



# Høgskulen på Vestlandet

## Bacheloroppgave

NAB3030

### Predefinert informasjon

<b>Startdato:</b>	12-04-2019 09:00	<b>Termin:</b>	2019 VÅR
<b>Sluttdato:</b>	03-05-2019 14:00	<b>Vurderingsform:</b>	Norsk 6-trinns skala (A-F + Bestått)
<b>Eksamensform:</b>	Prosjektoppgave		
<b>SIS-kode:</b>	203 NAB3030 1 PRO-1 2019 VÅR Haugesund		
<b>Intern sensor:</b>	(Anonymisert)		

### Deltaker

**Kandidatnr.:** 110

### Informasjon fra deltaker

<b>Tittel *:</b>	En litteraturstudie av utfordringer knyttet til ubemannede skip, med fokus på utrikk og ansvar		
<b>Engelsk tittel *:</b>	A literature study of challenges related to unmanned ships, focusing on lookout and liability		
<b>Navn på veileder *:</b>	Suerre Olav Fagerland		
<b>Kan den anonymiserte besvarelsen brukes til undervisning?:</b>	Ja	<b>Egenerklæring *:</b>	Ja
<b>Jeg bekrefter at jeg har registrert oppgavetittelen på norsk og engelsk i StudentWeb og vet at denne vil stå på vitnemålet mitt *:</b>	Ja	<b>Inneholder besvarelsen konfidensiell materiale?:</b>	Nei

### Gruppe

**Gruppenavn:** (Anonymisert)  
**Gruppenummer:** 9  
**Andre medlemmer i gruppen:** 114, 122, 104

Jeg godkjenner avtalen om publisering av bacheloroppgaven min \*

Ja



Høgskulen  
på Vestlandet

# BACHELOROPPGAVE

En litteraturstudie av utfordringer knyttet til ubemannede skip, med fokus på utkikk og ansvar

A literature study of challenges related to unmanned ships, focusing on lookout and liability

<b>Andreas Skjellevik Bjørsvik</b>	<b>110</b>
<b>Robert Sørvik</b>	<b>122</b>
<b>Jørgen Flesland Simonsen</b>	<b>104</b>
<b>Einar Bauge Helland</b>	<b>114</b>

Bachelor Nautikk

Høgskulen på Vestlandet, Campus Haugesund

Sverre Olav Fagerland

03.05.2019

Jeg bekrefter at arbeidet er selvstendig utarbeidet, og at referanser/kildehenvisninger til alle kilder som er brukt i arbeidet er oppgitt, jf. Forskrift om studium og eksamen ved Høgskulen på Vestlandet, § 10.

## Forord

Denne bacheloroppgaven er skrevet av fire nautikkstudenter ved Høgskolen på Vestlandet, Campus Haugesund, som en avsluttende del av bachelorutdanningen. Problemstillingen omhandler et tema som i fremtiden kan få stor innvirkning på arbeidslivet til sjøoffiserer. Dette gjør det til et interessant og relevant tema for oss, ettersom vi alle ser for oss en karriere på sjøen etter fullført utdanning. Alle i gruppen engasjerer seg for teknologiske fremskritt og invensjoner, og vi kom fram til at ubemannede skip var et spennende tema å fordype oss i.

Det har vært en lærerik prosess å arbeide med oppgaven, og vi sitter igjen med mye kunnskap om temaet. Arbeidet har vært krevende og tatt mye tid, men vi har jobbet godt og er svært fornøyd med resultatet. Hensikten med denne oppgaven er at alle skal kunne lese den, selv om den tar for seg et teknisk tema som kan være krevende å forstå. I oppgaven er det derfor i så stor grad som mulig lagt vekt på å gjøre teksten enkel å lese.

Vi vil rette en stor takk til vår veileder Sverre Olav Fagerland som har kommet med gode tilbakemeldinger, og gitt oss god veiledning underveis i arbeidet.

## Sammendrag

Det blir i dag brukt store ressurser på utvikling av teknologi som skal gjøre det mulig for skip å operere ubemannet ved hjelp av fjernstyring og autonomi. Målet er at disse skipene skal skape en tryggere og mer effektiv skipsfart, som igjen vil føre til en mer forutsigbar maritim transport. Implementering av slik teknologi vil derimot by på flere utfordringer som må løses.

Denne oppgaven har som hensikt å adressere noen av disse utfordringene, med fokus på de som omhandler utkikk og ansvar. Det vil i forbindelse med dette bli sett på om det er mulig for ubemannede skip å operere i henhold til dagens regelverk, eller om det vil være nødvendig med endringer. For å få svar på problemstillingen er det benyttet en litteraturstudie som metode, der det er lagt vekt på å bruke litteratur skrevet av forskjellige aktører for å få et bredt innblikk i temaet.

Av resultatene konkluderes det med at noen av utfordringene knyttet til utkikk og ansvar på ubemannede skip vil bli vanskelige å løse, og at man fortsatt vil være avhengig av menneskelig interaksjon i lang tid fremover for å opprettholde trygghet og forutsigbarhet i forbindelse med autonome operasjoner. Det vil sannsynligvis også bli nødvendig med endringer i regelverket for at ubemannede skip skal kunne bli implementert i skipsnæringen.

## Abstract

Large resources are currently being used to develop technology that will enable ships to operate unmanned through the use of remote control and autonomy. The goal is that these ships will create a safer and more efficient shipping, which in turn will lead to a more predictable maritime transport. However, implementation of such technology will present several challenges that need to be addressed.

The purpose of this thesis is to address some of these challenges, focusing on those which involve lookout and liability. In doing so, it will be considered whether it is possible for unmanned ships to operate in accordance with current regulations, or whether changes will be necessary. To answer the research question, a literature study has been used as a method, with a focus on using literature written by different people and companies involved to gain a broad insight into the topic.

The results conclude that some of the challenges related to lookout and liability on unmanned ships will be difficult to solve, and that one will still rely on human interaction for a long time to come to maintain safety and predictability in autonomous operations. Changes to the regulations will probably also be necessary in order for unmanned ships to be implemented in the shipping industry.

## Ordforklaring

Ord	Beskrivelse
AAWA	Advanced Autonomous Waterborne Applications: Forskningsprosjekt på ubemannede skip av Rolls-Royce, Deltamarin, Inmarsat, DNV GL, NAPA og flere finske universiteter.
AI	Kunstig intelligens (Artificial Intelligence)
AIS	Automatic Identification System: System som utveksler skipsinformasjon over VHF-båndet med andre skip.
ARPA	Automatic Radar Plotting Aid: Radarbasert antikollisjons- og målfølgingsfunksjon.
Autonomi	Fullstendig eller delvis selvstendighet/selvstyre.
COLREG	Sjøveisreglene: Forebygging av sammenstøt på sjøen, publisert av IMO.
DARPA	Defence Advanced Research Projects Agency: Etat i det amerikanske forsvarsdepartementet med ansvar for å utvikle ny teknologi for militæret.
DNV GL	Det Norske Veritas: Risiko- og klassifiseringsselskap.
ECDIS	Electronic Chart Display and Information System: Elektronisk kart- og informasjonssystem som tillater skip å seile uten papirkart.
Fullt autonomt skip	Skipets systemer tar alle avgjørelser og opererer skipet med lite eller ingen menneskelig tilsyn.
GMDSS	Global Maritime Distress Safety System: et sett med internasjonalt godkjente prosedyrer for sikkerhet, utstyrstyper og kommunikasjonsprotokoller for å øke sikkerheten og gjøre det lettere å redde nødstedte fartøy og fly.
GNSS	Global Navigation Satellite Systems: Fellesbetegnelse for satellittbaserte systemer for navigasjon og posisjonering med global dekning.
IMO	International Maritime Organization: FNs sjøsikkerhetsorganisasjon.
IR	Infrarød
LiDAR	Light Detection And Ranging: Innretning som bruker laser for å måle retning og avstand til andre objekter.

Lloyd's Register	Maritimt klassifiseringsselskap som også utfører risikohåndtering og skadebegrensning.
MASS	Maritime Autonomous Surface Ship
MSC	IMOs maritime sikkerhetskomité.
MUNIN	Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks: EU-finansiert prosjekt som har undersøkt muligheten for å bruke ubemannede skip til transport.
NFAS	Norsk Forum for Autonome Skip
North P&I Club	The North of England Protecting and Indemnity Association
NTNU	Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
NTSB	National Transportation Safety Board: Amerikansk føderalt organ med ansvar for å granske transportulykker og komme med forslag til tiltak som kan hindre lignende fremtidige ulykker.
Operatør	Person som opererer/overvåker ubemannede fartøy eksternt.
Radar	RAdio Detection And Ranging: Deteksjonssystem som bruker radiobølger for å måle retning og avstand til andre objekter.
Redundans	Dobling av kritiske komponenter.
SAR	Search And Rescue
SOLAS	Safety Of Life At Sea: Konvensjon som omhandler sikkerhet til personell og skip på sjøen.
Sonar	SOund Navigation And Ranging: Teknikk som bruker lyd under vann til å navigere med eller detektere andre fartøyer.
Spoofing	Forfalske avsenderidentitet under kommunikasjon.
STCW	Den internasjonale konvensjon om normer for opplæring, sertifikater og vakthold for sjøfolk.
UAV	Drone (Unmanned Aerial Vehicle)
Uber	Internasjonalt transportnettverksselskap
Waterborne TP	Europeisk teknologiplattform



## Innholdsfortegnelse

<b>FORORD</b> .....	<b>II</b>
<b>SAMMENDRAG</b> .....	<b>III</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>IV</b>
<b>ORDFORKLARING</b> .....	<b>V</b>
<b>1. INNLEDNING</b> .....	<b>1</b>
1.1 INTRODUKSJON.....	1
1.2 PROBLEMSTILLING.....	2
1.3 AVGRENSNINGER.....	2
<b>2. LITTERATUR</b> .....	<b>4</b>
<b>3. METODE</b> .....	<b>6</b>
3.1 VALG AV METODE.....	6
3.2 FREMGANGSMÅTE.....	6
3.3 KILDEKRITISKE VURDERINGER.....	7
3.4 FORSKNINGSETIKK.....	7
<b>4. TEORETISK DEL</b> .....	<b>8</b>
4.1 AUTONOMI I ANDRE BRANSJER.....	8
4.2 AUTONOME SKIP.....	8
4.3 MULIGHETER.....	12
4.4 GENERELLE UTFORDRINGER.....	13
4.5 PÅGÅENDE PROSJEKTER.....	15
<b>5. KUNSTIG INTELLIGENS</b> .....	<b>17</b>
5.1 HISTORIE.....	17
5.2 KUNSTIG INTELLIGENS I AUTONOME KJØRETØYER.....	18
<b>6. UTKIKK</b> .....	<b>20</b>
6.1 SJØVEISREGEL 5.....	20
6.2 SITUASJONSBEVISSTHET.....	21
6.3 SENSORTEKNOLOGI.....	22
<b>7. ANSVAR</b> .....	<b>25</b>
7.1 SJØVEISREGEL 2.....	25
7.2 ANSVAR FOR SIKKER FART.....	26
7.3 KONTROLLSTASJONEN OG OPERATØRENS ANSVAR.....	26
7.4 UTSTYRSLEVERANDØRENS ANSVAR.....	27
<b>8. DISKUSJON</b> .....	<b>28</b>
<b>9. KONKLUSJON</b> .....	<b>32</b>
<b>10. FORSLAG TIL VIDERE FORSKNING</b> .....	<b>35</b>
<b>11. BIBLIOGRAFI</b> .....	<b>36</b>
<b>12. FIGURLISTE</b> .....	<b>42</b>

# 1. Innledning

## 1.1 Introduksjon

Den raske utviklingen innen teknologi og forskning har åpnet nye muligheter i mange forskjellige bransjer. Dette gjelder også for skipsindustrien, der aktører ser på muligheten for en tryggere og mer økonomisk skipsfart ved hjelp av autonome fartøy. Rolls-Royce Marines president, Mikael Makinen, uttalte følgende: “Autonomous shipping is the future of the maritime industry. As disruptive as the smartphone, the smart ship will revolutionise the landscape of ship design and operations” (Jokioinen, et al., 2016, s. 4).

I blant annet EU (MUNIN, 2016b) og Kina (Snyder, 2015) er det i flere år blitt brukt store økonomiske midler for å forske på og utvikle teknologi som kan brukes for å gjøre skip autonome, noe som vil bli gjort ved hjelp av avanserte programvarer og IT teknologi. Også i Norge blir det brukt mye ressurser på autonome marine operasjoner og systemer, der det på NTNU i Trondheim alene er blitt brukt en halv milliard kroner på dette siden 2013. I 2018 sikret universitetet finansiering for minst 400 millioner til for de neste fem årene (Flaaten, 2018).

Et ubemannet skip kan styres på ulike måter, enten ved fjernstyring, autonomi eller ved en kombinasjon av disse. Ved fjernstyring vil skipet bli operert fra en kontrollstasjon på land, der en operatør med nødvendige kvalifikasjoner navigerer skipet og utfører oppgaver uten å være fysisk til stede på skipet (Rolls-Royce, 2016b). Med autonomi kan skipet ved hjelp av systemer manøvrere og utføre operasjoner med redusert eller ingen menneskelig assistanse (NFAS, 2017).

