

---

# Fremtidens autonome ubemannede kapasiteter i Sjøforsvaret

Odd Sveinung Hareide, Sjøkrigsskolen/Navkomp

Tore Relling, IMPROVE/NTNU

Andre Pettersen, Forsvarets Forskningsinstitutt

Alexander Sauter, Sjøkrigsskolen

Frode Voll Mjelde, Sjøkrigsskolen/Navkomp

Runar Ostnes, NTNU

kontakt: [oddsveinung.hareide@sksk.mil.no](mailto:oddsveinung.hareide@sksk.mil.no)

**Resyme.** Sjøforsvaret har en lang historie med å utnytte ny teknologi for å øke den operative evne. Denne artikkelen tar sikte på å gi leseren økt forståelse av hva autonomi er, og hvordan dette kan nyttiggjøres i Sjøforsvaret.

Sjøforsvarets intensjon med autonomi bør i hovedsak baseres på å redusere risiko for tap av menneskeliv, samt effektivisering av operasjoner der mennesket er en restriksjon. Begrepet autonomi blir gjort rede for, med fokus på de ulike gradene av automatisering samt utviklingen innen maritim autonomi. Videre gjøres det kort rede for hvilke sensorer vi har tilgjengelig i dag, hvordan disse kan bidra til trygg autonomi, og hvorfor robust navigasjon er essensielt for å oppnå dette. Avslutningsvis vil det argumenteres for hvordan autonome systemer, i samspill med mennesket, kan anvendes for å dekke Sjøforsvarets fremtidige operative behov.

## 1 Innledning

Om ti år vil Sjøforsvarets bemannede mineryddingsfartøyer være klare for utskiftning. Disse skal ikke erstattes med nye bemannede løsninger, men av ubemannede og aller helst autonome systemer (1). Mennesker skal ut av de farlige minefeltene og observere på trygg avstand, mens maskinene/roboten gjør den farlige jobben med å rydde minene. Utviklingen av avanserte ubemannede systemer i Sjøforsvaret startet allerede for flere tiår siden, hvor Hugin, Sjøforsvarets autonome undervannsfartøy, er et resultat av et langvarig samarbeid mellom industri, forskningsmiljøer og Forsvaret. Hugin er i dag en del av Sjøforsvarets operative undervannsløse og demonstrerer på en meget god måte hvorledes slike farkoster nyttes til klarering av minefarlige områder. I

samarbeid med Forsvarets Forskningsinstitutt (FFI) utvikler Sjøforsvaret nå autonome overflatefartøy som skal samspille med undervannsfartøyer for å gjennomføre mineryddingen med mindre bemanning. En slik løsning vil trolig også være billigere for Sjøforsvaret da spesialbygde bemannede fartøyer som kan ferdes i minefelt er veldig kostbare.

Dette betyr ikke at Sjøforsvaret skal kvitte seg med alle menneskene, men at man går mot et nytt konsept hvor mennesker og høyteknologiske enheter fungerer sammen i menneske-maskin team for å løse komplekse og farlige oppdrag. Innføring av autonome systemer har som mål, men kan ikke garantere, et lavere bemanningsbehov. Operativ tilgjengelighet i Forsvarets operasjoner krever en robust organisasjon med kvalifisert personell for operasjon, vedlikehold og logistikk som fungerer 24/7 over lengre tidsrom (2).

For Sjøforsvarets del er målet å redusere menneskelig tilstedeværelse på kapasiteten av to årsaker;

1. å redusere risiko for mennesket
2. at mennesket ikke skal være en restriksjon på operasjonen (utmattelse, sløvhhet, behov for mat/drikke etc).

De to overnevnte punkt er bakgrunnen for utarbeidelse og innholdet i denne artikkelen, og må leses i denne konteksten.

Ubemannede systemer er ikke ny teknologi. Helt siden første verdenskrig har ubemannede systemer blitt brukt i militære sammenhenger, men da som fjernstyrte fartøyer. Den raske utviklingen innen informasjons- og kommunikasjonsteknologi (IKT) har gjort det mulig å redusere bruken av kontinuerlig styring fra operatører. Alt digitaliseres, regnekraften i datamaskinene øker, og sensorene blir mindre, bedre og billigere. Sammen med de nye utviklingene innen kunstig intelligens muliggjør dette autonome ubemannede systemer.

På mange områder har militære behov, forskning og utvikling vært drivende for teknologisk utvikling, for eksempel utvikling av radar under andre verdenskrig. Slik er det ikke lenger innen IKT og autonome systemer (3). Den teknologiske utviklingen har de siste tiårene akselerert, og en ser i dag stadig mer avanserte systemer bli satt i drift. Teknologien er i hovedsak drevet frem av sivile kommersielle krefter. Militæret i USA, Russland og Kina investerer enorme summer i teknologi, men må likevel dra veksler på den sivile teknologien for å

henge med. En positiv konsekvens av dette er at avansert teknologi har blitt rimeligere og lettere tilgjengelig for alle, også kjent som Commercial Off The Shelf (COTS) produkter (4).

## 2 Automatisering og autonomi

Autonomi kommer fra det greske ordet «autos» (selv, egen) og «nomos» (lov, regel eller styre), og betyr delvis eller fullstendig selvstendighet, selvstyre eller selvbestemmelse (5). Det finnes ikke en felles definisjon for hva autonome systemer er, og det blandes ofte mellom automatiske, fjernstyrte og autonome systemer. I et fjernstyrt ubemannet system er operatøren fysisk skilt fra systemet, men utfører fremdeles styringen og tar alle beslutningene. Hvis systemet er automatisert vil det kunne operere på egenhånd i hele eller deler av oppdraget (6), men fortsatt ha operatører ombord for å gjøre deler av oppdraget. Handlingene systemet skal utføre i ulike situasjoner er da forhåndsprogrammert. Et autonomt system er adaptivt og kan tilpasse seg situasjonen (7). Det skal kunne håndtere uforutsette hendelser, og er fristilt fra mennesket i utførelsen av operasjonen. Systemet må til en viss grad forstå situasjonen og utføre en handling som er tilpasset situasjonen og oppdraget. Handlingsmønsteret er gjerne basert på maskinlæring med trening hvor maskinen har bygget et erfaringsgrunnlag (8).

Sheridan og Verplank (9) beskriver følgende ti grader av automatisering:

Nivå	Forklaring
1	ingen assistanse, mennesket tar alle beslutninger og systemet bare utfører
2	datamaskinen tilbyr en komplett oversikt over beslutningsalternativene
3	datamaskinen foreslår beslutningsalternativer
4	datamaskinen foreslår ett beslutningsalternativ, mennesket bestemmer om det skal utføres
5	datamaskinen utfører foreslått alternativ hvis godkjent av menneske
6	datamaskinen tillater mennesket veto i en begrenset tid før utførelse

7	datamaskinen utfører automatisk og informerer mennesket
8	datamaskinen utfører automatisk, informerer mennesket bare ved fore spørrel
9	datamaskinen utfører automatisk, informerer mennesket bare hvis pre programmert
10	datamaskinen bestemmer alt, uten menneskelig innblanding.

**Tabell 1.** Sheridan og Verplanks nivå av automasjon (9).

Med autonomi menes vanligvis en selvstendighet i beslutningssystemet og starter dermed på nivå 6, med full-autonomt drift ved nivå 10. I denne artikkelen benyttes begrepet autonomi i løsninger med høy grad av automatisering som gjør at en kan redusere eller fjerne bemanning på fartøyene.

