



CHALMERS



Validerande pilotstudie av befintlig drivbaneberäkningsmodell vid SAR-operationer

Kandidatarbete inom "Sjökaptensprogrammet"

MATHIAS JAKOBSON
ROBIN KJELLIN

KANDIDATARBETE 2019:03

Validerande pilotstudie av befintlig drivbaneberäkningsmodell vid SAR- operationer

Gällande manöverbordsituationer i svenska farvatten

Kandidatarbete i mekanik och maritima vetenskaper

MATHIAS JAKOBSON & ROBIN KJELLIN

Institutionen för mekanik och maritima vetenskaper

Avdelningen för Maritima studier

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2019

Validerande pilotstudie av befintlig positionsberäkningsmodell vid SAR-operationer
Gällande manöverbordsituationer i svenska farvatten
MATHIAS JAKOBSON & ROBIN KJELLIN

© MATHIAS JAKOBSON, 2019
© ROBIN KJELLIN, 2019

Kandidatarbete 2019:03
Institutionen för mekanik och maritima vetenskaper
Chalmers tekniska högskola
SE-412 96 Göteborg
Sverige
Telefon: + 46 (0)31-772 1000

Omslag:
Eget foto av PIW 3 och SAR-boj från fälttest.

Tryckeri /Institutionen för mekanik och maritima vetenskaper
Göteborg, Sverige 2019

Sammanfattning

Medlemsstater av Internationella sjöfartsorganisationen (IMO) samt internationella civila luftfartsorganisationen (ICAO) samarbetar globalt för ett heltäckande efterforskning och räddningssystem (SAR) vilket delegeras ner till nationell nivå. Sjöfartsverket ansvarar för efterforskning och räddningstjänst inom svenskt sjöterritorium samt Vänern, Vättern och Mälaren. Sjö och flygräddningscentralen (JRCC) i Göteborg använder beräkningsmodulen BaltSAR för att inkludera väderprognoser vid drivbaneberäkningar och fastställande av sökområde för att undsätta nödställda till sjöss. Studien jämför tre drivbaneberäkningar hämtade från BaltSAR mot ett fälttest utfört på Sveriges västkust. Testet omfattar observationer av sex flytobjekt utförda över sex timmar i en simulerad manöverbordsituation. Flytobjekten efterliknar tre flytprofiler illustrerade i IAMSAR för personer i vatten. Vidare jämförs resultaten mot en manuell beräkning baserad på IAMSAR volym II. Aktuella väderfaktorer skiljer från prognoser vilket försvårar BaltSARs prediktioner och leder till hög drivhastighetsprediktion. Jämfört med fältstudien uppskattar BaltSAR dubbelt så lång drivbana i samtliga beräkningar. Rapporten utgör en grund med rekommendationer för vidare studier.

Nyckelord: Avdrift, Baltsar, Drift, Efterforskning och räddning, IAMSAR, MOB, PIW.

Abstract

Members of the International Maritime Organization (IMO) and the International Civil Aviation Organization (ICAO) are collaborating for global coverage of the search and rescue system (SAR), delegated down to national level. The Swedish Maritime Administration are responsible for search and rescue services for the Swedish territorial waters including the lakes Vänern, Vättern and Mälaren. Sweden rescue (JRCC) located in Gothenburg use the calculation module BaltSAR to include weather forecasts in driftcalculations to establish search area and rescue distressed at sea. This study compares three BaltSAR calculations with field studies performed on the west coast of Sweden. Observations of six floating objects were made over six hours during the field study in a simulated man overboard situation. The objects mimic three float profiles of persons in water illustrated in IAMSAR. Furthermore, the results are compared to manual calculations based on IAMSAR volume II. Present weather factors differ from the forecasts complicating the BaltSAR predictions resulting in a high drift speed prediction. Compared to the field study BaltSAR estimates twice the drift in all calculations. The report forms a basis with recommendations for further studies.

Key words: Baltsar, Drift, IAMSAR, Leeway, MOB, PIW, Search and rescue.

Förord

Till att börja med vill vi tacka alla som gjorde det möjligt att genomföra detta arbete. Extra stort tack till Sebastian Wigmo vid Sjöfartsverket som hjälpt till med tips och feedback under skrivprocessen och även bidragit med material outhärligt för genomförandet av fälttestet. Vi vill även tacka Mathias Hansson på JRCC för studiebesöket och BaltSARberäkningar i samband med fälttestet. Ett stort tack till Lars Axvi på Chalmers för hjälp med idéer och handledning genom projektet samt assistans vid fälttestet. Vi tackar Mikael Hinnerson och svenska sjöräddningssällskapet SSRS för lån av båt. Tack till sjöräddare Hans Edström för logi och assistans under fälttestet. Slutligen vill vi även tacka stiftelsen Sveriges Sjömanshus för ekonomiskt stöd.

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING.....	II
ABSTRACT	II
FÖRORD	III
INNEHÅLLSFÖRTECKNING.....	IV
DEFINITIONER, FÖRKORTNINGAR OCH ÖVERSÄTTNINGAR	V
1 INTRODUKTION	- 1 -
1.1 SYFTE.....	- 2 -
1.2 FRÅGESTÄLLNING	- 2 -
1.3 AVGRÄNSNINGAR	- 2 -
2 BAKGRUND OCH TEORI	- 3 -
2.1 HISTORIA OCH TEKNOLOGI.....	- 3 -
2.2 TEORETISK FÖRSTÅELSE FÖR DRIFT OCH AVDRIFT	- 3 -
2.3 SAR ENLIGT IMO.....	- 4 -
2.3.1 DATUMberäkning IAMSAR volym II.....	- 4 -
2.3.2 DATUMberäkning IAMSAR volym III.....	- 6 -
2.4 DRIVBANEBERÄKNING ENLIGT BALTSAR	- 6 -
3 METOD	- 7 -
3.1 VAL AV METOD	- 7 -
3.2 INFORMATIONSSÖKNING.....	- 7 -
3.3 DRIVBANEBERÄKNINGAR.....	- 7 -
3.4 FÄLTTEST.....	- 7 -
3.4.1 Testområde.....	- 7 -
3.4.2 Testobjekt	- 8 -
3.4.3 Utförande	- 9 -
3.4.4 Väder	- 9 -
3.4.5 Vindmätning.....	- 9 -
3.4.6 Strömmätning.....	- 9 -
4 RESULTAT	- 10 -
4.1 FÄLTTEST.....	- 10 -
4.1.1 Positioner och drivbanor.....	- 10 -
4.1.2 Vind & Ström	- 12 -
4.2 IAMSAR DATUMBERÄKNING	- 13 -
4.2.1 IAMSAR manual Volym II.....	- 13 -
4.2.2 IAMSAR manual Volym III.....	- 15 -
4.3 BALTSAR	- 15 -
4.4 KOMPARATIVA RESULTAT	- 19 -
5 DISKUSSION.....	- 24 -
5.1 FÄLTTESTRESULTAT OCH FLYTLÄGEN	- 24 -
5.2 IAMSARBERÄKNINGAR.....	- 24 -
5.3 VÄDRETS INVERKAN	- 25 -
5.4 BALTSAR UTFALL	- 25 -
5.5 METODDISKUSSION	- 26 -
6 SLUTSATS.....	- 27 -
6.1 FORTSATT FORSKNING	- 27 -
REFERENSER	- 28 -
BILAGA	- 29 -

Definitioner, förkortningar och översättningar

AIS:	Automatic Identification System
CASP:	Computer Assisted Search Planning
Current:	Ström
DATUM:	Geografisk referenspunkt eller område som används vid sökplanering
DMB:	Datum Marker Bouy
Downwind:	Medvind = I vindens riktning
ECDIS:	Electronic Chart Display and Information System
ENC:	Electronic Navigational Chart
IAMSAR:	International Aeronautical and Maritime Search And Rescue
IMO:	International Maritime Organization
ICAO:	International Civil Aviation Organization
JRCC:	Joint Rescue and Co-ordination Center = Sjö och Flygräddningscentral
Kn:	Knop = Nautisk mil per timme
Leeway:	Avdrift påverkat av vind
LKP:	Last Known Position = Senast Kända Position
MOB:	Man overboard = Manöverbord
Nm:	Nautisk mil = Sjömil (1852m)
Nm/h:	Knop = Nautisk mil per timme
OSC:	On Scene Coordinator
PIW:	Person In Water = Person i Vatten
RCC:	Rescue Co-ordination Centre = Räddningscentral
RL/SMC:	Räddningsledare = SAR Mission Co-ordinator
SAR:	Search And Rescue = Efterforskning och Räddning
SAROPS:	Search And Rescue Optimal Planning System
SARP:	Search And Rescue Program
SMC/RL:	SAR Mission Co-ordinator = Räddningsledare
SMHI:	Svenska Meteorologiska och Hydrografiska Institutet
SOLAS:	Safety Of Life At Sea
SRR:	Search and Rescue Regioner
SSRS:	Svenska Sjöräddningssällskapet
UTC:	Universal Time Coordinated = Koordinerad universell tid

1 Introduktion

Enligt FN-organen International Civil Aviation Organization (ICAO) och International Maritime Organization (IMO) samarbetar medlemsstaterna för en heltäckande Search and Rescue (SAR) service globalt (IMO, 2016). På nationell nivå har staterna accepterat att tillhandahålla efterforskning och räddningstjänst 24 timmar om dygnet i enlighet med Safety of Life at Sea (SOLAS)-konventionen, sjöräddningskonventionen och Chicagokonventionen (luftfartskonventionen). Jorden har delats in i efterforskning- och räddningsregioner (SRR) med egna räddningscentraler (RCC) och tillhörande räddningstjänster för nödställda inom regionen oavsett nationalitet (IMO, 2016).

Inom svensk räddningsregion är det Sjöfartsverket som ansvarar för sjö- och flygräddningstjänst enligt Lagen om Skydd mot Olyckor (LSO, SFS 2003:778, 4 kap. 2-3 §). Insatserna koordineras på Sjöfartsverkets Joint Rescue and Co-ordination Center (JRCC) i Göteborg dygnet runt om någon är eller befaras vara i nöd.

Riktlinjer för organisationen, och hur koordinering, planering och insatser skall utföras erhålls från IMO (2016) i form av publikationen International Aeronautical and Maritime Search and Rescue (IAMSAR) manual volym I-III.

Om en person rapporteras saknad till JRCC anmäler sig fartyg i närområdet som tillgängliga resurser för att delta i en SAR-insats för att försöka hitta och undsätta den nödställda. Ett av de anmälda fartygen blir av JRCCs Räddningsledare (RL) utnämnt till On Scene Co-Ordinator (OSC) för att koordinera och dirigera resurserna på plats (IMO, 2016). OSC tilldelas ett sökområde av RL beräknat med utgångspunkt från den senast kända positionen Last Known Position (LKP).

Sökområdet kan beräknas manuellt med hjälp av IAMSAR volym II eller III men för att få en mer noggrann beräkning som inkluderar fler väderfaktorer som påverkar kroppens avdrift används en mjukvara kopplad till lokala väderprognoser. IAMSAR (2016) volym II beskriver faktorer som bör beaktas vid utveckling av sådan mjukvara och det är upp till de enskilda regionerna att ta fram sina egna (IMO, 2016).

Under samtal med räddningsledare Mathias Hansson (28 november, 2018) vid studiebesök hos JRCC framgick att Sjöfartsverket har tillsammans med Svenska Meteorologiska och Hydrografiska Institutet (SMHI) låtit mjukvaruföretaget Carmenta utveckla applikationen BaltSAR som JRCC använder vid drivbaneberäkning av nödställda. BaltSAR presenterar ett teoretiskt händelseförlopp med drivbana över tid baserat på information om den nödställda samt väderprognoser från SMHI.

BaltSAR-modellen bygger på prognoser varvid lokala avvikelser kan förekomma. Inga hittills vedertagna fälttester är tidigare utförda för att verifiera dess tillförlitlighet lokalt. Sjöfartsverket har höjt frågan om att eventuellt utvärdera BaltSARs precision i strävan åt förbättrad sökområdesberäkning och snabbare undsättning av nödställda.

1.1 Syfte

Rapporten jämför drivbaneberäkningar utförda med JRCCs program BaltSAR mot verkliga drivbaneobservationer utförda lokalt genom ett fälttest för att testa och validera befintlig beräkningsmodell. Fälttestet är utformat som en pilotstudie för eventuell replikering och vidare studier.

1.2 Frågeställning

1. Hur väl stämmer Sjöfartsverkets beräkningsmodul BaltSAR överens med verkligheten för drivbaneberäkningar vid SAR-operation gällande man överbordsituationer?

1.1. Har BaltSAR några tydliga begränsningar?

1.2. Är SAR-bojens drivbana representativt för något av testobjekten?

1.3 Avgränsningar

Studien fokuserar på driftjämförelser och datumbestäming som används vid sökområdesberäkningar inför SAR-operationer till sjöss. Drivbanor för sex specifika objekt likt en manöverbord (MOB) situation observerades och dokumenterades under sex timmar i ett fälttest. Andra flytande objekt berörs ej. Testet begränsades geografiskt till ett område på Sveriges västkust under december månad. Rapporten riktar sig primärt mot att jämföra BaltSARs drivbaneberäkningar mot observationerna från fälttestet.

2 Bakgrund och Teori

Kapitlet ger en historisk bakgrund till utvecklingen av datorbaserade hjälpmedel för drivbaneberäkningar. Vidare presenteras en generell förståelse om väderförhållanden och dess påverkan på flytande objekt. Slutligen beskrivs IMO:s internationella strategi och teori för fastställande av DATUMposition.

2.1 Historia och teknologi

Under andra världskriget gav "US Navy hydrographic office" ut en manual för att finna överlevande drivande på gummiflottor i ett försök att underlätta sökandet vid efterforskning och räddningsoperationer (Ø. Breivik, A.A Allen, C.Maisondieu, M. Olagnon 2013). Senare på 1960-talet utfördes tester av vindpåverkan på gummiflottor. Resultaten från de senare testerna bidrog till mer precisa prediktioner vid SAR operationer.

