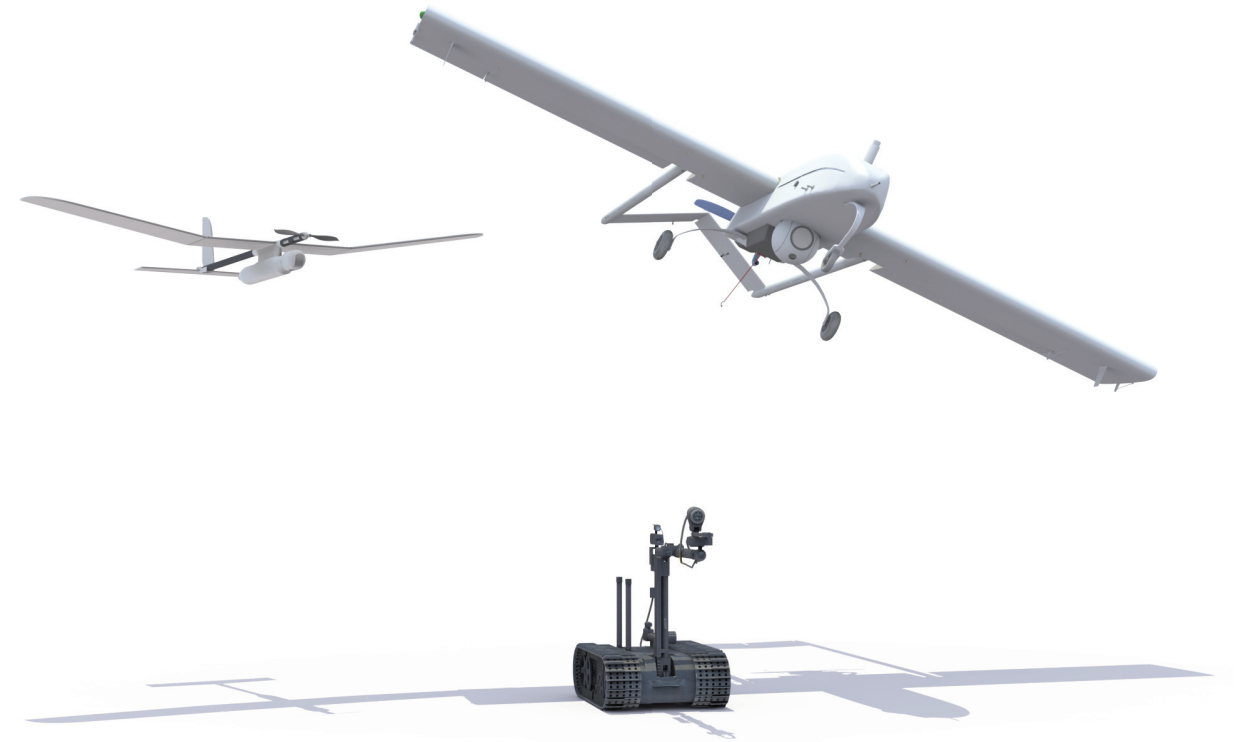


P. BULL, P. ÖGREN (EDS.), P. GRAHN, G. HILLERSTRÖM,  
P. JOHANSSON, M. JÄNDEL, J. KARLHOLM, R. KARLSSON,  
L. LUNDGREN, L. LÖFGREN, T. MÅRTENSSON, P. NILSSON,  
F. NÄSSTRÖM, A. RENSFELT, J. ROBINSON, J. SCHUBERT,  
M. SPARF, P. SVENMARCK, P. THOREN, M. ULVKLO

FOI  
FHS



FOI  
Totalförsvarets forskningsinstitut  
164 90 Stockholm

Tel: 08-55 50 30 00  
Fax: 08-55 50 31 00

[www.foi.se](http://www.foi.se)



Försvärshögskolan  
Box 278 05  
115 93 Stockholm

Telefon: 08-553 425 00  
Fax: 08-553 425 98

[www.fhs.se](http://www.fhs.se)

FOI-R--3319--SE  
ISSN 1650-1942

Januari 2012

P. Bull, P. Ögren (Eds.), P. Grahn, G. Hillerström,  
P. Johansson, M. Jändel, J. Karlholm, R. Karlsson,  
L. Lundgren, L. Löfgren, T. Mårtensson,  
P. Nilsson, F. Näsström, A. Rensfelt, J. Robinson,  
J. Schubert, M. Sparf, P. Svenmarck, P. Thoren,  
M. Ulvklo

Förstudie obemannade farkoster

Titel	Förstudie obemannade farkoster
Title	Unmanned Vehicles: Overview and Recommendations
Rapportnummer	FOI-R--3319--SE
Månad	Januari
Utgivningsår	2012
Antal sidor	123
ISSN	ISSN-1650-1942
Uppdragsgivare	Försvarsmakten
Projektnummer	E28226
Godkänd av	Lars Höstbeck
Ansvarig avdelning	Informations- och aerosystem

FOI Totalförsvarets forskningsinstitut

Detta verk är skyddat enligt lagen (1960:729) om upphovsrätt till litterära och konstnärliga verk. All form av kopiering, översättning eller bearbetning utan medgivande är förbjuden

## Sammanfattning

Obemannade farkoster används allt oftare, och i allt fler roller, i dagens konflikter. Denna rapport ger en bred överblick över området militära obemannade farkoster, samt rekommendationer för inriktningen av framtida FoU-satsningar inom området.

Överblicken över området har fokus på både system, förmågor och verksamheter som är relevanta för Försvarmakten. Genom att låta de insatsförmågor som definieras i FMUP (Försvarmaktens utvecklingsplan) gå som en röd tråd genom rapporten, både när specifika system diskuteras och när möjliga scenarier där obemannade farkoster kan vara till nytta beskrivs, har vi försökt hålla både bredd och relevans i dokumentet.

Rekommendationerna vilar på en genomgång av de inriktningsdokument som producerats i Försvarmakten, t.ex. Perspektivplaneringen och FMUP, besök vid de enheter som dagligen använder obemannade farkoster, UAV-enheten i Karlsborg och Swedec i Eksjö, samt den områdesöverblick som nämns ovan. Slutsatserna är att den effektivaste kompetensuppbyggnaden och kunskapsöverföringen fås om man skapar breda tvärvetenskapliga projekt inom respektive systemkategori (UAV, UGV, etc) med nära kontakter till materieförsörjningsprocessen och perspektivplaneringen. Dessa kan samla kompetensen inom FHS och FOI, övervaka forskningsfronten genom att bevaka tävlingar, konferenser samt delta i internationella samarbeten, samt överföra det samlade resultatet till Försvarmakten genom demonstrationer av verkliga eller simulerade delsystem och interaktiva simuleringar av hela system. Just systemsimuleringar kan göras särskilt realistiska, eftersom interaktionen med de riktiga obemannade systemen till stor del sker igenom kontrollstationernas datorer. På så sätt skapas en känsla för både hot och möjligheter med de nya systemen, vilket gagnar både taktikutveckling och materielprocesser.

## Nyckelord

Obemannade farkoster, robotik, UAV, UGV, AUV, ASV

## **Abstract**

Unmanned vehicles are being used in many conflicts around the world today. This report gives a broad overview of the field of unmanned vehicles, and includes suggestions of how a future research activity within the field might look like.

The overview is focussed on both systems and capabilities, as well as activities that are relevant for the Swedish Armed forces. By applying the capability areas defined in the armed forced development plan (FMUP) to both commercial systems and possible scenarios, we strive to limit the scope of the report to the most relevant topics.

The recommendations are based upon a review of the development documents of the Swedish Armed Forces, as well as visits to units operating unmanned systems today, and the overview described above. The suggestions are as follows. Broad, cross-disciplinary projects focussing on system types, e.g. UAV, UGV etc, should be formed. These should be interacting with the procurement process, and different level of planning activities. They should also bring together competencies across FHS and FOI, survey current research state-of-the-art, through competitions, conferences and collaborations, and transfer the results to the armed forces through demonstrations and simulations of systems and subsystems. Simulations in particular are well suited to illustrate the benefits and drawbacks of a particular unmanned systems, as the interaction with such systems is mostly carried out through the computers of the control stations, even for the real systems. In this way, participants from the armed forces can get a feeling for both threats and possibilities associated with the different future and contemporary systems, which will be of use to both tactic development and procurement activities.

## **Keywords**

Unmanned Vehicles, Robotics, UAV, UGV, AUV, ASV

# Innehåll

<b>1</b>	<b>Inledning</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>Bakgrund: Obemannade farkoster i FMUP och Perp</b>	<b>11</b>
2.1	Inledning . . . . .	11
2.2	PerP 2009 – Det militärstrategiska utfallsrummet . . . . .	14
2.3	PerP 2010 – En arbetslägesbeskrivning . . . . .	14
2.4	Försvarsmaktens utvecklingsplan 2011 . . . . .	14
2.5	Regeringens proposition 2008/09:140 Ett användbart försvar . . . . .	15
2.6	Inriktningsplan för Försvarsmaktens Forskning och Teknikutveckling 2012 . . . . .	15
2.7	Resultat och diskussion . . . . .	15
<b>3</b>	<b>Omvärldsanalys: tävlingar, projekt och studier</b>	<b>17</b>
3.1	Förmågeutvecklande demo-tävlingar . . . . .	17
3.2	Svenska Projekt och Studier . . . . .	20
3.2.1	Försvarsmaktens studier . . . . .	20
3.2.2	FoT-projekt . . . . .	21
3.2.3	Industriprojekt . . . . .	25
3.2.4	UoH-Center . . . . .	25
3.3	Projekt inom EU . . . . .	25
3.4	Projekt inom EDA . . . . .	27
3.5	NATO Research and Technology Organisation (NATO RTO) . . . . .	29
3.6	USA . . . . .	30
3.7	Marknadsanalyser . . . . .	32
<b>4</b>	<b>UGV: Översikt och kategorisering av befintliga system</b>	<b>35</b>
4.1	Nytta: förmågor och scenarier . . . . .	35
4.1.1	Förmågor . . . . .	35
4.1.2	Scenarier . . . . .	36
4.1.3	Hotscenarier . . . . .	36
4.1.4	Utveckling: Nya förmågor och system . . . . .	36
4.2	Översikt och tpsystem . . . . .	37
4.3	Exempelsystem . . . . .	39
4.3.1	USA . . . . .	39
4.3.2	Israel . . . . .	43
4.3.3	Tyskland . . . . .	44
<b>5</b>	<b>UAV: Översikt och kategorisering av befintliga system</b>	<b>45</b>
5.1	Nytta: förmågor och scenarier . . . . .	45
5.1.1	Förmågor . . . . .	45
5.1.2	Scenarier . . . . .	45
5.1.3	Hotscenarier . . . . .	47
5.1.4	Utveckling: Nya förmågor och system . . . . .	47

