



# Försvarshögskolan

## Självständigt arbete (15 hp)

<b>Författare</b>		<b>Program/Kurs</b>
Viktor Moberg		HOP1
<b>Handledare</b>		<b>Antal ord: 13959</b>
Michael Jonsson	<b>Beteckning</b>	<b>Kurskod</b>
	Självständigt arbete magisteruppsats, krigsvetenskap	20015
<b>DEN OBEMANNADE TRÖSKELN</b>		
<b><u>Sammanfattning:</u></b> Den obemannade tröskeln är en uppsats på magisternivå efter avslutade studier på HOP1 vid Försvarshögskolan. Syftet med att skriva den var att försöka ge ett bidrag till anskaffningsprocessen av nya autonoma system till den svenska marinen. Detta gjordes genom att använda de tydligast framträdande dimensionerande teorierna ur svensk militärstrategisk doktrin och skapa ett analysverktyg utifrån detta, tillsammans med andra enligt författaren viktiga svenska kulturella principer, nämligen efterlevnaden av krigets lagar och hänsyn till kostnad. Studien är konstruerad som en kvalitativ, utforskande fallstudie med den svenska marinens undervattensförmåga som studerat fall. Resultaten visar på att marinen kan ha mycket stor nytta av dessa system, men att det initialt är viktigt att få ut system tidigt som direkt stödjer befintliga plattformar i deras verksamhet.		
<b><u>Nyckelord:</u></b> T.ex.: AUV, Flexibilitet, Tröskelförmåga, Folkrätt, Undervattensverksamhet		

<b>AKRONYMLISTA .....</b>	<b>3</b>
<b>1. INLEDNING .....</b>	<b>4</b>
1.1 PROBLEMFÖRMULERING .....	4
1.2 SYFTE OCH FRÅGESTÄLLNING.....	5
1.2.1 <i>Forskningsfrågor</i> .....	5
1.3 AVGRÄNSNINGAR .....	5
1.4 TIDIGARE FORSKNING .....	6
1.5 DISPOSITION .....	7
<b>2. TEORI.....</b>	<b>8</b>
2.1 TRÖSKELFÖRSVAR.....	8
2.2 FLEXIBILITET .....	10
2.3 JURIDISKA FAKTORER.....	11
<b>3. METOD.....</b>	<b>13</b>
3.1 VAL AV KÄLLOR .....	14
3.2 OPERATIONALISERING .....	14
3.2.1 <i>Tröskelbidrag</i> .....	14
3.2.2 <i>Flexibilitetspotential</i> .....	15
3.2.3 <i>Juridisk passning</i> .....	15
3.2.4 <i>Kostnad</i> .....	15
<b>4. UPPDRAGS- OCH TEKNISK ANALYS .....</b>	<b>16</b>
4.1 UPPDRAGSTYPER.....	16
4.1.1 <i>Spaning och inhämtning (ISR)</i> .....	16
4.1.2 <i>Minröjning</i> .....	17
4.1.3 <i>Ubåtsjakt</i> .....	17
4.1.4 <i>Inspektion</i> .....	18
4.1.5 <i>Oceanografi och hydrografi</i> .....	19
4.1.6 <i>Kommunikation</i> .....	19
4.1.7 <i>Lastbärare</i> .....	19
4.1.8 <i>Informationsoperationer</i> .....	19
4.1.9 <i>Fjärrbekämpning</i> .....	20
4.2 STYRNING OCH KOMMUNIKATION .....	21
4.2.1 <i>Kommunikationsmetoder</i> .....	21
4.2.2 <i>Hur autonomisera och till vilken grad?</i> .....	22
4.3 ENERGIBÄRARE.....	23
4.3.1 <i>Batterier</i> .....	23
4.3.2 <i>Bränsleceller</i> .....	23
4.3.3 <i>Nukleära alternativ</i> .....	24
4.4 SENSORER.....	24
4.5 HANTERINGSSYSTEM .....	24
<b>5. KONCEPTUELL ANALYS .....</b>	<b>25</b>
5.1 BUNDEN AUV .....	25
5.2 OBUNDET UBÅTSSTÖD.....	26
5.3 UBÅTSJAKT .....	27
5.4 MINRÖJNING OCH BASSKYDD.....	28
5.5 SAMMANFATTNING .....	29
<b>6. SLUTSATSER.....</b>	<b>29</b>
6.1 MÖJLIGA SYNERGIER.....	30
6.2 RELIABILITET OCH VALIDITET.....	30
6.3 FRAMTIDA FORSKNING .....	30
<b>REFERENSER.....</b>	<b>32</b>

## **Akronymlista**

A2AD	AntiAccess/Area Denial, försvarskoncept med kombinerade vapen
AI	Artificiell Intelligens
AUV	Autonomous Underwater Vehicle
IED	Improvised Explosive Device
ROV	Remotely Operated Vehicle
SMaRC	Swedish Maritime Robotics Center
UUV	Unmanned Underwater Vehicle

## 1. Inledning

Den 17 mars 2015 beställde Sverige två nya ubåtar, som senare skulle döpas till Blekingeklassen. Dessa nya ubåtar utrustas med en unik detalj, en stor torpedtubslignande sluss i fören. Förutom att slussa ut dykaren är den även tänkt att kunna slussa ut olika typer av undervattensfarkoster. Designen är gjord med flexibilitet för ögonen; en nödvändighet då den tekniska utvecklingen går långt fortare än den taktiska utvecklingen och anskaffningsprocessen.<sup>1</sup> Men är designen fortfarande relevant?

### 1.1 Problemformulering

Sjökrigets utveckling drivs av ny teknik mot en alltmer komplex miljö. På ytan skapar fler och bättre sensorer parade med avancerade långräckviddiga vapensystem en situation där ytfartygen får svårare och svårare att komma åt sina angripare utan stöd från andra sensor- eller vapenbärare framförallt under kustnära verksamhet.<sup>2</sup> Den främsta delen i detta hot är i sig inget nytt utan egentligen en form av befästningstänk med moderna medel, numera kallad A2AD<sup>3</sup>, även om just A2AD som modeord förmodligen har satt något överdrivet mycket skräck i vissa läger.<sup>4</sup> En sådan bärare kan vara ubåten, både som skydd mot andra ubåtar och som sensor eller vapenplattform i ett framskjutet läge dit de ytbundna fartygen inte dristar sig. Den tekniska utvecklingen stannar dock inte på ytan, utan även mot undervattensfarkoster blir hotmiljön allt svårare att hantera. Framförallt nya och förbättrade sensorer kommer tvinga ubåten till ett vägval med två grenar. Antingen intar man en mer offensiv stans där man beväpnar sig för att kunna värja sig mot angripare genom att skjuta först.<sup>5</sup> Detta skulle kräva en beväpning och en sensorpark som begränsar utrymmet för de sensor och signaturprofiler som förknippas med ubåtens ständigt dolda uppträdande. Det andra alternativet är att inta en än mer defensiv och dold stans där exponering mot eventuella sensorer hålls till ett absolut minimum. För att bibehålla denna låga profil som skydd för den solitära strategiska resurs som en ubåt utgör men samtidigt kunna erbjuda tillräcklig verkan för att motivera sin existens måste den utrustas med verktyg för att kunna flytta både verkansdelar och sensorer bort från det egna skrovet. Det kan lösas genom mer eller mindre självgående obemannade farkoster, sensornoder och annan utrustning i vattenvolymen.<sup>6</sup>

I viss mån används redan AUV:er i marinen. Ett exempel är röjdykarnas ASU-grupp (Area Search Unit) som har köpt in en AUV av modell REMUS utrustad med sidescan-sonar för att fort söka av områden efter minlika föremål eller motsvarande<sup>7</sup>. Inhemskt utvecklas också AUV:er för både minjakt och ubåtsjaktträning militärt, framför allt av SAAB Dynamics<sup>8</sup>, samt för en uppsjö av andra syften på den civila sidan, till exempel av kungliga tekniska högskolan genom deras projekt SMaRC.<sup>9</sup>

---

<sup>1</sup> Saab, "first steel cut for saab kockums a26 submarine", 2015 <<https://saabgroup.com/media/newspress/news/2015-09/first-steel-cut-for-saab-kockums-a26-submarine/>>.

<sup>2</sup> Yedidia Ya, "The Littoral Arena : A Word of Caution", *The U.S. Naval War College*, 48.2 (1995). S. 8-9

<sup>3</sup> Stephan Frühling och Guillaume Lasconjarias, "NATO, A2/AD and the Kaliningrad challenge", *Survival*, 58.2 (2016), 95-116 <<https://doi.org/10.1080/00396338.2016.1161906>>. S. 97-102

<sup>4</sup> Robert Dalsjö, Berglund Christofer, och Michael Jonsson, "Bursting the bubble", 8. Säkerhetspolitik (Stockholm, 2019), FOI-R-4651.

<sup>5</sup> Ya. S.20

<sup>6</sup> Jinyeong Heo, Junghoon Kim, och Yongjin Kwon, "Technology Development of Unmanned Underwater Vehicles (UUVs)", *Journal of Computer and Communications*, 05.07 (2017), 28-35. S. 5-11

<sup>7</sup> Lars Wigert, "Röjdykarna i vått och torrt" (Svenskt militärhistoriskt bibliotek, 2017). S. 218

<sup>8</sup> SAAB, "Saab Autonomous underwater vehicles", 2020 <[https://saab.com/naval/underwater-systems/autonomous-underwater-vehicles/auv62\\_at/](https://saab.com/naval/underwater-systems/autonomous-underwater-vehicles/auv62_at/)>.

<sup>9</sup> KTH, "SMaRC", 2020 <<https://smarc.se/>>.

För att få fram effektiva, användbara, flexibla och kostnadseffektiva system anpassade efter svenska marinens behov måste dessa tas fram och genomlysas ur dessa aspekter. I all design, i synnerhet i undervattensfallet, måste alltid avväganden göras. Efterfrågas en viss prestanda på till exempel en sensor ställer det i sin tur krav på storleken på sensorbäraren, som i sin tur ställer krav på framdriftsmaskineri och energibärare, vilket får konsekvenser för fartresurser och räckvidd. Därför måste den tekniska konstruktionen vägas mot vad som är användbart och ger effekt.

Miljön under vattenytan ställer också helt andra krav på autonomin hos de enheter som opererar där. Bemannade ubåtar, svenska så väl som de flesta andra ubåtsnationers, opererar med en avsevärt högre grad av autonomi än deras kollegor på ytan, naturligt bortkopplade från högre ledning genom de sambandsutmaningar som undervattensverksamhet med krav på dolt uppträdande ställer upp. Ubåtschefen förväntas alltid kunna ta väl övervägda beslut, taktiska såväl som moraliska och juridiska, samt agera utan kontakt med högre chef. Detsamma måste gälla för de obemannade system som tillförs, uppdragstaktiken måste upprätthållas gentemot de autonoma systemen i nästan lika hög grad som gentemot de bemannade.

## 1.2 Syfte och frågeställning

Det finns en flora av forskning och studier kring vilka teknologier som är möjliga för undervattensstriden och utvecklingen går fort framåt. Denna uppsats syftar till att skapa en uppfattning om vilka tekniska möjligheter som är eftersträvansvärda att i framtiden konstruera och implementera i den svenska Marinen. Till skillnad från rent tekniska studier eller taktiska skrifter syftar denna uppsats till att skilja ut vilka teknologier som är taktiskt gångbara och vilka som antingen kräver långt mer utveckling eller inte kan bidra till svensk försvarsförmåga av någon anledning. Detta görs genom att titta på vad svenska civila initiativ, Försvarets materielverk (FMV), försvarsindustrin samt utländska flottor ser som möjliga vägar framåt och analysera dessa ur krigsvetenskapliga aspekter som har bäring på hur systemen kan komma att brukas. Huvudtesen är att ett system som införskaffas skall kunna nyttjas fullt ut och ge en kostnadseffektiv avskräckningseffekt på rikets potentiella fiender.

### 1.2.1 Forskningsfråga

Uppsatsens ansats är inte att peka ut specifika produkter eller tekniska lösningar, dels då detta inte skulle ha en given krigsvetenskaplig koppling och dels då den korta framförhållningen i tid skulle skapa problem med sekretess och pågående anskaffning. Istället avser den klarlägga i vilken riktning utveckling och anskaffning borde sträva i ett längre perspektiv, utifrån mer generella principer för materielens nyttjande. Den centrala frågeställningen lyder således som följer:

*Hur bör anskaffningen av autonoma undervattenssystem fokuseras för att öka Marinens bidrag till Sveriges tröskelförmåga?*

## 1.3 Avgränsningar

Uppsatsen avhandlar enbart autonoma system som främst är avsedda för att interagera med egna marina enheter under vattnet och stödja dessa i lösandet av deras uppgifter. Detta utesluter inte system som opererar helt autonomt under vatten, från losskastning till förtöjning (om sådan sker), utan utesluts enbart om dess verksamhet inte kräver att svenska enheter måste ta hänsyn till och på något vis kontrollera dess verksamhet. Flygande autonoma farkoster berörs

inte; detta i syfte att begränsa bredden på materialet och antalet kopplingar till andra typer av förband där andra hänsyn än de undervattensmiljön kräver kan behöva tas.

#### 1.4 Tidigare forskning

Utgångspunkten för uppsatsens syfte är en framtida anskaffning av AUV:er, en potentiellt omvälvande förändring av striden under vatten. Det har därför varit nödvändigt att studera de principer som påverkar dessa beslut, i syfte att välja rätt analysverktyg.

Wiebe E. Bijker belyser i sin bok "Of bicycles, bakelites and bulbs"<sup>10</sup> hur tre historiska uppfinningar accepterats och blivit populära i samhället. Slutsatserna är att det inte varit den tekniskt mest framstående lösningen som, åtminstone initialt, blivit accepterad och vunnit kommersiell framgång, utan snarare den som tilltalat mer sociala eller kulturella behov hos befolkningen. Liknande kulturella påverkansfaktorer återfinns även inom militära organisationer vilket belyses av Dima Adamsky i hans bok "The culture of military innovation".<sup>11</sup> De kulturer och förändringar han belyser är inte bara av teknisk karaktär utan berör förändringar i hela samhället, inte helt olik utvecklingen av autonoma system i allmänhet. I sin artikel "The future of military innovation studies"<sup>12</sup> gör Adam Grissom en sammanställning av de olika forskningsinriktningar som försöker förklara vad som skapar förutsättningar för militär innovation samt att han definierar begreppet. Huvudlinjerna är att innovation skapas genom antingen politiska påtryckningar om ökad effektivitet, konkurrens mellan eller inom försvarsgrenarna eller genom att en innovationsvänlig kultur skapats. Det senare kan ha skett genom medvetet ledarskap, en yttre chock eller att man emulerat en annan nations försvarskultur. Dessa yttringar behöver dock inte alltid vara bra, förändringsbenägenhet kan också leda till stagnation och förfall. Exempel på detta ger Wilhelm Agrell i sin bok "Fredens illusioner"<sup>13</sup>, där han beskriver svenska försvarsmaktens rörelse mot ett smalt men spetsigt insatsförsvar, till skillnad från det gamla invasionsförsvaret, som ett misslyckande.