## 1.2 Problemstilling

Oppgavens problemstilling:

*Hvilke utfordringer vil kunne oppstå ved navigering av ubemannede skip, da spesielt med tanke på utkikk og ansvar i situasjoner hvor god sjømannsskikk kan være å avvike fra Sjøveisreglene.*

Vi har kommet fram til denne problemstillingen ettersom vi vil undersøke hvordan ubemannede skip skal forholde seg til Sjøveisreglene 2 og 5 som omhandler ansvar og utkikk. Dette kan føre til interessante utfordringer som vil kreve gode løsninger for at det skal være mulig å implementere ubemannede skip innenfor dagens regelverk. Blant annet om menneskelig utkikk skal erstattes med sensorteknologi, som må være minst like pålitelig som en person skikket til å holde visuell utkikk. I tillegg kan en stor del av ansvaret for navigasjonssikkerheten bli flyttet over på utstyrsleverandørene, ettersom det er de som skal levere systemene som skal manøvrere skipene.

## 1.3 Avgrensninger

Oppgaven vil hovedsakelig omhandle autonome skip uten mannskap. Det vil i stor grad bli sett på hvordan ubemannede skip skal forholde seg til sjøveisreglene som omhandler utkikk og ansvar, og det tas her kun hensyn til Sjøveisreglene og ikke andre nasjonale lover eller konvensjoner.

Sjøveisregel 2 som omhandler ansvar lyder som følger:

- (a) *Intet i disse reglene skal fritta noe fartøy, rederiet, skipsføreren eller andre som har sitt arbeid om bord for følgene av en hvilken som helst forsømmelse fra å følge disse reglene eller i det hele tatt å iakttå slike forsiktighetsregler som alminnelig sjømannsskikk eller tilfelle's særegne omstendigheter måtte tilsi.*
- (b) *Ved tolking av disse reglene og når de følges skal det tas nøye hensyn til alle farer for navigeringen og for sammenstøt, like ens til alle særlige omstendigheter, herunder begrensningen av vedkommende fartøys manøvreringsmuligheter, som måtte gjøre det nødvendig å avvike fra disse reglene for å unngå øyeblikkelig fare.*

(Sjøveisreglene, 1975)

Sjøveisregel 5 som omhandler utkikk lyder slik:

*Ethvert fartøy skal alltid holde ordentlig utkikk ved syn og hørsel så vel som ved alle tilgjengelige midler som er brukbare under de rådende omstendigheter og forhold for å kunne foreta en fullstendig vurdering av situasjonen og faren for sammenstøt.*

(Sjøveisreglene, 1975)

Utstysrleverandøren i forbindelse med skipsbygging vil i oppgaven bli omtalt som en enhet, selv om produksjonsprosessen nok vil bestå av flere ulike aktører som programmerere, designere og forskjellige underleverandører. Dette vil i realiteten gjøre produksjonen og ansvarsfordelingen mer komplisert, og for enkelhetens skyld blir alle disse her sett på som utstysrleverandører.

## 2. Litteratur

Denne oppgaven bygger på litteratur skrevet av flere forskjellige aktører. Noen av disse har store pågående prosjekter for forskning og utvikling av autonome skip, og oppgaven vil komme inn på flere av dem. Blant annet er det i stor grad benyttet litteratur fra AAWA-prosjektet (Advanced Autonomous Waterborne Applications), der store selskaper som Rolls-Royce, Deltamarin, Inmarsat, DNV GL og NAPA, samt flere universiteter deltar (Jokioinen, et al., 2016). Dette er et prosjekt som har samlet universiteter, skipsbyggere, utstysleverandører og klassifiseringsselskaper for å utforske hvilke utfordringer som må adresseres for at autonome skip skal bli en realitet, og har hatt som mål å finne løsninger på disse (Rolls-Royce, 2016a). AAWA-prosjektet ble formelt avsluttet i 2017, og funnene ble året etter videreført til et nytt forskningsprosjekt kalt SVAN (Safer Vessel with Autonomous Navigation), som oppgaven vil komme nærmere innom senere.

Det vil også tas utgangspunkt i MUNIN prosjektet (Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks) som er et forskningsprosjekt delfinansiert av Europakommisjonen, en av EUs institusjoner. Prosjektet har utviklet et teknisk konsept for operasjon av ubemannede fartøy, og sett på flere forskjellige aspekter som det tekniske, økonomiske og rettslige (MUNIN, 2016b). Etter tre år med forskning ble arbeidet fullført i 2016.

I 2018 startet IMO (International Maritime Organization) offisielt arbeidet med å undersøke konseptet autonome skip. I denne oppgaven vil det bli lagt vekt på IMOs synspunkter og betraktninger, ettersom denne organisasjonen er den internasjonale sjøfartsorganisasjonen, utnevnt av FN, som har ansvar for Sjøveisreglene (COLREG).

De forskjellige aktørene har en del tanker og idéer som ligner hverandre, og flere har samarbeidet på prosjekter som blant annet MUNIN og AAWA. Samtidig har de også på noen områder tenkt annerledes, blant annet når det kommer til hvordan de definerer grader (nivåer) av autonomi, noe som vil bli beskrevet senere i oppgaven.

Perspektiver fra andre typer selskap vil også bli tatt i betraktning, blant annet fra CORE Advokatfirma om det som omhandler ansvar og forsikring i henhold til autonome skip, som blir tatt opp i del 7. På dette området er det også hentet synspunkter fra Assuranceforeningen Gard, som er et internasjonalt gjensidig sjøforsikringsselskap.

Når det kommer til anvendelse av Sjøveisreglene er boken “The Colregs Guide” av Klaas Van Dokkum brukt for å gi en dypere forståelse av reglene. Ellers i oppgaven er det brukt litteratur skrevet av aktører som blant annet Waterborne TP, Lloyd’s Register og NTNU.

## 3. Metode

### 3.1 Valg av metode

Det har blitt forsket mye på teknologi som skal gjøre det mulig med ubemannede fartøy. Selv om denne forskningen har pågått i lengre tid er det spesielt i de siste fem årene kommet store prosjekter som har gitt ut litteratur om temaet. For å få innsikt i dette er det viktig å velge en metode som er egnet til å besvare problemstillingen (Jacobsen, 2005). Med økende informasjon har det blitt større tilgang på data gjennom publikasjoner på nettet, og det er derfor gjennomført en begrenset kvalitativ studie i form av litteraturstudie.

### 3.2 Fremgangsmåte

Kvalitative metoder egner seg når man har lite kunnskap og erfaringer om et tema, og kan gi en mer helhetlig innsikt på grunn av stor åpenhet i tilnæringsmåten. Man har også få begrensninger på informasjonen som hentes inn, og kan få mest mulig innhold ut av litteraturen. Med en slik dokumentundersøkelse benyttes det sekundærdata som er skrevet og publisert av andre, og ikke forskning som er gjort selv (Jacobsen, 2005). På denne måten kan det undersøkes hva personer og aktører som er sentrale for oppgavens tema har sagt og mener. At det er mye tilgjengelig informasjon om temaet vil positivt kunne bidra til mer dybde i oppgaven, der litteratur fra forskjellige aktører gir ulike innfallsvinkler. På den andre siden kan det også gjøre arbeidet utfordrende, da det er mye informasjon å forholde seg til.

Oppgaven bygger på eksisterende forskning, og det er dermed ikke gjennomført intervjuer eller spørreundersøkelser for å hente inn ny informasjon. Temaet omhandler fremtidsrettet teknologi som i liten eller ingen grad er innført i næringen, og det vil være vanskelig å hente inn informasjon som er basert på erfaringer. Man vil derfor med slike metoder ikke nødvendigvis få tak i noe mer utfyllende informasjon enn det man har fått tilgang til igjennom publiserte studier gjennom databaser og på nettet. I tillegg vil intervjuer ofte gi mer spontan informasjon, i motsetning til dokumentundersøkelser som baserer seg på mer reflektert og gjennomtenkt informasjon (Jacobsen, 2005).

### 3.3 Kildekritiske vurderinger

Ved å bruke en litteraturbasert fremgangsmåte er det mulig å tilegnes kunnskap gjennom studier skrevet av andre. Det er da viktig å foreta en vurdering av kildenes validitet, slik at man kan forsikre seg om at informasjonen er troverdig. Dette er i stor grad knyttet til hvilken kunnskap og kompetanse forfatteren som har skrevet ned informasjonen innehar (Jacobsen, 2005). I denne oppgaven er det tatt hensyn til kildens opphav, dens hensikt, og hvorvidt den er skrevet ut fra et nøytralt synspunkt. Ettersom internettet er brukt for å hente inn data er det lagt stor vekt på å vurdere kvaliteten på nettsidene som er benyttet. Det er til dags dato ikke utarbeidet noe regelverk for autonome skip, og dette kan gjøre at forskere innenfor området har ulike idéer og tanker om hvordan ulike problemstillinger skal løses. Man må derfor være forsiktig med å legge for stor vekt på enkelte publikasjoner, og fokusere på å kunne understøtte informasjonen ved hjelp av andre kilder. For å styrke oppgavens troverdighet og pålitelighet er det fokusert på å bruke artikler og studier av anerkjente maritime aktører som blant annet IMO, Rolls-Royce, MUNIN og Lloyd's Register.

### 3.4 Forskningsetikk

Denne oppgaven består i all hovedsak av sekundærdata, som vil si at vi ikke har gjennomført forskningen selv. Det er lagt vekt på god kildehenvisning til all litteratur som er benyttet, slik at det skal være enkelt å kunne etterprøve informasjonen i oppgaven. Dette er også for å respektere opphavsretten og kreditere forfatterne som står bak publikasjonene. Arbeidet med oppgaven er gjennomført i henhold til skolens retningslinjer for oppgaveskriving og kildehenvisning.



## 4. Teoretisk del

### 4.1 Autonomi i andre bransjer

Et av verdens største selskaper, Amazon, har nå til sammen mer enn 100 000 roboter på sine varelagre verden over, hvorav en stor del av disse er autonome. Robotene blir blant annet brukt til å samle og sortere varer etter spesifikke ordrer. Tye Brady, sjef i Amazon Robotics, mener at robotene forbedrer menneskenes effektivitet uten at de tar jobber fra arbeiderne. Han sier at når det skal behandles flere titalls tusen ordrer hver dag er det mer enn hva mennesker klarer å gjøre, men at mennesker gjør en unik jobb gjennom behendighet, tilpasning og fornuftighet som ikke kan erstattes av autonomi (Winick, 2018).

En annen form for autonomi finnes i UAV-er (Unmanned Aerial Vehicle), også kalt droner. Det er luftfartøy som kan fly uten personer om bord og bli kontrollert fjernstyrt eller autonomt. Droner er inntil nyere tid stort sett blitt brukt til militære formål, der de med stor rekkevidde og gode manøvreringsegenskaper er godt egnet til overvåkning og eliminering av fiendtlige mål. De siste årene er andre typer droner blitt tilgjengelige i det kommersielle markedet, og benyttes hovedsakelig til filming og fotografering (Kardasz, Doskocz, Hejduk, Wiejkut, & Zarzycki, 2016).

Et annet eksempel er Husqvarnas autonome robotklippere. De er elektrisk drevne, kan klippe i ujevnt terreng, og opererer på egenhånd uten menneskelig tilsyn (Husqvarna Group, 2019).

### 4.2 Autonome skip

Kitack Lim, IMOs (International Maritime Organization) generalsekretær, uttalte i 2018: “The next 10 or 20 years will see as much change in shipping as we have experienced in the past 100 years. New concepts will revolutionise how ships are designed, built and operated” (Lim, 2018, linje 8-9).

IMOs maritime sikkerhetskomité MSC (Maritime Safety Committee) startet i 2018 et arbeid med å identifisere sikkerhetsmessige og miljømessige aspekter ved autonome skip, og under deres 100. møte 3-7. desember samme år godkjente de rammeverket og metoden de hadde planlagt for å gjennomføre dette. Her gjentok de også deres innledende definisjoner for et

autonomt skip, og for de ulike gradene av autonomi som ble presentert på forrige møte. MSC definerer et MASS (Maritime Autonomous Surface Ship) som et skip som i varierende grad kan operere uavhengig av menneskelig assistanse (IMO, 2018).

Videre i 2019 vil IMO undersøke hvordan regelverket på best mulig måte kan adressere utviklingen av autonome skip. De vil da blant annet fokusere på teknologi og operasjonelle faktorer, i tillegg til det menneskelige element. Med undersøkelsen vil de komme fram til om det blir nødvendig å utvikle nye IMO-regulativer, endre de nåværende, eller om disse eventuelt kan beholdes som de er. Instrumenter som vil bli vurdert er blant annet de som angår sikkerhet (SOLAS), Sjøveisreglene (COLREG), lasting og stabilitet (Load Lines), opplæring, sertifikat og vakthold (STCW) og redningstjeneste (SAR) (IMO Maritime Safety Committee, 2018).

IMO Maritime Safety Committee har som nevnt utviklet en beskrivelse der de definerer ulike nivåer av autonomi, og har delt disse inn i fire grader som vist på figuren under. Beskrivelsen begynner med grad én hvor skipet er bemannet, der systemene bidrar med beslutningsstøtte i tillegg til å kunne utføre visse operasjoner selv. Ved grad to er det også mannskap om bord, men skipet opereres eksternt. Videre ved grad tre opereres skipet også eksternt, men uten mannskap om bord. Til slutt har man grad fire med et fullt autonomt skip, der skipets systemer tar avgjørelser og utfører handlinger uten menneskelig assistanse.