5.2	Översikt och typsystem	49
5.2.1	Sammanställningar	49
5.3	Exempelsystem	50
5.3.1	Lockheed Martin RQ-170 Sentinel	52
5.3.2	Northrop Grumman RQ-4 Global Hawk	52
5.3.3	Xianglong (Den flygande ödlan)	52
5.3.4	Northrop Grumman X-47B	52
5.3.5	MQ-1 Predator / Grey Eagle (US army)	53
5.3.6	MQ-9 Reaper (Predator B)	53
5.3.7	TiGER	54
5.3.8	Nano Hummingbird	54
5.3.9	UAV 03 - Örnen	55
5.3.10	UAV 02 - Falken	56
5.3.11	Svalan	57
5.3.12	Skeldar 200	57
5.3.13	APID 60	57
5.3.14	Proton 80	57
5.3.15	Aerostat TCOM 17M	58
5.4	Nyttolast	58
5.4.1	Gorgon Stare	58
5.4.2	ARGUS-IS	58
5.4.3	Automatiska funktioner på UAV-data	59
5.4.4	Kommunikation	59
<b>6</b>	<b>AUV: Översikt och kategorisering av befintliga system</b>	<b>61</b>
6.1	Nytta: Förmågor och scenarier	61
6.1.1	Förmågor	61
6.1.2	Scenarier	62
6.1.3	Hotscenarier	62
6.1.4	Utveckling: Nya förmågor och system	62
6.2	Översikt och typsystem	63
6.2.1	Typsystem	63
6.2.2	Databaser	63
6.2.3	Data från tillverkare och övriga källor	63
6.2.4	Data från andra undersökningar	67
6.3	Exempelsystem	67
6.3.1	Sverige	67
6.3.2	USA	68
6.3.3	Tyskland	70
6.3.4	Norge	71
6.3.5	Storbritannien	72
6.3.6	Ryssland	72
6.3.7	Kina	73
6.3.8	Indien	73
6.3.9	Kanada	73
6.3.10	Italien	74

6.3.11	Frankrike	74
6.3.12	Sydkorea	74
6.3.13	Japan	74
<b>7</b>	<b>ASV: Översikt och kategorisering av befintliga system</b>	<b>77</b>
7.1	Nytta: Förmågor och scenarier	77
7.1.1	Förmågor	77
7.1.2	Scenarier	77
7.2	Översikt och typsysten	77
7.2.1	Databaser	77
7.2.2	Data från tillverkare och övriga källor	77
7.3	Exempelsystem	78
7.3.1	Sverige	78
7.3.2	Israel	78
7.3.3	USA	80
7.3.4	Storbritannien	81
<b>8</b>	<b>Obemannade farkosters bidrag till insatsförmågor</b>	<b>83</b>
8.1	C101-C103 Förmåga att leda på militärstrategisk, operativ och taktisk nivå	83
8.2	C105 Förmåga att upprätthålla samband	83
8.3	E201 Förmåga att påverka mål på havsytan	85
8.4	E202 Förmåga att påverka mål under ytan	86
8.5	E203 Förmåga att påverka mål på marken	86
8.6	E204 Förmåga att påverka mål i luften	88
8.7	E207 Förmåga att påverka motståndaren på djupet av operationsområdet	88
8.8	E208 Förmåga att nedhålla eller nedkämpa luftvärn (SEAD/DEAD)	89
8.9	E210 Förmåga att genomföra elektronisk attack (EA)	89
8.10	E212 Förmåga att påverka mål i amfibisk miljö	90
8.11	E213 Förmåga att påverka mål i urban miljö	91
8.12	E214 Förmåga att genomföra specialoperationer	91
8.13	I301 Förmåga att skapa och delge geografisk information	91
8.14	I302 Förmåga att skapa och delge oceanografisk information	92
8.15	I303 Förmåga att skapa och delge meteorologisk information	92
8.16	I304 Förmåga till inmätning och överföring av målinformation	92
8.17	I305 Förmåga att upprätta gemensam lägesbild	93
8.18	I306 Förmåga att stödja taktisk chef med underättelser	94
8.19	I307 Förmåga att stödja operativ chef med underrättelser	95
8.20	I308 Förmåga att stödja ÖB-stab med underättelser	95
8.21	I310 Förmåga till bildalstrande inhämtning (IMINT)	95
8.22	I311 Förmåga till signalspaning (SIGINT)	96
8.23	I312 Förmåga till inhämtning för att erhålla identitet och signaturer (MASINT)	96
8.24	I318 Förmåga till inhämtning av CBRN-relaterad information	97
8.25	M401 Förmåga till landminröjning	97
8.26	M402 Förmåga till sjöminröjning	97



8.27	M403 Förmåga att desarmera bomber och röja ammunition . . .	98
8.28	M405 Förmåga till landstigning . . . . .	98
8.29	M407 Förmåga att genomföra transporter till och från ett operationsområde . . . . .	98
8.30	M408 Förmåga att genomföra transporter inom ett operationsområde . . . . .	99
8.31	P512 Förmåga till sanering efter CBRN-händelser . . . . .	99
8.32	S707 Förmåga till förnödenhetsförsörjning i operationsområdet	99
8.33	S715 Förmåga till att genomföra räddningsoperationer (SAR) .	101
8.34	Förmåga på informationsarenan . . . . .	101
8.35	Förmågornas tillgänglighet: Kommunikation . . . . .	102
<b>9</b>	<b>Möjliga nya förbandstyper och konsekvenser för Försvarmakten</b>	<b>105</b>
9.1	Om införandet av obemannade farkostsystem i Försvarmakten	105
9.2	Nya eller förändrade förbandstyper . . . . .	106
9.2.1	Telekrigs-UAV . . . . .	106
9.2.2	Liten modulär multi-funktions-UAV . . . . .	106
9.2.3	Mellanstor modulär multi-funktions-UAV . . . . .	107
9.2.4	MUMT-1: (Manned UnManned Team) Gripen och UAV	107
9.2.5	MUMT-2: (Manned UnManned Team) Stridsfordon med Rb och UAV . . . . .	107
9.2.6	Liten UGV . . . . .	107
9.2.7	Obemannat konvojfordon . . . . .	107
9.2.8	USV . . . . .	107
9.2.9	Mini-aerostatförband för spaning och hotinmätning . .	108
9.3	Förändringar hos idag aktuella förband . . . . .	108
9.3.1	Allmänt . . . . .	108
9.3.2	Marinförband . . . . .	108
9.3.3	Arméförband . . . . .	109
9.3.4	Flygförband . . . . .	109
9.3.5	DOTMLPF-analys . . . . .	109
<b>10</b>	<b>Rekommendationer för kunskaps och förmågeuppbyggnad</b>	<b>111</b>
	<b>Litteraturförteckning</b>	<b>113</b>

# 1 Inledning

Denna förstudie har genomförts på uppdrag av Försvarsmakten och har till syfte att identifiera prioriterade satsningar inom området obemannade farkoster inför en eventuell satsning på obemannade farkoster inom Försvarsmaktens Forskning och Teknikutveckling (FoT). Arbetet har genomförts dels av FOI och dels av FHS.

Användningen av obemannade farkoster i militära sammanhang har vuxit explosionsartat de senaste tio åren. De används på marken, i luften och på, och i, vattnet. Särskilt tydlig har utvecklingen varit inom området obemannade flygfarkoster [1], där farkosterna bland annat används för spaning på allt från stridsteknisk till strategisk nivå. Potentiellt kan obemannade farkoster förbättra lägesuppfattningen, spara liv, reducera arbetsbördan och kanske reducera kostnader.

Uppdelningen i kapitel ser ut som följer. Inledningsvis, i kapitel 2, har öppna planer som t.ex. Försvarsmaktens Utvecklingsplan och öppna rapporter från t.ex. perspektivstudien studerats för att få en bild av pågående verksamhet inom Försvarsmakten samt Försvarsmaktens framtida behov kopplat till obemannade farkoster.

Kapitel 3 innehåller sedan en bred översikt över relevanta aktiviteter i Sverige, Europa, USA och internationellt. Även ett antal förmågedrivande tävlingar beskrivs.

De följande kapitlen innehåller beskrivningar och analyser av befintliga system. UGV i kapitel 4, UAV i kapitel 5, AUV i kapitel 6, och ASV i kapitel 7. Vi här använder förkortningarna UAV (unmanned aerial vehicle), UGV (unmanned ground vehicle), AUV (autonomous underwater vehicle) och ASV (autonomous surface vehicle). På många håll börjar nu även förkortningarna UAS (unmanned aerial system) samt UUV (unmanned underwater vehicle) dyka upp, men vi använder de förstnämnda, då de iallafall än så länge är mer välkända.

Sedan följer kapitel 8, som beskriver de insatsförmågor i Försvarsmaktens utvecklingsplan (FMUP) [2], till vilka obemannade farkoster kan bidra. Under varje punkt beskrivs ett antal mycket korta scenarier där obemannade farkoster bidrar, och de befintliga system som skulle kunna användas.

I kapitel 9 diskuteras möjliga nya förband i Försvarsmakten. Ett antal system listas och en analys görs för de olika försvarsgrenarna.

Slutligen, i kapitel 10, beskrivs rekommendationer för inriktning av en framtida FoU-satsning inom obemannade farkoster.

Arbetet med rapporten har skett på bred front. Dock har några författare bidragit i extra hög grad till vissa kapitel. Kapitel 1, Bull och Ögren, kapitel 2, Bull och Löfgren, kapitel 3, Svenmarck och Rensfelt, kapitel 4, Nilsson, kapitel 5, Lundgren och Näsström, kapitel 6 och 7 Robinson och Rensfelt, kapitel 8, Robinson, kapitel 9, Thoren, kapitel 10 Bull och Ögren.



## 2 Bakgrund: Obemannade farkoster i FMUP och Perp

### Sammanfattning

En genomgång av *Försvarsmaktens Utvecklingsplan 2010* (FMUP 2010), rapporten *Perspektivstudien 2009 – det militärstrategiska utfallsrummet* (PerP2009), rapporten *Perspektivstudien 2010 – en arbetslägesredovisning* (PerP 2010), Regeringens proposition 2008/09:140 *Ett användbart försvar*, samt *Inriktningsplan för Försvarsmaktens Forskning och Teknikutveckling 2012* (IFoT 12) har genomförts i syfte att identifiera Försvarsmaktens framtida behov av obemannade farkoster.

### 2.1 Inledning

Underlaget för analysen av Försvarsmaktens framtida behov av obemannade farkoster är *Försvarsmaktens Utvecklingsplan 2011* [3], rapporterna *Perspektivstudien 2009 – det militärstrategiska utfallsrummet* [4] och *Perspektivstudien 2010 – en arbetslägesredovisning* [5] samt Regeringens proposition 2008/09:140 *Ett användbart försvar* [6]. Rapporterna har gått igenom och de avsnitt där det har uttryckts behov för obemannade farkoster har identifierats. För att skapa en överblick över vad som för närvarande görs har en motsvarande sökning gjorts i *Inriktningsplan för Försvarsmaktens Forskning och Teknikutveckling 2012* [7]. Arbetet har begränsats till öppna rapporter, varför t.ex. *Försvarsmaktens plan för Forsknings och Utveckling* (FoT) inte har behandlats. I detta arbetet har framtida behov begränsats till behov som kan uppstå inom de närmsta 20 - 25 åren.

Behoven för obemannade farkoster har analyserats med utgångspunkt i ett urval av de insatsförmågor som beskrivs<sup>1</sup> i Bilaga 2 till FMUP 2011 [3]. De aktuella insatsförmågorna, som redovisas i tabell 2.1, har valts efter huruvida det anses möjligt att lösa eller understödja dem med hjälp av obemannade farkoster. Exempelvis har förmåga M401 *Förmåga till landminröjning* tagits med för att det idag finns otaliga obemannade farkoster som kan användas för att röja minor.