Gällande autonomi i militär tjänst i allmänhet beskriver Paul Scharre var tekniken står idag och vart den är på väg i sin bok "Army of none".<sup>14</sup> Boken ger en mindre historik och beskriver vilka tekniska utmaningar som är övervunna samt vilka som återstår. Den belyser även de juridiska och etiska problem som kan komma att begränsa det militära användandet av autonomi. Undervattenssystem berörs men främst för ubåtsjakt-ändamål.

I sin doktorsavhandling, "Autonomous systems in society and war"<sup>15</sup> gör Linda Johansson en filosofisk analys av olika användningsområden och aspekter av autonomi. Framförallt är artiklarna "Is it morally right to use UAVs in war?", "Autonomous robots in war: undermining the ethical justification for killing?" och "Co-evolutionary scenarios for creative prototyping of future robot systems for civil protection" som är intressanta ur denna uppsats perspektiv då de direkt berör autonoma robotar i krig samt hur vi kan hantera deras potentiellt omstörtande effekt, inte bara på krigföringen utan i samhället i stort. FOI har gjort ett stort antal studier på området. De är av karaktären tekniska prognoser eller arenastudier och behandlar bland annat

---

<sup>10</sup> Wiebe E. Bijker, "Of Bicycles, Bakelites, and Bulbs" (Massachusetts: Massachusetts Institute of technology, 1997).

<sup>11</sup> Dima Adamsky, "The culture of military innovation" (Stanford university press 2010).

<sup>12</sup> Adam Grissom, "The future of military innovation studies", *Journal of Strategic Studies*, 2006, xxix.

<sup>13</sup> Wilhelm Agrell, "Fredens illusioner" (Malmö: Atlantis, 2010).

<sup>14</sup> Paul Scharre, "Army of none" (New york: W. W. Northon & Company, 2018).

<sup>15</sup> Linda Johansson, "Autonomous systems in society and war" (KTH, 2013).

intelligenta enheters förmåga<sup>16</sup>, framtidsutsikter för artificiell intelligens<sup>17</sup> och mänskliga-obemannade team.<sup>18</sup>

För att förstå vad som är möjliga användningsområden för undervattensfarkoster, bemannade eller obemannade, studerades dels Nils-Ove Janssons ”Omöjlig ubåt”<sup>19</sup> för att ge en bild av vilket typ av hot vi kan vara utsatta för på hemmaplan. Bokens innehåll är i nuläget svårt att bekräfta, då författaren hemlighåller sina källor av sekretessskäl, men den ger ändå en finger-visning om möjliga uppdrag och de politiska konsekvenserna av otillräcklig ubåtsjaktförmåga. Jämfört med sin ryska motpart är den amerikanska verksamheten något mer öppen. RAND-institutet gjorde 2001 en studie på hur en ersättare till den då åldrande NR-1, en atomdriven mindre forskningsubåt, skulle utrustas och framförallt för vilka uppdrag.<sup>20</sup> Studien visar att systemet skulle bli långt mer effektivt om det utrustades med ROV och AUV. Ett inriktningsdokument har givits ut som beskriver hur NATO skall utveckla sin UAV-förmåga.<sup>21</sup> Detta dokument har sedan legat till grund för andra USA-allierades nationella studier på området, till exempel Kanada.<sup>22</sup>

Den forskning som bedrivs specifikt mot AUV:er är oftast av en mycket specifik och teknisk karaktär. Några arbeten på uppsatsnivå finns dock. Carl-Johan Holm har skrivit en C-uppsats där han undersöker hur en AUV med modern sonarutrustning presterar jämfört med ett ROV-system som finns tillgängligt i Flottan idag vad gäller minsökning.<sup>23</sup> Resultaten visar att tillförandet av kvalificerad AUV skulle minska risken för personal, ge ökad operativ frihet med kvalificerade enheter samt ge möjlighet att kontinuerligt kunna hålla leder säkra med minimala personalkostnader. Richard Winston Larson har undersökt de strategiska och finansiella konsekvenserna AUV:er kan ha för den amerikanska flottan, med och utan en vid författandet otillgänglig effektiv kraftkälla.<sup>24</sup> Hans resultat visar framförallt på mycket stora ekonomiska besparingar, vilka även är intressanta för svenska förhållanden då han sen HMS Gotlands tid i San Diego har estimerat hennes driftkostnader och använt även dessa i jämförelsen.

## 1.5 Disposition

I kapitel två beskrivs uppsatsens teoretiska grunder i form av tröskelförmåga, flexibilitet och internationell lag. Kapitel tre beskriver den metod som nyttjats för att besvara forskningsfrågan. Här operationaliseras de teoretiska ingångarna i form av frågor till stöd för analysen. Därefter görs en genomgång av hur AUV:er kan nyttjas samt de konsekvenser olika tekniska alternativ har för förmågan hos ett potentiellt system, i kapitel fyra. I kapitel fem skapas fyra olika användningskoncept som analyseras med hjälp av det i kapitel tre skapade analysverktyget. Därefter besvaras forskningsfrågan i kapitel sex tillsammans med övriga slutsatser och resonemang kring uppsatsens validitet och reliabilitet.

---

<sup>16</sup> Peter Svenmarck och Kristofer Bengtsson, *Förmågor hos framtidens intelligenta enheter* [FOI-R--4665--SE], 2018.

<sup>17</sup> Linus Gisslén, *Artificiell intelligens, teknisk prognos* FOI-R-3919, 2014.

<sup>18</sup> Kristofer Bengtsson, Rogier Woltjer, och FOI, *Autonomi och obemannade system*, 2017.

<sup>19</sup> Nils-Ove Jansson, *Omöjlig ubåt* (Nils-Ove Jansson, 2014).

<sup>20</sup> F.W. Lacroix m.fl., *A concept of operations for a new deep-diving Submarine* (Santa Monica: RAND, 2001).

<sup>21</sup> NATO's Combined Joint Operations from the Sea Centre of Excellence, *NATO Guidance for Developing Maritime Unmanned Systems (MUS) Capability*, 2012.

<sup>22</sup> Yannick Allard och Elisa Shahbazian, *Unmanned Underwater Vehicle (UUV) Information Study*, 2014.

<sup>23</sup> Carl-Johan Holm, *Minsökning med obemannad autonom undervattensfarkost och syntetisk apertursonar* (Försvvarshögskolan, 2014).

<sup>24</sup> Richard Winston Larson, *Disruptive Innovation and Naval Power*: (MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY, 2014).

## 2. Teori

Uppsatsen står på två teoretiska och ett juridiskt ben för att belysa de studerade teknologierna ur olika synvinklar. Att besluta vilken framtida materiel som bör införskaffas är inte bara komplext utan också både svårt och dyrt att ändra på när processen väl är igång.

### 2.1 Tröskelförsvaret

Tröskel, tröskelförsvaret och tröskelförmåga är begrepp som använts flitigt i den svenska säkerhetspolitiska diskursen. I *Regeringens proposition 2014/15:109 Försvarspolitisk inriktning – Sveriges försvar 2016–2020* förekommer ordet tröskel i dess olika former inte mindre än 21 gånger. Följande citat,

*”Försvarsmakten ska, tillsammans med övriga delar av totalförsvaret och jämte politiska, diplomatiska och ekonomiska medel, utgöra en tröskel för den som skulle vilja angripa Sverige eller använda militära maktmedel för att utöva påtryckningar mot Sverige”*<sup>25</sup>

är en formulering som återkommer vid ett flertal tillfällen i propositionen och visar på den något mjuka framtoningen av vad tröskeln innebär. Genom att göra bedömningen att det är viktigt att försvarsmakten stärker sin förmåga att möta väpnat angrepp, just för att stärka dess roll som krigsavhållande tröskel, så konkretiseras det något mer.<sup>26</sup> Värt att notera är också att undervattensförmågan, i form av våra ubåtar, lyfts fram som särskilt viktiga för Försvarsmaktens totala tröskelförmåga.<sup>27</sup> Militärstrategisk doktrin från 2016 använder samma begrepp i sitt militärstrategiska koncept men lyfter också fram att detta skall göras genom uppvisad trovärdighet i den krigförande förmågan som vidare förstärks av hög tillgänglighet och ett nära samarbete med övriga myndigheter inom totalförsvaret, samt att tröskeln skall skapas genom att kostnaderna för ett angrepp skall vara orimliga för angriparen.<sup>28</sup> Doktrinen går också ett steg längre och börjar använda begreppet avskräckning:

*”Målsättningen för Försvarsmakten är att vara krigsavhållande i närområdet. För att nå detta mål är avskräckning en central del av Försvarsmaktens tröskeleffekt. Förmåga till väpnad strid är grunden för Försvarsmaktens avskräckningseffekt. Med avskräckning menas att Försvarsmakten genom sitt uppträdande och förmågor ska få en eventuell motståndare att undvika angrepp, exempelvis genom att ändra sina planer och/eller avbryta fientliga eller provocerande handlingar.”*<sup>29</sup>

Värt att notera är att begreppen tröskel och avskräckning används i princip synonymt, med den skillnaden att den politiska nivån föredrar det något mer passiva uttrycket tröskel framför avskräckning.

Användning av begreppet avskräckning i säkerhetspolitiska sammanhang har sitt ursprung i 1920- och 30-talet<sup>30</sup> där man såg att enda möjligheten att hindra den typ av terrorbombningar som till exempel föreslås av Giulio Douhet i hans verk ”The Command of the air”,<sup>31</sup> var att

---

<sup>25</sup> Sveriges Regering, ”Regeringens proposition 2014/15:109 - Försvarspolitisk inriktning 2016-2020” 2015. S. 8

<sup>26</sup> Sveriges Regering. S. 65

<sup>27</sup> Sveriges Regering. S. 78

<sup>28</sup> Försvarsmakten, ”Militärstrategisk doktrin – MSD 16 2016” (Försvarsmakten, 2016). S. 6

<sup>29</sup> Försvarsmakten, ”Militärstrategisk doktrin – MSD 16 2016” (Försvarsmakten 2016). S. 33

<sup>30</sup> Lawrence Freedman, ”Deterrence” (Malden: Polity press, 2004). S. 9

<sup>31</sup> Giulio Douhet, ”The command of the air” (University of Alabama press, 2009).



demonstrera en egen kapacitet att göra detsamma. Det stora genomslaget för uttrycket kommer dock först i och med införandet av kärnvapen på den strategiska spelplanen.<sup>32</sup> Enligt Lawrence Freedman skall avskräckning ses som en typ av tvångsmaktsstrategi, där målet är att genom olika former av hot få en motpart att agera i linje med den egna partens önskemål. Tvångsmaktsbegreppet innefattar flera delar där de två centrala är "Compellence" och "Deterrence", i egen översättning att "tvinga" eller "avskräcka".<sup>33</sup> Den stora skillnaden ligger i vem som har initiativet, en tvingande strategi uttalar hot för att aktivt få en motpart att göra någonting eller att upphöra med en aktivitet som redan är initierad medan avskräckning är ett hot med syfte att en motpart inte skall våga påbörja en oönskad verksamhet.<sup>34</sup> Det är givet hotens natur också skillnader i vilka tidsrymder strategierna är användbara samt vilka typer av krav på motståndaren som kan vara relevanta.

För att hoten skall kunna ha den avsedda avskräckande effekten krävs främst två saker. För det första måste hoten kommuniceras på ett tydligt sätt så att de inte går att misstolka. Ett humoristiskt fiktivt exempel på ett misslyckande på denna punkt kan ses i Stanley Kubricks film "Doctor Strangelove" från 1964, där den sovjetiske premiärministern ännu inte hunnit tala om för världen att han har ett vapen som gör att alla anfall på Sovjetunionen kommer ända allt liv på jorden. Den andra nödvändiga faktorn är att kravet är trovärdigt. Lawrence Freedman och Srinath Raghavan talar om kostnaden som avgörande för ett hots trovärdighet. Detta kopplas lättast till kärnvapenkrigföring där även den egna kostnaden för motståndarens svar i en nukleär upptrappning måste vara del i kostnadskalkylen.<sup>35</sup> För svenskt vidkommande är som ovan beskrivet huvudstrategin att den militära kostnaden för en angripare, i form av förstörd eller bunden militär materiel och personal, skall vara större än den strategiska vinstens värde. Tröskelbegreppet har tidigare begränsat sig hit, något som är på väg att förändras i den allmänna debatten. På allt fler håll talas om en möjlighet att även kunna slå mot motståndaren på dess territorium; exemplen är flera, det kan vara bland annat med långräckviddig markmålsrobot (likt finska köpet av JASSM<sup>36</sup>), cyberkrigföring eller framskjuten offensiv minering.

Krister Andrén använder i sin rapport två grundbegrepp för att beskriva hur ett tröskelförsvaret mot Ryssland bör fungera, det han kallar avhållande förmåga. Dessa är "deterrence by denial", som syftar till att blockera angriparens möjligheter till att lyckas med angreppet, samt "deterrence by punishment", som syftar till att kunna åsamka angriparen så pass stora kostnader att viljan till anfall minskar eller försvinner. Klart är att småstater såsom Sverige i dagsläget inte har de ekonomiska förutsättningarna för att kunna hindra en stormakt att angripa landet, men däremot finns fortfarande möjligheten att åsamka angriparen stora förluster. För att säkerställa denna förmåga lyfter han fram fyra grundbultar, som enligt honom krävs för att de resurser vi ändå har ska kunna verka effektivt. Två utav dessa har bäring mot denna uppsats, "en angripare skall inte ges möjlighet att i ett tidigt skede slå ut våra mest kvalificerade förmågor" samt "Flyget, ubåtarna och arméförbanden måste utrustas med långräckviddiga precisionsvapen, främst kryssningsrobotar".<sup>37</sup> Den senare syftar till att införa en förmåga att kunna hota en angripare även på hemmaplan, något ett ubåtsvapen är ytterst lämpat till att genomföra, förutsatt att de lyckas kasta loss och nå operationsområdet oskadda, enligt den första strofen.