<b>"MASS" or "Maritime Autonomous Surface Ship"</b>	<b>A ship which, to a varying degree, can operate independently of human interaction</b>
<b>Ship with automated processes and decision support</b>	Seafarers are on board to operate and control ship-board systems and functions. Some operations may be automated.
<b>Remotely controlled ship with seafarers on board</b>	The ship is controlled and operated from another location, but seafarers are on board.
<b>Remotely controlled ship without seafarers on board</b>	The ship is controlled and operated from another location. There are no seafarers on board.
<b>Fully Autonomous Ship</b>	The operating system of the ship is able to make decisions and determine actions by itself.

*Figur 1: IMOs beskrivelse for grader av autonomi.*

Lloyd's Register har sin egen inndeling der de i mindre grad tar hensyn til om skipet er bemannet eller ikke, og deler nivåer av autonomi inn i seks grader fra "AL1" til "AL6". På et skip med lav grad av autonomi (AL1-AL2) blir avgjørelser og handlinger utført av en menneskelig operatør som får informasjon og beslutningsstøtte fra skipets systemer. Ved middels grad av autonomi (AL3-AL4) blir avgjørelser og handlinger utført av ombordsystem med menneskelig tilsyn, der operatøren har mulighet til å overstyre om nødvendig. Med de to høyeste gradene (AL5-AL6) har man full autonomi, der skipets systemer selv tar alle avgjørelser og opererer skipet med lite eller ingen menneskelig tilsyn (Lloyd's Register, 2017).



Figur 2: Lloyd's Registers beskrivelse for grader av autonomi.

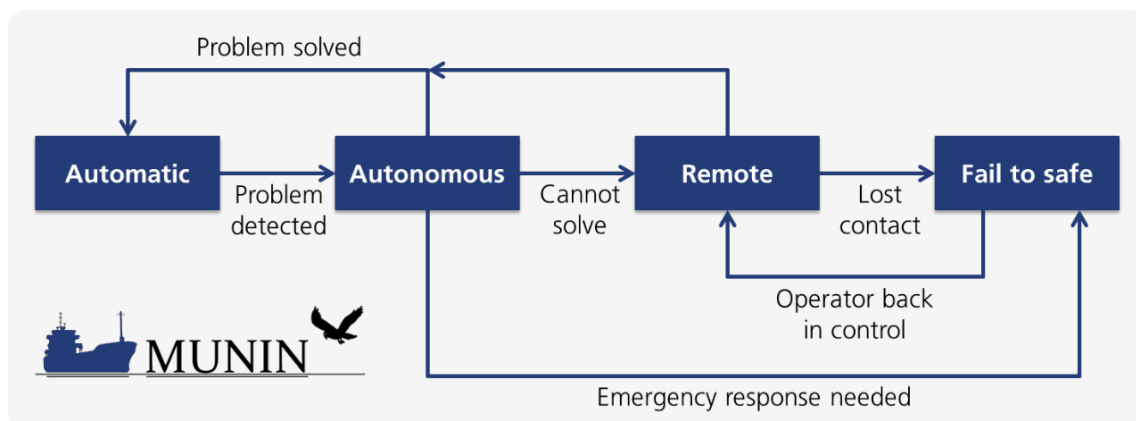
En av de mest kjente beskrivelsene for nivåer av autonomi er laget av Thomas Sheridan, og kalles Sheridan-skalaen. Den viser en skala som beskriver nivåer gradvis fra null autonomi, der et system blir fullstendig styrt av et menneske, til full autonomi uten menneskelig assistanse (Jokioinen, et al., 2016).

Level	Description
10	The computer does everything autonomously, ignores human
9	The computer informs human only if it (the computer) decides so
8	The computer informs human only if asked
7	The computer executes automatically, when necessary informing human
6	The computer allows human a restricted time to veto before automatic execution
5	The computer executes the suggested action if human approves
4	Computer suggests single alternative
3	Computer narrows alternatives down to a few
2	The computer offers a complete set of decision alternatives
1	The computer offers no assistance, human in charge of all decisions and actions

Figur 3: Sheridan-skalaen.

For å gjøre det mulig å operere et skip fjernstyrt eller fullt autonomt vil det ifølge Waterborne TP benyttes trådløs teknologi for overvåking og kontroll av funksjoner, samt avanserte systemer for beslutningsstøtte (Cunningham, 2014). Skipene vil benytte seg av en kombinasjon av satellitt- og landbaserte nettverk, avhengig av deres tilgjengelighet, kvalitet og pris. Satellittsystemer med stor båndbredde skal gjøre det mulig å operere et autonomt skip i flere forskjellige autonome operasjonsmoduser, der det vil variere hvor mye kapasitet som kreves. Skipets operatør på en kontrollstasjon må dermed på forhånd kontrollere at det er tilstrekkelig båndbredde tilgjengelig for det oppdraget som skal utføres, også med hensyn til faktorer som værforhold og trafikk i området (Jokioinen, et al., 2016).

Når det kommer til ruteplanlegging må operatøren avgjøre hvilke deler av seilassen som skal gjennomføres autonomt, og hvilke som eventuelt skal utføres i fjernstyrt modus. Når dette er avgjort må det deretter planlegges en tilbakefallsstrategi som settes i verk om det skulle oppstå uventede problemer i systemenes operasjonsmodus (Jokioinen, et al., 2016). En slik strategi kan være at systemet først forespør om menneskelig assistanse ved hjelp av fjernstyring, og deretter eventuelt går videre til en “fail to safe mode” om dette heller ikke lar seg gjøre (MUNIN, 2016b). I en “fail to safe” modus har ikke skipet lenger fokus på å fullføre sitt oppdrag, men på å opprettholde skipets trygghet.



Figur 4: MUNINs modell for operasjonsmoduser.

Etter hvert som det kommer flere autonome skip kan det bli mulig at disse deler informasjon om reiserutene og kommuniserer automatisk med hverandre. Dette kan føre til at operatørens arbeidsmengde blir redusert. Det vil likevel, under en overgangsfase fra bemannede til ubemannede skip, være mange bemannede fartøy som seiler sammen med autonome skip, noe som kan gjøre det nødvendig med menneskelige operatører på land i lang tid fremover

for å tolke denne informasjonen. Dette vil være aktuelt helt frem til det er utviklet klare standarder for deling av informasjon mellom ubemannede og bemannede fartøy (Jokioinen, et al., 2016).

I slike tilfeller kan det være behov for overføring av store mengder data, som vil kreve stor kapasitet til båndbredde. På samme måte er man også avhengig av forbindelse med fartøyet når man skal sende ut informasjon fra en kontrollstasjon. Dette kan for eksempel bli nødvendig om man vil endre reiseruten etter start av seilas, eller ved nødvendige oppdateringer av kart og andre nautiske publikasjoner.

### 4.3 Muligheter

Med autonome skip skaper man et helt nytt konsept for et maritimt transportsystem. Rederienes kostnader kan reduseres på flere områder, blant annet av et mer effektivt drivstofforbruk. Ifølge Rolls-Royce er det regnet ut at man kan spare rundt 12-15 % av drivstofforbruket ved at skipene er konstruert uten overbygg (Arnsdorf, 2014).

En annen fordel med ubemannede skip er at man slipper mannskapskostnader. Selv om dette vil være en betydelig kostnadsbesparelse er det likevel nødvendig med operatører på kontrollstasjoner, slik at noen av kostnadene vil bli flyttet over på land. Man vil derimot ikke trenge å bygge skipene for å ha mennesker om bord, så det kan spares mye på å ikke ha livbåter, livredningsutstyr, proviant og andre nødvendigheter i overbygget som ferskvann, varme og ventilasjon (Rødseth, 2018). Dette kan potensielt gjøre det billigere å drifte et skip. Rolls-Royce ser for seg at autonome skip kan se slik ut som på bildet under.



Figur 5: Rolls-Royces illustrasjon av et autonomt skip.

Autonome skip kan potensielt føre til forbedret sikkerhet om bord, samt færre ulykker, ettersom de fleste ulykker er grunnet menneskelig svikt. Studier viser at rundt 75-96 % av maritime ulykker er forårsaket helt eller delvis av menneskelige feil (Rothblum, 2000). Det betyr fortsatt ikke at man vil unngå ulykker med autonome skip, ettersom nye risikomomenter som svikt i teknologien og cyberangrep vil kunne true sikkerheten på et høyere nivå enn tidligere (Steen & Slettevold, 2019). Fremtidige ulykker kan dermed i større grad være forårsaket av feil i systemer, som på mange måter også kan sies å være grunnet menneskelig svikt ettersom det er mennesker som utvikler systemene. Det er derfor godt mulig at man ikke vil få redusert antall ulykker som skyldes menneskelig svikt, men at man bare flytter dem fra en gruppe til en annen.

#### 4.4 Generelle utfordringer

Med autonome skip vil det med andre ord kunne oppstå en rekke nye utfordringer. Om en uforventet situasjon skulle oppstå som skipets systemer ikke klarer å håndtere på egenhånd, må en operatør ha mulighet til å ta over kontrollen av skipet. Når det ikke er mannskap om bord må kommunikasjon med et kontrollsentral derfor hele tiden være tilgjengelig. All data trenger ikke nødvendigvis å bli overført kontinuerlig når skipet går i autonom modus, men informasjonen må kunne være tilgjengelig umiddelbart i tilfelle det skulle bli nødvendig med assistanse fra operatør (Jokioinen, et al., 2016).

Andre sikkerhetsmessige utfordringer kan være at skipets systemer får problemer med å bestemme sin egen posisjon, enten ved tap av referanseposisjon eller på grunn av interne systemfeil. Systemene må også blant annet kunne oppdage avvik mellom forventede verdier og målte verdier når det kommer til faktorer som dybde- og meteorologiske forhold (Bureau Veritas, 2017). I tillegg har man utfordringer med hensyn til hvordan et skip uten bemanning skal kunne stanse brann på eget fartøy, eller bidra til å hjelpe havarister i nød. Man må også ha løsninger på hvordan man skal håndtere lekkasjer om bord eller vanninntak ved skade på skrog.

Det er uvisst om ubemannede skip vil være et mer eller mindre attraktivt mål for pirater enn konvensjonelle skip. Ettersom skipene ikke har mannskap om bord vil det ikke være mulig å holde mennesker som gisler, men de kan på den annen side bli mer sårbare for pirater som

ønsker å stjele last eller kapre fartøyet for løsepenger. Dette kan gjøre at man blir nødt til å konstruere skipene på en måte som gjør det vanskelig for uautoriserte personer å borde skipet. Det er med autonome skip også sannsynlig at det vil oppstå en annen form for piratvirksomhet, som utføres i form av dataangrep som kan tillate piratene å ta over kontrollen av skipet. Dette kan gjøres enten ved spoofing, der de utgir seg for å være en annens identitet og sender skipet feil informasjon, eller ved å hacke seg direkte inn på skipets systemer. Det må derfor stilles høye krav til datasikkerhet for å kunne motstå slike angrep (Bureau Veritas, 2017).

Et annet aspekt som må tas høyde for er skipets stabilitet som er en avgjørende sikkerhetsfaktor for ethvert fartøy. Denne må nøye kontrolleres og overvåkes under hele seilasen. Endringer i stabiliteten kan blant annet forekomme av at last forskyver seg, eller at store lag med is legger seg på fartøyet som en følge av sjøsprøyt og kulde i polare farvann. Vanligvis må mannskapet i slike situasjoner selv utføre tiltak for at skipet gjenoppretter den nødvendige stabiliteten, og det vil derfor være nødvendig med løsninger som kan hindre slike stabilitetsendringer på ubemannede skip (Bureau Veritas, 2017).

For å kunne gjennomføre en seilas uten mannskap må man også gjøre essensielle endringer i fartøyenes design, ettersom det vil være et mye større behov for back-up og sikkerhetsbarrierer i den tekniske oppbyggingen. Viktigheten av systempålitelighet øker ved høyere grad av autonomi, og skipet må ha redundans for alle kritiske systemer (Merenluoto, 2018). Dette vil si at det skal kunne opprettholde sin drift selv om det oppstår en teknisk svikt eller black-out, ved hjelp av at reservesystemer slår inn. På den måten kan man unngå at en enkel feil setter et system eller kanskje også hele fartøyet ut av drift. Selv om dette potensielt kan føre til mer driftssikre skip, vil redundans ta opp stor plass om bord om skipet for eksempel skal ha to uavhengige fremdriftssystemer. Skipet må også kunne klare seg uten kontakt med kontrollstasjonen ved tap av forbindelse eller om det skulle oppstå problemer på kontrollstasjonen (Broeders, Broer, Dijkhuizen, Bonder, & Prawoto, 2017).