Det finns en pågående diskussion om vad som krävs för att något kan anses vara *autonomt*. Detta är en diskussion som inte faller inom vidden av detta arbete. Användningen av begreppet kommer begränsas, och i den grad det används är det i meningen att ett system är kapabelt att lösa vissa uppgifter utan hjälp av en operatör. Ett exempel på ett sådant autonomt system kan vara en obemannad undervattensfarkost som kan söka av ett område av havsbotten utan att den har kontakt med operatör ombord i ett ytfartyg.

Traditionellt sägs att obemannade farkoster används för tre d:n: *dirty*, *dull* and *dangerous*. Ett användningsområde som faller lite utanför detta är att titta över hustak eller över närmsta kulle, som man kan göra med en stridsteknisk UAV, se avsnitt 5.3. Läger man den uppgiften till de tre d:n, kopplar detta till de styrande insatsförmågorna som finns i tabell 2.1, se också kapitel 8, och jämför med vad som finns tillgängligt av obemannade farkoster dyker det upp en hel del intressanta möjligheter.

Obemannade farkoster bedöms inte själva kunna fylla förmågorna inom

<sup>1</sup> Tabellen återfinns även (oförändrad) i den senaste versionen av utvecklingsplanen [2].

Kat.	IF-nr.	Insatsförmåga
C	101	Förmåga att leda på militärstrategisk nivå
C	102	Förmåga att leda på operativ nivå
C	103	Förmåga att leda på taktisk nivå
C	105	Förmåga att upprätthålla samband
E	201	Förmåga att påverka mål på havsytan
E	202	Förmåga att påverka mål under havsytan
E	203	Förmåga att påverka mål på marken
E	204	Förmåga att påverka mål i luften
E	207	Förmåga att påverka motståndaren på djupet av operationsområdet
E	208	Förmåga att nedhålla eller nedkämpa luftvärn
E	210	Förmåga att genomföra elektronisk attack
E	212	Förmåga att påverka mål i amfibisk miljö
E	213	Förmåga att påverka mål i urban miljö
E	214	Förmåga att genomföra specialoperationer
I	301	Förmåga att skapa och delge geografisk information
I	302	Förmåga att skapa och delge oceanografisk information
I	303	Förmåga att skapa och delge meteorologisk information
I	304	Förmåga till inmätning och överföring av målinformation
I	305	Förmåga att upprätta gemensam lägesbild
I	306	Förmåga att stödja taktisk chef med und. som underlag för beslut
I	307	Förmåga att stödja operativ chef med und. som underlag för beslut
I	308	Förmåga att stödja ÖB med stab med und. som underlag för beslut
I	310	Förmåga till bildalstrande inhämtning (IMINT)
I	311	Förmåga till signalspaning (SIGINT)
I	312	Förmåga till inhämtning för att erhålla id. och signaturer (MASINT)
I	318	Förmåga till inhämtning av CBRN-relaterad information
M	401	Förmåga till landminröjning
M	402	Förmåga till sjöminröjning
M	403	Förmåga att desarmera bomber och röja ammunition
M	405	Förmåga till landstigning
M	406	Förmåga till luftlandsättning
M	407	Förmåga att genomföra transporter till och från ett operationsområde
M	408	Förmåga att genomföra transporter inom ett operationsområde
P	512	Förmåga till sanering efter CBRN-händelser
S	707	Förmåga till förnödenhetsförsörjning i operationsområdet
S	715	Förmåga att genomföra räddningsoperationer (SAR)

Tabell 2.1: Styrande insatsförmågor enligt FMUP 2011 Bilaga 2 [3] som använts som utgångspunkt för analysen av framtida behov för obemannade farkoster

kategori C<sup>2</sup>, men de kan fungera som stöd för dem. T.ex. kan obemannade flygfarkoster antingen i form av flygplan eller luftskepp bedriva övervakning med stor uthållighet och på så sätt stödja ledning på olika nivåer.

Förmåga till bekämpning, kategori E<sup>3</sup>, med hjälp av obemannade farkoster är i nuläget i princip begränsat till tunga UAv'er som är beväpnade, t.ex. RQ 9 Reaper, se avsnitt 5.3. Det finns exempel på så kallade UCAV<sup>4</sup> som Boeing X45C [8], BAE Taranis [9] och Dassault Neuron [10], men dessa är fortfarande i utvecklingsstadiet, när och om de blir operativa är osäkert. Obemannade markfarkoster är i huvudsak fokuserade på att användas inom minröjning, men det finns exempel på beväpnade obemannade markfarkoster. SWORDS<sup>5</sup> är en beväpnad variant av Foster-Miller Talon, se avsnitt 4.3, som har använts i Irak [11], och Foster-Miller MAARS<sup>6</sup> är en något större efterföljare, se avsnitt 4.3. Utbudet av existerande beväpnade obemannade sjöfarkoster innefattar t.ex. Rafael Protector, se avsnitt 7.3.

Kategori I<sup>7</sup> kan kanske kallas ett klassisk UAV-område. UAV-system behandlas närmare i kapitel 5. Obemannade flygande farkoster med god uthållighet används för att hämta in information om ett intressant geografiskt område. Urvalet är stort och spänner från små farkoster som kan kastas iväg för hand till farkoster i storlek med ett mindre trafikflygplan. Även om det största urvalet finns bland flygande farkoster så finns undervattensfarkoster för spaning som t.ex. AUV 62 Sapphires, se avsnitt 6.3. Där de flygande farkosterna verkar fokusera på att skapa den stora bilden, verkar markfarkosterna fokusera på att kunna spana på ställen där det är svårt att komma åt, som t.ex. inomhus.

Om kategori I kan kallas traditionellt UAV-område så måste kategori M<sup>8</sup> kunna kallas traditionellt UGV-område. Obemannade markfarkoster behandlas i kapitel 4. Obemannade markfarkoster som, t.ex. Allen Vanguard Defender, se avsnitt 4.3, och dess senare versioner har länge använts för att röja minor och sprängladdningar. Ett annat exempel är Packbot, se avsnitt 4.3, som användes i en doktorsavhandling genomförd på KTH och FHS [12]. Försvarsmakten har beställt obemannade farkoster för sjöminröjning, ASV Minröj och AUV Minröj. Se kapitel 7 och 6 för beskrivning av obemannade ytfarkoster och undervattensfarkoster, respektive.

Obemannade farkoster som används för skydd, kategori P<sup>9</sup>, antas i detta arbete vara de samma obemannade farkoster som faller in i kategorierna C, E och I.

Obemannade farkoster för förnödenhetsförsörjning, kategori S<sup>10</sup>, finns i lite olika storlekar. Bland de mindre finns t.ex. Boston Dynamics Big Dog, se avsnitt 4.3, som är gjord för att avlasta trupp i fält. Det numera avslutade projektet MULE<sup>11</sup> som var en del av US Army's projekt Future Combat System, FCS, är ett exempel på en större obemannad farkost för logistik.

I kapitel 8 nedan återfinns en mer detaljerad analys av de olika insatsförmågorna i Tabell 2.1 kopplat till de olika system som beskrivs i kapitel 4, 5, 6 och 7.

Ett annat perspektiv på behov kopplade till obemannade farkoster är de behov som knyts till hur man använder specifika obemannade system. I syf-

<sup>2</sup>Command, Control, Communication and Computers

<sup>3</sup>Engagement

<sup>4</sup>Unmanned Combat Air Vehicle

<sup>5</sup>Special Weapons Observation Reconnaissance Detection System

<sup>6</sup>Modular Advanced Armed Robotic System

<sup>7</sup>ISTAR, Intelligence, Surveillance, Target Acquisition, and Reconnaissance

<sup>8</sup>Movement

<sup>9</sup>Protection

<sup>10</sup>Support

<sup>11</sup>Multifunction Utility/Logistics Equipment

te att identifiera några sådana behov har det genomförts två studiebesök på Försvarsmaktens enheter som använder obemannade farkoster i sin verksamhet. Dessa två enheter är dels SWEDEC i Eksjö och dels K3 UAV-Enhet i Karlsborg. SWEDEC använder obemannade markfarkoster och UAV-Enheten använder obemannade flygfarkoster. Det som framkom under studiebesöken var att behov och önskemål om förbättringar kopplat till farkosterna var relativt samstämmiga. Man var i allt väsentligt nöjda med farkosterna, men såg möjligheter till förbättring rörande lägesuppfattning, uthållighet och tillgänglighet. För markfarkosterna önskades också en utökad autonomi så att farkosten i större grad är kapabel att t.ex. kunna köra runt själv. Denna funktion är vanlig på obemannade flygfarkoster.

## 2.2 PerP 2009 – Det militärstrategiska utfallsrummet

Rapporten [4] inleder med att poängtera att tillgång till obemannade farkoster bör ökas, samt att kunskapen om dessa bör fördjupas [4, s12]. Detta motiveras med att identifierade militärstrategiska trender pekar på ökat betydelse av bland annat obemannade farkoster [4, s12].

Det bedöms att det inom arenorna mark, luft och sjö, på kort och medellång sikt, kommer införas ett stort antal obemannade farkoster, där obemannade flygande farkoster (UAV) tas fram som ett exempel. Vidare nämns obemannade farkoster som lämpliga bärare av vapen och sensorer [4, s104-105]. En förmåga som tas upp speciellt är möjligheten att använda obemannade farkoster för detektering av CBRN stridsmedel [4, s125]. När det gäller väpnade plattformar är bedömningen att dessa inte kommer att tillåtas bekämpa mål på egen hand inom de närmsta 25 åren [4, s118 och s121].

Slutsatserna av rapporten är att obemannade farkoster ökar i betydelse [4, s129 och s144], att Försvarsmakten bör förbättra tillgången till och användningen av obemannade farkoster [4, s145], samt att militärstrategiska trender pekar på ökad betydelse av obemannade farkoster [4, s149].

## 2.3 PerP 2010 – En arbetslägesbeskrivning

Syftet med rapporten [5] var att utveckla slutsatserna från 2009. Man har därför bland annat fokuserat på obemannade farkoster och långräckviddiga vapensystem [5, s68]. Rapporten föreslår att undersöka möjligheten att förbättra långräckviddig kapacitet med vapen och sensorer [5, s25], samt att förbättra förmågan inom obemannade system [5, s25]. Rapporten avslutas med två hypoteser kopplade till obemannade system. Den första säger att användning av obemannade farkoster kan reducera behovet för långräckviddiga vapen, och den andra säger att en omfördelning av vapensystem mellan soldater och obemannade system kan gynna förtroendebyggande åtgärder i ett insatsområde [5, s104-105].

## 2.4 Försvarsmaktens utvecklingsplan 2011

I utvecklingsplanen [3] sägs att på kort sikt, 2011 – 2014, ska metod för användande av stridsteknisk UAV utvecklas och taktisk UAV tillföras arméförbanden [3, s41]. Under perioden 2014 – 2020 ska integrationen av taktisk UAV genomföras [3, s44]. Under samma tidsperiod ska nytt taktiskt UAV-system införas och stridsteknisk UAV-system vidmakthållas hos underrättelsebataljonen [3, s46].

Marinförbanden ska genomföra materialförsök med obemannad undervattenfarkost AUV 62 Sapphires under perioden 2011 – 2014 [3, s50]. Farkosten tilltänkta användningsområde är bottenkartering och spaning. Under perioden 2014 – 2020 ska den obemannade undervattenfarkosten, samt ett självgående

minsvep ASV *Minröj* levereras [3, s51].

I utvecklingsplanen framkommer inte några planer på att tillföra flygvapenförbanden obemannade farkoster. Forskning och teknologikutveckling ska under perioden 2014 – 2020 studera möjligheter och konsekvenser med autonoma system [3, s84].