## 2.1 Maritim autonomi

Norges regjering har en uttalt ambisjon om å være ledende innenfor teknologi i havrommet. Maritim21 strategien beskriver at «Autonomi, automatisering og fjernstyring gir stort potensial for å reduserte kostnader og sikrere operasjoner, og vil kunne gjøre sjøtransporten konkurransedyktig i helt nye segmenter. Nye teknologier og markeder gir også store muligheter og behov for å etablere nye forretningsmodeller» (10).

Det er i dag flere initiativ i Norge som konkretiserer dette, og flere aktører er samlet gjennom Norsk Forum for Autonome Fartøy (NFAS), som er en interessegruppe for personer og organisasjoner som er interessert i temaet autonome fartøy (11). Verdens første testområde for autonome fartøy er opprettet i Trondheimsfjorden, kjent som «Autonomiområde Trondheimsfjorden» (12). Andre initiativ er samarbeidet mellom Yara og Kongsberg for å realisere fartøyet «Yara Birkeland», som skal operere mellom Brevik og Larvik og erstatte 40 000 lastebilturer i året (13). I dette konkrete prosjektet ser en for seg en tre-steps modell der fartøyet først er bemannet ett år (2018), videre fjernstyrt i ett år (2019), for til slutt å operere autonomt i løpet av 2020 (14).



**Fig. 1.** Autonomiprojektet «Yara Birkeland» (kilde: <https://www.tu.no/artikler/verdens-forste-autonome-fartoy-i-drift-skal-erstatte-40-000-vogntogturer-i-aret/382717>)

NFAS har presentert et forslag til grader av maritim autonomi, vist i tabell 2 under.

Nivå	Operatørens rolle	Automatisering	Kompleksitet
0	Besetning på broen	Ingen: Direkte kontroll av menneske	Få statiske objekter
1	Tidvis ubemannet bro overvåket av kontrollstasjon på land som kan påkalle besetning	Veiledning til operatør, ingen automatisk kontroll	Mange statiske objekter
2	Ubemannet fartøy, kontinuerlig overvåket fra kontrollstasjon på land	Menneskelig tilsyn, automatisk og deterministisk kontroll ved bruk av enkle grenseverdier	Mer dynamisk miljø, ingen begrensninger på fartøyets manøvrerbarhet
3	Periodisk ubemannet bro	Automatisk og deterministisk	Forholdsvis dynamisk miljø,

	uten overvåkning fra kontrollstasjon. Systemet kan mønstre bemanningen på fartøyet ved behov.	system med lengre og mer komplekst beslutningssystem	noen begrensninger på fartøyets manøvrerbarhet.
4	Ubemannet med tilsyn fra kontrollstasjon, kontrollstasjon gir ordre ved behov	Begrenset autonomi – flere men begrensede valgmuligheter for fartøyets beslutningssystem	Dynamisk miljø, noen begrensninger på fartøyets manøvrerbarhet
5	Ubemannet, ingen overvåkning fra kontrollstasjon på land	Fullt autonomt – ingen begrensninger på beslutningssystem	Dynamisk miljø, begrensninger på fartøyets manøvrerbarhet.

**Tabell 2.** Grader av autonomi i det maritime domenet, norsk oversettelse (15).

I tabell 2 vises sammenhengen mellom de fem ulike nivåene av maritim automatisering sammenstilt med operatør, automasjonsgrad og kompleksitet i operasjonen. Dette gir et bedre bilde på autonomi i det maritime domenet fra et mer økonomisk/industriell perspektiv.

Automatiseringen har startet for lenge siden, men det er først nå at teknologien begynner å bli moden for at fartøyene kan ha en mer helhetlig selvstendig kontroll. Norge kan bruke nasjonale regler innenfor 12 mils sonen, som for eksempel Yara Birkeland benytter seg av. Internasjonalt vil det fortsatt ta lang tid før en har en løsning på flere problemstillinger relatert til autonome fartøy, dette blant annet på grunn av tunge beslutningsprosesser i International Maritime Organization (IMO). Vi kommer til å se en gradvis innføring av mer og mer automatisering og mulighet for fjernstyring, før en overgang til fullt autonome systemer vil skje. Teknologien for autonomi er i vesentlig grad tilstede, men det er nødvendig å ta et helhetlig systemperspektiv for å utvikle et

robust konsept. Det betyr at en må se på teknologi i samspill med menneskelige og organisatoriske faktorer (16).

### 3 Sjøforsvarets behov for autonomi

For å vurdere ubemannede overflatefartøy (Unmanned Surface Vehicle - USV) med mulighet for høyere grad av autonomi, må en se på sensor-, styre- og beslutningssystem samt kommunikasjonsbærere som muliggjørende teknologi (Figur 2).

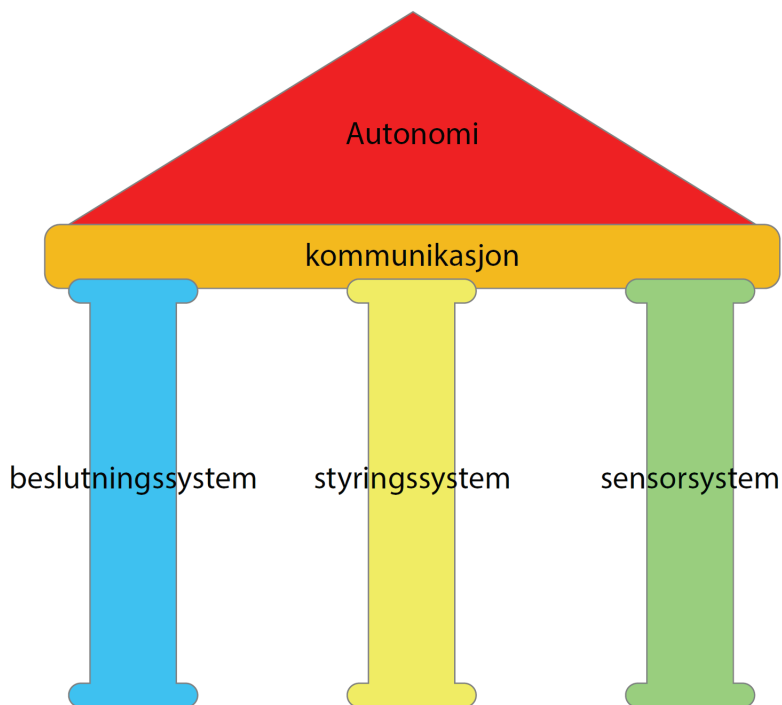


Fig. 2. Bærebjelker for realisering av autonomi

#### 3.1 Robust navigasjon

Robust navigasjon er evnen til å kunne navigere trygt og sikkert til enhver tid under alle forhold. I et autonomt system generelt, og for militær bruk spesielt, er det viktig med et system som er designet med både høy grad av redundans og robusthet i styrings-, kommunikasjon- og sensorsystem. Redundans kan eksemplifiseres med samtidig bruk av GPS og Galileo GNSS. Om én skulle

bortfalle eller være feilaktig så kan den andre brukes eller feilen oppdages. Robusthet i sensorinformasjonen betyr at en benytter komplimenterende teknologier som kan belyse situasjonsbildet fra flere sider. Et eksempel er bruk av terrengnavigasjon der en sammenligner data med GNSS, for å sikre fartøyets posisjon, men også for eksempel for å oppdage (uventede) endringer i terrenget. Med bemannede fartøy er mennesket en viktig del av denne robustheten i navigasjonen, mens på autonome fartøy må robusthet designes inn i systemet.

Med å benytte seg av sensorene som er tilgjengelige, kan en få informasjon om fartøyets absolutte eller relative posisjon, samt informasjon om fartøyets bevegelser (fart og retning). En kan utnytte radar (relativ posisjonering – korrelasjon mot kart) for mer robust navigasjon. Videre kan terrengnavigasjon, ved for eksempel bruk av undervannstopografien, utnyttes for å øke robustheten til systemet (17).