1970 utvecklades det första datorbaserade hjälpmedlet för SAR kallat Search and Rescue Program (SARP) (J.T. Morris, V.I. Osychny, A.C. Turner 2008). Fyra år senare implementerades det första programmet med Bayesiansk inferens där aktuella värden samlades med tidigare statistik kallad Computer Assisted Search Planning (CASP).

Sedan tidigt 90-tal har USA och Kanadas kustbevakning utfört tester som lett till utveckling av en modell för drivbaneberäkningar benämnd Search and Rescue Optimal Planning System (SAROPS). Systemet beskriver hur olika objekt driver till följd av yttre påverkan (Morris et al., 2008). Regelbundna tester och övningar utförs generellt där insamlade data används för att validera och kalibrera datoriserade beräkningsmodeller för ett mer tillförlitligt resultat vid SAR operationer.

2.2 Teoretisk förståelse för drift och avdrift

Objekt som flyter till havs påverkas av flera krafter. De två primära krafterna utgörs av vind och ström. Strömmens riktning och styrka är en summa av havs-, vind-, flod- och tidvattenström internationellt benämnd som *current* (IMO, 2016).

Havsströmmen har en generell riktning men avvikelser förekommer på grund av att vinden kan påverka ytvattnet i en annan riktning som då ger upphov till vindström. Ytterligare lokala avvikelser förekommer där tidvatten och flodströmmar från mynningar av vattendrag även kan ge ändrad strömriktning.

En generell strömriktning av havsvatten kan återfinnas i hydrografiska data och sjökort. Den termohalina cirkulationen ger en konstant påverkan av strömmen men hög- och lågtryck kan generera tillfälliga förändringar (NOAA, 2019).

Lokalt i Västerhavet påverkas strömmen av några mer eller mindre permanenta faktorer. Golfströmmen pressar in vatten i Nordsjön. Vidare mot Skagerack, Kattegatt och svenska västkusten tar Jutska strömmen vid (Lindkvist, 2011). I höjd med Marstrand ansluter den Baltiska strömmen söderifrån som generellt går längs Sveriges kust. Strömmen fortsätter vidare i nordlig riktning för att så småningom följa den norska kusten.

Vinden är den andra primärt påverkande kraften på flytande objekt. Vindens riktning benämnt *downwind* internationellt översätts i rapporten till medvind.

Vindens kraft ger upphov till avdrift, definierat av Allen och Plourde (1999):

“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)”

Översatt till:

“Avdrift är objektets rörelse inducerat av vind (10 m referenshöjd) och vågor i förhållande till omgivande ström (mellan 0,3 och 1,0 m djup)”

Avdriftens riktning följer generellt medvindens riktning. Ett objekts form kan i sin tur ge upphov till avvikelse åt höger eller vänster, vinkelskillnaden mellan medvindsriktning och avdrift blir avdriftsvinkeln (IMO, 2016).

Förhållandet mellan ett objekts vindfång och undervattenskropp avgör vilken kraft som har störst påverkan på dess drivbana. Stort vindfång ger en större avdrift medan en stor undervattenskropp påverkas mer av strömmen (Allen & Plourde, 1999). Objektets sammanlagda förflyttning över grund orsakat av dessa omgivande krafter benämns som drift (IMO, 2016).

2.3 SAR enligt IMO

IMO publicerar tre manualer för SAR kallat IAMSAR (IMO, 2016). Volym I är en manual utformad för uppbyggnad av SAR-organisation och ledning. Volym II är en detaljerad manual utformad för räddningsledare. Volym III är obligatorisk litteratur ombord samtliga SOLAS fartyg innehållande praktisk information för deltagande i SAR-operationer.

2.3.1 DATUMberäkning IAMSAR volym II

IAMSAR manual volym II innefattar utförliga beskrivningar och checklistor för samtliga steg inom sökplanering. Gällande beräkning av drivbanor inkluderas åtskilliga tabellvärden för olika objekt med tillhörande avdrift baserade på en omfattande rapport av Allen och Plourde (1999). Rapporten genererade avdriftsvärden för nittiofem objektstyper utförda över totalt tjugofem fältstudier. Allt från livflottar, fiskebåtar, jollar, och surfingbrädor till segelbåtar och kajaker sammanställdes för att så småningom ligga till grund för tabellerna publicerade i IAMSAR. För manöverbordberäkningar benämns objekt som *person in water* (PIW) översätts till person i vatten. Fem flytlägen representeras totalt av fyra tabellvärden. Tre av dessa används vidare i fälttestet.

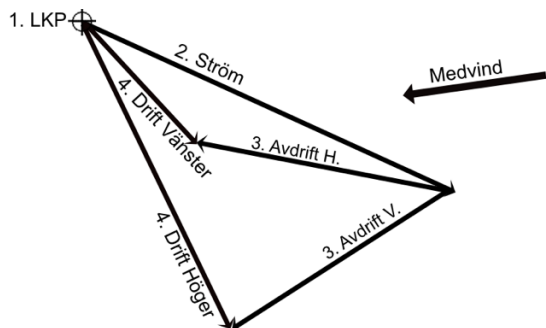
Vertikal flyter till större delen under vattenytan vilket leder till stor påverkan av ström.

Överlevnadsdräkt eller *avliden* flyter horisontellt och påverkas mer av vinden.

Okänd (*position/flytmedel okänt*) antas kunna påverkas av både vind och ström. Osäkerheten medför stor avdriftsvinkel och drivhastighet enligt tabell.

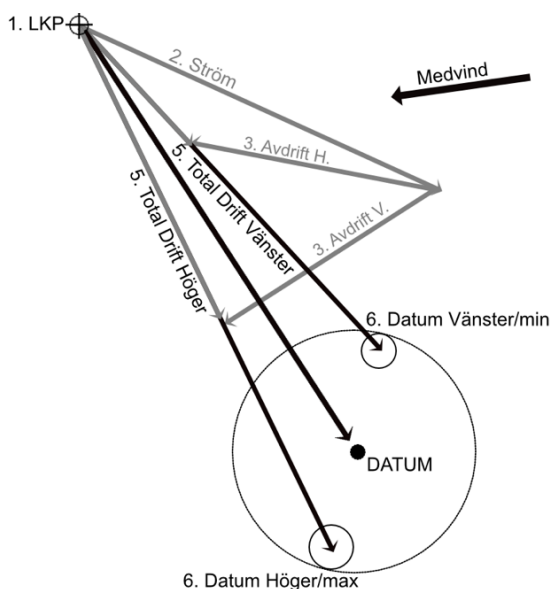
Den senast kända positionen rapporterad för den nödställda etableras som LKP.

För att kunna inleda en effektiv sökinsats etableras en DATUMpunkt. Denna punkt representerar den mest sannolika position där den nödställda kan återfinnas. Vidare beräknar räddningsledaren ett sökområde utefter ytterligare säkerhetsfaktorer och tillgängliga sökresurser. Nedan beskrivs stegvis hur DATUM etableras (se figur 1a, 1b, 2 samt formel 1).



Figur 1a. Steg 1-4 tillvägagångssätt datumberäkning.

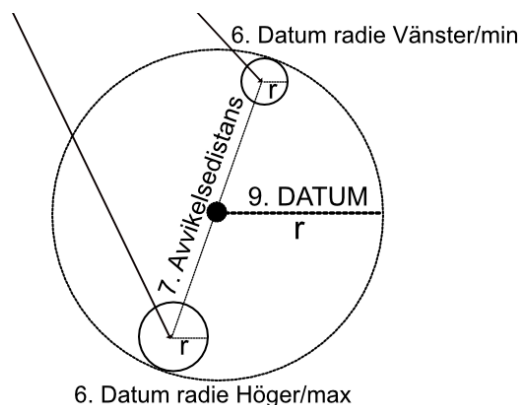
1. LKP fastställs som utgångspunkt.
2. Observerad strömhastighet i knop ritas ut.
3. Utifrån observerad vindriktning och styrka hämtas tabellvärde för objektsspecifik avdriftshastighet och vinkel. Dessa ritas som Avdrift Höger och Vänster.
4. Driften mäts från LKP till Avdrift Höger respektive Vänster (se figur 1a).



Figur 1b. Steg 5-6 Tillvägagångssätt datumberäkning

5. Vektorerna förlängs genom multiplikation med tidsförloppet vilket resulterar i extremvärden för potentiella minimum och maximum datum punkter (se figur 1b).
6. Sträckan från LKP till min och maxdatum multipliceras med 12,5-33% för troligt positionsfel (Kvick, 2012). Resultatet blir radier för min och maxdatum (se figur 1b och figur 2).

7. Avvikelsedistansen mäts mellan min och maxdatum.
8. Min och maxdatumradierna adderas till Avvikelsedistansen (se figur 2). Totalen divideras med 2 för att få ut DATUM radien (se formel 1).
9. Utifrån DATUM radien etableras DATUM punkten (se figur 2).



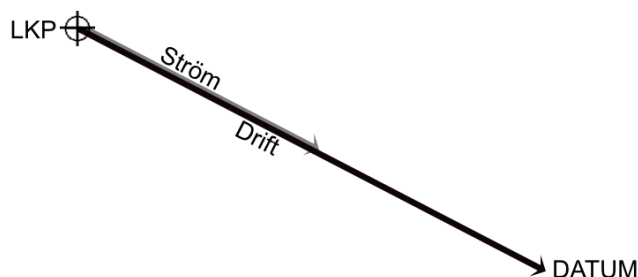
Figur 2. Steg 6-9 Förstoring och vidare förklaring av tillvägagångssätt för DATUM etablering.

Formel 1. Beräkning av DATUM radie.

$$8. \text{ DATUM radie } r_{\text{DATUM}} = \frac{(\text{Avvikelsedistans} + r_{\text{min}} + r_{\text{max}})}{2}$$

2.3.2 DATUMberäkning IAMSAR volym III

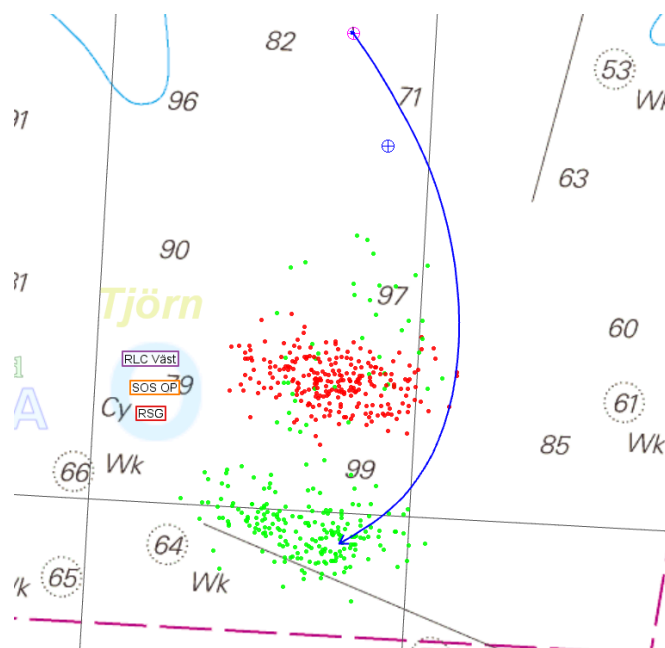
IAMSAR volym III finns ombord alla kommersiella fartyg och innehåller en simplificerad beräkningsmodell för fastställande av DATUM. Enligt sektion tre i volym III (IMO, 2016) antas avdriften gällande PIW vara försumbar vilket medför att driften endast utgörs av strömmen multiplicerat med tidsförloppet (se figur 3).



Figur 3. Illustrerar DATUMberäkning utifrån strömriktning.

2.4 Drivbaneberäkning enligt BaltSAR

För att underlätta processen med datumberäkningar uppmanas räddningsregionerna att utveckla egna beräkningsapplikationer (IMO, 2016). Likt SAROPS har Svenska Sjöfartsverket låtit utveckla beräkningsmodulen BaltSAR, en uppdatering ifrån "Badis" som integrerats i JRCCs ledningssystem. BaltSAR hämtar prognosdata från Svenska Meteorologiska och Hydrografiska Institutet (SMHI). Baserat på väderprognoser tillsammans med manuellt applicerade parametrar som t.ex. LKP och objektstyp beräknas en mängd potentiella utfall. BaltSAR presenterar positionsförslag för höger och vänster datum som gröna och röda punkter. De representerar potentiella max respektive minvärden där objektet estimeras driva (se figur 4). Informationen tolkas av räddningsledaren och utgör grunden för fastställande av DATUM och vidare för sökområdesberäkning. Den blå pilen visar uppskattad drivbana över sex timmar enligt räddningsledaren.



Figur 4. Skärmdump ifrån BaltSAR.

3 Metod

Kapitlet redogör för val av metod, informationssökningsteknik samt detaljerad beskrivning av fälttest.

3.1 Val av metod

På grund av studiens omfattning begränsas insamling av data till kvalitativ snarare än kvantitativ. Arbetsstrategin baseras på en experimentutformning ur Martyn Denscombes (2017) forskningshandbok. Metoden bygger på observationer till sjöss strukturerat som ett pilotfälttest för att verifiera samt etablera utgångspunkt och ramverk för framtida studier. Rapportens komparativa syfte ämnar jämföra fälttestet mot BaltSARs drivbaneberäkningar.

3.2 Informationssökning

Litteratursökning vid Chalmers bibliotek genererande relevanta vetenskapliga artiklar och regelverk. *International convention on maritime search and rescue 1979*, samt IAMSAR Volym II utgör grunden för detta arbete. Använda sökord: "SAR", "Search and rescue", "Leeway", "IAMSAR", "Drift calculations", "drift of objects", "MOB" "Field Experiment", "Field Method" bidrog till materialinsamling från de webbaserade plattformarna *Springerlink*, *regs4ships* samt dokument från nationella och internationella myndigheter. Samarbete med Sjöfartsverket och deras ledningscentral JRCC samt svenska sjöräddningssällskapet (SSRS) bidrog med relevant information beträffande uppbyggnad och organisation av svensk sjöräddning.