## 2.5 Regeringens proposition 2008/09:140 Ett användbart försvar

Regeringens proposition [6] tar upp att Försvarmakten gör bedömningen att taktisk obemannad flygfarkost bör anskaffas och att regeringen delar uppfattningen och betonar att anskaffningen ska ske i den takt ekonomin medger [6, s63].

## 2.6 Inriktningsplan för Försvarmaktens Forskning och Teknikutveckling 2012

Kopplat till obemannade farkoster fokuserar inriktningsplanen [7] på delsystem till farkosterna, dels kommunikation mellan obemannade undervattensfarkoster [7, s51] och dels signaturanpassning av luftintag och motorutlopp på obemannade flygande farkoster [7, s88]. I tillägg finns plan om att studera möjligheter att bekämpa bland annat obemannade undervattensfarkoster [7, s52].

## 2.7 Resultat och diskussion

I rapporterna och planerna verkar det inte finnas planer eller uttryckta behov av obemannade farkoster på operativ eller militärstrategisk nivå. Exempel på obemannade farkoster som kan användas på militärstrategisk nivå är stora UAV:er med lång uthållighet för strategisk övervakning. Huruvida det beror på att obemannade farkoster som fyller sådana behov är mycket kostsamma, om behoven kan fyllas genom strategiska samarbeten, om behoven kan fyllas med existerande bemannade farkoster på ett mer kostnadseffektivt sätt, eller om man inte anser sig ha sådana behov framkommer inte. Det verkar heller inte finnas planer på att tillföra flygvapenförbanden obemannade farkoster.

I underlagen fanns tre specifika system omnämnda, taktisk UAV<sup>12</sup>, obemannad undervattensfarkost<sup>13</sup> och självgående minsvep<sup>14</sup>, se avsnitt 5.3 och 6.3. Det taktiska UAV systemet har levererats till den svenska Afghanistanstyrkan, och förmågan kommer byggas upp under andra halvan av 2011 [13]. Självgående minsvep, AUV *Minröj* och ASV *Minröj* kommer levereras i närtid [14]. Materieförsök med den obemannade undervattensfarkosten AUV 62 Sapphires kommer genomföras i närtid [15].

Utöver de farkoster som redan finns inom Försvarmakten kan man tänka sig ett antal nya, som kan tillföra nytta. Det anses inte realistiskt att man inom de närmsta 20 åren kommer börja använda autonoma beväpnade farkoster som själv kan bekämpa mål. Därför kommer beväpnade farkoster i den fortsatta diskussionen handla om farkoster med fjärrstyrt beväpning som kräver att en person trycker på avtryckaren.

Små obemannade markfarkoster som t.ex. Boston Dynamics Big Dog, se avsnitt 4.3, kan användas för att avlasta avsutten trupp. Antingen kan den användas som en avancerad skottkärra, eller som en mobil vapenstation. Man kan tänka sig att den är kapabel att själv följa en ledare i terrängen så att

<sup>12</sup>UAV 03 Örnen

<sup>13</sup>AUV 62 Sapphires

<sup>14</sup>ASV Minröj och AUV Minröj



man inte behöver styra den. På så sätt behöver den inte ett eget avancerat navigationssystem. Andra intressanta användningsområden för små obemannade markfarkoster är min-/bombröjning, detektion av CBRN-stridsmedel och spaning i områden där det är svårt eller omöjligt för personer att ta sig fram. Exempelvis i en skadad byggnad som står i fara för att rasa.

I dag finns det bilar som kan fickparkera på egen hand<sup>15</sup> [16] och bilar som kan köra själv på vanlig väg<sup>16</sup> [17]. Det innebär att hårdvaran som skall till för att ett fordon ska kunna köra själv finns färdigt monterat i bilar som kan köpas av vem som helst och utrustningen inkräktar inte på passagerarutrymmet. Med ett motsvarande system, t.ex. Lockheed Martin CAST [18], monterat i en lastbil skulle man kunna köra konvoj med förnödenheter med en kombination av bemannade och obemannade lastbilar där de obemannade följer de bemannade. I och med att systemet inte behöver inkräkta på utrymmet i lastbilen skulle de lastbilarna som kan köra själv också kunna köras av en förare om så önskas.

För att skydda fartyg som ligger till kaj skulle man kunna använda obemannade sjöfarkoster som t.ex. Rafael Protector, se avsnitt 7.3. Man kan antingen låta en eller några ligga tysta på avstånd och övervaka området kring fartyget, alternativt kan man låta dem synligt patrullera området. När fartyget är till sjöss kan de obemannade farkosterna antingen ligga ombord i moderfartyget, eller följa moderfartyget på ett givet avstånd för egen maskin. System för formationsåkning till sjöss finns kommersiellt tillgängligt<sup>17</sup> [19].

Om man kan kalla ett mjukt luftskepp som är förankrat, antingen i ett fartyg, ett fordon eller i marken, för en farkost kan kanske diskuteras. Det ett sådant luftskepp skulle kunna ge är en plattform med god översikt som man kan montera olika sensorer på. Det skulle t.ex. kunna fungera som ett komplement till masten på ett signaturanpassat fartyg eller som en mobil radarstation. Med en begränsad storlek på själva luftskeppet skulle det snabbt kunna skickas upp och tas ned där det behövs.

Fler möjliga nya system och förband beskrivs i kapitel 9.

---

<sup>15</sup>Exempelvis Park Assist från Volkswagen

<sup>16</sup>Exempelvis Lane Assist från Volkswagen

<sup>17</sup>Exempelvis Maritime Robotics

## 3 Omvärldsanalys: tävlingar, projekt och studier

I detta kapitel skall vi ge en översikt över verksamhet relevant för Försvarsmakten inom området obemannade farkoster. Fokus är lagt på nationella projekt i allmänhet, och FoT-verksamhet i synnerhet, avsnitt 3.2, men utrymme ges även åt viktiga tävlingar, avsnitt 3.1, och valda projekt inom EU, 3.3, och i USA, avsnitt 3.6.

### 3.1 Förmågeutvecklande demo-tävlingar

Här listar vi ett antal viktiga tävlingar som driver och demonstrerar state-of-the-art för obemannade systems förmågor. För varje tävling finns en kort beskrivning, en länk, samt en lista på de förmågor som har koppling till tävlingen.

#### DARPA Grand Challenge och DARPA Urban Challenge

DARPA Grand Challenge och Urban Challenge organiseras av DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) för att stimulera utvecklingen av förarlösa markgående fordon [20, 21]. Utmaningen i den förstnämnda tävlingen är att bygga ett fordon som på egen hand kan ta sig från start till mål via en utstakad bana i terräng. En senare upplaga är DARPA Urban Challenge, där fordonen skall navigera i stadsmiljö efter gällande trafikregler. Teknik från Darpa Challenge har förmodligen används i produkter som Lockheed Martins CAST (Convoy Active Safety Technology) [18].

Tävlingen ger exempel på state-of-the-art inom följande förmågor:

**S707** Förnödenhetsförsörjning i operationsområdet

men är även relevant för

**E203** Påverka mål på marken

**E213** Påverka mål i urban miljö

**I304** Inmätning och överföring av målinformation

#### Elrob

Workshop för markgående autonoma system, med växelvis civil och militär inriktning [22]. Olika organisationer har här möjlighet att visa upp sina system och demonstrera dess förmågor i realistiska scenarier och naturtrogen terräng. Syftet med mötet är att ge forskare, användare och industri en möjlighet att mötas samt att utvärdera existerande teknologier applicerade på verkliga problem. Fokus ligger på robotsystem som är realiserbara inom en nära framtid.

Tävlingen ger exempel på state-of-the-art för delförmågor relaterat till följande förmågor:

**E203** Påverka mål på marken

**I304** Inmätning och överföring av målinformation

**I318** Inhämtning av CBRN-relaterad information

**P512** Sanering efter CBRN-händelser

**S707** Förnödenhetsförsörjning i operationsområdet

### **AUVSI**

AUVSI (Association for Unmanned Vehicle Systems International) sponsrar ett antal tävlingar för college- och universitetsstudenter [23]. Studenterna skall i de olika tävlingarna utveckla mark-, luft-, vatten- eller undervattensfarkoster<sup>1</sup> som autonomt skall kunna lösa olika uppdrag. Uppdragen varierar mellan de olika tävlingarna, men en gemensamt faktor är att autonomt kunna manövrera runt en hinderbana.

**Viktigt exempel:** International Aerial Robotics Competition (IARC) [24].

Tävlingen ger exempel på state-of-the-art på delförmågor relaterat till följande förmågor:

**E201-204** Påverka mål på havsytan/under ytan/på marken/i luften

**I304** Inmätning och överföring av målinformation

**S707** Förnödenhetsförsörjning i operationsområdet

### **AUVFEST**

AUVFEST är en återkommande tävling som bl.a. sponsras av Office of Naval Research (ONR) och som syftar till att demonstrera olika former av förmågor hos AUV:er som kan vara relevanta för militära tillämpningar. Den senaste hölls 2008 och innehöll delmoment som bl.a. demonstrerade förmåga till röjning av sjöminor [25].

Tävlingen ger exempel på state-of-the-art för delförmågor relaterat till följande förmågor:

**I304** Förmåga till inmätning och överföring av målinformation

**I310** Förmåga till bildalstrande inhämtning (IMINT)

**I312** Förmåga till inhämtning för att erhålla identitet och signaturer

**M402** Förmåga till sjöminröjning

### **RoboCup**

RoboCup består av två olika tävlingar [26]:

**RoboCup Soccer** där två lag av autonoma robotar spelar fotboll. Syftet med tävlingen är att stimulera utvecklingen av samarbetande multi-robotsystem som verkar i en föränderlig miljö och under inflytande av motståndare.

**RoboCup Rescue** fokuserar på räddningsrobotar i urban miljö. De förmågor som utforskas är främst kartläggning, multi-agentsamarbete och mobilitet i svår terräng. Området skall samtidigt genomsökas och eventuella offer lokaliseras.

Tävlingen ger exempel på state-of-the-art för delförmågor relaterat till följande förmågor:

<sup>1</sup>Tävlingarna för vattenfarkoster sponsras även av Office of Naval Research (ONR).

**E203** Påverka mål på marken

**E213** Påverka mål i urban miljö

**I304** Inmätning och överföring av målinformation

**I305** Upprätta gemensam lägesbild

**S707** Förnödenhetsförsörjning i operationsområdet

**S715** Genomföra räddningsoperationer (SAR)

### **UAV Outback Challenge**

Denna tävling är ett samarbete mellan Australian Research Centre for Aerospace Automation och Queensland State Government [27]. Tanken med tävlingen är att främja civil användning av autonoma flygande farkoster. Utmaningen går bl.a. ut på att från luften genomsöka ett större område, lokalisera ett mål (en nödställd person) och släppa ett paket med förnödenheter i närheten av denna.

Tävlingen ger exempel på state-of-the-art för delförmågor relaterat till följande förmågor:

**E203** Påverka mål på marken

**I304** Inmätning och överföring av målinformation

**S707** Förnödenhetsförsörjning i operationsområdet

**S715** Genomföra räddningsoperationer (SAR)

### **Multi Autonomous Ground-robotic International Challenge (MAGIC)**

MAGIC stöds av TARDEC (Tank Automotive Research, Development and Engineering Center, United States Army) och DSTO (Defence Science and Technology Organisation, Australian Department of Defence) [28]. Målet med tävlingen är att utveckla lag om flera samarbetande robotar som självständigt skall kunna genomföra informationsinhämtning, övervakning och rekognosering i urban miljö.