Måten som de fleste aktører tenker å gjennomføre posisjonering, samt utføre måloppdagelse og unngå kollisjon på, er å benytte en rekke forskjellige, gjerne (delvis) redundante sensorer (for eksempel bruk av både S-band, X-band og CW Radar), for å skape et tilstrekkelig godt situasjonsbilde til å ta målrettede beslutninger. Den romlige overlappen i sensormålingene er eksemplifisert i Figur 3.



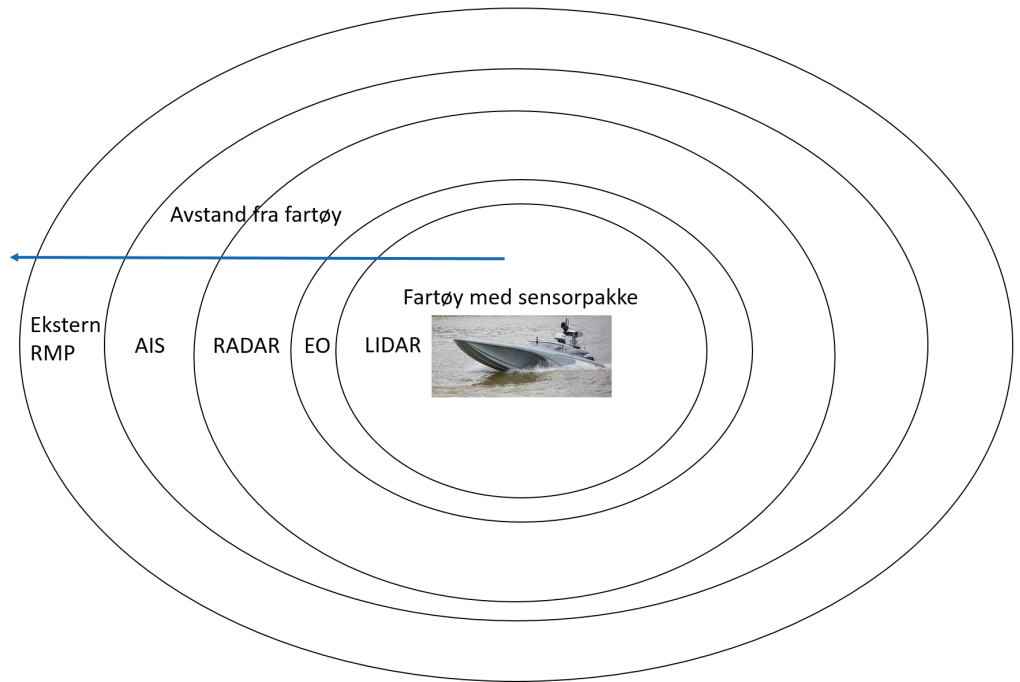


Fig. 3. Måloppdagelse med ulike sensorer i autonomi, figuren er ikke uttømmende.

### 3.1.1 Kommunikasjon

Kommunikasjon mellom fartøy og land (kommando og kontroll) kan være utfordrende, og det er prøvd ut ulike løsninger for å håndtere dette med hensyn på utveksling av data og størrelsene på datapakkene. Løsningen kan være å bruke en sømløs overgang mellom alle de ulike kommunikasjonsbærerne for å tilfredsstille båndbredde samt holde kostnader nede. Det er også utfordringer i forhold til størrelse på datapakkene som det er behov for å sende, på tross av nye komprimeringsteknikker. Med flere sensorer vil det også følge økende mengde data. Sammen med en kommunikasjonsbærer kommer også muligheter og begrensninger innenfor maritim datasikkerhet (18, 19), som er et økt fokusområde både sivilt og militært, spesielt med hensyn på den siste tids hendelser med skadevare og ransomware (for eksempel WannaCry og Stuxnet) (20). Maritim Bredbåndsradio (MBR) er installert på flere av Sjøforsvarets fartøy, og er også utprøvd i operativ tjeneste med gode resultater. Dette er et eksempel på en løsning som kan være med på å bidra til større båndbredde, mer robusthet og sikrere dataoverføring (21). I et fullt autonomt system vil det kunne

gjennomføres et oppdrag over en lengre periode uten noen form for kommunikasjon, et eksempel på dette er Hugin AUV (22). Hugin blir pre-programmert før deployering, og kan gjennomføre mine-mottiltak (MCM), vurderinger av miljøet (Rapid Environmental Assessment – REA) og etterretningsinnsamling, overvåkning og rekognoseringsoppdrag (ISR). Dette uten behov for kommunikasjon mens oppdraget pågår. En kan derfor argumentere med at behovet for robust kommunikasjon mellom fartøyet og kommandoinstansen blir mindre ved innføring av fullt autonome fartøy, som ikke har samme kommunikasjonsbehov som fjernstyrte og semi-autonome fartøy.

I en militær kontekst så er robusthet en av faktorene for suksess, dette er ytterligere fremhevet av at navigasjonskrigføring er introdusert som en krigføringgren i NATO. I krise, konflikt eller krig vet vi at det vil være begrenset mulighet for å benytte seg av systemer som kan påvirkes utenifra. Dette har senest blitt bekreftet ved signalforstyrrelser/jamming av GNSS i Øst-Finnmark og Svartehavet (23, 24). Robust navigasjon blir derfor sett på som en suksessfaktor for å benytte seg av autonomi, spesielt i en militær kontekst.

### **3.1.2 Styresystem**

Styresystemet er bindeleddet mellom sensor-input på den ene siden, og aksjonene som utføres på den andre siden. Tradisjonelt vil store deler av hva som skal skje bli bestemt av mennesket, men f.eks. automatiske sikkerhetsprotokoller kan være implementert allerede på et lavt nivå av automatisering. Sikkerhetsprotokoller overstyrer når mennesket gjør «gale» avgjørelser, men kan også overta når styresignalene uteblir, for eksempel ved å kjøre motorene kontrollert ned. «Styresystemet» kan i navigasjonssammenheng tolkes som utelukkende navigasjonsstyrende. I dette tilfelle vil da f.eks. retning og fart/pådrag være de direkte utgangene som styres. I videre og mer overordnet forstand kan derimot «styresystemet» tolkes som alt som har med styring om bord å gjøre, all informasjon fra hver sensor og motor og opp til kontrollskjermen vil da være dekket. Sentralt i dette signal-nettverket er vanligvis Programmerbare Logiske Styringer (PLSer), som normalt fungerer i en hierarkisk oppbygning og styrer delsystemene etter fast definerte regler. Kombinasjonen av inngangssignalene, både fra sensorer og via brukergrensesnitt, sammen med noe form for minne av hva som har skjedd tidligere, vil da entydig bestemme utgangssignalene. I sin enkleste form kan det

bety at lyset går på om bryteren slås på, men av igjen etter en definert tid. Ved overgang til autonomi vil da den delen av inngangsinformasjonen som består av signaler fra kontrollrommet/mennesket overtas av et annet beslutningssystem. PLSer forblir ofte som bindeleddet mellom beslutnings-, styrings og sensorsystemene. Om hvor vidt delsystemene i et fullt autonomt fartøy fremdeles vil ha egne uavhengige styringsoppgaver, muligens med faste sikkerhetsprotokoller som kan overstyre systemet på samme måte som for manuell styring, er uvisst. Maskinlæring og kunstig intelligens (AI) kan ha nytte av å få rådataene fra alle delsystemene. Sannsynligvis vil det, i hvert fall i startfasen, være mest naturlig å implementere delsystemer som stort sett fungerer uavhengige, som da integreres hierarkisk i nye AI-nivå. Uansett, så forventes det at styresystemet vil vokse nærmere sammen med beslutningssystemet i autonome fartøy. Enn så lenge er intelligente systemer som er i stand til å utføre komplekse styringsavgjørelser separert fra den klassiske styringen som underligger på klassisk PLS-nivå.