## 4.5 Pågående prosjekter

Flere selskaper har pågående prosjekter for utvikling av autonome skip. Blant annet samarbeider Yara International og Kongsberg Gruppen med prosjektet Yara Birkeland, som vil bli det første nullutslipp autonome containerskipet i verden. Det vil være helelektrisk og kunne erstatte 40 000 turer med lastebil i året, med en samlet kjøredistanse på én million kilometer og et CO<sub>2</sub>-utslipp på 750 tonn. Med andre ord vil dette kunne redusere forurensing betraktelig og skape tryggere veier (Stensvold, 2018). Kongsberg Gruppen er ansvarlig for utvikling og levering av sensorer og den integreringen som kreves for å gjøre skipet både autonomt og fjernstyrt, samt andre komponenter i forbindelse med fremdrift. Skipet er planlagt å settes i drift i løpet av første kvartal av 2020, og skal seile fra Yaras fabrikk i Porsgrunn til Larvik og Brevik. Skipet vil gradvis gå fra å være bemannet til ubemannet innen 2022 (Kongsberg, 2018).

Et annet prosjekt er Sea Hunter, utviklet av Defence Advanced Research Projects Agency (DARPA) i USA. Prøveprosjektet startet allerede i 2010 og er et ubemannet anti-ubåt fartøy i den amerikanske marinen. Skipet ble bygget i 2016 og skal kunne lokalisere og spore ubåter og miner ved hjelp av høyfrekvens sonar. På den måten vil skipet være en tryggere løsning i forbindelse med mineoperasjoner ettersom man ikke risikerer tap av menneskeliv. Skipet kan også benytte seg av elektroniske våpensystemer for å sabotere fienders radarer og sensorer og kan i autonom modus dele informasjon med sine søsterskip om potensielle mål eller andre interessepunkter. Den 31. januar 2019 ble det annonsert i en pressemelding at det ubemannede skipet hadde seilt fra San Diego, California til Pearl Harbor, Hawaii (Trevithick, 2018, 2019). Skipet var ubemannet i store deler av seilasen, men hadde i korte perioder personell om bord fra en følgebåt for å sjekke elektronikk og fremdriftssystemer (Harkins, 2019).

Verdens første autonome ferge, Falco, er et samarbeid mellom Rolls-Royce Marine og Finferries, og har så langt gjennomført flere vellykkede tester. Den 3. desember 2018 ble fergen demonstrert på strekningen mellom Parainen og Nauvo i Finland, og brukte da Rolls-Royces egne teknologier for skipsintelligens for å seile autonomt ene veien, før den ble fjernstyrt på returreisen. Under demonstrasjonen seilte fergen en utvidet rute i forhold til den vanlige ruten som har en distanse på 1664 meter (FinFerries, 2019). I forkant av dette hadde den vært gjennom nesten 400 timer med testing. Fergen er utstyrt med flere avanserte



sensorer som gir systemet et detaljert bilde over ruten og hindringer som eventuelt dukker opp, og på land sitter en kaptein og overvåker skipet fra en kontrollstasjon og tar over kontrollen dersom det skulle bli nødvendig. Når fergen legger til kai bruker den “Autodocking”, et system designet av Rolls-Royce der fergens systemer selv bestemmer kurs og fart som passer best til omstendighetene, uten menneskelig assistanse (Rolls-Royce, 2018a).

Rolls-Royce Marine og Finferries begynte i 2018 også å samarbeide på et nytt forskningsprosjekt kalt SVAN (Safer Vessel with Autonomous Navigation). Prosjektet er finansiert av Business Finland og er en fortsettelse på AAWA-prosjektet. Det har ifølge Mikael Makinen (president i Rolls-Royce Marine) vært en suksess og viser at skipsintelligens-teknologi kan gjøre prosedyrer på skip både tryggere og mer effektive (Rolls-Royce, 2018a).

## 5. Kunstig intelligens

I 1955 kom den tidligere amerikanske vitenskapsmannen John McCarthy, sammen med flere andre, opp med begrepet kunstig intelligens, og definerte det som vitenskapen og utviklingen av å lage intelligente maskiner (Institute for Ethics and Emerging Technologies, 2019). Han mente at ethvert aspekt ved læring eller andre former for intelligens i prinsippet kan bli så presist beskrevet at en maskin kan lages for å simulere det (McCarthy, Minsky, Rochester, & Shannon, 1955).

Elaine Rich definerer kunstig intelligens (AI - Artificial Intelligence) som forskningen på hvordan å få datamaskiner til å utføre oppgaver som mennesker for øyeblikket er bedre på (Ertel, 2017). Det er en teknologi som har skapt stor interesse hos både myndigheter og bedrifter, ettersom den kan effektivisere og skape konkurransefortrinn.

Økonomiske investeringer i kunstig intelligens er i stor vekst, der selskaper som Google og Baidu (Kinesisk søkemotor) dominerer. McKinsey Global Institute (konsulentfirma innen strategi, ledelse og operasjonelle problemstillinger) anslår at selskaper på verdensbasis i 2016 totalt investerte mellom 26 og 39 milliarder dollar i kunstig intelligens, en tredobling siden 2013 (Bughin, et al., 2017).

### 5.1 Historie

Litt over ti år etter John McCarthy og hans samarbeidspartnere presenterte sitt arbeid med kunstig intelligens, kom Joseph Weizenbaum i 1966 ut med det som blir regnet som verdens første "chattebot", ELIZA. Den var laget for å kunne svare på spørsmål som en psykolog, noe den til en viss grad også klarte (Ertel, 2017). Videre på 80-tallet gikk utviklingen hurtig, som til dels var et resultat av myndigheters interesse for feltet samt store fremskritt i utviklingen av programvarer. I tillegg kom ekspertsystemer som har skapt et solid grunnlag for AI og som kommersialiserte samtlige industrier ved hjelp av programmer som MYCIN (medisinsk diagnosesystem) og DENDRAL (analysesystem for kjemikalier). Et ekspertsystem består av en database med kunnskap spesifikt rettet mot en spesiell oppgave, der fagfolk legger inn sin ekspertise slik at systemet skal kunne benytte denne informasjonen til å ta beslutninger (Smith, McGuire, Huang, & Yang, 2006).

I dag omgir vi oss i mer eller mindre grad av AI-teknologi. Det kan blant annet være søkemotorer som Google og Bing, ansiktsgjenkjenning på telefonen, eller personlig reklame på internett basert på søkehistorikk. Flere aktører arbeider nå med å utvikle teknologi som skal kunne gjøre kjøretøyer autonome ved hjelp av kunstig intelligens.

## 5.2 Kunstig intelligens i autonome kjøretøyer

Det er mange utfordringer knyttet til å gjøre et kjøretøy autonomt ved hjelp av kunstig intelligens. Et argument for ubemannede kjøretøyer er som nevnt tidligere at så godt som alle ulykker i mer eller mindre grad skyldes menneskelig svikt. Ifølge Harald Kröger (president for Automotive Electronics i selskapet Bosch) vil en bil utstyrt med kunstig intelligens ikke bare kunne reagere raskere enn mennesker, men også kjøre mer forsvarlig, noe som vil føre til tryggere veier både for fotgjengere, syklister og bilister (Amend, 2019). Likevel har det allerede skjedd ulykker i trafikken med autonome biler som har ført til dødsfall. Blant annet hadde Uber i 2018 en dødsulykke med et autonomt testkjøretøy, mens Tesla har hatt tre dødsulykker med deres semi-autonome system (Autopilot) siden det kom ut i 2014 (Wikipedia, 2019).

I ulykkesrapporten fra NTSB (National Transportation Safety Board) relatert til Uber-ulykken står det at bilens systemer i seg selv fungerte som det skulle. Radar og LiDAR fanget opp personen omtrent seks sekunder før sammenstøtet, men bilen fortsatte likevel å kjøre. Undersøkelsen viste at Volvos automatiske nødbrems-system var slått av for å hindre uberegnelige nedbremsinger av bilen. Ifølge Uber er det selvkjørende systemet i tillegg avhengig av å ha en operatør i bilen som kan gripe inn dersom nødvendig, men i dette tilfellet handlet ikke operatøren før mindre enn ett sekund før kollisjonen (NTSB, 2018).



Figur 6: Illustrasjon og bilde fra Uber-ulykken.

Før man benytter seg av kunstig intelligens er det viktig å ha god kunnskap om hvor dataene kommer fra, hvilke algoritmer som brukes og hva som potensielt kan gå galt. En utfordring knyttet til kunstig intelligens kan være at systemet utvikler en destruktiv metode for å nå sitt mål. Et eksempel kan være et kjøretøy som skal flytte seg raskest mulig fra en posisjon til en annen, og utfører oppgaven uten å ta hensyn til regler og ytre forhold (Tegmark, 2016). Slike tilfeller kan føre til lovbrudd og ulykker, og det vil være viktig at systemet er programmert til å operere innenfor gitte retningslinjer for å opprettholde sikkerheten.

Autonome skip vil først “trenes” i å operere i et kontrollert miljø før de skal ut i reell trafikken. Gjennom denne treningen vil systemene ved hjelp av maskinlæring kunne finne mønstre ved observasjoner slik at det kan lages en modell som er relevant for det miljøet skipet skal ut i. Ettersom slike maskinlæringsmodeller er basert på kunnskap fra innlærte data, er det viktig med god kvalitet på dataene man benytter under treningen. Det er også viktig med et mest mulig representativt treningsmiljø, selv om det ikke vil være mulig å fullstendig gjenspeile alle mulige situasjoner. Maskinlæring kan bidra til å gi økt kunnskap innenfor et fagområde, og om det blir brukt riktig kan det løse oppgaver og finne sammenhenger som mennesker ikke klarer (DNV GL, 2019).

DNV GL advarer derimot mot to store fallgruver, nemlig for dårlig datakvalitet og for dårlig kvalitetssikring. Gjennom testing og kvalitetssikring kan man blant annet oppdage at de observerte mønstrene fra treningen ikke er overførbart til testdataene, og det kan dermed bety at skipene må testes i omgivelser som er ulike fra treningsmiljøet. På denne måten kan man finne ut om skipet faktisk er i stand til å fungere i praksis.

## 6. Utkikk

Utkikk har vært en viktig del av navigering til sjøs i alle år. Før radar og ECDIS ble tilgjengelig var det kun utkikk ved syn og hørsel, da utkikken som regel enten stod ute på brovingen, framme på bakken eller i utkikkstønna. Dette har endret seg siden og kan komme til å endre seg enda mer i årene som kommer i og med utviklingen av autonome skip.

### 6.1 Sjøveisregel 5

Sjøveisregel 5 sier at alle skip skal holde ordentlig utkikk, se underkapittel 1.3. Utkikken i dag bruker en kombinasjon av syn, hørsel og hjelpemidler som ECDIS, AIS og radar for at man skal kunne orientere seg og skaffe overblikk over situasjonen. Man sammenligner ofte objekt man har sett på radar med hva man ser visuelt og motsatt. I tillegg til visuell utkikk skal man også i henhold til regel 5 bruke hørsel til å skaffe seg oversikt over situasjonen. Dette kan dermed bli utfordrende med hensyn til utstyr og konstruksjon av ubemannede skip, slik at de skal kunne oppfylle kravet i regel 5 om å holde utkikk ved syn og hørsel.

Utfordringene med utkikk kan muligens løses med sensorer, kameraer og utstyr for lytting. Med et kamera som utkikk kan man ofte se mer detaljert enn det blotte øye, og man slipper utfordringer som nåværende navigatører har med at de kan være trøtte, syke eller utbrente (Kaminski, 2016). Bilder og data kan sendes inn til en kontrollstasjon hvor en operatør følger med. Ulempen med dette kan være at han ikke har den samme tilstedeværelsen og situasjonsbevisstheten som en navigatør på et skip ville hatt (Ottesen, 2014).

For å erstatte utkikken vil det bli stilt høye krav til presisjon på ARPA, ECDIS, AIS og GNSS. Dette er viktig for å kunne sende god nok informasjon til en ekstern operatør på en kontrollstasjon, slik at han kan unngå faren for kollisjon eller en farlig situasjon. For at dette skal fungere må operatøren blant annet få informasjon om vind og vær, trafikk, og omgivelsene rundt.

## 6.2 Situasjonsbevissthet

Når en bro-offiser tar beslutninger tas disse ut fra hans situasjonsbevissthet (Ottesen, 2014). Situasjonsbevissthet beskrives av Mica Endsley som oppfatningen av elementene i miljøet i løpet av en tidsperiode, forståelsen av deres betydning, og projeksjonen av deres status i nær fremtid (Endsley, 2011). Hun deler derfor definisjonen inn i tre nivåer:

- Nivå 1: Oppfatning av elementene i miljøet
- Nivå 2: Forståelse av den nåværende situasjonen
- Nivå 3: Projeksjon av fremtidig status

Bildet av en situasjon er hele tiden dynamisk, som vil si at når omstendighetene endrer seg vil faktorene som ligger til grunn for situasjonsbevissthet ha behov for å fornyes. En som skal ta beslutninger vil hele tiden vurdere situasjonen i forhold til sin personlige erfaring av tilsvarende forhold tidligere. Disse vurderingene kan også være innlært ved hjelp av trening på vanskelige scenarier (Endsley, 2011).

En operatør som fjernstyrer et ubemannet skip fra en kontrollstasjon vil ikke oppleve en situasjon likt en bro-offiser ute på skipet, med mindre omgivelsene og de ytre påvirkningene blir fullstendig overført til operatøren på kontrollstasjonen. Dette gjør at man ikke kan vurdere en operatør på samme måte som en bro-offiser, og det er uvisst hvor stor påvirkning det vil ha at operatøren ikke fysisk er tilstede på skipet (Ottesen, 2014).