Tävlingen ger exempel på state-of-the-art för delförmågor relaterat till följande förmågor:

**E203** Påverka mål på marken

**E213** Påverka mål i urban miljö

**I304** Inmätning och överföring av målinformation

**I305** Upprätta gemensam lägesbild

### **NASA Centennial Challenges**

Organiseras av NASA med mål att belöna tekniska landvinningar inom olika områden, bl.a. robotik och autonoma farkoster [29].

Tävlingen ger exempel på state-of-the-art för delförmågor relaterat till följande förmågor:

**E203** Påverka mål på marken

**I304** Inmätning och överföring av målinformation

## Andra tävlingar

Nedanstående länkar innehåller länksamlingar till andra tävlingar runt om i världen:

- [http://en.wikipedia.org/wiki/Robot\\_competition](http://en.wikipedia.org/wiki/Robot_competition)
- <http://www.robotbooks.com/robot-competition-links.htm>

## 3.2 Svenska Projekt och Studier

### 3.2.1 Försvarsmaktens studier

#### Teknisk prognos 2005

I Teknisk prognos 2005 så är obemannade system ett av fem områden. Rapporten beskriver hur obemannade system kan användas i riskfyllda miljöer och när det krävs uthållighet. Förutom luft-, mark-, yt- och undervattensfarkoster så beskrivs även satelliter. Rapporten betonar utvecklingen av autonoma funktioner för uppdragsplaneringen, undvika kollisioner och detektera och identifiera hot och mål. Den vanligaste funktionen för systemen är att förbättra lägesuppfattningen, men de används även som vapenbärare. För luftfarkoster diskuteras bredden av farkoster från små soldatburna system till tunga system med stor räckvidd och uthållighet, integrerade vapen för UCAV, elektrifiering, smygenskaper och problemet med certifiering av UAV:er i integrerat luftrum. För markfarkoster diskuteras hur de används för EOD och spaning och att utvecklingen i huvudsak bedrivs på civila universitet. För ytfarkoster diskuteras hur de kan användas för minjakt, som övningsmål, ubåtsjakt och avvisning. För undervattensfarkoster diskuteras hur de kan förbättra förmågan att verka i trånga och grunda vatten, storleksklasser på farkosterna, modularitet, akustisk kommunikation under vatten och energiförsörjning. Fördelarna med undervattensfarkosterna är att de kan arbeta oberoende under långa perioder, är svåra att upptäcka, kan sjösättas på många sätt och kan verka i många miljöer. Några av tillämpningarna är underrättelseinhämtning, minjakt, ubåtsjakt, inspektion, oceanografi, kommunikationsnod och leverans av last. Rapporten betonar också att problemen i huvudsak är den taktiska användningen av farkosterna och att det därför behövs många experimentella utvärderingar i förbandsmiljö för att kravställa farkosterna.

#### IPT-UAV

IPT UAV (Integrated Project Team - UAV) var ett samarbete mellan FOI, Saab Aerosystems, AeroTech Telub, EMW och Volvo Aero på uppdrag av FMV. Studien avslutades 2003, och målet var att analysera vilken nytta olika UAV-system kan tillföra Försvarsmakten i framtida scenarier i tidsperspektivet 2010 – 2020. I studien ingick att identifiera avgörande systemegenskaper för UAV:er samt typsituationer där UAV-system bättre än arv och konkurrerande alternativ löser utpekade uppgifter. Slutsatserna inkluderar följande: Studier kring användning av UAV samt utveckling av verktyg för den typen av studier behövs för att ge ökade kunskaper. I en kvalificerad hotmiljö är det framförallt de medelstora UAV-systemen som opererar på medelhöjder (jfr. dagens Uggan/Örnen och Predator) som har svårt att agera utan att bli bekämpade. I typsituationerna "Övervakning" och "Försvar mot kryssningsrobot", har kvalificerade spanings-UAV:er med goda flygprestanda kommit till god nytta. Typsituationen med attack på djupet ställer stora krav på levererad vapenlast, vilket i värderingen gynnade system med stor vapenlast. Vid markoperationer ger en kombination av UAV-system på olika nivåer en avsevärt förbättrad lägesbild.

## **UAV/UCAV**

UAV/UCAV var en studie som genomfördes av LSS Luft UTV för att utvärdera nyttan av större och beväpnade UAV:er. Studien bestod av en teoretisk analys och utvärdering av simulerade spelsituationer i FLSC för hur UCAV kan användas för attackuppdrag i en miljö med mycket luftvärn. Den teoretiska analysen beskriver hur en UCAV kan ta större risker eftersom den är obemannad, men att risktagningen begränsas av kostnaden för att förlora en komplex och dyr farkost. Den försämrade situationsuppfattningen kan också göra det svårare för operatören att fatta välvägdade beslut. De simulerade spelen i FLSC studerade hur bemannade plattformar, UCAV och mixade förband av UCAV och bemannade plattformar utför attackuppdrag. Rollfördelningen i de mixade förbanden var att jaktroten som styrde UCAV:arna också skyddade dem mot fientligt jaktflyg.

## **UAV på taktisk och stridsteknisk nivå**

Studien UAV på taktisk och stridsteknisk nivå genomfördes under nästan 6 års tid (slutrapport 2007) med en bred förankring i Försvarmaktens verksamhet. Studien genomfördes som en Försvarmaktsstudie med deltagande från både mark-, luft- och sjöstridskrafterna. Studiens huvuduppgift var att ta fram underlag för eventuell anskaffning av ett eller flera UAV-system på taktisk/stridsteknisk nivå för markstrid. Baserat på UAV-koncept- och scenarieutveckling så gjordes en lång rad av spel för nyttoanalys. Även en bred delstudie avseende hot mot UAV ingick. Som extrauppgift fick studien också ta fram målsättningsunderlag för anskaffning av mini-UAV till DEMO-verksamheten samt analys och rekommendation av direktanskaffningsalternativ till BG 2008. Av de många UAV-koncept som studien arbetade med visade sig en familj av fyra stycken som nödvändiga för att lösa aktuella taktiska och stridstekniska behov på markarenan.

### **3.2.2 FoT-projekt**

#### **Signalbehandling för rörliga EO/IR-sensorer (SIREOS)**

FOI-projektet SIREOS (2001-2003) var startpunkten för en rad projekt där autonoma funktioner utvecklades för obemannade system. SIREOS fokuserade på sensordataanalys och målet var att utveckla metoder för automatisk reduktion av enorma mängder rå-sensordata till tydlig och relevant information rörande oväntade förändringar och potentiella mål i spaningsområdet. Ett ramverk presenterades vars syfte var att tillhandahålla autonoma spaningsfunktioner för styrbara EO/IR-sensorer. En fundamental princip i den föreslagna arkitekturen är integration av de ingående momenten i kedjan detektion-målföljning-klassificering. Ett experimentsystem kallat MASP (Modular Airborne Sensor Platform) utvecklades med IR/video-sensorer och ett högpresterande INS/GPS-navigeringssystem. Målsättningen med systemet var att emulera en UAV-monterad sensorgimbal med ett fristående sensorsystem. Systemet utnyttjades som ett experimentellt, georefererat sensorsystem och möjliggjorde studier av signal- och bildbehandling på framtida rörliga spanings- och övervakningsplattformar. Projektledare: Morgan Ulvklo.

#### **Sensornod för spaning och övervakning (SNOD)**

FOI-projektet SNOD (2004-2006) fortsatte verksamheten i SIREOS. Olika aspekter av autonomi i obemannade flygburna spaningssystem behandlades. Koncept av autonom intelligent datainsamling via aktiv sensorstyrning och ruttplanering utvecklades och tjänstekoncept för spaning och övervakning, realtidsde-

tektion av utbredda och rörliga markmål, samt navigering och målinmätning i ett s.k. SLAM ramverk, utvecklades. Inom projektet pågick även aktiviteter inom termisk modellering av IR-signaturer och 3D-simuleringsmjukvaror. Två stora fältförsök med MASP-systemet genomfördes. Även en UGV, baserad på en Permobil Trax-plattform, togs fram som en generell sensorplattform för exempelvis EO/IR, laser, radar, etc. Projektledare: Morgan Ulvklo.

### **Autonom Informationsdriven Spaning (AIS)**

Projektet AIS (2004-2006) utvecklade ett informationsteoretiskt ramverk för samtidig sensor- och ruttplanering av en UAV med EO/IR-sensorer. Även graf-sökningsmetoder utvecklades för den långsiktiga planeringen av UAV:ns rutt. Det övergripande målet var autonom UAV-spaning, d.v.s. spaning efter mål längs en väg eller i ett särskilt område och positionsinmätning av upptäckta mål. En viktig egenskap var att spaningen skulle vara reaktiv, vilket innebär att upptäckta mål ska få ökad uppmärksamhet av systemet med en sensorstyrning som baseras på lägesbildens behov. Projektledare: Morgan Ulvklo.

### **Autonom spaning (ASP)**

I ASP (2007-2009) studerades vilka kritiska delsystem som behövs för att kunna utveckla operatörsstöd för UAV-spaning. Operatörsstödet inriktades mot två skilda situationer, dels monotona uttröttande spanings- och övervakningssituationer, och dels mot tidskritiska situationer som att följa ett flertal mål som inte samtidigt ryms i synfältet. Följande fyra kritiska delsystem identifierades som nödvändiga i båda situationerna: detektion av mål, multimålföljning, återigenkänning av mål, och planering av sensorresurserna. Väl fungerande metoder integrerades för demonstration och värdering i ett system för distribuerad simulering baserat på HLA. Framförallt var projektfokus på utveckling av ett ramverk för återigenkänning av markmål i spaningsdata från flygburna sensorer. Projektledare: Morgan Ulvklo.

### **Signalbehandling för styrbara sensorsystem(S3)**

Inom FoT-området Sensorer och signaturanpassning har forskning inom signalbehandling för EO/IR-system från UAV-system bedrivits under många år. I projekten har signalbehandlingsalgoritmer för detektion, målföljning, återigenkänning, sensorstyrning och ruttplanering tagits fram. Under 2010-2012 pågår FoT-projektet Signalbehandling för styrbara sensorsystem(S3). S3-projektet studerar nu ett framtida mobilt övervakningssystem för att ge en bättre omvärldsuppfattning för en fordonspatrull under marsch, vid rast, övernattning etc. För att lösa detta vidareutvecklas befintlig signalbehandling för ett fordonsbaserat EO/IR-system. Projektledare: Fredrik Näsström.

### **ARCUS**

ARCUS (Autonoma Reaktiva Certifierbara UAV-System) var ett av projekten i TAIS-programmet (2007-2009). I ARCUS deltog FOI, Saab Aerosystems, Saab Bofors Dynamics och Linköpings universitet. Inom projektet utvecklades ett ramverk för autonomi i UAV-system. Systemarkitekturen för autonomi som utvecklades i ARCUS var baserad på HLA. Scenariot som studerades var skydd av egen kolonn där en UAV har som huvuduppgift att med sitt sensor-system autonomt generera en dynamisk skyddszon som omgärdar kolonnen. I projektet utvecklades sensornära förmågor som tillsammans avlastar en UAV-operatör samt medger en ökad nyttjandegrad av systemet. Sensornära förmågor som utvecklades var detektion av rörliga markmål, detektion av utbredda sta-

tionära markmål, återigenkänning av markmål, generering av 3D-kartor samt multimålföljningsmetoder. Autonoma förmågor på en högre abstraktionsnivå utvecklades även inom projektet. Exempel på sådana autonoma förmågor är autonom sensorstyrning och ruttplanering för ytspaning, avspaning av vägar samt målföljning. Projektledare: Morgan Ulvklo.