### **3.2 Autonomt beslutningssystem<sup>1</sup>**

I et helautonomt system hvor operatøren er erstattet av datamaskiner, er det viktig å presisere at autonomibegrepet er relativt. Dette fordi den autonome kapasiteten vil være en del av et overordnet system, med en overordnet målsetning, og det er dette overordnede systemets målsetning som avgjør om det autonome systemet får tildelt et oppdrag og hvordan oppdraget er formulert. Derfor er det autonome systemet kun autonomt innen de gitte rammene for oppdraget, men fremdeles underlagt et overordnet system som kan ha en annen grad av automatisering. Når et oppdrag er gitt må fartøyet selv tolke og planlegge hvordan oppdraget best kan løses, og gjennomføre det selvstendig. Hvis noe skulle skje underveis som påvirker gjennomføringen eller graden av måloppnåelse, må fartøyet re-planlegge eller avbryte oppdraget.

Et autonomt system består av noen standard funksjonaliteter. Disse er mer eller mindre avanserte avhengig av kompleksiteten i oppdragene og miljøet fartøyet skal operere i, samt hvilken tilpasningsevne som er nødvendig. Kjernen i autonomien er et beslutningssystem som kan ta avgjørelser og prioritere, basert

---

<sup>1</sup> Denne delen er utarbeidet basert på erfaringer fra FFIs arbeid innenfor maritime autonomi til og med ut 2017.

på informasjon og et rasjonale som ligger i programvaren. Systemet må både kunne planlegge frem i tid for å løse oppdraget, samt kunne reagere på oppdukkende hendelser og informasjon underveis. Tilsvarende som for en operatør trenger også maskinen informasjon for å kunne planlegge og reagere. Noe av informasjonen er forkunnskap; hvilke sensorer, funksjoner og ytelse har fartøyet, samt hvilke kartgrunnlag som er tilgjengelig for området, er eksempler på dette. Annen informasjon må samles inn underveis ved hjelp av sensorer. Denne informasjonen kan sammenliknes med bruk av sansene til en operatør for å observere omgivelsene og for å forstå fartøyets tilstand.

Det er helt avgjørende for et autonomt system å samle inn informasjon om omgivelsene. Det er denne informasjonen som gjør fartøyet i stand til å tilpasse seg omgivelsene og løse oppdragene, og dette kaller vi for sceneanalyse og er vist i Figur 4.

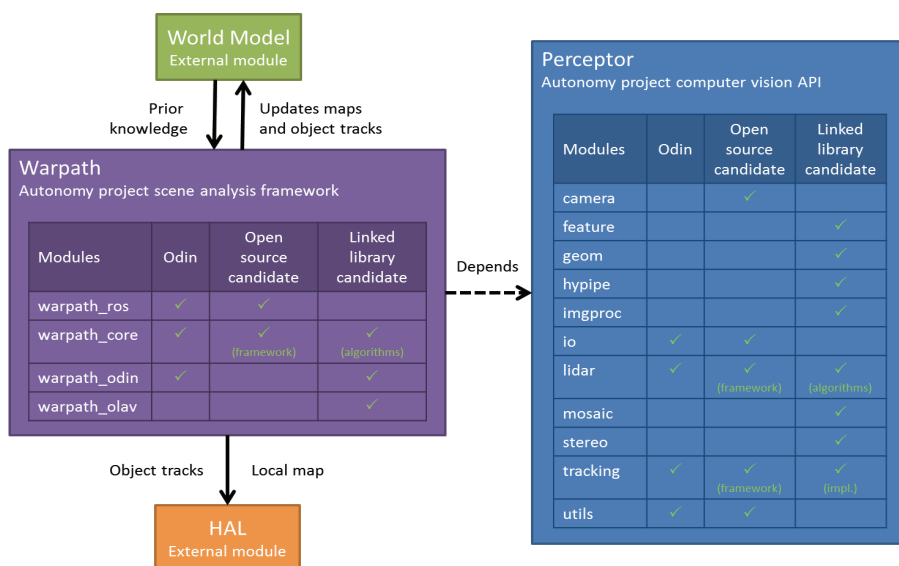


Fig. 4. Sceneanalyse (kilde: FFI)

Fartøyet må ha et sett av sensorer som gir robust og utfyllende informasjon om omgivelsene. Hvilke sensorer som er nødvendig er avhengig av miljøet og oppdraget. Målet er at fartøyet skal kunne bedømme fremkommelighet, forstå vesentligheter i omgivelsene, identifisere objekter, posisjonere seg selv, navigere og ikke minst samle informasjon nødvendig for å løse oppdraget. Forskjellige

typer radarer med ulike frekvenser, laserskannere, kameraer, sonarer, mikrofoner, ultralyd og Electronic Support Measures (ESM) er eksempler på sensorer som kan brukes. Generelt vil mange ulike sensorer gi et bedre og mer robust bilde av omgivelsene. Sensordata bør også fusjoneres på tvers av ulike (komplementerende) sensorer, og de bør samspille i undersøkelsen av omgivelsene for å trekke ut mest mulig informasjon. Fartøyet setter sammen den innsamlede informasjonen i en modell av den nåværende omkringliggende verden. En slik modell blir en kombinasjon av forinformasjon (eksempelvis kart), informasjon sendt til fartøyet og egne observasjoner prosessert om bord (Hybrid Autonomy Layer – HAL) (25).

En viktig del av sceneanalysen er å finne, spore (tracke) og gjenkjenne objekter. Fartøyet må kunne klassifisere hva de ser, og ofte også identifisere. I en militær sammenheng kan det bety å klassifisere og identifisere motstanderens militærfartøy. Det er tatt store steg innen kunstig intelligens og bildegjenkjenning, og maskiner er i dag på høyde med mennesker når det gjelder gjenkjenning. Spesielt har utviklingen innen dyp læring, der dataalgoritmene etterlikner nevronene i hjernen, gitt gode resultater. Gjenkjenningialgoritmene kan også brukes til GNSS-uavhengig posisjonering og navigasjon. Hvis fartøyet eksempelvis gjenkjenner et sjømerke og posisjonen til merket er kjent, vet også fartøyet sin posisjon. Dette er teknikker som allerede demonstreres på fartøy i dag. Maskinene kan også finne og velge kjennemerker automatisk, og lage egne lokale kart og utføre relativ posisjonering. Dermed kan et autonomt fartøy lære og utvikle seg til å bli bedre over tid.

Sivile og militære teknologier for autonomi er stort sett like i fremgangsmåten for sceneanalyse, men militære fartøy vil ha større utfordringer på grunn av kravene til robusthet. Fartøyet må i mange sammenhenger operere skjult og en motstander vil prøve å hindre kommunikasjon og posisjonering av fartøyet i varierende grad. En konsekvens er at det er økt behov for at systemene må kunne operere autonomt i perioder uten kontakt med en operatør, samt uten bruk av sårbare delsystemer (for eksempel kommunikasjonsbærer). Det er også perioder der aktiv utsendelse av signaler vil avsløre posisjonen til fartøyet, regulert av Emission Control (EMCON). I et oppdrag med streng EMCON vil sceneanalyse med utelukkende passive sensorer være nødvendig. Systemene må også være uavhengig av GNSS på grunn av trusselen fra navigasjonskrigføring. I henhold til dagens trusselbilde vet en at GNSS ikke vil være tilgjengelig i en krise,

krig eller konflikt, og fartøyet må derfor bruke andre sensorer for å posisjonere seg og navigere trygt og effektivt (19).

