



Sjøkrigsskolen

Bacheloroppgave

Navigatøren & GPS

–Prestasjon ved degradert posisjonssensor–

av

Sindre Lendl & Aleksander Søgård

Levert som en del av kravet til graden:

BACHELOR I MILITÆRE STUDIER MED FORDYPNING I NAUTIKK

Mai 2018

Godkjent for offentlig publisering

Publiseringsavtale

En avtale om elektronisk publisering av bachelor/prosjektoppgave

Kadettene har opphavsrett til oppgaven, inkludert rettighetene til å publisere den.

Alle oppgaver som oppfyller kravene til publisering vil bli registrert og publisert i Bibsys Brage når kadetten(ene) har godkjent publisering.

Oppgaver som er graderte eller begrenset av en inngått avtale vil ikke bli publisert.

Vi gir herved Sjøkrigsskolen rett til å gjøre denne oppgaven tilgjengelig elektronisk, gratis og uten kostnader	Ja	
Finnes det en avtale om forsinket eller kun intern publisering?		Nei

Plagiaterklæring

Vi erklærer herved at oppgaven er vårt eget arbeid og med bruk av riktig kildehenvisning. Vi har ikke nyttet annen hjelp enn det som er beskrevet i oppgaven. Vi er klar over at brudd på dette vil føre til avvisning av oppgaven.

Dato: 25. mai 2018

Sindre Lendl

Aleksander Søgård

Forord

Denne bacheloroppgaven er skrevet som en del av utdanningen operativ marine ved Sjøkrigsskolen og omhandler degradering (når vi bruker ordet degradering mener vi intensjonell degradering, av posisjonen gjennom jamming, spoofing eller dataangrep utført av en motpart) av Global Positioning System og om brukerens oppdagelse av dette.

Tema ble valgt etter samtale med ansatte ved NavKomp i Sjøforsvaret. Interessen for temaet ble vekket gjennom undervisning i navigasjonssystemer og navigasjonskrigføring der vi fikk kjennskap til mulighetene som elektronisk krigføring byr på.

Vi vil takke Øystein Glomsvoll for gode diskusjoner og veiledning innenfor emnet, samt støtte og genuin interesse. Vi vil også rette en spesiell takk til personellet ved simulatoranlegget på Sjøkrigsskolen for god støtte både under oppsett og gjennomføring av forsøket. Takk skal også gå ut til de ansatte ved Navigasjonskompetansesenteret for veiledning og hjelp. Sist, men ikke minst ønsker vi å takke avgangsklassen operativ marine 15-18 for støtte i gjennomføringen av forsøket, uten dere hadde vi ikke hatt noe å skrive om.

Leseren av denne bacheloroppgaven antas å være en person med grunnleggende kunnskaper innenfor det maritime domenet. Vi har lært mye om oppgaveskriving gjennom den tiden vi har brukt på å skrive denne oppgaven og vi har fått brukt mye av det vi har lært gjennom vår tid på Sjøkrigsskolen.

MVH.

Sindre Lendl & Aleksander Søgård

Bergen, Sjøkrigsskolen, mai 2018

Sindre Lendl

Aleksander Søgård

Sammendrag med konklusjoner

Position, Navigation and Timing (PNT) blir en stadig større del av hverdagen til navigatøren på Sjøforsvarets fartøyer. I dette ligger det utfordringer når en potensiell motstander, med teknologiens utvikling, kan frata eller gi feilaktig informasjon vedrørende PNT. Det er viktig at fremtidens navigatør er forberedt på å møte et scenario hvor primær posisjonssensor (GNSS) er degradert. For at dette skal være mulig må navigatøren være i stand til å oppdage degradering. Dette reiser spørsmålet og problemstillingen for oppgaven: *Er tredjeklasse kadetter ved operativ marine i stand til å oppdage en gradvis degradering av GPS under oppdragsløsning? Og hvilke kontrollmetoder brukes for å oppdage dette? Er disse hensiktsmessige for situasjonen?*

I oppgaven har vi gjennomført forsøk i simulatoranlegget på Sjøkrigsskolen. Forsøket ble gjennomført med avgangsklassen operativ marine 15-18 (OM3 15-18). Vi simulerte spoofing ved å la Global Positioning System (GPS) posisjonen avvike gradvis fra sann posisjon. Siden systemet stod i autopilot med banestyring førte dette til at fartøyet seilte seg gradvis ut fra posisjonen som ble presentert i kartsystemet.

Gjennomsnittsavvik ved oppdagelse av feil ble 158 meter for de elleve som oppdaget feilen og handlet. Åtte (44%) oppdaget ikke feilen og ville dermed kommet veldig nærme (24 meter unna) en grunnstøting.

Oppgaven har gjennom drøfting av problemstilling og hypotese, opp mot teori og kilder, noe som kan være en manglende systemforståelse og tilpasningsdyktighet blant årets OM3 klasse. Mer spesifikt peker funnene i oppgaven på at nesten halve klassen tilsynelatende ikke har tilstrekkelig kunnskap og trening i hvordan en skal navigere med GNSS som primær posisjonssensor. Dog må det sies at resultatene ikke er entydige og det er flere faktorer som spiller inn.

Funnene i denne studien peker mot at flere av kadettene som er ferdig med sin formelle navigasjonsutdannelse på Sjøkrigsskolen ikke er rustet til å håndtere gradvis forandring av GPS posisjonen samtidig som de gjennomfører et annet oppdrag. Vår anbefaling til utbedring av dette er mer undervisning i hvordan seile med GPS som primærsensor og mer praksis, gjerne med et scenario liknende det vi gjennomførte.

Mer spesifikt leder drøftingen frem mot konklusjonen at den navigasjonen som gjøres alene på bro kanskje gjøres for tungvint og at kandidatene ikke evner eller velger å anvende de enkleste og raskeste kontrollmetodene. Dette kan bidra til at det benyttes mye tid og energi på navigasjon som kunne vært benyttet på oppdragsløsning.

Oppgaveformulering

Denne oppgaven tar for seg navigatørens evne til å oppdage feil på systemet uten at systemet gir noen varsel på at det har en feil. Feilen som legges inn under forsøket i simulator skal simulere en form for spoofing av Global Navigation Satellite System (GNSS) signalet, hvor feilen blir større og større over en angitt tid og i en gitt retning. Siden navigatøren har systemet i autopilot med banestyring vil systemet selv rette inn for denne feilen og etterhvert sette skipets sanne posisjon et stykke fra posisjonen som vises i Electronic Chart Display and Information System (ECDIS), som får sin posisjon fra GPS. Oppgaven tar sikte på å avdekke om kadetter i OM3 er i stand til å oppdage en gradvis degradering av GNSS posisjonen samtidig som de navigerer alene på bro, samt hvilke verktøy som ble benyttet og hvorvidt disse var fornuftige å anvende sett i lys av situasjonen.

Slik forsøket ble gjennomført ville skipet gå klar av land med 17 meter margin og klar av et skvalpeskjær (Skjær som så vidt dekkes på høyvann, men er synlig på lavvann) med 24 meter margin gitt at navigatøren holdt beordret gjennomsnittsfart over grunn på 18 knop. Dette anser vi som veldig nærme når egentlig avstand skulle vært 182 meter og farvannets bredde var totalt 380 meter.

Problemstillingen er: *Er tredjeklasse kadetter ved operativ marine i stand til å oppdage en gradvis degradering av GPS under oppdragsløsning? Og hvilke kontrollmetoder brukes for å oppdage dette? Er disse hensiktsmessige for situasjonen?*

Det har blitt satt opp en hypotese for å undersøke hvorvidt kadettene har for stor tillit til GNSS.

«Navigatøren vil støtte seg på systemene, herunder GNSS i stor grad og ikke legge merke til avvik før han/hun har avveket relativt sett mye fra faktisk posisjon.»

Innholdsfortegnelse

Publiseringsavtale	i
Forord	ii
Sammendrag med konklusjoner.....	iii
Oppgaveformulering	v
Innholdsfortegnelse.....	vi
Figurer	1
Tabeller	2
Forkortelser og forklaringer	3
1 Innledning.....	4
1.1 Bakgrunn.....	4
1.2 Mål og problemstilling.....	6
1.3 Avgrensing.....	6
2. Teori.....	7
2.1 Verktøy og begrep	7
2.2 Tillit til GNSS	9
2.3 Integritetsmonitorering	10
2.4 Anbefalte metoder for kontroll av GNSS	11
3. Metode.....	13
3.1 Hvordan svare på problemstillingen?	13
3.2 Valg av undersøkelsesdesign	14
3.3 Forsøket	14
3.4 Hvilke data skal innhentes?	15
3.5 Populasjonen.....	15
3.6 Validitet og reliabilitet	16
3.7 Drøfting av metode	18
4 Resultater.....	21
4.1 Verktøy som ble benyttet.....	23
4.2 Kommentarer	23
5 Drøfting.....	25
5.1 Problemstillingen	25

5.2 Hypotese	32
6. Konklusjon med anbefaling	36
7. Forslag til videre forskning.....	38
Referanser.....	39
Vedlegg 1 – Avstand skvalpeskjær.....	40
Vedlegg 2 – Avstand land.....	41
Vedlegg 3 - Rute	42
Vedlegg 4 - Oppdrag.....	44
Vedlegg 5 – Forhold i simulator	45
Vedlegg 6 – Utseende i ECDIS ved passering av land	46

Figurer

Figur 1. Utdanningsløpet for operativ marine på Sjøkrigsskolen (Stig Brandal, 2016)..	16
Figur 2. Hvordan kandidatene oppdaget avviket.	22
Figur 3. Illustrasjon av avviket fra faktisk posisjon (svart). Tilsynelatende plassering langs kurslinje (rød).....	24
Figur 4. Bilde av skjermene i simulatoren når en passerer land om babord uten å ha tatt fartøyet ut av banestyring	28
Figur 5. Bilde av skjermene i simulatoren når en passerer land om babord med passeringsavstand i henhold til planen	29
Figur 6. Radarbildet under passering nært land om babord. Bildet er en illustrasjon og ikke tatt under forsøket. Range 0,75. STEVN markert med blå sirkel.....	31
Figur 7. Radarbildet under passering land om babord som planlagt i henhold til rute. Bildet er en illustrasjon og ikke tatt under forsøket. Range 0,75.	31
Figur 8. Avstand fra skvalpeskjær til fartøy. 24m.....	40
Figur 9. Avstand fra kurslinje til fartøy. 182m	40
Figur 10. Avstand fra land til fartøy. 17m.....	41
Figur 11. Avstand fra kurslinje til fartøy. 182m	41
Figur 12. Utlevert rute før gjennomføring. 2/3	42
Figur 13. Utlevert rute før gjennomføring. 1/3	42
Figur 14. Utlevert rute før gjennomføring. 3/3	43

Tabeller

Tabell 1. Tabell med oversikt over forskjellige kontrollmetoder og verktøyer innen navigasjon.....	8
Tabell 2. Oversikt over statistikk for oppdaget/ikke oppdaget, tid, deviasjon i angitt tid og verktøy for oppdagelse.	21
Tabell 3. Gjennomsnitt og median for oppdagelse	22
Tabell 4. Oversikt over avviket kandidaten ble utsatt for på gitte tider i forsøket. Økningen var trinnvis.....	22

Forkortelser og forklaringer

Banestyring	Automatisk styring for fartøyet der fartøyet tårner på egenhånd etter en gitt rute
Degradering	Avvik fra sann posisjon som følge av jamming, spoofing eller annen form for dataangrep
ECDIS	Electronic chart display and information system
EK	Elektronisk krigføring
GNSS	Global navigational satellite system
GPS	Global positioning system
Kontrollmetode	Metode for bestemmelse/kontroll av posisjon
Kontrollmode	Kategorisering av kontrollmetoder, for eksempel optisk mode.
MPN	Militær praktisk navigasjon, fag
NavKomp	Sjøforsvarets Navigasjonskompetansesenter
OM	Operativ marine, navigasjonslinjen på Sjøkrigsskolen
PNT	Posisjonering, navigasjon og timing(tid).
Spoofing	Å narre en GPS mottaker ved å sende den feilaktige signaler
SKSK	Sjøkrigsskolen

1 Innledning

Er kadetter forberedt på å få sin primærposisjonssensor spoofet under seilas og oppdragsløsning? I oppgaven vil det bli undersøkt hvorvidt kadettene ved Sjøkrigsskolen er forberedt på noe som blir stadig mer aktuelt ute i verden, nemlig elektronisk krigføring(EK), mer spesifikt innenfor satellittposisjonering. Teori vil benyttes for å drøfte resultatene som er oppnådd og det vil bli forsøkt å trekke en konklusjon med en anbefaling til videre utdanning av kadetter ved Sjøkrigsskolens operativ marine linje.

I forbindelse med oppgaven har kapteinløytnant Bjarne Haukås ved Navigasjonskompetansesenteret (NavKomp) på vår forespørsel svart på spørsmål vedrørende forsøket. Både med tanke på hvordan forsøket ble gjennomført, men også med tanke på resultatene som ble oppnådd. Haukås har 21 års erfaring fra navigasjonsfaget og har tjenestegjort på minelegger, Hauk klasse og Skjold klasse. Han driver til daglig med blant annet navigasjonsmønstring og undervisning ved NavKomp. Han har videre vært fagansvarlig for militær praktisk navigasjon (MPN) som er det praktiske navigasjonsfaget OM kadettene gjennomfører i utdanningen.

1.1 Bakgrunn

Det stilles høye krav til nøyaktighet både innenfor navigasjon og posisjonering for fartøyer i Sjøforsvaret. Ifølge Alan Grant (2009, 1) er Global positioning system (GPS) primærkilden til posisjon, navigasjon og tid (PNT) i den maritime verden. Det vil heller ikke bli noe mindre av dette i fremtiden. GPS leverer meget nøyaktige tid og posisjonstjenester i store deler av verden hvor det i den maritime sektoren benyttes blant annet av kommersiell skipstrafikk, lystfartøyer og marinefartøyer. Et lite avvik i posisjon og tid for krigsskip kan få store konsekvenser enten det handler om våpenlevering, navigasjon eller rapportering. Under Sleipnerulykken i 1999 omkom 16 personer. Her var årsaken riktignok feilnavigering, men det kom frem i ulykesrapporten at mannskapet ikke kjente fartøyets nøyaktige posisjon. Og det er nettopp posisjonering som er en vesentlig del av denne oppgaven.