### **Autonomous UGVs for Reconnaissance and Surveillance (AURES)**

Även AURES var ett av projekten i TAIS-programmet (2007-2009). I AURES deltog FOI, Saab CombiTech, KTH och Rotundus. Inom projektet utvecklades flera autonoma funktioner för att genomföra bevakningsuppgifter. Några av de bevakningsuppgifter som studerades var punktbevakning av fönster och dörrar, ytbevakning, omringning av byggnader och uppställningsplatser för detektion av rörelser in och ut från området, genomsökning och patrullering. Bevakning är personal- och tidskrävande och ibland farligt p.g.a. knapphändig information vid larm. De autonoma funktionerna som utvecklades i projektet kan användas för bevakning av baser, camper vid internationella insatser, tillfällig bevakning och skapa en lägesuppfattning för externa objekt vid larm. Farkosten GroundBot från Rotundus är utformad som ett klot med alla drivmekanism och styrelektronik monterad inuti klotet. Den energieffektiva utformningen ger en förlängd uthållighet. Projektledare: Petter Ögren.

### **Pre-Runners**

Även Pre-Runners var ett av projekten i TAIS-programmet (2007-2009). I Pre-Runners deltog FOI, Linköpings universitet och Mobile Robotics Sweden. Syftet med projektet var att utveckla autonoma funktioner för två eller flera UGV:er som söker av framryckningsvägen för en konvoj. Farkosterna samverkar för att navigera runt hinder i en delvis okänd miljö. Fördelarna med två samverkande farkoster för lokalisering och kartering är att resultaten kan beräknas snabbare och noggrannare, alternativt kan billigare sensorer användas utan att kvaliteten försämras. Projektet studerade även hur potentiella IED:er kan upptäckas genom att jämföra med tidigare sensorinformationen från framryckningsvägen, och hur farkosterna kan följa en ledsagare eller angiven rutt. Projektledare: Jonas Nygårds.

### **Components and signal processing for energy starved microwave sensors (COSMOS)**

Även COSMOS var ett av projekten i TAIS-programmet (2007-2009). I COSMOS deltog FOI, Linköpings Universitet, Chalmers och Saab. COSMOS fokuserade på att utifrån en behovs- och scenarioanalys utveckla och värdera extremt energisnål elektronik för ett radarsystem till taktiska UAV:er. Med taktiska UAV:er avses farkoster med en vikt på ca. 100 kg och med 50–100 W tillgänglig effekt för sensorer. Radarsystemet gör det möjligt att navigera samt se och undvika hinder i alla väder samt att med hjälp av ett avancerat SAR/GMTI-sensorsystem kunna se och lägesbestämma mål (dynamik och förändring) i alla väderförhållanden. Projektet visade på komponentnivå att genom designarbete, arkitekturstudier och viss hårdvarurealisering så kan effektförbrukningen för dessa kvalificerade radarsystem sänkas till mindre än 50 W, vilket motsvarar ca. 10 % av effektförbrukningen med tillgänglig teknik 2009. Projektets demonstrationer visar att stora reduktioner i energiförbrukningen är möjliga för såväl "front end"-delarna (sändare, mottagare, lobformningsnät mm. i en aktiv gruppantenn) som "back-end"-delarna (A/D- och D/A-omvandlare) samt digitala processorer för de mycket tunga realtidsberäkningar som krävs för främst SAR/GMTI-sensorn). Projektledare: Robert Malmqvist.



### **Forward Imaging Radar**

"Forward Imaging Radar" var en konceptstudie för en UGV-radar (uppdrag från ADD). Syftet med radarn är att stötta navigationen av en UGV med hinderdetektion. Speciellt vad gäller detektion av hinder som är för stora att köra över men som är dolda i en vegetation som UGV:n kan köra igenom. Projektet har tagit fram ett förslag på ett helt radarsystem för att detektera dessa hinder. I förslaget behandlades allt från antenndesign till detektionsalgoritmer. Hela systemet är simulerat i olika scenarier, med olika vegetation och hindrande föremål. Även exempel på radarbilder togs fram. Maximal färdhastighet hos UGV:n i vegetation beräknades utifrån datatakterna i radarsystemet. Underlaget till simuleringarna baserades på egna radarmätningar med olika typer av vegetation. Projektledare: Nils Karlsson.

### **SEMARK**

Syftet med FoT-projektet SEMARK (2004-2009) var att skapa ett koncept eller systemansats för att på ett flexibelt och samordnat sätt utnyttja ett antal sensorer placerade i bemannade eller obemannade flygande plattformar, satelliter eller på marken för att spana på mål som befinner sig på marken. Projektet omfattade simuleringar, mätkampanjer och konceptutveckling. Sensorerna som studerades i projektet var radar, SAR, EO/IR, laser, samt akustiska och seismiska. De plattformar som diskuterades var flygplan, helikoptrar, UAV:er och aerostater. En utvecklingsplan beskriver hur ett sammanhållet spaningsresurs kan skapas med dagens sensorer och plattformar och med utökade funktioner med nya sensorer och plattformar. Projektledare: Per Grahn.

### **Sensorstyrning i NBF**

Sensorstyrning i NBF var en strategisk forskningskärna (2005-2007) som behandlade problematiken att planera och styra sensorer och plattformar tillsammans för att lösa flera befattningshavares spaningsbehov samtidigt som andra befattningshavare har som uppgift att vidmakthålla plattformen självt. En sådan spaningsfunktion är en vertikal funktion som skär igenom hela ledningssystemet från högsta beslutande nivå ner till detaljer om hur en sensor fördelar känslighet i rymden, väljer signalbehandling, mm. Syftet var att öka snabbheten, flexibiliteten och effektiviteten i användningen av sensorresurser. För att skapa en sammanhållet sensorstyrningen så utvecklades en modell för hierarkiskt organiserad planering som tar hänsyn till olika grupperingar och tidshorisonter. Med systemet så kan informationskvaliteten upprätthållas med färre UAV:er, ledtiden förkortas, sensoranvändningen situationsanpassas och kostnaderna reduceras. Projektledare: Per Grahn.

### **Mikrovågssystem för 3D-marksplaning**

Projektet Mikrovågssystem för 3D-marksplaning studerar effektsnåla och kostnadseffektiva multifunktionssensorer som kan användas för internationella insatser där det finns behov av snabb och luftburen övervakning och 3D-avbildning av urbana områden. Projektet studerar bl.a. betydelsen av MEMS-baserade (med låga förluster) fasskiftare, switchar och fördelningsnät med perspektiv mot multifunktionsantennsystem (se-undvika, kommunikation och SAR-GMTI). Mätresultaten är lovande och indikerar nyttan med den nya MEMS-tekniken i form av mycket låga uppmätta förluster och brusfaktorer. Multifunktionssensorer är därför användbara för plattformar där tillgången på utrymme, lastförmåga och energiförsörjning är starkt begränsad i små UAV:er. Projektet studerar även 3D-SAR som bidrar till en förenklad informationsinhämtning och en ökad

uppdateringstakt av lägesbilden genom dess nedåttittande geometri. 3D-SAR är snabbare, säkrare och ger bättre kvalitet än motsvarande informationsinhämtning med konventionell SAR. Projektledare: Andreas Gustafsson.

### **Funktionell samverkan mellan bemannade och obemannade delsystem**

Funktionell samverkan mellan bemannade och obemannade delsystem var en strategisk forskningskärna på FOI (2005-2007). Utgångspunkten för projektet var att för taktisk användning av obemannade farkoster så är koordinationen mellan bemannade och obemannade system extra viktig. Koordinationsproblemen kan uppstå vid både övervakning av delvis autonoma system, automatiska modövergångar och störning av orienterande perceptuella funktioner p.g.a. sensorernas begränsade synfält. Några exempel som studerades var markfarkoster för spaning under rörelse i bebyggelse, blandade flygförband med UCAV och spaning med taktisk UAV. Projektet genomförde både fält- och simulatorstudier av användningen av obemannade farkoster. Studier gav en bra uppfattning om hur mycket uppmärksamhet som krävs för att styra en eller flera farkoster även om de är delvis autonoma. Projektledare: Peter Svenmarck.

### **Samverkande autonoma system med banplanering**

I ett ettårsprojekt kartlades år 2006 ett antal algoritmer för automatiskt målval, automatisk avsökning och automatisk flygning. Syftet var att ge en bild av de hot och möjligheter som autonoma vapen och UAV:er innebär. Projektledare: Petter Ögren.

#### **3.2.3 Industriprojekt**

Ett antal industriprojekt rörande obemannade farkoster pågår i Sverige, främst på SAAB, men även på Kockums.

- SAAB Skeldar, se avsnitt 5.3
- SAAB Neuron, se nedan i avsnitt 3.3.
- SAAB AUV 62 Sapphires, se avsnitt 6.3
- SAAB Double Eagle SAROV, se avsnitt 6.3
- Kockums Piraja, se avsnitt 7.3

#### **3.2.4 UoH-Center**

Flera universitet bedriver forskning som även är relevant för militära obemannade farkoster.

- KTH-CAS
- LiTH
- Robotdalen
- LTH

### **3.3 Projekt inom EU**

#### **AIRBEAM**

AIRBEAM står för Airborne information for Emergency situation Awareness and Monitoring och projektet startas år 2012. AIRBEAM är inriktat mot att

ta fram en toolbox för att åstadkomma en förbättrad lägesbild av omvärlden under krishantering vid naturkatastrofer inom Europa, exempelvis skogsbränder utom kontroll, översvämningar och snöstormar. Sensorer på obemannade flygande plattformar förväntas kunna ge ett stort mervärde vid underrättelseinhämtning över stora områden. Utmaning är att utnyttja informationen effektivt från ett antal sensorplattformar för att skapa en så bra lägesbild som möjligt. Metoder, plattformar och sensorer kommer att prövas och utvärderas i en simulatormiljö med representativa scenarier. Miniaturisering av sensorer ingår även i projektet med syfte att utveckla kompakta, lätta, strömsnåla och kostnadseffektiva sensorer. Arbetet kommer att bedrivas i nära samarbete med industri, sakägare och slutanvändare. Projektet finansieras inom FP7.

### **WIMA<sup>2</sup>S**

WIMA<sup>2</sup>S står för Wide Maritime Area Airborne Surveillance och projektet startade år 2009 [30]. Målet för WIMA<sup>2</sup>S är att utveckla innovativa och kostnadseffektiva teknologier för flygburen havsövervakning. Övervakningens syfte är krishantering och gränsbevakning. Projektet finansieras inom FP7.

### **Interacting with Multi-Agent Systems/UAV Swarms (SMAART)**

Projektet SMAART studerar övervakning av flygbaser med ca. tolv rotor-UAV:er. Farkosterna navigerar autonomt och är utrustade med EO/IR-sensorer för att upptäcka mål. Tiden sedan den senaste överflygningen används för att planera och sprida övervakningen över flygbasen. Larm om upptäckta mål integreras för att inte överbelasta operatören. (DGA). Frankrike.

### **Telepresence**

Telepresence är en kikarliknade apparat för att integrera all styrning av UGV:er i ett intuitivt format. Kameran styrs genom att rikta "kikaren". Studier visar att tiden för att t.ex. hitta handgranater i ett rum minskar väsentligt med ett gränssnitt som har stereoljud och stereovideo som styrs genom att vrida huvudet. (TNO). Holland.