---

<sup>32</sup> Freedman. S. 12f

<sup>33</sup> Thomas C. Schelling, "Arms and influence" (New Haven: Yale university press). s. 69

<sup>34</sup> Paul D. Williams, "Security studies" (New York: Routledge, 2008). S. 208

<sup>35</sup> Williams. s. 210

<sup>36</sup> Michael Jonsson och Robert Dalsjö, "Beyond Bursting Bubbles. Understanding the Full Spectrum of the Russian A2/AD Threat and Identifying Strategies for Counteraction", FOI-R-4991-SE, June, 2020. S. 128

<sup>37</sup> Krister Andrén, "Krigsavhållande tröskelförmåga" FOI-R\_3852, 2014.

En annan FOI-rapport, skriven av Madelene Lindström och Fredrik Lindvall, fokuserar mer på den kommunikativa dimensionen av tröskelförsvaret.<sup>38</sup> Den använder sig också av begreppen hindra och bestraffa (*denial/punishment*) och nämner att båda handlar om att åsamka angriparen en kostnad, men är vidare i sin beskrivning av var denna kostnad kan bestå; man nämner saker såsom tidsåtgång, osäkerhet och prestige som potentiella kostnader som kan få angriparen att välja en annan väg. Författarna ger ett antal exempel på tröskelhöjande åtgärder som borde vara intressanta för svenskt vidkommande, varav följande är intressanta ur ubåtsperspektivet:

- Ökad militär närvaro och aktivitetsnivå i närområdet, förstärkt incident-beredskap
- Minskad sårbarhet för förbekämpning genom bättre skydd och utspridning
- Demonstrerad förmåga att genomföra verkanscykeln - från underrättelse-inhämtning, via målinvisning, till bekämpning
- Ökad förmåga till långräckviddig bekämpning och att trovärdigt kunna skada angriparens känsliga punkter, både som ett led i *denial* och i *punishment*

Robert Dalsjö gör i sin rapport "Fem dimensioner av tröskelförsvaret" ett försök att samordna begreppsfloran på ämnet, till del genom att sammanfatta sina kollegors rapporter och försöka skapa ett vidare analytiskt ramverk kring begreppet tröskelförsvaret. Han tydliggör att tröskel egentligen är ett vidare begrepp än avskräckning, då det också innehåller en komponent av faktiskt motstånd om avskräckningen misslyckas.<sup>39</sup>

## 2.2 Flexibilitet

Meir Finkel skriver om ett flertal olika typer av flexibilitet, vad han kallar sina fyra strator. Dessa är konceptuell och doktrinär flexibilitet, organisatorisk och teknisk flexibilitet, kognitiv- och lednings-flexibilitet samt mekanismerna för lärande och snabb kunskaps-spridning. Då detta är en uppsats med en teknisk utgångspunkt är hans tankar kring organisatorisk och teknisk flexibilitet mest intressanta. Dessa delar han upp i tre delar. Den första kallar han "versatility", förmågan hos ett vapen att verka flertalet olika mål. Här lyfter han som exempel den tyska 88 mm luftvärnskanonen, som också visade sig ypperlig i rollen som pansarvärnskanon under andra världskriget. Den andra är "changeability". Här åsyftas förmågan hos ett riktat system att kunna ändras och uppgraderas för att lösa helt andra uppgifter än vad det från början var tänkt att hantera. Den sista handlar om flexibilitet i utvecklingen av vapen. Här diskuteras hur en anskaffningsprocedur borde se ut för att ge köparen största möjliga flexibilitet. Tanken är att kunna utveckla ett flertal olika alternativ parallellt ända fram till prototypstadiet för att sedan i sista stund kunna besluta om ett större inköp när både prototypernas förmågor och hotbilden är så klara som möjligt.

Även den organisatoriska flexibiliteten står på tre ben,<sup>40</sup> balans, diversitet och redundans. Balansen handlar om att ha jämvikt mellan olika typer av enheter i sitt vapenslags struktur. Balansen mellan stridande enheter och stödenheter samt mellan manöver- och eldenheter är hos Finkel markstridskoncept, men går att applicera på sjö- och undervattensstriden. Diversiteten syftar till att inte låsa sig vid en enda vapentyp. Teorin är att ju effektivare och mer specifik

<sup>38</sup> Madelene Lindström och Fredrik Lindvall, "Vill du ha fred, rusta för krig", *Foi-R--4047--Se*, 2015.

<sup>39</sup> Robert Dalsjö, "Fem dimensioner av tröskelförsvaret", *FOI-R--4458--Se, September, 2017*. S. 15

<sup>40</sup> Meir Finkel, "On flexibility" (Stanford: stanford university press, 2011). S. 73

din arsenal är ju fortare kommer din motståndare att anpassa sig och hitta ett motmedel. Därför bör en flexibel arsenal bestå av flertalet breda vapensystem som överlappar varandra. Slutligen belyser han vikten av redundans, något som också är svårt för den ekonomiskt begränsade småstaten. Syftet är inte bara en stor numerär utan att ha flertalet olika system för att lösa samma grundproblem.

Finkels teori har Försvarsmakten anammat i form av doktrin. I *Doktrin för gemensamma operationer* beskrivs Finkels alla fyra strator av flexibilitet. Då det är en doktrin för den operativa nivån är fokus mer på flexibilitet i olika ledningsnivåer än på organisatorisk och teknisk flexibilitet.<sup>41</sup> Avsnittet tar också upp integrationstänkande, vilket i sina två första steg inbegriper koncepten kombinerade vapen och system i samverkan. Finkels diversitetsteori är en del i kombinerade vapen, en teori ursprungligen formulerad av Robert Leonhard<sup>42</sup> som syftar till att ha en förbandsstruktur som medger att olika verkansmedel inom förbandet kan samverka mot samma mål för att skapa en så komplex hotbild för motståndaren som möjligt. System i samverkan är fortsättningen på kombinerade vapen där olika system inom eller mellan försvarsgrenar kan samverka för att på så sätt påverka även högvärdiga och svåråtkomliga mål.<sup>43</sup> För att åstadkomma detta krävs att både system och personal är interoperabla med andra enheter både inom och utanför Sverige och Försvarsmakten.<sup>44</sup>

### 2.3 Juridiska faktorer

Autonoma systems legalitet har diskuterats flitigt under 2010-talet, då främst autonoma vapensystem. System med en sådan kapacitet finns redan, till exempel i form av de amerikanska fartygsburna luftvärnssystemen av Aegis- eller Phalanx-typ. I dessa system finns dock möjligheten för den mänskliga operatören att intervensera, att kliva in i loopen och ta kontroll över både målval och insats. De är dessutom väldigt specifika i vilka typer av mål som kan bekämpas och klarar inte av en komplicerad miljö. Diskussionen har två tydliga sidor, där ena ytterligheten är att automation måste vi hantera allt eftersom teknologier mognar i alla fall på många andra områden, därför kommer vi också lösa det när det gäller vapen också.<sup>45</sup> Den andra ytterligheten ser de juridiska och moraliska implikationerna som olösliga och strävar efter ett förbud på FN-nivå.<sup>46</sup>

Den juridiska problematiken är tudelad. Den ena delen avser oklarheter om dessa typer av vapensystem kan anses folkrättsliga över huvud taget, i sig själva eller dess möjliga applicering. Den andra handlar om tveksamheter kring var ansvaret för ett autonomt vapensystems handlingar kan och bör utkrävas.

Ett vapens folkrättsliga status ur teknisk synvinkel, kan sägas styras av två folkrättsliga regler. Den ena återfinns i artikel 51:4(b) i 1977 års tilläggsprotokoll (TP1) till 1949 års Genèvekonvention, rörande skydd för offren i internationella konflikter. Denna förbjuder användandet av

---

<sup>41</sup> Försvarsmakten, *"Doktrin för gemensamma operationer"* (Stockholm: Försvarsmakten, 2020). S. 44

<sup>42</sup> Robert R. Leonhard, *"The art of manouvre: manouver warfare theory and Airland battle"* (New York: Ballantine books, 1994).

<sup>43</sup> Försvarsmakten, *Doktrin för gemensamma operationer*. S. 47f

<sup>44</sup> Försvarsmakten, *Doktrin för gemensamma operationer*. S. 48

<sup>45</sup> Matthew Waxman Anderson, Kenneth, *"Law and Ethics for Autonomous Weapon Systems"*, Hoover Institution, Stanford University, 2012.

<sup>46</sup> Heather M. Roff, *"The Strategic Robot Problem: Lethal Autonomous Weapons in War"*, *Journal of Military Ethics*, 13.3 (2014) <<https://doi.org/10.1080/15027570.2014.975010>>; HRW, *Mind the Gap: The Lack of Accountability for Killer Robots*, HRW.org, 2015.

vapen som är urskillningslösa till sin natur. Det är alltså inte tillåtet att använda ett vapen som slår blint mot civila såväl som stridande. Som följd av denna artikel är till exempel användandet av sjöminor starkt reglerat, för att undvika en urskillningslös effekt från detta blinda vapen.<sup>47</sup> Den andra relevanta regeln återfinns i artikel 35:2 i samma tilläggsprotokoll och förbjuder vapensystem vars konstruktion riskerar att åsamka sina mål onödigt lidande eller överflödigt skada. Möjligen finns farhågan att då människan fjärras från det faktiska våldet blir det samvetsmässigt enklare att välja mindre moraliska verkansätt.<sup>48</sup>

Även om ett vapen efter granskning bedöms folkrättsligt godkänt måste fortfarande hänsyn tas till hur det används i praktiken. I folkrättsliga sammanhang är det framförallt tre principer som styr hur ett vapen får och inte får användas. Dessa är åtskillnadsprincipen, proportionalitetsprincipen och försiktighetsprincipen.

Åtskillnadsprincipen eller distinktionsprincipen som den också kallas återfinns traktatsfäst i artikel 48, 51 samt 52 i tilläggsprotokoll 1 till Genevekonventionen. Dess ursprung går att spåra till mitten av 1800-talet då det slogs fast att staters huvudsakliga mål med militära aktioner skall vara att försvaga motståndarens militära styrka.<sup>49</sup> Huvudsyftet med principen är att skydda civila individer och civil egendom från skador och anfall i krig. Det är dock inte enkelt, då till exempel civila som direkt deltar i striderna är legitima mål men uniformerade tjänstemän, till exempel tull och polis, utövar upprätthållande av allmän ordning och får inte anfallas. Vad som får anfallas och inte styrs av TP 1 artikel 43, 46, 47, 51 och 52.<sup>50</sup> Denna förmåga till särskiljning är stundtals problematisk för människor, varför utmaningen för en AI att göra korrekta bedömningar utifrån sina egna sensorer lär vara avsevärd.

Proportionalitetsprincipen<sup>51</sup> kräver att varje vapensinsats förväntade militära fördelar eller nytta vägs mot de oavsiktliga effekter (collateral damage) såsom civilt lidande och skadad egendom som uppkommer vid genomförandet. Principen är traktatsfäst i artikel. Denna princip kan kräva att operatören tänker ett steg längre då till exempel brytandet av en kraftmatningskabel förvisso kan ge en militär fördel, men om konsekvensen också är kännbar för till exempel ett samhälle med sjukhus mitt i vintern är det inte säkert att nyttan står i proportion till dessa civila konsekvenser. Återigen ställer detta mycket stora krav på ett autonomt system, antingen genom strikta, avgränsade handlingsregler eller ett mycket sofistikerat system för att kunna göra dessa bedömningar.

Slutligen försiktighetsprincipen.<sup>52</sup> Enligt denna skall allt som är praktiskt möjligt att göra för att kontrollera ett måls legitimitet (som mål) ha genomförts för att säkerställa att varken civila personer eller civil egendom utsätts för anfall. Vidare skall även alla möjliga försiktighetsmått vidtagits för att säkerställa att de valda anfallsmedlen och anfallsmetoderna är de mest lämpade för att minimera denna typ av skador. Om det blir uppenbart att denna typ av risker uppkommer skall beslut om att avstå eller avbryta anfall tas. Här styrs också att om ett val finns mellan två militärt likvärdiga mål skall det med minst risk för civila skador väljas. Detta skapar också stora utmaningar för det autonoma systemet i att göra komplexa bedömningar.

---

<sup>47</sup> UN, "San Remo Manual on International Law Applicable to Armed Conflict at Sea" (San Remo: UN, 1995). Art. 80-92

<sup>48</sup> HRW. S. 6

<sup>49</sup> Folkrättskommittén, "SOU 2010:72 Folkrätt i väpnad konflikt", 2010. S. 94

<sup>50</sup> Regeringskansliet, "Svensk manual" (Regeringskansliet red, Elanders Sverige AB 2010). S. 51-61

<sup>51</sup> Art. 51:5(b); art. 57:2(3) i TP 1

<sup>52</sup> Art. 57 i TP1

Det är inte omöjligt att till exempel en flygande autonom farkost kan få ett sådant sensorövertag att den rent av kan göra dessa bedömningar snabbare och bättre än en människa.<sup>53</sup> I undervattensfallet är förvisso de civila målen långt färre,<sup>54</sup> men sensordata är också långt mer tvetydig. Risk finns också att folkrättsbrott i form av att gömma sig bland civila och bakom civila skyddade symboler<sup>55</sup> blir den lätta vägen att skydda sig mot autonoma farkoster som är programmerade enligt försiktighetsprincipen.