*«Den direkte, utløsende årsak til grunnstøtingen var at navigatørene feilnavigerte **og ikke kjente fartøyets nøyaktige posisjon** da man nærmet seg Bloksen.» (NOU 2000:31, kapittel 5.7)*

Ved degradering av Global navigational satellite system (GNSS) er det meget viktig at navigatøren ombord klarer å oppdage dette tidlig og agere på dette. Vi ønsker derfor å undersøke om kadetter som er ferdige med sin formelle navigasjonsutdannelse ved Sjøkrigsskolen innehar de kunnskapene og ferdighetene som trengs for å oppdage degradering av GNSS, samtidig som de gjennomfører et oppdrag. Vi kan også tenke oss at andre nasjoners- og eventuelt andre gruppers kapasiteter til enten å slå ut eller manipulere vårt GPS, i krise og krig er tilstede og mest sannsynlig økende i både omfang og kvalitet.

Bhatti (2017, 12) skriver om sårbarheten til moderne integrerte navigasjonssystemer som baserer seg på GNSS signaler. Så lenge GNSS mottakeren mottar signaler fra satellittene er systemet meget troverdig og nøyaktig med tanke på posisjonering. Troverdighet og nøyaktighet er noe av det som gjør at tilliten til GPS er høy og kan gjøre det vanskelig å tvile på informasjonen den gir. GNSS mottakere kan videre gi en falsk skipsposisjon basert på hva angriperen ønsker via falske signaler. Angriperen kan også forandre skipets virkelige posisjon i alle retninger fra planlagt posisjon, igjennom å gi falske data til autopilotsystemet eller til broteamet om bord som videre feilnavigere. I tillegg til at selve navigasjonssystemet blir spoofet vil også enkeltverktøy bli påvirket. Automatic radar plotting aid (ARPA), automatic identification system (AIS) og andre kollisjonsunngåelsessystemer som er bygget inn i skipets kartsystemer samt skipets satellittkompass kan generere informasjon som er misledende og kan potensielt skape farlige situasjoner under et spoofingangrep.

Videre skriver en annen ekspert på området Humphreys (2008, 12) om hvordan samfunnet har en økende avhengighet av GPS. Dette gjør at spoofing av sivil GPS er en økende trussel. I denne oppgaven laget de en GPS spoofer og fant ut at det er relativt enkelt å sette opp et spoofingangrep som påvirket de aller fleste kjente mottakere, selv de mottakerne som hadde systemer og hardware ment for å motstå spoofing. I oppgaven beskriver de også hvordan det tilsynelatende ikke er noe annet enn kryptografisk autentisering (som militære GPS systemer benytter seg av) som kan motstå et sofistisert spoofingangrep.

Disse uttalelsene fra Humphreys og Bhatti understreker både hvor enkelt det har blitt og hva konsekvensene kan bli spesielt innenfor navigasjon og kollisjonsunngåelse. Enn så lenge er militære GNSS ansett som tryggere og mer nøyaktig enn sivile, men teknologien beveger seg stadig fremover, både med tanke på sikring av egne GNSS, men selvfølgelig også innenfor

motmidler. Vi i Forsvaret er dog ikke helt skånet fra trusselen om spoofing da vi også bruker sivile ukrypterte GNSS til veldig mye, både på sjøen og på land. Her kan for eksempel ukryptert GPS på de fleste Kystvakt fartøy, samt andre mindre fartøy som for eksempel Kvarven-klassen (som benyttes til navigasjonstrening ved Sjøkrigsskolen) trekkes frem.

1.2 Mål og problemstilling

Målet med oppgaven er å finne ut hvorvidt kadetter som er ferdige med sin formelle navigasjonsutdannelse ved Sjøkrigsskolen er rustet til å oppdage og reagere på degradering av GNSS samtidig som de utfører et annet oppdrag i innenskjærs farvann, samt hvilke metoder de benytter seg av og hvorvidt disse er hensiktsmessige å bruke når man er alene på bro. I lys av resultatene og kommentarer gitt under gjennomføringen vil oppgaven også se på en hypotese knyttet opp mot tilliten til GNSS basert posisjonering.

1.3 Avgrensning

Oppgaven er avgrenset til å handle om hvorvidt kadettene klarer å oppdage en gradvis degradering av posisjon samt agere på dette. Det vil også bli sett på hvilke metoder som blir benyttet og hvorvidt disse er hensiktsmessige. Med denne typen degradering i den virkelige verden er det ikke sikkert at systemet vil gi alarmer eller varsler og det er dette som ønskes simulert i forsøket. I slutten av oppgaven vil det komme en anbefaling til videre undervisningsfokus for å styrke fremtidige kadetters muligheter for å oppdage en lignende degradering. Disse avgrensningene er gjort for å begrense størrelsen og omfanget på oppgaven.

For å kunne si noe om hvor godt enkeltkadetter er rustet til å oppdage degradering av posisjonen ble forsøket gjennomført med individer fremfor seilingsteam. Deltakere i forsøket er avgangsklassen OM3 på Sjøkrigsskolen, da det er disse kadettene som formelt er ferdig med sin navigasjonsutdannelse og snart skal ut å begynne sitt opplæringsløp for å utløse sertifikatkrav og bli selvstendige vaksjefer (tilsvarende styrmann i sivil sektor) på Sjøforsvarets fartøy.

2. Teori

I første del av oppgavens teoridel blir det ved hjelp av en tabell beskrevet en del begreper og verktøy som blir nyttige for leseren å ha kjennskap til for å få en bedre forståelse for hva resultatene og drøftingen betyr. Andre del av teoridelen vil inneholde kilder som sier noe om tillitt til GNSS, integritetsmonitorering og metoder for kontroll av GNSS.

2.1 Verktøy og begrep

Kjennskap til verktøyer og begreper	
ARPA	ARPA er en funksjon i radar som gjør det mulig å følge radarmål automatisk eller manuelt. ARPA gir navigatøren informasjon om blant annet kurs og fart på andre fartøyer.
AIS	AIS er et system som sender egen posisjon og mottar posisjoner fra andre fartøyer ved hjelp av radiosignaler og kan vise disse på radar og/eller ECDIS skjermen.
Radar/chart overlay	Radar overlay er en funksjon som gjør det mulig å legge radarbildet over kartet for enkelt å kunne sammenligne plasseringen av objekter en ser på radar og har i kartet. Chart overlay er nesten den samme funksjonen, bare at man kan legge enkelte kartdata som for eksempel landkontur og navigasjonshjelpemidler i radaren.
Stevn	Stevn er der baugen peker og vil vises i radarskjermen som en strek ut fra fartøyets posisjon i relativ peiling 000.
Stevn/tvers	Stevn/tvers er en posisjoneringsmetode som basere seg på to peilinger hvorav den ene er i baugen mens den andre er 90 grader på kursen.
Firestrek	Firestrek er et prinsipp der utseilt distanse fra én posisjon relativt 45 på et objekt til én posisjon relativt 90 på et objekt langs en kurslinje er like lang som avstanden inn til objektet i det du er tvers.

VRM	Variable range Marker (VRM) er et verktøy i både radar og ECDIS som hjelper deg å fastslå avstand fra et punkt til et annet.
EBL	Electronic bearing line (EBL) er et verktøy som lar deg ta ut peilinger. Dette verktøyet kan flyttes hvor som helst på skjermen og er kombinert med VRM.
Parallellindex	Parallellindeks (PI) vises som en rett linje på radarskjermen og legges oftest til en planlagt passeringsavstand til et objekt på den kursen en skal holde på legget for å overvåke seilassen.
Relativ posisjonering	Relativ posisjonering brukes mest i trange farvann der en enkelt kan se hvor en ligger i farvannet. Typisk eksempel å være midt under bro eller midt i et trangt sund.
Dead reckoning	Deduced reckoning (DR) er en alternativ posisjonsmode i navigasjon hvor ECDIS anvender skipets fartslogg, kompass og andre sensorer den har tilgjengelig for å regne posisjonen frem i kartet. En må oppdatere posisjonen manuelt med jevne mellomrom for at feilen ikke skal bli for stor.
RADAR og AIS mål	Sammenslåing av radar og AIS mål er en funksjon som gjenkjenner at et AIS mål og ett radar mål er det samme objektet. Forutsetter at det startes track på målet i radar og at målet har AIS data. I denne funksjonen setter navigatøren selv grensene for hvor like objektene må være før sammenslåing.

Tabell 1. Tabell med oversikt over forskjellige kontrollmetoder og verktøyer innen navigasjon

Metoden som kandidatene har lært seg å navigere i under utdanningen ved Sjøkrigsskolen er bestikkregning/deduced reckoning, det som kalles dead reckoning, DR i dagligtale. Fordelen med DR er at den kun tar i bruk skipets egne sensorer for å regne seg frem til en posisjon den presenterer i kartet og en er dermed ikke avhengig av annet enn sensorer på eget fartøy. Ulempen er at det finnes andre faktorer som påvirker posisjonen til skipet enn det modellen klarer å regne med. DR er derfor avhengig av forholdene rundt, presisjon på sensorer og input, tiden, kvaliteten på systemet og hvordan fartøyet manøvrerer for å regne seg frem til en god posisjon. Dette vil tilsi at med tiden vil DR posisjonen bli dårlig, om det skjer tregt eller raskt av-

henger av faktorene som er nevnt over, men etter vår egen erfaring er spesielt hurtig manøvrering og raske fartsendinger store bidragsytere til en dårlig fremplottet posisjon. Denne metoden har tilnærmet utelukkende blitt benyttet frem til siste semester ved Sjøkrigsskolen hvor seilas med GPS som input har blitt introdusert.

Med GNSS som input vil posisjonen bli oppdatert mer eller mindre kontinuerlig fra satellitter som går i bane rundt Jorden, her kan avviket komme for eksempel som følge av feil med satellittene, feil med mottaker, terreng og antenneplassering, meteorologiske forhold eller som i oppgavens forsøk – tilsiktet manipulasjon av signalene. Det antas med andre ord å få feil med DR bare basert på tiden man har seilt, mens du ikke vil forvente feil med GNSS bare basert på tiden og driften – en form for ytre faktor må spille inn. I forbindelse med drift av GPS har myndighetene i USA klare krav som stilles til nøyaktighet både for sivil og militær GPS. Nøyaktigheten som måles overgår kravene hvert år med relativ stor margin (The national coordination office for space-based positioning, navigation and timing, 2017).

2.2 Tillit til GNSS

GPS spesielt og GNSS generelt har som nevnt krav til ytelse og faktisk ytelse som er meget god mesteparten av tiden i store deler av verden. Hareide (2013, 74) trekker frem en interessant observasjon i sitt simulatorforsøk. Her stolte tre av fem lag mer på posisjonen som ble fremplottet i ECDIS enn sine egne kontrollmetoder. Ett lag gjennomførte eksempelvis fire krysspeilinger som de deretter forkastet på bakgrunn av at den avvek fra posisjonen i kartet hvor GPS var primærsensor. Under gjennomførelsen alle krysspeilingene var det lagt inn feil på GPS, det vil si at de forkastet sine sannsynligvis gode posisjoner og godtok GPS sine feilaktige posisjoner. At det er høy tillit til GPS systemet om bord er noe Hareide (2013, 1) konkluderer med i sin oppgave.

Haukås (2018) skriver i sitt tilsvarende svar til våre spørsmål at tilliten til GPS kan gå begge veier. Kadettene er opplært til å seile uten GPS-input på navigasjonssystemet og basert på at den er lite benyttet kan man anta at de kan være skeptiske til bruk av denne. På den andre siden kan kadettene ha en oppfatning av at GPS er til å stole på basert på mengden systemer som er av-

hengige av den over hele kloden, samt at dette er en normalmode å seile med både i Sjøforsvaret og resten av den maritime verden. Som nevnt tidligere i oppgaven skriver også Bhatti (2017,12) om nøyaktigheten og troverdigheten til GPS baserte systemer – disse egenskapene kan bidra til å skape stor tillit til et system som opererer med relativt liten feilmargin.

Dette vitner om potensiell høy tillitt til GPS om bord, men også en mulighet for skepsis. Det sier også noe om viktigheten av god integritetsmonitorering, og å ha tilstrekkelig tiltro til de metoder man benytter seg av. Oppgaven vil sikte på å undersøke dette nærmere i drøftingen.

2.3 Integritetsmonitorering

Hareide (2013, 93) skriver at det er essensielt for navigatøren at han/hun forstår at ethvert system må bli kontrollert. Dette gjøres med integritetsmonitorering. Hareide har valgt å dele dette inn i to moder, en konvensjonell og en visuell kontrollmode. Fremtidens navigatører må ha tilstrekkelig kunnskap om de systemene han/hun benytter seg av om bord i hverdagen. Når disse forstås vil navigatøren selv skjønne hvorfor de må kontinuerlig kryssjekkes mot andre kilder, for eksempel å benytte seg av en radar- eller visuell kontrollmetode for å verifisere posisjon eller fart.

Haukås (2018) skriver at en stor del av navigatørens hverdag vil være å følge opp at systemet presenterer korrekte data, og at dette gjøres ved forskjellige metoder og moder. Haukås velger å dele modene opp i tre, en visuell, en radar og en kombinasjon av disse. Han nevner også at det ikke skal utelukkes andre metoder/moder som for eksempel bruk av ekkolodd og dybdekoter. Han nevner videre i NECESSE (Haukås 2016) at militær navigasjon er en profesjon vi ikke har råd til å miste og at å kun forholde seg til et elektronisk plott ikke er godt nok (Haukås, 2016, 23). Videre i oppgaven vil det bli fokusert mest på visuell og radar som moder, da dette samsvarer med resultatene i oppgaven.