Sceneanalyse gir informasjon om den ytre verden, men fartøyet må også samle informasjon om egen tilstand og ytelse. Oppstår feil i systemene må konsekvensen og eventuelle tiltak vurderes. Kan oppdraget likevel løses helt eller delvis, eller må fartøyet avbryte og returnere, eventuelt starte en nødprosedyre? I dette ligger det at fartøyet må kjenne sin egen ytelse og hvordan feil eller endringer vil påvirke fartøyets evne og mulighet til å gjennomføre oppdrag i den pågående operasjon. Det trenger heller ikke å være kritiske tekniske feil som oppstår, men for eksempel kan noen av sensorene få redusert ytelse. Dette kan skyldes miljøforhold som regn eller tåke. Tilsvarende som med en operatør om bord må da fartøyet justere sensorparametere, og eventuelt endre hvilke sensorer som legges vekt på i sceneanalysen.

Beslutningene som tas må basere seg på tilgjengelig informasjon og et rasjonale. Mange beslutninger, som å unngå statiske og dynamiske hindringer, krever utregninger, men vanligvis ikke kunstig intelligens - AI. Planlegging av ruter som holder fartøyet skjult, finner raskeste vei, utnytter værforhold eller alle kriteriene samtidig handler om optimalisering av komplekse problemstillinger. Ved beslutninger om feilhåndtering med påfølgende vurdering og justering av ytelse, må maskinen sette informasjonen inn i en større helhet, og vurdere konsekvenser og måloppnåelse samt vurdere kvalitet i sensordata. Når alt skal settes i sammenheng til et velfungerende system som skal løse et oppdrag blir dette komplisert. Spesielt hvis oppdraget, miljøet og en motstanders mottiltak øker kompleksiteten. Det vil stilles store krav til fartøyets evne til autonomi, og blant annet maskinlæring kan bidra til å løse dette.

Maskinlæring er et felt i sterk utvikling. I en slik læringsprosess opparbeider maskinene erfaring gjennom eksperimentering. Maskiner kan da trenes til å løse komplekse oppgaver, så lenge systemet kan trenes i det. Med enkel automatisering vet vi stort sett hendelsene som kan oppstå, og vi kan fortelle maskinen hvordan hendelsene/utfordringene skal løses. Blir situasjonen vanskelig å forutsi må maskinene utforske et mye større løsningsrom, samt håndtere uforutsette hendelser, noe som er typiske problemstillinger ved autonome systemer. Maskinlæring er ikke uproblematisk. Maskinene blir ikke bedre enn den treningen de utsettes for, og en måte å overføre menneskers kunnskap til de autonome systemene er at mennesker er veiledere. Situasjoner spilles av og mennesker gir innspill til løsninger og tilbakemelding om resultater.

Det er tidskrevende og det er en viss fare for at menneskelige feil overføres til maskinen. En annen måte er at maskinene trenes gjennom simuleringer eller datasett, der mange scenarier utforskes, og maskinene forsøker å optimalisere utfallet. Dagens dataprosesseringskapasitet muliggjør store mengder simuleringer, og muligheten/evnen til læring for datamaskiner blir derfor akselerert. På tross av dette er (mangelen på) kvalitet og mengden av treningsdata hovedutfordringen. Dette vil naturligvis bli enklere når de første autonome systemene er i operativ drift og samler data til skoloring av neste generasjons systemer.

### **3.3 Behov i Sjøforsvaret**

Sjøforsvaret består i dag av fregatter, korvetter, ubåter, minefartøy, kystvaktfartøy, stridsbåter samt en del mindre fartøy (26). Det er signal i Langtidsplan for Forsvaret at antallet større fartøy vil reduseres i fremtiden (27), blant annet gjennom utfasing av korvettene og en reduksjon i antall ubåter i forhold til dagens antall.

I Sjøforsvarets strategiske konsept utredes det operative konseptet med en tilpasset landorganisasjon for å kunne videreføre Sjøforsvaret på lengre sikt på en hensiktsmessig måte, med de oppdrag som fortløpende blir gitt (1). Sjøforsvaret har identifisert teknologi som et av satsningsområdene, herunder ubemannede systemer og automatisering. Det poengteres at operativ anvendelse av ubemannede systemer kan forbedre situasjonsforståelsen, redusere menneskelig arbeidsbelastning, og minimere faren for tap og skade på sivilt og militært personell (2). Sjøforsvarets strategiske konsept er godt forankret sett i sammenheng med øvrige allierte nasjoners doktriner, samt teorier for maritim anvendelse av droner til bruk i operasjoner som kjennetegnes av å være kjedelig, skitne eller farlige (Dull, Dirty, Dangerous – DDD). Sjøforsvarets strategiske konsept mener at automasjon kan øke operativ evne gjennom forbedret overvåkning, responsevne, forbedret kommunikasjon og koordinasjonsevne, økt tilstedeværelse og reduksjon i driftsavbrudd (1).

Det anbefales videre en helhetlig satsning på de definerte teknologiområdene for å utvikle et moderne Sjøforsvar som skaper balanse i bredde og dybde (1).

### 3.4 Menneske-system integrasjon

Anskaffelse og innføring av ny teknologi i Forsvaret må være styrt av en tilnærming hvor brukerforutsetningene er sentrale i utformingen av menneske-maskin-systemer. Brukere av moderne våpensystemer forventer produkter som kan brukes trygt og effektivt.

Teknologisk utvikling gir Forsvaret muligheter til å ta i bruk systemer med mindre eller større grad av autonomi i den hensikt å kunne løse nåværende og fremtidige oppdrag på en best mulig måte. Innføring av autonome systemer vil påvirke taktikk og konsepter i et fremtidig forsvar, og usikkerheter i forhold til en kombinasjon av bemannede og ubemannede systemer må synliggjøres og analyseres.

Tabell 3 viser noen av utfordringene som må løses for at ubemannede systemer, som er i interaksjon med mennesker, skal bli en styrkemultiplikator for dagens og femtidens sjøforsvar (2, 28, 29).

Operatør utfordringer	Beskrivelse
Redusert sanseintrykk	Operatøren av en ubemannet farkost har begrenset utendørs visning for å hjelpe med navigasjon, kollisjonsunngåelse og observasjon av vær og omgivelsesfaktorer. Fraværet av hørsel, lukt og inntrykk av bevegelse kan også gjøre det vanskeligere å overvåke tilstanden til fartøyet. Ombordkameraer, der hvor disse er tilgjengelig, kan gi operatøren et ensidig bilde som kun dekker et begrenset synsfelt.
Kontroll og kommunikasjon	Operatøren må kunne overvåke kvaliteten på kommando-, og kontrollsignaler med enheten. Radioforstyrrelser, dataforsinkelser og utfordringer med datasikkerhet kan gjøre direkte kontroll vanskelig.
Konstruksjon av kontrollstasjon	Kontrollstasjoner ligner mer og mer på et kontrollrom eller et kontor enn en tradisjonell operatørposisjon som man finner på bemannede systemer. Romsligheten i mange kontrollstasjoner



