de respektive PIW tilfellene.

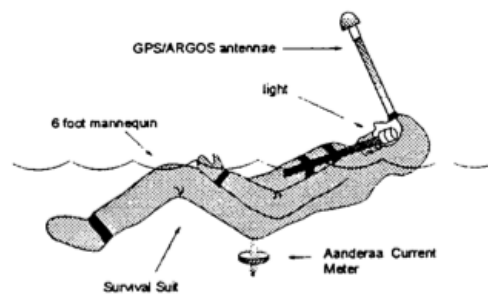


Fig. 7: Skisse av PIW Survival Suit (Allen & Plourde, 1999)

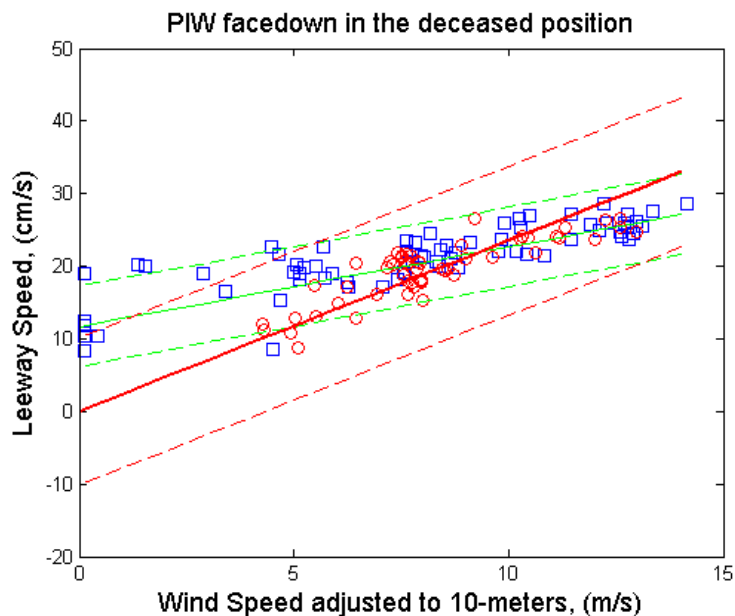


Fig. 8: PIW ansiktet ned, påvirkning av vind (Allen, Roth, Maisondieu, Breivik, & Forest, 2009)

Ser en på fig. 8 viser de røde punktene trajektoriefarten ved forskjellige vindhastigheter. En ser da at det generelle driftsbidraget er i størrelsesorden 0-30 cm/s for vindhastigheter opptil 14 m/s. Strøm i felttestene (kap. 5) i denne rapporten varierer fra 5-60 cm/s.

### 2.1.1 Driftsmodeller frem til i dag

Som Breivik, Allen, Maisondieu og Olagnon (2013) skrev i artikkelen "Advances in Search and Rescue" om utviklingen av SAR planlegging etter 2. verdenskrig. Det første studie på drivbane ble presentert av Pingree i 1944. Det ble kalt "Forethoughts on Rubber Rafts", uten at resultatene hadde særlig stor nytteverdi. Den første suksessfulle studie på leeway ble gjort av Chapline i 1960, der han benyttet observasjoner av driften til drivnett, til sammenligning av driften til små redningsfartøy. I 1977 forsøkte Suzuki og Sato å loggføre forskjellen på bevegelsen til et objekt og strømmen i området ved å benytte et nedsunket bambusrør. Disse forsøkene var nok relativt lite nøyaktige, men metodene som ble kalt indirekte metoder. De har hatt stor betydning på hvordan dagens metoder for drivbaneberegning gjøres. Utviklingen av søksteori og drivbaneteori gikk hånd i hånd og startet i etterkrigstiden. Søksteori og drivbaneteori har vært avhengig av hverandre. Rundt 1970 utviklet USCG det første Bayesian databaserte SAR planleggings system SARP, som benyttet manuelle metoder fra SAR manual som ble laget på 1950 tallet. Bayesian søksteori bygger i korte trekk på å undersøke alle hypoteser ved et tilfelle og utvikle videre sannsynlighetsfordeling for alle mulige tilfeller, for å benytte all mulig informasjon til å utvikle søket. CASP "Computer-Assisted Search Planning" ble implementert i 1974, dette var det første systemet som presenterte sannsynlighetsfordelingen ved Monte Carlo metoden. Både SARP og CASP benyttet forskjellige prognosemetoder i løpet av årene. I tidlig 1980 ble det gjort en evaluering av metodene ved å benytte satellittbøyer på drift. Begge metodene fikk divergerende resultater. For å få gode resultater er man avhengig av nærhet i tid, til strømmålinger nær drivende objekt. USCG klarla i løpet av 1980 årene behovet for en selvlokalisierende datummarkeringsbøye(SLDMB). Etter hvert som GPS mottakere fikk høyere

integritet og ble billigere i anskaffelse kunne disse bøyene anvendes på operasjonell basis.



Fig. 9: SLDBM (Francis, 2012)

Dette, i tillegg luftdropp av SLDMB som kom i 2002, ble det et stort fremskritt for å beregne strøm i nåtid nær drivende objekt.

Med utviklingen av numeriske prognoser av vær og høyoppløselige havstrømmodeller rett rundt hjørnet, gjorde at potensialet for utvikling av driftsmodeller økte i løpet av 1990 årene.

Et viktig moment i utviklingen var når den direkte metoden for måling av leeway av et drivende objekt ble tatt i bruk. Denne metoden måler objektets relative bevegelse til sjøen rundt ved å bruke en strømmåler festet direkte til den drivende gjenstanden (Breivik Ø., Allen, Maisondieu, & Roth, 2011). Denne metoden ble benyttet i de fleste studier etter 1980 årene. Leeway fikk etter hvert sin definisjon:

*"Leeway is the motion of the object induced by wind (10 m reference height) and waves relative to the ambient current (between 0.3 and 1.0 m depth)."*

Den direkte metoden, sammen med dekomponering av leeway gjorde det mulig å lage en god prosedyre for felttester. Det var ikke før på 2000 tallet det var klart for fullskala stokastisk modellering ved bruk av detaljerte strøm- og vindmodeller og høykvalitets driftskoeffisienter fra Allen og Plourde (1999). Den første av denne sort tatt i bruk av USCG 2001. I 2007 tok USCG i bruk den sofistikerte søksplanleggeren SAROPS. I senere tid, slutten av 2000 tallet er det tydelig vært en dramatisk utvikling fra de tidligere studier på driftsberegning. Feilkildene i dag i planleggingsfasen kommer gjerne fra strømdata, vinddata og manglende verdier som bølgeeffekt som er unnlatt i leeway modellen. Ulike parameter på sant objekt og leewayobjekt utgjør feilkilde, dårlig LKP etc. Alle disse feilkildene gjør at folk som deltar i redningsaksjoner stoler mer på magefølelsen enn på disse avanserte drivbanemodellene (Breivik, Allen, Maisondieu, & Olagnon, 2013).

### 2.1.2 Dagens drivbaneberegning globalt

Forskjellige drivbanemodeller benyttes rundt om på de forskjellige instituttene i verden. Trajektoriemodellen som benyttes av MI er en av mange slike modeller. Den modellkoden som MI benytter ligger tilgjengelig på internett. Den er utviklet i et internasjonalt samarbeidsprosjekt mellom iFremer og MI.

Poenget med drivbaneberegningen er å finne og definere området med høyest POC. Dette gjøres på noen forskjellige måter.

Noen land benytter enda "Classic Search Planning Method" som ble utviklet av USCG på slutten av 50- tallet (Frost & Stone, 2001). Videre har IAMSAR sin manuelle metodikk. Denne er komplisert, enkelte land benytter denne, men har lagt den inn i et system som kalkulerer drivbanen digitalt med den manuelle metoden. Ved bruk av manuell metode er det begrensninger når det gjelder komplekse scenario.

Noen land benytter seg av egne utviklede drivbaneberegninger. Danmark og Storbritannia benytter et søksplanleggingsverktøy som inntil nylig har benyttet seg



av en "three point model" for å beregne drivbane, som en manuell metode. De har nå gått over til å benytte Monte Carlo partikkelbasert metodikk, med samme leewaykode som MI (BMT Argoss, 2013).

Canada har ennå ikke fått integrert Monte Carlo metodikk i sitt søksplanleggingsverktøy. Programmet benytter seg fortsatt av en manuell metode, men planlegger også å implementere samme leewaykode som MI i programmet i sin nye versjon (Canadian Coastguard, 2009).

USCG, MI, Frankrike, New Zeeland og Australia benytter seg i dag av denne leewaykoden i sitt søksplanleggingsverktøy.

### 2.1.3 Strøm og tidevannsmodeller

Det finnes en rekke strømmodeller som beregner strøm, MI benytter ROMS. Den blir også brukt av Frankrike og USA som i tillegg bruker HYCOM. Det er laget modeller for mange steder langs norskekysten, disse har oppløsning helt ned til 200m. Til drivbaneberegningene benyttes en havmodell med 4 km oppløsning, det vil si at det er 4 km mellom beregningspunktene og imellom disse interpoleres strømmen. Modellen er brukbar i havet, men ikke så god langs kysten. Den kalles Nordic4km og bruker terrengfølgende kurvelineære vertikalkoordinater og er delt inn i 17 lag i vertikalretning (Østenstad, 2007).

I USA er det forholdsvis grei kyst i forhold til Norge. Det er da enklere å lage strøm og havmodeller. Kystnært og innaskjærs har de dekning med HF-radar som gir strøm i sann tid, se kart fig. 10 (NOAA, 2013).

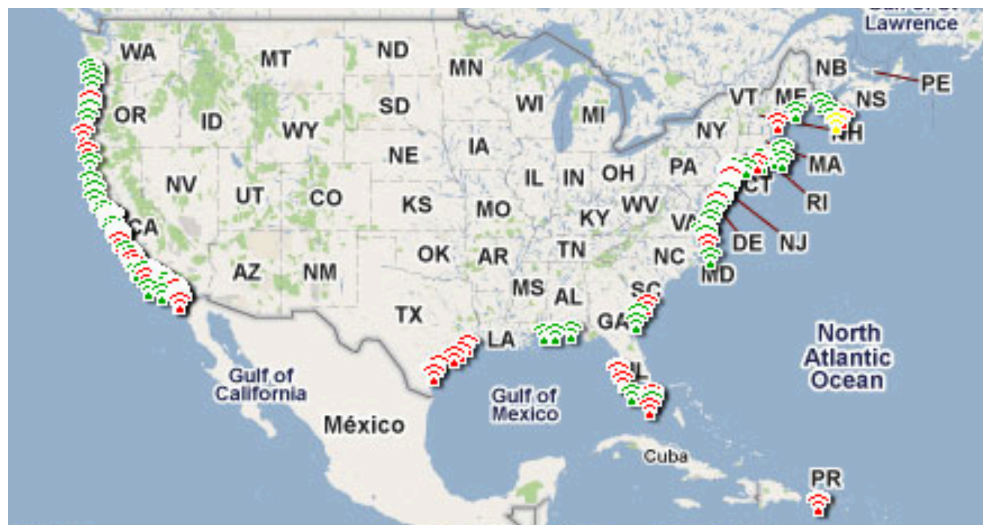


Fig. 10: Oversikt over HF-radar langs kysten USA (NOAA, 2013)

Dagens drivbanemodeller er veldig avhengige av gode strømdata.

Drivbanemodellene er i dag regnet til å være på toppen av næringskjeden, og er avhengig av gode modelldata fra bla. havstrøm. Det pågår en del forskning for å utvikle bedre bestemmelse av strømdata (Breivik, Allen, Maisondieu, & Olagnon, 2013).

MI har forsøkt å sammenligne strømdata fra "Synthetic Aperture Radar" og HF-radar på Fedje, for om mulig gjøre sann tids strømdata tilgjengelig globalt med hjelp av satellitt (Breivik, Dagestad, Hansen, & Johannessen, 2009). I dag er det to steder i langs norskekysten, en som nevnt overvåker utenfor kysten fra Fedje og en for deler av Finnmarkskysten. HF-radar har den egenskapen å gi sann tid strømdata.



Det er gjort et forskningsprosjekt på transportable HF-radarer som vil kunne transporteres langs norskekysten. På grunn av den komplekse kysten langs Norge, vanskeliggjør det å benytte stasjonære HF-radar. Portable HF-radarer er da alternativ, som primært er tiltenkt oljeutslipp. Med det kan et berammet område kan få kort- og sanntids strømndata for en nødvendig periode (Whelan, et al., 2010).

### **Vindmodeller**

HIRLAM er et program som er utviklet i samarbeid med en rekke europeiske meteorologiske institutt. Værmodellen benyttes av MI i en rekke forskjellige oppløsninger. HIRLAM20km er den oppløsningen som er input til MI sin drivbanemodell med en prediksjon på opptil +60timer.

### **Bølgemodeller**

MI anvender tre forskjellige bølgemodeller, WAM, SWAN og ST-WAVE. Bølgemodellene estimerer vekst og forplantning av vind genererte bølger. Modellene baserer seg på vind fra en værmodell (MI, 2009).

### **SAR planleggingsverktøy**

Mye er felles med de forskjellige SAR planleggingsverktøy. De har samme oppgave, å planlegge søk og redningsoperasjoner. Hvordan de håndterer komplekse scenario er hovedforskjellen. Disse kan beregne drift ved hjelp av drivbanemodeller som er implementert, videre kan de planlegge søkeområder, søkemønstre og fordele tilgjengelige ressurser. SAROPS er omtalt som det beste og mest avanserte programmet som er å få på markedet. HRS Norge har vurdert dette programmet til bruk, men har kommet frem til at det ikke er brukbart i Norge. Dette på grunn av at SAROPS bygger rundt drivbaneberegningene. De fleste tilfellene av SAR operasjoner i Norge er kystnært og her har HRS ikke gode nok data for at SAR planleggingsverktøyet kan basere seg på drivbaneberegningene. For å planlegge søk benytter HRS en lokal database for meteorologisk og oseanografisk informasjon. Beregninger gjøres lokalt med samme leeway modell som MI benytter. Med dette er de uavhengig av internettdækning. I tillegg har HRS da et søksplanleggingsverktøy som kan utføre ressursfordeling.

### **SARMAP**

New Zealand, Irland, Spania, Singapore, Argentina, Australia og U.S. Navy benytter SARMAP. Dette programmet er et mindre sofistikert program enn SAROPS, men benytter den samme leeway koden. Både SARMAP og SAROPS er utviklet av samme produsent. Programmet krever ikke at modelldata er så gode som ved bruk av SAROPS (SARmap, 2013).

### **SARIS**

Storbritannia, Tyskland, Nederland, Hellas, Grønland, Kina, Ukraina, Danmark og flere benytter seg av dette SAR planleggingsverktøyet. SARIS har ved den siste programvaren fått implementert Monte Carlo metodikk (BMT ARGOS, 2013).

### **SAROPS**

Dette er regnet som det mest sofistikerte programmet på markedet, det er helt overlegent i forhold til andre programmer. Stiller store krav til meteorologiske og oseanografiske data. Det er nok grunnen til at eneste land som benytter seg av

dette, er USA. De har som nevnt tilgang til gode strøm og vind data (Wikipedia, 2012).

### **CANSARP**

Dette programmet benyttes av Canada til søk og redningsoperasjoner. Det planlegges å gå fra manuell metode til Monte Carlo basert metodikk ved oppgradering til ny versjon (Canadian Coastguard, 2009).

## **2.2 Monte Carlo basert modell**

I artikkelen til Allen & Breivik, 2007 definerer de usikkerheten i MI sin Monte Carlo baserte modell for drivbane. Det er gjort en del forenklinger for å få det komplekse bildet som er rundt et drivende objekt inn i en modell. Dette fører til en del usikkerhet som også er forsøkt representert i trajektoriefordelingen.

Den totale driften er vanskelig å beregne da det er vanskelig å bestemme eksakte inngangsverdier for forskjellige drivende objekt. Det er da gjort tilnærminger i de forskjellige objektene i modellen som vil utgjøre usikkerhetsmoment i drivbanemodellen.

Objektets orientering i starten av driften er vanskelig å bestemme. Hvilken retning objektet har i starten, har en betydning for hvilken retning objektet vil drive. Større objekter kan som nevnt bli utsatt for "jibing", altså endring av kurs ved at objektet påvirkes av vinden på en annen måte. Dette kan også skje ved små objekter, men da de ikke er påvirket i samme grad av vind, vil de ikke i like stor grad få denne seilingseffekten.

En annen kjent kilde til usikkerhet i drivbanemodellen ligger i vind og strømdata, både modellert og observert. En av de underliggende feilkildene er forandringer reelle verdier innenfor oppløsningen til modellen. Modellene for vind og strøm har større oppløsning, enn i de forholdsvis små områdene drivbaneberegningene foregår.

Område langs kysten som utsettes for mye turbulens på grunn av formasjoner av skjær og holmer vanskeliggjør å få gode data fra strømmodellen da oppløsningen ikke er god nok.

I selve drivbanemodellen gjøres det forutsetninger som uendelig akselerasjon og konstant fart. Relasjonen mellom vind og leeway er empirisk, altså utviklet gjennom en rekke forsøk. Slike eksperimentelle data representerer en del usikkerhetsmomenter.

Objektet er antatt i modellen å bevege seg med strømmen uten glidning("slippage"). Det er også antatt at objektet endrer fart og retning momentant ved strømforandringer. Dette gir noe bidrag til modellens totale usikkerhet.

Effekten fra bølger i modellen antas å være representert i leeway koeffisientene og dermed ignorert. Artikkel av Röhrs, Christensen, Hole, Broström, Drivdal, & Sundby, 2012 konkluderer med at bidraget til drivbane fra bølger er signifikant, og at ved å ta med denne effekten, vil det forbedre dagens drivbaneberegning.

### 3. Søkemønster

Rekkefølgen til forskjellige søkeområder prioriteres med hensyn på kumulativ POS. Med hensyn på tilgjengelige fasiliteter eller SRU, må det planlegges søkeoperasjon. Koordinering, instruksjoner, kommunikasjon, oppgaver, rapportering, og andre moment for å kunne utføre et trygt effektivt søk. Effektivt gjennomførelse av søk må også inngå i planleggingen, slik at tidsfaktoren blir så liten som mulig for å berge personer i nød.