Det understrekes dermed både fra Hareide (2013) og Haukås viktigheten av å kontrollere GNSS under seilas med GPS som primærsensor for posisjonering. Haukås (2018,4) peker også på at med fremveksten av elektroniske systemer kontra papirkart har man ikke lenger det samme følte behovet for å ta en posisjon, da du alltid vil ha en posisjon – god eller dårlig – presentert i kartet.

2.4 Anbefalte metoder for kontroll av GNSS

«Populasjonen som er utdannet ved Sjøkrigsskolen har mer enn nok navigasjonsprinsipper i verktøykassen til å avdekke om et fartøy ligger i kurslinjen eller ikke» skriver Haukås (2018). Kandidatene har altså mer enn nok kunnskap og ferdigheter for å avdekke spoofingen, men hvilke metoder som er egnet til å oppdage en gradvis degradering av en i utgangspunktet god sensor skal vi nå se nærmere på.

Når det kommer til metoder for å verifisere GNSS signaler skriver Bhatti og Humphreys (2017, 4, G) at mannskapet om bord kan benytte gyro- eller magnetkompass, fartslogg, skipsdynamikkmodell, radarekko fra andre skip sammenliknet med AIS data, radarekko fra bøyer, kart eller andre objekter sammenliknet med kartgrunlaget, ekkolodd og meteorologiske sensorer. Spesielt radar overlay og sammenlikning av AIS og radar trekkes frem som verktøy som kan avsløre selv veldig gradvise spoofingangrep før situasjonen blir farlig. Det var denne metoden som ble benyttet i forsøket. Sivile navigatører, som Bhatti og Humphreys trekker frem, planlegger og navigerer ikke nødvendigvis på samme måte som militære styrker i Norge. Alikevel peker Hareide (2013, 75) også på radar overlay og sammenlikning av AIS data og radar som gode metoder for å oppdage feil i GNSS posisjonen. Han trekker også frem stevn tvers, som en enkel optisk posisjoneringsmetode.

Haukås (2018) trekker frem chart overlay som en metode han selv benytter når han seiler som veileder/skipsfører på skolefartøyene av Kvarven-klassen. Denne metoden er prinsipielt lik radar overlay, men med kartdata i radaren fremfor radardata i kartet. Han sier også at det er viktig å legge vekt på gode muligheter for kontroll i planleggingsfasen, altså at man planlegger ruten slik at den er lett å kontrollere, dette nevner han også i NECESSE (Haukås, 2016). Dette var ifølge Haukås mulig med ruten som ble seilt av kandidatene. Ruten var planlagt med blant annet stevn, firestrekk og halvstrekk passering. Anbefalingen gitt fra Haukås er med utgangspunkt i at man er alene som navigatør på bro, mens fra Hareide, Bhatti og Humphreys er det tatt utgangspunkt i militære team og sivile navigatører. Svaret fra Haukås vil derfor vektlegges spesielt videre i oppgaven.

Hvilke metoder som er hensiktsmessig å anvende for integritetskontroll under navigasjon kommer ifølge Haukås (2016, 23) an på situasjonen man er i. I militære operasjoner er det

vanlig å ha en plan for hva en kan sende ut på forskjellige sensorer og kommunikasjonsmidler. Hvilken plan som anvendes blir valgt ut fra situasjonen en befinner seg i. Gitt situasjonen fredstid i Norge var ikke emission control (EMCON) noe som ble vurdert av kandidatene og alternativene for kontroll av egne sensorer var helt åpne, noe som også ble angitt i oppdraget.

Spesielt i Norge, hvor vi har gode kartdata over det meste av trafikkerte leder, vil chart/radar overlay være et meget godt verktøy for å verifisere et hvilket som helst GNSS. Dette vil dog ikke gi deg en posisjon, men vil gi deg en indikasjon på hvorvidt GNSS er nøyaktig. I andre deler av verden med mindre krevende kystlinjer, dårlige kart og mindre frittstående navigasjonshjelpemidler kan denne metoden være mindre effektiv. Ute på det åpne hav vil også denne metoden naturlig nok ikke fungere.

Denne teorien understøtter bruk av tekniske hjelpemidler som med minimalt med arbeid vil kunne verifisere kvaliteten av GNSS posisjonen man får oppgitt i kartsystemet. Det vektlegges – spesielt når man er alene på bro – operasjoner som gjør deg i stand til å ha mest mulig fokus ut fremfor i kartet. Dette er spesielt viktig i nærheten av land hvor nøyaktig posisjonering og navigasjon er viktigere enn ute på havet.

Den understreker også at bruk av helt grunnleggende metoder for posisjonering, tilrettelagt igjennom god planlegging av ruten, er gode metoder for å finne avvik i GNSS. Eksempler på dette er stevn, halvstrek passering og å det å tørne tvers, som alle er metoder for å avdekke feil i posisjon i alle retninger. Ruten som er seilt i forsøket er planlagt i henhold til Sjøforsvarets rutiner for planlegging av seilas med fullstendige kursnotasjoner.

3. Metode

Metode er en måte å gå fram for å samle inn empiri – eller det vi kaller data om virkeligheten (Jacobsen, 2005, 23). Denne delen av oppgaven beskriver forskningsdesignet og hvordan data er innsamlet for å besvare problemstillingen, samt styrker og svakheter ved metode som er anvendt.

Problemstillingen er spennende fordi svaret ikke er kjent, fordi dette er et aktuelt tema innen navigasjon og fordi svaret på spørsmålet kan si noe om utdanningen som blir gitt til OM kadetter i dag.

Problemstillingen er enkel og fruktbar fordi det er fullt mulig å finne svar på spørsmålet og at svaret på spørsmålet tilfører ny kunnskap om hvorvidt kadetter i OM3 er kapable til å løse oppdrag samtidig som de navigerer alene på bro. Oppgaven vil gi mulighet til å komme med anbefalinger for utvikling eller forbedring i faget MPN.

Som nevnt gav Haukås svar på enkelte spørsmål i forbindelse med forsøket og resultatene. Dette er ikke uproblematisk. Haukås er nær forsøkskandidatene og kan føle en viss tilknytning til disse, da han blant annet har gjennomført undervisning og vært ansvarlig for øvelser i MPN for kandidatene den siste tiden. Han har også hørt at forsøket skulle gjennomføres, uten å nødvendigvis vite i detalj hva det skulle omhandle. Hans tilknytning både til kandidatene og forsøket gjør at svarene som ble mottatt ikke nødvendigvis er helt objektive. Hans svar er likevel basert på kompetanse bygget opp over flere år, og flere ganger er svaret spesifikt rettet inn mot de forutsetninger som forsøket baserer seg på. Svarene på spørsmålene vil derfor bli bruk videre i oppgaven, supplert med en artikkel han har skrevet for NECESSE i 2016.

3.1 Hvordan svare på problemstillingen?

Problemstillingen stiller spørsmål ved kadettenes ferdigheter i en situasjon de med stor sannsynlighet ikke har opplevd på forhånd, men som det har blitt gitt undervisning i. Det har blant annet blitt gjennomført undervisning i navigasjonskrigføring og GNSS i faget navigasjonssystemer, samt elektronisk krigføring i faget operasjoner og taktikk.

For å klare å svare på om tredjeklassekadetter ved operativ marine er i stand til å oppdage en gradvis degradering av GNSS under oppdragsløsning ble det gjennomført et forsøk i simulatoranlegget på Sjøkrigsskolen. Dette forsøket var en form for tverrsnittsundersøkelse (Jacobsen, 2013, 102), da det kun var mulighet til å undersøke populasjonen én gang, uten at de skulle kunne vite at forsøket handlet om oppdagelse av degradering av GNSS.

3.2 Valg av undersøkelsesdesign

Som nevnt var forsøket en tverrsnittsundersøkelse. En tverrsnittsundersøkelse vil undersøke en gruppe på et gitt tidspunkt, og gi data for kun dette tidspunktet (Jacobsen, 2005, 102). Det vil si at man samler informasjon om OM3 bare i det øyeblikket de gjennomfører forsøket. Innenfor temaet er det naturlig viktig å ikke vite hva forsøket omhandler, dette medførte at vi kun hadde mulighet for å gjennomføre forsøket en gang. Det vil si at oppgaven kun har mulighet til å si noe som navigatører som er ferdig med sin formelle navigasjonsutdanning på et tidspunkt, og de vil med stor sannsynlighet være rustet til å oppnå et bedre resultat i et liknende forsøk senere, blant annet med erfaringer fra dette forsøket, samt mer seilastid med GPS som primær posisjonssensor. Med tanke på intensivt i motsetning til ekstensivt design er det gjort en avveining i dette forsøket mellom disse ved at hele populasjonen(OM3) undersøkes, men med ganske overfladiske data. Dette vil gjøre det mulig å generalisere resultatene for andre grupper (OM2/OM1 når de går siste året), men gi begrenset mulighet til å si noe om hvorfor resultatene ble sånn.

3.3 Forsøket

Forsøket ble gjennomført i simulatoren på Sjøkrigsskolen og ble seilt med autopilot med bastyring. Område som ble valgt var i nærheten av Ålesund (vedlegg tre) basert på råd fra NavKomp og egen vurdering av farvannet med tanke på lengder på kurser, objekter i vannet og farvannets egnethet til forsøket. Området er forholdsvis trangt (380 meter på det trangeste) og med flere navigasjonshjelpemidler underveis. Ruten ble planlagt i henhold til Sjøforsvarets kursnotasjoner for optisk seilas med bruk av blant annet stevn, halvstrekpasseringer og tårnpeilinger. De nøyaktige vær- og simulatorforholdene under forsøket ligger som vedlegg (vedlegg fem). Været under forsøket var noe nedbør i form av sludd, lett tåkedis, strøm og vind som satte øst sørøstover med strøm på tre knop og vind, ti knop. Seilasen ble gjennomført i 50

prosent mørke i simulatoren som tilsvarer én til to timer før skumring uten tente navigasjons-hjelpemidler.

Etter tre minutter ble det lagt inn drift på GPS med fem meter sørover og 15 meter østover per minutt videre seilas. Dette førte til at fartøyet ble forflyttet relativt sett motsatt vei som følge av banestyringen. Med andre ord viste fartøyet at det befant seg et annet sted enn det egentlig var, og la dermed om kursen litt for å prøve å seile seg tilbake i kurslinjen. Forsøket tok maksimalt mellom 16 og 17 minutter som ville gi en posisjonsforandring på 205 meter til 221 meter i rettviseende peiling 290 grader fra sann posisjon dersom det ikke ble gjort noe.

3.4 Hvilke data skal innhentes?

Oppgaven anvender en metodetriangulering, noe som vil si at vi har kombinert kvantitative og kvalitative tilnærminger for å forsøke å veie opp for de svakhetene som ligger i å kun bruke én metode (Jacobsen, 2005, 124). Det har blitt samlet inn data om hvor langt og i hvilken retning avdriften fra virkelig posisjon var før en handling for å utbedre fant sted, dersom avdriften ble oppdaget. I tillegg ble det samlet inn data på hvilke kontrollmetoder som ble benyttet for å oppdage feil i GPS posisjon, både det som blir kalt primær- og sekundærmetode som utdypes videre senere i oppgaven. Disse vil da være kvantitative tilnærminger. Som kvalitativ metode ble det notert ned kommentarer underveis og stilt spørsmål etter seilasen for å få et bedre grunnlag for å drøfte metoden, og kontrollere at denne bidrar til å svare på problemstillingen. Ulempen ved å velge en blanding av kvalitativ og kvantitativ metode er at det kan være vanskelig å gjenskape de kvalitative resultatene, men dersom metoden kan regnes som god vil de kvantitative målingene være fullt mulig å gjenskape med god nøyaktighet.

3.5 Populasjonen

Utdanningen for operativ marine (OM) ved Sjøkrigsskolen går fra nulte- til sjette semester, totalt syv, hvorav semester en og to kun omhandler offisersfag og sjette semester baserer seg på å gi navigatøren innblikk i hva en vaksjef må tenke på. Det gjenstår da tre semestre der kadettene opparbeider seg studiepoeng i praktisk navigasjon. I løpet av disse tre semestrene går

kadettene gjennom generelle kunnskaper om navigasjon, optisk seilas, radarseilas og kombinasjon av disse i forskjellige lysforhold. Utdanningen skal gjøre kadetten i stand til å navigere trygt under alle forhold og med degradering av flere sensorer samtidig. Grunnlaget er likt for hele populasjonen og hele populasjonen, utenom forskerne selv, har gjennomført forsøket.

Under er det satt opp en grafisk fremstilling av utdanningsplanen for OM på Sjøkrigsskolen.

VÅR-SEMESTER 0	HØST-SEMESTER 1	VÅR-SEMESTER 2	HØST-SEMESTER 3	VÅR-SEMESTER 4	HØST-SEMESTER 5	VÅR-SEMESTER 6
NAV ØV Grimstadfjord	3 måneder seilas med Statsraad Lehmkuhl	Lederskapsutvikling	Simulatorøving 1	Simulator øving 1	NAVØV Troms	Kveldsseilas nr 1
Simulatorøving 1			Simulatorøving 2	Simulatorøving 2	Simulatorøving 1	Kveldsseilas nr 2
Simulatorøving 2	Lederskapsutvikling		Kveldsseilas nr 1	Kveldsseilas nr 1	Simulatorøving 2	Helgeseilas
Simulatorøving 3			Simulatorøving 3	Simulator øving 3	Kveldsseilas nr 1	Utplassering
Kveldsseilas nr 1			Kveldsseilas nr 2	Kveldsseilas nr 2	Simulatorøving 3	
Simulatorøving 4			Simulatorøving 4	Simulatorøving 4	Kveldsseilas nr 2	
Simulatorøving 5			Kveldsseilas nr 3	ARPA-kurs	Simulatorøving 4	
Simulatorøving 6			Simulatorøving 5	NAVØV Ryfylke	Kveldsseilas nr 3	
Simulatorøving 7			Helgeseilas	Simulatorøving 5	Simulatorøving 5	
ECDIS-kurs			Simulatorøving 6	Kveldsseilas nr 3	Helgeseilas	
NAVØV Blindleia			Simulatorøving 7	Simulatorøving 6	Simulatorøving 6	
				Helgeseilas	Simulatorøving 7	
		Simulatorøving 7				
		Eksamen	Eksamen	Eksamen		
ECDIS-operator	Egentrening i simulator		Optiske prinsipper	Radarnavigasjon	Selvstendig navigatør	Vaktsjef-trening og automasjon

Figur 1. Utdanningsløpet for operativ marine på Sjøkrigsskolen (Stig Brandal, 2016).