	gjør det enkelt å montere ytterligere skjermer og systemer uten fokus på optimal plassering. Dette kan gjøre det vanskelig å håndheve faste eller naturlige ombordprosedyrer.
<b>Overføring av kontroll under pågående operasjoner</b>	Kontroll av en ubemannet farkost kan overføres under pågående operasjoner mellom tilstøtende kontrollkonsoller, innenfor en kontrollstasjon eller mellom geografisk adskilte stasjoner. Hver overføring kan innebære en risiko for signalfeil, motstridende kontrollinnstillinger eller feilkommunikasjon.
<b>Svikt i situasjonsbevissthet</b>	Det er utfordrende å opprettholde tilstrekkelig aktsomhetsnivå på langvarige operasjoner, selv på bemannede enheter. Ekstern monitorering av ubemannede systemer medfører ytterligere fravær av impulser, noe som kan redusere operatørens oppmerksomhet og dermed evnen til å opprettholde situasjonsbevissthet (SA).
<b>Tillit til automasjon ved høy grad av autonomi</b>	Anvendelse av ubemannede enheter med høy grad av autonomi krever at man har tillit til automasjon for manøvrering og operering. Det kan være en tillitsutfordring for mennesker å samhandle med teknologisk avanserte enheter som de ikke selv kan kontrollere.
<b>Bemanning</b>	Et ubemannet system krever fortsatt mennesker, til tross for utbredte krav/forventninger om at autonomi vil redusere personellbehovet. Det må gjennomføres grundige analyser for å belyse faktiske behov. Her må krav til utholdenhet og utførelse i tiltenkte operasjonsmønstre tas med i betraktning slik at posisjoner som krever bemanning har tilstrekkelig antall personell med nødvendig kompetanse og trening.

Høy grad av operativ tilgjengelighet krever samtidig gode støttefunksjoner for vedlikehold og logistikk.

**Tabell 3.** Noen utfordringer innen menneske-maskin integrasjon

Undersøkelser gjennomført av det amerikanske luftforsvaret analyserte forekomsten av UAV-uhell i alle forsvarsgrener i perioden 1995-2005 (30). Rapporten viste at ulykkesfrekvensen for UAV var høyere enn for konvensjonelle fly, og at menneskelige faktorer innen organisasjon, operasjon eller vedlikehold var medvirkende eller direkte årsak til 68% av UAV-uhell. Kombinert med en rapport fra NASA (31) ble betydelige bidragsytere til UAV-uhell identifisert som: Utilstrekkelig erfaringsnivå på UAV-operatører og vedlikeholdspersonell, utilfredsstillende nivå på seleksjon av UAV-operatører, trening og treningskriterier, for mange forskjellige UAV-systemer, komplekse menneske-maskinmiljøer, dårlig design av kontrollstasjon, manglende standarder og retningslinjer, samt mangel på dokumentasjon, prosedyrer og sjekklister.

Fokus på integrasjonen mellom mennesket og systemet vil (29)

- optimalisere operativ evne
- begrense feilhandlinger og øke systemets overlevelsessevne
- sikre interoperabilitet
- redusere behov for bemanning og trening
- balansere bredde og dybde i strukturen
- redusere livssyklus-kostnader (LCC)

Behovet for integrasjon tidlig i innkjøp og anskaffelse av menneske-maskin systemer kommer klart til syne i utforming av brukervennlige grensesnitt mellom operatør og utstyr. En tommelfingerregel for HMI (Human Machine Interface) brukervennlighet er 1: 10: 100 (29). Hvis det koster 1x å fikse et problem under design, vil det koste 10x når systemet er utviklet, og 100x når det er operativt. Med andre ord er avkastningene store ved tidlig integrasjon (32).

Systemets totale prestasjon avhenger av en helhetlig integrasjon av det menneskelige element i design, anskaffelse og drift av komplekse teknologier og systemer (33). Forståelsen av grunnleggende forutsetninger for menneskelige prestasjoner og anvendelsen av denne kunnskapen i design og integrasjon av ny

teknologi er avgjørende for optimal operativ ytelse, og dette gjelder også for Forsvaret (29).

### **3.5 Kommando og kontroll av autonome kapasiteter**

Ved å endre til et konsept med kapasiteter som er ubemannede vil en ha behov for å utøve lederskap på en annen måte enn i dag. Forsvarets doktrine for maritime operasjoner beskriver både hvordan oppdragsbasert ledelsesfilosofi og nettverksbasert forsvar skal benyttes for å nå overordnet målsetning (34). Begge disse krever en tett interaksjon mellom nivået som har kommando og kapasiteten som skal utøve oppdraget.

I oppdragsbasert ledelse er gjennomføring av sjefens intensjon essensielt, der en delegerer valg av handlemåte. Men det krever også at en skal kommunisere hvordan en velger å løse oppdrag tilbake til den som har gitt oppdraget. Det er også viktig å ta hensyn til at oppdragsbasert ledelse ikke utelukker at høyere enhet ønsker å detaljstyre operasjoner, og den teknologiske utviklingen har ført til at en oftere både har mulighet og ønske om å kontrollere operasjonene høyere i kommandokjeden enn tidligere. Spesielt i krisesituasjoner og tidlig i en konfliktsituasjon, hvor den politiske føringen kan være å unngå en eskalering, vil sentralisert ledelse være viktig. Nettverksbasert forsvar som konsept fjerner seg vekk fra å tenke på den enkelte plattform, og har som mål å muliggjøre et koordinert samvirke og konsentrasjon av effekt (34). Forsvarets doktrine er dermed i stor grad avhengig av interaksjoner mellom kapasiteter, og mellom kapasitet og kommandomyndighet. Disse interaksjonene vil være annerledes når mennesket ikke opererer kapasiteten og en må finne andre måter å etablere disse interaksjonene på. Det mest nærliggende er at en benytter mennesker til å kontrollere kapasitetene og selv om kapasiteten har et høyt nivå av autonomi, vil systemet inkludert kommando og kontrollapparatet totalt sett kunne ha et lavt nivå av autonomi, og dermed vurderes mer som en fjernstyrt operasjon.

Fjernstyrte operasjoner er ikke noe nytt, og ved at en opererer fartøyet fra land gir det mulighet til å utøve kommando og kontroll på tradisjonell måte. Dette kan også gi fordeler ved at de som kontrollerer farkostene kan lokaliseres nært kommandomyndighet, og dermed kunne bedre interagere mellom det utøvende ledd og beslutningstager. Dette både fordi samlokalisering er mulig, men også fordi sensorer som er nødvendig for operasjon samtidig vil gi et godt situasjonsbilde for en beslutningstager. Utfordringen ved å utøve fjernstyrte

operasjoner er godt kjent blant annet fra bruk av droner, og spesielt bør en ta hensyn til det menneskelige aspektet ved å være langt unna operasjonen som kan gi utfordringer for operatørene (35, 36).

Det er vesentlig at det tas en diskusjon om hva ubemannede kapasiteter vil bety for kommando og kontroll. Ved en høy grad av autonomi ligger det til grunn at systemene selv skal ta beslutninger om handlemåte. Dersom de militære kapasitetene skal operere uavhengig av kontekst (fredstid, krisesituasjon eller krig) så vil det være mindre utfordrende enn dersom konteksten skal bygges inn i autonomien. I fred og krise vil en så langt det lar seg gjøre ha sentralisert kontroll, og desentralisert utøvelse. Det vil si at en ikke ønsker å delegere beslutningsmyndigheten ned til fartøynivå. I en krigssituasjon, hvor en ofte kan tenke seg at det er et mer avklart fiendebilde, kan en derimot se for seg at mer autonome løsninger kan være aktuelle. Likevel er en avhengig av samvirke med andre kapasiteter for å konsentrere effekt, og denne interaksjonen og vurdering om når og hvor denne konsentrerte effekten skal skje kan være en utfordring å bygge inn i en autonom løsning. Det er viktig i videre utvikling av ubemannede kapasiteter at en tar hensyn til at mennesket også i fremtiden vil utøve kommando og kontroll over kapasiteten. Dette betyr at en må kunne ha mulighet til å kommunisere med kapasiteten, samt kunne tolke hva kapasiteten har lagt til grunn for sine beslutninger.