Mange fartøy og mye ressurser tilgjengelig for søk er den ønskelige situasjonen, slik at søksplanlegger bare kan plukke ut og sette søkefartøy på søkeområde etter ønske. Dette er i nordområdene kan søk og rednings ressursene som nevnt være begrenset. Prioritering kan da bli en utfordring for søksplanlegger. Det er gitt at lite søkeressurser gir liten sannsynlighet for suksess(POS). Det er viktig å begynne med for mange enn for lite søkefartøy for å kunne korte ned tidsaspektet. Dette er som nevnt ikke veldig aktuelt i nordområdene der ressursene tilgjengelig for søk, kan være få over store områder. Fartøy i område som benyttes i SAR operasjon må koordineres av en leder OSC eller SMC. Etter at det er dannet et bilde av situasjonen og all tilgjengelig informasjon er innhentet må søkemønster må velges. De velges ut ifra kriterier som objektets drift og størrelse, søkebredde, tilgjengelige ressurser og andre aktuelle prioriteringer. De forskjellige SRU må dedikeres søkefelt, etter prioritering fra OSC eller SMC(IAMSAR, 2008).

#### 3.1 Søkebredde

Søkebredde er en av primærindikatorer på om søkeforholdene er gode eller dårlige. Eksperimenter har vist at søkebredden minker når søkeforholdene blir dårligere. Det bør nevnes hvilke forskjellige faktorer som bestemmer søkebredden:

- Type søkeobjekt, objektets størrelse, kontrast med omgivelsene, farge og form har mye å si for et søk i dagslys. Et natt søk vil også radarrefleksjon, varmegjenkjenning for IR, lyskilde for optisk og lavt lys optikk deteksjon.
- Meteorologisk visibilitet, forhold som reduserer sikten slik at søkebredden blir smalere. Dette er meteorologiske forhold som for eksempel tåke som i seg selv kan gjøre søk minimalt effektivt. Tåke reduserer effektiviteten av et dag søk generelt, et lys signal ved et natt søk vil ikke påvirkes like mye. Bemerke seg at lyskaster vil ha mindre effekt fra søkefartøyet ved dårligere visuell sikt. Barentshavet er kjent for tåke, særlig i områdene ved Sørkapp der havstrømmene med ulik temperatur møtes og det dannes adveksjonståke.
- Snøbygger og tette regnbygger er aktuelt i nordområdene med temperaturer under frysepunktet. Tette bygger påvirker visuell sikt og radar blir vanskelig å justere.
- Bølgehøyde og vind kan redusere søkeobjektets visibilitet. Kontrastene med omgivelsene kan forstyrres av sjøsprøyt og objektet kan forsvinne i bølgedaler. Refleksjon fra solen påvirkes også av bølgespekteret, som kan redusere sikten i den retningen for utkikk ved søk i klarvær.
- Øyehøyden for utkikk.
- Tid på døgnet er aktuelt i nordområdene i tiden rundt vårjevndøgn og høstjevndøgn. Ellers er det enten dagslys eller mørketid i nordområdene og Barentshavet døgnet rundt. Søkebredden påvirkes om det er mørke eller

dagslys. Dette er hensyn som må inn i planleggingen som er spesielt for disse områdene med tanke på årstid.

- Effektiviteten til utkikker er gitt av motivasjon, årvåkenhet, trening, tiden av søket, sjøgang i fartøyet og mengden av utkikker som kan rullere og avløse slik at hviletid kan opprettholdes. Det kan nevnes her at utkikksredundansen på kystvaktfartøyer er stor med tanke på at noen av fartøyene har opp til 65 personer ombord, der mange er godt trente utkikker.

Disse faktorene brukes til å beregne søkebredden slik at søket blir gunstig med tanke på søkeeffektivitet og deteksjonssannsynlighet. Et søkemønster med en viss søkebredde vil stille store krav til navigasjonsnøyaktighet for søkefartøyene slik at søkebredden rundt en gitt kurslinje kan defineres med nøyaktighet. Dette ansees ikke som noe problem med dagens navigasjonshjelpemiddel.

### 3.2 Valg av søkemønster

Riktig valg av søkemønster kan være avgjørende for søkets utfall. Det å ikke benytte søkemønster er gjerne et hastevalg i desperasjon som gjøres i et momentansøk ved for eksempel MOB tilfeller. Ved et tidspunkt må det dannes et mønster slik at et område kan ferdig søkes. Her vil søkemønsteret sammen med søkebredden være avgjørende for å få et effektivt søk. Faktorer som er gjeldene for vurdering og valg av søkemønster:

- Usikkerhet i sannsynlig datum.
- Navigasjonsdyktigheten for de enkelte søkefartøy.
- Type sensorer som benyttes.
- Type søkeobjekt og hvilke signaler søkeobjektet kan transmittere
- Hvilken retning søkeobjektet flytter seg i løpet av søket.
- Tidsperspektivet for overlevende må vurderes for å kunne benytte sannsynlig datum som høyest konsentrerte søkepunkt i tilfeller der tiden er kritisk.

Er det visst eller sannsynlig at søksobjektet har en EPIRB med nød peiling aktiv, skal første søket utføres av fly for å begrense søkeområdet, og for å kunne direkte rette redningsfartøy mot peilet posisjon.

### 3.3 Generelle søkemønster

De generelle standardiserte søkemønstrene er gitt i IAMSAR vol. II (2008). Det som omhandler generelle søkemønster og figurer er hentet fra denne publikasjonen.

Et enkelt utvalg av standardiserte, kjente søkemønster gir best dekning i et område med flere fartøy, og har følgende fordeler:

- Uniformt dekker hele området.
- Regulære søkemønster gir bedre resultat enn uorganisert søk, spesielt ved ideelle søkeforhold.
- Standard søkemønster er enklere å formidle.
- Standard søkemønster gjør søkeoperasjoner enklere å planlegge
- Ved store søkeoperasjoner er det tryggere med tanke på navigasjonssikkerhet når standard mønster benyttes.

Det bør beholdes informasjon om hvordan områdene er blitt søkt med å merke av i kartet hvor stor søkebredden er. Regelmessig oppdatering av posisjon slik at status på søk blir oversiktlig og mest i mulig nåtid for å kunne holde oversikt over søkeprestasjonen.

### 3.3.1 Sektorsøk

Dette er et søkemønster som er mest effektivt ved små søkeområder og datumnøyaktigheten er høy. For eksempel ved et forlist skip med høy posisjonsnøyaktighet på nødmeldingen. Selve søket utformes sirkulært med høyest søkekonsentrasjon i origo på søkesirkelen. Sirkelen deles inn i sektorer og søkes gjennom origo for vært løp ref. fig. 11. Dette søket utføres av en enhet og er dårlig egnet for flere enheter uten god koordinasjon.

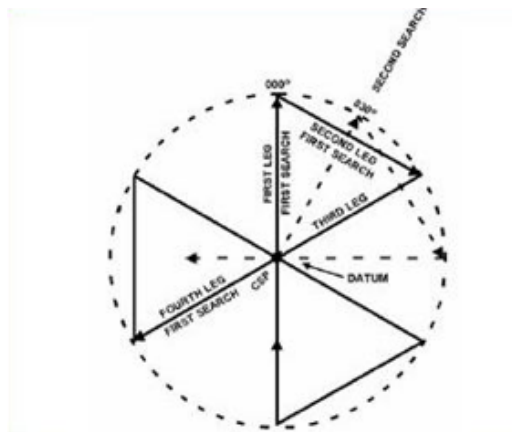


Fig. 11: Sektorsøk

Sektorsøk er spesielt godt egnet for MOB tilfeller der en person om bord observerer at en eller flere faller over bord. Datumposisjonen er relativ nøyaktig og et sektorsøk kan da være et godt alternativ for gjennomføring av et momentansøk av moderfartøyet. Vurdering av vær, vind og strømforhold må tas i betraktning når et slikt begrenset søkemønster velges. Da med tanke på om søkeobjektet ikke kan utsettes for mye avdrift før at sektorsøkets søkeeffektivitet reduseres. Sektorsøk er som nevnt godt egnet til et start søk, så lenge posisjon for datum er god.

### 3.3.2 Ekspanderende firkant søk

Et slikt søk er også avhengig av en relativt sikker datumposisjon og et begrenset søkeområde. Ekspanderende firkantsøk har mye av de samme kvalitetene som et sektorsøk. I tilfeller ved MOB, der datumposisjonen er en rett linje, som når en person har falt over bord innenfor et tidsrom, men uvisst når og hvor. Da vil denne type søkemønster være mulig å utføre som et rektangel med stor søkseffekt rundt datum.

Første søkelinjen starter mot vinden og beveger seg ut fra sentrum som en firkant eller rektangel. Området for ekspanderende firkantsøk er begrenset. Etter at søkeområdet er søkt en gang, skal søk nummer 2 starte med en  $45^\circ$  vridning i origo.

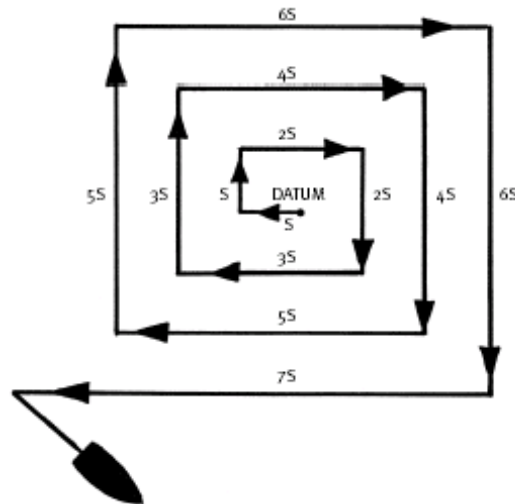


Fig. 12: Ekspanderende firkantsøk

### 3.3.3 Kurslinje søk

Dette er et søk som utføres da en rute til savnede fartøy eller objekt er kjent slik at det kan med sikkerhet søkes i en sektor over en lengre distanse. Denne søkemethoden benyttes i tilfeller der det er sannsynlig at søkeobjektet kan sende oppmerksomhet signal til søkefartøy med lys, raketter, speil, røyk eller elektroniske hjelpemidler som SART. Søket legges opp etter den ruten det savnede objektet planla å forflytte seg i. Dette søket egner seg for bruk av flere søkeenheter, og planlegger må gjøre søkeenheter oppmerksom på at søk kan gå i motsatte retninger i eksakt samme angitte rute for å unngå fare for sammenstøt.

### 3.3.4 Parallelsøk

Dette søkemønsteret benyttes når datumusikkerheten er stor og området er stort. Et slikt søk har en tilnærmet uniform fordeling av søkeressursene over et område. Et parallellsøk vil søke et rektangulært område. Det benyttes stort sett alltid når et stort område skal søkes og det blir delt inn i delområder og flere søkeenheter er i område samtidig. Søket starter i det ene hjørnet i rektangelet som tildeles søkeenhet, forskyver startposisjonen en halv søkebredde langs den ene kortsiden og starter søk i en rett kurslinje, går distansen av langsiden minus en halv søkebredde, tårner  $90^{\circ}$  går en søkebredde og tårner  $90^{\circ}$  slik fortsettes søket til det gitte rektangel er ferdig søkt. Ref. fig. 13.

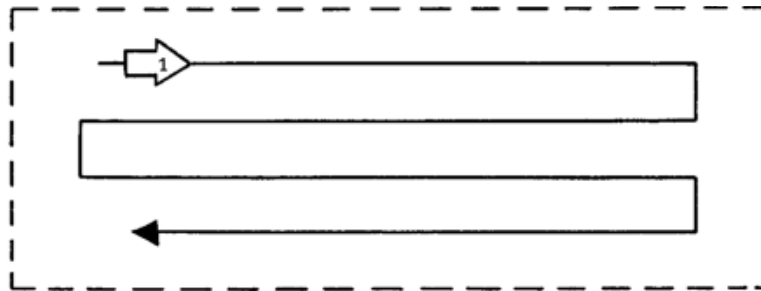


Fig. 13: Parallellsøk

Parallellsøkemønstre er godt egnet for å kunne organisere flere søkeenheter i samme området på grunn av de forutsigbare rutene og rektangelformen på søkemønsteret med en tilnærmet uniform fordeling av innsatsen. Flere søkeenheter kan også tilegnes samme mønster for å få høyere sannsynlighet for deteksjon. En variant av parallellsøkemønsteret er krabbesøk der langsiden av rektangelet blir kortet ned til en søkebredde slik at hvert kurs blir bare 1-2 søkebredder kort. Det blir da økt mengde tårn og utkikkens orientering kan svekkes. Et bruksområde for et slikt søk kan være i fjorder der et reit parallellsøk blir for stor skala og et kurslinjesøk ikke blir tilstrekkelig med tanke på søkebredde.

### 3.3.5 Oil-Rig Søkemønster

Dette er et søkemønster som kan benyttes ved oljerigger. Strøm og vind virker sammen i en driftsretning, i denne retningen vil spredningen foregå som en funksjon av tid, derfor søkes ikke lo området av riggen fordi man vet at strøm og vind ikke har satt objektet i den retning når vind og strøm er stabil. Riggen har den egenskapen at den står i ro over grunn, så referansepunktet, opprinnelig datum er nøyaktig. Dette søkemønsteret er ikke omtalt i IAMSAR.



Fig. 14: Oil-rig søkemønster

### 3.4 Optimaliserte søkemønster

Svakheten ved slik standardiserte søkemønster er at du kan risikere å søke deg vekk fra høyest sannsynlige datum noe som kan være frustrerende og demotiverende. Dette kan føre til at ikke søket har like høy sannsynlighet for suksess i hele området det blir søkt noe som vil være svært uheldig. Med dagens teknologi vil dette kunne være et problem da det er enkelt å få visualisert høyest sannsynlig datum gjennom forskjellige søksplanleggingsverktøy. Fokusområdet i søket vil da kanskje bli høyere i det området det er mest sannsynlig at søksobjektet ligger. Dette kan både ha positive og negative sider. Sannsynligheten for at funn gjøres i området der fokuset til mannskapet er på det høyeste, vil mest sannsynlig være større. Motsatt vil jo mannskapets fokus mest sannsynlig synke proporsjonalt med POC. Dette er et psykologisk problem som med dagens teknologi og informasjonsmuligheter kanskje kan reduseres.

Ser man på det problemet at SRU kan bruke mye tid på å søke bort fra og bevege seg vekk fra sannsynlig datum. Det ved bruk av standardiserte søkemønster, noe som ikke heldig da det er høyest sannsynlighet for å finne søkeobjektet i akkurat det området med høyest sannsynlig datumposisjon. Hensikten med et optimalisert søkemønster vil kunne redusere tiden i området med lav POC og øke tiden i området med høy POC, altså i det området med høyest sannsynlig datum. Å kunne utføre et søk med et søkemønster som tok høyde for avdrift etter en periode ut i søket kan være gunstig. Da kan søket bli gjennomført med høyest mulig POS i de tilfeller situasjonen tillater det. I tillegg er tidsaspektet et viktig moment for bakgrunnen til optimalisere søkemønster. Å søke for å finne kan ikke sammenlignes med å søke for å redde, der er tidsaspektet som nevnt vesentlig. Det kan nevnes MOB som eksempel på tilfeller der tidsaspektet er av høy prioritet for rask deteksjon og redning av person i vannet, da lave temperaturer i vannet som er høyaktuelt i nordområdene, begrenser overlevingstid betraktelig.

Optimaliserte søkemønster forutsetter da at drivbaneberegningene basert på datamodeller er gode.

Et mulig optimalisert søkemønster kan være å benytte oil-rig søkemønster.



## 4. Metodikk for søkemønster

### 4.1 Tanke

Det er vel ingen hemmelighet at dagens skipsfartsnæring kunne vært bedre trent på mann over bord uhell. I SOLAS kap. III, vises det ikke til noe krav for av mann over bord. Det som står er at det skal være en båt som kan komme på vannet innen fem minutter iht. regel 17. Det er også beskrevet om forskjellige krav til drill og trening om bord på fartøy i regel 19. Her er ikke mann over bord relatert trening nevnt. Det viser at det ikke er store krav til trening, og at det kan antas at det generelt verden rundt, ikke er et stort fokusområde.

Oljenæringen har krav til at MOB båtmannskap skal ha tilstrekkelig trening til å være komfortable med egen situasjon, normalt en trening med sjøsetting pr tur (Norsk olje og gass, 2005). MOB båt personellet har et 4 dagers kurs i håndtering av materiellet og en enkel innføring i de mest vanlige søkemønstrene. I anbefalte retningslinjer for etablering av områdeberedskap utarbeidet av Norsk Olje og Gass forening, står det at en person som har falt i sjøen skal kunne plukkes opp innen åtte minutter etter at hendelsen er varslet.

Som nevnt i innledningen i følge stortingsmelding nr. 7 (2011-2012) vil det påligge den enkelte næringsutøver ansvar om å systematisk arbeide for å redusere risiko og for selv å kunne håndtere kriser i større grad enn i andre fartsområder. Dette kan bety at hjelp ikke kan innhentes på samme måte og fartøyet eller riggen må selv kunne iverksette nødvendige tiltak i krisesituasjoner.

Som følge av det, kan det tenkes at det vil være et voksende behov for kompetansenivå i næringen. Som igjen vil kunne dra nytte av en enklere og mer effektivisert søkemetode, der tidsaspektet er et viktig moment. Med det som mål, å gjøre søk etter MOB livreddende.

Første tanke ved at man mister en person over bord vil være, å ikke miste personen ut av synet. Alle som har deltatt under en søk- og redningsoperasjon der personer eller små objekt er savnet i vannet, vet at det er en vanskelig oppgave å gjenoppdage personer eller objekt.

Tilfeller der person i vannet forsvinner ut av synet er noe besetningen vil unngå. Teorien og arbeidet i denne oppgaven bygger rundt det som skjer etter at en har mistet personen i sjøen ut av synet. Altså ikke lenger ha visuell kontakt eller sikker posisjon på vedkommende.

Det å vite hva man skal gjøre etter personen er ute av synet er det nok svært få som har trening i.

Når først personen er ute av synet hjelper det lite med en god LKP, hvis ikke man har inngående kunnskap i driftsberegninger og tilgang til relevante data, eller kommer i kontakt med SMC eller tilsvarende. Problemet vil da være at bølger, strøm og vind kan ha gitt personen en avdrift. Det en står igjen med som navigatør på moderskipet er da en LKP. Om denne vil være god eller dårlig, avhengig av prosedyrer og trening. Er det ikke oppdaget at personen falt over bord vil det være stor usikkerhet i LKP. I metoden i denne rapporten, er det primært diskutert at objektet har en relativ sikker LKP.