3.6 Validitet og reliabilitet

Den største fallgruben i forsøket ble ansett til å være at navigatøren ville henge seg opp i oppdraget fremfor å drive med aktiv navigasjon. Dersom det kom tydelig frem at ingen eller et fåtall av kandidatene valgte å se på dette som en øvelse i både navigasjon og oppdragsløsning i stedet for bare oppdragsløsning hadde muligheten til å svare godt på problemstillingen falt bort. Denne bekymringen blir også forsterket av uttalelsene til Haukås (2018,5) i hans svar på spørsmål som ble stilt: «Oppdraget er todelt og det er mulig kandidatene ikke har oppfattet at en del av oppdraget var å navigere, og dermed har konsentrert seg om den andre delen.»

Det ble skrevet ned kommentarer fra totalt tre kandidater som uttalte seg om hvorvidt oppdragsfokuset ble viktigst og navigasjonen havnet i andre rekke, om den i det hele tatt var i tankene. Det ble blant annet uttalt: «*Ble veldig opptatt av oppdraget*» og «*Trodde alt handlet om oppdraget*». Én kandidat uttalte seg om hvor enkelt det egentlig var å holde styr på fartøyene godt ut i oppdraget uten å ha nevnt eller tatt en posisjon underveis i forsøket. Dette kan også være en form for ytre attribusjon, da de kan ha oppfattet det som flaut å ikke oppdage feilen. Disse kandidatene vil derfor ikke bli behandlet noe annerledes med tanke på resultatet grunnet ikke-konkluderende data.

Ut ifra kommentarer og svar på spørsmål – både under og etter gjennomføringen – kan det sies med ganske god sikkerhet at minimum tre av kandidatene ikke trodde de skulle navigere underveis, enten bevisst eller ubevisst. Kanskje kan flere av kandidatene havne i denne kategorien, men det er vanskelig å skille disse fra de som stolte for mye på systemet. Personer i begge disse kategoriene vil ignorere posisjoneringsmetoder på grunnlag av at de enten stoler på systemet eller tror at de ikke skal navigere under øvelsen. Det ble forsøkt å sikre riktig tankesett i forkant av gjennomføringen ved at det eksplisitt stod «*Du skal **navigere** langs gitt rute til Håstein lykt.*» som første setning i ordren. Vår observasjon var at dette fungerte forholdsvis godt, da vi kun observerte et fåtall som uttalte enten i forkant, underveis eller i etterkant at dette ikke var en situasjon de skulle navigere i.

Vår observasjon er at kun et fåtall av kandidatene trodde de ikke skulle navigere underveis. Dette styrker validiteten i forsøket, da de fleste kandidatene falt innenfor den kategorien det var interessant å undersøke – altså hvorvidt en evnet å oppdage degradering av GPS posisjonssensor og hvordan de gjorde dette. Det antas med dette grunnlaget at kun et fåtall av kandidatene valgte å legge alt fokus på oppdraget og ignorere trygg navigasjon. Resultatet er at oppgaven med stor sannsynlighet har målt det den skal måle.

Reliabiliteten i forsøket er ansett som god, da scenariet og oppdraget overlater lite til tilfeldighetene. Det ble brukt like forhold og fartøy for alle under forsøket. I oppgaven har forskerens innblanding i forsøket blitt minimert ved at det ble gitt ut en skriftlig ordre fremfor en muntlig ordre. Sistnevnte var for å minske forskernes individuelle påvirkning av resultatet, noe som fortsatt kan være en faktor, da forskerne satt inne i simulatorrommet sammen med kandidatene og skrev ned kommentarer og handlinger vi mente var viktig basert på de hypotesene

som ble satt på forhånd. Det er vanskelig å si noe om hvilken retning dette eventuelt kan ha påvirket resultatene som ble oppnådd. Det at forskerne er en del av populasjonen som undersøkes gir samtidig god innsikt i bakgrunnen for at individene handlet som de gjorde, og de har selv gjennomført den samme utdanningen som kandidatene som gjennomførte forsøket. Da forskerne er en del av populasjonen kan det tenkes at de ønsker å påvirke resultatene i en retning som stiller dem og sin klasse i et godt lys, dette blir motvirket i størst mulig grad igjennom å la resultatene tale for seg selv.

Selv med forskernes potensielle påvirkning av forsøket er det rimelig å påstå at en gruppe med samme forutsetninger vil med rimelig sannsynlighet gi omtrent de samme resultatene. Med de samme forutsetninger menes likt undervisningsgrunnlag, erfaring og ingen kjennskap til hva som skal måles i forsøket. Oppgaven kommer tilbake til forslag for utvikling av undervisningen og muligheter for videre forskning senere i oppgaven.

3.7 Drøfting av metode

Noe av det første som måtte avgjøres når det kommer til forsøket, var om det skulle gjennomføres på en gruppe eller enkeltindivider. Her ble det valgt en individualistisk tilnærming på bakgrunn av flere faktorer, til tross for at dette er en uvant metode å organisere seg for kandidatene fra OM3.

En avgjørende faktor for å bruke en individualistisk tilnærming var et ønske om mest mulig selvstendige data fra hver av kandidatene. Ved bruk av en individualistisk tilnærming vil en kunne si noe om enkeltpersoners ferdigheter og kunnskaper i en populasjon med mennesker. Haukås (2018, 4) uttaler seg om at situasjonen i Sjøforsvaret og Kystvakten er litt forskjellig, men spesifikt i Kystvakten består navigasjonsteamet av to personer – en utkikk og en vakt sjef – hvor vakt sjef forestår navigeringen uten støtte fra utkikken. Dette er normalsituasjon frem til feil i posisjonering blir oppdaget, noe som er tilfellet i forsøket som ble gjennomført. Det var også ønskelig å ikke måtte ta hensyn til gruppedynamikk og team, da dette kunne gjort at oppgaven hadde fått et annet fokus enn det som er hensikten.

Ulempen med denne tilnærmingen er at kandidatene ble satt i en situasjon de med stor sannsynlighet ikke hadde operert i før og kan således si å være ganske ukjent for de fleste. Å ar-

beide alene på bro krever en annen arbeidsmetodikk enn det de er vant til, og en annen prioritering av tiden på bro. Gjennom utdanningen ved Sjøkrigsskolen har klassen vært vant til å operere med én navigatør, én assistent, én rormann og enkelte ganger en utkikk. I dette teamet har navigatøren muligheten til å i større grad konsentrere seg om enkeltområder, for eksempel radar eller optisk kontrollmode. I vårt forsøk måtte derimot navigatøren både lese kartnotasjoner, sjekke radar, kontrollere tårn, sjekke posisjon og rute i kartet og gjennomføre oppdraget som ble gitt. Dersom forsøket skulle bli gjennomført med et standard broteam ville dette kunne sådd tvil om de dataene som ble oppnådd faktisk var fra kandidaten eller teamet forøvrig.

Et alternativ hadde vært å sette opp et standard broteam rundt kandidaten som kjente til forsøket på forhånd, i den hensikt å gi nødvendig støtte til navigatøren slik at han/hun kunne operert slik han/hun er vant til. Disse kunne da ikke gitt hint eller støtte for å oppdage degraderingen selv med åpenbare tekniske hint og synlige tegn. Det ble vurdert dithen at dette kunne svekket kandidatene da de kunne trodd at de fikk mer støtte til å oppdage posisjoneringsfeil enn de egentlig fikk. Fordelen med et slikt team er at navigatørene lettere kunne har benyttet seg av flere metoder for å kontrollere seilassen, samt å seile som kandidaten pleide.

Et annet potensielt problem ville vært at å seile i banestyring ville pasifisere kandidatene og understøtte troen på at fartøyet navigerte seg selv underveis.

«Det faktum at automasjonsmoden er trackstyring (banestyring) kan ha hatt innvirkning i den forstand at det er behagelig å seile i track og en ønsker dermed ikke å avvike fra planen. Trackstyring kan også ha hatt innvirkning på mer fokus på den andre delen av oppdraget som var informasjonsinnhenting om andre fartøyer i leden. Da fartøyet er i trackstyring kan oppfatningen ha vært at fartøyet tar seg av «navigeringen» på egenhånd (Haukås, 2018)».

Gjennom undervisningen har kandidatene dog fått understreket gjentatte ganger at virkeligheten er ut vinduene på fartøyet, og ikke hva som presenteres i noen av skjermene om bord. Det ble også seilt i banestyring som et ledd i at kandidatene skulle være helt alene på bro, med ingen andre å støtte seg på for å oppdage spoofingen. Forholdene er også helt like for alle kandidatene.

En annen begrensning var at kandidatene ikke fikk planlegge sin egen rute. Dette kan ha ført til at kandidatene ikke hadde like god kjennskap til egen rute som de hadde hatt dersom de hadde planlagt den selv. Forholdene er dog like for alle kandidatene for å sørge for at alle hadde en lik opplevelse av farvannet, samt at ingen skulle gå på fartøyene som befant seg i området.

«At ruten ikke er planlagt av kandidaten kan ha betydning, og jo mer urutinert desto mer påvirkning kan det ha. NavKomp sin holdning er at ruten skal planlegges av vedkommende som seiler, eller som minimum gå gjennom den planen som en har ansvaret for.» (Haukås, 2018, 4). Kandidatene fikk i forkant av forsøket mulighet til å sette seg inn i ruten som skulle seiles og Haukås nevner også at med tilførselen av elektroniske kartsystemer (ECDIS) så har det å seile ruter man ikke selv har planlagt blitt vanlig i Sjøforsvaret. Forsøket kan derfor regnes som realistisk med tanke på fremtidig tjeneste.

Før gjennomføring av forsøket ble det valgt ut en hypotese som skulle testes, basert på data tidligere innhentet av Hareide og Haukås ved NavKomp, om hvorfor kandidatene ikke oppdagget degraderingen. Fordelen med tilnærmingen som ble valgt er at ved å sette opp hypotese på forhånd ville det bli enklere å kunne se etter tegn mens forsøkene ble gjennomført. På den måten få et visst grunnlag for analyse av hvorvidt metoden var passende for å svare på problemstillingen. Ulempen med dette er at kan oppstå feilvurderinger av hva slags informasjon det er viktig å få med når vi skrev ned kommentarer. Dette kunne føre til at vi gikk glipp av informasjon som kunne vært viktig med tanke på videre drøfting.

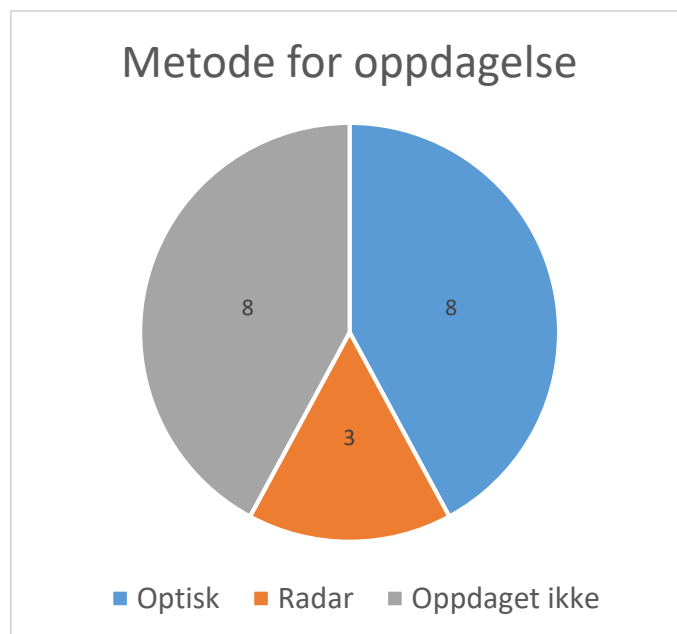
4 Resultater

I denne delen av oppgaven blir resultatene av simulatorforsøket lagt frem. Disse resultatene vil sammen med teorien utgjøre bakgrunnen for videre drøfting. Resultatene legges frem gjennom tabeller og grafer, samt et sammendrag for hva som blir anvendt videre i tekstformat.

Kandidat-nummer	Oppdaget	Oppdaget etter antall min.	Avvik når oppdaget.	Primærverktøy for oppdagelse.
1	Ja	10,67	121,186	Radar(Parallellindeks)
2	Ja	13,4	164,32	Optisk(Firestrek)
3	Ja	13,65	168,27	Optisk(Firestrek)
4	Ja	13,68	168,744	Optisk(Firestrek)
5	Ja	14	173,8	Optisk(Firestrek)
6	Ja	14,5	181,7	Radar(VRM)
7	Ja	14,5	181,7	Optisk(Firestrek)
8	Ja	14,5	181,7	Optisk(Firestrek)
9	Ja	14,53	182,174	Radar(VRM)
10	Ja	14,65	184,07	Optisk(Firestrek)
11	Ja	5	31,6	Optisk(Firestrek)
12	Nei	N.A.	N.A.	N.A.
13	Nei	N.A.	N.A.	N.A.
14	Nei	N.A.	N.A.	N.A.
15	Nei	N.A.	N.A.	N.A.
16	Nei	N.A.	N.A.	N.A.
17	Nei	N.A.	N.A.	N.A.
18	Nei	N.A.	N.A.	N.A.
19	Nei	N.A.	N.A.	N.A.

Tabell 2. Oversikt over statistikk for oppdaget/ikke oppdaget, tid, deviasjon i angitt tid og verktøy for oppdagelse.