3.3 Drivbaneberäkningar

Tre drivbaneberäkningar hämtas från BaltSAR för jämförelse med fältstudieresultatet. Manuella DATUMberäkningar baserade på IAMSAR inkluderas i resultatet för ytterligare jämförelser.

3.4 Fälttest

Fälttestet observerar ett antal viktiga faktorer till sjöss i likhet med tidigare internationella tester (Allen & Plourde, 1999). Observationerna utfördes 10 Nm väster om Tjörn på Sveriges västkust 14:de december 2018 utav rapportens två författare assisterade av handledare och maskinchef. Som transportmedel till och från testområdet samt för arbetet på plats nyttjades Svenska Sjärräddningssällskapets (SSRS) räddningsfarkost 11-00. Positioner och drivbanor för sex flytande objekt dokumenterades i en simulerad manöverbordsituation (Bilaga).

3.4.1 Testområde

Position φ N 57° 59,00', λ E 011° 14,00' cirka 10 Nm väster om Tjörn valdes som utgångspunkt. Områdets area sträcker sig 100 Nm² med vald position i centrum för att tillåta utrymme för testobjekten att driva fritt i vilken riktning som helst över tid utan risk att hamna för nära land. Trafikdensiteten i området bedöms som låg utifrån historiska data vilket minimerar risken för interaktion mellan fartyg och testobjekt (MarineTraffic, 2017).

3.4.2 Testobjekt

Fyra räddningsdockor och en SAR-boj användes som primära testobjekt även en människa i överlevnadsdräkt adderades för en parallell jämförelse. Dockorna av modell "Ruth Lee, SAR training manikin" utrustades med "Garmin Alpha 100 GPS-halsband för spårning och identifikation, de försågs även med varselväst över huvudet för att synas bättre. Objekten färgkodades även för identifikation. Testobjekten utrustades med diverse flytmedel i ett försök att återspegla tre valda flytlägen representerade i IAMSAR volym II.

PIW 1 - **RÖD** - Vertikal. Vuxendocka 40 kg (65 kg i vattnet) utan något yttre flytmedel, flyter vertikalt endast med huvudet över vattenytan. Antas efterlikna flytläge PIW: *Vertical - Vertikal*.

PIW 2 - **BLÅ** - Högt Vertikalt. Vuxendocka 40 kg (65 kg i vattnet) med flytväst 50 Newton (50 N) bärkraft, flyter vertikalt med en tredjedel av torson över vattenytan. Antas efterlikna flytläge PIW: *Position/survival gear unkown - Okänd*.

PIW 3 - **GRÖN** - Högre Vertikalt. Barndocka 20 kg (32 kg i vattnet) med flytväst (50 N), flyter vertikalt med större delen av torson över vattenytan. Antas efterlikna flytläge PIW: *Position/survival gear unkown - Okänd (barn)*.

PIW 4 - **LILA** - Horisontellt. Vuxendocka 40 kg (65 kg i vattnet) med skumstopppning i benen flyter horisontellt med en stor del av kroppen över vattenytan. Antas efterlikna flytläge PIW: *Survival suite - Överlevnadsdräkt*.

PIW 5 - **GRÅ** - Människa 80 kg i överlevnadsdräkt. Iklädd sextimmars överlevnadsdräkt Helly Hansen E-352 samt flytväst (50 N). Saknar spårningsutrustning. Antas efterlikna flytläge PIW: *Survival suite - Överlevnadsdräkt*.

SAR-boj - **SVART** - Datum Marker Bouy (DMB) Utrustad med Automatic Identification System (AIS) som återger position i Electronic Navigational Chart (ENC). Används normalt för att markera en position eller DATUM från helikopter vid sjöräddningsinsatser för att bedöma strömmen.

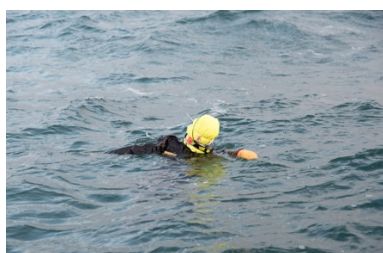


Foto 1. PIW 1 Vertikal.



Foto 2. PIW 2 Okänd.



Foto 3. PIW 3 Okänd (barn).



Foto 4. PIW 4 Överlevnadsdräkt.



Foto 5. PIW 5 Människa i överlevnadsdräkt.



Foto 6. SAR-boj.

3.4.3 Utförande

Efter transport till utvald position initierades fälttestet genom att sjösätta primärobjekten. Båten stävade långsamt västerut på stadig kurs medan objekten sjösattes ett i taget med en minuts intervall för att minimera risken för interaktion mellan objekten, samtidigt som tid och position dokumenterades. Genomsnittligt avstånd mellan objekten beräknas till cirka 100 meter.

Efter sjösättning kontaktades JRCC för beställning av BaltSARberäkningar till senare jämförelser. Tre olika scenarier beräknas baserat på de tre olika PIW-flytlägen som preciseras i IAMSAR: PIW *Vertikal*, PIW *Okänd* och PIW *Överlevnadsdräkt*. LKP fastställs som den första positionen där PIW 1 sjösattes.

GPS-halsbanden förenklade processen att spåra och identifiera dockorna. Positionstagning av dockorna utfördes genom att positionera 11-00 så nära som möjligt utan interaktion och läsa av båtens position på GPS-mottagaren. SAR-bojens position var enkelt tillgänglig som ett AIS-mål i båtens elektroniska sjökort. Positionstagningsintervall var tjugonde minut medförde en jämn rotation mellan objekten. Mätningarna avslutades efter drygt sex timmar.

Fyra timmar in i testerna sjösattes även det sista testobjektet PIW 5 och tog del i rotationen. Försämrad sikt och ökad avdrift ledde till att testet för PIW 5 avbröts redan efter 45 minuter då det saknade spårningsutrustning.

3.4.4 Väder

Under fälttestet låg ett högtryck norr om testområdet över Norges sydkust vilket resulterade i ost-nordostlig vind cirka 6 m/s och lufttryck 1033 hPa. Väderförhållandena var isfria och relativt milda för säsongen med lufttemperatur 1°C. Genomsnittlig våghöjd under testdagen uppskattades till 1 meter.

3.4.5 Vindmätning

Vindmätningar utfördes med handhållen "Professional Instruments Anemometer" vid fem tillfällen under testets sex timmar. Mäthöjd beräknades till cirka tre meter över havet. Medel- och byvindsobservationer från Hammeskär väderstation dokumenterades även.

3.4.6 Strömmätning

Strömmätningar genomfördes med en "strömhink" (se Foto 7), utformningen är standardiserad av SSRS och finns ombord sällskapet samtliga enheter. Konstruktionen utgörs av en mindre boj fäst med en halvmeters tamp i en hålad hink. Hinken vattenfylls och flyter med strömmen. Bojen har försumbar vindpåverkan. Två positions tagningar med ett sex minuters intervall medför en enkel multiplikation med tio för att bestämma strömmens styrka och riktning. Fem mätningar utfördes under fälttestet.



Foto 7. Strömhink.

4 Resultat

Resultaten omfattar insamlade dokumenterade data för testobjekt, vind och ström från fälttestet. Därtill även DATUMberäkningar utförda enligt IAMSAR volym II och volym III samt BaltSARresultat från tre beräkningar och slutligen komparativa resultat av samtliga utfall.

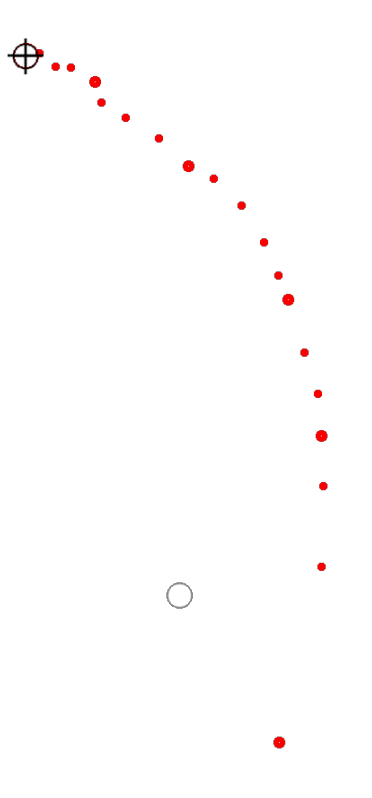
4.1 Fälttest

Fälttestresultaten inkluderar drivbanor för varje enskilt objekt plottat i elektroniskt sjökort över sex timmar, följt av vind- och strömdata från mätningar ombord och lokala observationer.

4.1.1 Positioner och drivbanor

Sjösättningspunkt \oplus
LKP φ N 57° 58,986', λ E 011° 13,827' $\opl�$
Referensposition φ N 57° 58,050', λ E 011° 14,330' \circ
Avstånd mellan LKP och referensposition..... 0,97 Nm

Figur 5-10 visar drivbanor för varje enskilt objekt utifrån plottade positioner över fälttestets sex timmar. \oplus markerar position där objektet sjösattes. $\opl�$ markerar LKP som beräkningsutgångspunkt. \circ markerar referenspunkt för avståndsbedömning. Första objektets sjösättningspunkt definierar LKP för hela testet och samtliga beräkningar.



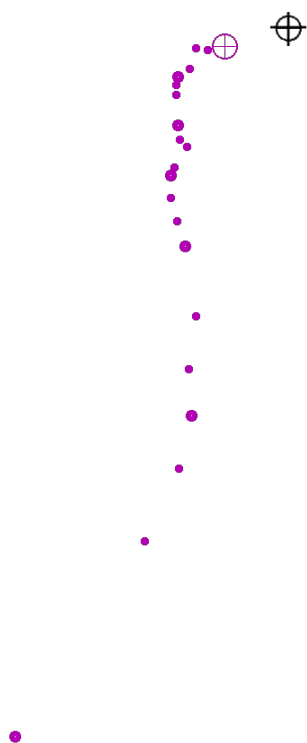
Figur 5. PIW 1 Vertikal drivbana med totaldrift 1,3 Nm.



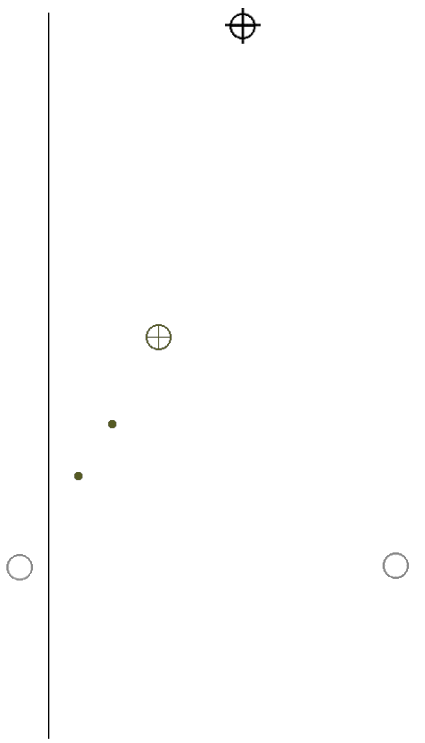
Figur 6. PIW 2 Okänd drivbana med totaldrift 1,1 Nm.



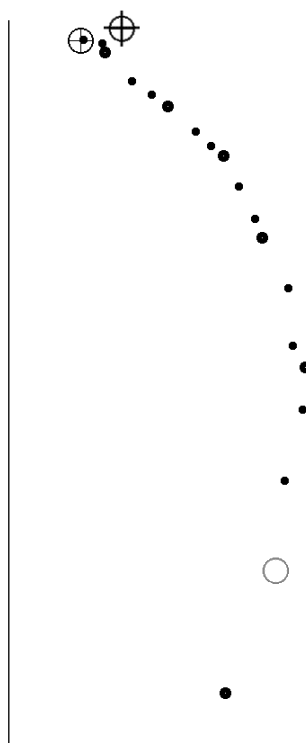
Figur 7. PIW 3 Okänd (barn) drivbana med totaldrift 1,2 Nm.