Et like aktuelt tilfelle kan være å se på det at en person er savnet og sist sett ved et gitt tidspunkt. Det gir et stort område for hvor personen kan være, avhengig av blant

annet kurs og fart til fartøyet. Dette gir navigatøren en større usikkerhet i savnedes LKP. Som regel ved slike tilfeller vil det være vanskeligere å vurdere et søkeområde enn når LKP er sikker og på et begrenset område. Det er i slike tilfeller mye vanskeligere å oppnå suksess, altså finne person i livet. Dette tilfelle er videre omtalt i slutten av dette kapittelet.

En erfaren navigatør eller skipssjef kan gjerne vurdere strøm og vindforhold og anta hvor personen i vannet har driftet. Dette kommer selvfølgelig og an på værforholdene i området. Dårlig vær og motsatte strømmer kan gjøre slike vurderinger skjebnesvangre. Det vil noen ganger være veldig vanskelig å vurdere slike forhold og hvordan de forskjellige forhold påvirker driften av personen i vannet. Når først en person er falt i sjøen handler det om å få personen opp fortest mulig. Som nevnt i innledning av oppgaven er temperatur i vannet avgjørende for hvor lenge en person vil overleve. Altså er situasjonen kritisk når personens posisjon ikke lengre er kjent. Da forringes muligheten å kunne hente personen raskt opp av sjøen.

Da det er bestemt at en ikke lengre vet hvilken posisjon personen i vannet har, vil det være aktuelt å gå over i en søksfase. Å gå over i en søksfase som innebærer å hente inn all nødvendig informasjon vil mest sannsynlig kreve profesjonell hjelp fra SMC eller HRS. Her kreves det koordinering, planlegging og ikke minst, det må skje fort. Tid er i slike tilfeller som nevnt svært kritisk.

Tanken og teorien i denne oppgaven er å effektivt kunne danne et søkemønster på bakgrunn av informasjon man får om drivbane fra avanserte datamodeller. Avgjørelse av LKP og dens nøyaktighet må skje først. Personen som falt over bord har en tilstand og en bekledning som kan vurderes og plottes inn som parameter i modellen. Parameter kan da plottes inn på MI sin server manuelt eller man kan få data tilsendt av HRS. Etter mottak av drivbane må det gjøres en vurdering basert på kunnskap og erfaring for å kunne få høyest mulig POS. Det må vurderes hvilket søkemønster man skal bruke, hvor det skal starte, hvilken fart fartøyet skal søke med, hvilken søkebredde man skal benytte, og hvilken kurs fartøyet skal gå. Alt dette skal vurderes i løpet av kort tid.

Faktorer som spiller inn:

1. Tid siden fartøyet mistet personen i vannet
2. Drift farten til personen
3. Trajektoriemodellens utbredelse
4. Sikt
5. Orientering til LKP
6. Usikkerhet i LKP

Disse faktorene er det som avgjør hvordan fartøyet bør legge opp søket. For å lage et optimalisert søkemønster, tar man utgangspunkt i drivbanen til objektet og dens sannsynlighetsfordeling eller trajektoriefordeling. Den er definert som små symboler avhengig av hvilket grensesnitt en benytter.

## 4.2 Metode

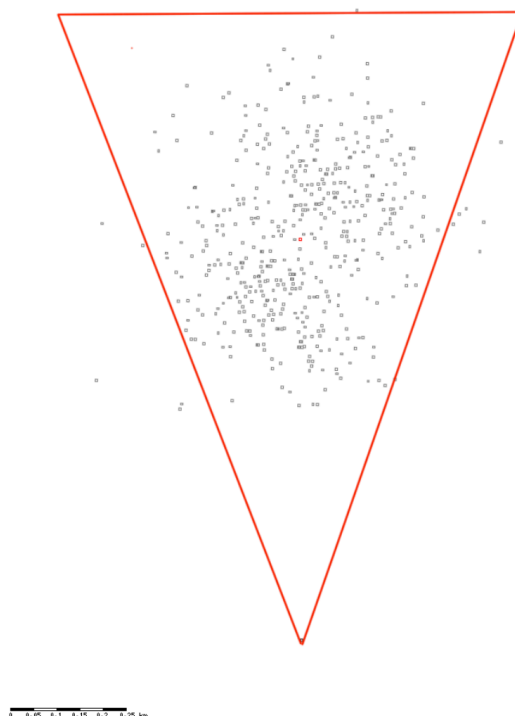
Metoden beskrevet i dette kapitlet er selvutviklet gjennom resonnering og undersøkelser av en rekke drivbane data. Når det i denne rapporten refereres til bruk av metode eller søk etter metode, er det da metoden beskrevet i dette kapitlet det refereres til.

Målet med prosedyren er å kunne øke sannsynligheten for at personer som er falt i vannet, blir funnet i live. Det er derfor i denne oppgaven lagt størst fokus på tilfeller der personen ikke har driftet lengre enn rundt en time.

I prinsippet for metoden, vil det i et optimalisert søkemønster søkes i det område med høyest POC tidligst mulig i søket. Dette bygger på samme prinsipp som standard IAMSAR søkemønsteret, sektorsøk. Forskjellen er at sektorsøket ikke tar hensyn til avdrift for personen i løpet av søkeperioden og at sektorsøket er et statisk søkemønster. Et optimalisert søkemønster kan bygge på et sektorsøk, men vil i utgangspunktet ha muligheten for å lages mer dynamisk.

Da drivfarten til personen i vannet er en faktor vil selvfølgelig denne trajektoriefordelingen utvikle seg i løpet av den første timen. Det vil føre til vanskeligheter å vurdere hvor det er høyest POC i løpet av den første delen av timen, da oppløsningen på MI sin datamodell er delt i hele timer. Det settes som en inngangsparameter at det har gått en viss tid med for eksempel sektorsøk, før en kan starte søk med det optimaliserte søkemønsteret.

For å danne et optimalt søkemønster for hvert enkelt tilfelle, er man avhengig av at en eventuell bruker kan gjøre noen fornuftige vurderinger. I henhold til IAMSAR vol. 2 ANNEX K (2008) blir fordelingen av usikkerhet en gitt verdi i forhold til en rekke faktorer. Det en sitter igjen med er en sirkel med en gitt vinkel av usikkerhet fra driftsstart. Dette tar en utgangspunkt i når en skal vurdere utbredelse av søkemønsteret. En ser på fig. 15 at en vurderer en fornuftig utbredelse i driftsretningen. En får da en stor trekant som definerer søkeområdet i løpet av den første timen.



**Fig. 15: Trajektoriefordeling**

Det bør lages en fornuftig stor trekant med tilnærmet alle trajektoriepunktene innenfor. Ved enkelte tilfeller er ikke det mulig som eksempel vist i fig. 15. Her ser en at enkelte punkter blir utelatt fra søkeområde. Dette betyr nødvendigvis ikke at de vil bli oppdaget da selve søket gjerne strekker seg utenfor søkebredden. Det er viktig å huske hensikten, søke raskest mulig i høyest POC område.

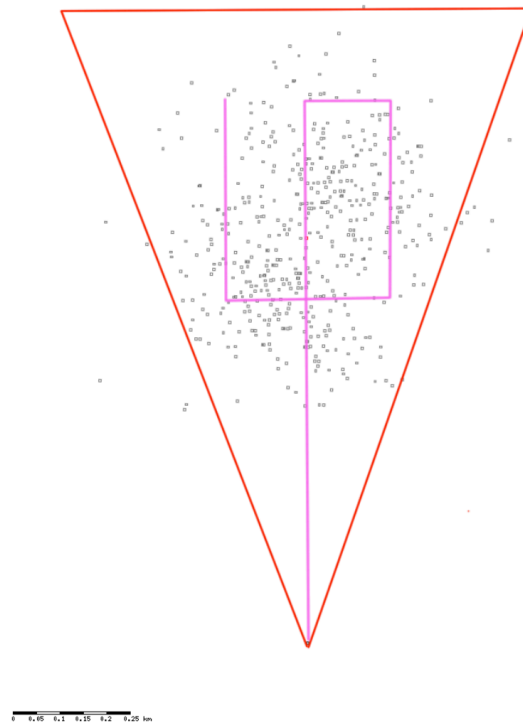
Denne trekanten blir da utgangspunktet for søket. Det antas at moderfartøyet er i nærheten av LKP. Søket vil da naturlig starte her. Det anses som mest fornuftig da man vil starte søket i samme retning som avdriften av personen.

Videre må det gjøres en vurdering av hvor lenge man skal gå på denne kursen parallelt med fordelings tyngdepunkt. Altså en rett linje fra LKP til tyngdepunktet for trajektoriefordelingen etter en time. Som i teorien representerer den linjen med høyest sannsynlighet for POC, den omtales som datumlinjen.

Ser en på initial tidspunkt vil trajektoriefordelingen rundt punktet LKP være representert av usikkerhet i LKP.

Når første kurs er lagt på datumlinjen, tyngdepunktet til trajektorieobjektene vil dette være den kursen med størst POC innenfor søkebredden.

Hvis ikke søket langs datumlinjen gir uttelling er det nødvendig å utvide søket innenfor søkeområdet. Et forslag er å starte et ekspanderende firkantsøk som vist på fig. 16, men her må det gjøres vurdering av søksplanlegger. Det kan være mer fornuftig å benytte andre søkestrategier eller søkemønstre ved forskjellige fordelinger.



**Fig. 16: Optimalisert søkemønster**

Hvor stor vinkelen i trekanten er i LKP vil utforme det ekspanderende firkantsøket. Det vil være hensiktsmessig med tanke på fordelingen inne i trekanten. Her er det fornuftig å gjøre en vurdering på hver kurs. Hvilken vei første tårnet gjøres baseres på et overslag av konsentrasjonen av trajektoriefordelingspunkter, eller navigatørens magefølelse.

Søkebredden i dette tilfellet som vist på figuren er 0.1 nm. Det gir gode muligheter å oppdage objektet og det er den laveste søkebredden IAMSAR vol. II opererer med. Det er også en fornuftig søkebredde for oppgavens problemstilling hva gjelder avdrift og værforhold. Søkeområdet i slike tilfeller blir aldri særlig store, smale søkebredder vil ofte være hensiktsmessig. Det er også kjent at POD av et objekt synker med distansen fra søkefartøyet. Den smale søkebredden gir god sikkerhetsmargin for feilkilder når værforholdene er gode. Det vil også kunne benyttes under dårlige sikt og værforhold for størst mulighet for oppdagelse av objektet. Søkebredden er noe som vurderes av søksplanleggeren i hvert enkelt tilfelle. Ser en på distanse på de forskjellige kursene i dette eksempelet vil de være korte. Som regel vil det sjeldent være lengre kurslegg, da tiden for drift er begrenset.

**Tabell 3: Distanse på kurslegg**

Kursnr	Distanse
1	0.7 nm
2	0.1 nm
3	0.2 nm
4	0.2 nm
5	0.2 nm

Tabell 4: Tidsbruk 6 kn

Kursnr	Fart	ETA til tørn
1	6 kn	7 min
2	6 kn	8 min
3	6 kn	10 min
4	6 kn	12 min
5	6 kn	14 min

Tabell 5: Tidsbruk 8 kn

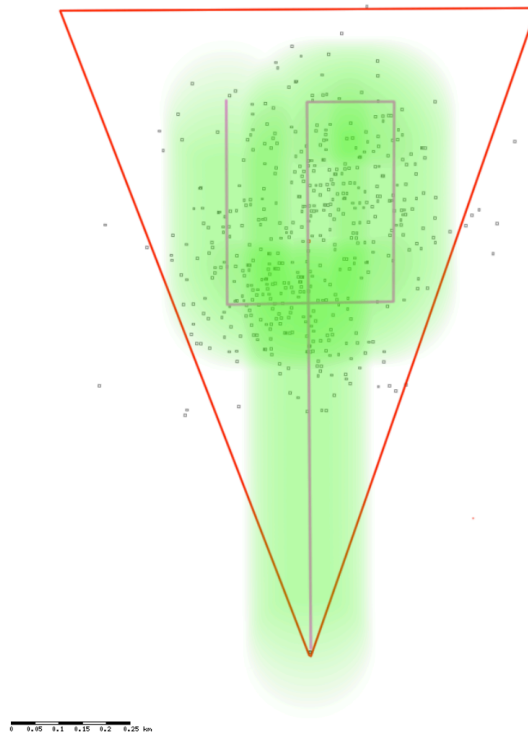
Kursnr	Fart	ETA til tørn
1	8 kn	5 min
2	8 kn	6 min
3	8 kn	8 min
4	8 kn	10 min
5	8 kn	12 min

Tabell 6: Tidsbruk 10 kn

Kursnr	Fart	ETA til tørn
1	10 kn	4 min
2	10 kn	<5 min
3	10 kn	6 min
4	10 kn	7 min
5	10 kn	9 min

En ser av tabellene at det ikke er store området det søkes i, kursene blir korte og tørn blir hyppige. Farten bør vurderes å holdes lav under hele søket, eller reduseres når fartøyet ankommer området der det er høyere sannsynlighet for at objektet befinner seg. Ser en på tilfeller der driften har pågått mye under en time, bør det vurderes om det er hensiktsmessig å starte et ekspanderende søkemønster. En ser av tabellene for tidsbruk at det ved værforhold der det er sikt som tillater større søkebredde, bør det vurderes.

Søket gjøres etter søkemønsterets parameter og vil dekke et område som gitt på fig. 17.



**Fig. 17: Søk med optimalisert søkemønster**

Det man kan se er at områder med mange trajektoriepunkter søkes relativt hurtig og gjentatte ganger. Det er bare unntaksvis trajektoriepunkter faller utenfor søket. Det vil være avhengig fra vært enkelt tilfelle hvor stor spredning det er på trajektoriepunktene og hvor stor eller liten vinkel en bestemmer for trekanten og hvor mange trajektoriepunkter man må utelate fra selve søkeområdet. I tilfellet på fig. 17 faller 16 punkter ut av søket med hensyn på søkebredde. Det er 16 av totalt 500 punkter. En kan selvsagt planlegge med alle punktene, men det på bekostning av tid, noe som må velges etter en vurdering av den som planlegger. I tilfeller med stor spredning vil det etter søksplanleggers vurdering være hensiktsmessig å benytte en annen type søkemønster eller søkestrategi.

Det vil være aktuelt å se på tilfeller der driften ikke har foregått så lenge som en time. Fartøyet vil ha høyere fart i søket enn drifts farten til personen og vil mest sannsynlig nå ytterpunktet i trekanten eller fordelingen før det er gått en time. Følger fartøyet et søk i forhold til trajektoriefordelingen etter en time, vil det for tilfeller der personen har driftet under en time, utføres søk i område med lav POC, noe som ikke vil representere et optimalt søkemønster. Dermed er det fornuftig å se på det totale utbredelsen og regne fordelingen som proporsjonal med tiden. Det gjør at fart til utbredelsen av fordelingen kan beregnes.

Distansen på første legg kan utledes som under:

$$\begin{aligned}D_{drift} &= D \\tV_{Drift} &= V_{Fartøy}(t - t_{vente}) \\t_{vente}V_{Fartøy} &= t(V_{Fartøy} - V_{Drift}) \\t &= \frac{t_{vente}V_{Fartøy}}{V_{Fartøy} - V_{Drift}}\end{aligned}$$

$$D_{drift} = V_{Drift} \frac{t_{vente}V_{Fartøy}}{V_{Fartøy} - V_{Drift}}$$

$D_{drift}$  = Driftsdistansen objektet driver før fartøyet når det igjen

$V_{Drift}$  = Driftsfarten til objektet

$V_{Fartøy}$  = Farten til fartøyet

$t$  = Tiden totalt gått fra drivstart til fartøyet tar objektet igjen

$t_{vente}$  = Tiden det tar før fartøyet starter på det planlagte søket

Det en gjør for å starte og lage et søkemønster opp mot drivbaneberegningene etter en time, er at en tar avstanden fra LKP til trajektoriefordelingspunktet som har driftet lengst og multipliserer det med tidsforholdet mellom tid brukt før søket starter og en time.

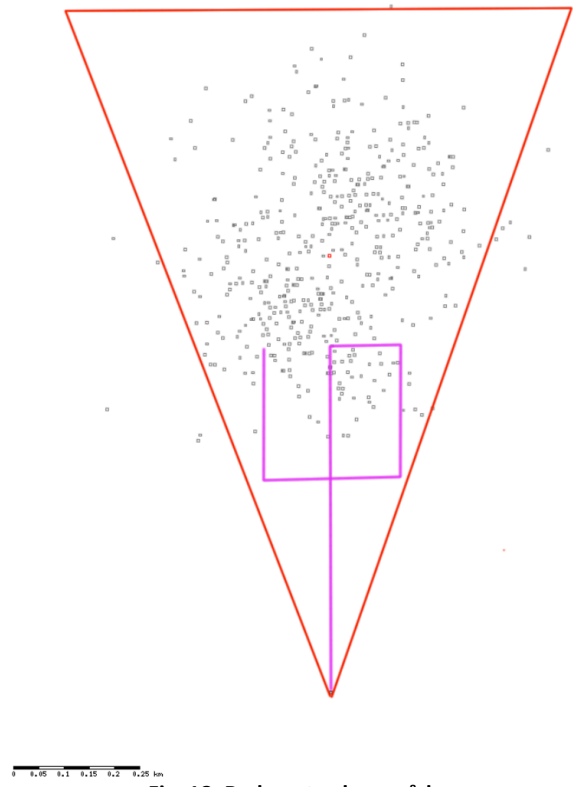
$$D_{Drift} = \frac{t_{vente}}{60 \text{ min}} D_{Makx}$$

Dette vil gi distanse på første kurs. Det vil gi en god sikkerhetsmargin med tanke på at søkebredden strekker seg lengre og vil kompensere for feilkilder og feil på grunn av overslag i utregningen. Et overslag som gjøres er at det ses vekk fra drift distansen til objektet mens fartøyet beveger seg langs første kurslinje.

Utformingen av søket vil foregå som utformingen av søk etter en time bortsett fra det skaleres ned til hensiktsmessig størrelse. Den øverste linjen i trekanten trekkes da ned til driftsdistansen gitt av tid gått siden driftsstart, og vil definere søkeområde. Det går en grense for hvor kort tid det har gått før det er hensiktsmessig å benytte et optimalisert søkemønster. Har det gått liten tid og avdriften ikke er særlig stor vil det være uhensiktsmessig å planlegge med et slikt søkemønster. Det vil da kanskje være mer gunstig å benytte konvensjonelle metoder som er hensiktsmessig når datum er relativt sikkert.