### **3.6 Kompetanse innenfor autonomi**

Med innføring av høyere grad av autonomi kommer også behovet for riktig kompetanse for personellet i den spisse ende (operatøren). «Riktig kompetanse» forstås slik at både teknisk og operativt personell får tilført den kompetansepakken som er nødvendig for å øke forståelsen, slik at en kan benytte seg av autonomien på en hensiktsmessig måte med hensikt til å øke operativ evne. Det er også viktig å poengtere viktigheten av gode relasjoner mellom forskningsmiljøer og operative enheter, dette for å hindre et gap mellom det akademiske miljø som utvikler de autonome systemene og den operative virkeligheten (37).

Det har den siste tiden vært økt bruk av teknologi, kanskje spesielt når det kommer til operasjonalisering. Flere sensorer og system som før var forbeholdt spesial operasjoner er nå blitt kommersielt tilgjengelige, noe som medfører et økt kompetansepress på sluttbrukeren (operatøren/navigatøren). Utfordringen

kan da være at en har avansert teknologi tilgjengelig, men at en ikke har personell til å benytte/forstå det (illustrert i Figur 5). Det er derfor essensielt at en beholder kompetente mennesker som en del av systemet, selv i en autonom kontekst (38).

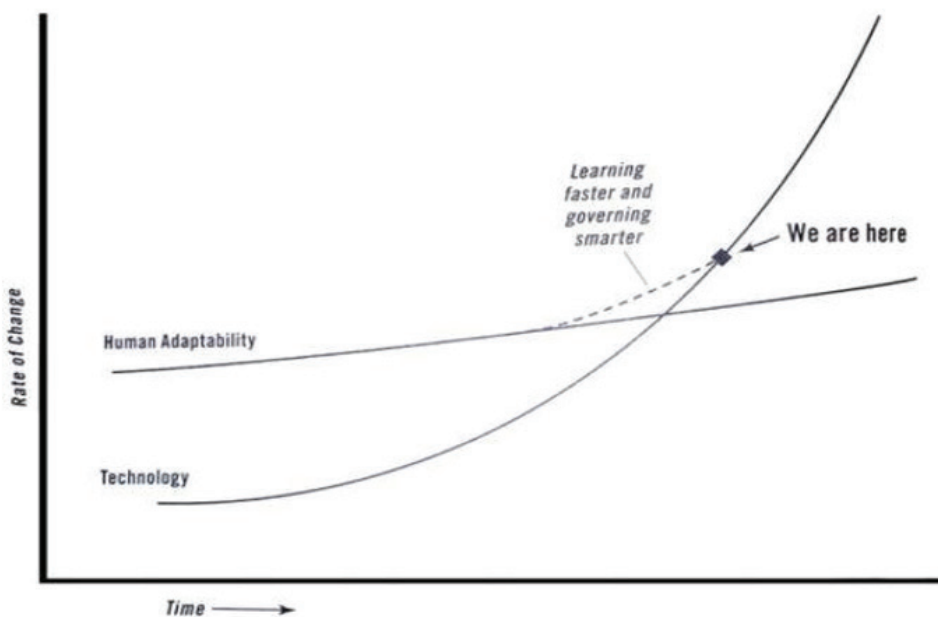


Fig. 5. The Knowing/Doing Gap (Eric Teller, CEO of Google X)

Samtidig argumenteres det for at autonomi vil være «intuitiv» og dermed enklere å bruke. Det vil si at autonome systemer ikke nødvendigvis krever økt kompetanse. Autonomien skal senke brukerterskelen og systemene skal i stor grad være selvstendige. Det vil da være et spørsmål om det krever endret kompetanse, og hvilken type endret kompetanse i form av lavere eller høyere kompetansekrav. Dette kan være i form av større forståelse av teknologi, samtidig som en må bruke mennesker til det de er gode til. Kompetansen innenfor maritim autonomi krever mer forskning, og det eneste som er sikkert er at dette vil føre til et paradigmeskift for den maritime navigatøren.

### 3.7 Operasjonelle konsept for Sjøforsvaret

Flere operasjonelle konsept er allerede identifisert og iverksatt gjennom Sjøforsvarets operative konsept og FFIs prosjekter. Spesielt innenfor minemottiltak er Sjøforsvaret godt i rute.

Eksempler på operasjoner der autonome overflatefartøy (Autonomous Surface Vessel – ASV) og bruk av maritime droner vil antas å bidra til økt operativ evne:

#### 1. Maritim overvåkning

For å opprette og vedlikeholde et maritimt overflatebilde (RMP) vil ASVer fungere som mobile sensorstasjoner som kan holde oversikt over et begrenset geografisk område over en gitt tid. Kvaliteten og tiden ASVen kan gjøre dette begrenses av sensorer, høyde på sensorene, samt type drivstoff og hvor mye drivstoff det er plass til. Ved maritim overvåkning kan en forvente potensielt store mengder data, noe som kan være en utfordring.

#### 2. Målangivelse

ASV benyttes for tredjeparts målangivelse (TPT), samt bidra til målangivelse over horisonten (OTHT) til andre plattformer med egnet våpenlast, for eksempel Naval Strike Missile (NSM). Her kan en også se for seg muligheten for at ASVen ligger i «dvale» i lengre perioder, for så å bli aktivert ved behov.

#### 3. Styrkebeskyttelse

Styrkebeskyttelse, for eksempel av utenlandske fartøy som besøker havner i Norge, er et oppdrag som Sjøforsvaret må utføre. Dette er gjennomført med ulike plattformer, men i hovedsak utføres det av mindre plattformer under 20 meter. Her er flere konsept allerede prøvd ut, og det eksisterer kommersielle løsninger (COTS) til dette formålet.

#### 4. Logistikk

I konseptet Maritime Combat, Service and Support (MarCSS), brukes mindre enheter for å understøtte deler av logistikken. Dette kan ASV/USVer også gjennomføre på en effektiv måte.

#### 5. Maritime droneteam

Etablere og benytte maritime droneteam i gjennomføring av operasjon. Droneteamene består av teknisk og operativt personell som kan gjennomføre en konvertering av eksisterende fartøy til høyere grad av autonomi for bedre å løse

et relevant oppdrag. For eksempel kan en tenke seg en modularitet, der både autonomipakke og effektorer for å løse et oppdrag (sensorer, system og/eventuelt våpen) medbringes av droneteamet til en egnet plattform. Droneteam kan være embarkert på større enheter, og benytte seg av eksisterende plattformer langs kysten som en form for moderne og teknologisk sjøheimevern.

## 4 Konklusjon

Sjøforsvaret har identifisert og iverksatt en økt satsning innenfor autonomi, i den hensikt å redusere risiko for tap av menneskeliv, samt gjennomføre en effektivisering av operasjoner der mennesket fremstår som en restriksjon. Automatisering kan ses på som en del av autonomi utviklingen, og med dagens sensorer og system er det allerede tilrettelagt for høy grad av autonomi. Den største utfordringen ligger innenfor autonome beslutningssystemer for å kunne oppnå en høyere grad av autonomi. Dette blir det per dags dato jobbet målrettet med, og det er flere konkrete prosjekter på gang i Norge. Det vil bidra til å skape mer kunnskap, og i enda større grad operasjonalisere det maritime autonome konseptet.