Ett annat problem som lyfts är att autonoma vapen skapar ett glapp i de juridiska ansvarsförhållandena gällande folkrättsbrott. Argumentet är att då maskinen inte kan hållas ansvarig, samtidigt som den de facto valt ett eventuellt brottsligt agerande på eget bevåg, så finns ingen enskild människa att döma för det begångna brottet. Detta menar man skulle kunna urholka motivationen att följa krigets lagar<sup>56</sup>. Förespråkare menar att ansvaret endast flyttar ett steg upp, till den som planerar och tar beslut att insätta det autonoma vapnet.<sup>57</sup> Andersson och Waxman gör gällande att det inte är det personliga ansvaret som har störst effekt på efterföljandet av den humanitära folkrätten, utan de stridande parternas respektive ansvar.<sup>58</sup>

### 3. Metod

Den undersökning som genomförts är en utforskande fallstudie<sup>59</sup> av den svenska marinens potentiella behov av autonoma undervattenssystem. Ansatsen är strikt kvalitativ och baseras utöver de teoretiska ramarna främst på studie av tillgänglig litteratur på ämnet samt rapporter, tidskrifter och officiella hemsidor. Valet av fallstudie som strategi baseras på Yins tre betingelser; typ av forskningsfråga, kontroll över det aktuella skeendet och huruvida det rör sig om ett aktuellt eller historiskt skeende. Kontroll saknas fullständigt och karaktären är framåtblickande snarare än historisk, vilket tillsammans med en fråga av hur-karaktär gör fallstudier till ett lämpligt instrument.<sup>60</sup>

Det empiriska materialet har studerats och genom den förståelse för ämnet som uppnåddes har fyra koncept skapats, eller idealtypiska användningsområden.<sup>61</sup> Inom dessa koncept används autonoma system och dess olika teknologier på olika sätt och med olika syften. Vad som särskiljer dem beskrivs i respektive del av kapitel fem. Detta gör det möjligt att se vilka möjligheter och begränsningar tekniken sätter på användningsområdet utifrån de teoretiska ingångarna utan att samma teknologiska faktor behöver beröras flera gånger.

Det teoretiska ramverket har använts för att skapa en bas för analys av de möjliga koncepten och bedömandet av deras styrkor respektive svagheter. De ingående teoretiska delarna är på

---

<sup>53</sup> Anderson, Kenneth. S. 2

<sup>54</sup> Anderson, Kenneth. S. 12

<sup>55</sup> Regeringskansliet. S. 63-84

<sup>56</sup> HRW. S. 18-20

<sup>57</sup> Roland Haupt, "Autonoma vapensystems folkrättsenlighet", KKrvs Handlingar och tidskrift, Vol. 4, no. oktober/december, 2014 S. 136; UN, *Tilläggsprotokoll till Genève-konventionerna den 12 augusti 1949 rörande skydd för offren i internationella väpnade konflikter (Protokoll I)*, (no. PROTOKOLL I, 1978). Art. 49, 57

<sup>58</sup> Anderson, Kenneth. S. 16-17

<sup>59</sup> Robert K. Yin, "Fallstudier: design och genomförande", red. Liber (Stockholm, 2006). S. 33

<sup>60</sup> Yin. S.22-26

<sup>61</sup> Peter Esaiasson m.fl., "Metodpraktikan" (Stockholm: Walter Kluwer sverige AB, 2017). S.139-144

intet sätt heltäckande, utan urvalet syftar till att belysa konceptens användbarhet ur olika synvinklar, främst för den taktiske brukaren. De teoretiska utgångspunkterna operationaliserades för att tjäna som analysverktyg i bedömmandet av de framtagna konceptens kvalitéer och brister.

Inspiration till analysverktygets utformning har tagits från verktyget Military Utility<sup>62</sup> (Militär nytta) som tagits fram i samarbete mellan SAAB och Försvarshögskolan. Syftet med det verktyget är att kunna utröna om en specifik teknologi, gärna en färdig produkt, passar in i den tilltänkta brukarens arsenal och allmänna förutsättningar utifrån en specifik kontext framtagen just för den enskilda analysen. Detta görs genom att numeriskt värdera ett stort antal indikatorer som påverkar faktorerna effektivitet, lämplighet och överkomlighet. Delresultaten summeras för att ge ett värde på militär nytta. Då denna uppsats strävar efter att analysera konceptuella teknologier med en avsevärt lägre mognadsgrad blir många av ”militär nyttas” bedömningskriterier alltför specifika och att tillskriva dem ett värde vore alltför nära en gissningslek. Därför har jag valt att generalisera kategorierna till tröskelbidrag, potentiell flexibilitet, folk-rättslig passning samt en generell kostnadsbedömning av brukandet, för att på så sätt kunna värdera konceptens relevans för marinen idag. Bedömningen görs rent kvalitativt utifrån empirin och författarens förkunskaper.

### 3.1 Val av källor

Det finns i Sverige i nuläget fyra intressenter som är stora inom AUV-området. Två är statliga, FOI och FMV. Dessa båda har gjort studier på ämnet vilka kommer att användas som grund för kunskapsuppbyggnad och problembild i de delar informationen är av öppen karaktär. De andra två är SAAB Dynamics och SMaRC. SAAB har redan ett antal produkter som de saluför, men än så länge främst ROV:ar däremot ligger de långt framme i utvecklingen och har också genomfört ett antal intressanta studier. KTH har i samverkan med FMV, FOI, SAAB och några utländska intressenter startat projektet SMaRC, där utvecklingen av AUV:er bedrivs på ett flertal områden, civila såväl som militära. Därutöver har framför allt även amerikansk forskning och utveckling studerats, då den delvis är öppen och går raskt framåt.

### 3.2 Operationalisering

Nedan beskrivs hur respektive bedömningskategori kommer att hanteras. Tröskelbidrag och flexibilitet har klara kopplingar till teorin, så även juridiken till sina traktat medan kostnadsbegreppet är dels ekonomiskt och dels en extrapolering av de övriga koncepten på oss och på motståndaren. Alla delar av denna operationalisering kommer inte att vara applicerbara på samtliga koncept beroende på konceptets syfte.

#### 3.2.1 Tröskelbidrag

Ur teorin dras tre nyckelkoncept som kan ha relevans för svenskt vidkommande. Dessa är dels Deterrence by denial (hindrande) och deterrence by punishment (straffa). Dessa två principer kan kräva helt olika vapen men utesluter inte att ett system kan ge bidrag till bägge. Dels lyfts frågan om hur uthålliga våra system är om avskräckningen misslyckas, om de kommer att kunna fortsätta åsamka fienden kostnader efter en förstastridskontakt vid krigsutbrottet.

- Hur kan konceptet bidra till avskräckning genom att hindra?
- Hur kan konceptet bidra till avskräckning genom att straffa?

---

<sup>62</sup> Kent Andersson m.fl., "Military utility: A proposed concept to support decision-making", *Technology in Society*, 43 (2015), 23–32 <<https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2015.07.001>>.

- Om avskräckning misslyckas kan konceptet fortsätta att bidra med verkan över tid?

### 3.2.2 Flexibilitetspotential

De ledande orden i Meir Finkels organisatoriska/tekniska flexibilitetsteori är för den organisatorisk delen balans (mellan rörlighet/eldkraft, defensiva/offensiva förmågor och mellan stridande och stödjande enheter),<sup>63</sup> diversitet (olika typer av vapenplattformar som kompletterar varandra) och redundans (utveckla flera system utifrån olika funktionsprinciper). Ledorden för teknisk flexibilitet är mångsidighet (kan användas mot flera typer av mål), förändringsbarhet (möjligheten att modifiera systemet för andra syften än det den utvecklades för) samt flexibilitet i utvecklings och anskaffningsprocessen.<sup>64</sup> För att styra analysen har följande frågor tagits fram:

- Kan systemet ge ett balanserat bidrag till Marinen eller vilken typ av andra system krävs utöver dessa?
- Kan det utföra olika typer av uppgifter, slå mot olika typer av mål?
- Är systemet låst mot en enskild användare, eller kan det nyttjas/sjösättas/servas av flera olika typer av marina plattformar?
- Kan systemet samverka/koordinera sin insats med andra bemannade och obemannade system?
- Kan det anpassas enkelt och på kort tid till nya uppgifter/hot?

### 3.2.3 Juridisk passning

Den folkrättsliga problematiken begränsar inte konstruktionen av autonoma undervattensfarkoster i någon större utsträckning, utan snarare hur de används och vilka mandat den får, kopplat till teknologiska mognad. Följande frågor har därför använts för att utröna vilka begränsningar som bör betänkas.

- Vilka begränsningar måste läggas på systemet för att klara en folkrättslig prövning?
- Vilka folkrättsliga risker finns med systemets nyttjande?
- Hur stor effekt har eventuella folkrättsliga begränsningar på systemets användbarhet?

### 3.2.4 Kostnad

Kostnadsbegreppet som används här är inte begränsat till ekonomisk kostnad, utan försöker också ta hänsyn till personella resurser och politiska/diplomatiska kostnader, på en mycket låg nivå, för både egen sida och motståndarens.

- Relativt nu existerande system, vilken effekt kan man få för samma peng med det analyserade konceptet?
- Vilka typer av stödfunktioner krävs för att uppnå god användbarhet?
- Hur kostsamt är det för en potentiell motståndare att värja sig från hotet från systemet?
- Finns det risk för politiska kostnader för oss själva eller kan vi med systemets hjälp åsamka en motståndare sådana?

---

<sup>63</sup> Finkel. S. 74-82

<sup>64</sup> Finkel. S. 92-97

## 4. Uppdrags- och teknisk analys

Nedan föredras en sammanställning av möjligheter och begränsningar hos autonoma undervattensfarkoster som kan komma att bli aktuella för svenskt vidkommande. Den tekniska utvecklingen går framåt med mycket hög fart och framkanten på den vågen är för militära applikationer till största del hemlig. Av den anledningen är flera källor till synes något ålderstigna (>5 år gamla) men då det är konceptuella möjligheter och begränsningar som undersöks torde inte detta innebära mer än att det som sågs som möjligt tidigare nu kan vara produktifierat.

### 4.1 Uppdragstyper

AUV:er har en stor mängd möjliga applikationer. Här beskrivs vad ett flertal västerländska nationer publicerat öppet som möjliga användningsområden. Mest genomarbetad framstår en rapport från NATOs Combined Joint Operations from the sea centre of excellence, som är en guide för utveckling av marina obemannade system<sup>65</sup> inom NATO. Den får stöd med viss modifiering i Kanada,<sup>66</sup> projektdokumentation från SMaRC samt av tidigare uppdragsbeskrivningar för plattformar som det är önskvärt att ersätta eller komplettera med AUV-förmåga.<sup>67</sup> Uppdragstyperna kan gå i varandra och en och samma AUV, beroende på hur den är utrustad, kan tänkas genomföra flera av dem samtidigt eller i serie utan att återgå till bas för ombe-  
styckning.

#### 4.1.1 Spaning och inhämtning (ISR)

Spaningsuppdrag med AUV kan genomföras med ett flertal olika syften. I hemmavatten kan syftet vara att uthålligt bevaka en hamn och dess inlopp eller kontrollera vissa farleder. Dess ytterst begränsade signatur både över och under ytan gör att den med fördel kan användas för att avsöka en tänkt färdväg för en mer värdefull plattform innan denna ankommer och på så sätt hemlighålla den tänkta färdvägen in i det längsta. Längre ut kan syftet vara att inhämta elektromagnetisk och akustisk information, över såväl som under ytan. Den begränsade måla-  
rean, svaga signaturen samt avsaknaden av personal gör att en AUV kan komma närmare och ta större risker med låg upptäcktssannolikhet än vad en bemannad plattform med samma uppdrag kan göra. Syftet med sådan inhämtning kan variera från oceanografisk och botten-topografisk information inför andra insatser via kartläggandet av fasta sensorer eller fartygsrörelser till direkt målinvisning för vapeninsats.

Små undervattensfarkoster kan utöka räckvidden för både ubåtar och övervattensfartyg genom förmåga att ta sig in i farliga områden, vare sig faran ligger i fientlig verksamhet, trafiktäthet eller navigatoriska begränsningar. Hur hanteringen bör ske beror på syftet, hur tidskritisk informationen är samt vilken räckvidd som den installerade energibäraren ger. Om tid och räckvidd medger är det fördelaktigt att kunna sjösätta och bärga i hemmavatten, medan andra omständigheter eller syften gör luftfarkoster, ytfartyg eller ubåtar till lämpligare leverensplattformar. Informationsöverföringen bör också kunna ske antingen via vattnet till ubåt eller kommunikationsnoder eller vid ytan via radioantenn. Utvecklingsarbete kring denna uppdragstyp pågår bland annat på KTH, genom ett av SMaRCs typsenarion.<sup>68</sup>

---

<sup>65</sup> NATO's Combined Joint Operations from the Sea Centre of Excellence.

<sup>66</sup> Allard och Shahbazian.

<sup>67</sup> Lacroix m.fl.; Sherry Sontag, Christopher Drew, och Annette Lawrence Drew, "Blind mans bluff", New York (HarperCollins, 1999).

<sup>68</sup> KTH/SMaRC, *SMaRC SEC01-03* (Stockholm, 2019). SEC 01



De tekniska utmaningarna ligger främst kring energibärare med tillräckligt stor kapacitet för en större räckvidd kontra storlek och vikt, signaturreducering då plattformarna i nuläget i mångt och mycket bygger på civila komponenter som inte behöver ta dessa hänsyn samt långräckviddig dold kommunikation.<sup>69</sup>

#### 4.1.2 Minröjning

Redan idag är AUV:er en del i svensk minröjningsförmåga. Röjdykardivisionen nyttjar en äldre, handburen AUV utrustad med bland annat Side Scan Sonar för avsökning av botten i syfte att detektera minliknande föremål.<sup>70</sup> SAAB har även utvecklat en större AUV för bland annat minsök och bottenkartering, baserad på skalet från torped 62, ubåtsvapnets huvudbestyckning. Genom större uthållighet och Syntetisk Apertur Sonar (SAS) med egen dataanalys ombord uppnås större yttäckning och snabbare resultatanalys på bekostnad av enkelhet i hanteringen. Den är numera produktifierad och säljs under namnet AUV62 MR.<sup>71</sup> Dessa system kräver dock fortfarande att oskadliggörandet genomförs med röjdykare eller ROV från minjaktfartyg.

Eftersträvansvärt är en AUV som i tid och rum kan verka långt i förväg, sjösättas från i princip vilken plattform som helst samt åtminstone förbereda oskadliggörandet av funna minor helt autonomt. Ett sådant system skulle inte bara vara användbart för minröjning i hemmavatten utan möjliggöra för andra fartyg att röja sin egen väg i främmande vatten.