### **SA for UAV reconnaissance**

För att avsöka ett område måste operatören bl.a. integrera farkostens position och färdriktning med sensors riktning och synfält i förhållande till intressanta områden för avsökning. Något som försvåras av fördröjningar och begränsad uppdateringsfrekvens av sensorbilden. TNO har studerat hur man kan minska de här problemen genom att överlagra UAV:ns kameravy på en virtuell 3D-miljö med större synfält. Även sensors förväntade täckningsområde presenteras för operatören utan fördröjning. Gränssnittet gör avsökningen effektivare särskilt när fördröjningarna ökar. (TNO). Holland.

### **Cognitive Assistant**

Genom att representera styrningen av obemannade farkoster i form av kognitiva processer så kan ett stödsystem resonera på ett sätt som motsvarar operatörens förväntningar. Det här förenklar styrning och gör det lättare för operatören att förstå hur system agerar. Man har bl.a. studerat styrning av flera obemannade farkoster där stödsystemet kan resonera om uppdragsmål, vad det innebär att arbeta som ett team, beroenden mellan teammedlemmar och dialoger för kommunikation. En tillämpning som har studerats är intelligent styrning av flera delvis autonoma UAV:er som stödjer luftlandsättning från helikoptrar

med spaning av framryckningsvägar, ytbevakning, övervakning och kommunikationslänkar. En annan tillämpning är styrningen av SEAD och attack-UCAV för anfall av markmål som är skyddade av luftvärnssystem. (Universität der Bundeswehr München). Tyskland.

### **Dynamic Airborne Mission Management Capability Concept Demonstrator (DAMM CCD)**

DAMM CDD handlar om att utvärdera system för integrerad planering och ledning av flyguppsdrag där både stridsflyg, spanings-UAV och UCAV ingår. Tanken är att med en bättre integrering av olika ledningsnivåer så ökar effektiviteten. Utvärderingar visar att med stödsystemen så har operatörerna bättre förtroende för besluten. Besluten är också mindre riskfyllda, effektivare och fattas mer rätt i tiden. Projektet har framförallt studerat kombinerade SEAD- och attackuppsdrag. (DSTL). Storbritannien.

### **Unmanned Vehicle Center**

Delvis autonoma UGV:er för räddningsoperationer [31]. (Royal Military School Belgium). Belgien.

### **REI Alchimie**

REI Alchimie. Spaning med flera delvis autonoma UAV:er och UGV:er. (DGA). Frankrike.

### **UAV SA**

Förbättrad situationsmedvetenhet att överlagara UAV:ns kameravy på en syntetisk miljö med större synfält (TU Delft). Nederländerna.

### **Neuron**

Ett europeiskt UCAV-demonstratorprojekt i samarbete mellan Dassault (Frankrike), Saab (Sverige), EAB (Grekland), RUAG (Schweiz), EADS CASA (Spanien) och Alenia (Italien). Samarbetet har tre mål: Att utveckla och upprätthålla kompetens inom de berörda företagen. Att utveckla och validera teknik för nästa generations stridsflyg. Att skapa ett innovativt europesikt industrisamarbete. Testflygningar för prototypen förväntas ske 2012 [32].

## **3.4 Projekt inom EDA**

### **EDA - Air4All**

Under åren 2008-2010 samlades de större europeiska industrierna inom flyg- och säkerhetsområdet i ett gemensamt projekt på uppdrag av EDA. Syftet med projektet var att utarbeta en plan för hur obemannade flygfarkoster kan integreras i ett framtida gemensamt luftrum. Projektet analyserade kritiska frågeställningar och identifierade inom vilka områden, både tekniska och operationella, lösningar saknas för att integrera obemannade farkoster i civilt luftrum. De hinder som identifierades delades in i fyra delområden, teknik, regler, procedurer och utbildning samt transversella frågeställningar som förutom de tidigare även omfattar juridiska, sociala och miljörelaterade frågor.

Projektet arbetade mycket brett och analyserade vissa frågeställningar med stort djup, särskilt kommunikations, spektrum och länkfrågor. Projektet genomfördes i två faser och identifierade de främsta hindren som måste övervin-

nas för att integrera UAS i integrerat civilt luftrum. Man föreslog i projektet att nå slutmålet genom att dela upp utvecklingen i steg där de första stegen, att flyga med en experimentfarkost, dvs utan typcertifiering, i avskilt luftrum över obebyggda områden, redan är genomfört av flera aktörer i olika länder. Nästa naturliga steg är att flyga i kontrollerat luftrum och under varje utvecklingsfas verifiera lösningar och identifiera eventuella nya svårigheter.

- Steg 1: Flyg med ett experimentellt UAS inom nationsgränser i avskilt luftrum, obebyggda områden.
- Steg 1a: Flyg med ett experimentellt UAS inom nationsgränser i avskilt luftrum, glest bebyggda områden.
- Steg 2: Flyg med ett experimentellt UAS som IFR-trafik inom nationsgränser i kontrollerat gemensamt (Klass A, B, C) luftrum.
- Steg 3: Flyg rutinmässigt med ett nationellt certifierat UAS som IFR-trafik inom nationsgränser, i kontrollerat luftrum (luftrum klass A, B, C)
- Steg 4: Flyg rutinmässigt med ett civilt certifierat UAS som IFR-trafik inom nationsgränser, i kontrollerat luftrum (luftrum klass A, B, C)
- Steg 5: Flyg rutinmässigt med ett civilt eller nationellt certifierat UAS som IFR-trafik över nationsgränser, i kontrollerat luftrum (luftrum klass A, B, C)
- Steg 5a: Flyg rutinmässigt med ett civilt eller nationellt certifierat UAS som IFR-trafik över nationsgränser across national borders, i kontrollerat luftrum (luftrum klass A, B, C, D, E)
- Steg 6: Flyg rutinmässigt med ett nationellt certifierat UAS som IFR- och VFR-trafik över nationsgränser i kontrollerat och okontrollerat luftrum (luftrum klass A, B, C, D, E, F, G)
- Steg 6a: Flyg rutinmässigt med ett civilt certifierat UAS som IFR- och VFR-trafik över nationsgränser i kontrollerat and okontrollerat luftrum (luftrumsklasser A, B, C, D, E, F and G)

Projektets analys visade på en möjlig realisering av integrering av militärt certifierade UAS inom loppet av 5-6 år givet ett större europeiskt utvecklingsprogram.

I projektets slutrekommendationer [33, 34] föreslogs ett antal åtgärder i form av studier eller utvecklingsprojekt för att nå målet med integrering och etableringen av en stark europeisk UAS-industri. En konkret lista på tekniska studier föreslogs för EDA under hösten 2010. EDA:s medlemsländer önskade en fördjupad analys av förslagen och EDA uppdrog till EREA, de europeiska flygforskningsinstitutens samarbetsorganisation, att genomföra en sådan analys. Detta uppdrag ställdes i början av 2011 och benämns E4U (se avsnitt 3.4).

Tillsammans med Europeiska kommissionen och Europeiska rymdstyrelsen (ESA) planerar EDA att initiera ett större forsknings och utvecklingsprogram inom ramen för det europeiska programmet European Framework Cooperation (EFC, se [35]), där EDA, EK och ESA samarbetar.

## EDA - E4U

E4U [36] är ett projekt som initierades av EDA och som genomförts av de europeiska flygforskningsinstitutens under deras paraplyorganisation EREA. Projektets syfte var att ge rekommenderade prioriteringar för de olika tekniska frågeställningar som identifierades som kritiska för integrering av UAS i civilt luftrum i en av industrier i Europa ledd studie, Air4All (se avsnitt 3.4). Prioriteringarna skall ligga till grund för ett framtida Europeiskt forsknings- och utvecklingsprogram med målet att öppna det civila luftrummet för UAS och därmed skapa en marknad för Europeisk industri.

Projektet beskrev även vilken roll forskningsinstuteten kan spela i ett sådan forskningsprogram.

## EDA - Networked Multi-Robot Systems (NM-RS)

NM-RS är ett EDA-samarbete mellan Belgien, Tyskland, Italien och Spanien. Syftet är att i simuleringar visa nyttan med en autonomt nätverk av robotar, främst UGVer. Projektet behandlar områden som styrning, navigering, multi-robot koordinering, sensorer, kommunikation och människa-maskin-gränssnitt [37].

## 3.5 NATO Research and Technology Organisation (NATO RTO)

NATO RTO initierar regelbundet samarbeten inom obemannade farkoster. Här är några exempel på tidigare och pågående aktiviteter.

RTO-RTG-HFM-214 Human Systems Integration for Robust Operations of UAVs

RTO-RTG-HFM-170 Supervisory Control of Multiple Uninhabited Systems -Methodologies and Enabling Human-Robot Interface Technologies

RTO-MP-HFM-135 Human Factors of Uninhabited Military Vehicles as Force Multipliers

RTO-MP-111 Unmanned Military Vehicles as Force Multipliers

RTO-TM-SCI-169 Multi-Platform Unmanned Aerial Vehicles for Electronic Warfare Applications

RTO-AG-300-V27 Unique Aspects of Flight Testing Unmanned Aircraft Systems

RTO-EN-SCI-208 Advanced Automation Issues for Supervisory Control in Manned-Unmanned Teaming Missions

RTO-MP-SCI-202 Intelligent Uninhabited Vehicle Guidance Systems

RTO-EN-SCI-195 Advanced Autonomous Formation Control and Trajectory Management Techniques for Multiple Micro UAV Applications

RTO-TR-SCI-124 Architectures for the Integration of Manned and Unmanned Air Vehicles

RTO-MP-SCI-182 Techniques and Technologies for Unmanned Autonomous Underwater Vehicles (AUVs) – A Dual Use View

NURC-FR-2007-022 Unmanned surface vehicles for harbour protection.

RTO-TR-HFM-078 Uninhabited Military Vehicles (UMVs): Human Factors Issues in Augmenting the Force

RTO-TR-AVT-101 Experimental and Computational Investigations in Low Reynolds Number Aerodynamics, with Applications to Micro Air Vehicles (MAVs)

### 3.6 USA

#### DoD, Airforce, Army, Navy, and Marines

- **US Army Unmanned Aircraft Systems Roadmap 2010-2035** Dokumentet beskriver hur US Army avser utveckla, organisera och driftsätta obemannade farkoster över alla arenor och uppgifter [38].
- **US Air Force Unmanned Aircraft Systems Flight Plan 2009-2047** Motsvarande dokument för USAF [39].
- **DoD FY2009–2034 Unmanned Systems Integrated Roadmap** Syftet med dokumentet är att ge teknikföretag, inköpare och planerare en tydlig och koordinerad plan för utvecklingen och överföringen av obemannad-farkost-teknologi till amerikanska försvaret och att fokusera ansträngningar mot prioriterade förmågebehov hos det senare. Fyra sådana förmågebehov nämns särskilt: Spaning, målidentifiering och inmätning, hantering av minor och bomber, samt CBRN-informationsinhämtning [40].