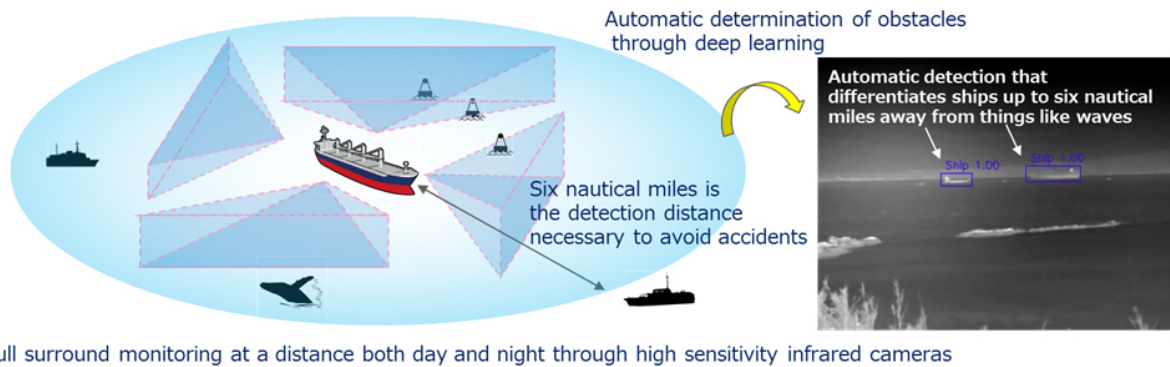
Figur 7: Forskjellige scenarier sett fra en operatørs perspektiv.

For et fullt autonomt fartøy vil det være avgjørende at skipets systemer har tilstrekkelig situasjonsbevissthet for at de skal kunne opprettholde en trygg seilas. Dette oppnås ved å kombinere nok data fra forskjellige sensorer og andre deteksjonshjelpemidler slik at systemene skal kunne ta de riktige avgjørelsene under alle forhold og situasjoner. Under manøvrering må skipets systemer kunne beherske både sterkt trafikkerte områder og krevende værforhold, og man er med dette i stor grad avhengig av pålitelige deteksjonssystemer som gir korrekt informasjon. Denne dataen brukes til å kartlegge området og oppdage potensielle farer. Feil eller mangelfull deteksjon av potensielle farer kan gi et feilaktig bilde av situasjonen, og føre til uønskede hendelser som grunnstøtinger eller kollisjoner (Jokioinen, et al., 2016).

### 6.3 Sensorteknologi

For at et skip skal navigere ubemannet må menneskelig utkikk erstattes av sensorteknologi. Ordet sensor betyr å vurdere eller kontrollere, og er i denne oppgavens sammenheng et instrument som registrerer en viss påvirkning (Wikipedia, 2018). De fleste skip i dag er allerede utstyrt med radar og ECDIS, men ubemannede skip må i tillegg til dette også ha utstyr for å erstatte visuell utkikk for å kunne følge Sjøveisregel 5. Dette kan gjøres ved hjelp av optiske sensorer, og i denne delen vil det bli presentert noe av utstyret som er tilgjengelig.

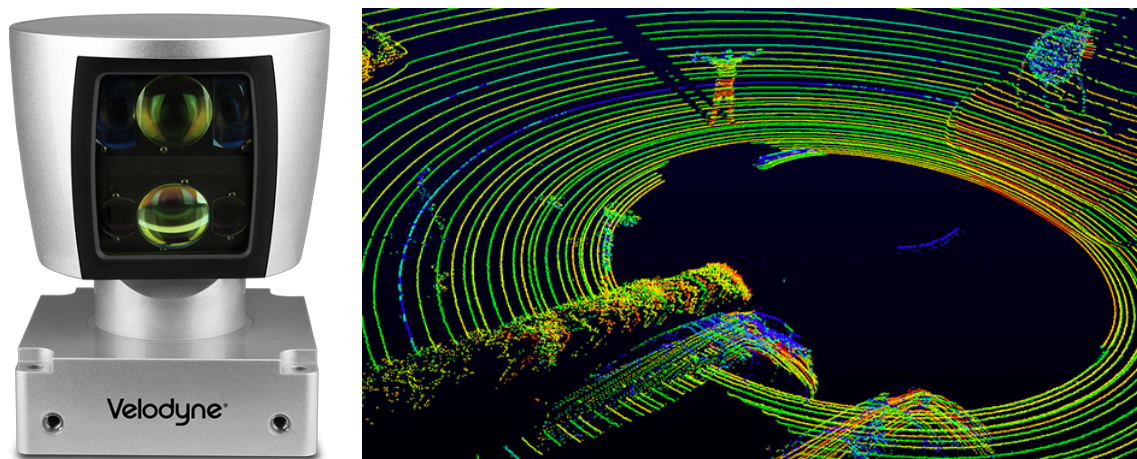
Ved å bruke et infrarødt HD-kamera (High Definition) skal operatøren på land kunne se situasjonen like bra eller bedre enn en navigatør om bord. Man vil også kunne se bedre i mørke ettersom et IR-kamera (infrarødt) kan detektere varme. Fujitsu Limited planlegger i 2020 å lansere teknologi for IR-kamera som kan oppdage og skille mellom skip og andre objekter opp til en avstand på 6 nautiske mil, ved hjelp av kunstig intelligens (se figur 8 på neste side). Kameraene plasseres strategisk rundt om på båten og sender bilder til en operatør på land. Fordelen med den nye AI-teknologien er at denne kan filtrere vekk støy som ville oppstått på et vanlig IR-kamera (Fujitsu, 2019).



Full surround monitoring at a distance both day and night through high sensitivity infrared cameras

Figur 8: Deteksjon av objekter ved hjelp av IR-kamera.

LiDAR er et annet system som blir brukt av autonome kjøretøyer på land og autonome testfartøyer til sjøs. Dette fungerer etter samme prinsipp som en radar, med den forskjell at LiDAR bruker laserstråler til avstandsmåling. Det sender ut laserimpulser som blir reflektert tilbake, før en datamaskin regner ut avstand til objektet. Et av produktene som er tilgjengelig er Velodyne HDL-64E S3. Denne har en rekkevidde på 120 meter og kan rotere 360 grader, med 64 lasere fordelt over en 27-graders vinkel vertikalt. LiDAR-en sender kontinuerlig ut impulser som skaffer 1,3 millioner målte verdier per sekund, og bildet den lager av det den detekterer oppdateres mye raskere enn med en vanlig radar. Dette gjør at den oppnår høyere presisjon og gjenskaper omgivelsene mer nøyaktig. Ettersom sensoren bruker laser er den en aktiv lyskilde, og kan derfor brukes om natten og tåler godt ulike grader av sollys. Under en test klarte den å oppdage en kajakk på 50 meters avstand (Velodyne LiDAR, 2009).



Figur 9: Velodyne LiDAR-modell med eksempel på bilde.

En ulempe med LiDAR er at den har store begrensninger i tåke og tett nedbør, og er ikke i stand til å detektere objekter som er inne i eller bak røyk eller tåke (Fritsche, Kueppers,



Briese, & Wagner, 2016). I tillegg er disse dyrere enn vanlige radarer, selv om LiDAR er forventet å bli mye billigere med tiden ettersom mange ulike produsenter utvikler egne modeller.

I tillegg til sensorer som viser bilde og måler avstand til gjenstandene som blir detektert, må også hørsel erstattes med sensorer. Sjøveisregel 5 refererer til hørsel som en del av utkikken, så for at ubemannede skip skal kunne følge Sjøveisreglene må det være utstyrt med sensorer som oppfatter lyd. Et eksempel der dette er nødvendig kan være under navigering i trange og uoversiktlige farvann, der skip skal gi et langt støt i fløyta for å markere sin tilstedeværelse. Det ubemannede skipet må da være utstyrt med en sensor som kan oppfatte lyden og sende signalet til den ansvarlige operatøren på land.

Kombinasjon av data fra forskjellige sensorer blir sett på som nøkkelen til å oppnå tilstrekkelig situasjonsbevissthet på et ubemannet fartøy. Hver type sensor har sine styrker og svakheter, og man vil ikke kunne få alle fordeler eller unngå alle ulemper i en enkel sensor. Ved å kombinere sensorer som har forskjellige egenskaper vil man derfor kunne få dekket de forskjellige svakhetene og oppnå et bedre totalresultat (Jokioinen, et al., 2016). Tabellen nedenfor sammenligner de ulike deteksjonshjelpemidlene som er tenkt på autonome skip, og viser disses styrker og svakheter på de forskjellige områdene.

	Visual HD cameras	IR cameras	Ship radar	Short-range radar	LIDAR	Sound
<b>Spatial Accuracy</b>	++	+	--	-	++	--
<b>Field of view</b>	+	-	++	-	+	++
<b>Distance measurement</b>	-	-	++	++	++	--
<b>Object identification</b>	++	+	--	--	+	+
<b>24H, all weather operation</b>	--	+	++	++	+(?)	-(?)
<b>Computational load of analysis</b>	--	-	++	++	--	+
<b>Marine robustness</b>	++	++	++	+(?)	(?)	(?)
<b>Price</b>	++	-	+	++	--	+

Figur 10: Styrker og svakheter med ulike typer sensorer.

## 7. Ansvar

Et tydelig krav til autonome skip vil være at de handler i samsvar med Sjøveisreglene. Det kan derimot bli utfordrende å oversette regler som er laget for menneskelig bruk til algoritmer i et dataprogram (Varas, et al., 2017). Det står i regel 1 at alle fartøy som er i rom sjø eller farvann som kan befares av et fartøy skal følge disse reglene, så det vil være vanskelig å argumentere mot at dette også vil gjelde for autonome skip (Norris, 2013).

### 7.1 Sjøveisregel 2

Sjøveisregel 2 (se underkapittel 1.3) er annerledes enn de andre sjøveisreglene ettersom den ikke sier hva som skal gjøres eller når det skal gjøres noe, men i stedet legger vekt på at det er vakthavende offiser som selv er ansvarlig for egne handlinger, og må ta avgjørelsen på hva som skal gjøres for å handle i tråd med det som står i regelen (North P&I Club, u.å.). I henhold til Sjøveisregel 2 skal alle som har ansvar for fartøyets manøvrering og navigering alltid opptre i samsvar med alminnelig sjømannsskikk. Alminnelig sjømannsskikk er å ta avgjørelser som opptrer som sikre og nødvendige der erfaring, kunnskap og situasjonsforståelse er sentralt (Van Dokkum, 2012).

Regel 2b sier at man under spesielle situasjoner kan avvike fra Sjøveisreglene for å unngå umiddelbar fare, og man kan i slike situasjoner bli holdt ansvarlig dersom en slik nødvendig handling ikke blir utført. Vakthavende offiser kan derfor bli funnet skyldig i å ikke følge Sjøveisreglene om det i en juridisk sak skulle bli sett på som nødvendig å avvike fra reglene (Van Dokkum, 2012). Et eksempel der det i noen tilfeller kan være tryggere å avvike fra Sjøveisreglene er når et større skip skal vike for et mindre skip som kommer fra styrbord. Ettersom større skip ofte er vanskeligere å manøvrere og har en senere reaksjonstid, kan det bli sett på som dårlig sjømannsskikk om ikke det mindre skipet endrer fart og kurs i situasjoner der dette er et tryggere alternativ (King, 2014).

Sjøveisreglene tar utgangspunkt i at det er velutdannede bro-offiserer på skipet som skal kunne ta gode beslutninger under alle omstendigheter, noe som ikke vil være tilfelle på et ubemannet fartøy. Regel 2b refererer til god sjømannsskikk, som er et udefinert begrep, og kan derfor bli vanskelig å implementere i et dataprogram som er ansvarlig for navigeringen på et fullt autonomt skip (Jokioinen, et al., 2016). Av denne grunn vil det være svært

vanskelig å kunne forutsi hvordan systemene vil handle i situasjoner der man må bryte Sjøveisreglene, noe som vil være et betydelig usikkerhetsmoment både for eget skip og andre fartøyer i området. Dette vil kunne kreve at ubemannede skip har en ekstern operatør som fra en kontrollstasjon kan gripe inn og avvike fra reglene når dette er nødvendig.

## 7.2 Ansvar for sikker fart

Det står i Sjøveisregel 6 at alle skip skal gå med sikker fart for å kunne manøvrere riktig og effektivt for å unngå sammenstøt, og således kunne stoppes på en distanse som passer til de rådende omstendigheter og forhold. Med et fjernstyrt skip vil det være operatøren som er ansvarlig for at skipet opprettholder en fart som er sikker, mens det på et fullt autonomt fartøy vil være skipets systemer som selv må avgjøre hva som er sikker fart. Det å programmere inn en fleksibel standard som sikker fart er noe man må ta hensyn til, og som kan by på utfordringer (CORE Advokatfirma, 2018).

## 7.3 Kontrollstasjonen og operatørens ansvar

Det følgende underkapittelet er i hovedsak hentet fra CORE Advokatfirma. De definerer en operatør (remote operator) for et autonomt skip som “a person who navigates or monitors navigation of one or more MASS without being physically present on board the ‘MASS’ ”.