Tekniska utmaningar finns inte bara i uthållighet och hur oskadliggörande av minor skall lösas rent teknisk utan i stor utsträckning kring tolkandet av sonarinformationen. Idag tolkas sonarbilderna av en erfaren operatör varpå misstänkta föremål även identifieras optiskt med antingen röjdykare eller ROV, då det finns en uppsjö av minlika men ofarliga föremål på våra bottenar. Detta ställer stora krav på en AUVs bildigenkänningsförmåga, AI eller data från andra sensorer för att varken missa någon typ av mina eller förbruka ammunition på dumpade kylskåp och kundvagnar.<sup>72</sup>

#### 4.1.3 Ubåtsjakt

Inom ubåtsjakten finns ett flertal problemområden som AUV:er kan ha en positiv inverkan på. Inomskärs ubåtsjakt, framförallt mot miniubåtar och fientliga AUV:er, är ett område där dessa farkosters uthållighet, tysthet och ytterst begränsade djupgående ger stora fördelar. I hemmavatten kan en eller flera AUV:er samverka dels med varandra och dels med bemannade fartyg och fasta sensornätverk.<sup>73</sup> Under operationer utomskärs kan de även avlasta bemannade fartyg genom att fokuserat hålla operationsområdet fritt från fientliga undervattensaktiviteter.<sup>74</sup>

---

<sup>69</sup> NATO's Combined Joint Operations from the Sea Centre of Excellence. S. 8-10

<sup>70</sup> Kongsberg, "Remus 100 - Autonomous Underwater Vehicle", 2016  
<<http://www.km.kongsberg.com/hydroid%0Ahttp://hydroid.com/NewGenREMUS>>.

<sup>71</sup> SAAB, "AUV62MR, broschyr" (Linköping, 2015).

<sup>72</sup> NATO's Combined Joint Operations from the Sea Centre of Excellence. S. 11-13

<sup>73</sup> KTH/SMaRC. Sec 02&03

<sup>74</sup> Allard och Shahbazian. S. 7

En kostnadseffektiv applikation är också som mål vid ubåtsjaktövningar. En AUV kan både jagas som den är för att öva jakt på miniubåt/AUV eller genom pingrepeteterande sändar/mottagarutrustning simulera en större ubåt både inom- och utomskärs.<sup>75</sup> Motsvarande utrustning kan potentiellt även användas i vilseledande syfte i flertalet olika situationer.<sup>76</sup>

Då signaturutvecklingen på konventionella ubåtar har gjort stora framsteg är numera det sannolika upptäcktsavståndet mellan två ubåtar mycket litet, vilket gör duellsituationen till en chansartad företeelse. För att råda bot på detta, kan AUV:er nyttjas för att öka ubåtens sensorräckvidd och eventuellt även vapenräckvidd genom att samarbeta med en eller flera AUV:er i ett team (MUM-T, man-unmanned machine team).<sup>77</sup> Motmedel, anti-torped-torpeder eller en självuppförande livvaktsfunktion kan också nyttjas för att skydda en bemannad ubåt eller annat eskortobjekt.

Att förfölja en motståndares ubåtar från lämnandet av hamn eller annan förträngning och ett fortsatt följande under dess uppdrag är en klassisk verksamhet hos kärnvapennationerna.<sup>78</sup> Detta är en uppgift som man ser att AUV:er kan lösa långt billigare än en reaktordriven attackubåt med mer än 100 personers besättning. För svenskt vidkommande har detta inte varit aktuellt i modern tid, men om motståndaren uppdaterar sin ubåtsflotta i östersjön med till exempel kryssningsrobot, taktiska ballistiska missiler(TBM) eller hotar en för oss kritisk överskeppning så kan det vara önskvärt, särskilt som de geografiska förutsättningarna i Östersjön är goda för ändamålet.<sup>79</sup>

Tekniskt är det framförallt egensignatur, räckvidd och hur att bestycka farkosten som är utmanande. Graden av automation vad gäller det senare får stora konsekvenser för inte bara folk-rätten utan också hur man säkerställer att inte anfalla egna enheter utan att dessa behöver röja sin egen närvaro.<sup>80</sup>

#### 4.1.4 Inspektion

I ett basområde finns risken att allt från någon form av terroristorganisation placerat sprängämnen(IED) på kajer eller skrov till att en fientlig AUV placerat ut minor eller rent av fäst sig själv på till exempel ett ubåtskrov<sup>81</sup> i syfte att kunna skada eller röja densamma senare. Att skydda sig från detta är i nuläget ett tidsödande arbete som involverar både besättningar och dykare<sup>82</sup> men kan istället lösas med AUV.

System för inspektioner finns idag och används civilt i framför allt energibranschen till sjöss och utvecklas mot allt större automation,<sup>83</sup> men utveckling sker också för robotar som skall vårda till exempel musselodlingar.

---

<sup>75</sup> SAAB, "AUV62AT, broschyr" (Linköping, 2014).

<sup>76</sup> NATO's Combined Joint Operations from the Sea Centre of Excellence. S. 25

<sup>77</sup> Bengtsson, Woltjer, och FOI. S. 9f

<sup>78</sup> Sontag, Drew, och Drew. S. 183-196

<sup>79</sup> NATO's Combined Joint Operations from the Sea Centre of Excellence. S.13-16

<sup>80</sup> NATO's Combined Joint Operations from the Sea Centre of Excellence. S. 15

<sup>81</sup> Rory Medcalf and others, "the future of the undersea deterrent: a global survey indo-pacific strategy series *The Future of the Undersea Deterrent: A Global Survey*" (National security collage, Australia 2020). S. 74-78

<sup>82</sup> NATO's Combined Joint Operations from the Sea Centre of Excellence. S. 16-18

<sup>83</sup> Jiajun Shi m.fl., "Automated underwater pipeline damage detection using neural nets", ICRA 2019 Workshop on Underwater Robotics Perception., 2019.

#### 4.1.5 Oceanografi och hydrografi

Detaljerad kunskap om hela vattenvolymens karakteristik i operationsområdet är en stor taktisk fördel. Skall verksamhet bedrivas på eller i anslutning till annans territorium är risken stor för en negativ kunskapsdifferens gentemot motståndaren. Utjämnandet av detta kunskapsglapp görs med fördel medelst autonoma farkoster. Flera nationer nyttjar så kallade Gliders<sup>84</sup> för att över tiden samla in data kring strömmar, ljudhastigheter, skikt och vattenvolymens optiska karaktär. Mer detaljerad information som till exempel bottenpografi och bottenbeskaffenhet kräver dock mer sofistikerade farkoster.

Dessa data kan samlas in av de flesta enheter i en modern flotta, men dolda autonoma farkoster medger mer framförhållning, mindre risk för provokation och tillgång till i övrigt otillgängliga eller omstridda områden.<sup>85</sup> Tekniken för denna typ av uppdrag är redan tillgänglig.

#### 4.1.6 Kommunikation

En ubåt eller en bottenfast sensor utan trådförbindelse till land vill ogärna emittera något, vare sig ljud eller elektromagnetisk strålning, i onödan och med högre effekt än vad nöden kräver. Penetrerandet av vattenytan med antenn skapar en risk för exponering mot motståndarens sensorer.<sup>86</sup> En AUV kan ta sig runt bland fast utlagda sensorer och samla på sig data som sedan antingen överförs till en ubåt i bakkant av operationsområdet eller sänds via radio till mottagare i land. En sådan farkost skulle också kunna tjäna som budbärare åt en ubåt som av någon anledning inte vill riskera att röja sig själv.

#### 4.1.7 Lastbärare

Det finns många användningsområden för AUV:er som kan bära och leverera laster.

- Byggandet av sensornätverk eller utplacering av enskilda sensorer av olika slag.
- Dold minutläggning.
- Vapenbärare för tyngre vapensystem för framskjuten tidskritiskt användande.
- Utplacering av vapensystem, till exempel torpedminor med tillhörande sensorer och kommunikationsnoder.
- Förutplacering av materiel eller leverans av underhåll till specialförband.
- Min-neutraliseringsammunition

Denna funktionstyp förekommer som en nödvändig stödfunktion i flera andra uppdragstyper och tjänar inget egentligt egensyfte, utan utformningen måste bero på det uppdrag som stöds. De tekniska utmaningarna ligger främst på räckviddskrav, ballasthantering för att kunna manövrera både med och utan last samt stor navigationsnoggrannhet.<sup>87</sup>

#### 4.1.8 Informationsoperationer

Informationsoperationer i en NATO-kontext syftar till att vilseleda, avskräcka och störa en fiende<sup>88</sup> medan det för svenskt vidkommande enligt gällande doktrin främst är informations-spridning i syfte att stärka den svenska stridsviljan och bilden av vår avskräckande förmåga,

---

<sup>84</sup> Farkoster med ingen eller liten förmåga till egen framdrivning, de nyttjar istället strömmar eller små förändringar i sin egen flytkraft för framdrift.

<sup>85</sup> NATO's Combined Joint Operations from the Sea Centre of Excellence. S.18-20

<sup>86</sup> Medcalf m.fl. S. 16

<sup>87</sup> NATO's Combined Joint Operations from the Sea Centre of Excellence.S. 22-24

<sup>88</sup> NATO's Combined Joint Operations from the Sea Centre of Excellence. S. 23

samt att främja förutsättningarna för stöd från tredje part. Dock påpekas att möjligheten till proaktiva och offensiva informationsoperationer övervägs och ses som en väsentlig del i att åstadkomma verkan.<sup>89</sup> Utan att den senare möjligheten aktiveras är AUV:ns roll begränsad till underrättelseinhämtning genom avlyssnandet av motståndarens kommunikation över eller under ytan samt genom utlagda undervattenskablar.

Tas en mer offensiv stans finns stora möjligheter att med AUV:er sprida vilseledande information eller störa motståndarens sambandsvägar både under och över vattenytan. Inte bara militär kommunikation kan störas utan även civila frekvenser skulle kunna nyttjas för att inom ett begränsat område sända meddelanden till befolkningen i motståndarens hamnområden. Även kabelburna sambandsvägar kan störas eller förstöras, antingen för att förhindra motståndarens samverkansförmåga eller för att bana väg genom till exempel ett sensornätverk för andra aktörer. En AUV kan också utrustas med sändare för att fingera en större ubåt och då användas som skenmål som vilseleder, stör, provocerar eller tröttar ut motståndarens ubåtsjaktförmågor.<sup>90</sup>

Tekniskt sett finns teknologin tillgänglig och begränsas mest av samma önskemål om större uthållighet som de flesta andra applikationer. Förmåga att avlyssna och påverka fiberoptiska kablar på ett icke-förstörande vis är önskvärt, men inte kritiskt.

#### 4.1.9 Fjärrbekämpning

Idag saknar Sverige förmåga att påverka en motståndare på dennes hemmaplan, undantaget möjligtvis cyberangrepp eller användande av specialförband. Frågan har sporadiskt kommit upp i svensk försvarsdebatt, kanske tydligast från dåvarande försvarsminister Karin Enström 2014,<sup>91</sup> med visst stöd även från socialdemokrater.<sup>92</sup> Frågan är omstridd, men central för *Den-terence by punishment*.<sup>93</sup>

Ett sätt att skapa denna förmåga är att ta fram eller införskaffa en markmålsrobot för avfyrning under vatten. Att kunna avfyrna nära målområdet erbjuder överraskningseffekt och en större chans att penetrera motståndarens luftvärnssystem. Historiskt har ubåtar haft denna uppgift i stor utsträckning. En sådan förmåga, koncentrerad till det redan minimalistiska svenska ubåtsvapnet skapar dock en än större hotbild mot dessa fåtaliga plattformar.

Ett antal robotbestyckade AUV:er kan däremot kontinuerligt befinna sig till sjöss till en låg kostnad för att kunna administrera det tilltänkta straffet. Avfyrningen kan ske på olika sätt beroende på hur sofistikerat vapnet är, från att ha placerats på botten i förväg där vapnen flyter upp och skjuts iväg från kanistrar på given signal till att AUV:n intar ”ytläge” för att skjuta till exempel dagens RBS15 ur lätt modifierade, trycktätade tuber.<sup>94</sup>

---

<sup>89</sup> Försvarsmakten, "Doktrin för gemensamma operationer". S. 64

<sup>90</sup> NATO's Combined Joint Operations from the Sea Centre of Excellence.

<sup>91</sup> Mats Eriksson, "regeringen vill ha kryssningsrobot", *Sveriges Radio*, 2014  
<<https://sverigesradio.se/artikel/5844253>>.

<sup>92</sup> SREkot/TT, "Även S vill utrusta JAS med kryssningsrobot", 2014  
<<https://sverigesradio.se/artikel/5845192>>.

<sup>93</sup> Andrén, *Krigsavhållande tröskelförmåga S. 14*; OSCAR JONSSON, "Sveriges försvar behöver kryssningsrobotar", Svenska dagbladet, 2018.

<sup>94</sup> NATO's Combined Joint Operations from the Sea Centre of Excellence. S. 26-27

Ubåtsavfytrade sjömåls- och kryssningsrobotar finns redan i många varianter världen över. De tekniska utmaningarna består snarare i tillräcklig uthållighet och smygförmåga för en så pass stor plattform som blir aktuellt, samt tillräckligt robust och dold kommunikationsförmåga för att kunna styra avfyrningen på ett trovärdigt sätt från en stat under anfall.

## 4.2 Styrning och kommunikation

### 4.2.1 Kommunikationsmetoder

När det saknas en fysisk förbindelse med land finns två huvudvägar att kommunicera med farkoster som befinner sig under vattnet. För räckvidder över ett fåtal kilometer i Östersjön krävs radiokommunikation, vilket ger god räckvidd och datatakt men har två taktiska nackdelar; för dubbelriktad kommunikation krävs att antenner exponeras ovanför vattenytan med detektion från stora avstånd som följd.