Figur 8. *PIW 4 Överlevnadsdräkt drivbana med totaldrift 1,3 Nm.*

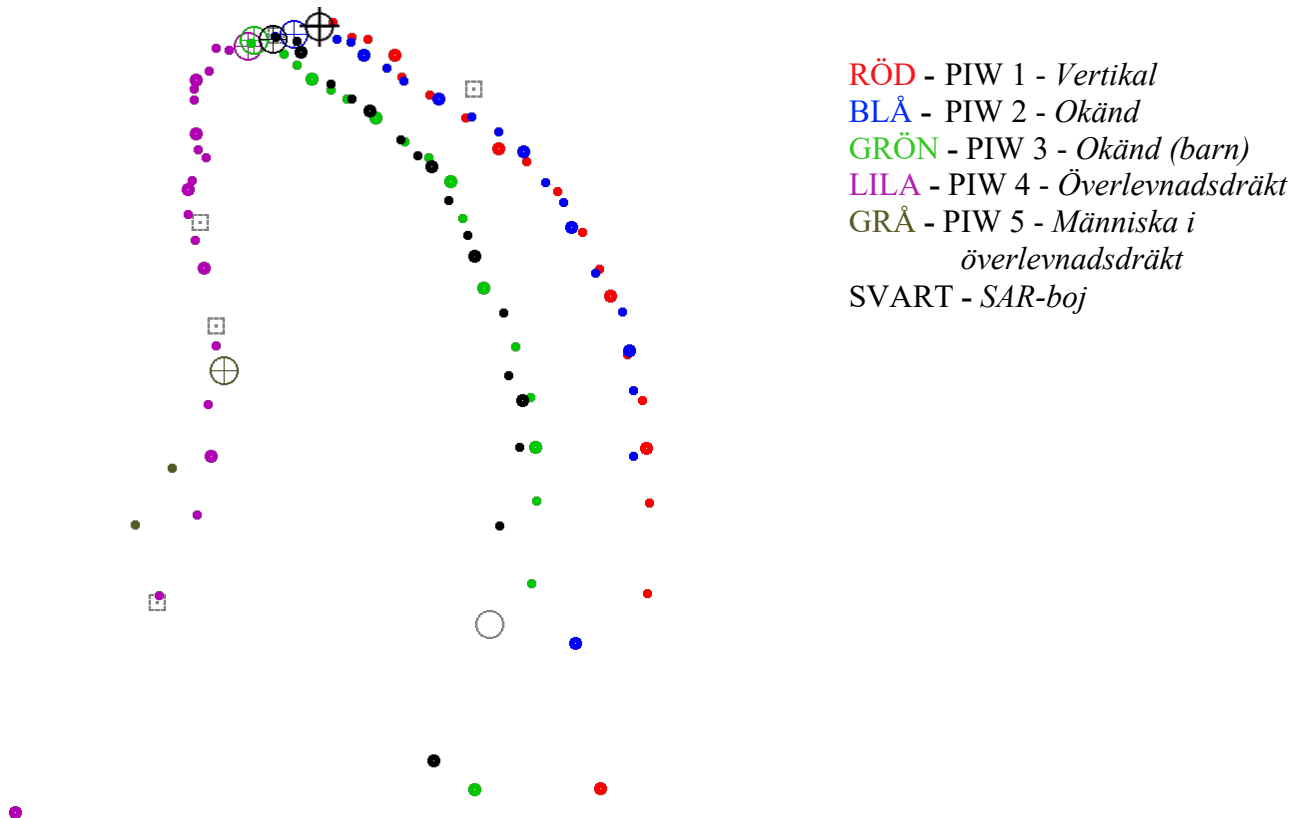


Figur 9. *PIW 5 Människa i överlevnadsdräkt drivbana*



Figur 10. *SAR-boj drivbana med totaldrift 1,2 Nm.*

Drivbanor för samtliga objekt utifrån plottade positioner över fälttestets sex timmar. Även positioner för strömmätningar visas som streckade grå kvadrater med en punkt i.



- RÖD - PIW 1 - Vertikal
- BLÅ - PIW 2 - Okänd
- GRÖN - PIW 3 - Okänd (barn)
- LILA - PIW 4 - Överlevnadsdräkt
- GRÅ - PIW 5 - Människa i överlevnadsdräkt
- SVART - SAR-boj

Figur 11. *Visar PIW 1, 2, 3, 4, 5 och SAR-boj samtliga drivbanor.*

4.1.2 Vind & Ström

Vindmätningar utförda under testdagen. Riktning och styrka mättes med handhållen anemometer lokalt ombord (se tabell 1), observationer dokumenterades även från Hammeskär väderstation (se tabell 2). Tiderna avrundades vid vektoraddition för att erhålla vektormedel. Ostnordostlig medelvind genererar en kraft i riktning 258° (se figur 12).

Tabell 1. Lokala mätvärden vid 5 tillfällen ombord under fälttestet.

TID	Riktning	Styrka
07:55	085°	6,3 m/s
09:24	070°	6,0 m/s
10:34	075°	6,0 m/s
11:30	080°	4,7 m/s
13:05	080°	5,5 m/s
Vektormedel	078°	5,7 m/s = 11 knop



Figur 12. Kraftvektor utifrån lokala mätvärden 258°, 11 knop.

Tabell 2. Mätvärden hämtat från Hammeskär väderstation.

TID	Riktning	Styrka
09:24	078°	9,8 m/s
10:34	087°	8,7 m/s
11:30	078°	7,7 m/s
13:05	067°	7,2 m/s
Vektormedel	076°	6,7 m/s = 13 knop



Figur 13. Kraftvektor utifrån lokal väderstation 247°, 16 knop.

Medelström med hänsyn till påverkningsstid lokalt uppmätt och uträknat utifrån två positionstagningar sex minuter emellan. Strömmätningar utfördes inom testområdet med intervaller om en och en halv timma (se tabell 3 och figur 14). Vektoraddition resulterar i en kraftvektor i riktning 118° (se figur 15).

Tabell 3. Lokala strömmätningar ombord.

TID	Riktning	Styrka
08:16	038°	0,5 knop
09:35	137°	0,2 knop
10:53	104°	0,2 knop
11:56	133°	0,3 knop
13:31	180°	0,3 knop
Vektormedel	118°	0,2 knop



Figur 14. Positioner vid strömmätningar.



Figur 15. Kraftvektor för strömmens medelvärde 118°, 0,2 knop.

4.2 IAMSAR DATUMberäkning

DATUMberäkningar utifrån IMO:s publikation IAMSAR volym II samt en kort demonstration ur volym III.

4.2.1 IAMSAR manual Volym II

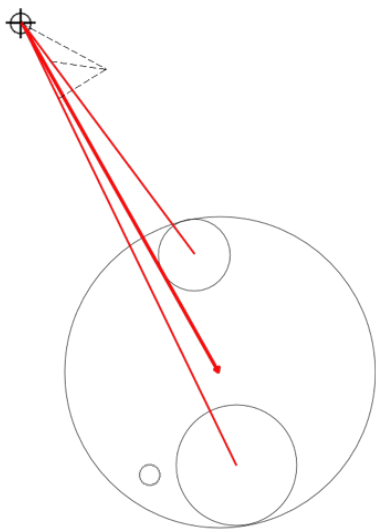
Förenklad DATUMberäkning i marin miljö (se tabell 4). Visuell presentation (se figur 16–18).

LKP Latitud, longitud	N57° 58,986' E011° 13,827'
Tidsförlopp	7:44 - 14:07 UTC avrundat till 6 h
Vind	078° 11 knop
Medvind	258° 11 knop
Ström	118° 0,2 knop

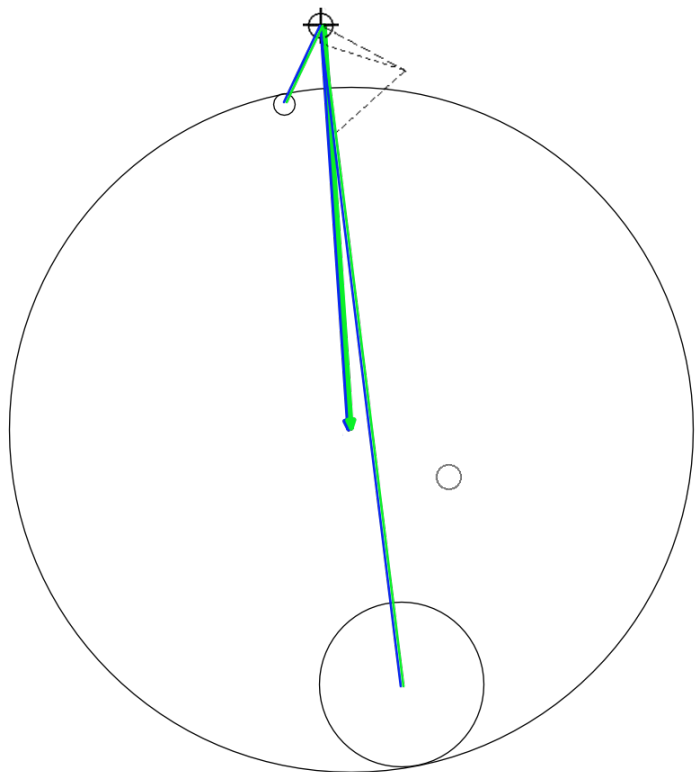
Tabell 4. DATUMberäkning PIW 1-4 utifrån IAMSAR volym II baserad på mätvärden från fälttestet.

		PIW 1 <i>Vertikal</i>	PIW 2 & 3 <i>Okänd</i>	PIW 4 <i>Överlevnad</i>
Avdrift	Vänster	238° 0,12 kn	228° 0,2 kn	228° 0,25 kn
	Höger	278° 0,12 kn	288° 0,20 kn	288° 0,25 kn
Drift	Vänster	143° 0,1 kn	173° 0,23 kn	255° 0,06 kn
	Höger	154° 0,17 kn	205° 0,03 kn	182° 0,26 kn
Drift x 6 h	Min	143° 0,6 Nm	205° 0,18 Nm	255° 0,36 Nm
	Max	154° 1,02 Nm	173° 1,38 Nm	182° 1,56 Nm
Min radie	r min (12,5%)	0,08 Nm	0,02 Nm	0,045 Nm
Max radie	r max (12,5%)	0,13 Nm	0,17 Nm	0,195 Nm
Avvikelseavstånd		0,44 Nm	1,23 Nm	1,49 Nm
r_{DATUM}	$\frac{(\text{Avvikelsedistans} + r_{\text{min}} + r_{\text{max}})}{2}$	0,325 Nm	0,711 Nm	0,865 Nm
DATUM	Latitud	N 57° 58,264'	N 57° 58,149'	N 57° 58,090'
	Longitud	E 011° 14,600'	E 011° 13,941'	E 011° 13,478'

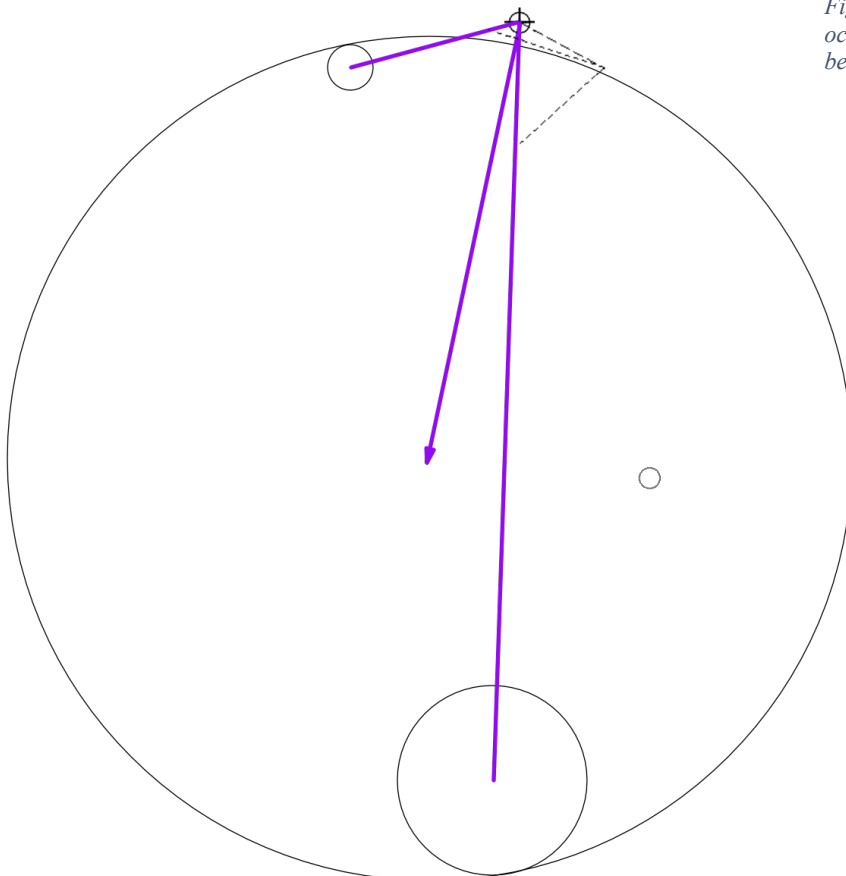
Utfallet för DATUMberäkningar gällande PIW 1, 2, 3, och 4 i förhållande till LKP \oplus och referenspunkten \circ (se figur 16-18). Höger och vänsterradie tillsammans med avvikelseavstånd resulterar i DATUMradie. Pilarna i figurerna pekar på DATUMpunkten.



Figur 16. DATUM PIW 1 Vertikal enligt beräkning.



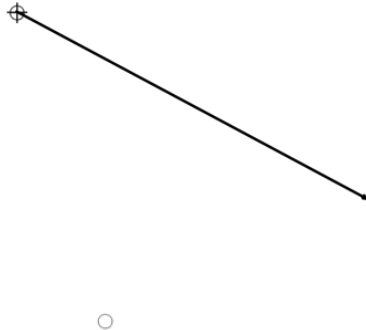
Figur 17. DATUM PIW 2 (blå) och 3 (grön) Okänd enligt beräkning.



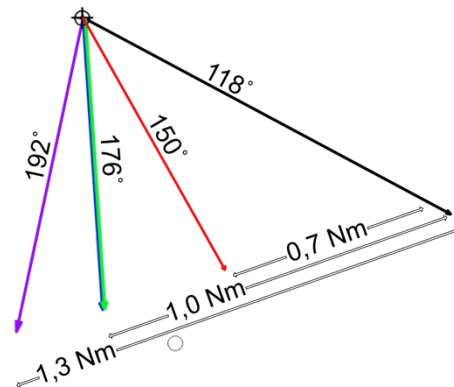
Figur 18. DATUM PIW 4 Överlevnadsdräkt enligt beräkning.

4.2.2 IAMSAR manual Volym III

Beräkning enligt IAMSAR volym III tar endast hänsyn till strömmen när det gäller personer i vattnet. Resultatet blir därför samma för samtliga PIW 1-4 [φ N 57° 58,424', λ E 011° 15,819'] (se figur 19) jämfört med IAMSAR II (se figur 20).



Figur 19. DATUMberäkning enligt Volym III, endast baserad på strömmen 118°, 1,2 Nm.