Er det gått en viss tid kan en starte søket som forklart, etter samme måte som tidligere forklart. Dette er illustrert i fig. 18.





**Fig. 18: Redusert søkeområde**

En kan se ut av fig. 18 hvordan det vil være presentert i et tilfelle der man definerer en trekant i forhold til drivbanedata etter en time. Som beskrevet antas det at utbredelsen er proporsjonal med tiden og trajektoriefordelingen kan da presenteres som vist på fig. 19.

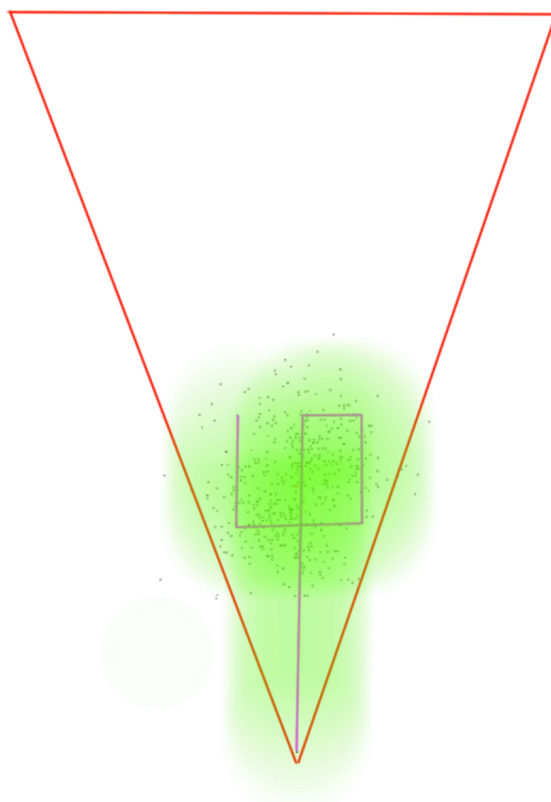


Fig. 19: Søk i redusert søkeområde

Hensikten oppnås ved å skalere søket ned, fokusområde er opprettholdt ved at søket konsentreres i forhold til hvor trajektoriefordelingen ligger. Dess kortere tid moderfartøyet bruker på å starte søket med optimalisert søkemønster, jo mindre utbredelse har trajektoriepunktene. Med det vil ikke søkeområdet i praksis bli stort, så da må det gjøres en vurdering på om det bare skal planlegges med en kurslinje i søket, eller at andre metoder for planlegging av søk skal benyttes.

### 4.3 Navigatørens og søksplanleggerens rolle

Det er en viktig oppgave søksplanleggeren har. Det skal planlegges et søk etter en person som har falt over bord, og det må skje raskt slik at personen kan bli gjenfunnet og tatt om bord i live. Søksplanleggeren må arbeide fort og ha kildene tilgjengelig slik at data kan analyseres. De analysene og vurderingene som tas er basert på erfaring og kunnskap og blir avgjørende for et søkeresultat. Det som er oppgaven er å få presentert et søkemønster til navigatøren så fort som mulig, slik at det kan startes et søk. Søkemønsteret bør presenteres som en oversikt over søkekursene. Første kurs med distanse fra posisjon LKP bør gis så snart som mulig. Deretter bør kursene bli presentert på et ark som vist i tabell.

Tabell 7: Oversikt over kurser for søkemønster

Kursnr(LKP:66.00N010.00Ø)	Kurs	Distanse på kurs
1	000 <sup>o</sup>	0.8 nm
2	090 <sup>o</sup>	0.1 nm
3	180 <sup>o</sup>	0.2 nm
...		

Trekantenfiguren av søkeområde som lages bør overføres til skjermbilde på navigasjonsutstyret da dette visualiserer søkeområde for navigatøren. Da har han noe å forholde seg til, noe som vil forenkle oppgaven med å navigere. I dag er det forskjellige måter å presentere dette på i de ulike kartsystemene. Det kan ta tid å legge ut, da brukergrensesnitt er av forskjellig nivå fra de ulike utstyrsleverandørene. Søkemønstre kan også i prinsippet overføres fra forskjellige søksplanleggingsverktøy til kartmaskin, noe som forenkler prosessen. Så snart søksplanleggeren har gitt navigatøren den informasjonen han trenger for å kunne utføre søket, vil det være naturlig for søksplanleggeren å begynne å tenke på videre aksjon, om ikke søket skulle føre til suksess. Det vil da være hans oppgave å komme opp med påfølgende søkemønstre.

Navigatøren har i oppgave å føre moderfartøyet trygt frem langs søkemønsteret som er laget av søksplanleggeren. Det er også hans oppgave å bistå utkikkene og sørge for at utkikksektorene til hver enkelt blir opprettholdt. Videre vil han holde skipet på kurs og utføre tårn i henhold til plan. Enkelte tårn i forbindelse med slike har en liten tårnradius noe som gjør at navigatørens fokus konsentreres på navigering. Ved søk i mørke bør navigatøren vurdere hvor hensiktsmessig det er med liten tårnradius for å holde seg til søkemønstre. Det må vurderes siktforhold opp mot nødvendigheten å holde smal søkebredde. Vil det utføres et antatt bedre søk ved å øke søkebredde bør det vurderes. Spesielt for søk i mørke, vil mange tårn vanskeliggjøre sveip med lyskaster.

#### **4.4 Svakheter**

Ved å utvikle en metode for utvikling av nye søkemønstre vil det være en del usikkerhetsmomenter og svakheter ved disse. Det er viktig å være klar over når de skal testes eller benyttes i et reelt tilfelle. Er man klar over svakhetene vil det kunne gjøre navigatørens vurdering av hvilken metode som skal benyttes, bedre. Hensikten er at navigatøren skal være klar over svakheter og kunne ta fornuftige vurderinger på bakgrunn av en helhetsforståelse.

I drivbaneberegningene benyttes ulike typer modellbaserte utregninger som utføres på bakgrunn av statistiske og empiriske data. Det er vind, overflatestrøm og havstrøm, hver av de prognosene er basert på forskjellige modeller. Til slutt samles alle data og benyttes til drivbanemodellen for igjen å gi ut data. Den totale usikkerheten i selve trajektoriefordelingen som drivbanemodellen gir, kan være en usikkerhetsfaktor ved bruk av metoden.

Overslag som gjøres for å effektivisere planleggingen og selve søket er gjort med tanke på å finne objektet etter kortest mulig tid. Det kan føre til redusert POC da målet er å søke der det er høyest konsentrasjon av trajektorieobjekter tidligst mulig. Da kan det medføre at enkelte trajektorieobjekter faller utenfor dette første søket som gjøres etter metoden for optimalisert søkemønstre.

Det gjøres antagelse på at utbredelsen er proporsjonal første timen. Det er en antagelse som kan føre til noe usikkerhet. De eksterne kreftene virker som kjent ikke konstant på legemet. Det vil føre til avvik i forhold til antagelsen om proporsjonalitet.

Ved liten avdrift vil det ikke kunne dannes en fornuftig søketrekant som vil representere søkeområdet. Det vanskeliggjør metoden i bruk.

Med korte søkelengder og mange tårn kan søket bli svekket. Når fartøyet tårner vil sensor som skal oppdage objektet bli forstyrret, og en elimineringsmetode som den enkelte sensor som for eksempel utkikk har laget seg som rutine, blir forstyrret. Det kan igjen føre til at områder kan bli utelatt av utkikken. Navigatøren vil også bli veldig bundet til oppgaven å manøvrere skipet. Det med små søkeområder kan være avgjørende for om metoden er realiserbar.

I mørket vil stabile kurser være svært avgjørende for om en som styrer lyskasteren klarer å holde den stabilt i et søkefelt. Oppdager en et objekt med lyskasteren i et tårn vil det være utfordrende å holde lyskasteren på objektet om fartøyet tårner med liten tårnradius.

Det finnes ingen kjente øvelser eller reelle tilfeller som er dokumentert, der liknende metoder er utforsket. Noe som gir lite grunnlag for om metoden har noe videre større effekt enn dagens konvensjonelle metoder.

Kommunikasjon er en viktig del av alle operasjoner, og er et stort tema i seg selv. I dette tilfellet vil det være et viktig moment og en utfordring i og med det ikke er kjente søkemønstre som skal kommuniseres. Det er ny tankegang og det kan fort føre til at informasjonsflyten blir et svekkende moment.

#### **4.5 Vurdering**

Når søkeområdet er definert slik, antas det å gjøre søket mer effektivt i forhold til å benytte konvensjonelle søkemønstre. Konvensjonelle søkemønstre kan ved forskjellige situasjoner være mest hensiktsmessig å benytte. Dette vil være en vurdering. Som nevnt er ekspanderende firkant søk og sektorsøk vel anvendelig i situasjoner som har relativ sikker datum, og vil i tilfeller med lite avdrift kanskje være mest fornuftig å benytte. Det som vurderes, er om de konvensjonelle søkemønstrene blir ugunstig når avdriften er stor, gjerne med høye bølger, sterke vinder og dårlig sikt. Det er da større mulighet for at objektet ikke kommer til syne og en må sette i gang et organisert søk. Da kan det være mer hensiktsmessig med et søk som utnytter potensiale i drivbanedata. For å kunne, på en mest mulig effektiv måte søke etter objekt i sjøen, skal man utføre et søk etter mest hensiktsmessige måte. Det ultimate målet for alle søksplanleggere er å lage en plan for å utnytte alle tilgjengelige ressurser slik at en maksimalt øker sjansene for å finne objektet på minimalt bruk av tid (Frost, 1999). Det er med såkalte optimaliserte søkemønstre gjort et forsøk på å definere en metode for å kunne tilfredsstille dette ultimate målet på en bedre måte enn det som er dagens praksis, hva gjelder det spesifikke tilfelle ved mann over bord hendelser og med de parameter som er satt for metoden.

#### **4.6 Adaptiv for flere tilfeller**

Søkemønstret kan om mulig adapteres til andre situasjoner. Dette vil videre være å forlenge tidsaspektet på en time til flere steg, altså drivbaner som har gått over flere timer. Dette er noe som ikke vurderes i dette prosjektet men kommenteres her.

Det kan være veldig aktuelt er å se på mulighetene for å ta denne metoden over til andre drivende objekt. Det vil mest sannsynlig bare kreve noe redigering av metoden. Dette primært for objekter som ikke utsettes for betydelig "jibing". En metode for objekter som utsettes for det vil ikke bli kommentert videre. Objekter som driver utover en time vil som sagt være aktuelt å se på. Det kreves antageligvis ikke så mye videreutvikling av metoden. Her er utfordringen å vurdere de forskjellige kursforandringene og konstruere effektive søkemønstre med tanke på det at trajektoriefordelingen vil være representert på et større område. Tidsaspektet er nødvendigvis mye større på tilfeller som ikke involverer MOB. Overlevelsestid for eksempel for personer i flåte, er mye lengre. Det vil på andre måter kunne være ressurssparende å finne objekter mer effektivt uten å måtte søke i områder med lav POC. Med gode drivbanedata vil det være gode muligheter for å kunne adaptere metoden slik at en får et fornuftig utbytte, sett opp mot tradisjonelle søkemønstre. En vil også her være avhengig av at trajektoriefordelingen til modellen faktisk representerer stedet hvor det savnede objektet befinner seg.

#### **4.6.1 Savnet MOB**

For tilfeller hvor det ikke vites tidspunkt for når en person falt over bord gjør det vanskeligere å finne personen igjen. Området vil bli betraktelig større og usikkerheten er da definert av fartøyets kurs og fart, og hvor lenge personen er savnet. I slike tilfeller anbefaler som regel HRS å gå resiprok kurs for å søke etter savnede. I utviklingen av metoden er det fokusert på å komme frem til en prosedyre som skal øke muligheten for å finne folk som fortsatt er i live. Et søk etter personer som har vært savnet en stund, vil være mer utfordrende enn et søk etter en person med kjent LKP. Når det gjelder slike tilfeller kan det være snakk om at personer allerede har vært savnet i flere timer før det i det hele tatt blir lagt merke til. Eksempelet fra fig. 20 snakkes det om et tidsintervall som kanskje ikke representerer et reelt tilfelle. Prinsippet blir likevel det samme.

Ved slike tilfeller vil drivbanen som hentes ut representere en fordeling som et utstrakt rektangel, som vist i fig. 20. Eksempelet som vist under er tatt en vilkårlig plass i Barentshavet, bildet til venstre viser utgangsfordelingen der klokkeslettet er rundet av til nærmeste time i modellen. Fartøyet har transisert 3 nm siden personen muligens falt over bord. Radius for usikkerhet er satt som 0.1 nm som representerer usikkerhet i posisjon langs kurslinjen. Overflatestrømmen i området er på 0.6 kn den første timen.

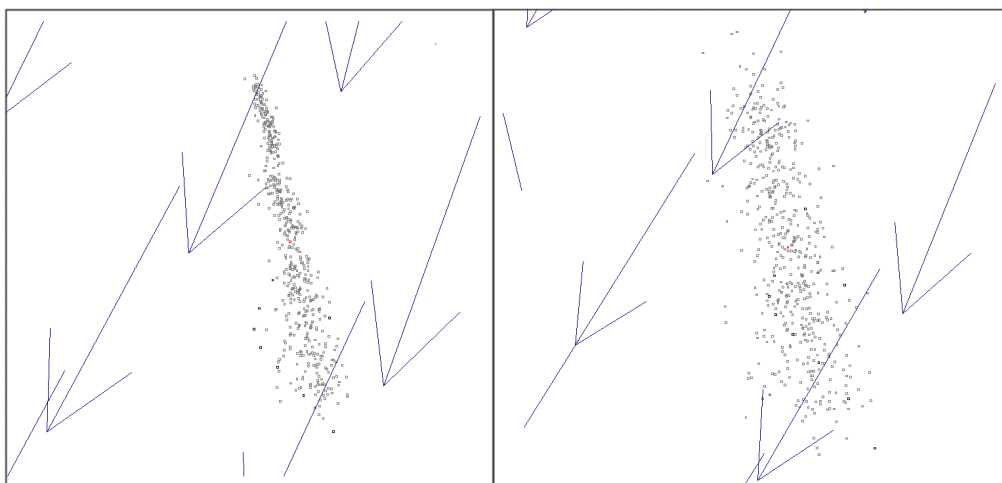


Fig. 20: Drivbane der LKP er langs en linje

I løpet av første timen har radius for avdrift rundt middelverdi for fordelingen økt til ca 0.8 nm, bildet til høyre i fig. 20. Et søk ved et slikt tilfelle for å få høyest mulig POS, vil være vanskelig å vurdere effektivt. For hvert enkelt tilfelle må trajektoriefordelingen vurderes. I dette tilfellet der POC er fordelt på et så stort område, gjør det vanskelig å kunne vurdere effektivt et spesialtilpasset søkemønster.

Et forslag er å interpolere driften til middelverdien og sette kursen mot og gjennom dette punktet. Da vil eventuell drift av den savnede tas hensyn til, noe som ikke gjøres hvis et resiprok kurslinjesøk gjennomføres. Forslag vises på fig. 21. Legg merke til at det kan være hensiktsmessig å øke søkebredden utover i søket.

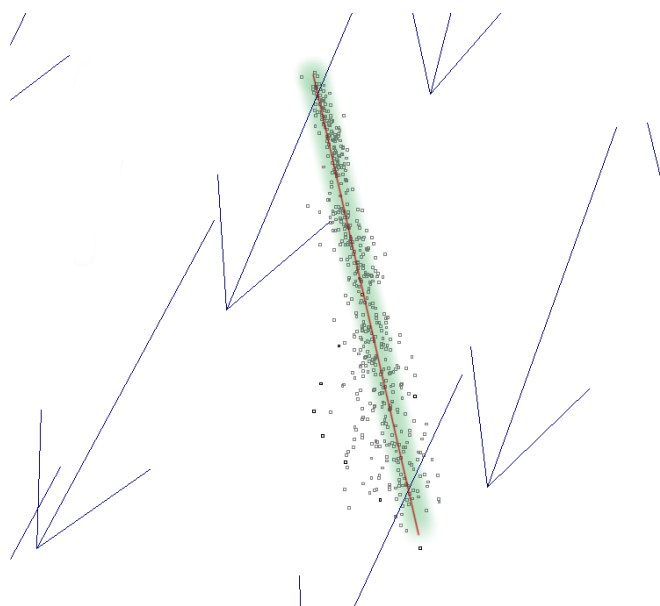


Fig. 21: Forslag til søk etter savnet MOB

Søkefartøyet vil da som en ser på fig. 21 starte søket i en tilnærmet resiprok kurs for å få med seg flest mulig av trajektoriepunktene. Kursen går gjennom det røde middelpunktet og tar da hensyn til avdrift. En resiprok kurs ville ikke tatt hensyn til avdrift og dermed ikke søkt i område med høyest mulig POC. Figuren viser at de fleste punktene tas med i søket. Hensikten må også i dette tilfellet være å søke gjennom flest mulig trajektoriepunkter innenfor en viss mulig overlevelsesperiode. Slik at sannsynligheten for å finne personen i live er maksimal.

Slik som drivbanemodellen er bygd opp vil den ha 500 trajektoriepunkter å fordele. Ved et slik tilfelle vil disse punktene slippes ut fordelt over distansen fartøyet går. I praksis vil det si at de første punktene har driftet et visst antall minutter eller timer mer enn de påfølgende punktene som slippes ut. Dette gir en større avdrift for de første punktene som slippes ut enn for eksempel de siste. Søk etter en savnet person i kalde omgivelser vil ha en lav POS, avhengig av område og tid person har vært savnet. Et scenario der noen blir meldt savnet, vil den personen mest sannsynlig ha vært savnet en stund. Ved SAR i nordområdene med lave temperaturer vil personen i vannet være avhengig av å bli meldt savnet relativt raskt, deretter bli funnet og berget. Dette er noe som mest sannsynlig i de fleste tilfeller vil være å betegne som et liksøk. Å utvikle en spesiell metode for å spesialisere søkemønstre vil trolig bli lite anvendelig for berging av liv.

## 5. Felttester

### 5.1 Forberedelser

#### 5.1.1 Hensikt

Felttestene har som mål å utforske mulighetene for å definere en prosedyre som kan effektivisere søk etter mann over bord.