- Satellitkommunikation ger enorm räckvidd och hög datatakt. Det är dock känsligt för störningar och kräver tillgång till satelliter.
- Kortvåg är gångbart för kommunikation inom svenska närliggande intresseområden men är tämligen utrymmeskrävande och lätt att pejla.
- VHF/UHF kräver att motparten är inom radiohorisonten.
- Långvåg kan användas för att sända information till en undervattensfarkost på begränsat djup utan att den bryter ytan, till exempel aktivering av en tidigare förberedd anfallsorder. Tvåvägskommunikation är inte möjligt.
- Under vatten kan radiofrekvent elektromagnetisk strålning användas men med kort räckvidd, kring 10 m.<sup>95</sup>

Olika former av akustisk undervattenskommunikation har funnits länge och utvecklas kontinuerligt. Datatakten är beroende av utsänd frekvens och en högre frekvens, med högre datatakt, dämpas mer i vatten vilket ger en kortare räckvidd än en lägre frekvens med en lägre datatakt. Följaktligen är också en lägre frekvens detekterbar på större avstånd, i röjningshänseende. Försök i Stilla havet med mycket låg frekvens har uppnått räckvidder över 1000 km,<sup>96</sup> men förutsättningarna i Östersjön är mer komplicerade med följderna att sådana räckvidder inte är att förvänta sig. Akustisk kommunikation är också detekterbar över större avstånd än de är praktiskt användbara, särskilt gällande de frekvenser och uteffekter som är aktuella för stora räckvidder. Röjningsrisken parat med den för långa avstånd låga datatakten gör tekniken mest lämpad för aktiveringssignaler av tidigare förberedda uppdrag eller kommunikation på mycket korta avstånd,<sup>97</sup> inte kontinuerlig avrapportering av till exempel sensordata.

Optisk kommunikation är under stark utveckling, framförallt genom användande av laser på olika våglängder. Fördelarna är dels en hög datatakt, dels att det är svårt att detektera och avlyssna på större avstånd. Det senare innebär också att den praktiskt användbara räckvidden är begränsad. Under goda förutsättningar kan räckvidder uppåt 100 m och datatacter så högt som

---

<sup>95</sup> Mohammad Furqan Ali m.fl., "Underwater Communications: Recent Advances", *researchgate conference papers*, April, 2019. Avs. III

<sup>96</sup> F Mosca m.fl., "Low-frequency source for very long-range underwater communication", *2013 OCEANS - San Diego*, 2013.

<sup>97</sup> Salvador Climent m.fl., "Underwater acousticwireless sensor networks: Advances and future trends in physical, MAC and routing layers", *Sensors (Switzerland)*, 14.1 (2014).

12.4 Gigabit per sekund<sup>98</sup> (jämför ca 0.1-100 Kilo bit per sekund för långräckviddig akustisk kommunikation). Försök genomförs inte enbart genom bara vatten utan också mellan undervattensfarkoster och en luftburen motpart, där brytningen i övergången mellan luft och vatten är mer gränssättande än avståndet mellan ytan och den luftburna parten.<sup>99</sup>

#### 4.2.2 Hur autonomisera och till vilken grad?

En farkost eller ett vapen kan ha olika nivåer av autonomi, beroende på konstruktion eller av en mänsklig operatör situationsanpassat utifrån rådande omständigheter. Ofta delas graden av autonomi in i fyra nivåer:<sup>100</sup>

1. Människostyrd: farkosten tar inga beslut själv utan styrs fullt ut av en mänsklig operatör.
2. Delegerad styrning: farkosten kan genomföra vissa begränsade åtgärder på egen hand, efter delegering.
3. Övervakat: farkosten har fått en uppgift och gör vad som krävs för att utföra den, men övervakas av en operatör.
4. Full autonomi: farkosten har fått en uppgift och utför den utan mänsklig inblandning. Finns kommunikationsmöjligheter kan en människa avbryta, om inte agerar farkosten fullt ut tills uppgiften är slutförd.

Med tanke på de begränsade kommunikationsmöjligheter undervattensmiljön erbjuder är det sannolikt att AUV:er i de flesta fall befinner sig i nivå fyra och undantagsvis i nivå tre. Detta ställer mycket stora krav på kvalitet och tillförlitlighet hos farkosternas sensorer och förmåga att tolka data från dessa.

För att en AUV ska kunna tolka och agera utifrån sin omvärld krävs därför någon form av AI. I sin enklaste form är den regelbaserad, något som till exempel kan skapas genom att programmera in sjötrafikföreskrifternas väjningsregler i en styrdator. Utvecklingen har dock gått raskt framåt genom neurala nätverk och deep learning.<sup>101</sup>

Neurala nätverk är en form av algoritm som inspirerats av hur animaliska hjärnor fungerar, på en basal nivå. Dess komplexitet och teoretiska prestanda styrs av hur många lager eller datanoder ingående data filtreras igenom innan en tolkning levereras. Detta nätverk tränas genom deep learning där systemet matas med mycket stora mängder data eller iterationer av vad man vill att det ska lära sig. Resultatet blir en smal men kompetent algoritm. Nackdelarna är dock flera. Systemet måste utbildas, vilket kan vara en utmaning om lite data finns kring det tänkta användningsområdet. Det är fokuserat på lösandet av en specifik uppgift. Vi saknar också inblick i hur den slutgiltiga funktionen ser ut, det är svårt att kontrollera att systemet inte har några felbeteenden förrän en situation uppstår. Detta kan leda till att förtroende för dessa system inte kommer räcka till för att exempelvis ge ett

---

<sup>98</sup> Mahsa Sharifzadeh och Mahsa Ahmadirad, "Performance analysis of underwater wireless optical communication systems over a wide range of optical turbulence", *Optics Communications*, 427.June (2018), 609–16 <<https://doi.org/10.1016/j.optcom.2018.07.029>>. S. 609f

<sup>99</sup> Rashmita Sahoo, Sanjay Kumar Sahu, och Palanisamy Shanmugam, "Estimation of the channel characteristics of a vertically downward optical wireless communication link in realistic oceanic waters", *Optics and Laser Technology*, 116.October 2018 (2019), 144–54 <<https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2019.03.023>>.

<sup>100</sup> NATO's Combined Joint Operations from the Sea Centre of Excellence. S. 74

<sup>101</sup> Scharre. S. 86f

autonomt system mandat att själv avgöra när vapeninsats ska ske inom en överskådlig framtid.<sup>102</sup>

### 4.3 Energibärare

Den största utmaningen för att göra AUV:er framgångsrika är att lyckas bära med sig tillräckligt mycket energi. Energibäraren är gränssättande för den multidimensionella vipp-bräda som konstruktören måste förhålla sig till när denne sätter prestandan på övriga system. Sensorer, framdrivning, styrning och kommunikation är konsumenter vars energibehov avgör hur stor energikapacitet som behövs för att uppnå en önskad uthållighet och driftsprofil.<sup>103</sup>

#### 4.3.1 Batterier

De två dominerande batterityperna ombord på dagens AUV:er är nickelmetal-hydrid- och olika varianter av lithium-jon-batterier. Det senare har upptill dubbelt så hög energitäthet men är behäftat med vissa säkerhetsrisker, framförallt brandrisk vid laddning.<sup>104</sup> En lithiumbrand är mycket svårsläckt och därför oönskad på ombord.

Studerar olika datablad från tillverkare framgår att uthålligheten för de flesta kommersiella system av lite större storlek ligger mellan 8-48 h, med vissa avsteg uppåt 70 h. Dessa system har oftast ett fartregister mellan 3-6 knop och uthålligheten mäts under optimala förhållanden, det vill säga i låg fart och inte inräknat några längre förflyttningssträckor i högre farter.

#### 4.3.2 Bränsleceller

Bränslecell finns i en mängd olika varianter och applikationer, från hjälpkraft på segelbåtar till luftoberoende framdrivning på ubåtar. Energitätheten i rent syre och väte är långt större än något jämförbart batteri vilket potentiellt ger en avsevärt större uthållighet hos en jämförbar plattform.

Bränsleceller har prestandafördelar, men också nackdelar. Säkerheten är ett problem, väte och syre är explosivt tillsammans och väte är dessutom en svår gas att hålla instängd. Detta ger framförallt problem vid påfyllning och förvaring av systemet, något som försöker lösas genom fasta väte-bärare, till exempel genom att låta aluminium reagera med sjövattnen för att bilda vätgas.<sup>105</sup> Den av nöden stängda atmosfären i en AUV skapar flera utmaningar med att anpassa kommersiella bränsleceller till bruk under ytan, då fukt, förorenande gaser, värme och vatten är svåra att göra sig av med när ventilation inte är möjlig. Förbrukning av gaser innebär också farkostens vikt och viktbalans ständigt förändras, vilket kräver potentiellt skrymmande system för att kompensera detta. Dessa begränsningar gör att bränsleceller än så länge bara är aktuellt på större farkoster, då hanteringssystemen blir skrymmande och de mindre komplicerade batterierna blir mer fördelaktiga på mindre AUV:er.<sup>106</sup>

---

<sup>102</sup> Ibid S. 124-130

<sup>103</sup> Larson. S. 86f

<sup>104</sup> Epectec, "cell comparison" <<https://www.epectec.com/batteries/cell-comparison.html>>.

<sup>105</sup> Helge Weydahl m.fl., "Fuel cell systems for long-endurance autonomous underwater vehicles – challenges and benefits", *International Journal of Hydrogen Energy*, 45.8 (2020), 5543–53 <<https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.05.035>>. S. 5544

<sup>106</sup> Helge Weydahl (n 105) S. 5545-5547

### 4.3.3 Nukleära alternativ

Kärnkraft är i västvärlden något kontroversiellt i nuläget. Reaktorer är dyra och politiskt känsliga, särskilt i en applikation som riskerar att bekämpas med vapenmakt. Ryssland har en kärnkraftsdriven AUV med extrem prestanda.<sup>107</sup> AUV:n framställs mer som en kärnvapentorped, men med andra uppgifter och bestyckning skulle en sådan farkost till exempel kunna patrullera ett sund under decennier utan att behöva bunkra.

Det finns också olika former av radioaktiva batterier. De har dock en liten energitäthet och levererar lite momentan effekt, men gör det uthålligt över väldigt lång tid. De är därför inget alternativ för farkoster, men väl för lågaktiva fasta sensorer som har en ytterst liten stilleståndsström.<sup>108</sup>

## 4.4 Sensorer

Utvecklingen bland olika sensorer under vattnet är mycket bred. Under vattnet dominerar akustiska sensorer och över ytan används framförallt radar eller optiska sensorer. För kortare räckvidder finns även elektromagnetiska sensorer och lasersensorer. Viktigaste skiljelinjen går mellan aktiva och passiva sensorer, där aktiva ger en god omvärldsuppfattning men röjer den egna närvaron medan passiva sensorer ger en sämre och mer svårtolkad bild av verkligheten, med fördelen att ens närvaro inte röjs.

## 4.5 Hanteringssystem

Hur farkoster skall hanteras är ett avancerat problem med nästan lika många lösningar som det finns AUV:er. Större system, liksom den amerikanska XLUUV:en är helt självständiga och tar sig själva från kaj.<sup>109</sup> I andra stora system används antingen ett större stödfartyg där det lyfts upp och ned med kran eller dockas i vagga på en större ubåt. Mindre handburna system sjösätts antingen från kaj eller mindre båtar. De större svenska AUV:er som är i bruk använder samma formfaktorer som ubåtarnas tunga torpeder och har därför möjligheten att nyttja deras torpedtuber för sjösättning och hemtagning.<sup>110</sup>

Hantering av AUV:er ombord ställer krav på utrustning och personal. Statistiska undersökningar har visat att chansen för ett framgångsrikt uppdrag med så kallade Gliders (små farkoster som saknar eller har mycket begränsad framdrivning) är större om farkosterna hanteras och underhålls av dess utvecklare än om de hanteras av slutkund, vilket kan peka på att systemförståelse är viktigt för ett framgångsrikt nyttjande.<sup>111</sup> Möjligheten finns också att nyttja så kallad soft-docking där både information och energi kan överföras trådlöst på nära håll.

---

<sup>107</sup> Amy F. Woolf, *Russia's nuclear weapons: Doctrine, forces, and modernization\**, Key Congressional Reports for August 2019: Part VI, 2020. S. 24f

<sup>108</sup> Mark A. Prelas m.fl., "A review of nuclear batteries", *Progress in Nuclear Energy*, 75 (2014), 117–48 <<https://doi.org/10.1016/j.pnucene.2014.04.007>>.

<sup>109</sup> Boeing, "Echo Voyager", *Boeing product sheets*, 2019, 1–3.

<sup>110</sup> SAAB, "AUV62MR, broschyr"; SAAB, "AUV62AT, broschyr"; SAAB, "SUBROV", *SAAB broschure*, 2009.

<sup>111</sup> Mario P. Brito och Gwyn Griffiths, "Updating autonomous underwater vehicle risk based on the effectiveness of failure prevention and correction", *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 35.4 (2018), 797–808 <<https://doi.org/10.1175/JTECH-D-16-0252.1>>. S. 3-4



## 5. Konceptuell analys

AUV:ers användningsområden har här grupperats i fyra olika koncept. Olika uppdragstyper kan förekomma i flera av dem i varierande grad. Den avgörande skiljelinjen är vems verksamhet som stöds och hur.

### 5.1 Bunden AUV

Med bunden AUV avses här användandet av AUV:er i syfte direkt stödja en ubåt i dess omedelbara verksamhet. Detta sker genom direkt interaktion mellan ubåten och en eller flera autonoma farkoster som antingen sjösatts av eller har mött upp och tar order från den bemannade ubåten. Dessa kan nyttjas för taktisk vilseledning, utsträckande av sensorräckvidder, stöd i självskydd (agera/bära motmedel eller självskyddsvapen), påverkan på motståndarens sensorer eller verkanssystem under vattnet samt vapenbärare vid en större koordinerad insats.

Konceptets främsta bidrag till tröskelförmåga ligger i att säkra och förstärka ubåtars funktion och manöverfrihet. En minskad förmåga för fienden att skydda sig mot undervattenshotet ger ubåtsvapnet större sannolikhet att kunna hindra den verksamhet denne vill bedriva till sjöss, vilket kan ge åtminstone bibehållen avskräckande effekt.

Möjligheten att bestraffa finns i form av stöd till specialförband, blockering av hamnar genom framskjuten minering eller möjligen en koordinerad insats med markmålsrobot ur en mycket framskjuten position. En större överlevnadschans till sjöss och en eventuell förmåga att minsöka eller i bästa fall även minröja på egen hand inför ingång i skärgård för förrådskomplettering stärker även ubåtens möjlighet att fortsätta störa fiendens verksamhet efter ett krigsutbrott.

Då ubåten kontrollerar farkosternas verksamhet och direkt kan uppdatera dess uppdrag eller styrprofil samt eventuellt ta ombord och byta moduler kan en flexibel och balanserad verkan uppnås. Både kommunikation och hantering kan dock utsätta ubåten för en risk. Det finns inget som hindrar att systemen levereras till operationsområdet eller tas hem av andra plattformar än ubåten så länge kommunikation och rendezvous kan koordineras.