Gjennomsnittsavvik når oppdaget	158m
Medianavvik når oppdaget	178m

Tabell 3. Gjennomsnitt og median for oppdagelse**Figur 2. Hvordan kandidatene oppdaget avviket.**

Tid	Avvik Ø/V	Avvik N/S	Totalt avvik	Retning
3	0	0	0	0
5	30	10	31,6	290
7	60	20	63,2	290
9	90	30	94,9	290
11	120	40	126,5	290
13	150	50	158,1	290
15	180	60	189,7	290
17	210	70	221,4	290

Tabell 4. Oversikt over avviket kandidaten ble utsatt for på gitte tider i forsøket. Økningen var trinnvis.

Av 19 kandidater var det elleve kandidater som oppdaget at posisjonen deres ikke stemte og gjorde noe med det. Av disse elleve var det syv kandidater som ikke la merke til feilen og én kandidat som sannsynligvis oppdaget feilen uten å gjøre noe for å korrigere for den. Åtte (44%) oppdaget ikke feilen og ville dermed kommet 17 meter fra land og 24 meter fra et skvalpeskjær (se illustrasjon i vedlegg en og to). Når Fremantle-klassen er 7,7 meter i bredde setter dette skuteseiden på fartøyet 13 meter fra land og 20 meter fra skvalpeskjæret (se vedlegg).

Gjennomsnittsavviket ble 158 meter for de elleve som oppdaget feilen og handlet. Et standardavvik er 45,6 meter og ti av elleve som oppdaget feilen var innenfor dette. Av de elleve som oppdaget feilen var medianen for oppdagelse 178 meter fra kurslinjen. Avvik er i dette tilfelle i rettvise peiling 290 grader (Vest-Nordvest). Det vil si at den sanne posisjonen til fartøyet var i peiling 290 grader fra vist posisjon i ECDIS.

4.1 Verktøy som ble benyttet

De fleste (åtte av elleve) oppdaget feilen ved å ta firestrekk på objekter om styrbord til å fastslå sin posisjon. Syv av disse tok firestrekk på grønnblink nummer to om styrbord der feilen hadde blitt omtrent 160 meter, én kandidat oppdaget ved hjelp av firestrekk på grønnblink nummer en om styrbord der feilen kun hadde rukket å bli 32 meter. Gitt at man har en god fartsinput er firestrekk en rask og nøyaktig posisjoneringsmetode som krever lite innsats fra navigatøren.

Tre kandidater brukte radar for å bedømme avstanden til objekter tvers av fartøyet, der to av disse brukte VRM og én brukte parallellindeks.

4.2 Kommentarer

Det ble også notert kommentarer og svar på spørsmål ved forsøkets avslutning i den hensikt å klare å bekrefte eller avkrefte hypoteser som oppgaven ønsker å svare på. Disse kommentarene finnes i de fullstendige resultatene til forsøket, og enkelte av de vil bli gjengitt i drøftingsdelen av oppgaven.



Figur 3. Illustrasjon av avviket fra faktisk posisjon (svart). Tilsynelatende plassering langs kurslinje (rød).

5 Drøfting

I oppgavens drøftingsdel vil problemstillingen med tilleggsspørsmål bli drøftet i lys av teori og uttalelser for å belyse og diskutere de faktorene som kan ha spilt inn på resultatene.

5.1 Problemstillingen

Er tredjeklasse kadetter ved operativ marine i stand til å oppdage en gradvis degradering av GPS under oppdragsløsning? Og hvilke kontrollmetoder brukes for å oppdage dette? Er disse hensiktsmessige for situasjonen?

Første delspørsmål kan besvares ved en vurdering av resultatene sett opp mot forventningene. Før forsøket var forventningen at omtrent 80 til 90 prosent av kandidatene skulle oppdage feilen og korrigere for den. Disse forventningene var basert på utdanningsnivå og antatt vanskelighetsgrad under forsøket. Resultatet ble at 44 prosent av kandidatene ikke oppdaget deviasjonen, noe som ved første øyekast var overraskende. Hvis en ser for seg at alle kandidatene brukte det de har lært om navigasjon aktivt under forsøket kan resultatene påstås å være urovekkende, noe som støttes av Haukås (2018). På den annen side sier Haukås at det er utfordrende å oppdage en gradvis økende feil i posisjonen slik som den som var satt opp under forsøket. Dette og at ingen av kandidatene har opplevd å få posisjonen sin degradert på denne måten tidligere taler til fordel for at resultatene ikke er så dårlige sett opp mot forventningene, men at det heller var forventningene som var satt høyt. Det er dog besynderlig at mange ikke oppdaget feilen sett i lys av hvor stor den ble og hvor nærme land, i forhold til planen, fartøyet ble satt på grunn av feilen. Alle ovenstående momenter tatt i betraktning, står ikke resultatene til det som forventes av kadetter med dette utdanningsnivået.

Som tidligere nevnt var ikke ruten planlagt av kandidatene selv, og dette trekkes frem av Haukås som et moment som kan ha medført en senket bevissthet – selv om NavKomp er klare på at navigatøren som et minimum skal gjennomgå ruten som skal seiles og identifisere farer og hva som setter klar, samt at det heller ikke nødvendigvis er kutyme for å planlegge sine egne ruter i tjeneste. Dette har det blitt lagt vekt på i undervisningen. Det pekes videre på viktigheten av skikkelig planlegging som gjør det enklere å kontrollere sensorer og at GPS yter som den skal. På bakgrunn av dette og at enkelte passerte så nærme land som de gjorde kan

det se ut som at gjennomgang av ruten kanskje ikke har blitt gjort i tilstrekkelig grad av enkelte kandidater før forsøket.

På den annen side sier sjøfartsdirektoratet at er det krav om 360 dager fartstid for å kunne gå selvstendig vakt ombord, med mindre en har fagbrev som matros (Sjøfartsdirektoratet, 2016). Dette har ingen av kandidatene i forsøket. Med andre ord er det ingen av kandidatene som er ferdig utlært innen navigasjonsfaget, og med tanke på hvordan Haukås (2018) omtaler GPS som en normalmode vil kandidatene raskt ha mulighet til å forbedre sine ferdigheter innenfor seilas med GPS som primærsensor, spesielt opp mot både behov og metoder for kontroll. Dog viser Hareides resultater fra simulatoren at både uerfarne og erfarne mannskap som seiler med GPS som primærposisjonssensor bruker lang tid på å oppdage en gradvis spoofing av GPS, noe som kan så tvil om praksisen ute på fartøyene med tanke på kontroll av GPS som sensor er tilstrekkelig, eller at man ikke har tillit til radar/visuelle eller andre kontrollmetoder/moder.

Som et direkte svar på første delspørsmål av problemstillingen viser resultatene at de fleste (elleve av 19) av kandidatene oppdager den gradvise degraderingen under oppdragsløsning, men at langt fra alle gjør dette. Haukås har delt sine betraktninger rundt resultatene og forutsetningene, noe som er drøftet i detalj ovenfor. Det har også blitt sett på resultatene i forsøket som ble gjennomført opp mot resultatene i Hareides lignende simulatorforsøk. Videre skal oppgaven se på hvilke kontrollmetoder som benyttes for å oppdage degraderingen og hvorvidt disse er hensiktsmessige å bruke i situasjonen.

Integritetsmonitorering av sensorer er noe blant andre Hareide (2013) peker på som essensielt ved gjennomføring av trygg navigasjon. Som nevnt kan fokuset på integritetsmonitorering være høyt når kandidatene seiler i DR, men bli lavt eller i verste fall ikke-eksisterende når en seiler med GNSS input. Både på grunn av forskjellig feilkilde (tid på DR seilas og diverse andre feilkilder belyst i teorien for GPS) og fordi kandidatene ikke er vant til å seile med GNSS input og derfor mangler rutiner for kontroll av denne moden. Disse betraktningene leder oppgaven inn på kontrollmetodene som ble benyttet.

Hareide deler kontrollmetoder inn i to hovedkategorier, mens Haukås (2018) deler inn i tre kategorier, det er med andre ord delte meninger rundt inndeling av kontrollmetoder selv om det snakkes om de samme verktøyene. Oppgaven kommer til å bruke optisk kontrollmetode

og radarkontrollmetode som hovedinndeling. For å si noe om hvilke kontrollmetoder som anvendes av kandidatene kan en se på resultatdelen i oppgaven, som viser at de fleste brukte optiske kontrollmetoder og da spesifikt firestrekk for å oppdage eller bekrefte degraderingen av posisjonen. Det skal videre drøftes hvilke metoder som ble brukt opp mot hvilke metoder våre kilder peker på som mest hensiktsmessig i forbindelse med seilas der GPS/GNSS er primærsensor. Haukås nevner også spesifikt metoder som er egnet til å seile alene på bro.

Systemet som anvendes er et Kongsbergfabrikat og har mange muligheter for oppsett. Hvordan en ønsker å sette opp skjermen, er på mange måter en personlig sak som baserer seg på vane og prosedyrer. I teorikapitlet nevnes det at erfarne navigatører som Haukås (2018) og Hareide (2013) har noen metoder de foretrekker – som kontroll av egne sensorer – deriblant radar overlay, noe som var tilgjengelig for kandidatene, selv om ingen brukte denne metoden. Dette er kanskje forbundet med hva som er vanlig for den enkelte. På den annen side var det gode værforhold under forsøket og det kan være at kandidatene ikke så behovet for å benytte radaren i navigasjon. Det må dog sies at det er bemerkelsesverdig at ingen av kadettene seilte med radar, da erfarne navigatører som har deltatt i utdanningen av kadettene seiler med radar som hjelpemiddel aktivt til enhver tid (hvis EMCON tillater det).

Som beskrevet i konklusjonen til Hareide (2013) er stevn/tvers, radar overlay og sammenligning av AIS og radarmål enkle metoder for å oppdage en gradvis økende feil i posisjonering. Radarstevn og firestrekk er også to enkle prinsipper det er mulig for navigatøren å gjennomføre uten en assistent på ECDIS. Relativ posisjonering som metode for posisjonering vil ikke gi en nøyaktig posisjon i farvannet som det ble operert i, men kan gi mistanke og få kandidaten til å ta i bruk andre verktøy for å fastslå sin plassering i farvannet. Det er unikt for dette forsøket at kandidaten er helt alene på bro, og det er i en slik situasjon essensielt å benytte seg av de enkleste metodene for å trygt kunne gjennomføre seilasen. Omstillingen til å være alene på bro krever en viss tilpasningsdyktighet, da normalmoden er å operere med flere i teamet. Oppgaven vil videre ta for seg hvorvidt de metodene som ble benyttet av kandidatene var hensiktsmessige i situasjonen.

Elleve kandidater oppdaget feilen. Av disse benyttet åtte seg av optiske prinsipper, herunder firestrekk. Firestrekk kan sies å være en enkel måte å kontrollere seilasen sin på, selv om den krever en del fra navigatøren i forberedelsesfasen. Det må tas ut avstand til objektet når det er

tvers, samt brukes peilesøyle to ganger for å oppnå god nøyaktighet. stevn/tvers er enklere, fordi en kun er avhengig av å finne objektet du skal stevne og et objekt eller en tydelig formasjon i forbindelse med land, for eksempel et nes eller en holme. Dette ville spare navigatøren for noe informasjonsuthenting fra kartet og kan således sies å være en enklere metode når en er alene. I forsøket kan en også si at det var vanskelig å kontrollere et stevnobjekt under de forholdene forsøket hadde, med dagslys og ingen opplyste objekter. Kandidatene benyttet seg av objekter som befant seg i umiddelbar nærhet av deres posisjon noe som styrker begrunnelsen for navigatørens bruk av nettopp firestrekk som posisjoneringsmetode. De fleste kandidatene prøvde å kontrollere stevn optisk, men klarte ikke å identifisere grønnblinken i stevn under disse omstendighetene. På tross av at ingen fant grønnblink optisk var det ingen som sjekket hvordan stevnet lå på baugen ved hjelp av radar, noe som også er en god kontrollmetode.



Figur 4. Bilde av skjermene i simulatoren når en passerer land om babord uten å ha tatt fartøyet ut av banestyring



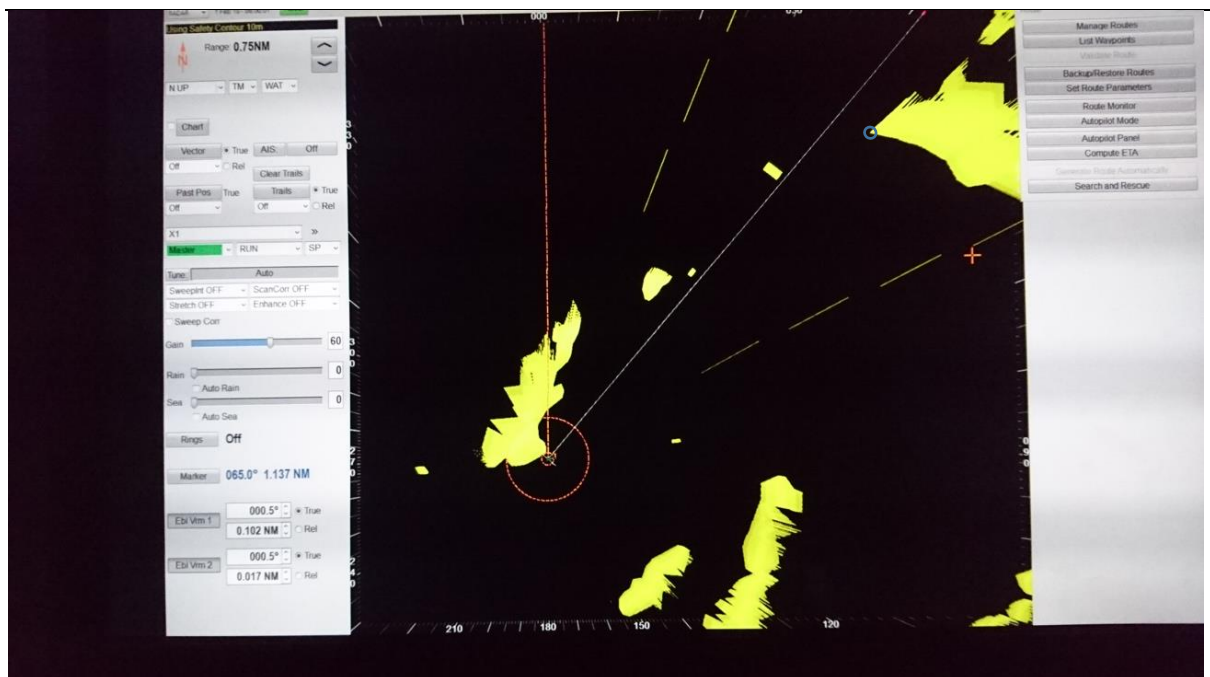
Figur 5. Bilde av skjermene i simulatoren når en passerer land om babord med passeringsavstand i henhold til planen

Illustrert på bildene over er den relative posisjonen til fartøyet. Som en tydelig kan se er det en betraktelig forskjell i hvordan farvannet rundt fartøyet ser ut under gjennomføring av forsøket, sammenliknet med slik det skal være i henhold til planen. Denne illustrasjonen er fra det tidspunktet i gjennomføringen der de var nærmest land om babord og således der det ble vist tydeligst, men i god tid i forkant av denne passeringen var det også tydelig at den relative posisjonen til fartøyet i farvannet var gal. Tre av de som valgte å ta en posisjon fortalte enten under eller i etterkant av forsøket at det var en form for magefølelse av at de lå feil i farvannet som fikk de til å ta en posisjon, mens resterende gav utrykk for at de gjorde det fordi de ikke hadde kontrollert posisjonen sin på en stund.