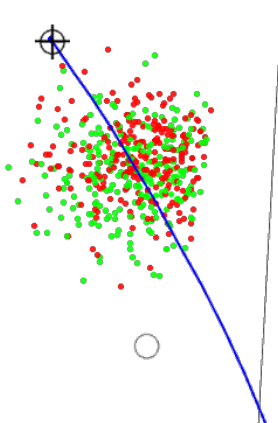
Figur 20. DATUMberäkning enligt Volym III jämfört med Volym II,

4.3 BaltSAR

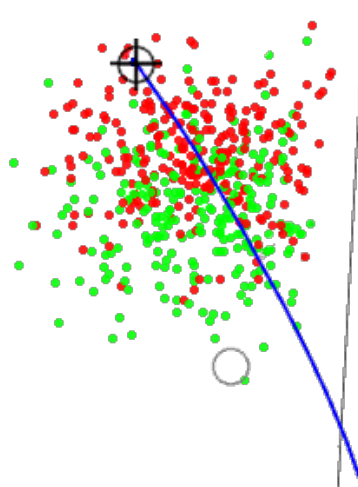
Nedan presenteras BaltSARberäkningar med potentiellt utfall efter en timme och sex timmar. Förslag på min/maxdatum återges i form av röda och gröna punkter.

LKP φ N 57° 58,986', λ E 011° 13,827' ⊕
 Referensposition φ N 57° 58,050', λ E 011° 14,330' ○
 Avstånd mellan LKP och referensposition 0,97 Nm

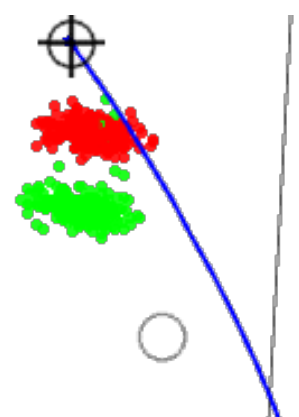
Efter en timme särskils beteendet för de tre olika flytläges beräkningarna i BaltSAR (se figur 21-23).



Figur 21. PIW 1 Vertikal efter en timme.

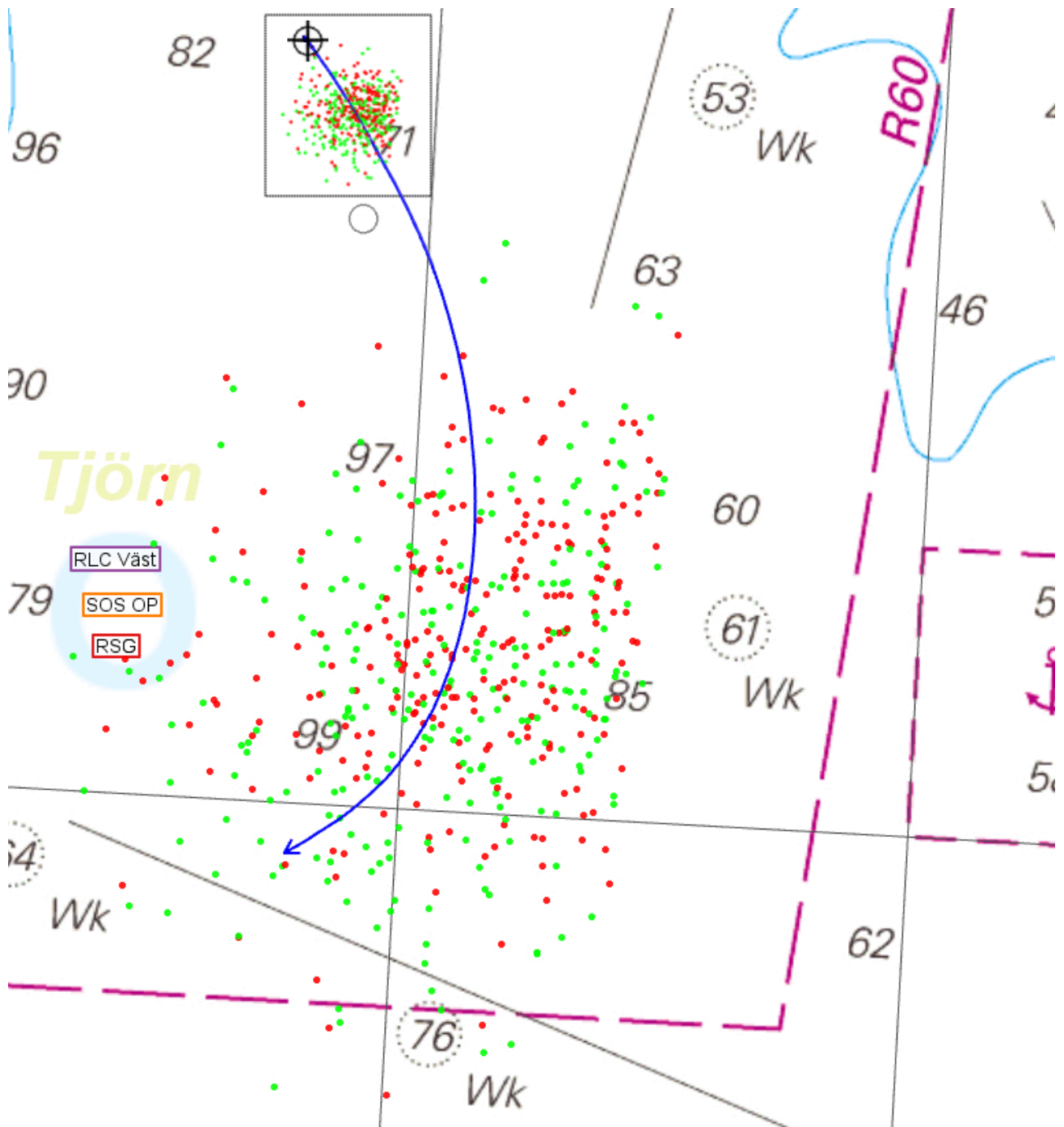


Figur 22. PIW 2 Okänd efter en timme.



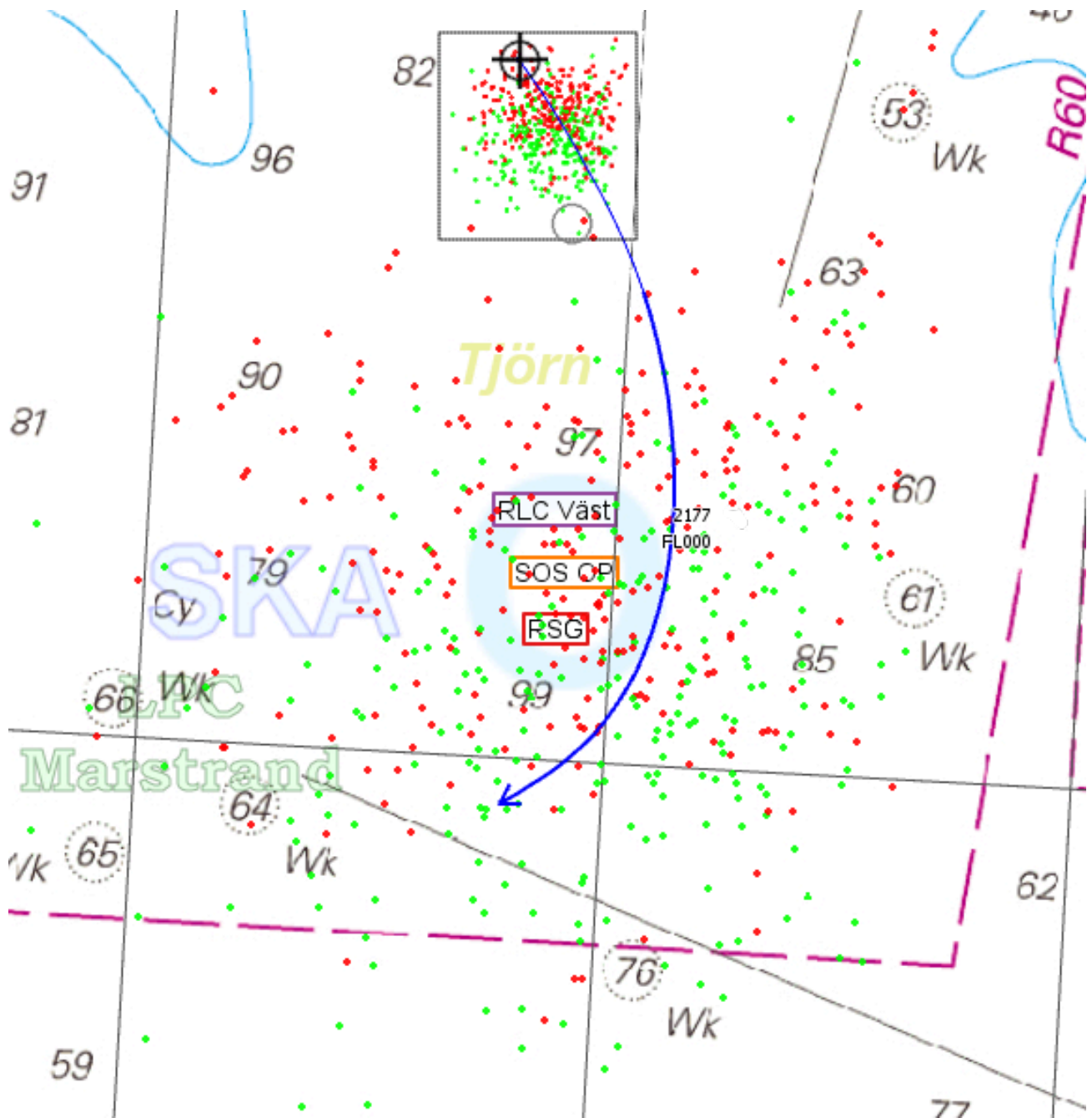
Figur 23. PIW 4 Överlevnadsdräkt efter en timme.

BaltSARberäkning för *PIW 1 Vertikal* efter sex timmar med utfallet efter en timme inkluderat i den grå rutan (se figur 24). Den blå pilen representerar ungefärlig drivbana över sex timmar enligt räddningsledaren. Uppskattad medeldrift cirka 3,2 Nm.



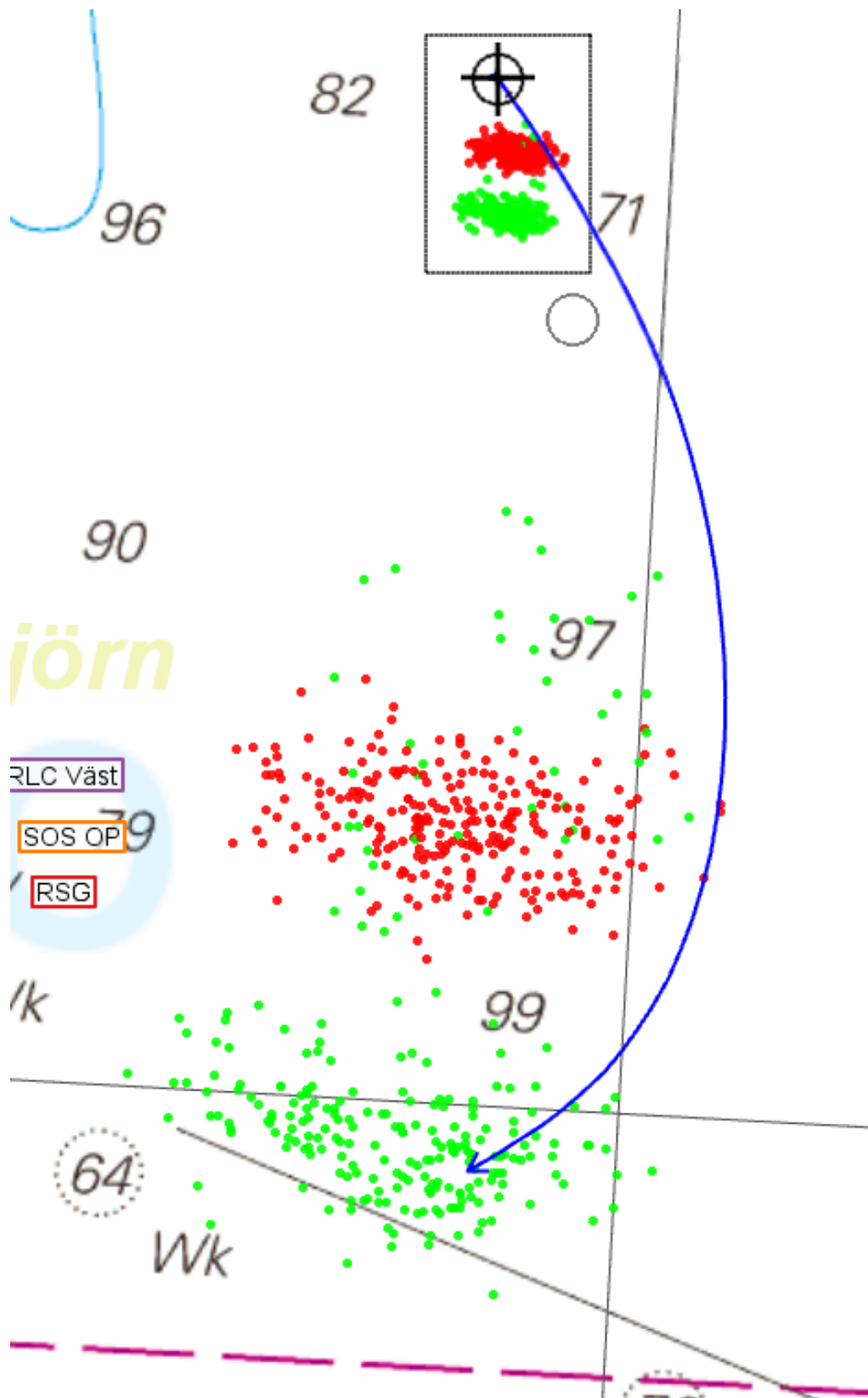
Figur 24. *PIW 1 Vertikal* BaltSAR utfall. Uppskattad medeldrift efter 6 timmar: 3,2 Nm.

BaltSARberäkning för *PIW 2 och 3 Okänd* efter sex timmar med utfallet efter en timme inkluderat i den grå rutan (se figur 25). Den blå pilen representerar ungefärlig drivbana över sex timmar enligt räddningsledaren. Uppskattad medeldrift cirka 2,9 Nm.