Autonom insats mot främmande torpeder eller ubåtar kan vara problematisk då all sensorinformation under vattnet kan vara tvetydig, det finns alltid en risk att vad som låter som en ubåt eller ett örlogsfartyg kan vara ett mycket stort handelsfartyg respektive ett kryssningsfartyg och torpeden kan vara en utombordare. Å andra sidan behöver inte en AUV vara lika försiktig som en ubåt och kan därför nyttja till exempel aktiva sensorer för att säkerställa måltyp innan insats. Systemet kan också användas så att egen ubåt är inom hörhåll och kan avbryta en eventuell vapeninsats vid tveksamhet, därför ses inga folkrättsliga hinder för ett ubåtsnära uppträdande. Målval vid minering eller robotinsats finns ingen anledning att automatisera och därmed ligger det folkrättsliga ansvaret för sådana insatser på den planerande nivån.

Stöd av relativt billiga autonoma system kan bidra till en högre effekt och högre överlevnadschans för befintliga ubåtar; därmed är kostnaden avsevärt lägre än om samma effekt fiktiva redundans skulle uppnås med en ökad numerär av bemannade ubåtar. I detta koncept måste ubåten anpassas både tekniskt och personellt i hög grad för att nyttja systemen fullt ut, vilket kan få konsekvenser för andra uppgifter ubåten har. Tekniken tvingar motståndaren att hantera ett ubåtsshot även i områden som tidigare varit fredade (grundområden, hamnar) samt upp-

datera sina ubåtsjaktssystem för att hantera även mycket små undervattensfarkoster. En fjärrstyrd förmåga till markmålsbekämpning på motståndarens territorium kan vara politiskt känslig och ses som provokativ, men torde vara försumbar om ett angrepp redan har inletts.

## 5.2 Obundet ubåtsstöd

Till obundet ubåtsstöd räknas här aktiviteter som inte kräver direkt samverkan med en bemannad farkost vid själva genomförandet utan som kan vara till stöd för lösandet av ubåtsflottilljens uppgifter. Aktiviteter kan vara uthållig spaning i ett begränsat område mot en specifik företeelse, inhämtande av data för normalbildsövervakning, kartering, lokalisering av motståndarens sensornätverk, insamlande av data för hydrografisk/oceanografisk analys av nytt operationsområde, utplacering av sensornätverk, påverkan på motståndarens infrastruktur eller patrullering och inspektion av egen undervattensinfrastruktur.

Även om dessa aktiviteter är till stor nytta för försvaret av svenskt sjöterritorium i allmänhet och övrig ubåtsverksamhet i synnerhet är inte effekten lika enkel att signalera utåt. Därför kan dess avskräckande påverkan vara något mindre om inte någon form av demonstration kommer till stånd, som till exempel att främmande undervattensverksamhet avslöjas och avbryts med hjälp av dessa system. Däremot kan resultatet av dessa aktiviteter användas för att säkerställa och underlätta stöd från tredje part, vilket är en del av svensk avskräckningsstrategi. Med tillräckligt uthålliga system och pålitlig långräckviddiga kommunikationsmöjligheter finns också möjlighet till markmålsbekämpning och framskjuten minering även utan stöd av bemannade enheter i närområdet, vilket potentiellt vore svårare att hantera för motståndaren än det tidigare konceptet. Innan uthållighet och autonomi utvecklats så pass att AUV:er kan bestyckas och utgöra ett hot utan kontakt med mänskliga operatörer är det också bara den redan insamlade informationen som utgör ett uthålligt bidrag till svenskt försvar efter ett krigsutbrott.

Konceptet ställer mycket höga krav på nivån av automation. Utan möjlighet till autonom vapenverkan ger det mest ett stödjande bidrag till övriga stridande enheter. Sett som en kompletterande del till undervattensstridens övriga delar så ger den systemet som helhet balans genom att överta mindre kvalificerade uppgifter från de stridande enheterna.

Uppdragslängd och brist på effektiv kommunikation gör det svårt att förändra farkosternas beteende eller uppdrag under pågående verksamhet, ledande till ett mindre flexibelt nyttjande. Utplacerade ladd/kommunikationsstationer eller spontan soft-docking med annan enhet kan dock erbjuda en möjlighet att styra uthålliga AUV:er mer flexibelt med bibehållet smygupp-trädande.

Utän bestyckning är konceptet folkrättsligt problemfritt och så även om det har programmerats med förutbestämda mål. Autonomt målval ställer däremot mycket stora krav. Även en begränsad insats på eget bevåg, som att förstöra en kraft- eller kommunikationskabel kan orsaka onödigt lidande för civilbefolkningen. Därför är en obunden autonom farkost begränsad till en stödjande funktion intill dess teknologin för omvärldsanalys är långt mer utvecklad än idag.

Långa uppdrag med monotona uppgifter är den typ av verksamhet där användandet av AUV istället för konventionell ubåt är som mest kostnadseffektivt.<sup>112</sup> Då hanteringen och underhållet med fördel sköts av enheter i land undviks ytterligare belastning på de sjögående enheternas organisation och plattformar. Utan risk för autonoma vapeninsatser behöver inte en

---

<sup>112</sup> Larson. S. 63f

motståndare vidta några större åtgärder, mer än att ständigt vara medveten om att vara observerad. Däremot finns en risk att en kontinuerligt övervakad motståndare försöker avbryta den genom politiska påtryckningar, till exempel genom att hävda sig provocerad, vilket skulle kunna ha politiska konsekvenser för Sverige.

### 5.3 Ubåtsjakt

Stöd till ubåtsjaktförmågan kan ske genom uthållig patrullering inomskärs, avsökning på grunda vatten där fartygsburna system inte kan agera, stödja eskorterande förband vid fri eller bunden ubåtsjakt utomskärs samt skuggning av och eventuell insats mot motståndarens ubåtar vid utlöp eller motsvarande.

I nuläget är det konventionella ubåtshotet i Östersjön så pass begränsat att det är svårt att hävda att en markant höjning av ubåtsjaktförmågan skulle ha en direkt tröskelhöjande effekt. Även om inte ett sådant hot tillförs, vilket inte är omöjligt, så pågår utvecklingen av kompetenta AUV:er också på andra sidan Östersjön vilket är något Sverige också måste kunna skydda sig mot. Att påvisa att Sverige kan hantera ett sådant hot kan verka avskräckande. En demonstrerad förmåga att hävda sin territoriella integritet signalerar också försvarsvilja både inåt och utåt. Autonoma enheter på eget territorium kan också vara ett hot även långt efter att den bemannade flottan är bekämpad.

En AUV avsedd för ubåtsjakt skulle både kunna vara en uthållig spaningsresurs och ett vapensystem, antingen genom bestyckning eller att själv vara utrustad med en stridsdel. Därmed kan den både agera stödjande som en del i ett lag eller själv lösa en ubåtsjaktuppgift. Utöver att jaga ubåt skulle den också kunna utgöra ett hot, om än dess verkan är begränsad, mot yfartyg som passerar bevakningsområdet, i likhet med våra nuvarande ubåtsjakttorpeder. Då konsekvenserna av att röja sig på eget territorium inte är lika stora som vid annan ubåtsverksamhet är kommunikation inte ett avgörande problem, varpå samverkan med andra, bemannade eller obemannade, enheter kan göras nästan obehindrat. Med rätt format kan den sjösättas lika väl från fartyg, lastbil som helikopter eller ubåt.

I hemnavatten uppstår inga folkrättsliga problem utom risken för att skada egen befolkning. Begränsar man vapeninsatser mot mål som konstaterats vara under vattenytan kan dessa även genomföras i fredstid med stöd i §15 IKFN-förordningen. Det återstår att se om förtroendet för autonoma system blir högt nog för att någon skall våga släppa ett skarpt vapen fritt i fredstid, men det är tekniskt möjligt. För att få maximal effekt av en farkost med uppgift att skugga främmande ubåtar från deras hemmahamn kan det krävas en gränsöverträdelse, farkosten måste också veta när den skall släppa förföljelsen om gränskränkningar inte är acceptabla.

De ekonomiska och personella kostnadsskillnaderna mellan ett autonomt system och en motsvarighet, till exempel en spanbåt<sup>113</sup> blir avsevärda då AUV:n oförtröttligt kan arbeta dygnet runt och med rätt infrastruktur under väldigt långa perioder. En tillräckligt stor anskaffning kan göra det oekonomiskt för en motståndare att använda sig av undervattensdomänen och tvingar denne att lösa sina uppgifter på andra, eventuellt mindre kostnadseffektiva sätt. Att lösa problem med kommunikation och uthållighet är lättare i hemnavatten än annorstädes.

---

<sup>113</sup> Försvarsmakten, "inomskärs ubåtsjakt"

<<https://www.forsvarsmakten.se/sv/aktuellt/2019/04/ateruppbyggandet-av-inomskarsubatsjakt-ett-behov-som-alltid-har-funnits/>>.

## 5.4 Minröjning och basskydd

Minröjande AUV:er behöver inte vara specifikt tilldelade ett särpräglad minröjningsförband utan skulle kunna bäras av vilken plattform som helst, från ryggsäck till ubåt. I basskyddsfunktionen ingår både inspektion av kajer och fartyg innan losskastning/förtöjning och ett skydd för basområdet mot motståndarens dykare, miniubåtar eller AUV:er.

Konceptet syftar inte till att vara avskräckande i sig självt utan till att säkerställa att stridande enheter kommer till sjöss och säkert kan föra en uthållig strid över tid. En ubåts-portabel minsplanings/röjningsfunktion kan dock möjliggöra insatser på motståndarens hemmaplan.

Minröjning och basskydd är rent stödjande, defensiva aktiviteter men viktiga möjliggörare för offensiva enheter. Med tillräcklig teknikmognad kan ett autonomt minröjningssystem ge offensiva effekter, genom t.ex möjliggörande av landstigning. För att kunna användas så flexibelt som möjligt krävs att systemet kan hantera hela kedjan från detektering till identifiering och neutralisering vilket ställer höga krav på sensorer och datorkraft. Som vapen räknat är det dock snävt inriktat och svårt att merutnyttja.

Juridiskt sett är den största risken skador på egen civilbefolkning. Detta medför begränsningar i vilka insatsregler systemen kan ha i fredstid. Hur ett vapen för att freda en bas från dykare utformas kan ha betydelse, då onödigt lidande skall undvikas även gentemot kombattanter.

Minröjning och kajsök/skrovinspektion är idag både tids- och personal-krävande. En autonomisering kan effektivisera förloppet, även om inte alla delar av röjningen kan utföras av AUV. Den stora vinsten finns i att frånta en motståndare möjligheten att med små medel oskadliggöra dyrbara enheter i eller på väg till och från bas. Därmed tvingas denne att antingen riskera sina egna kvalificerade enheter i strid eller uppträda försiktigare med dessa.

## 5.5 Sammanfattning

	Tröskel	Flexibilitet	Krigets lagar	Kostnad
Bunden AUV	Bibehållen förmåga att hindra, utökade möjligheter att straffa, större överlevnadschans	Begränsat eget flexibelt uppträdande, med risker. Snabb anpassning till ny uppgift	Inom räckhåll för egen ubåt – inga begränsningar, förutsatt robust och icke röjande kommunikation	Nära befintlig teknologi – låg ek. kostnad, ökar kraven på mots. Ubåtsjaktförmåga i hög grad.
Obundet ubåtsstöd	Uthållig närvaromen tröskeleffekten är beroende av tredje part eller långtgående teknisk utveckling	Stor potential som flexibelt tillskott, kräver utveckling av AI och energisystem	Hänsyn till krigets lagar begränsar konceptets potential inom tröskeleffekt avsevärt	För uthållig spänning ekonomiskt och personellt och kostnadseffektivt. Kan anses provocativt över tid.
Ubåtsjakt	Låg effekt i sig själv, bidrar med förhindrande av förbekämpning av andra enheter. Signaleffekt.	Stor bruksbredd i egna vatten med robust kommunikation	Med enbart mål undervatten är risk för civila skador begränsad, lättare att acceptera autonomi	Billig signaleffekt vid uppvisande av förmåga, tvingar motståndaren till sämre förberedelser
Minröjning och basskydd	Påverkan som möjliggörare och som svårbekämpad resurs i längden.	Begränsat defensivt syfte, om än viktigt	Begränsat gentemot säkerheten för tredje part.	Stor potentiell besparing förutsatt att hotbild mot hamnar och leder finns.

Färgkodningen ovan baseras på att mörkgrönt är bra och mörkare röd är dåligt utifrån ett när-tida perspektiv med en begränsad hotbild, en AI-utveckling som inte medger full autonomi med vapeninsats samt de energibärare som är tillgängliga idag.

## 6. Slutsatser

*Hur bör anskaffningen av Autonoma Undervattenssystem fokuseras för att öka Marinens bidrag till Sveriges tröskelförmåga?*

Utifrån sammanfattningen av analysen i kap. 5.5 dras slutsatsen att fokus bör ligga på att nyttja AUV:er till att säkerställa och utveckla befintliga ubåtars möjligheter till verkan och rörlighet. Detta stöds dels av att tiden innan en ökad tröskeleffekt bedöms som kortast i det fallet, då potentialen finns och tekniken är nära mognad. Dels skapar en sådan anskaffning kunskap, erfarenhet och provplattformar för att möjliggöra övriga koncept fullt ut.

De stora fördelarna nås när autonomi kan fungera fullt ut, för att komma dit måste det övas, experimenteras och ”läras”, då uppnås störst tröskeleffekt oavsett applikation, i nuläget dämpas denna möjlighet av tekniska, etiska och folkrättsliga begränsningar. Enklaste vägarna framåt torde därför vara att utveckla farkoster för bundet ubåtsstöd och MCM. På detta sätt kan mer avancerade styrfunktioner och funktioner snabbt testas under realistiska förhållanden, samtidigt som brukarna bygger erfarenhet och kan ge ett allt bättre stöd till utvecklarna allteftersom erfarenhetsbredden ökar.

## 6.1 Möjliga synergier

En gemensam formfaktor för så många av ovan nämnda applikationer som möjligt kan bana väg för ett kostnadseffektivt och flexibelt system. På så vis kan hanteringssystem standardisera; en typ av plattform kan bärga, modifiera och återanvända en farkost som en helt annan plattform sjösatt.