Hvis en faller over bord på et fartøy vil denne personen være avhengig av å bli plukket opp av moderfartøyet. Som tidligere nevnt er temperatur og klima i nordområdene avgjørende for overlevelsen for en person i vannet, her er vanntemperatur vesentlig. Personen er avhengig av å bli funnet relativt raskt for å kunne ha best mulighet for overlevelse. Hensikten for felttestene er å undersøke mulighetene for raskt å plukke opp en person i vannet som er ute av sikte. Når en person er ute av sikte vil det være naturlig å starte et søk, for ikke å famle i blinde vil man ta i bruk alle tilgjengelige hjelpemidler. I disse testene vil det bli fokusert på hjelpemidler for planlegging av søk, herunder drivbaneberegninger og valg av søkemønstre på bakgrunn av de beregningene man henter ut fra MI. Da blir naturlig fokusområde som momentliste nedenfor:

1. Avgjøre høyest sannsynlig LKP
2. Bestemme type søkemønster ut ifra drivbaneberegninger. Her under form, utbredelse, posisjon og start kurs.
3. Kommunikasjon (dette er ikke kjente søkemønstre)
4. Planlegging av søket
5. Test av og forbedring av prosedyre for søk.
6. Dokumentere faktisk drivbane og sammenligne drivbaneberegninger fra MI.

Fokuset på tilgjengelig utstyr for å kunne oppdage personen, nattkikkert, termisk utstyr, etc., vil ikke bli lagt vekt på under disse testene.

Det vil også i en slik situasjon være avgjørende hvordan fartøysbesetningen er trent for å plukke opp en person fra sjøen. Vurdering av prosedyre for dette, vil ikke bli tatt med som en del av dokumentasjonen.

Hensikten er å få undersøkt og testet prosedyren under forskjellige scenario og om det er praktisk gjennomførbart å benytte seg av ulike søkemønstre for raskere å finne igjen person i vannet.

#### 5.1.2 Planlegging

Forsøkene er avhengig av god planlegging. Fartøyets og dens besetning er avhengig av å være godt informert om hva som skal skje under forsøkene. Da forfatter har ansvaret for planlegging og gjennomføring vil jeg være avhengig av god hjelp fra fartøysbesetningen. Herunder er det da viktig at alle er vel informert gjennom infomøte før forsøkene starter. Momenter i planleggingen som må være vurdert og analysert før forsøkene starter kan være avgjørende for kvaliteten i resultatet og videre for troverdighet for oppgaven.



Noen viktige momenter er listet under:

1. Informasjon til de involverte må være konsis og klar.
2. Utstyret må være i orden og riktig montert.
3. Tidsaspekt.
4. Prosedyre for hvert forsøk
5. Organisasjon på bro og deres rolleavklaringer
6. Strøm, vær og vind er usikkerhetsmoment
7. Forholdene i pkt. 6 må være slik at metoden kan benyttes

Det kreves god planlegging, for å få alle momentene på plass. I tillegg skal hvert tilfelle dokumenteres tilstrekkelig, slik at datagrunnlaget blir egnet for god analyse. Informasjon til den enkelte deltaker gis gjennom en felles brief eller infomøte. Denne vil bli holdt i forkant. Først en generell del for hva prosjektet går utpå, slik at alle har en formening om hensikten. Deretter en del for de involverte som går på hvilke oppgaver den enkelte vil ha for at forsøkene blir gjennomførbare. Oppgavene blir fordelt slik som tabell 8 viser:

Tabell 8: Oppgaver ifm. felttest

Oppgave/rolle	Tilleggsoppgaver
Dropp av dukke	Informerer bro, har status som observatør
Vaktsjef på bro	Koordinerer dropp, ivaretar sikkerheten, sørger for at ikke dukke kommer utenfor AIS rekkevidde, observatør
Rormann	Ror/utkikk, deltaker
Utkikk brovingen 2 pers.	Deltaker
Utkikk på bro 2 pers.	Deltaker

For at det skal være mulig å overvåke bevegelsen til dukkene er de påmontert en AIS transponder som kontinuerlig viser sann tid posisjon. Dette blir gjort for ikke å miste dukke eller påmontert utstyr. Transponderne kan også gi info om drivbane hvis en av de andre sensorene skulle svikte. Dette gir skipets navigatør mulighet å overvåke dukkens posisjon gjennom skipets navigasjonssystemer. Oppgaven hans foruten de vanlige sikkerhetsmessige i å føre skipet trygt frem i henhold til standard instruksjoner, blir å observere. Han vil få i oppgave å styre etter instruksene for et søkemønster som er utviklet innenfor en prosedyre. Kursene, distanse og tårn må gis nøyaktig til navigatøren for at han skal kunne utføre disse etter presisjon for å få best mulig vitenskapelig grunnlag for forsøkene. Er det hensiktsmessig å konstruere en rute med det bestemte søkemønsteret vil dette bli tilstrebet. Navigatøren vil også fungere som en veileder for utkikkene. Bestemme hvor de må ha fokuset og hva de må tenke på, på generell basis. Han skal ikke på noen måte gi spesifikke veiledninger om dukkenes posisjon, som kan undergrave det vitenskapelige arbeidet.

Utkikkene og rormann er de som er deltagende personell i selve forsøket. De vil være øynene ut. Det er de som skal oppdage dukkene. Dette er det viktig at alle har klart for seg. Slik at ikke de som har tilgang til informasjon angående posisjon til

dukkene veileder og eventuelt redusere verdien av forsøkene. Utkikkene er briefet på forhånd slik at de er kjent med oppgaven de innehar. Oppgaven som utkikk er de trent i å beherske gjennom opplæringsprogram i sjøforsvaret og om bord. Det som er viktig å presisere her er viktigheten av at de ikke lar informasjon som kommer fra navigasjonssystemene om posisjon, påvirke hvordan de utfører oppgaven som utkikk. Er det mørkt vil naturlig de to utkikkene som befinner seg inne på bro bemanne lyskastere.

### **5.1.3 Utstyr**

For å kunne gjennomføre forsøk med de parameter som er satt, er en avhengig av nøyaktig posisjoneringssystem og mest mulig reelle inngangsverdier når det gjelder vekt og stilling på dukker. Av utstyr som blir nødvendig for gjennomføring er:

1. 2 Mann over bord dukke, ca. 70-80kg.
2. 2 Redningsvester m/refleks og lys
3. 2 SRS AIS Transpondere
4. 2 GPS Logger

For å kunne planlegge og gjennomføre, loggføre og dokumentere trengs det i tillegg tilgang til en fungerende PC med tilhørende søkeplanleggingsverktøy. Dette er om bord i dag som en del av programmet Teleplan Maria. Det er også viktig å ha tilgang til MI sin database slik at drivbaneberegninger kan hentes ut i sann tid.

### **SRS AIS**

Dette er en AIS-transponder for bruk ved operasjoner der brukeren er spesielt utsatt for å falle over bord. Det er en nyanskaffelse i kystvakten. Den må aktiveres manuelt for å starte sending. Senderen distribuerer AIS-data til omkringliggende mottakere i en radius på ca. 4 nm. Data mottatt fra denne enheten presenteres som et AIS-objekt på kartplotteren samt at det mottas en sikkerhetsmelding med en unik ID for hver av senderne. Denne senderen skal i felttestene benyttes som en enhet som kan overvåkes, slik at dukken ikke driver utenfor kontroll. Posisjonsdata fra denne senderen kan også benyttes for dokumentasjon.

### **GPS Logger**

Til å logge drivbanen benyttes to stk. GPS-dataloggere av type NIKE+ Sportwatch GPS. Disse har vært testet i forkant av felttestene og nøyaktigheten er funnet tilstrekkelig. De er oppladbare og lagrer GPS-data hvert sekund og har en batterilevetid på opptil 8 timer.

### **KV Andenes**

Kystvakten har i dag 15 operative fartøy, 6 av disse fartøyene patruljerer i Barentshavet og har som en av mange oppgaver å lede og drive søk og redningsoperasjoner. Primært innenfor operasjonsområdene til Kystvakten, men blir også benyttet som bistand til politiet i søk og redning på land i kystnære områder. Kystvakten har i Barentshavet helikopterbærende fartøy, som reduserer responstid og øker rekkevidden betraktelig.

Som en del av oppgavene til Kystvakten, er beredskap for oppgaver som omfatter søk og redning. Kystvakten blir i slike oppdrag et viktig verktøy for HRS. Det at KV

Andenes prioriterer å bruke tid på dette prosjektet vil sammen med dokumentering av felttester, forhåpentligvis være nyttig lærdom for SAR-organisasjonen om bord. Dato og tidspunkt for felttestene vil være bestemt av øvrig kystvaktaktivitet. Det vil bli forsøkt å tilrettelegge slik at strøm, vind og værforhold er mest mulig lik parameter satt for felttestene.

#### **5.1.4 Utførelse**

Det vil bli forsøkt gjennomført 4 scenario. Hensikten er å få to runs på to forskjellig metoder. Dette vil gi et bedre grunnlag for analyse enn om det gjøres fire uavhengige forsøk. Blir det tid til flere, vil det bli gjennomført ad-hoc.

Scenario blir utført med den største realisme som et kystvaktfartøy kan komme ut for. Begge scenario bygger på å lete etter personer som har falt på sjøen. I begge tilfeller er LKP relativt nøyaktig satt som et inngangsparameter. Tidsaspektet vil være mellom 30 min til, 1 time og 30 min.

Dukkene skal drive en stund slik at probabilitetsfunksjonen til MI sin modell får et tidsaspekt. Dette også for at ikke dukken skal bli funnet etter for kort tid og for at det skal kunne bestemmes et fornuftig søk ut ifra data fra modellen.

#### ***Strøm og vind***

Når felttestene skal gjennomføres er de avhengig av at dukken blir utsatt for en del krefter, som vil medføre at dukken får en avdrift av betydning. Dette vil føre til bedre resultater for analyse. Begrensningene er ikke absolutt for å få resultat. Ved at dukken utsettes for større krefter vil tidsaspektet for felttesten påvirkes.

Det vil også være mer situasjonsrealisme rundt en test med store ytre påvirkninger eller krefter da det er i disse tilfellene det er mer sannsynlig å miste posisjonen til en person som er falt i vannet.

#### ***Sikt***

Når en ser på sikt opp mot behov for bruken av søkemønster eller metoden, er det relevant. Det optimale for felttestene vil være å ha dårlig sikt for at det skal bli vanskeligere å oppdage objektet i de forskjellige scenario. Som en følge vil det stille høyere krav til søkebredde og søkemønster.

Dette er ikke noe som kan bestemmes som en inngangsparameter, når tidspunkt for felttestene er avhengig av øvrig kystvaktaktivitet.

Kort tid etter gjennomføring hentes "hindcast" fra MI. Lokale sensorer ombord analyseres også når testene startes og noteres under forsøkene. Det noteres at sensorer om bord har begrenset nøyaktighet.

### **Felttester**

For enkelhets skyld presenteres selve gjennomføring i tabell under.

**Tabell 9: Gjennomføring av felttester**

<b>Nr (ca. tid)</b>	<b>Aksjon</b>	<b>Notat</b>
1 (00:00)	Dukke 1 går i vannet med tilhørende aktiverte utstyr	Nøyaktig posisjon noteres av navigatør
2	KV Andenes flytter seg 2 nm bort fra dukke 1	
3 (00:15)	Dukke 2 går i vannet med tilhørende utstyr	Nøyaktig posisjon noteres av navigatør
4 (00:30 )	Drivbane for dukke 1 hentes ut og søkemønster konstrueres	KV Andenes går til LKP for dukke 1, utkikk etableres
5	Navigatør får søkemønster som skal følges og starter søket.	Søksplanlegger legger ut trekant/rute i kartmaskin
6	Planlagte søkemønster sammenlignes med aktuell drivbane	Tas en avgjørelse om det er aktuelt å fortsette søk.
7 (01:00)	Dukke 1 plukkes opp	Forhåpentligvis etter vellykket søk. Navigatør noterer klokkeslett ved funn.
8 (01:15)	Drivbane for dukke 2 hentes ut og søkemønster konstrueres	KV Andenes går til LKP for dukke 2, utkikk etableres
9	Navigatør får søkemønster som skal følges og starter søket.	Søksplanlegger legger ut trekant/rute i kartmaskin
10	Planlagte søkemønster sammenlignes med aktuell drivbane	Tas en avgjørelse om det er aktuelt å fortsette søk.
11	Dukke 2 plukkes opp	Navigatør noterer klokkeslett ved funn.
12(01:45)	Utstyr demonteres og data hentes ut.	

Felttestene vil bli gjennomført i Barentshavet i oktober 2013. Lokasjon er satt til å være i et område der det under felttestene vil være betydelige strømforhold. Dette er en verdi som kan påvirkes med riktig posisjonering. Vind og værforhold er parameter som ikke like lett kan påvirkes. Det vil som nevnt være gunstig med redusert sikt. Vind og bølger vil være med på å vanskeliggjøre søket, noe som er ønskelig for å få realisme i forsøket.

Det er planlagt med to forskjellige scenario:

1. En person har falt over bord fra KV Andenes. Den første manøver for innhenting av person mislykkes, slik at posisjon på person ikke lenger er positiv. Dette medfører at søk må startes etter metode. Dette er dukke nr. 1, som søkes etter først, men er den andre dukken som hives over bord. Den skal drive 30-40 minutter før søket startes.
2. En person har falt over bordet fra et fiskefartøy. KV Andenes er ca 1 time unna når beskjeden mottas. Dette er den første dukken som hives over bord, dukke nr. 2 og skal drive i 1-2 timer.

For at dukkene som objekt skal få tid til å påvirkes av resultantkrefter av betydning vil det være nødvendig å droppe dukkene parallelt i forskjellige områder. Det å ha to dukker drivende samtidig mens fartøyet søker etter den ene kan føre til utfordringer. Det kan ta mer tid å søke etter den første dukken enn planlagt. Som kan føre til at inngangsparameter på drift på ca. 1 time ikke vil være gyldig. Dette løses ved at en tar ut positiv posisjon på dukke nr. 2 hver halvtime fra AIS transponder. Da kan det hentes ut drivbanedata for den aktuelle tiden slik at ikke søk etter dukke nr. 1 må avbrytes.

Under felttesten dokumenteres eventuelle erfaringer av forfatter. Forfatter er også søksplanlegger og henter ut drivbane og planlegger søkemønster. Videre vil kommunikasjon som nevnt i metode være konsis mellom søksplanlegger og navigatør.

Tidsaspektet i denne planen er tentativ. Det vil ikke være avgjørende for resultatet at tidsestimatet overholdes. Det er ment å være veiledende for deltakere.

Felttest del 2 vil om mulig etter planen utføres i mørket samme dag, med noenlunde samme inngangsverdier som del 1. Det skal sies at strømforholdene forandrer seg delvis etter tidevann, så det kan være at del 2 må utføres i et annet område. Å få gjennomført felttester også i mørke, vil kunne vanskeliggjøre selve søket med tanke på å finne dukkene. Det blir nødvendig å benytte lyskastere i søket. Det å benytte lyskastere vil gi et nytt aspekt for utkikkene. Det å oppdage dukkene vil da være avhengig av refleksjon i reflekser påmontert dukkene og muligheter å se påmontert lys. Derfor er det viktig at det skal være påmontert ved utsetting. Videre vil metoden være lik som i felttest del 1.

## **5.2 Dokumentering og resultat**

Under toktet med KV Andenes i fiskevernesonen rundt Svalbard ble det gjennomført tre dager med felttester. To av dagene ble testene gjennomført nordøst av Hopen. Den siste dagen ble testene gjennomført utenfor kysten av Senja. Det ble anledning å dokumentere to timer drift med to MOB dukker, hver av de tre dagene. Dukkene ble droppet og drivbanedata ble tatt ut for hvert forsøk. Drivbane ble dokumentert både med AIS transponder og GPS logger. Erfaringer ble gjort ved forsøkene og dokumentert i dette kapittel.

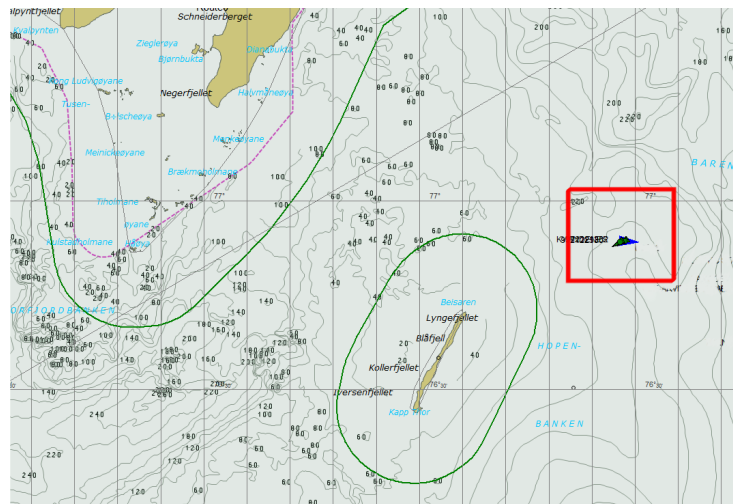


Fig. 22: Oversikt over område for dag 1 og 2

Som planlagt skulle det gjennomføres søk etter dukke i henhold til metode. Dette ble forsøkt men uten betydelig eller anvendelige resultat. Dette kan ha noe skyld i at vær- og siktforhold ikke var dårlige nok. Generelt var drivbanen for kort til at søk var nødvendig eller så var drivbanen utenfor distribusjonsområde til modellen. Å søke som beskrevet i metode ble da vurdert som uhensiktsmessig. Fokuset under forsøkene ble da primært å dokumentere drivbane, sekundært å gjennomføre søk med optimalisert søkemønster.

De forskjellige dagene hadde litt ulik konfigurasjon på dukkene. Første dagen ble det påmontert et flashlys som lett kunne sees på ca. 1 nm, selv med relativt tette snøbyger. Slikt utstyr øker muligheten for funn betraktelig. Søk i henhold til metode ble da ikke hensiktsmessig å gjennomføre. Den første av de to dukkene på dag 1 ble vurdert til å være for lett. Denne ble byttet ut til dag nr. 2. Til feltforsøket på dag nr. 3 ble redningsvest tatt av begge dukkene.

De to første dagene ble felttestene gjennomført i mørke, den siste dagen langs kysten ble gjennomført i dagslys. De to første dagene ble overlevingsdrakt valgt som det mest nærliggende til å beskrive dukkene som ble benyttet under forsøkene, PIW-4 ble da valgt som alternativ som inngangsverdi i drivbanemodellen. Dag 3 ble flere varianter forsøkt som inngangsverdi til modellen.