Muliggjørende teknologi for økt grad av autonomi består av sensorer, kommunikasjonsbærere, styresystem og beslutningssystem. Sensorer genererer data, og autonomien skapes når data automatisk prosesseres om bord og informasjonen som trekkes ut behandles av et beslutningssystem som handler selvstendig på bakgrunn av de data som er tilgjengelig. Sammenstilling eller fusjon av alle de ulike sensordataene og forhåndskunnskap som sjøkart, og betydningen av denne informasjonens innhold, er da et vesentlig punkt for å realisere autonomi. Kommando og kontroll vil være utfordrende og krever mer kunnskap, samt at menneske-maskin interaksjonen i ubemannede og autonome systemer må anerkjennes som en utfordring og håndteres deretter.

Områder som maritim overvåkning, målangivelse, styrkebeskyttelse, logistikk og maritime droneteam er eksempler på operative konsepter der økt grad av autonomi kan være med å bidra til økt operativ evne. For FFI og annen sivil norsk industri er maritim autonomi et satsningsområde, og Norge har en uttalt strategi om å være ledende innenfor det maritime autonome domenet. Det er derfor viktig at Sjøforsvaret fortsetter med målrettet forsknings- og utviklingsarbeid

innenfor autonomi for å utnytte synergier. Det bør utredes flere konsept for å utforske mulighetsrommet ved utnyttelsen av autonomi i Sjøforsvaret.

## 5 Referanseliste

1. Sjøforsvarsstaben. Sjøforsvarets Strategiske Konsept, 2016-2040. Bergen2014.
2. DoD U. Unmanned systems integrated roadmap: FY2013-2038. Washington, DC, USA. 2013.
3. Page RM. The early history of radar. Proceedings of the IRE. 1962;50(5):1232-6.
4. Iversen SE. Militær navigasjon basert på Commercial Off The Shelf (COTS) produkter. Necess. 2016;1(1).
5. Leksikon SN. Autonomi 2014 [Available from: <https://snl.no/autonomi>].
6. Lee JD, Sanquist TF. 17 Maritime Automation. Automation and Human Performance: Theory and Applications. 2018:220.
7. Schiaretti M, Chen L, Negenborn RR, editors. Survey on autonomous surface vessels: Part I-a new detailed definition of autonomy levels. International Conference on Computational Logistics; 2017: Springer.
8. Batalden B-M, Leikanger P, Wide P, editors. Towards autonomous maritime operations. Computational Intelligence and Virtual Environments for Measurement Systems and Applications (CIVEMSA), 2017 IEEE International Conference on; 2017: IEEE.
9. Sheridan TB, Verplank WL. Human and computer control of undersea teleoperators. Massachusetts Inst of Tech Cambridge Man-Machine Systems Lab; 1978.
10. Strategigruppen. Maritim21-strategi. In: fiskeridepartementet N-o, editor. Bergen2016.
11. NFAS. Norsk Forum for Autonome Skip 2016 [Available from: <http://nfas.autonomous-ship.org/>].
12. Sjøfartsdirektoratet. Åpner verdens første testområde for autonome skip 2016 [Available from: <https://www.sjofartsdir.no/aktuelt/nyheter/apner-for-test-av-autonome-skip/>].
13. Stensvold T. Verdens første autonome skip i drift skal erstatte 40.000 vogntogturer i året. Teknisk Ukeblad. 2017.
14. Kongsberg. YARA and KONGSBERG enter into partnership to build world's first autonomous and zero emissions ship 2017 [Available from: <https://www.km.kongsberg.com/ks/web/nokbg0238.nsf/AllWeb/98A8C576AEFC85AFC125811A0037F6C4?OpenDocument>].
15. NFAS. Definition of autonomy levels for merchant ships. Trondheim; 2017.
16. Boy G. Orchestrating human-centered design: Springer Science & Business Media; 2012.
17. FFI. Terrengreferert posisjonering for undervannsfarkoster Kjeller: FFI; 2001. Report No.: FFI/RAPPORT-2001/05900



18. Fitton O, Prince D, Germond B, Lacy M. The future of maritime cyber security. Lancaster University; 2015.
19. Hareide OS, Jøsok Ø, Lund MS, Ostnes R, Heikala K. Enhancing Navigator Competence by Demonstrating Maritime Cyber Security. *Journal of Navigation*. 2018;71(5).
20. Schröder-Hinrichs J-U, Praetorius G, Graziano A, Kataria A, Baldauf M, editors. Introducing the Concept of Resilience into Maritime Safety. 6th Symposium on Resilience Engineering, Lisbon, Portugal, June 22-25, 2015; 2016: Resilience Engineering Association.
21. Kongsberg. Maritime Broadband Radio 2016 [Available from: <https://www.km.kongsberg.com/ks/web/nokbg0240.nsf/AllWeb/BCCBAC3EA4EA6785C1257E280039BD63?OpenDocument>].
22. Marthiniussen R, Vestgard K, Klepaker RA, Storkersen N, editors. HUGIN-AUV concept and operational experiences to date. *Oceans -04 MTTS/IEEE Techno-Ocean -04*; 2004 9-12 Nov. 2004.
23. Goward D. Mass GPS Spoofing Attack in Black Sea?2017 10.08.17. Available from: <http://maritime-executive.com/editorials/mass-gps-spoofing-attack-in-black-sea>.
24. NRK. Støy fra Russland slo ut GPS-signaler for norske fly2017. Available from: <https://www.nrk.no/finnmark/stoy-fra-russland-slo-ut-gps-signaler-for-norske-fly-1.13720305>.
25. FFI. Fra butikkjøpte droner til 24-timers robotpatrolje 2016 [Available from: <http://2016.ffi.no/sverm>].
26. Forsvaret. Sjøforsvaret 2017 [Available from: <https://forsvaret.no/sjoforsvaret>].
27. Forsvarsdepartementet. Kampkraft og bærekraft - Langtidsplan for forsvarssektoren Oslo2016.
28. Hobbs A, Lyall B. Human Factors Guidelines for Unmanned Aircraft System Ground Control Stations. NASA. 2015.
29. Mjelde FV. Oppnåelse av Forsvarets oppgaver gjennom teknologisk integrasjon. *Necesse*. 2016;1(1):46-9.
30. Tvaryanas AP, Thompson WT, Constable SH. US military unmanned aerial vehicle mishaps: Assessment of the role of human factors using human factors analysis and classification system (HFACS). Human Systems Wing (311th) Brooks AFBTX; 2005.
31. Hobbs A, Herwitz SR. Human Challenges in the Maintenance of Unmanned Aircraft Systems. FAA and NASA Report. 2006.
32. Pressman RS. Software engineering: a practitioner's approach: Palgrave Macmillan; 2005.
33. Booher HR. Handbook of human systems integration: John Wiley & Sons; 2003.
34. Forsvaret. Forsvarets doktrine for maritime operasjoner. In: Forsvarsstaben, editor. Bergen: Sjøforsvarsstaben; 2015.
35. Chappelle WL, McDonald KD, Prince L, Goodman T, Ray-Sannerud BN, Thompson W. Symptoms of psychological distress and post-traumatic stress disorder in United States Air Force “drone” operators. *Military medicine*. 2014;179(8S):63-70.

36. Prince L, Chappelle WL, McDonald KD, Goodman T, Cowper S, Thompson W. Reassessment of psychological distress and post-traumatic stress disorder in United States Air Force distributed common ground system operators. *Military medicine*. 2015;180(3S):171-8.
37. Hareide OS, Vågenes S. Operativ FoU - et eksempel. *Necesse*. 2017;2(1):5.
38. Hukkelås T. *Autonomi i havrommet*. GCE Node; Grimstad2017.