En operatør vil jobbe fra en kontrollstasjon og overvåke fartøyene derfra i sanntid.

Utviklingen av kontrollstasjonen vil derfor være en betydningsfull faktor for at ubemannede skip skal kunne realiseres. Ifølge MUNIN-prosjektet har kontrollstasjonen det viktigste ansvaret for skipets drift, og derved også for alle de nødvendige tiltakene som er nødvendig for å hindre kollisjon. En operatør på kontrollstasjonen vil da ta beslutninger ved hjelp av navigasjonshjelpemidler som blant annet radar, AIS og GMDSS (MUNIN, 2013). Den eksterne operatørens rolle er enda ikke blitt definert, og hvilket ansvar og forpliktelser han sitter med er en av de utfordringene som må løses.

I dag er det antatt at operatøren enten vil være ansatt av rederen, eller at et tredjepartsselskap som har spesialisert seg på autonomi-tjenester tilbyr dette til skipseieren. Skulle ubemannede skip utvikle seg til å kunne operere med høy grad av autonomi (AL 4 til AL 6 i Lloyd's

Registers inndeling) slik at den eksterne operatørens oppgave blir redusert til overvåking, blir det antatt at offentlige myndigheter gjennom kontrollstasjonen vil ta ansvar for operasjoner med autonome skip slik som med flytrafikken.

## 7.4 Utstysleverandørens ansvar

CORE Advokatfirma startet i juli 2018 et samarbeid om autonome skip sammen med flere maritime aktører, nevnelig Rolls-Royce, DNV GL og Sjøfartsdirektoratet. I dette arbeidet har de blant annet sett på hvordan utstysleverandørens sivile ansvar i forbindelse med autonome skip kan løses. Dette underkapittelet er i hovedsak skrevet med utgangspunkt i deres arbeid.

Med ubemannede skip vil ikke lenger ansvaret for trygg navigering ligge på mannskapet, og dette vil derfor være mye mer komplisert enn på et konvensjonelt skip. Dataoverføring og overvåking vil spille en større rolle enn før, og det er da forventet at utstysleverandørene vil stå nærmere skipseieren når det kommer til driften av ubemannede skip. Det er antatt at leverandørene allerede i starten vil være med i en rådgivningsfase for å sikre riktig valg av utstyr, og for å kunne videreutvikle sine egne produkter. Det er også antatt at de vil ha langsiktige avtaler med skipseierne når det gjelder programvaren for skipet og algoritmene for navigeringen. Dette kan gjøre at det blir utstysleverandørene som etablerer overvåkingssentre for å kunne støtte en autonom skipsflåte med sin teknologi. For å sikre sikker drift av ubemannede skip er det foreslått å vedta forskrifter hvor det kreves at rederne kan dokumentere kontinuerlige programvareoppdateringer. Det kan bli aktuelt at flaggstatene innfører sertifikater som sier "alle programvarer og systemer oppdaterte".

Når autonome skip settes i drift forventes det ingen feilmarginer for leverandører, og deres ansvarsposisjon vil øke ved høyere systemkompleksitet og beslutningsevne. De kan redusere risikoen ved å innføre ytterligere redundans og øke nivået av fjernovervåking, tilgjengelighet og analyse av driftsdata, men dette vil fortsatt ikke kunne garantere feilfrie skip. Derfor vil testing gjennom simulatorer og under reelle forhold på avgrensede områder være nødvendig som en del av sertifisering, og også for å sikre best mulig systempålitelighet. Det kan med stor sannsynlighet antas at parter vil kreve erstatning av utstysleverandører i erstatningssaker forårsaket av autonome skip. For at utstysleverandørene skal unngå å få rettet store krav mot seg er det blitt diskutert flere ulike løsninger, blant annet en global ansvarsbegrensning.

## 8. Diskusjon

Denne oppgaven har tatt for seg litteratur skrevet av flere forskjellige aktører som utvikler teknologi til autonome skip. Felles for disse er at de argumenterer med at autonome skip skal bli tryggere enn bemannede skip, men det finnes enda ikke noen sikre bevis på at dette vil være realiteten. Som nevnt tidligere vil det oppstå en rekke nye utfordringer som må løses, der teknologiens pålitelighet vil være et sentralt fokus.

Sjøveisregel 5 som omhandler utkikk kan høres ut som en enkel regel å følge, men mange ulykker skyldes at den ikke har blitt fulgt. Målet med regelen er at man skal være sikker på at vedkommende som kontrollerer skipet er oppmerksom på forholdene rundt det slik at det kan tas de korrekte valgene for å unngå kollisjon. I dag er det store forskjeller på hvilket utstyr som er tilgjengelig på bro og hvor avansert dette utstyret er, mens regelen bruker begrep som “ordentlig” og “tilgjengelige midler som er brukbare” for hvordan utkikk skal holdes (Jokioinen, et al., 2016). Ettersom regelen sier at man skal holde utkikk med både syn og hørsel for å unngå kollisjon vil man umiddelbart tenke at det er behov for mannskap for å gjøre dette, men det står ikke nevnt i regelen at det skal være en person som holder utkikk.

Om utkikk skal kunne erstattes av sensorteknologi, må denne teknologien vise seg å være minst like god som menneskelig utkikk. Sensorer kan ved riktig bruk oppdage farer tidligere enn et menneske klarer, og ettersom teknologien utvikler seg vil det bli mer sannsynlig at systemene kan operere i henhold til kravene om utkikk (Kaminski, 2016). En bro-offiser i dag bruker i all hovedsak tre ulike måter for å detektere skip og andre objekter på sjøen: radar, AIS og optisk utkikk (Norris, 2008). Ved hjelp av disse ulike metodene kan man sammenligne det man ser visuelt og på instrumentene for å sikre at observeringene stemmer overens med hverandre. Når dette gir samsvarende informasjon får man som regel et godt bilde av omgivelsene rundt. Skulle man derimot mangle den optiske informasjonen kan man, selv med data fra AIS og radar, få utfordringer med å få en tilstrekkelig oversikt over situasjonen man befinner seg i. Et eksempel kan være om man passerer et skip i havsnød med brann eller lekkasje om bord, som vil se ut som et skip i vanlig drift på både radar og AIS. Det kan også være vanskelig å identifisere flytende objekter i havoverflaten som man ikke får informasjon om på AIS, eller andre farer som små isberg som er vanskelig å oppdage på radar. Forhold som dette vil stille høye krav til optiske sensorer for at de skal være i stand til å samle inn god nok data. Det vil likevel være vanskelig for skipets systemer å klassifisere

objekter på egenhånd, og dette vil nok kreve at en operatør på en kontrollstasjon må tolke denne dataen. Ifølge AAWA-prosjektet blir en kombinasjon av forskjellige typer radarer, visuelle sensorer og IR-kameraer sett på som en gjennomførbar løsning for at operatøren skal oppnå tilstrekkelig situasjonsbevissthet (Jokioinen, et al., 2016).

The Nautical Institute ser på situasjonsbevissthet som avgjørende for å danne en fullstendig oversikt over en situasjon og oppdage potensielle farer, for derved å kunne ta de riktige beslutningene. Analyser av maritime ulykker viser at selv med presise referansesystemer handler trygg navigering mer om hvor man ikke skal befinne seg, enn nøyaktig hvilken posisjon man befinner seg i. Kollisjoner forekommer vanligvis som en konsekvens av brudd på Sjøveisreglene, og ofte som følge av mangel på situasjonsbevissthet (The Nautical Institute, 2016). Som nevnt i del 6.2 kan en operatør på en kontrollstasjon oppleve en situasjon annerledes enn en bro-offiser om bord på skipet, og det kan være vanskeligere for operatøren å oppnå god situasjonsbevissthet når han er begrenset til informasjon som bare kan sees på skjermer. Det vil derfor være avgjørende at sensorer og kameraer gir operatøren like god eller bedre informasjon enn en bro-offiser oppnår ute på et skip, for å kunne følge Sjøveisregel 5.

I 2018 annonserte Rolls-Royce at de startet et samarbeid med mikroprosessor-produsenten Intel for å utvikle et intelligent skipssystem (Rolls-Royce, 2018b). Skipssystemet skal være AI-basert og selskapene sikter på å lage fullt autonome systemer for navigering av skip. Kevin Daffey som er direktør for ingeniørarbeid, teknologi og skipsintelligens i Rolls-Royce sier at kunstig intelligens kan gjøre kommersiell skipsfart sikrere og mer effektiv (Schuler, 2018).

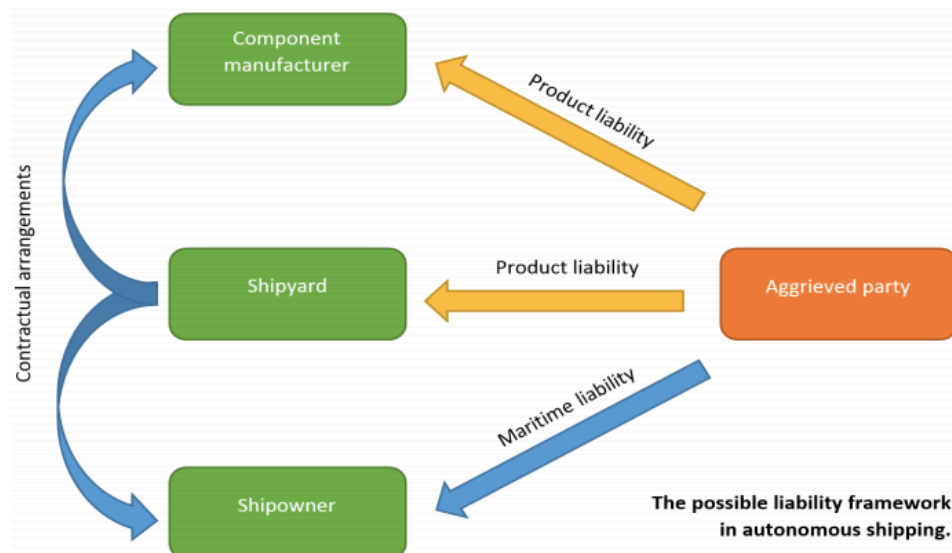
For at kunstig intelligens skal kunne forbedre skipsfarten må den være pålitelig, og programkodene som styrer skipet må kunne gjøre dette uten feil. Sannsynligvis vil utvikling av slik software kreve mye tid og kvalitetssikring. Det er en tilnærmet umulig oppgave å skulle programmere et feilfritt avansert dataprogram, og selv om det brukes mye tid på feilsikring og forbedringer er det sannsynlig at programmet fremdeles vil kunne reagere forskjellig fra det som er ment. En rapport gjort av software-analyseselskapet Tricentis viser at programfeil i 2017 kostet 1700 milliarder NOK på verdensbasis og berørte 3,6 milliarder mennesker, rundt halve verdens befolkning (Tricentis, 2018).

Mennesker kan bruke kreativitet til å løse en oppgave man ikke har gjort før, ved hjelp av andre erfaringer eller “sunn fornuft”. Et program derimot har et sett med instruksjoner og kan kun løse oppgaver innenfor de parametere som programmereren har fastslått. Man må derfor programmere inn alle oppgaver den kunstige intelligensen kan komme til å møte på da den ikke vil kunne løse oppgaver den ikke er programmert for å løse. Det vil bli vanskelig å programmere inn i et dataprogram hva man kan forvente i alle slags situasjoner, og autonome skip må i tillegg være forberedt på at andre skip ikke i alle situasjoner følger Sjøveisreglene. De må hele tiden kunne forutse hva som kan skje, slik en bro-offiser kan.

Alle skip skal alltid seile med sikker fart, og man skal ta hensyn til sikt, trafikk, manøvreringsevne, vær, og andre viktige faktorer for å fastsette denne. På et konvensjonelt fartøy er det vakthavende offiser som avgjør hva som er sikker fart, og han kan også måtte rettfærdiggjøre farten han holdt om en ulykke skulle skje (Van Dokkum, 2012). På et fullt autonomt fartøy vil det derimot være skipets systemer som avgjør denne farten. En datamaskin som hele tiden beregner forholdene kan ifølge seg selv alltid holde “sikker fart” så lenge den ser muligheter til å kunne manøvrere bort fra alle potensielle farer den oppdager.

For at autonome og fjernstyrte skip skal integreres i skipsfarten må man overkomme utfordringer som å få folkelig aksept, lavt nok risikonivå med hensyn til forsikring, og utvikling av lover og regler. Når det gjelder lovgivningen, er det ingen tvil om at ubemannede fartøy vil forårsake store utfordringer for shippingindustrien. Ny forskning og teknologi gir nye muligheter for næringen, men som vanlig utvikler teknologien seg raskere enn regelverket. Dette er ikke et problem i dag, ettersom ingen så langt har startet å bygge et autonomt ubemannet skip som skal gå i internasjonale farvann, men det kan bli en hindring for å få implementert teknologien om ikke regelverket følger etter (Howse, 2019). En utfordring vil være at på samme måte som teknologien trenger et regelverk å forholde seg til, er det vanskelig å fastsette et regelverk før teknologien er ferdig utviklet.