En modulär konstruktion möjliggör också ett flexibelt användande, om man kan förändra bestyckning eller sensorpark hos farkosten enbart genom att byta en sektion. Detta görs idag då man byter noskon på torpeder för att växla mellan övningsfunktion och skarp stridsdel, om än på verkstad. En sådan modularitet skulle inte bara främja ett flexibelt användande och en interoperabilitet mellan marinens olika enheter, utan också underlätta inkorporerandet av nya funktioner och uppgraderingar i framtiden.

## 6.2 Reliabilitet och validitet

Uppsatsens reliabilitet<sup>114</sup> bygger på att metod, teori och empiri är tydligt redovisade i sin helhet. Operationaliseringen kan skapa osäkerhet då redovisningen av analysresultaten inte innefattar sådana delfrågor som befunnits irrelevanta för analys av ett specifikt koncept. Med samma teoretiska och empiriska utgångspunkt bör dock samma slutsats dras av nästa forskare, därmed också slutresultatet.

Den externa validiteten<sup>115</sup> är inte självklar, men analysmodellen bör kunna användas för att studera framtida tekniska koncept, så länge teorierna fortfarande anses ha relevans för utformandet av en försvarsmakt. Att generalisera resultaten är möjligt mot en högre abstraktionsnivå, men gentemot en annan teknologi i en annan kontext blir det svårt, då undervattensmiljön är så pass säregen.

Begreppsvaliditet<sup>116</sup> har tillgodosetts genom att i möjligaste mån nyttja flera källor för att bekräfta empirin. Intern validitet är föga applicerbart då uppsatsen inte söker efter några kausala samband utan strävar efter att utforska ämnets möjligheter.<sup>117</sup>

## 6.3 Framtida forskning

Det är av stor vikt att skattebetalarnas medel får största möjliga effekt där riksdagen beslutar att de skall läggas. Därför är forskning kring framtagande och anskaffning av framtida teknik ett svårt men intressant ämne, vilket inte minst den historiska tidigare forskningen visar. Som Linda Johansson belyser i sin artikel om robotar och samhällsutvecklingen, att den tekniska utvecklingen är svår att metodologiskt modellera då den växelverkar med samhällets utveckling,<sup>118</sup> är militär robotutveckling ett samspel med politiken och motståndarens utveckling. Denna uppsats ger en metod avsedd att försöka stödja processen, militär nytta är en annan. Problematiken har flera bottnar som belyses i kapitlet om tidigare forskning. Därför är både processen som nyttjas i till exempel Sverige intressant att studera, både kring tidigare anskaffningar och hur processen bedrivs kring kommande sådana. Vilka befattningshavare som deltar och på vilka grunder dessa gör sina val kan både förklara äldre materiels beskaffenhet och

---

<sup>114</sup> Yin. S. 59

<sup>115</sup> Yin. S. 57f

<sup>116</sup> Yin. S. 54

<sup>117</sup> Yin. S. 56f

<sup>118</sup> Johansson. Paper VII S. 17

stödja införskaffandet av ny. Att tekniskt värdera kostnader numeriskt för svenska förhållanden likt Larsons<sup>119</sup> uppsats för de amerikanska, skulle kunna stödja eller delvis avfärda slutsatserna här ovan. En sådan estimering skulle dock bygga på skyddade uppgifter i dagsläget och måste därför avvakta tills tekniken är mer mogen och kostnaderna mer transparenta.

---

<sup>119</sup> Larson.

## Referenser

- Adamsky, Dima, *The culture of innovation* (Stanford, CA: Stanford university press, 2010)
- Agrell, Wilhelm, *Fredens illusioner* (Malmö: Atlantis, 2010)
- Allard, Yannick, och Elisa Shahbazian, *Unmanned Underwater Vehicle (UUV) Information Study*, 2014
- Anderson, Kenneth, Matthew Waxman, "Law and Ethics for Autonomous Weapon Systems", *Hoover Institution, Stanford University*, 2012
- Andersson, Kent, Martin Bang, Carina Marcus, Björn Persson, Peter Sturesson, Eva Jensen, m.fl., "Military utility: A proposed concept to support decision-making", *Technology in Society*, 43 (2015), 23–32 <<https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2015.07.001>>
- Andrén, Krister, *Krigsavhållande tröskelförmåga FOI-R\_3852*, 2014
- Bengtsson, Kristofer, Rogier Woltjer, och FOI, *Autonomi och obemannade system*, 2017
- Bijker, Wiebe E., *Of Bicycles, Bakelites, and Bulbs* (Massachusetts: Massachusetts Institute of technology, 1997)
- Boeing, "Echo Voyager", *Boeing product sheets*, 2019, 1–3
- Brito, Mario P., och Gwyn Griffiths, "Updating autonomous underwater vehicle risk based on the effectiveness of failure prevention and correction", *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 35.4 (2018), 797–808 <<https://doi.org/10.1175/JTECH-D-16-0252.1>>
- Climent, Salvador, Antonio Sanchez, Juan Vicente Capella, Nirvana Meratnia, och Juan Jose Serrano, "Underwater acoustic wireless sensor networks: Advances and future trends in physical, MAC and routing layers", *Sensors (Switzerland)*, 14.1 (2014)
- Dalsjö, Robert, "Fem dimensioner av tröskelförsvar", *FOI-R--4458--Se*, September, 2017
- Dalsjö, Robert, Berglund Christofer, och Michael Jonsson, *Bursting the bubble*, 8. *Säkerhetspolitik* (Stockholm, 2019), FOI-R-4651
- Douhet, Giulio, *The command of the air* (University of Alabama press, 2009)
- Epectec, "cell comparison" <<https://www.epectec.com/batteries/cell-comparison.html>>
- Eriksson, Mats, "regeringen vill ha kryssningsrobot", *Sveriges Radio*, 2014 <<https://sverigesradio.se/artikel/5844253>>
- Esaiasson, Peter, Mikael Gilljam, Henrik Oskarsson, Ann Towns, och Lena Wängnerud, *Metodpraktikan* (Stockholm: Walter Kluwer sverige AB, 2017)
- Finkel, Meir, *On flexibility* (Stanford: stanford university press, 2011)



Folkrättskommittén, *SOU 2010:72 Folkrätt i väpnad konflikt*, 2010

Försvarmakten, *Doktrin för gemensamma operationer* (Stockholm: Försvarmakten, 2020)

Försvarmakten, ”inomskärs ubåtsjakt”

<<https://www.forsvarsmakten.se/sv/aktuellt/2019/04/ateruppbyggandet-av-inomskarsubatsjakt-ett-behov-som-alltid-har-funnits/>>

Försvarmakten, *Militärstrategisk doktrin – MSD 16 2016* (Försvarmakten, 2016)

Freedman, Lawrence, *Deterrence* (Malden: Polity press, 2004)

Frühling, Stephan, och Guillaume Lasconjarias, ”NATO, A2/AD and the Kaliningrad challenge”, *Survival*, 58.2 (2016), 95–116

<<https://doi.org/10.1080/00396338.2016.1161906>>

Furqan Ali, Mohammad, Dushantha K Nalin Jayakody, Tharindu D Ponnimbaduge Perera, Kathiravan Srinivasan, Abhishek Sharma, och Ioannis Krikidis, ”Underwater Communications: Recent Advances”, *researchgate conference papers*, April, 2019

Gisslén, Linus, *Artificiell intelligens, teknisk prognos FOI-R-3919*, 2014

Grissom, Adam, *The future of military innovation studies, Journal of Strategic Studies*, 2006, XXIX

Haupt, Roland, ”Autonoma vapensystems folkrättsenlighet”, *KKrva Handlingar och tidsskrift*, 4.oktober/december (2014)

Heo, Jinyeong, Junghoon Kim, och Yongjin Kwon, ”Technology Development of Unmanned Underwater Vehicles (UUVs)”, *Journal of Computer and Communications*, 05.07 (2017), 28–35

Holm, Carl-Johan, ”Minsökning med obemannad autonom undervattensfarkost och syntetisk apertursonar” (Försvårshögskolan, 2014)

HRW, *Mind the Gap: The Lack of Accountability for Killer Robots*, *HRW.org*, 2015

Jansson, Nils-Ove, *Omöjlig ubåt* (Nils-Ove Jansson, 2014)

Johansson, Linda, ”Autonomous systems in society and war” (KTH, 2013)

Jonsson, Michael, och Robert Dalsjö, ”Beyond Bursting Bubbles. Understanding the Full Spectrum of the Russian A2/AD Threat and Identifying Strategies for Counteraction”, *FOI-R-4991-SE*, June, 2020

JONSSON, OSCAR, ”Sveriges försvar behöver kryssningsrobotar”, *Svenska dagbladet*, 2018  
<<https://www.svd.se/sveriges-forsvar-behover-kryssningsrobotar>>

Kongsberg, ”Remus 100 - Autonomous Underwater Vehicle”, 2016

<<http://www.km.kongsberg.com/hydroid%0Ahttp://hydroid.com/NewGenREMUS>>

KTH/SMaRC, *SMaRC SEC01-03* (Stockholm, 2019)

KTH, "SMaRC", 2020 <<https://smarc.se/>>

Lacroix, F.W., Robert W. Button, Stuart E. Johnson, och John R. Wise, *A concept of operations for a new deep-diving Submarine* (Santa Monica: RAND, 2001)

Larson, Richard Winston, "Disruptive Innovation and Naval Power": (MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY, 2014)

Leonhard, Robert R., *The art of manouvre:manouver warfaretheory and Airland battle* (New york: Ballantine books, 1994)

Lindström, Madelene, och Fredrik Lindvall, "Vill du ha fred, rusta för krig", *Foi-R--4047--Se*, 2015

Medcalf, Rory, Katherine Mansted, Stephan Frühling, och James Goldrick, *THE FUTURE OF THE UNDERSEA DETERRENT: A GLOBAL SURVEY INDO-PACIFIC STRATEGY SERIES The Future of the Undersea Deterrent: A Global Survey* (Acton: National security collage, Australia, 2020)

Mosca, F, G Matte, V Mignard, och M Rioblanc, "Low-frequency source for very long-range underwater communication", *2013 OCEANS - San Diego*, 2013

NATO's Combined Joint Operations from the Sea Centre of Excellence, *NATO Guidance for Developing Maritime Unmanned Systems (MUS) Capability*, 2012

Prelas, Mark A., Charles L. Weaver, Matthew L. Watermann, Eric D. Lukosi, Robert J. Schott, och Denis A. Wisniewski, "A review of nuclear batteries", *Progress in Nuclear Energy*, 75 (2014), 117–48 <<https://doi.org/10.1016/j.pnucene.2014.04.007>>

Regeringskansliet, *Svensk manual*, red. Regeringskansliet (Stockholm: Elanders sverige AB, 2010)

Roff, Heather M., "The Strategic Robot Problem: Lethal Autonomous Weapons in War", *Journal of Military Ethics*, 13.3 (2014) <<https://doi.org/10.1080/15027570.2014.975010>>

SAAB, "first steel cut for saab kockums a26 submarine", 2015 <<https://saabgroup.com/media/news-press/news/2015-09/first-steel-cut-for-saab-kockums-a26-submarine/>>

SAAB, "AUV62AT, broschyr" (Linköping, 2014)

SAAB, "AUV62MR, broschyr" (Linköping, 2015)

SAAB, "Saab Autonomous underwater vehicles", 2020 <[https://saab.com/naval/underwater-systems/autonomous-underwater-vehicles/auv62\\_at/](https://saab.com/naval/underwater-systems/autonomous-underwater-vehicles/auv62_at/)>

SAAB, "SUBROV", *SAAB brochure*, 2009

Sahoo, Rashmita, Sanjay Kumar Sahu, och Palanisamy Shanmugam, "Estimation of the channel characteristics of a vertically downward optical wireless communication link in realistic oceanic waters", *Optics and Laser Technology*, 116.October 2018 (2019), 144–54 <<https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2019.03.023>>

Scharre, Paul, *Army of none* (New York: W. W. Northon & Company, 2018)

Schelling, Thomas C., *Arms and influence* (New Haven: Yale university press)

Sharifzadeh, Mahsa, och Mahsa Ahmadirad, "Performance analysis of underwater wireless optical communication systems over a wide range of optical turbulence", *Optics Communications*, 427.June (2018), 609–16 <<https://doi.org/10.1016/j.optcom.2018.07.029>>

Shi, Jiajun, Wenjie Yin, Yipai Du, och John Folkesson, "Automated underwater pipeline damage detection using neural nets", *ICRA 2019 Workshop on Underwater Robotics Perception.*, 2019

Sontag, Sherry, Christopher Drew, och Annette Lawrence Drew, *Blind mans bluff*, New York (HarperCollins, 1999)

SREkot/TT, "Även S vill utrusta JAS med kryssningsrobot", 2014 <<https://sverigesradio.se/artikel/5845192>>

Svenmarck, Peter, och Kristofer Bengtsson, *Förmågor hos framtidens intelligenta enheter [FOI-R--4665--SE]*, 2018

Sveriges Regering, *Regeringens proposition 2014/15:109 - Försvarspolitisk inriktning 2016-2020* (Stockholm, 2015)

UN, *San Remo Manual on International Law Applicable to Armed Conflict at Sea* (San Remo: UN, 1995)

UN, *Tilläggsprotokoll till Genève-konventionerna den 12 augusti 1949 rörande skydd för offren i internationella väpnade konflikter (Protokoll I)*, 1978

Weydahl, Helge, Martin Gilljam, Torleif Lian, Tom Cato Johannessen, Sven Ivar Holm, och Jon Øistein Hasvold, "Fuel cell systems for long-endurance autonomous underwater vehicles – challenges and benefits", *International Journal of Hydrogen Energy*, 45.8 (2020), 5543–53 <<https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.05.035>>

Wigert, Lars, "Röjdykarna i vått och torrt" (Svenskt militärhistoriskt bibliotek, 2017)

Williams, Paul D., *Security studies* (New York: Routledge, 2008)

Woolf, Amy F., *Russia's nuclear weapons: Doctrine, forces, and modernization\**, *Key Congressional Reports for August 2019: Part VI*, 2020

Ya, Yedidia, "The Littoral Arena : A Word of Caution", *The U.S. Naval War College*, 48.2

(1995)

Yin, Robert K., *Fallstudier: design och genomförande*, red. Liber (Stockholm, 2006)