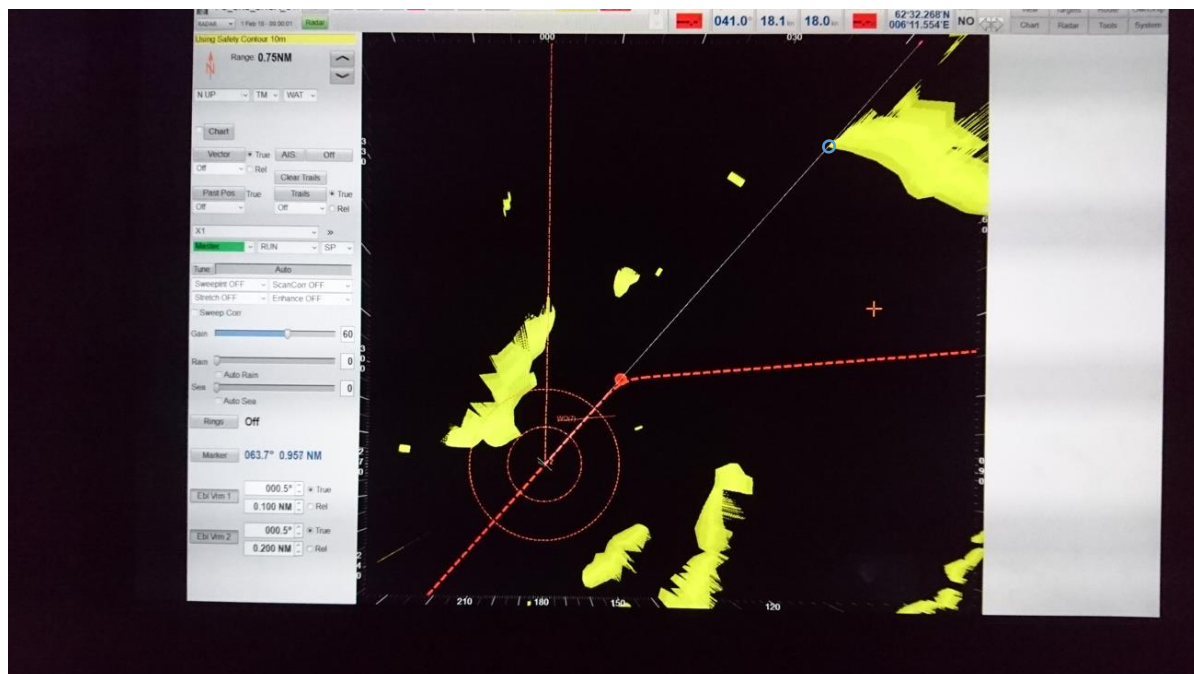
Når det kom til å avdekke feil i posisjonen benyttet tre av elleve kandidater seg av radaren som primær posisjoneringssensor for å avdekke feil i posisjonen. De benyttet seg dog ikke av de primært enkleste metodene, men av noe som på mange måter kan sammenliknes med en firestrekk, altså at en tar ut en avstand i side og måler passering av denne, enten igjennom VRM eller en parallellindeks. Dette krever både uthenting av informasjon fra ECDIS samt

trykking i radaren, noe som igjen tar fokuset vekk fra selve observasjonen av posisjonen. Baserert på konklusjonen til Hareide (2013) ville de enkleste metodene som krever minimalt antall operasjoner, tid i radar og ECDIS, vært radar overlay, noe Haukås (2018) støtter, kontroll av radar stevn eller sammenlikning av radar og AIS mål. En av kandidatene som senere benyttet firestrekk for å bekrefte avvik i posisjonen benyttet AIS og radarsammenlikning til å fatte en mistanke om avvik i GPS posisjon, noe Hareide også anbefaler i sin konklusjon vedrørende oppdagelse av avvik i posisjon.

På bildet under kan en se radarbildet ved nærmeste passering av land om babord. Her vil en tydelig kunne se at en er for langt til babord for kurslinjen ved at stevneobjektet er plassert på neset markert med blå sirkel i bildet. En kan også se at den relative posisjonen til fartøyet er veldig nær land om babord (radarskala på bildene er 0,75 nautiske mil). Radarstevn er ingen nøyaktig posisjoneringsmetode, men vil kunne gi en indikasjon på posisjon dersom en ikke ser objektet en skal stevne optisk. At så få benyttet radarkontroll som mode for posisjonering kan også indikere at forholdene lå til rette for optisk navigasjon enten med radar som støtte eller uten radar i det hele tatt. Dette kan komme av noe som under opplæring i militær navigasjon kan oppfattes som et rigid system der en foretrekker optisk seilas når forholdene ligger til rette og kun anvender radar når forholdene er forverret. Dette kan være en av grunnene til at så få i utgangspunktet benyttet seg av radaren som hjelpemiddel under gjennomføringen.



Figur 6. Radarbildet under passering nært land om babord. Bildet er en illustrasjon og ikke tatt under forsøket. Range 0,75. STEVEN markert med blå sirkel.



Figur 7. Radarbildet under passering land om babord som planlagt i henhold til rute. Bildet er en illustrasjon og ikke tatt under forsøket. Range 0,75.

For å oppsummere må det sies at av de navigatørene som oppdaget feilen i posisjon benyttet de fleste relativt sett enkle metoder, men bare én benyttet seg av de metodene som anbefales av Humphreys (2017), Haukås (2018) og Hareide (2013) og krever minst arbeid, altså stevn/tvers, radarstevn, radar overlay og sammenligne radar og AIS. Kandidatene er vant til å operere med en assistent og en rommann som minimumsbemanning, men når disse ikke er tilstede benytter de allikevel i hovedsak de samme metodene for posisjonering. Hareide konkluderer i sin oppgave at alle systemer må integritetsmonitoreres, spesielt pekes det på at GPS må kontrolleres opp mot andre systemer regelmessig for å sikre trygg navigasjon. Det at åtte av 19 ikke gjør dette indikerer at en stor andel av navigatørene kan mangle systemforståelse innenfor seilas med GPS som primær posisjonssensor. Funnene kan også peke på at navigatørene mangler tilpasningsevne når det kommer til å navigere alene på bro uten en assistent i ECDIS basert på metodene de velger å benytte seg av. Det kommer også frem at navigatørene stort sett benytter seg enten av radarprinsipper eller optiske prinsipper og at en i meget liten grad velger å blande disse igjennom for eksempel å seile optisk, men med radar overlay som støtte. Videre vil oppgaven undersøke en hypotese som ble dannet på bakgrunn av uttalelser fra Haukås og oppgaven til Hareide.

5.2 Hypotese

«Navigatøren vil støtte seg på systemene, herunder GNSS i stor grad og ikke legge merke til avvik før han/hun har avveket relativt sett mye fra fremplottet posisjon.»

Ved å drøfte denne hypotesen er målet å avdekke hvorvidt kandidatene la for stor tillit i GNSS systemet om bord når de navigerte med andre oppdrag eller om de på den andre siden hadde en naturlig skepsis og benyttet seg av de teknikker og metoder han/hun har tilegnet seg i løpet av sin utdanning på Sjøkrigsskolen for å verifisere GPS posisjonen. Både Haukås (2018) og Hareide (2013) peker på dette som mulig grunnlag for at kandidatene velger å enten ikke kontrollere posisjonen eller å legge større vekt på GPS posisjonen enn sine egne visuelle- og radarobservasjoner. Konklusjonen til Hareide peker på akkurat dette som en stor del av grunnlaget for hans resultater og det er derfor interessant å se om det samme gjelder for en testgruppe bestående utelukkende av kadetter, uten noen annen input.

En uttalelse fra en kandidat under forsøket var *«misset turnobjekt, men har GPS. Følger den.»* Dette støtter opp under antakelsen om at noen kandidater har for mye tillit til systemene. Kandidaten fulgte tilsynelatende GNSS input ukritisk og virket fornøyd med denne uten å ha gjennomført noen form for integritetskontroll av sensoren. En annen kandidat uttalte følgende *«noe galt med grønnblinken (grønnblink om styrbord).»* Kommentaren kom etter at kandidaten hadde gjennomført en firestrekk på grønnblink og resultatet ble at posisjonen satte han/hun for langt til babord, noe som i situasjonen var høyst reelt. Dette peker på at kandidaten har mer tillit til en ikke-kontrollert GNSS posisjon enn kartdatabasen eller simulatoranlegget. Det er noe som i seg selv ikke er helt urimelig, da blant andre forskerne selv ved en til to anledninger gjennom hele utdanningsløpet har opplevd at ting ikke er der de skal være i simulatorens fremstilling av seilingsleden. Dette ligner også på resultatene Hareide oppnådde i sitt forsøk, hvor det ble gjennomført en korrekt visuell kontroll gjentatte ganger, men resultatene ble forkastet. Disse irregularetene blir fortløpende rettet av utviklerne og anses derfor som en attribusjon som ikke har noe mer enn bekvemmelighetshensyn for de som tillegger dette vekt ved seiling i simulator. To andre kandidater sa 12 minutter inn i forsøket, med 150 meter avvik fra sann posisjon *«posisjon er i alle fall god.»* og *«happy med plassering i farvannet.»* noe som antyder at det relative bildet til noen av kandidatene ikke kan ha vært særlig godt, og/eller at posisjonen i ECDIS blir tillagt mye vekt når GPS er primær posisjonssensor. Alle disse uttalelsene støtter opp under hypotesen – at enkelte av kandidatene har for stor tillit til GNSS systemet.

På den annen side oppdaget størstedelen av kandidatene at posisjonen som ble gitt fra GPS systemet var feil, ingen av de som oppdaget det gjorde dette senere enn etter 14 minutter på grønnblinken der avviket var 180 meter fra sann posisjon. Grønnblinken var også siste objekt det var mulig å gjennomføre en enkel optisk kontroll av posisjonen på før navigatøren passerte land og skvalpeskjær om babord. Det finnes ingen fasit på hvor langt en kan gå fra land i hver enkelt situasjon, spesielt ikke i en militær setting der en kan være mer villig til å akseptere kalkulert risiko enn i sivil skipsfart. Å ligge 17 meter fra land og 24 meter fra et skvalpeskjær uten at en er klar over det kan ikke sies å være en kalkulert risiko. Det at en så at land var nære om babord var også en av hovedgrunnene til at minst tre av kandidatene ble mistenksomme på feil i GPS posisjon. En uttalelse fra kandidat etter gjennomføring var *«ble mistenksom når hun/hun så hvor varden var relativt eget fartøy. Gikk videre inn for å verifisere med firestrekk. Det er noe med GPS input som satte fartøyet feil.»* Denne uttalelsen bevitner at det

relative bildet til denne kandidaten – og sannsynligvis flere – ikke var veldig på villspor under utførelsen av oppdraget og at de fleste kandidatene anvender de kontrollmetodene de har til-egnet seg under utdanningen.

De fleste kandidatene som oppdaget feilen med optisk kontroll benyttet seg som nevnt av grønnblink nummer to om styrbord. Enten fordi de hadde blitt mistenksomme på en feil ved å se hvor de lå i farvannet, eller fordi de hadde nå kommet inn i et lengre legg på seilasen. Det var færre fartøy i sikte og grønnblinken lå godt til for å gjennomføre en visuell kontroll. Om en kan si at kandidaten oppdaget feilen rimelig tidlig i forhold til farvannet han/hun navigerte i er vanskelig å svare konkret på, da alle oppdaget feilen innenfor den avstanden satt som crosstrack limit deviation i ruten. Allikevel er det kanskje for mye å være 180 meter fra sann posisjon når du gjør noe med feilen i et farvann som er omtrent 400 meter bredt, og ruten er planlagt tilnærmet midt i. Det må tas hensyn til at kandidatene ikke har planlagt ruten selv og kun fikk ti minutter til å sette seg inn i både oppdrag og rute på forhånd. De hadde kanskje ikke nok kjennskap til ruten til å identifisere ut ifra følelse alene at de lå for langt til babord, dette er drøftet i metodedelen. Det stilles ingen krav per nå i Sjøforsvaret til at en navigatør må seile en rute han/hun selv har planlagt (Haukås, 2018), og en må være klar for å kunne overta navigasjonsansvaret på relativt kort tid.