Dukkene ble droppet med noe mellomrom i distanse slik at ikke de skulle forveksles i et eventuelt søk. Data fra drivbanemodell ble hentet ut for begge dukkene med droppetidspunkt som referanseverdi for input til modellen. Videre ble drivbane dokumentert og vurdert opp mot modellens drivbanedata. Etter en time ble det hentet ut ny posisjon på dukkene og nye data ble hentet fra drivbanemodell. Slik at det ble to dokumenterte drivbaner på en time hver, på begge dukkene, som ville representere data for analyse. Det ble ved hvert av forsøkene vurdert om det var mulig å utvikle et optimalisert søkemønster etter metode. Dette viste seg i tilfellene ikke å være hensiktsmessig av nevnte årsak. Likevel ble metoden delvis forsøkt ved dag 2.

Meteorologiske data er "hindcast" data fra området, ved nærmeste gridpunkt i henholdsvis 8 km atmosfæremodell, 10 km bølgeomodell og 4 km havmodell for strømdata. Bølgehøyde er for total sjø, det inkluderer vindsjø og dønninger. I tillegg

er det forsøkt gjort en lokal vurdering av vind og strøm. Vindmåler tilgjengelig viste seg å fungere til tider utilfredsstillende. Inngangsverdier og vind, bølge og strøm data er presentert i vedlegg 1.

Det er valgt ut gitte figurer for å presentere resultatet etter felttestene best mulig. Figurene viser et eller flere grønt trekantsymbol. Dette er MOB-dukken som driver fritt. Hastighet og retning som trekanten presenterer er kun veiledende, da det under testene ble observert ganske store variasjoner. Posisjon til trekanten er det essensielle. Den blå trekanten som er presentert i noen av figurene er moderskipet KV Andenes sin posisjon. Alle de grønne små firkantene er presentasjon av MI sin drivbanemodell. Denne trajektoriefordelingen er presentert på hver figur. Den lilla linjen som avsluttes med en firkant, er datumlinjen og firkanten representerer tyngdepunktet for trajektoriefordelingen. Den andre enden av linjen presenterer da LKP som også er starten på datumlinjen. På fig. 23 er det også tegnet inn en rød linje for å vise retning og distanse dukken har driftet i løpet av en viss tid. Tiden for drift og klokkeslett for uttak av situasjonsbildet står i bildeteksten. Driftsavstand og retning etter den gitte tiden er også gitt i bildeteksten.

### 5.2.1 Dag 1

Det første forsøket ble grunnlag for en del viktige erfaringer for de neste forsøk. Det viste seg at flashlyset som ble benyttet på dukkene var synlig på stor avstand i MOB sammenheng. Sikten var relativt dårlig på grunn av tette snøbyger. Kraftig bygevind kan ha påvirket drivbanen mer enn hva som antatt i modellen. Å gjennomføre et søk etter metode, ble tidlig avkreftet som hensiktsmessig, da både drivbane ikke stemte etter beregningene, og da dukkene ble oppdaget på så stor avstand. Som følge av det ble det fokusert på å dokumentere drivbane.

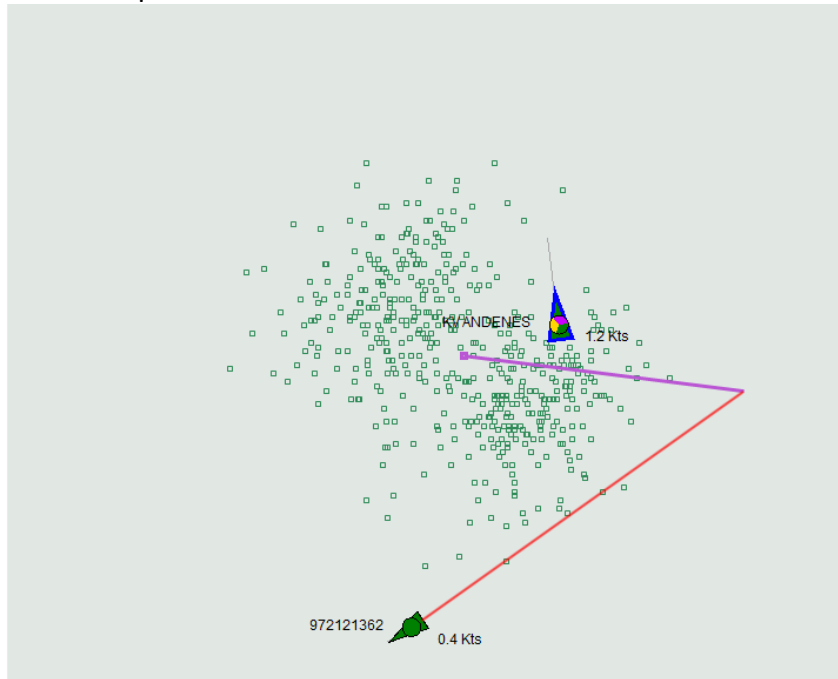


Fig. 23: Dukke 1, kl1700, 45min drift, 0,59nm-237<sup>0</sup>

Dukke 1 som ble droppet kl. 1615 hadde etter 45 minutter driftet i 0,59nm. Vi ser av fig. 23 at dette er utenfor trajektoriefordelingen. Trajektoriefordelingen representerer POC etter en time. Kl. 1715, altså etter en time har dukken driftet i samme retning med en total distanse på 0,74 nm. En ser at å søke etter metode i dette tilfellet ikke hadde hatt noen hensikt. Dukken er i dette tilfellet utenfor det trajektorieområdet og hensikten med å danne et søkeområde med utgangspunkt i modelldata faller da bort. Hadde sikten vært dårligere og lyset på dukken svakere, ville et søk innenfor trajektorieområdet trolig resultert i et søk med manglende suksess. Det hadde kanskje hatt større hensikt i dette tilfellet å gjennomføre et standard ekspanderende firkantsøk eller et sektorsøk.

Dukke nr. 2 har i samme område driftet 0,77nm i 225<sup>0</sup> etter en time. Denne dukken ble til neste forsøksdag skiftet ut på grunn av at den ble vurdert for lett i forhold til en virkelig person.



Kl. 1707 ble det tatt ut en ny posisjon for begge dukkene og ny drivbane ble hentet ut. En ser på fig. 24 dukke 1 til høyre og dukke 2 til venstre. Det ble ikke tatt ut noe strømhastighet eller retning for denne forsøksdagen da det ikke var mulig å tolke ut av tilgjengelige sensorer.

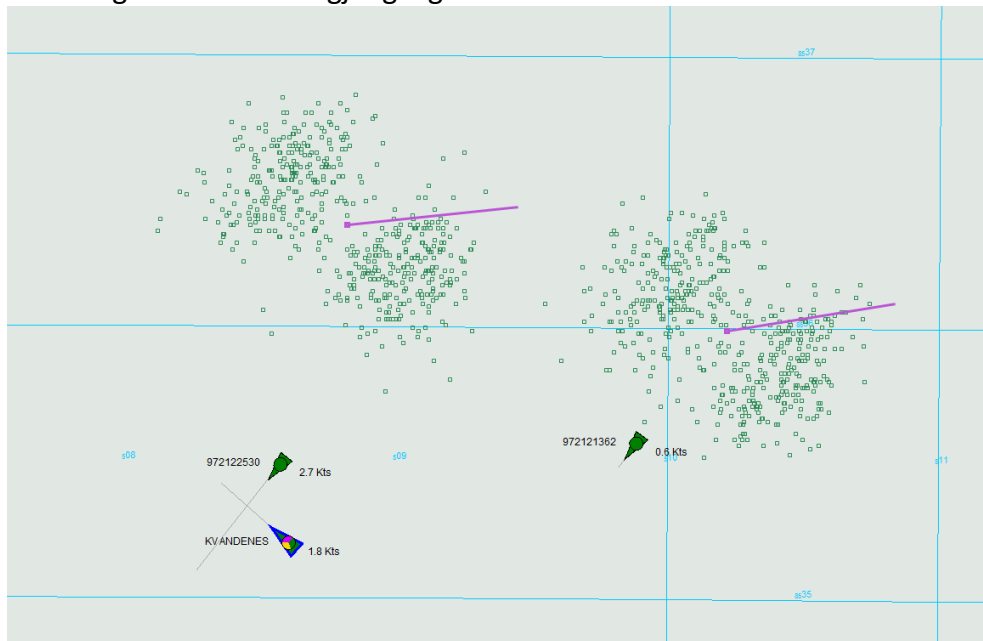


Fig. 24: Dukke 1, kl 1807, drift 1 time, 0,57nm-240<sup>0</sup>. Dukke 2, kl 1807, drift 1 time, 0,74nm-222<sup>0</sup>

Her kan en se større samsvar med modellen på dukke 1 i forhold til første forsøk. Etter en time er begge dukkene utenfor trajektoriefordelingen til modellen. Påvirkningen fra kraftig vind fra nordlig retning kan i dette tilfellet hatt større innvirkning på dukkene enn beregnet av modellen. Dukke 2 har ligget høyere i vannet og kan ha vært påvirket av vindkrefter i større grad enn dukke 1. En kan se ut ifra fig. 24 at det vil ha tilsvarende hensikt å forsøke å starte søk etter metode som på fig. 23. Dukkene ville nok bli oppdaget ved et søk etter metode, men da på grunn av andre faktorer (les. sterk flashlys) enn det som var målet med forsøket.

## 5.2.2 Dag 2

Forsøk denne dagen 31.10.13 ble utført i omtrent samme område som dag 1, ca. 10 nm lengre nord. Denne dagen var det noe mindre vind og bedre siktforhold. Dukkene er nå uten flashlys på, slik at de skal være vanskeligere å oppdage. De har fortsatt lyset fra redningsvesten og lyset fra AIS senderen, som er mye svakere enn flashlyset. For øvrig er inngangsverdiene de samme, foruten at den dukken som ble vurdert for lett, ble skiftet ut med en tyngre dukke. Fig. 25 viser dukke 1 nederst og dukke 2 øverst. Dropp posisjon er på figuren der den lilla linjen starter, her ved begge tilfeller til høyre enden av linjen.

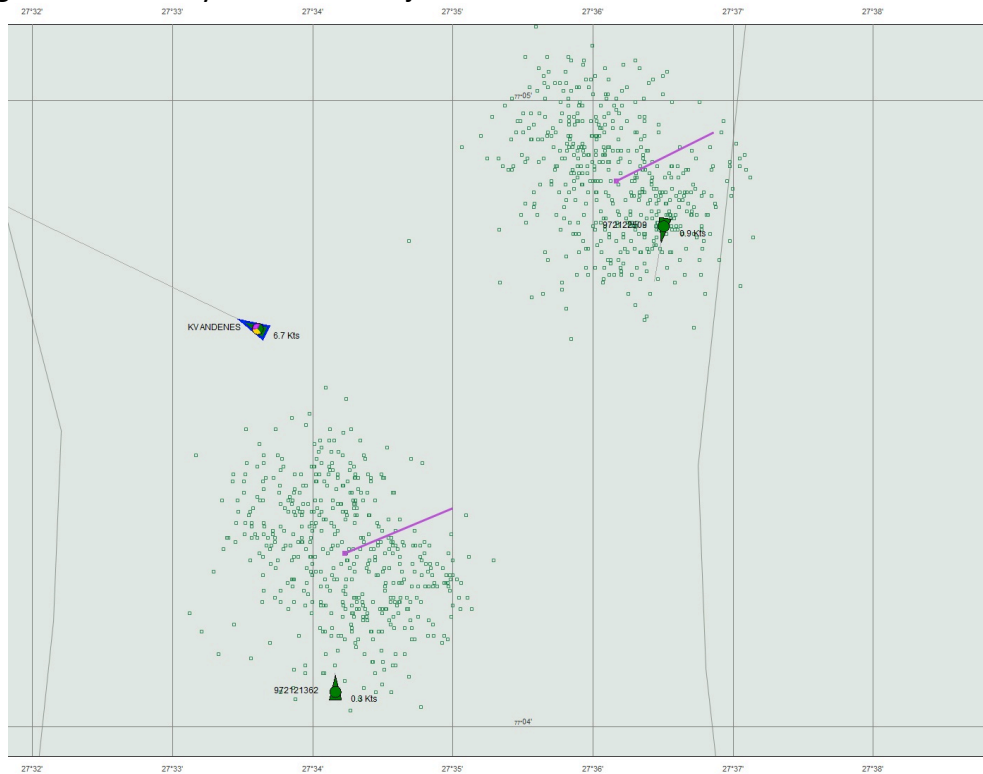


Fig. 25: Dukke 1, kl 1522, drift 58 min, 0,37nm-207<sup>0</sup>. Dukke 2, kl 1522, drift 38 min, 0,23nm-206<sup>0</sup>

På fig. 25 ser en at dukke 1 har driftet helt i ytterkant av modellens trajektoriefordeling. Det er i dette forsøket registrert relativt lik drivbane på de forskjellige dukkene. En ser at dukke 1 har driftet helt i ytterkant av trajektoriefordelingen til modellen. Det gir et annet resultat enn dag 1, og ser noe mer fornuftig ut med tanke på å kunne benytte metode for positivt søk. En ser allikevel at dukken ligger helt i ytterkant av POC området. Det ville kanskje blitt utelatt som søkeområde når fokuset er å søke først i område med høyest POC. Dette for som nevnt å øke sannsynligheten for å finne objektet tidlig i søket.

Som ved dag 1 ble det hentet ut ny posisjon etter en time, kl. 1524 for dukke 1 og kl. 1544 for dukke 2. Det ble heller ikke denne dagen tatt ut strømndata av fartøyets instrumenter da strømhastigheten var for liten.

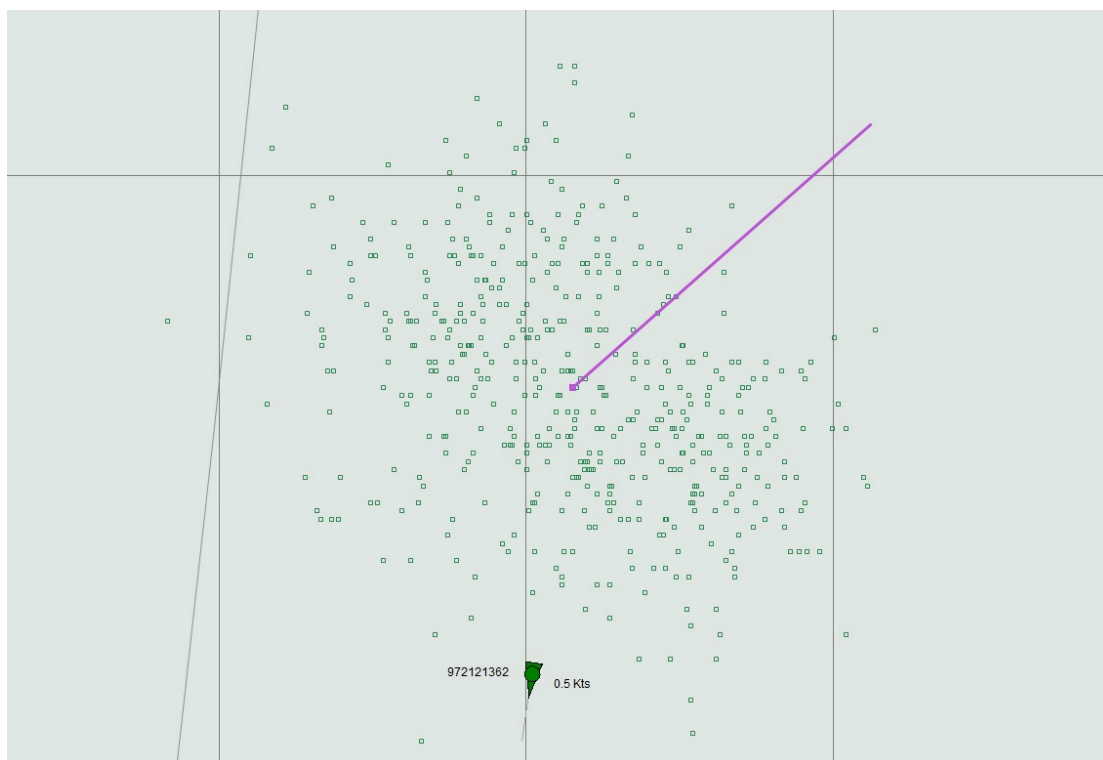


Fig. 26: Dukke 1, kl 1624, drift 1 time, 0,51nm-216<sup>0</sup>

Fig. 26 representerer driften til dukke 1 i andre drift sekvens. Denne fordelingen la grunnlag for et forsøk på å etablere et søkemønster. Det ble gjort og startet som beskrevet i metode. Søket ble avsluttet da søket skulle starte i LKP, på grunn av at dukken ble visuelt observert av en av utkikkene. Den ble oppdaget på ca 0,3nm. Dukken fikk fortsette å drive slik at drivbane kunne dokumenteres. En ser også i dette tilfellet at dukken plasserer seg uforholdsmessig i forhold til der fordelingen har høyest konsentrasjon. Det viser seg at selv om ikke dukken lå i området med høyest POC, ble allikevel dukken funnet. Det kan tenkes at noe av grunnen til at dukken ble funnet så fort var at orienteringen til søket var i riktig retning. Dukke 2 driftet 0,47nm i retning 217<sup>0</sup>, fordelingen var også forholdsvis lik.

### 5.2.3 Dag 3

Forsøkene dag 3 ble gjennomført ca. 7-8nm fra land utenfor Senja. Dukkene hadde i dette tilfellet ikke påmontert redningsvest eller flashlys. Dukkene ble droppet med lettbåt for at de skulle ligge riktig vei. Foruten dette var inngangsverdiene de samme som ved forsøksdag 2.