En av de mer kompliserte utfordringene med ubemannede skip vil være skyldspørsmålet i forbindelse med eventuelle ulykker, og det vil sannsynligvis være behov for et nytt regelverk for å adressere dette. Ettersom utstyrsleverandører vil stå nærmere driften av autonome skip enn med dagens skip, vil ansvaret sannsynligvis endre seg, og det må avgjøres hvem som skal holdes ansvarlig ved feil og ulykker. Ifølge AAWA-prosjektet kan ansvaret bli fordelt slik som på bildet under.



Figur 11: Modell av ansvarsfordeling.

Det finnes flere usikkerhetsmoment til hvordan skyldspørsmålet skal løses. I en situasjon hvor to fullt autonome skip kolliderer, kan kunstig intelligens da bli tildelt skyld? Et annet eksempel er om et ubemannet skip kolliderer med et bemannet skip. Om man går ut ifra at det ubemannede skipets systemer ikke gjør feil, kan man da si at det alltid vil være det bemannede fartøyets skyld? Hvis et ubemannet skip i seg selv ikke kan tildeles skyld, må det slås fast hvem som skal holdes ansvarlig for dets handlinger. Som et eksempel uttalte Volvos tidligere administrerende direktør, Håkan Samuelsson, i 2015 at de vil akseptere alt ansvar om en av bilene deres kolliderer i full autonom modus (Howse, 2019).



## 9. Konklusjon

Det kan konkluderes med at utviklingen av autonome fartøy uten tvil vil by på store utfordringer for skipsindustrien. Det blir i dag brukt store summer på utvikling av teknologi til autonome skip, og med dette er det kommet mange muligheter for både skipsfart- og teknologinæringene.

Det finnes i dag mange gode sensorsystemer som for eksempel radar, AIS, LiDAR og ulike typer kameraer. Ved å kombinere flere av disse samtidig kan man i mange tilfeller kvalitetssikre informasjonen som kommer inn og lage et bra bilde av omgivelsene. Et avgjørende spørsmål vil være om sensorene på et skip kan gi en operatør på land så god informasjon fra skipets omgivelser at han oppnår like god, eller bedre, oversikt over situasjonen som en bro-offiser om bord har. Det kan bli vanskeligere for en operatør å stole på informasjonen som kommer fra sensorer og kameraer, spesielt hvis disse skulle gi mangelfulle data. Derfor vil oppsettet og designet av kontrollstasjonen være en viktig del av utviklingen ettersom den skal gi operatøren gode data for å kunne ta riktige beslutninger basert på forholdene skipet befinner seg i.

I flere tilfeller vil sensorer kunne gi bedre informasjon enn hva man oppnår med visuell utkikk, som for eksempel i mørket der et IR-kamera vil kunne detektere et mål betydelig bedre. Man kan med kameraer også få bedre zoom-muligheter i tillegg til overblikksbilder 360 grader rundt fartøyet. Det fremstår som at mye av teknologien som trengs for å erstatte utkikken er på plass, men det gjenstår også utfordringer knyttet til hvordan dette skal fungere som et sammensatt system i praksis. Blant annet vil det bli vanskelig å erstatte det visuelle elementet med et system som ikke bare skal detektere men også identifisere objekter. Det kan derfor konkluderes med at om ubemannede skip i trafikkerte farvann skal være i stand til å følge Sjøveisregel 5, vil det være behov for operatører som kontinuerlig holder utkikk fra en kontrollstasjon på land.

Aktører ønsker med autonome skip å levere en sikrere og mer økonomisk transport. De bruker argument som at man vil unngå menneskelige feil ved å ta i bruk autonome skip, men det er ingen klare indikasjoner på at antallet ulykker vil reduseres da det potensielt kan bli flere ulykker som skyldes systemfeil og annen teknisk svikt. Fra et økonomisk perspektiv kan det ta lang tid før ubemannede skip blir billigere å drifte enn konvensjonelle skip, ettersom

det vil være store kostnader knyttet til utvikling og produsering av både skip og kontrollstasjoner. Som et eksempel vil Yara Birkeland koste 250 millioner NOK (Kongsberg, 2018), som er omtrent tre ganger dyrere enn et tilsvarende konvensjonelt skip (Ramirez, 2017). I tillegg vil en del av mannskapskostnadene man sparer bli flyttet over på operatører og annet personell på land.

Det vil også knyttes betydelige kostnader til utvikling og kvalitetssikring av programmene som skal sørge for skipenes navigering. Selv om det vil stilles mye høyere krav når det kommer til systempålitelighet om bord, vil det være vanskelig å lage feilfrie programmer før de er testet ut i reelle situasjoner. En utfordring knyttet til dette vil være at man ikke får testet programmene i slike situasjoner før de oppstår i den reelle trafikken, der feil kan føre til store konsekvenser.

Om systemer på fullt autonome skip (AL 5 og AL 6 i Lloyd's Registers inndeling) selv skal ta avgjørelser må det programmeres inn mer spesifikke data enn abstrakte begreper som "godt sjømannskap" og "ordentlig utkikk". Dette er fordi programmet som skal ta avgjørelsene vil være avhengig av å følge et sett med koder som er basert på konkrete regler. For at et autonomt skip skal kunne følge Sjøveisregel 2b må derfor systemene være programmert for å kunne avvike fra Sjøveisreglene der det er nødvendig. Slike avgjørelser blir av bro-offiserer tatt på grunnlag av erfaringer og "godt sjømannskap", og det vil være en tilnærmet umulig oppgave, i alle fall i dag, å programmere inn instruksjoner for alle slags situasjoner der en slik handling er nødvendig. Det vil på samme måte også bli vanskelig å programmere inn et begrep som "sikker fart" når denne farten varierer med forskjellige skip, i tillegg til de omkringliggende forholdene.

IMO startet sitt arbeid med autonome skip i 2018, for blant annet å se om regelverket må endres eller fornyes. Ifølge CORE Advokatfirma er det behov for en fornyelse av det nåværende regelverket for at det skal være mulig å implementere autonome skip. En utfordring kan være at en slik omfattende endring i regelverket sannsynligvis vil ta lang tid å utarbeide, da det er mange stater som skal bli enige. Når det kommer til ansvar og skylddeling er dette noe som kan bli utfordrende å løse, og det er fremdeles ingen klare svar på spørsmål om hvem som vil være ansvarlig for operasjoner med autonome fartøy. Flere

aktører enn før vil være involvert i både konstruksjon og drift av skipene, og det vil uten tvil bli nødvendig med endringer i regelverket for å adressere dette.

Det kan ta mange år før mannskapsløse skip blir kommersialisert, og om de noen gang blir en suksess er det viktig å merke seg at alt av personell knyttet til skipene ikke vil forsvinne, men plasseres i nye posisjoner som spiller en viktig rolle for operasjonen. I lang tid fremover vil man i alle fall fortsatt være avhengig av menneskelig interaksjon for å opprettholde trygghet og forutsigbarhet i operasjoner med autonome skip, ettersom teknologien så langt ikke har vist seg å være pålitelig nok til å operere på egenhånd. Så lenge utfordringene med hensyn til Sjøveisregel 2 ikke kan løses ved hjelp av kunstig intelligens, vil det være nødvendig med en operatør som fra en kontrollstasjon kan gripe inn i situasjoner der det må avvikes fra Sjøveisreglene. Det er også sannsynlig at operatøren må vurdere hva som er sikker fart, og i forbindelse med utkikk identifisere objekter som blir fanget opp av skipets sensorer.

Det kan konkluderes med at det er mange utfordringer som må løses for at skip skal kunne seile ubemannet, der teknologiens pålitelighet og holdbarhet vil være avgjørende. Det er ingenting i Sjøveisreglene som direkte motsier ubemannede fartøyer, men det er likevel tydelig at de er skrevet for bemannede. Ettersom Sjøveisreglene 2 og 5 gir rom for tolkning, vil man sannsynligvis i lang tid fremover være avhengig av menneskelig interaksjon for at ubemannede skip skal kunne følge disse.

## 10. Forslag til videre forskning

Er det sjøfolk eller data-teknikere som skal fjerne styre autonome skip?

Hva skjer med skipet når det oppstår feil med kontrollstasjonen?

Hvordan skal skylddelingen løses i forbindelse med ulykker?

Hvordan vil systemene til et fullt autonomt skip handle i en situasjon de ikke er programmert til å løse?

## 11. Bibliografi

- Amend, J. M. (2019). *WardsAuto*. Hentet fra Bosch Putting Brains Behind Autonomous Driving: <https://www.wardsauto.com/technology/bosch-putting-brains-behind-autonomous-driving>
- Arnsdorf, I. (2014). *Bloomberg*. Hentet fra Rolls-Royce Drone Ships Challenge \$375 Billion Industry: Freight: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2014-02-25/rolls-royce-drone-ships-challenge-375-billion-industry-freight>
- Broeders, B., Broer, D., Dijkhuizen, D., Bonder, F., & Prawoto, L. (2017). *Autonomous sailing*. Hentet fra Propulsion and maintenance: <http://www.maritimesymposium-rotterdam.nl/uploads/Route/Autonomous%20sailing%20PROPULSION%20AND%20MAINTENANCE.pdf>
- Bughin, J., Hazan, E., Ramaswamy, S., Chui, M., Allas, T., Peter, D., . . . Trench, M. (2017). *McKinsey*. Hentet fra Artificial Intelligence - The next digital frontier?: <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/industries/advanced%20electronics/our%20insights/how%20artificial%20intelligence%20can%20deliver%20real%20value%20to%20companies/mgi-artificial-intelligence-discussion-paper.ashx>
- Bureau Veritas. (2017). *Guidelines for Autonomous Shipping*. Hentet fra [https://www.bureauveritas.jp/news/pdf/641-NI\\_2017-12.pdf](https://www.bureauveritas.jp/news/pdf/641-NI_2017-12.pdf)
- CORE Advokatfirma. (2018, Desember). *Maritime autonomous surface ships - Zooming in on civil liability and insurance*. Hentet fra <https://cefor.no/globalassets/documents/industrypolicy/news/mass---zooming-in-on-civil-liability-and-insurance---10-december-2018.pdf>
- Cunningham, D. (2014). *Waterborne*. Hentet fra Waterborne TP SRA: The Autonomous Ship: <http://www.unmanned-ship.org/munin/wp-content/uploads/2014/09/MUNIN-WS@SMM-140909-2-Waterbourne-TP-OJR.pdf>
- Cuthbertson, A. (2016). *Newsweek*. Hentet fra Rolls Royce plans self-driving cargo ships: <https://phys.org/news/2017-09-unmanned-ships-cargo-industry-dearly.html>
- DNV GL. (2019). *E24*. Hentet fra Kunstig intelligens på full fart inn i næringslivet: – Katastrofale konsekvenser hvis man ikke forstår teknologien: <https://e24.no/betalt-innhold/bak-tallene/kunstig-intelligens-paa-full-fart-inn-i-naeringslivet-katastrofale-konsekvenser-hvis-man-ikke-forstaar-teknologien/24516503?fbclid=IwAR3Q-RkJBt2krZxzU-kv3LTRfuugxdw3tioER96I2vvocnGeR7bUKUedor4>
- Endsley, M. R. (2011). *Designing for Situation Awareness: An Approach to User-Centered Design, Second Edition*. CRC Press.
- Ertel, W. (2017). *Introduction to Artificial Intelligence - Second Edition*. Springer Nature.

- FinFerries. (2019). *FinFerries*. Hentet fra Ferries and schedules: <https://www.finferries.fi/en/ferry-traffic/ferries-and-schedules/parainen-nauvo.html>
- Flaaten, G. (2018). *Sysla Maritim*. Hentet fra <https://sysla.no/maritim/pa-denne-modellen-har-ntnu-professoren-testet-autonomi-15-ar/>
- Fritsche, P., Kueppers, S., Briese, G., & Wagner, B. (2016). *Radar and LiDAR Sensorfusion in Low Visibility Environments*. Hentet fra [http://130.243.105.49/Research/mro/smokebot/papers/ICINCO\\_2016\\_33.pdf](http://130.243.105.49/Research/mro/smokebot/papers/ICINCO_2016_33.pdf)
- Fujitsu. (2019). *Fujitsu*. Hentet fra Fujitsu Successfully Develops Technology to Miniaturize High-Sensitivity Infrared Cameras for Autonomous Ship Navigation: <https://www.fujitsu.com/global/about/resources/news/press-releases/2019/0301-02.html>
- Harkins, G. (2019). *Military*. Hentet fra A Navy Ship Sailed to Hawaii and Back With No One on Board: <https://www.military.com/defensetech/2019/02/15/navy-ship-sailed-hawaii-and-back-no-one-board.html>
- Howse, T. (2019). *Gard*. Hentet fra Maritime autonomous surface ships – identifying and covering the risks: <http://www.gard.no/web/updates/content/27188643/maritime-autonomous-surface-ships-identifying-and-covering-the-risks>
- Husqvarna Group. (2019). *Husqvarna Group*. Hentet fra <http://www.husqvarnagroup.com/en/automower-435x-awd>
- IMO. (2018). *International Maritime Organization*. Hentet fra IMO takes first steps to address autonomous ships: <http://www.imo.org/en/mediacentre/pressbriefings/pages/08-msc-99-mass-scoping.aspx>
- IMO Maritime Safety Committee. (2018). *The IMO Maritime Safety Committee (MSC)*. Hentet fra 100th session, 3-7 December 2018: <http://iainav.org/News/nws1246-imo-msc-100.pdf>
- Institute for Ethics and Emerging Technologies. (2019). Hentet fra The Rise of Artificial Intelligence: <https://ieet.org/index.php/IEET2/print/9781>
- Jacobsen, D. I. (2005). *Hvordan gjennomføre undersøkelser? Innføring i samfunnsvitenskapelig metode*. Høyskoleforlaget.
- Jokioinen, E., Poikonen, J., Hyvönen, M., Kolu, A., Jokela, T., Tissari, J., . . . Makkonen, H. (2016). *Remote and Autonomous Ships - The next steps*. Hentet fra <https://www.rolls-royce.com/~media/Files/R/Rolls-Royce/documents/customers/marine/ship-intel/aawa-whitepaper-210616.pdf>