Disse uttalelsene og drøftingen rundt dem bekrefter at enkelte faller tilbake på å stole på systemet idet de navigerer med GNSS og banestyring. Dog kan dette ikke sies om alle kandidatene, men gi et generelt inntrykk at de som ikke oppdaget det gjorde det enten på grunn av for stor tillit til systemet, eller på grunn av det som ble tatt opp i kapittel 2.6 – at oppdraget ikke innebar utfordringer innenfor navigasjon.

Annen forskning på samme tematikk bekrefter våre funn, for eksempel beskriver Hareide (2013) at det er det tydelig at tilliten til GNSS er høy og at den til tider kan være for høy. Den tilsynelatende ukritiske tilliten til GNSS kan være en av grunnene til at det ikke blir stilt spørsmål ved systemet når ting ikke stemmer, samt at kandidatene rett før forsøket hadde undervisning i autopilot og banestyring. Gjennom denne undervisningen er det rimelig å tro at kandidatene i OM3 fikk opp tilliten til at systemet fungerer godt. Det er viktig å nevne at systemet fungerer godt kun når det har god GNSS input. I tillegg er det verdt å nevne at fokuset i undervisningen i MPN generelt sett har vært å navigere i moden DR og at GNSS navigasjon

ikke har vært i fokus før siste halvdel av siste skoleår. Haukås (2018) nevner også dette som en mulig kilde til hvorfor så få oppdaget feilen med GPS. Lite erfaring med GNSS kan ha hatt som konsekvens at det manglet rutiner på å kontrollere sin egen posisjon kontra det å ta en posisjon når du vet, på bakgrunn av systemet at din posisjon plottet av kartsystemet som regel er dårlig. Resultatene i oppgaven samsvarer med de som Hareide oppdaget i sin studie av navigatører i simulator, hvor blant annet en gruppe forkastet sin «gode» posisjon flere ganger basert på input fra GNSS systemet om bord. Dette kan tyde på at det er behov for ytterligere trening og undervisning med GPS som primær posisjonssensor og fornuftige måter å kontrollere denne på i utdanningen på Sjøkrigsskolen.

Funnene her tilsier at det ikke kan dras noen enhetlig konklusjon ut av denne hypotesen, da den tilsynelatende stemmer for noen, men langt ifra alle. Det kan allikevel sies at funnene peker på at enkelte tilsynelatende har for stor tillit til GNSS systemer når det kommer til seilas med GPS som primær posisjonssensor.

6. Konklusjon med anbefaling

Hovedmålet med forskningen har vært å undersøke hvorvidt avgangselever ved operativ linje på Sjøkrigsskolen har evne til å oppdage en degradering av GNSS og å gjennom drøfting belyse eventuelle mangler ved undervisningsopplegget innenfor praktisk navigasjon og navigasjonskrigføring på Sjøkrigsskolen slik det er i dag.

Oppgaven besvares i lys av problemstillingen:

Er tredjeklasse kadetter ved operativ marine i stand til å oppdage en gradvis degradering av GNSS under oppdragsløsning? Og hvilke metoder blir benyttet for å avdekke dette og er disse hensiktsmessige?

Oppgaven har gjennom drøfting av problemstilling og hypotese, opp mot teori og kilder, avdekket noe som kan være en manglende systemforståelse og tilpasningsdyktighet innenfor navigasjon blant årets OM3 klasse. Mer spesifikt peker funnene i oppgaven på at nesten halve klassen tilsynelatende ikke har tilstrekkelig kunnskap og trening i hvordan en skal navigere med GNSS som primær posisjonssensor.

Selv om svaret på problemstillingen ikke kan sies å være entydig, kan en ikke komme unna realitetene. åtte av 19 kandidater passerte land med 24 meter margin når marginen skulle vært 185 meter i et farvann som var 270 meter bredt på dette punktet i seilasen, noe som i seg selv er oppsiktsvekkende. Funnene i oppgaven peker mot at hovedgrunnene til at disse kandidatene ikke oppdaget deviasjonen var for stor tillit til GNSS systemet, oppdragsfokus som stjål oppmerksomhet under gjennomføringen og kan ha gjort at navigatøren ikke trodde han eller hun skulle navigere og lite erfaring med seilas der GNSS er tilgjengelig som posisjonsinput og dermed ingen innarbeidet rutine for integritetsmonitorering av denne posisjonssensoren.

Elleve av 19 kandidater fikk bekreftet at det var noe galt med posisjonen da de gjennomførte kontroll av egne posisjoneringssensorer. åtte av 19 kandidater brukte optiske prinsipper og da spesifikt firestrekk for å bekrefte feilen. I oppgaven har det gjennom kilder og drøfting blitt vist at det finnes flere optiske metoder som er både enklere og raskere når en skal kontrollere posisjonen under seilas med GNSS som primær posisjoneringssensor. Tre av 19 kandidater anvendte radar for å avdekke at posisjonen ikke stemte, da spesifikt ble parallellindeks og VRM brukt for å måle avstand tvers land eller et objekt. Også her har oppgaven gjennom kilder og

drøfting kommet frem til at det eksisterer flere kontrollmetoder i radar som er enklere og krever mindre av navigatøren.

Dette leder frem til en påstand om at den navigasjonen som gjøres kanskje gjøres for tungvint og at kandidatene ikke evner eller velger å anvende de enkleste og raskeste kontrollmetodene. Dette kan bidra til at det benyttes mye tid og energi på navigasjon som kunne vært benyttet på oppdragsløsning.

Vi anbefaler videre at det blir et økt fokus på hvordan navigere trygt med GNSS som primær-sensor, da vår oppgave peker mot at dette er en mode som kandidatene ikke har nok kjennskap til, spesielt opp mot behovet og metoder for integritetsmonitorering.

7. Forslag til videre forskning

I forkant av forsøket kom det opp en hypotese som vi ønsket å undersøke, men som vi ikke hadde mulighet til å sjekke på grunn av omfanget og de mange faktorene som sannsynligvis spiller inn.

Hypotese: *«Navigatøren vil føle seg trygg i simulatoren og vil derfor ikke kjenne på «frykten» for å gå på grunn og derfor ikke få en dårlig følelse ved nær passering av land om babord»*

Denne hypotesen har vi i utgangspunktet ikke data annet enn egen erfaring til å drøfte. Igjenom utdanningen har kadettene hatt en variert opplæring i navigasjon der en del foregår i simulator, som regel med Fremantle klassen og en annen del ute på Sjøkrigsskolens skolefartøyer Kvarven og Nordnes.

Under seilas i simulator er vår erfaring at opplevelsen av farer ikke er like dramatisk som ute i virkeligheten. Konsekvensen av å sette simulatoren på land er lik null og dette gjør at en ikke bekymrer seg like mye for det som en gjør under seilas av skolefartøyene. Hvis en skulle komme til å sette et av skolefartøyene på land eller på et skvalpeskjær ville dette bli en kostbar, flau og ikke minst farlig situasjon.

Dette kan ha bidratt til at kandidatene som ikke oppdaget det, og de som oppdaget det sent ikke fryktet å gå på land nok, og ikke var opptatt nok av farer. Hvorvidt kandidatene hadde gitt oss andre resultater dersom forsøket hadde vært gjennomført med skolefartøyene vil vi ikke få svar på. Det anbefales av andre å se på et liknende forsøk med skolefartøyene i fremtiden.

Vi har også i etterkant av forsøket vurdert hvorvidt sideoppdraget bidro til at kadettene ikke oppdaget feilen, ved at de trodde forsøket skulle omhandle hvorvidt de klarte å fullføre oppdraget på en god måte. Et forsøk uten sideoppdrag, men med samme mengden fartøy kunne også vært interessant å se på, da vi kunne fått en indikasjon på hvor mange som trodde at oppdraget var alt men forsøket ingenting.

Referanser

The national coordination office for space-based positioning, navigation and timing

2017. Official U.S. Government information about GPS

[\(https://www.gps.gov/systems/gps/performance/accuracy/\)](https://www.gps.gov/systems/gps/performance/accuracy/)

Jacobsen, Dag Ingvar

2013. Hvordan gjennomføre undersøkelser, Kristiansand: Høyskoleforlaget AS

J. Bhatti, and T.E. Humphreys

2017. Hostile Control of Ships via False GPS Signals

<https://radionavlab.ae.utexas.edu/images/stories/files/papers/yacht.pdf>

Todd E. Humphreys, Brent M. Ledvina, Mark L. Psiaki, Brady W. O’Hanlon, and Paul M. Kintner, Jr.

2008. Assessing the Spoofing Threat: Development of a Portable GPS Civilian Spoofer

https://gps.mae.cornell.edu/humphreys_etal_iongnss2008.pdf

Odd Sveinung Hareide

2013. Control of position sensor input to ECDIS on high speed craft, Master thesis, Department of civil engineering, Nottingham Geospatial Institute.

Sjøfartsdirektoratet

2016. Fartstid, ofte stilte spørsmål.

<https://www.sdir.no/globalassets/sjofartsdirektoratet/fartoy-og-sjofolk---dokumenter/usb---dokumenter/ofte-stilte-sporsmal---fartstid.pdf>

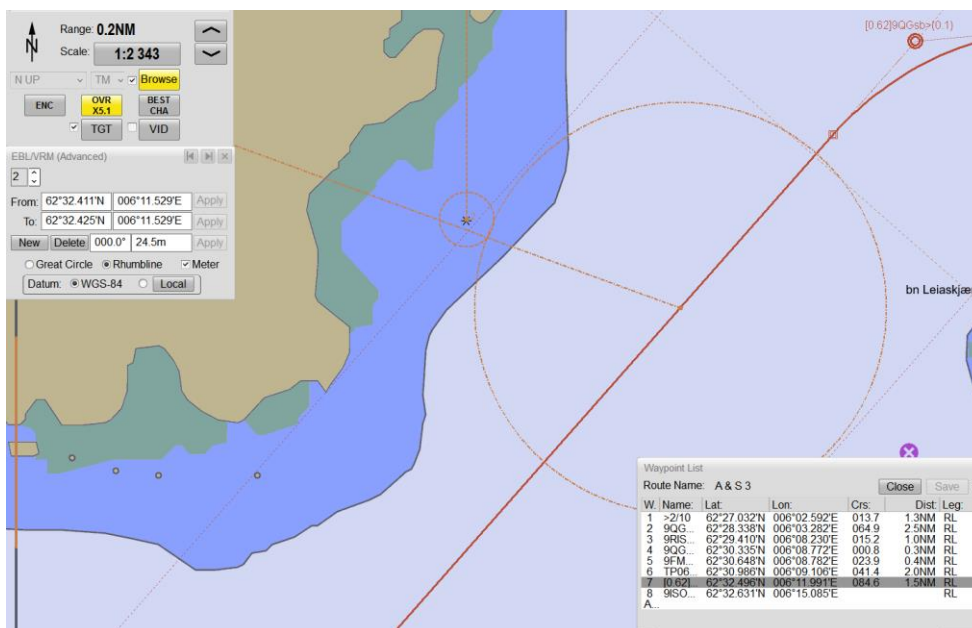
Bjarne Haukås, Stig Brandal

2016, Militær navigasjon

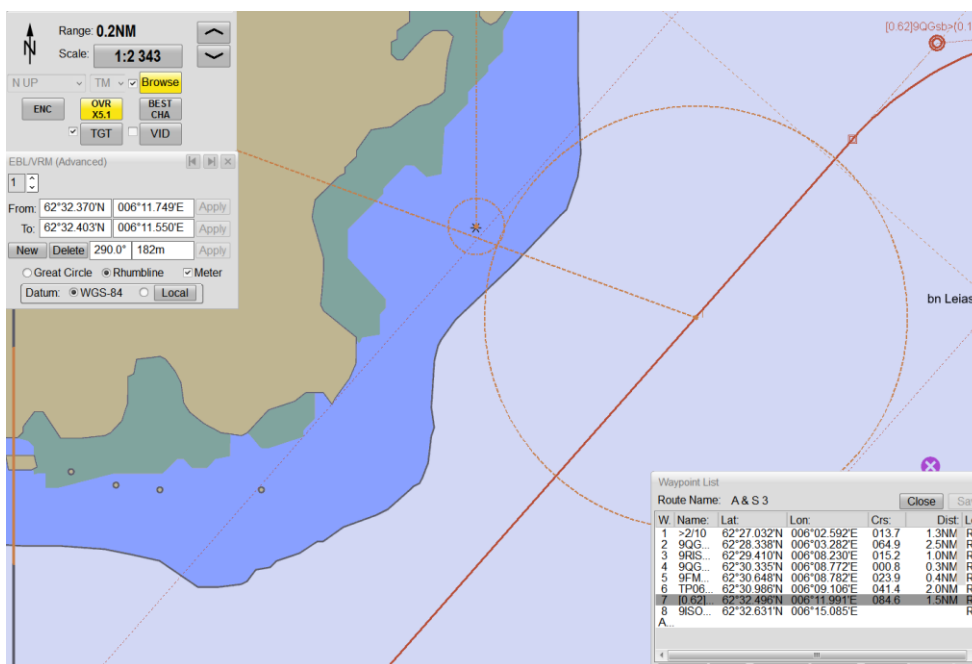
Necesse Royal Norwegian Naval Academy monographic series Volume 1, Issue 1.