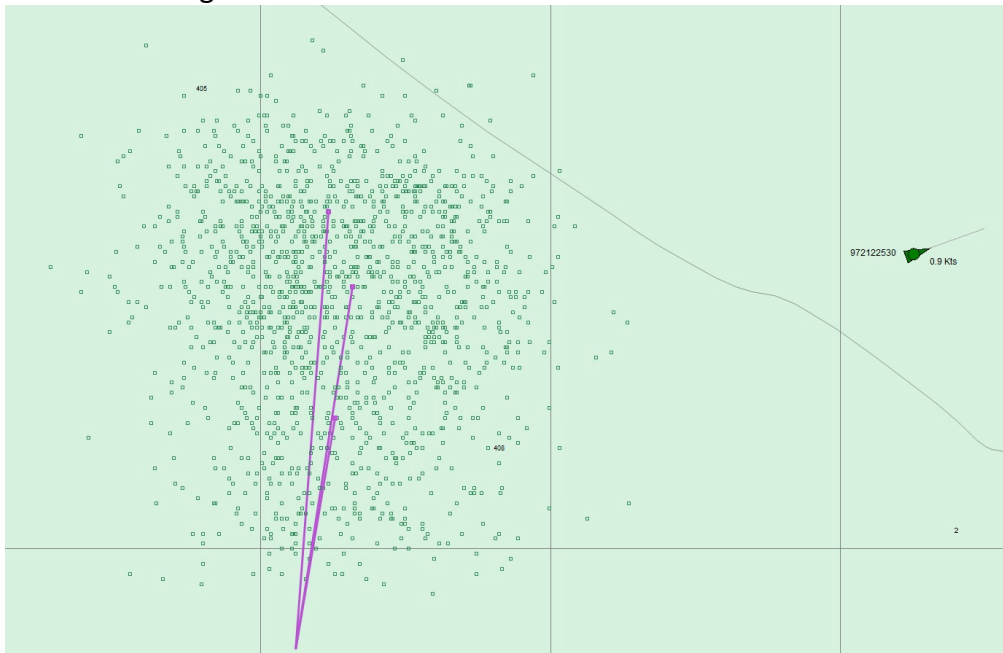
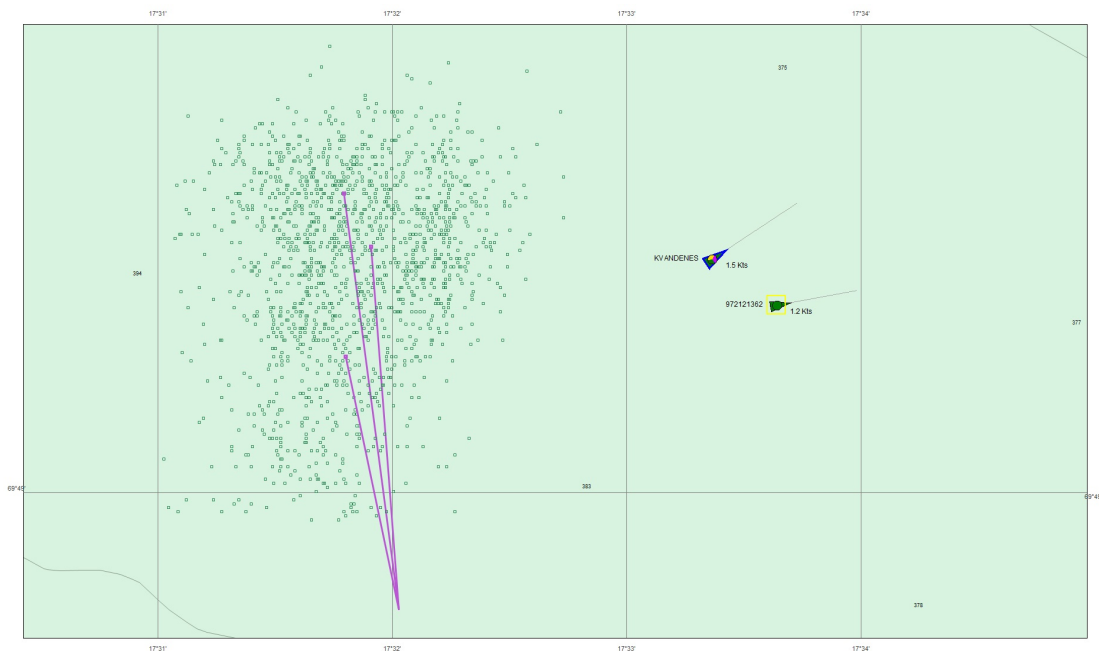


Fig. 27: Dukke 1, kl 0929, drift 1 time, 0,88nm-057<sup>0</sup>

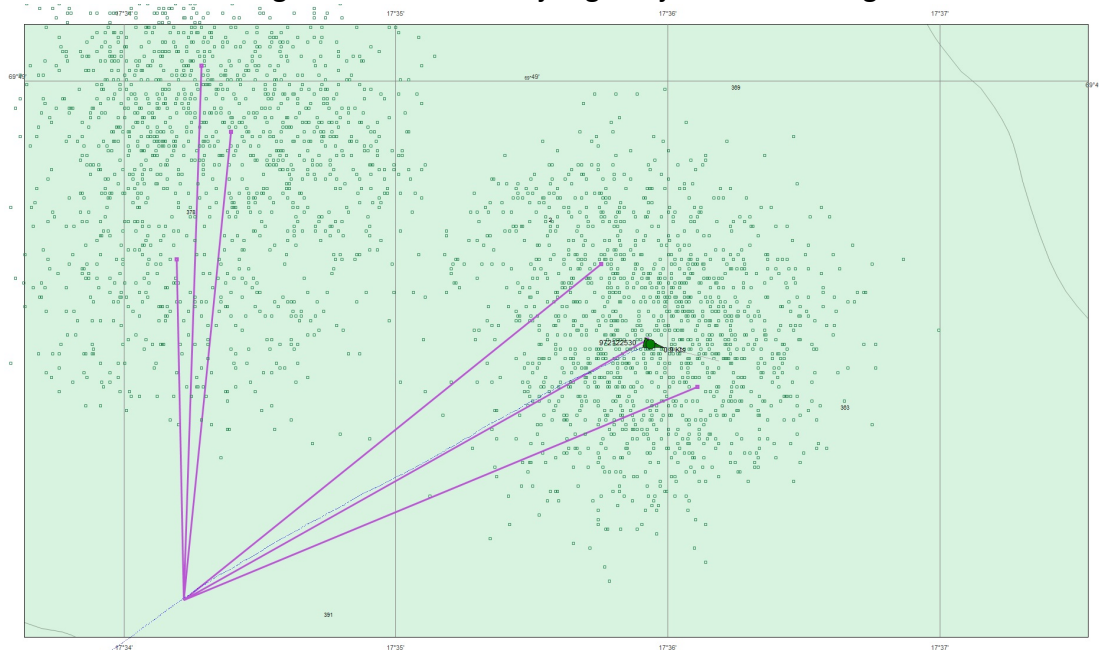
Etter en time ser en at drivbanen til dukken i fig. 27 har plassert seg langt utenfor modellens trajektoriefordeling. Det ble lagt ut tre forskjellige drivbaner fra modellen: PIW-2 (vertikal), PIW-4 (overlevingsdrakt) og PIW-6 (død, ansiktet ned). PIW 2 er datulinjen med kortest modell estimert utbredelse, så PIW-4, og lengst utbredelse har PIW-6. Det ble også her vurdert u hensiktsmessig å starte søk etter metode, da dukken er langt utenfor et eventuelt fornuftig søkeområde. Strøm og vind har her hatt forskjellig innvirkning på dukken enn det som modellen estimerer, både i retning og styrke.



**Fig. 28: Dukk 2, 0935, drift 1:05, 0,75nm-051<sup>0</sup>**

Dukk 2 driver omtrent tilsvarende som dukke 1, men med noen små variasjoner i driftsdistanse- og retning. En ser av fig. 28 at et eventuelt søk etter metode også her vil være uhensiktsmessig. Eventuelle andre søkemønster og strategier ville mest sannsynlig være mer hensiktsmessig.

Strømmen i dette området var under testene relativt merkbar, slik at det ble mulig å ta en vurdering av strømstyrke og retning, ved hjelp av driftsindikator i det integrerte systemet om bord. Det blir uansett et estimat på grunn av at vindindusert drift også tas med i den totale driftsvektor. Strøm og vind ble estimert og lagt inn manuelt som inngangsverdi til modellen. Dette ble lagt inn etter første timen, slik at utviklingen kunne observeres. Fig. 29 viser de 6 forskjellige trajektoriefordelingene fra modellen.



**Fig. 29: Dukk 1, kl 1032, drift 1:04, 0,66nm-061<sup>0</sup>**

En ser at trajektoriefordelingen med strøm og vind data modellert, på fig 29. ikke samsvarer med faktisk drivbane. En ser også at ved bruk av observerte vind- og strømverdier, kan modellen gi et mer korrekt estimat. Trajektoriefordelingen for PIW-4 ga i dette tilfellet det beste estimatet for drivbanen til dukke 1. PIW-2 gir en mer sørlig datumlinje og PIW-6 en mer nordlig. En kan se at ved bruk av metode for optimalisert søkemønster i dette tilfellet med observerte vind- og strømdata, vil en med stor sannsynlighet komme relativt nærme det drivende objekt.

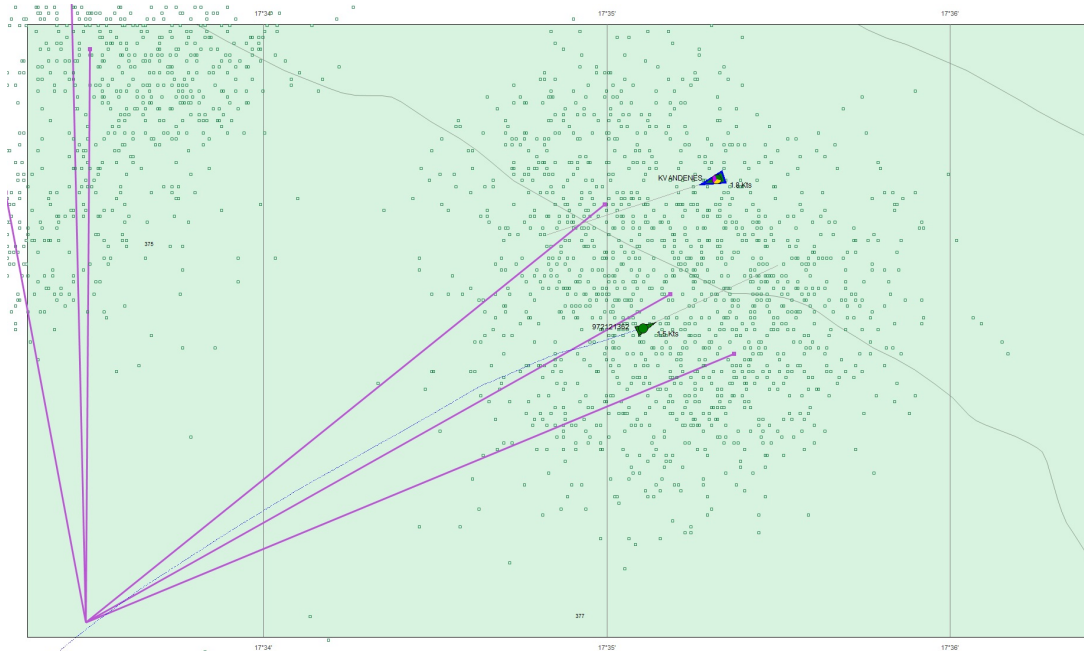


Fig. 30: Dukke 2, kl 1030, drift 1 time, 0,67nm-062<sup>0</sup>

Fig. 30 viser for dukke 2 mye av de samme resultatene som ved dukke 1. Her også stemmer estimatet for PIW-4, bedre enn ved tidligere forsøksdagene da kun modelldata har blitt benyttet som input for trajektorieberegningen. Det kan se ut som det også her kunne vært hensiktsmessig å starte et søk etter metode. Et søk langs datumlinjen i dette tilfellet ville gitt fartøyet gode muligheter for å oppdage det drivende objekt.

### 5.3 Drivbanevurdering

Data som er innsamlet i løpet av de tre dagene med forsøk gir en tendens for hvordan modellens troverdighet kan vurderes. Statistisk sett burde det blitt gjort en god del flere forsøk. Det kan jo sies at når det er en modell som bygger på empiriske forsøk, så er dette allerede gjort. Ser en på "leeway" delen av modellen så stemmer det, for den har isolert sett sitt grunnlag i empiri. Hensikten med forsøket er å vurdere muligheten for å benytte denne modellen for å kunne lage optimaliserte søkemønstre. Da er det riktig å forsøke å presentere modellens totale resultat. Da med alle de usikkerhetsmomentene som ligger i praksis bruk.

For å bestemme inngangsverdi for modellen ble det avgjort at PIW-4 måtte være det mest nærliggende utformingen til dukkene. Ser en på dag 3 isolert, kan det vise at det ikke trenger å være så langt unna realiteten i disse forsøkene.

Ser en på dag 1, så er det vind og bølger fra nord. Ser en på 4km havmodellen benyttet av MI, viser det et strøm bilde for området som er relativt svakt. Det kan da tolkes at vind og bølgekrefter har hatt dominans i påvirkning på drivbanen denne dagen. Som nevnt er ikke bølgekrefter et parameter i modellen, men inngår i de empiriske konstantene benyttet for "leeway" modellen. Dette er ikke bevist i tilstrekkelig grad, så det kan ha noe mer påvirkning enn antatt i modellen (Röhrs, Christensen, Hole, Broström, Drivdal, & Sundby, 2012). Det å tolke resultatene for denne dagen blir vanskelig da ikke bedre strømdata er tilgjengelig.

Dag 2 viser noe svakere vind og noe mindre bølger som igjen gir modellen et bedre resultat i forhold til den aktuelle drivbanen. Vind, strøm og bølger går i dette forsøket i noenlunde samme retning. Modellen underestimerer den aktuelle driften. Her ble også PIW-6 forsøkt i ettertid uten at det ga noe forbedring av betydning. Det er vanskelig å vurdere hva som kan ha hatt størst påvirkning på driften, da kreftene virker i samme retning.

Drivbanedokumentasjonen langs kysten ga verdifull erfaring. Her ser en tydelig at drivbanen og modellens estimat ikke er sammenlignbar. Først når estimat av aktuell strøm og vind legges inn manuelt, blir modellens trajektoriefordeling sammenlignbar med den aktuelle drivbane. Det er tydelig at det er noe som ikke stemmer i modellens input, hva gjelder enten strøm og/eller vind modell. Strøm i dette området er dominant da ikke vindkreftene ved det aktuelle tilfelle var så store. Så strømmodellen kan muligens vurderes som unøyaktig i dette området ved dette tilfellet. Strømmodeller er som kjent den største feilkilden i MI sin "leeway" modell. Når det gjelder kystnært er det kjent at strømmodellen og da også drivbanemodellen bare er veiledende.

### 5.4 Analyse av metode etter felttester

For analyse av metode, er resultatene fra modellens beregning av drivbane essensiell. Bruk av metode er avhengig av at modellens estimat, reflekterer den aktuelle drivbane. I de fleste av forsøkene så lå den aktuelle drivbane utenfor modellens trajektoriefordeling. Søk ved bruk av metode ville i de tilfeller trolig ikke ført til noe større sannsynlighet for å finne det drivende objekt. Drivende objekt hadde i tilfelle befunnet seg utenfor søkeområde. På dag 2 ble metoden testet og



dukken ble funnet med det samme søket startet. Dette kan ha sammenheng at dukken hadde lys som kunne sees på stor avstand. Et av parameter som ikke ble oppfylt under forsøket, var dårlig sikt. Trolig derfor ble dukken funnet med det samme.

Erfaringer rundt etablering av søket og planlegging av selve søket ble da få. Av de tiltak som ble gjort:

- Fartøyet startet søk i LKP, med søk etter datumlinjen
- Søkemønster ble planlagt som et ekspanderende firkantsøk
- Området ble definert som en trekant
- Trekantfigur ble lagt ut i kartmaskin

Navigatøren fikk posisjon og manøvrerte mot LKP slik at søket kunne starte. Søket skulle følge datumlinjen ut til et visst punkt. Søket skulle da gå over i en ekspanderende firkant. Datumlinjen ga noenlunde riktig retning mot dukkens aktuelle drivbane. Dette ga utkikkene et godt utgangspunkt for å kunne oppdage dukken. Dukkan ville da befinne seg en plass foren for tvers som vil være naturlig fokusområde for utkikkene. Det var nok utslagsgivende for resultat. Trekantfigur ble lagt ut i kartmaskin, dog dukken lå litt utenfor. Dette ga navigatøren et godt bilde på hvor søkeområdet var, og hvor stort det var. Det lot seg da lett gjøre å vurdere for navigatøren hvor i området søket skulle gjennomføres. Søkeområde ble lite og det ville mest sannsynlig vært mest fornuftig å kun gjennomføre første søk langs datumlinjen, uten å gjennomføre et ekspanderende firkantsøk innenfor trekantfiguren.

Ved dag 3 var siktforholdene gode, det var litt bølger 1-2m. Dukkene var farget oransje, se fig. 31.

Det viste seg at på grunn av bølgene var ikke dukkene lett å oppdage selv på kort avstand, 0,2-0,3 nm. Dukkene gikk opp og ned bak bølgetoppene og kom sporadisk til syne. Utkikkene hadde svært vanskelig med å oppdage dukkene. I en reell situasjon kanskje uten oransje drakt og med mindre indikasjon på hvor personen befinner seg, ville det vært enda vanskeligere. Dette viser at det selv på dager med god sikt kan være fornuftig å ha relativ liten søkebredde.



Fig. 31: PIW dukke



## 6. Avslutning

### 6.1 Drøfting

Med det økende aktivitetsbildet i nordområdene er det aktuelt å fokusere på SAR beredskap. Spesielt vil det være viktig å fokusere rundt aktørenes egen beredskap. Etter hvert som aktiviteten i nordområdene øker, vil flere fartøy og helikopter være tilgjengelig for bistand ved eventuelle ulykker. Selv om trafikken øker, er området enormt og ugjestmildt. Det å berge mennesker i disse områdene vil måtte skje med kortest mulig responstid. Lave temperaturer fører til at overlevnings tiden er kortere enn ved varmere og mer sørlige breddegrader. Som på en side vil stille større krav til den enkelte aktør å håndtere beredskapen med egne midler.

Aktørene vil være i større grad være overlatt til seg selv. Det er da sannsynlig at det presses frem behov for utstyr som vil bidra til å øke hver enkelt enhet sin mulighet å håndtere egne ulykker. Videre vil behovet for å øke kunnskapen rundt håndtering av ulike situasjoner bli mer aktuelt. Blant disse situasjonene vil det være aktuelt å se på savnede personer i sjøen. Både når det gjelder større ulykker og når det gjelder enkeltpersoner i vannet. På norsk sokkel er det en hyppighet på 1,3 hendelser per år med MOB, ved arbeid utenfor faste barrierer (Norsk Olje og Gass, 2012). Det er i dag et fokusområde på norsk sokkel med egne rutiner for slike hendelser.