Figur 25. *PIW 2 och PIW 3 Okänd* BaltSAR utfall. Uppskattad medeldrift efter 6 timmar: 2,9 Nm.

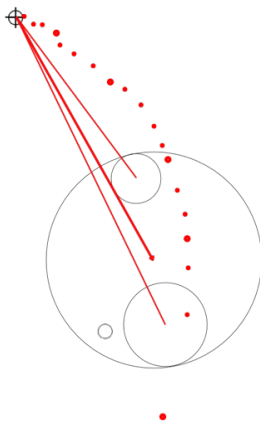
BaltSARberäkning för PIW 4 Överlevnadsdräkt efter sex timmar med utfallet efter en timme inkluderat i den grå rutan (se figur 26). Den blå pilen representerar ungefärlig drivbana över sex timmar enligt räddningsledaren. Uppskattad medeldrift cirka 3,3 Nm.



Figur 26. PIW 4 Överlevnadsdräkt BaltSAR utfall. Uppskattad medeldrift efter 6 timmar: 3,3 Nm.

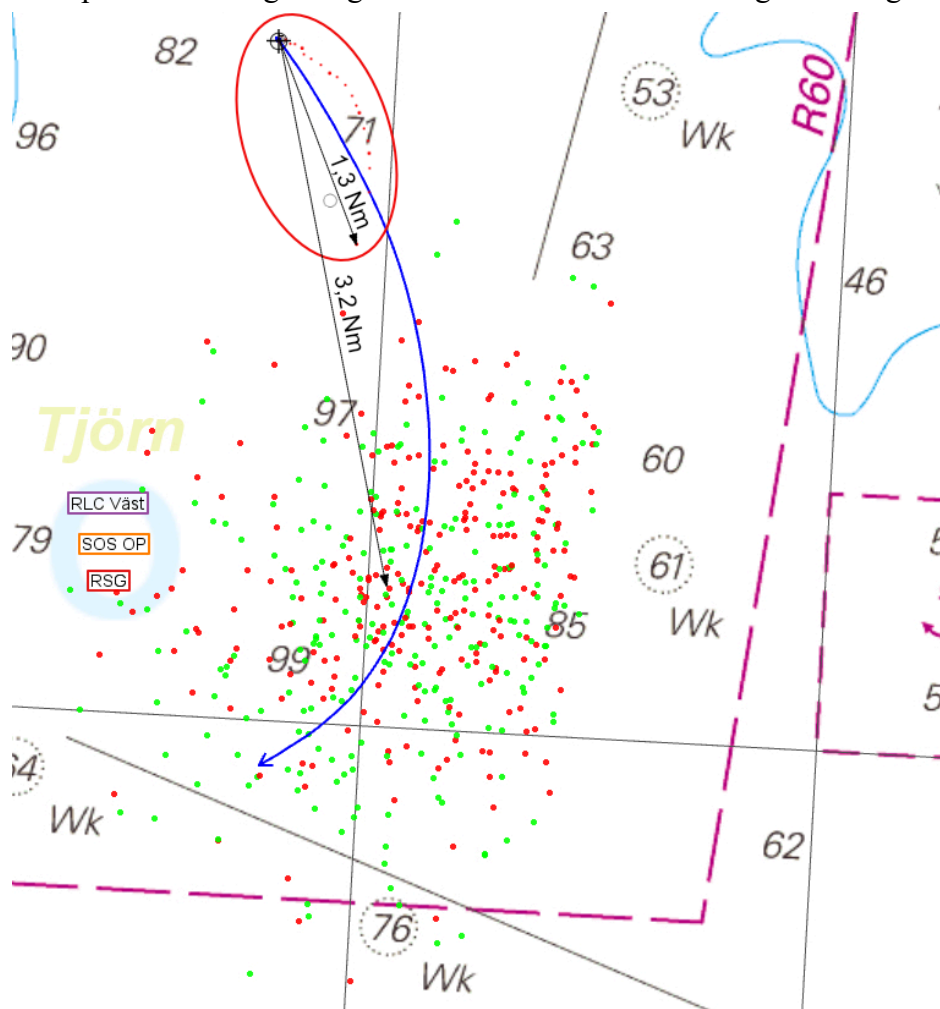
4.4 Komparativa resultat

Positionstagningar för PIW 1 *Vertikal* från fälttestet visas som röda punkter (se figur 27). DATUMberäkning enligt IAMSAR volym II visas som röda streck med en pil i mitten som pekar på DATUMpositionen (se figur 27). Tidsförlopp sex timmar.



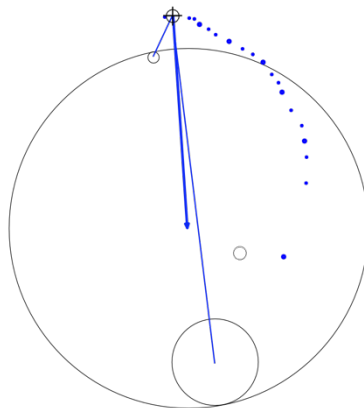
Figur 27. Jämförelse DATUMberäkning och fälttestresultat för *PIW 1 Vertikal*.

BaltSARresultat för PIW 1 *Vertikal* efter sex timmar visas som röda och gröna punkter. Den ovala inringningen visar fälttestresultatet (se figur 28). De svarta pilarna visar uppskattad drift. Den blå pilen representerar ungefärlig drivbana över sex timmar enligt räddningsledaren.



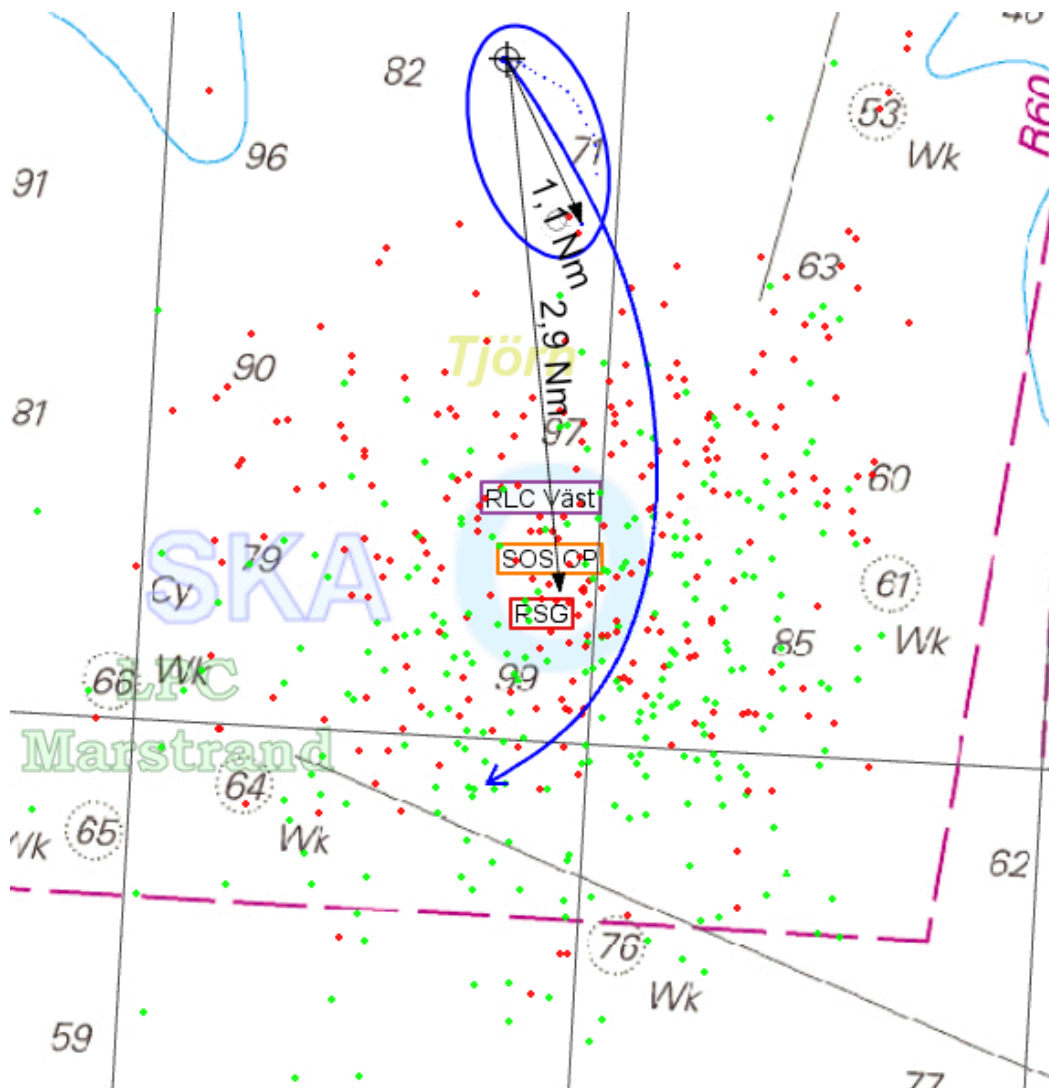
Figur 28. Jämförelse BaltSAR och fälttestresultat för *PIW 1 Vertikal* med tillhörande drivavstånd.

Positionstagningar för PIW 2 *Okänd* från fälttestet visas som blå punkter. DATUMberäkning enligt IAMSAR volym II visas som blå streck med en pil i mitten som pekar på DATUMpositionen (se figur 29). Tidsförlopp sex timmar.



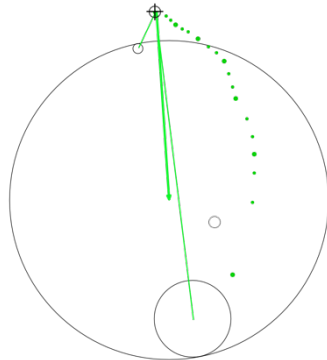
Figur 29. Jämförelse DATUMberäkning och fälttestresultat för PIW 2 *Okänd*.

BaltSARresultat för PIW 2 *Okänd* efter sex timmar visas som röda och gröna punkter. Den ovala inringningen visar fälttestresultatet (se figur 30). De svarta pilarna visar uppskattad drift. Den blå pilen representerar ungefärlig drivbana över sex timmar enligt räddningsledaren.



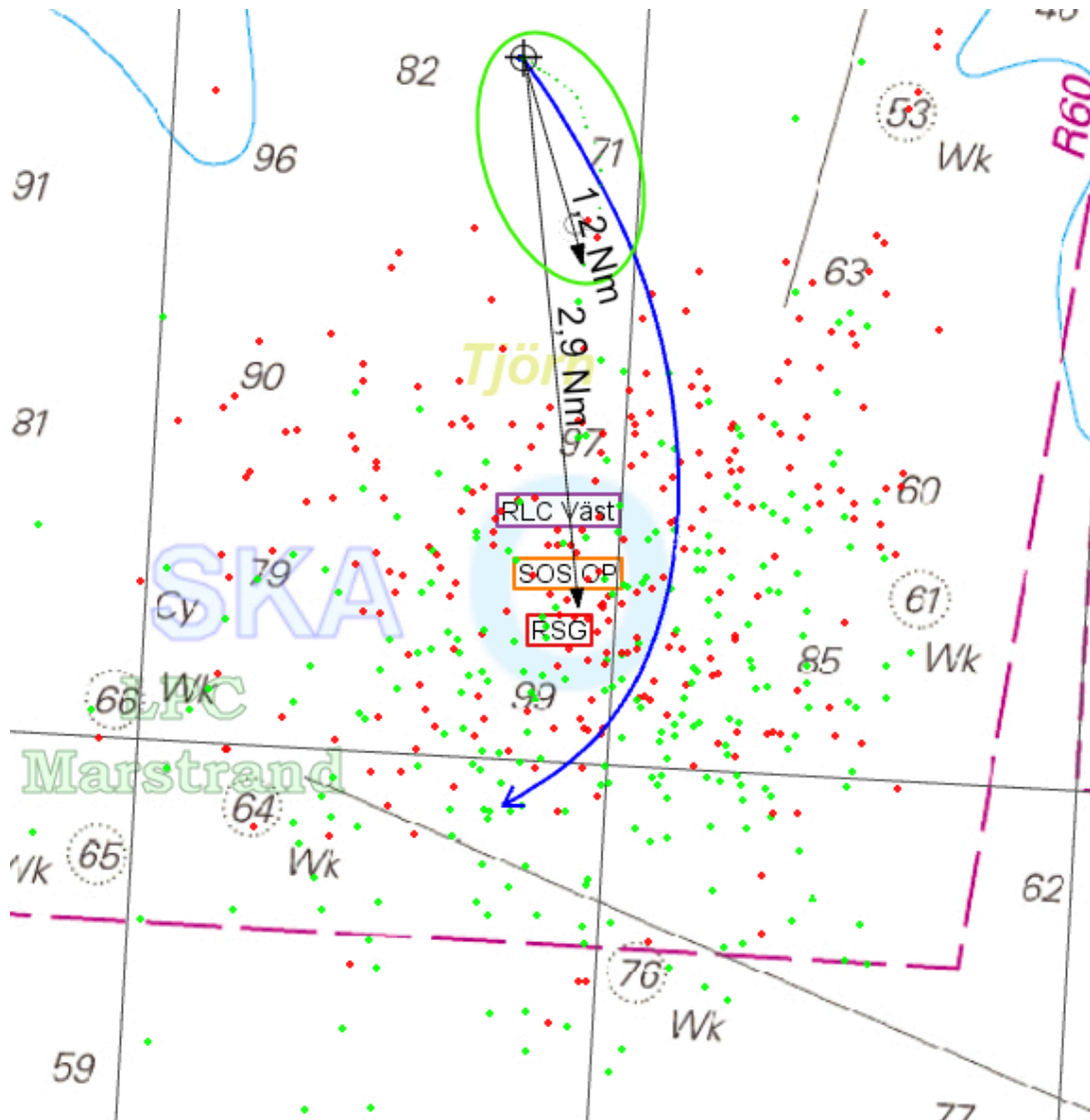
Figur 30. Jämförelse BaltSAR och fälttestresultat för PIW 2 *Okänd* med tillhörande drivavstånd.