<https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/2391665/Necesse%20vol%201%20nr%201.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Vedlegg 1 – Avstand skvalpeskjær

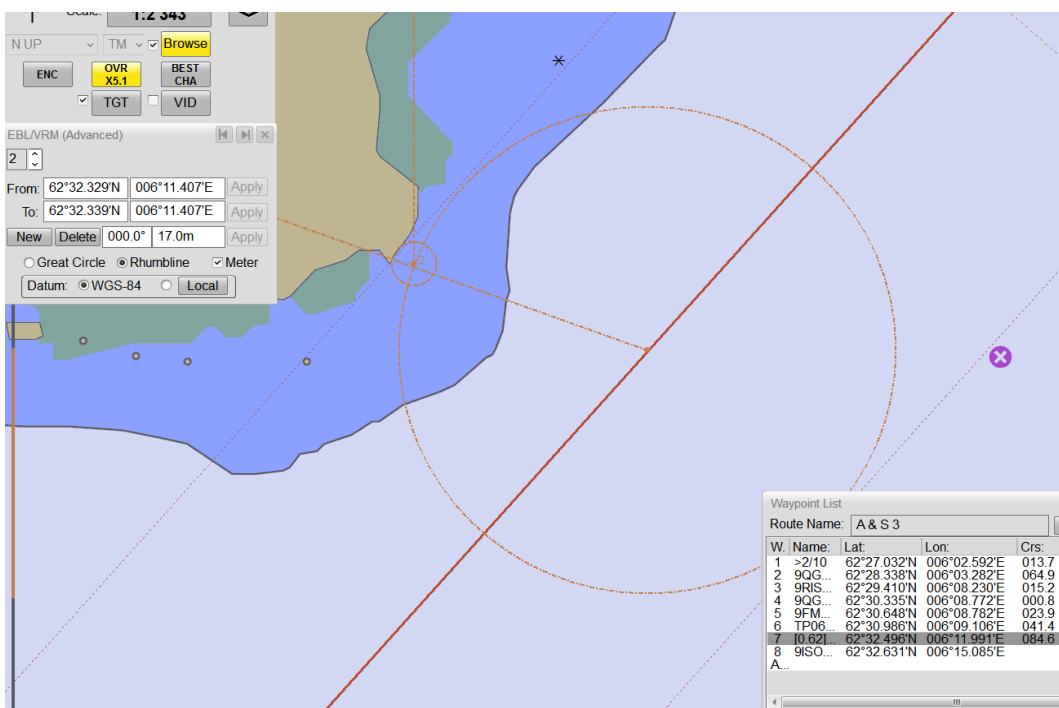


Figur 8. Avstand fra skvalpeskjær til fartøy. 24m

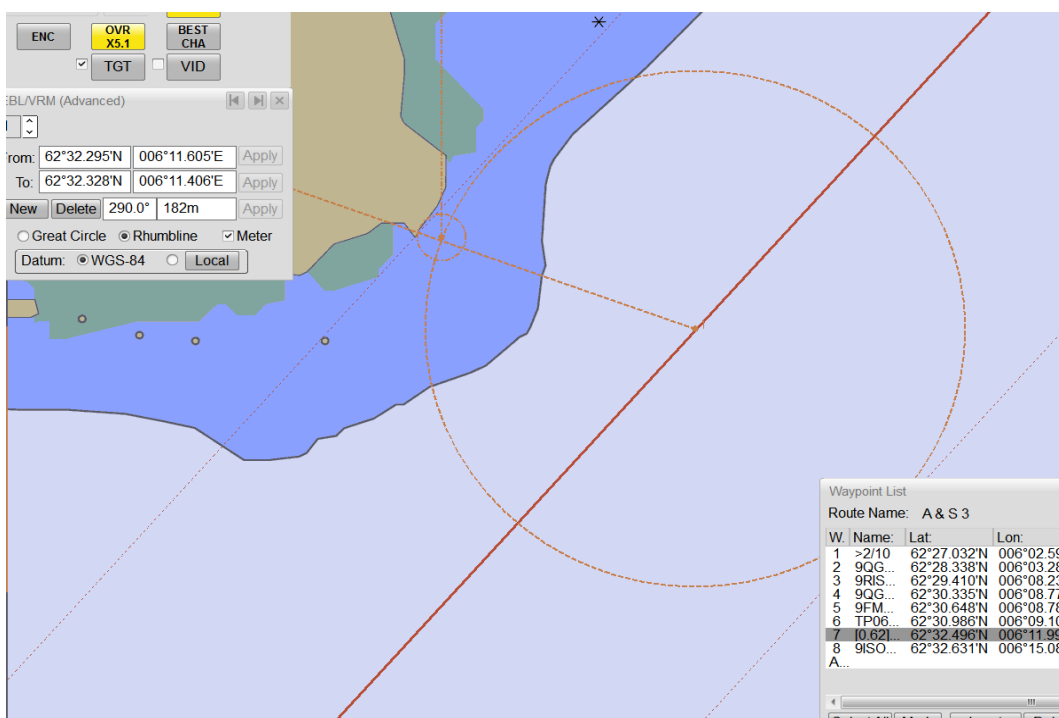


Figur 9. Avstand fra kurslinje til fartøy. 182m

Vedlegg 2 – Avstand land

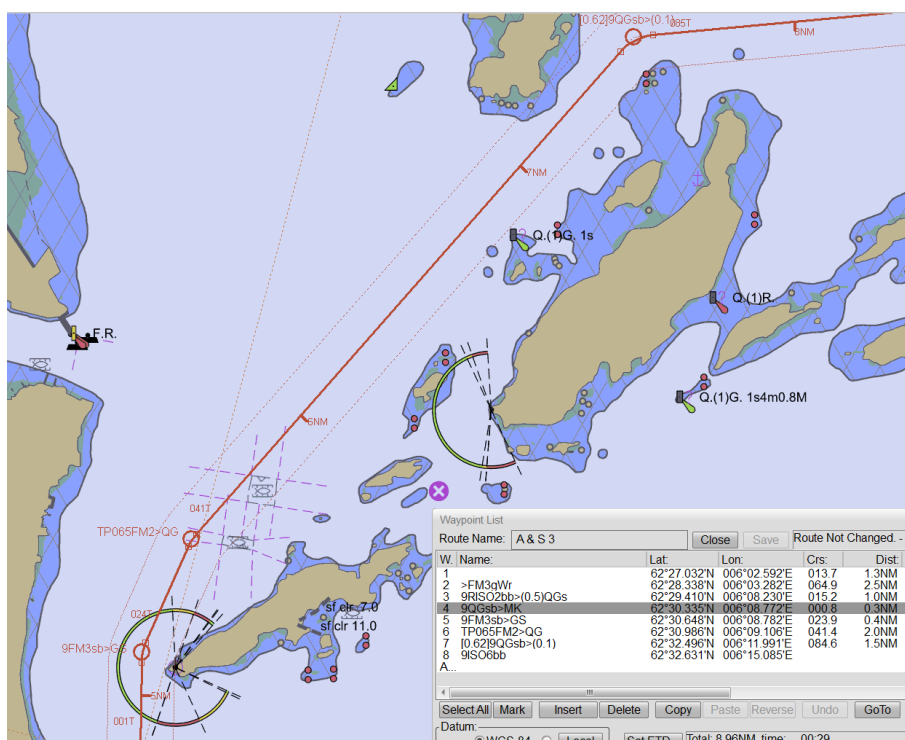


Figur 10. Avstand fra land til fartøy. 17m

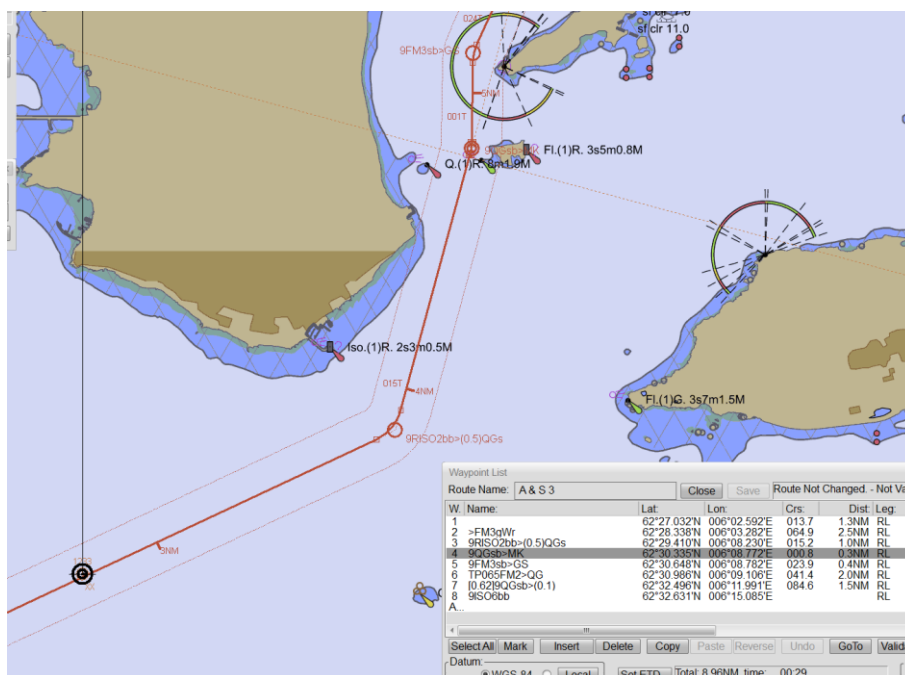


Figur 11. Avstand fra kurslinje til fartøy. 182m

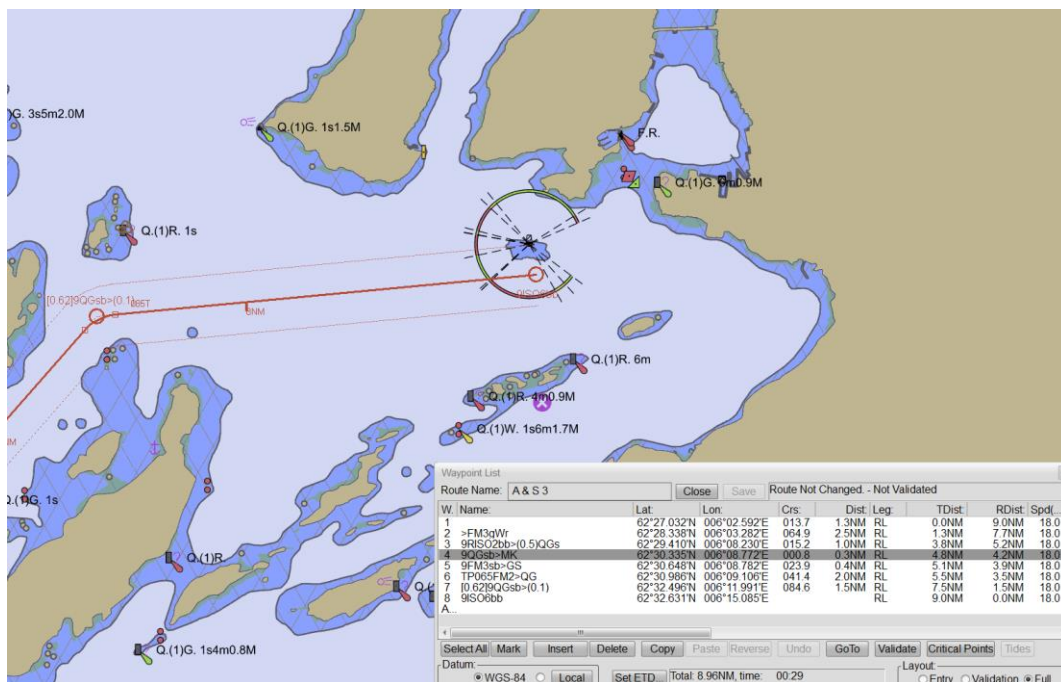
Vedlegg 3 - Rute



Figur 12. Utlevert rute for gjennomføring. 2/3



Figur 13. Utlevert rute for gjennomføring. 1/3



Figur 14. Utlevert rute for gjennomføring. 3/3

Vedlegg 4 - Oppdrag

Alle hjelpemidler er tillatt for å løse oppdraget. Du vil få 3 minutter til å konfigurere utstyret slik du ønsker.

Situasjon:

Du er vaktsjef om bord på KV Fremantle, grunnet hard aktivitet for resten av mannskapet de siste dagene er du alene på bro. Du benytter deg for øyeblikket av autopilot i banestyring med GPS1.

Fartøy:

Du seiler en innleid Fremantle klasse fra den Australske kystvakten.

Max fart: 24kt

Lpp: 41.9 m

Turn radius: 0.15nm

Turn Acc lenght: 50m

Værforhold:

Vind: 10 knop - 230

Strøm: 0.3 knop - 100

Lysforhold: 50% Mørke, lykter ikke tent

Lett sludd, lett tåke men god sikt.

Ingen kjent gyrofeil

Oppdrag:

Du skal navigere langs gitt rute til Håstein lykt. Sjefen ønsker at du noterer ned informasjon om fartøy som befinner seg i visuell rekkevidde fra fartøyet, han er spesielt interessert i type, eventuell lanterneføring og navn. Ruten er 6,1nm lang og **SOA 18kn**.

Forberedelser:

Planlagt rute ligger vedlagt.

Resultatene vil bli anonymisert i oppgaven

Navn på Kandidat _____ Underskrift

Vedlegg 5 – Forhold i simulator

Disse forholdene er lagt ved som vedlegg slik at det skal være mulig å gjenskape forsøket. Ved ønske om å gjenskape bes det om at vedkommende tar kontakt med undertegnede for å få rute, scenario og veiledning

Scenario:

Fremantle (i akterstevn på overrett) Utgangskurs 040

GPS2 avskrudd

Lagt inn drift etter 3 min. 20 m per minutt i både nord/sør og øst/vest

Weather:

10% regn

15% fog

10% Snø

Vindbølger 0.3 meter - 230

Sea temp 10*

Strøm manuell 3 knop - 100

Darkness 50%

Nav og cultural lights off

Vind 10 knop - 230

Kast +5kn +-30

Område Molde- Tjeldbergodden

Innstillinger brosystem

GAIN:85

Rain og Sea off.

Alt annet off.

Themes: Standard

GPS 1

Radar overlay off

True motion

NUP

Skru av vektor og trails

Trotler i 18 knop

Resultater av test:

Sett trotler i 18 knop

Skru av radar overlay

Unmonitorer ruten i radar

Få frem tydelig at SOA er 18 knop

Legge drift på begge GPS (legger merke til at ene GPS er borte.)

Bruker mye tid på å registrere fartøy

Brukte 4strekk på å bekrefte dårlig pos.

Vedlegg 6 – Utseende i ECDIS ved passering av land