- Kaminski, D. S. (2016). *Law360*. Hentet fra Who's To Blame When No One Is Manning The Ship?: <https://www.law360.com/articles/847478/who-s-to-blame-when-no-one-ismanning-the-ship>
- Kardasz, P., Doskocz, J., Hejduk, M., Wiejkut, P., & Zarzycki, H. (2016). *Journal of Civil & Environmental Engineering*. Hentet fra Drones and Possibilities of Their Using: [https://www.researchgate.net/publication/305273853\\_Drones\\_and\\_Possibilities\\_of\\_Their\\_Using](https://www.researchgate.net/publication/305273853_Drones_and_Possibilities_of_Their_Using)
- King, G. (2014). *Rule Of the Road – EXPLAINED*. Hentet fra <http://shipofficer.com/so/rule-of-the-road-explained/>
- Kongsberg. (2018). *Kongsberg*. Hentet fra Yara selects Norwegian Shipbuilder Vard for zero-emission vessel Yara Birkeland: <https://www.kongsberg.com/maritime/about-us/news-and-media/news-archive/2018/yara-selects-norwegian-shipbuilder-ward-for-zero-emission-vessel-yara-birkeland>
- Lim, K. (2018). *IMO*. Hentet fra <http://www.imo.org/en/MediaCentre/SecretaryGeneral/SpeechesByTheSecretaryGeneral/Pages/autonomousvesselsworkshop.aspx>
- Lloyd's Register. (2017). *ShipRight - Design and Construction*. Hentet fra Design Code for Unmanned Marine Systems: <https://www.cdinfo.lr.org/information/documents/ShipRight/Design%20and%20Construction/Additional%20Design%20Procedures/Design%20Code%20for%20Unmanned%20Marine%20Systems/Design%20Code%20for%20Unmanned%20Marine%20Systems,%20February%202017.pdf>
- Lloyd's Register. (2018). *Cyber Enabled Systems*. Hentet fra Introduction and Type Approval of Components within Cyber Enabled Systems: [https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2018/sc3wp3/07.\\_LR.pdf](https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2018/sc3wp3/07._LR.pdf)
- McCarthy, J., Minsky, M., Rochester, N., & Shannon, C. E. (1955). *A proposal for the Dartmouth Summer Research Project on artificial intelligence*. Hentet fra ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE: <http://www-formal.stanford.edu/jmc/history/dartmouth/dartmouth.html>
- Merenluoto, J. (2018). *COMPIT '18*. Hentet fra One Sea: Steps Towards Autonomous Maritime Operations: [http://data.hiper-conf.info/compit2018\\_pavone.pdf](http://data.hiper-conf.info/compit2018_pavone.pdf)
- MUNIN. (2013). *Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks*. Hentet fra 7.2: Legal and Liability Analysis for Remote Controlled Vessels: <http://www.unmanned-ship.org/munin/wp-content/uploads/2013/11/MUNIN-D7-2-Legal-and-Liability-Analysis-for-Remote-Controlled-Vessels-UCC-final.pdf>
- MUNIN. (2016a). *MUNIN*. Hentet fra The Autonomous Ship: <http://www.unmanned-ship.org/munin/about/the-autonomus-ship/>

- MUNIN. (2016b). *Research in maritime autonomous systems - Project results and technology potentials*. Hentet fra <http://www.unmanned-ship.org/munin/wp-content/uploads/2016/02/MUNIN-final-brochure.pdf>
- NFAS. (2017). *NFAS*. Hentet fra Definitions for Autonomous Merchant Ships: <http://nfas.autonomous-ship.org/resources/autonom-defs.pdf>
- Norris, A. (2008). *Integrated Bridge Systems Vol 1: Radar and AIS*. The Nautical Institute.
- Norris, A. (2013). *The unmanned vessel*. Hentet fra [http://www.gallois.be/ggmagazine\\_2013/gg\\_04\\_07\\_2013\\_184.pdf](http://www.gallois.be/ggmagazine_2013/gg_04_07_2013_184.pdf)
- North P&I Club. (u.å.). *COLREGS - Rule 2: Responsibility*. Hentet fra <http://www.nepia.com/media/73226/Colregs-Rule-02-Responsibility.PDF>
- NTSB. (2018). *NTSB*. Hentet fra <https://www.nts.gov/investigations/AccidentReports/Reports/HWY18MH010-prelim.pdf>
- Ottesen, A. E. (2014). *NTNU*. Hentet fra Situation Awareness in Remote Operation of Autonomous Ships: <https://www.ntnu.no/documents/10401/1264435841/Artikkel+Are+E+Ottesen.pdf/abb533ae-e73a-489e-80ec-f0e198e72c0a>
- Ramirez, V. B. (2017). *Singularity Hub*. Hentet fra The World's First Autonomous Ship Will Set Sail In 2018: <https://singularityhub.com/2017/07/30/the-worlds-first-autonomous-ship-will-set-sail-in-2018/#sm.0001rgiz831cf5dw8rei9x8fhpop4>
- Rødseth, Ø. (2018). *Assessing Business Cases for Autonomous and Unmanned Ships rødseth*. IOS Press.
- Rolls-Royce. (2016a). *Rolls-Royce*. Hentet fra AAWA project introduces the project's first commercial ship operators: <https://www.rolls-royce.com/media/press-releases/2016/pr-12-04-2016-aawa-project-introduces-projects-first-commercial-operators.aspx>
- Rolls-Royce. (2016b, Mars). *Rolls-Royce*. Hentet fra Rolls-Royce reveals future shore control centre: <https://www.rolls-royce.com/media/press-releases/2016/pr-2016-03-22-rr-reveals-future-shore-control-centre.aspx>
- Rolls-Royce. (2018a). *Rolls-Royce*. Hentet fra Rolls-Royce and Finferries demonstrate world's first Fully Autonomous Ferry: <https://www.rolls-royce.com/media/press-releases/2018/03-12-2018-rr-and-finferries-demonstrate-worlds-first-fully-autonomous-ferry.aspx>



- Rolls-Royce. (2018b). *Rolls-Royce*. Hentet fra Rolls-Royce and Intel announce autonomous ship collaboration: <https://www.rolls-royce.com/media/press-releases/2018/15-10-2018-rr-and-intel-announce-autonomous-ship-collaboration.aspx>
- Rothblum, A. M. (2000). *Human Error and Marine Safety*. Hentet fra [http://bowles-langley.com/wp-content/files\\_mf/humanerrorandmarinesafety26.pdf](http://bowles-langley.com/wp-content/files_mf/humanerrorandmarinesafety26.pdf)
- Schuler, M. (2018). *gCaptain*. Hentet fra Rolls-Royce and Intel to Develop AI-Powered Autonomous Shipping Systems: <https://gcaptain.com/rolls-royce-and-intel-to-develop-ai-powered-autonomous-shipping-systems/>
- Sjøveisreglene. (1975). *Forskrift om forebygging av sammenstøt på sjøen (Sjøveisreglene) (FOR-1975-12-01-5)*. Hentet fra <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/1975-12-01-5>
- Smith, C., McGuire, B., Huang, T., & Yang, G. (2006). *The History of Artificial Intelligence*. Hentet fra <https://courses.cs.washington.edu/courses/csep590/06au/projects/history-ai.pdf>
- Snyder, J. (2015). *MarineLog*. Hentet fra <https://www.marinelog.com/news/china-developing-unmanned-ships/>
- Steen, H., & Slettevold, S. (2019). *Sysla*. Hentet fra «Er autonome skip uten ansvar?»: [https://sysla.no/meninger/onsdag-er-autonome-skip-uten-ansvar/?fbclid=IwAR0R2zSDMvmcwAhVVL-p\\_h9ixgUUNRcArQ-14CTyUY9srZmTacSuaFVh0tU](https://sysla.no/meninger/onsdag-er-autonome-skip-uten-ansvar/?fbclid=IwAR0R2zSDMvmcwAhVVL-p_h9ixgUUNRcArQ-14CTyUY9srZmTacSuaFVh0tU)
- Stensvold, T. (2018). *TU*. Hentet fra Yara Birkeland skal bygges i Norge: <https://www.tu.no/artikler/yara-birkeland-skal-bygges-i-norge/442400>
- Tegmark, M. (2016). *Future of life institute*. Hentet fra Benefits & risks of artificial intelligence: <https://futureoflife.org/background/benefits-risks-of-artificial-intelligence/>
- The Nautical Institute. (2016). *Nautinst*. Hentet fra Situational Awareness: Have you got what it takes?: <https://www.nautinst.org/en/Publications/the-navigator/press/press.cfm/sitawareness>
- Trevithick, J. . (2019). *Navy's Sea Hunter Drone Ship Has Sailed Autonomously To Hawaii And Back Amid Talk Of New Roles*. Hentet fra <https://www.thedrive.com/the-war-zone/26319/usns-sea-hunter-drone-ship-has-sailed-autonomously-to-hawaii-and-back-amid-talk-of-new-roles>
- Trevithick, J. (2018). *Navy's Sea Hunter Drone Ship Is Getting A New Owner, New Abilities, and a Sister*. Hentet fra <https://www.thedrive.com/the-war-zone/18264/navys-sea-hunter-drone-ship-is-getting-a-new-owner-new-abilities-and-a-sister>

Tricentis. (2018). *Tricentis*. Hentet fra Tricentis Software Fail Watch Finds 3.6 Billion People Affected and \$1.7 Trillion Revenue Lost by Software Failures Last Year: <https://www.tricentis.com/news/tricentis-software-fail-watch-finds-3-6-billion-people-affected-and-1-7-trillion-revenue-lost-by-software-failures-last-year/>

Van Dokkum, K. (2012). *The Colregs Guide*. Dokmar Maritime Publishers.

Varas, J. M., Hirdaris, S., Smith, R., Scialla, P., Caharija, W., Bhuiyan, Z., . . . Rajabally, E. (2017). *MAXCMAS Project - Autonomous COLREGs Compliant Ship Navigation*. Hentet fra [https://www.researchgate.net/publication/316989325\\_MAXCMAS\\_Project\\_-\\_Autonomous\\_COLREGS\\_Compliant\\_Ship\\_Navigation](https://www.researchgate.net/publication/316989325_MAXCMAS_Project_-_Autonomous_COLREGS_Compliant_Ship_Navigation)

Velodyne LiDAR. (2009). *Velodynelidar*. Hentet fra Maritime Applications of Lidar sensors for obstacle avoidance and navigation: [https://velodynelidar.com/docs/papers/HDL%20white%20pages\\_Maritime\\_lowres.pdf](https://velodynelidar.com/docs/papers/HDL%20white%20pages_Maritime_lowres.pdf)

Wikipedia. (2018). *Wikipedia*. Hentet fra Sensor: <https://no.wikipedia.org/wiki/Sensor>

Wikipedia. (2019). *Wikipedia*. Hentet fra List of self-driving car fatalities: [https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_self-driving\\_car\\_fatalities#cite\\_note-11](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_self-driving_car_fatalities#cite_note-11)

Winick, E. (2018). *MIT Technology Review*. Hentet fra The secret to stopping the robot apocalypse? Popcorn butter.: <https://www.technologyreview.com/s/611295/humans-are-still-crucial-to-amazons-fulfillment-process/>

## 12. Figurliste

<b>Figur 1:</b> IMOs beskrivelse for grader av autonomi (CORE Advokatfirma, 2018).	9
<b>Figur 2:</b> Lloyd's Registers beskrivelse for grader av autonomi (Lloyd's Register, 2018).	10
<b>Figur 3:</b> Sheridan-skalaen (Jokioinen, et al., 2016).	10
<b>Figur 4:</b> MUNINs modell for operasjonsmoduser (MUNIN, 2016a).	11
<b>Figur 5:</b> Rolls-Royces illustrasjon av et autonomt skip (Cuthbertson, 2016).	12
<b>Figur 6:</b> Illustrasjon og bilde fra Uber-ulykken (NTSB, 2018).	18
<b>Figur 7:</b> Forskjellige scenarioer sett fra en operatørs perspektiv (Jokioinen, et al., 2016).	21
<b>Figur 8:</b> Deteksjon av objekter ved hjelp av IR-kamera (Fujitsu, 2019).	23
<b>Figur 9:</b> Velodyne LiDAR-modell med eksempel på bilde (Velodyne LiDAR, 2009).	23
<b>Figur 10:</b> Styrker og svakheter med ulike typer sensorer (Jokioinen, et al., 2016).	24
<b>Figur 11:</b> Modell av ansvarsfordeling (Jokioinen, et al., 2016).	31