Positionstagningar för PIW 3 Okänd (barn) från fälttestet visas som gröna punkter. DATUMberäkning enligt IAMSAR volym II visas som gröna streck med en pil i mitten som pekar på DATUMpositionen (se figur 31). Tidsförlopp sex timmar.



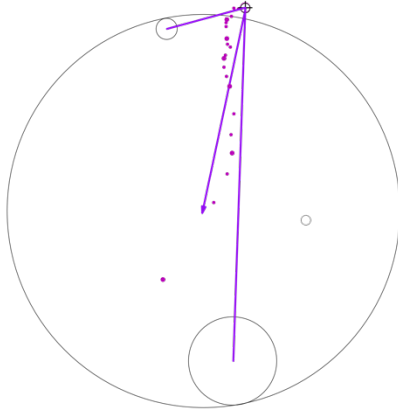
Figur 31. Jämförelse DATUMberäkning och fälttestresultat för PIW 3 Okänd (barn).

BaltSARresultat för PIW 3 Okänd (barn) efter sex timmar visas som röda och gröna punkter. Den ovala inringningen visar fälttestresultatet (se figur 32). De svarta pilarna visar uppskattad drift. Den blå pilen representerar ungefärlig drivbana över sex timmar enligt räddningsledaren.



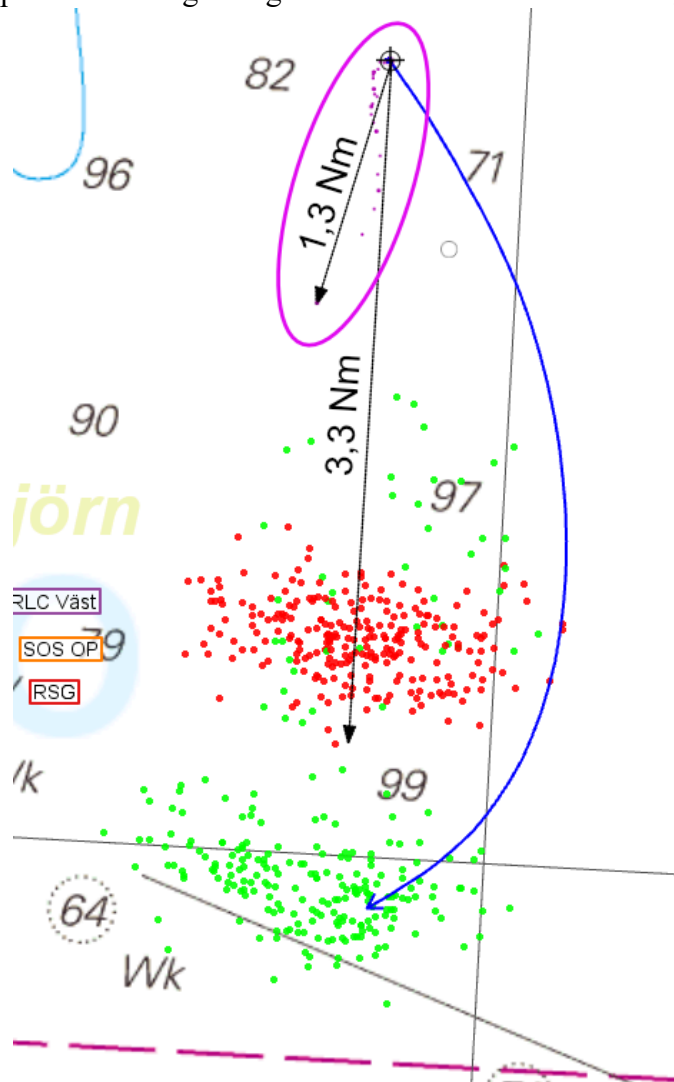
Figur 32. Jämförelse BaltSAR och fälttestresultat för PIW 3 Okänd (barn) med tillhörande drivavstånd.

Positionstagningar för PIW 4 Överlevnadsdräkt från fälttestet visas som lila punkter. DATUMberäkning enligt IAMSAR volym II visas som lila streck med en pil i mitten som pekar på DATUMpositionen (se figur 33). Tidsförlopp sex timmar.



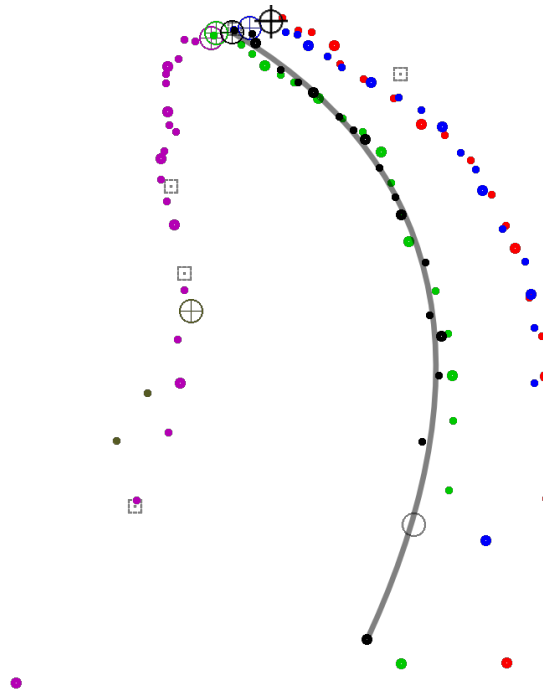
Figur 33. Jämförelse DATUMberäkning och fälttestresultat för PIW 4 Överlevnadsdräkt.

BaltSARresultat för PIW 4 Överlevnadsdräkt efter sex timmar visas som röda och gröna punkter. Den ovala inringningen visar fälttestresultatet (se figur 34). Pilarna visar uppskattad drift. Den blå pilen representerar ungefärlig drivbana över sex timmar enligt räddningsledaren.



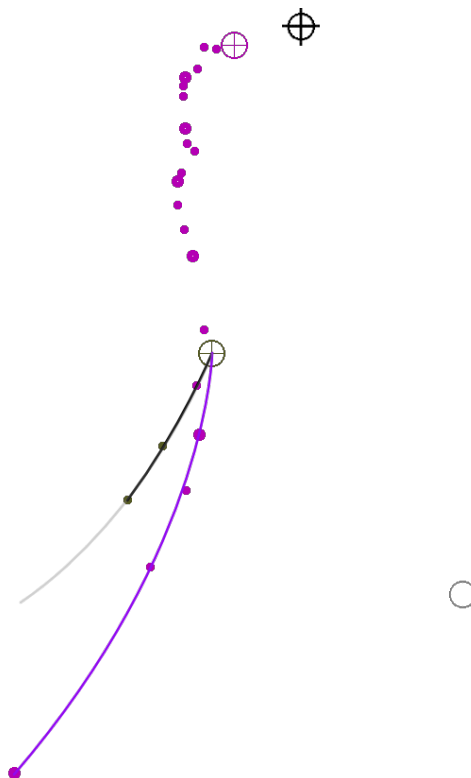
Figur 34. Jämförelse BaltSAR och fälttestresultat för PIW 4 Överlevnadsdräkt med tillhörande drivavstånd.

Sammanlagd bild med fälttestets samtliga positionstagningar från kapitel 4.1.1. De svarta punkterna visar SAR-bojens drivbana förtydligad i grått (se figur 35).



Figur 35. Jämförelse drivbanor med SAR-boj.

PIW 5 *Människa i överlevnadsdräkt* drivbana i mörkgrå punkter har förstärkts med grå linjer. PIW 4 *Överlevnadsdräkt* drivbana i lila också förstärkt med linje för att förtydliga avvikelser (se figur 36).



Figur 36. Jämförelse drivbanor *PIW 5 Människa i överlevnadsdräkt* och *PIW 4 Överlevnadsdräkt*.

5 Diskussion

Resultatdelarna diskuteras individuellt och jämförs mot varandra. Drivbanor från fälttestet jämförs med IAMSAR- och BaltSARberäkningar. Vidare diskuteras även utförande och metod.

5.1 Fälttestresultat och Flytlägen

Testresultaten pekar på att objektens olika flytlägen har stor betydelse för dess respektive drivbana. PIW 1 *Vertikal* påverkas till största del av strömmen medan PIW 4 *Överlevnadsdräkt* som har större vindfång vilket genererar betydligt större avdrift.

Drivbanan för PIW 2 *Okänd* som flyter högt vertikalt liknar PIW 1 *Vertikal* men med lite större avdrift till följd av ett större vindfång. PIW 3 *Okänd (barn)* som också flyter högt vertikalt har ännu större avdrift. PIW 3 *Okänd (barn)* är ett barnobjekt med lägre massa och lyfts därför ännu högre av flytvästen samtidigt som den har kortare ben, sammantaget medför detta till ett annorlunda förhållande mellan undervattenskropp och vindfång jämfört med PIW 2 *Okänd*.

SAR-bojens drivbana liknar främst PIW 3 *Okänd (barn)* men ser ut att ha stora likheter med PIW 1 *Vertikal* och PIW 2 *Okänd* vilket medför en relativt generisk drivbana. Banan kan anses representativ för PIW flytläge *Okänt*. När den används för DATUMmarkering ger den en indikation om strömpåverkan på plats men den påverkas fortfarande av vinden. Likheten med PIW 2 *Okänd* bör beaktas när strömvärdet används vid drivbaneberäkningar. Däremot kan denna kunskap appliceras i beräkning genom att räkna bort bojens avdrift för ett mer rättvisande strömvärde.

PIW 5 *Människa i överlevnadsdräkt* introducerades sent i testet för att verifiera huruvida PIW 4 *Överlevnadsdräkts* drivbana är representativt för en människa. Jämförelsen i figur 36 antyder att en människa iförd överlevnadsdräkt med stor flytkraft och vindfång medför större avdrift än en docka utan. Överlevnadsdräkten i sig bidrar till avdriften. Drivbana för en docka iförd överlevnadsdräkt kan sannolikt vara närmre verkligheten.

5.2 IAMSARberäkningar

Vind- och strömförhållanden som uppmättes under fälttestet varierade mellan intervallerna. Kalkylerade vektormedelvärden som förs in i IAMSARberäkningar kan ha påverkan utfallet. I fallet med PIW 1 *Vertikal* tycks DATUMberäkningen missa målet men dock är inte samtliga säkerhetsfaktorer inkluderat i kalkylen för att fastställa eventuellt sökområde. Testobjektet PIW 1 *Vertikal* tycks påverkas mer av ström och vind än tabellvärdet i Volym II föreslår (se figur 27). Utfallen för PIW 2 *Okänd* och PIW 3 *Okänd (barn)* stämmer bättre överens med resultatet från fälttestet. Vid jämförelse mellan PIW 4 *Överlevnadsdräkt* och PIW 5 *Människa i överlevnadsdräkt* konstateras att PIW 4 mer liknar en livlös kropp som flyter vid vattenytan snarare än på ytan. Dessa har samma tabellvärde i IAMSAR trots att en överlevnadsdräkt medför betydligt högre flytkraft och större vindfång. Vid drivbaneberäkningar för PIW *Överlevnadsdräkt* bör därför en större avdrift antas än tabellvärde föreslår.

Enligt IAMSAR volym III är vindens avdriftspåverkan försumbar vid drivbaneberäkningar gällande PIW oavsett flytläge vilket resulterar i en missvisande prediktion enligt figur 19. Vid jämförelse med fälttestet konstateras att samtliga testobjekt faktiskt påverkas av vinden. Sida vid sida i figur 20 poängteras en avsevärd driftsvinkelskillnad samt avstånd mellan IAMSAR volym II och volym III DATUM. Driftvinkelskillanden varierar från 32° till 74° vid hänsyn till avdriften vilket leder till en avståndsavvikelse mellan DATUM från 0,7 Nm upp till 1,3 Nm.

5.3 Vädrets inverkan

Eftermiddagsvinden vred åt öst vilket medförde en västlig riktningvariation för samtliga objekt. Påverkan på objektens olika drivbanor korrelerar med vind- och strömvektorerne ifrån fälttestets mätningar. Lokalt observerad vind jämfört med väderstation tyder på att värden från väderstation kan generera missvisande inputvärden för beräkningar. En av orsakerna kan vara mätinstrumentets höjd över havet.

Rådande väderläge med ett högtryck över Norges sydkust resulterade i en sydostlig ström vilket motsäger den allmänna uppfattningen om att det brukar vara nordliga strömmar i området. SMHI:s prognostisering förutsåg denna förändring som annars skulle inverkat på resultatet.

5.4 BaltSAR utfall

Redan på entimmes prediktionen konstateras skillnaden i beteende mellan de olika flytlägena *Vertikal*, *Okänd* och *Överlevnadsdräkt*. Vid jämförelse med fälttestet på figurerna 28, 30, 32, och 34 ser det ut som BaltSAR räknar väldigt högt. Om en DATUMpunkt antas vid ungefärligt centrum av punkterna i BaltSARpresentationen och vidare jämför mot dockornas drivavstånd ur fälttestet uppskattas följande:

PIW 1 *Vertikals* totala drift under fälttestet landade på 1,3 Nm, jämfört med avståndet 3,2 Nm mätt från LKP till uppskattat centrum för BaltSARs utfall tyder på en överskattning av drivbanan med cirka 250%.

PIW 2 *Okänd* - Fälttestets drivavstånd 1,1 Nm. Genomsnittlig drift enligt BaltSAR 2,9 Nm. Resulterar i en överskattning av drivbana med cirka 260%

PIW 3 *Okänd (barn)* - Fälttestets drivavstånd 1,2 Nm. Genomsnittlig drift enligt BaltSAR 2,9 Nm. Resulterar i en överskattning av drivbana med cirka 240%.

PIW 4 *Överlevnadsdräkt* - Fälttestets drivavstånd 1,3 Nm. Genomsnittlig drift enligt BaltSAR 3,3 Nm. Resulterar i en överskattning av drivbana med cirka 250%.