I denne rapporten vurderes muligheten for bruk av ny metode for hendelser ved MOB, der søk må gjennomføres. Det å benytte et spesialisert søkemønster for raskest mulig gjenfinne MOB, kan sees på som en nødvendighet, i alle områder, spesielt ved kalde omgivelser. Dagens standard søkemønster kan synes å ikke utnytte POC maksimalt. Hvis drivbaneberegningene antas korrekt kan det være et stort potensiale i å søke mer taktisk, ved å benytte tilpassede søkemønstre.

I rapporten er det forsøkt å bevise mulighetene for dette. Resultatene viser at de modellerte drivbanene med prognoser fra vind og strøm ikke var tilstrekkelig for å benytte tilpassede søkemønstre. Hvis modellprognosene blir bedre i fremtiden hva gjelder strøm, vil det kanskje ha en positiv effekt for drivbanemodellen. Metoden beskrevet vil være avhengig av at det drivende objekt er innenfor trajektoriefordelingsområdet. Med det korte tidsaspektet kan det være fatalt om ikke det søkes i riktig område, og da på en annen side kan da de tradisjonelle metodene muligens gi et bedre resultat.

Metoden er avhengig av personell med kunnskap om søk etter savnede. Det vil sette krav til trening blant personell som vil være involvert i slike søkeoperasjoner. Dette er kanskje en utfordring å få til med dagens høye krav til effektivitet og lønnsomhet i alle bransjer. Det er usikkert om det vil være aktuelt for aktører å fokusere på nødvendig øving. Det vil kanskje gå på bekostning av andre oppgaver og som et resultat av det, vil komme i andre rekke. Frekvensen av slike hendelser er også lav, og at det fokuseres på forebyggende tiltak som vil redusere frekvensen. Noe som kanskje vil ha høyere effekt på det endelige utfall av det totale hendelsesbilde. Det kan kanskje da være mer aktuelt å fokusere på muligheten for å adaptere denne metoden til andre hendelser. Det må i så fall være en del av et videre arbeid.

Felttester i oppgaven ble gjennomført for å dokumentere drivbane og for å gjennomføre testing av metode. Det viste seg å være divergens mellom aktuell drivbane og estimert trajektoriefordeling. Det kan ha vært på grunn av sterke lokale resultatkrefter som ikke prognosen har tatt høyde for. Resultatene var oppsiktsvekkende og interessante. Delvis på grunn av at positiv argumentasjon for drivbanemodellen er avgjørende for om bruk av metode skal kunne gjennomføres. En mulig forklaring er at geometrien for det drivende objektet ikke samsvarer nok med referanseobjektet til modellen. Flere referanseobjekt ble undersøkt uten at det ga noe revolusjonerende resultat. Videre når det ble benyttet observerte strøm- og vinddata konvergente den aktuelle drivbanen med den modellerte trajektoriefordelingen. Det sier noe om at havstrømmodellen eller værmodellen som inngangsverdier er den største feilkilden, det spesielt langs land som tidligere nevnt. Det kan også vurderes at forsøk dag 3 burde vært utført lengre fra land for om mulig å unngå denne divergensen.

Som en del av felttestene skulle det vurderes om metode kunne benyttes effektivt ved søk etter MOB. Noe som ikke ble gjennomført etter ønske, dels på grunn av siktforhold og deteksjon, men også på grunn av drivbanens divergens. Erfaringer fra felttestene kan vurderes som utilstrekkelig for å konkludere, men noe erfaring bør kunne trekkes ut av resultatet. I alle felttestene ga MI sin modell riktig søksretning innenfor  $60^{\circ}$  til hver side av baugen. Det kan være verdifullt i et søk, da utkikkens fokusretning i de fleste tilfeller er foren for tvers. Med det er metodens utgangspunkt og startkurs på en måte god for å oppdage objektet. På en annen side kan usikkerheten i modellens trajektoriefordeling vurderes så stor at, ved et tilfelle der den aktuelle drivbanen hadde vært aktenfor tvers i startkursen, kunne det ha vært avgjørende for det å oppnå et positivt resultat. Da kan et søk med ekspanderende firkant eller sektorsøk rundt LKP være vel så brukbart. Der det er mulig å ta ut observerte strøm- og vinddata bør det gjøres, det gir erfaringsmessig bedre resultat enn ved bruk av prognoser. Det er vanskelig å gjøre en vurdering på dette uten fartøy med dedikerte systemer. Resultatet fra felttestene underbygger dette, men det skulle muligens vært testet bedre i et eventuelt videre arbeid. Det å benytte så kort søkebredde som beskrevet i metode, oppfattes med erfaringer fra felttester å være aktuelt. Selv under dagslys og god sikt, med noe sjø, ble det vanskelig for utkikkene å oppdage dukkene på selv korte avstander. Dette med lett synlig bekledning på dukkene. På en annen side med liten søkebredde, vil det ved et ekspanderende firkant søk være relativt krappe tårn og korte søkelegg. Det å gjøre en vurdering av hvor vidt det er et problem ut ifra felttester, er vanskelig. Det trengs antageligvis flere forsøk for å avdekke eventuelle klare begrensninger ved et slikt søk. Ved et slikt søk er det en lang rekke forskjellige parameter som spiller inn. Av den grunn blir det vanskelig å trekke noen god konklusjon for metodens praktiske bruk ut fra slike felttester. På en annen side er det allikevel nyttig å knytte erfaring rundt bruk av metode.

## 6.2 Konklusjon

I sammenheng med det økende aktiviteten i Barentshavet og i nordområdene generelt er denne type forsøk på utvikling av metoder for søk og redning et aktuelt emne. Spesielt hva angår aktørenes egne muligheter for økt kunnskap og beredskap. Rapporten gir et forbedringsforslag for dagens metode for søk etter MOB. Metoden er avhengig av at objektet er innenfor modellens trajektoriefordeling. Denne viser seg ut ifra felttester å ikke svare til kriteriene for bruk av metode. Svakheten til modellen viser seg som tidligere antatt, å ligge i drivbanemodellens datainput fra havstrømmodell og værmodell. Får drivbanemodellen input av observerte strøm og vinddata viser den å være innenfor kriteriene for bruk av metode.

Det ble gjennomført feltforsøk med et vitenskapelig utbytte som økte etter hvert som feltforsøkene ble gjort. Drivbanedata ble dokumentert med god redundans. De var noe forskjellig fra trajektoriefordelingen. Flere forsøk kunne med fordel vært gjennomført under flere forskjellige værforhold, for å øke datamengden for analyse.

Det kan konkluderes med at drivbanemodellen under enkelte forhold kan gi uriktige estimert drivbane, spesielt i nærheten av land. Det vil under slike omstendigheter ikke være hensiktsmessig å benytte metoden for optimalisert søkemønster, men ved bruk av gode observerte vind- og strømverdier vil metoden kunne ha en nytteverdi. Det kreves av brukere at en er klar over hvilke begrensninger som ligger i drivbanemodellen.

### 6.2.1 Videre arbeid

- Det bør gjøres flere forsøk av denne typen for å kunne vurdere bruken og nytteverdien av en slik drivbanemodell.
- Det bør gjøres nye forsøk når det i fremtiden blir utviklet bedre havstrøm- og værmodeller, for å kunne gjøre forsøk med bruk av metode for optimalisert søkemønster.
- Videreføring av søkemønster til andre tilfeller, adaptere disse søkemønster til andre objekter og tilfeller med større tidsperspektiv. Dette kan ha stor verdi, da det kan være bare et begrenset antall søkerressurser tilgjengelig over en viss tid. Effektivt og optimalt søk vil da være essensielt.

## Referanser

Allen, A. A., & Plourde, J. V. (1999). *Review of leeway: Field Experiments and Implementation*. Washington: U.S. Department of Transportation United States Coast Guard.

Allen, A. A., Roth, J.-C., Maisondieu, C., Breivik, Ø., & Forest, B. (2009). *Field Determination of the Leeway of Drifting Objects*. Meteorologiske Institutt.

BMT Argoss. (2013). *BMT Argoss*. (I. Smith, Redaktør) Hentet 11 04, 2013 fra BMT Saris: <http://www.bmtargoss.com/services-and-solutions/incident-and-environment/search-and-rescue-information-system/>

Breivik, Ø., Dagestad, K.-F., Hansen, M. W., & Johannessen, J. A. (2009). *An assessment of HF radar current measurements in Norwegian waters*. Bergen: Meteorologiske Institutt.

Breivik, Allen, Maisondieu, & Olagnon. (2013). Advances in search and rescue at sea . *Ocean Dynamics* , 63, 83–88 .

Breivik, Ø., Allen, A. A., Maisondieu, C., & Roth, J. C. (2011). *The Leeway Field Method* (Vol. 33). Appl Ocean Res.

Canadian Coastguard. (2009). *Canadian Coast Guard College*. Hentet 11 6, 2013 fra CANSARP Development Group Web Site: <http://loki.cgc.ca/cansarp/CansarpPub.pdf>

Clauss, Kauffeldt, & Otten. (2009). Autonomous Galileo-Supported Rescue Vessel for Persons Overboard. *28th International Conference on Ocean*. Honolulu: Offshore and Arctic Engineering.

Dalløkken, P. E. (2013, September 1). *Teknisk Ukeblad*. Hentet Oktober 9, 2013 fra <http://www.tu.no/industri/2013/09/01/na-starter-flytester-av-sea-king-erstatteren>

Francis, S. (2012, April 4). *Flickr.com*. (U.S. Coast Guard) Hentet Oktober 11, 2013 fra [http://www.flickr.com/photos/coast\\_guard/7046855785/](http://www.flickr.com/photos/coast_guard/7046855785/)

Frost. (1999). *Principles of Search Theory*. Fairfax, Virginia: Soza & Company, Ltd.

Frost. (1996, October). The Theory of Search a Simplified Explanation.

International Maritime Organization. (2008). *International Aeeronautical and Maritime Search and Rescue Manual* (Vol. 2). (IMO, Red.) London/Montréal.

International Maritime Organization. (2004). *Safety of Life at Sea 1974*. London.

Justis og politidepartementet. (2011, juni 24). Anskaffelse av nye redningshelikoptre mv. i perioden 2013-2020. *Prop. 146 S* .

Kannad. (2012). *Kannad Marine*. Hentet Oktober 11, 2013 fra Kannad Marine R10 Survivor Recovery System: <http://www.kannadmarine.com/en/safelink-r10>

NOAA. (2013, 10 8). *National Oceanic and Atmospheric Administration`s*. Hentet 11 7, 2013 fra National Data Buoy Center: [http://hfradar.ndbc.noaa.gov/noaa\\_hfradar\\_pdd/](http://hfradar.ndbc.noaa.gov/noaa_hfradar_pdd/)

Norsk Olje og Gass. (2012). *Underlagsrapport med dokumentasjon av forutsetninger og faglige vurderinger i Norsk olje og gass 064: Anbefalte retningslinjer for Etablering av områdeberedskap* . Norsk Olje og Gass.

Norsk Olje og Gass. (2012, september 10). 064-Anbefalte retningslinjer for etablering av områdeberedskap.

Norsk olje og gass. (2005, januar 01). 096-Anbefalte retningslinjer for mann over bord beredskap.

NSARC. (2000). United States National Search and Rescue Supplement. (N. S. Committee, Red.)

MI. (2009, 12 3). *Metlex*. Hentet 11 8, 2013 fra <http://metlex.met.no/wiki/Bølgeomodeller>

Röhrs, J., Christensen, K. H., Hole, L. R., Broström, G., Drivdal, M., & Sundby, S. (2012, November). Observation-based evaluation of surface wave effects on currents and trajectory forecasts. *Ocean Dynamics* , 1519-1533.

SARmap. (2013). *RPSASAScience*. Hentet 11 6, 2013 fra SARMAP: <http://www.asascience.com/software/sarmap/>

U.S. Geological Survey . (2008). *Circum-Arctic Resource Appraisal: Estimates of Undiscovered Oil and Gas North of the Arctic Circle* .

UD. (2012). *Meld. St. 7, Nordområdene visjon og virkemidler*. Utenriksdepartementet.

Wikipedia. (2012, 9 27). *Wikipedia*. Hentet 8 11, 2013 fra [http://en.wikipedia.org/wiki/Search\\_and\\_Rescue\\_Optimal\\_Planning\\_System](http://en.wikipedia.org/wiki/Search_and_Rescue_Optimal_Planning_System)

Whelan, C., Barrick, D., Lilleboe, P., Breivik, Ø., Kjelsaas, A., Fernandez, V., et al. (2010). Rapid deployable HF RADAR for Norwegian emergency spill operations . *Oceans* , 1-3.

Østenstad, P. (2007). *Forskjeller i transmisjonstap beregnet med målt, modellert og klimatologisk lydshastighetsprofil*. Oslo: Forsvarets Forskningsinstitutt.

## Vedlegg

### Vedlegg 1: Dokumentasjon

Dag 1 25.10.13

Hindcast

Tid	Vindstyrke (m/s)	Retning(fra)	Signifikant bølgehøyde	Retning(fra)	Strømstyrke	Retning
16	11,3	046	1,1	341	Generell strømrretning viser 0,05 m/s i sørvestlig retning	
17	11,3	030	1,3	341		
18	10,4	017	1,5	341		
19	10,4	016	1,5	356		

Værdata på feltet

Vindretning	023
MiddelStyrke10min(m/s)	13,0
Strømrretning	Ukjent
Styrke	Ukjent
Sikt	Ca. 9000m
Bølgehøyde	2-3m
Bølgeretning (fra)	N

<b>Dukke 1</b>	
Dato	25.10.13
Dropp tidspunkt	1615
Dropp posisjon	7654,594N-02727,804Ø
Redningsvest	Ja
Flash	Ja

<b>Dukke 2</b>	
Dato	25.10.13
Dropp tidspunkt	1620
Dropp posisjon	7654,826N-02723,850Ø
Redningsvest	Ja
Flash	Ja

<b>Dukke 1</b>	
Dato	25.10.13
Dropp tidspunkt	1707
Dropp posisjon	7654,244N-02725,700Ø
Redningsvest	Ja
Flash	Ja

<b>Dukke 2</b>	
Dato	25.10.13
Dropp tidspunkt	1707
Dropp posisjon	7654,426N-02722,419Ø
Redningsvest	Ja
Flash	Ja

## Dag 2 31.10.13

Hindcast

Tid	Vindstyrke (m/s)	Retning(fra)	Signifikant bølgehøyde	Retning(fra)	Strømstyrke (m/s)	Retning
15	7,8	053	1,2	068	Generell strømretning viser 0,05-0,10 m/s i sørvestlig retning	
16	7,5	051	1,2	062		
17	6,5	054	1,2	061		
18	5,9	053	1,2	063		
19	5,8	046	1,1	063		

Værdata på feltet

Vindretning	060
MiddelStyrke10min(m/s)	10,5
Strømretning	Ukjent
Styrke	Ukjent
Sikt	>50000m
Bølgehøyde	1-2m
Bølgeretning (fra)	NØ

<b>Dukke 1</b>	
Dato	31.10.13
Dropp tidspunkt	1424
Dropp posisjon	7704,350N-02735,000Ø
Redningsvest	Ja
Flash	Nei

<b>Dukke 2</b>	
Dato	31.10.13
Dropp tidspunkt	1444
Dropp posisjon	7704,950N-02736,86Ø
Redningsvest	Ja
Flash	Nei

<b>Dukke 1</b>	
Dato	31.10.13
Dropp tidspunkt	1524
Dropp posisjon	7704,040N-02734,12Ø
Redningsvest	Ja
Flash	Nei

<b>Dukke 2</b>	
Dato	31.10.13
Dropp tidspunkt	1544
Dropp posisjon	7704,670N-02736,200Ø
Redningsvest	Ja
Flash	Nei

### Dag 3 03.11.13

Hindcast

Tid	Vindstyrke	Retning(fra)	Signifikant bølgehøyde	Retning(fra)	Strømstyrke	Retning
8	7,0	174	2,1	255	Generell strøm 15 km sørvest for område, viser 0,6 m/s nordøstlig retning	
9	7,2	179	2,1	255		
10	7,2	179	2,1	240		
11	7,1	176	2,0	240		

Værdata på feltet

Vindretning	160
MiddelStyrke10min(m/s)	5,0-6,0
Strømretning	063
Styrke(kn)	1,1
Sikt	Ca. 9000m
Bølgehøyde	1-2m
Bølgeretning (fra)	SSØ

<b>Dukke 1</b>	
Dato	03.11.13
Dropp tidspunkt	0828
Dropp posisjon	6947,876N-01732,123Ø
Redningsvest	Nei
Flash	Nei

<b>Dukke 2</b>	
Dato	03.11.13
Dropp tidspunkt	0833
Dropp posisjon	6948,832N-01732,033Ø
Redningsvest	Nei
Flash	Nei



<b>Dukke 1</b>	
Dato	03.11.13
Dropp tidspunkt	0928
Dropp posisjon	6948,340N-01734,220Ø
Redningsvest	Nei
Flash	Nei

<b>Dukke 2</b>	
Dato	03.11.13
Dropp tidspunkt	0930
Dropp posisjon	6949,240N-01733,48Ø
Redningsvest	Nei
Flash	Nei

## Vedlegg 2: Utstyrsspesifikasjon

### SRS AIS spesifikasjoner (Kannad, 2012)

<b>Environment</b>	
Sealing depth	Immersion to 5m (16.4 ft)
Operating temperature	-20°C to +55°C (-4°F to +131°F)
Storage temperature	-30°C to +70°C (-22°F to +158°F)
<b>Battery</b>	
Type	6v Lithium Metal
Replacement	By service centre
Use	Logged by microcontroller
<b>Electrical AIS Transmitter</b>	
Frequency	AIS channel 1 -161.975MHz, AIS channel 2 - 162.025MHz
Power	2W nominal
Transmit antenna	Sprung whip
AIS message transmitted	Message 1 (UID, GPS position, SOG, COG, UTC) Message 14 (SART-ACTIVE or SART-TEST)
<b>GPS receiver</b>	
GPS type	50 channel
Antenna type	Ceramic patch
GPS position update	Every minute
Physical	
Size (D*W*L)	27*47*124mm (1.1" * 1.6" * 4.7")
Weight	120g (4.23 oz)
<b>Functional</b>	
First Transmission	After 10 seconds (no GPS)
Range	4 nautical miles (typical)
Secondary location	Flashing white LED

### GPS logger, spesifikasjon

<b>TomTom Nike+ GPS</b>	
GPS Type	30 channel
GPS position update	Every second
Battery capacity	8 hrs