Utifrån fälttestets mätdata uppfattas BaltSAR använda för höga ingångsvärden vilket resulterar i den högre drivhastighetsprediktion för personer i vatten. Samtliga BaltSARberäkningar som är baserade på prognosdata tycks räkna högt även vid jämförelse med manuella IAMSARberäkningar. De manuella beräkningarna baseras på observerat väder vilket kan skilja sig från SMHI:s prognoser och kan vara orsaken till den stora skillnaden.

5.5 Metoddiskussion

Vid fälttestet användes dockor vars flytegenskaper väntas efterlikna människor. De är generellt mindre än en normalstor människokropp vilket medför att de trots försök att modifiera flytläget fortfarande skiljer sig från människor. Detta kan hämma testets reliabilitet. När dockorna sjösätts vattenfyllda de över tid för att uppnå en viss massa (Vuxen 60 kg / Barn 40 kg). Denna fyllnadstid kan ha påverkat dockornas drivbanor första timmen. Vid initiering påverkades PIW 2 *Okänd* och PIW 3 *Okänd (barn)* mer av vinden än väntat vilket är uppenbart i figur 6 och 7.

Enligt IAMSAR II delar flytläge *överlevnadsdräkt* och flytläge *avliden* samma avdriftsvinkel och hastighet med en liten skillnad i osäkerhetsfaktor. Fälttestets ambition att efterlikna utvalda flytlägen anses landa nära verkligheten bortsett ifrån att PIW 4 *Överlevnadsdräkt* med facit i hand borde försetts med en faktisk överlevnadsdräkt (se figur 36) för att öka testets validitet. Att använda riktiga människor till testerna kan ge ett säkrare resultat men medföra vissa begränsningar och säkerhetsaspekter. Dockor är lämpligare ur ett etiskt perspektiv.

BaltSARs beräkningsprecision exklusive prognosdata skulle kunna valideras i en kontrollerad miljö eftersom man då kan styra över vind och strömfaktorer i både miljö och beräkning. För att validera beräkningar utförda med prognosdata krävs däremot fältobservationer i naturlig miljö. En jämförelse mellan BaltSARs beräkningar baserade på observerade väderdata jämfört med beräkningar utförda med prognosdata kan bekräfta om prognosen är orsaken till BaltSARs överskattade drivbaneberäkning.

Potentiellt stora felmarginaler bör beaktas vid vindmätningar utförda med handhållen anemometer. Mer frekventa mätningar skulle medföra fler värden som ökar säkerheten. Ett alternativ kan vara att använda en kontinuerligt mätande väderstation ombord. Även strömobservationerna hade gynnats av ytterligare mätpunkter för ökad säkerhet. ”Strömhinken” är en enkel men i sammanhanget tillräcklig metod för strömmätning.

Positionstagning för objekten utfördes med observationsfartygets GPS-mottagare vilket medför en positionsosäkerhet på 2-4 meter. Noggrannheten bedöms tillräcklig för fastställande av drivbanor. Individuell AIS sändare på varje objekt skulle öka positionsnoggrannheten samtidigt som observationsfartyget inte behöver vara i konstant drift och därmed spara bränsle och minska miljöpåverkan.

För att skala skärmdumparna mellan BaltSAR och fälttest mot varandra används LKP och en referenspunkt. Observationsfartyget utgick från tre decimaler medan BaltSAR avrundade till två decimaler vilket medför en felmarginal som hade kunnat undvikas genom att etablera referensposition och decimaltal redan i planeringsstadiet. Jämförelser mellan utfallen borde bli både enklare och tydligare om presentation går att göra i ett och samma program, helst i BaltSAR.

BaltSARberäkningarna utgår från en gemensam LKP medan dockorna i själva verket sjösattes på olika positioner nära varandra. Det hade gått att utföra individuella beräkningar baserat på varje enskilt objekt för att kvantifiera datainsamlingen. Troligen hade det dock endast resulterat i flera mycket lika utfall. Vitt skilda testområden kan istället vara mer intressant för att ytterligare validera modellen.

6 Slutsats

Den komparativa resultatpresentationen visar att Sjöfartsverkets beräkningsmodul BaltSAR räknar högt med en väl tilltagen drivbana jämfört med fälttesterna. Drivbaneavståndet uppskattats vara mer än dubbelt så långt enligt utfallet i kapitel 4.4. Även vid jämförelse med manuell beräkning enligt IAMSAR volym II räknar BaltSAR fortfarande väldigt högt. Utifrån studieresultatet går det inte att fastställa orsaken bakom de höga beräkningarna. Efter resultatdiskussionen etableras prognosdatan som en sannolik felkälla. Vidare konstateras SAR-bojens drivbana ha störst likheter med PIW 3 *Okänd (barn)* samt stora likheter med PIW 2 *Okänd* som enligt IAMSAR benämns ”PIW Position/Survival gear Unknown”.

6.1 Fortsatt forskning

Förbättringsförslag för fälttest och eventuella vidare studier.

- Individuella AIS-sändare på varje objekt förenklar översikt och ökar positionsnoggrannheten.
- Referensobjekt bör etableras redan i planeringsfasen alternativt utföra resultatanalys och BaltSARberäkning i samma program för enklare jämförelse.
- Analys av inputvärden till BaltSAR för att hitta felkällan bakom överskattning av drivbana.
- Analys och validering av SMHI:s prognosdata rekommenderas vid framtida studie.
- Studie av verkliga fall där BaltSAR använts och både LKP samt fyndposition är kända.
- Slutligen konstateras att fälttestet bör replikeras på slumpmässigt eller specifikt utvalda geografiska platser för kvantitativ validering.

Referenser

Allen, A. & Plourde, J.V. (1999) *Review of leeway: field experiments and implementation*. (Technical Report CG-D-08-99). US Coast Guard Research and Development Center.

Hämtad från <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a366414.pdf>

Breivik, Ø., Allen, A. A., Maisondieu, C., & Olagnon, M. (2013). Advances in Search and Rescue at Sea. *Ocean Dynamics*, 2013 vol. (63), pp 83-88. doi:

<https://doi.org/10.1007/s10236-012-0581-1>

Denscombe, M. (2017). *Forskningshandboken: För småskaliga forskningsprojekt inom samhällsvetenskaperna*. Maidenhead: Open international publishing.

IMO, (2006). *SAR Convention: International Convention on Maritime Search and Rescue, 1979: as amended by resolution MSC.70(69) and MSC.155(78)*. London: International Maritime Organization

IMO, ICAO, (2016). *IAMSAR manual vol. 2*. London: International Maritime Organization

IMO, ICAO, (2013). *IAMSAR manual vol. 3*. London: International Maritime Organization

Kvick, P-Å. (2012). *Nödoperationer*.

Hämtad från https://issuu.com/spekv/docs/n_doperationer_2012

Lindkvist, T. (2011). *Strömmar i svenska hav* (Faktablad, nr 52). SMHI.

Hämtad från http://www.smhi.se/polopoly_fs/1.17789!webbFaktablad_52.pdf

Marine Traffic. (2018). *Density Maps*.

Hämtad från <https://www.marinetraffic.com/en/ais/home/centerx:11.4/centery:58.0/zoom:11>

Morris, J. T., Osychny, V. I., Turner, A. C. (2008). Analytical Techniques for the Calculation of Leeway as a Basis for Search and Rescue Planning. *Oceans*, 2008 pp:1-10 doi:

[10.1109/OCEANS.2008.5152022](https://doi.org/10.1109/OCEANS.2008.5152022)

National Oceanic and Atmospheric Administration. (2019). *Currents*.

Hämtad från https://oceanservice.noaa.gov/education/tutorial_currents/welcome.html

SFS 2003:778. *Lag om skydd mot olyckor*.

Hämtad från https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/lag-2003778-om-skydd-mot-olyckor_sfs-2003-778

Bilaga

Fälttestets samtliga positioner och mätningar från 14:de december 2018.

PIW 1 <i>Vertikal</i>			PIW 2 <i>Okänd</i>		
Tid	φ	λ	Tid	φ	λ
07:44	57° 58,986	011° 13,827	07:45	57° 58,974	011° 13,756
08:00	57° 58,992	011° 13,870	08:01	57° 58,970	011° 13,700
08:21	57° 58,968	011° 13,924	08:22	57° 58,965	011° 13,882
08:36	57° 58,966	011° 13,973	08:37	57° 58,961	011° 13,921
08:49	57° 58,941	011° 14,025	08:50	57° 58,940	011° 13,960
09:05	57° 58,906	011° 14,073	09:06	57° 58,921	011° 14,027
09:17	57° 58,879	011° 14,156	09:18	57° 58,900	011° 14,078
09:37	57° 58,843	011° 14,260	09:39	57° 58,873	011° 14,179
09:57	57° 58,795	011° 14,357	09:59	57° 58,844	011° 14,278
10:15	57° 58,774	011° 14,439	10:17	57° 58,821	011° 14,355
10:37	57° 58,727	011° 14,530	10:39	57° 58,790	011° 14,731
11:01	57° 58,663	011° 14,604	11:03	57° 58,742	011° 14,495
11:22	57° 58,606	011° 14,652	11:24	57° 58,710	011° 14,547
11:37	57° 58,564	011° 14,684	11:39	57° 58,672	011° 14,572
12:03	57° 58,472	011° 14,736	12:05	57° 58,600	011° 14,640
12:21	57° 58,400	011° 14,780	12:23	57° 58,540	011° 14,719
12:37	57° 58,326	011° 14,791	12:39	57° 58,479	011° 14,741
12:52	57° 58,240	011° 14,799	12:54	57° 58,416	011° 14,753
13:15	57° 58,099	011° 14,793	13:17	57° 58,313	011° 14,752
14:07	57° 57,794	011° 14,655	14:15	57° 58,021	011° 14,583

PIW 3 Okänd (barn)			PIW 4 Överlevnadsdräkt		
Tid	φ	λ	Tid	φ	λ
07:47	57° 58,964	011° 13,637	07:48	57° 58,954	011° 13,620
08:04	57° 58,959	011° 13,630	08:06	57° 58,949	011° 13,563
08:25	57° 58,943	011° 13,726	08:27	57° 58,925	011° 13,527
08:38	57° 58,925	011° 13,764	08:41	57° 58,916	011° 13,505
08:52	57° 58,904	011° 13,807	08:54	57° 58,902	011° 13,468
09:08	57° 58,886	011° 13,863	09:11	57° 58,888	011° 13,460
09:20	57° 58,873	011° 13,911	09:23	57° 58,871	011° 13,460
09:40	57° 58,842	011° 13,995	09:43	57° 58,818	011° 13,466
10:01	57° 58,806	011° 14,081	09:54	57° 58,793	011° 13,474
10:19	57° 58,780	011° 14,150	10:10	57° 58,780	011° 13,496
10:41	57° 58,743	011° 14,215	10:29	57° 58,745	011° 13,455
11:05	57° 58,686	011° 14,252	10:44	57° 58,731	011° 13,444
11:26	57° 58,627	011° 14,285	11:11	57° 58,692	011° 13,445
11:42	57° 58,576	011° 14,312	11:29	57° 58,652	011° 13,465
12:07	57° 58,485	011° 14,406	11:48	57° 58,608	011° 13,491
12:25	57° 58,406	011° 14,451	12:11	57° 58,486	011° 13,527
12:41	57° 58,328	011° 14,466	12:20	57° 58,395	011° 13,503
12:57	57° 58,244	011° 14,467	12:44	57° 58,313	011° 13,512
13:20	57° 58,114	011° 14,452	13:00	57° 58,222	011° 13,469
14:10	57° 57,792	011° 14,286	13:24	57° 58,096	011° 13,360
			14:21	57° 57,757	011° 12,935

PIW 5 Människa i Överlevnadsdräkt			SAR-Boj		
Tid	φ	λ	Tid	φ	λ
			07:46	57° 58,966	011° 13,693
			08:02	57° 58,968	011° 13,701
			08:08	57° 58,962	011° 13,764
			08:24	57° 58,946	011° 13,774
			09:07	57° 58,896	011° 13,862
			09:28	57° 58,873	011° 13,925
			09:44	57° 58,853	011° 13,977
			10:12	57° 58,809	011° 14,068
			10:27	57° 58,784	011° 14,120
14:17	57° 58,447'	011° 13,550'	10:42	57° 58,767	011° 14,159
			11:03	57° 58,714	011° 14,210
12:46	57° 58,295'	011° 13,397'	11:25	57° 58,659	011° 14,264
			11:40	57° 58,626	011° 14,286
13:02	57° 58,206'	011° 13,287'	12:07	57° 58,538	011° 14,371
			12:24	57° 58,469	011° 14,387
			12:39	57° 58,401	011° 14,428
			12:54	57° 58,328	011° 14,418
			13:18	57° 58,205	011° 14,359
			14:17	57° 57,838	011° 14,165

Vind			Ström			
Tid	Observation	Väderstation (byvindar)	Tid	φ	λ	Obs strömhink
07:55	085° 6,3 m/s		08:10	57° 58,970'	011° 13,699'	038°
	(090° 6,1 m/s)		08:16	57° 58,972'	011° 13,702'	0,5 knop
09:24	070° 6,0 m/s	078° 9,8 m/s (11,3)	09:29	57° 58,901'	011° 14,261'	144°
			09:35	57° 58,888'	011° 14,284'	0,2 knop
10:34	075° 6,0 m/s	087° 8,7 m/s (10,3)				
			10:47	57° 58,684'	011° 13,448'	106°
11:30	080° 4,7 m/s	078° 7,7 m/s (9,3)	10:53	57° 58,680'	011° 13,479'	0,2 knop
13:05	080° 5,5 m/s	067° 7,2 m/s (8,2)	11:50	57° 58,534'	011° 13,495'	131°
			11:56	57° 58,518'	011° 13,527'	0,3 knop
			13:25	57° 58,116'	011° 13,352'	181°
			13:31	57° 58,084'	011° 13,352'	0,3 knop