#### US Air Force Research Laboratory

##### MUSCIT

Syftet med MUSCIT är att utveckla, integrera och demonstrera tekniker för hur en operatör kan styra flera UAV:er för spaning, övervakning och flygunderstöd till marktrupper. I demonstrationer har två riktiga UAV:er (MLB Bat 3) och två simulerade UAV:er använts gemensamt vid punktbevakning för att upptäcka hur personer rör sig till och från en position och om de är beväpnade. För att inte flera farkoster ska överlasta operatören så användes ett förbättrat gränssnitt med röstigenkänning, syntetiska röster, förenklad sensorstyrning, syntetiska markering av viktiga positioner, förenklad symbolik och varningar vid tillståndsförändringar. Målet är antalet UAV:er inte ska påverka operatörens belastning.

##### Målinvisning för UAV

I Predator-systemet ansvarar en operatör för farkosten och en för sensorn, men farkostoperatören pekar ut intressanta områden för sensoroperatören. Problemet är att operatörerna är tränade i att använda olika referensramar för att ange riktningar vilket försvårar kommunikationen. För att förbättra prestandan kan ett gränssnitt användas där farkostoperatören markerar ett intressant område på kartan. Riktning och avstånd till området visas sedan med en enkel överlagrad invisningslinje i sensorbilden. Invisningslinjen gör att sensoroperatören hittar målen snabbare och att det behövs mindre kommunikation mellan operatörerna.

##### Predator Draper

Operatörsgränssnitt för målinvisning och målutpekning med UAV:er

## **US Army Research Laboratory**

### **RoboLeader**

RoboLeader är ett autonomt operatörsstöd som kan hjälpa operatören att styra flera farkoster vid spaning i bebyggelse. Projektet har i simuleringar studerat spaning med fyra och åtta UGV:er, effekten av RoboLeader:s tillförlitlighet och att hitta mål som navigerar för att undvika upptäckt.

### **SA for Combat Vehicles**

Projektet har studerat hur en eller flera UGV:er och UAV:er kan förbättra situationsuppfattningen för besättningen i stridsfordon. Målet är att skytten ska kunna styra farkosterna utan några negativa effekter på hur skytten genomför sin uppgift. Resultaten visar att när flera uppgifter utförs samtidigt så litar operatören för mycket på farkosternas delvis autonoma funktioner för målspaning längs framryckningsvägen. Projektet har också studerat visuell och taktisk presentation av automatiskt målinvisning och hur målinvisningens tillförlitlighet påverkar prestationen.

### **Chen**

Operatörsgränssnitt och automation som gör att operatören kan utföra primäruppgiften och samtidigt styra en eller flera obemannade farkoster.

## **NASA-Ames**

### **Delegation control for multiple unmanned systems (DELCON)**

DELCON är ett intelligent system för styrning av flera delvis autonoma UAV:er och UGV:er som spanar, pekar ut mål, ger flygunderstöd och materieförsörjning till marktrupper i en urban miljö. Vid demonstrationen av DELCON användes två verkliga farkoster (RMAX-helikopter och MAX Rover) och två simulerade farkoster (Shadow och Warrior Alpha). Operatören styr DELCON på ett liknande sätt som med dagens system för flygunderstöd med tre nivåer där verktyg ("tools") t.ex. innebär målföljning, låsning och brytpunktsbanor, procedurer ("scripts") används för att styra enskilda farkoster och uppgiftsalternativ ("plays") används för att styra flera farkoster. Operatören kan t.ex. ange uppgifter som "troops in contact" och "prosecute target", relevanta villkor och vilka farkoster som ska användas. DELCON använder sedan en hierarkisk uppgiftsplanerare för att tolka och utföra de övergripande mål beroende på situationen.

## **SPAWAR**

### **Unmanned Surface Vehicle Control and Monitoring for Amphibious Operations**

Littoral Combat Ship (LCS) kommer att utrustas med två USV:er för spaning, minröjning och ubåtsjakt i kustnära vatten. USV:erna har inget automatiskt system för att undvika kollisioner utan operatören ansvarar för de framförs säkert till operationsområdet. USV:erna är utrustade med radar och EO-sensorer. Projektet har utvecklat ett särskilt gränssnitt som presenterar all sensorinformation i ett integrerat format och uppmärksammar operatören när det är tid att växla mellan farkosterna för att upptäcka potentiella hinder. Med gränssnittet så upptäcker operatören fler hinder, initierar fler undanmanövrer och rapporterar bättre felmeddelanden och navigeringsstatus. Fler möjligheter undersöks för att höja prestandan till den nivå som krävs för ett operativt system.



### **Synthetic Reality for UGV Control**

Position och synfält gör att det är svårt att få en överblick för att manövrera en UGV. Ofta används därför ytterligare en UGV för att få en överblick. Ett alternativ till en ytterligare UGV är att använda videobehandling för att återskapa en 3D-miljö från UGV:ns videobild.

### **Data Glove**

Handske för virtuell manövrering som mäter handens och fingrarnas rörelse med hög precision m.h.a. magnetfält och acceleration i flera dimensioner. Med 6-axlig translation och rotation så kan man t.ex. skapa en virtuell joystick och handsignaler för av och på, lägesgivare, knapp med tre positioner, stop, zoom och riktningsvinkel. Tanken är att utveckla koncept för hur handsignaler kan användas för att ge styrinformation.

### **Darpa - Defence Advanced Research Project Agency**

DARPA satsar kontinuerligt på att utveckla funktioner för obemannade farkoster. Några aktuella exempel är:

- Autonomous High Altitude Long Endurance (HALE) Refueling (AHR) [41].
- Anti-Submarine Warfare (ASW) Continuous Trail Unmanned Vessel (ACTUV) [42]
- Mind's Eye Program [43]
- Chemical Robots (ChemBots) [44]

### **Southwest Research Institute (SwRI)**

#### **Cooperative Convoy System**

Ett av många projekt om obemannade farkoster på SwRI handlar om att automatiskt köra fordon i konvojer, en funktion med både militära och civila tillämpningar. Det finns ingen central reglerfunktion för konvojen utan den skapas istället genom att fordonen kommunicera med varandra och använder lokala regler för synkronisering. Kommunikationen gör att fordonen blir bättre på att köra med samma hastighet och kan därför köra med mindre avstånd mellan fordonen.

### **RAND Corporation**

RAND har givit ut rapporten "A survey of Missions for Unmanned Undersea Vehicles", [45] som har sin tyngdpunkt på militära AUV-tillämpningar, från ett USA-perspektiv. I rapporten ges bl.a. en rekommendation om lämpliga uppdrag för AUV:er, rekapitulation av förmågor hos AUV:er såsom dessa definieras i US Navy's Master Plan 2004, förespråkade AUV-uppdrag från denna plan, ytterligare förmågor och uppdrag, samt en utförlig översikt av existerande AUV-system (med tekniska data).

## **3.7 Marknadsanalyser**

Ett antal analyser av marknaden för obemannade farkoster finns att köpa idag. Dessa inkluderar följande.

- Military Robots and Unmanned Vehicles Market, \$3500 [46].

- The Unmanned Ground Vehicles (UGV) Market 2010-2020: Military Robots for EOD and Counter-IED, £1499, [47].
- Military Robots and Unmanned Vehicles Market Shares, Strategies, and Forecasts, Worldwide, 2010 to 2016, \$3500 [48].
- Robotics: Technologies and Global Markets, \$4850, [49]. Inkluderar militär robotik som en del av en mer övergripande studie.
- The World AUV Market Report 2010-2019, EUR3682 [50].



## 4 UGV: Översikt och kategorisering av befintliga system

Detta kapitel består av tre avsnitt. I det första, 4.1, beskrivs förmågor, scenarier, hotscenarier och utveckling för UGV-system. I det andra avsnittet, 4.2, ges en översikt över tillgängliga system och en indelning av dessa i en handfull kategorier, s.k. typsyste. I det tredje avsnittet, 4.3, ges sedan lite mer detaljerade exempel på ett antal tillgängliga system.

### 4.1 Nyttja: förmågor och scenarier

I detta avsnitt diskuteras nytta och hot förknippade med UGV:er, samt även förväntad teknisk utveckling av systemen.

#### 4.1.1 Förmågor

Allmänt kan sägas om UGV:er att de bidrar till att realisera förmågor främst inom områden som är smutsiga, tråkiga och farliga. De vanligaste förmågeområdena för UGV:er i dagsläget är IEDD/EOD-hantering, CBRN-hantering, spaning och taktisk transport (I- och M-förmågor). Att E- och P-förmågor finns upptagna beror på att UGV:er kan förses med beväpning (dock har dessa ej nyttjats i någon större omfattning främst beroende på juridiska och etiska aspekter). C105 har inkluderats eftersom en UGV skulle kunna användas som kommunikationsnod eller relästation för att öka räckvidden i sambandssystemet.

Kat.	IF-nr.	Insatsförmåga
C	105	Förmåga att upprätthålla samband
E	203	Förmåga att påverka mål på marken
E	207	Förmåga att påverka mål på djupet av operationsområdet
E	210	Förmåga att genomföra elektronisk attack
E	213	Förmåga att påverka mål i urban miljö
E	214	Förmåga att genomföra specialoperationer
E	216	Förmåga att understödja strid på marken
I	304	Förmåga till inmätning och överföring av målinformation
I	305	Förmåga att upprätta gemensam lägesbild
I	310	Förmåga till bildalstrande inhämtning (IMINT)
I	311	Förmåga till signalspaning (SIGINT)
I	312	Förmåga till inhämtning för att erhålla ID och signaturer (MASINT)
I	318	Förmåga till inhämtning av CBRN-relaterad information
M	401	Förmåga till landminröjning
M	403	Förmåga att desarmera bomber och röja ammunition
M	404	Förmåga till fältarbeten för rörlighet
M	407	Förmåga att genomföra transporter till och från ett operationsområde
M	408	Förmåga att genomföra transporter inom ett operationsområde
P	503	Förmåga att skydda objekt på marken mot angrepp
S	707	Förmåga till förnödenhetsförsörjning i operationsområdet

Tabell 4.1: Förmågor där UGV:er kan bidra.

Alla dessa förmågor kan i varierande grad lösas med UGV:er eller med stöd

av en UGV. En UGV lämpar sig särskilt väl i högrisksammanhang som till exempel hantering och desarmering av ammunition och IED:er, men på lång sikt kan man tänka sig att UGV:er utför många av de förmågor som bemannade fordon används till idag.

#### 4.1.2 Scenarier

En UGV är mindre sårbar och kan realisera förmågorna ovan med mindre risk för egna förluster. Typiska användningsområden för UGV:er brukar på engelska beskrivas med trippel d - dirty, dull, dangerous (smutsigt, tråkigt, farligt). I vissa fall kan en UGV vara mer kostnadseffektiv än andra alternativ.

I dagsläget nyttjas UGV:er främst för EOD och IEDD samt i viss mån spaning på stridsteknisk nivå. Andra tänkbara användningsområden är spaning och övervakning; hinder och vägröjning; bärhjälp; skydd och patrullering av basområden; transportkonvojer; evakuering av skadade samt som vapenplattform i strid (ARV). Exempel på scenarier där UGV:er används är följande:

- Generellt stöd till markförband, med syftet att förstärka förbandets förmåga att lösa sina uppgifter.
- Patrullering, där UGV:er förstärker underrättelseförmågan i svåra eller farliga förhållanden samt transportförmågan vilket avlastar soldaterna.
- Strid i bebyggelse, där UGV:er kan nyttjas för spaning och eventuellt eldunderstöd.
- Internationell fredsfrämjande insats, där UGV:er nyttjas för EOD och IEDD.
- Bevakning av basområde, nationellt eller internationellt.
- Taktisk transport med UGV:er i konvoj.
- Stöd till civila samhället, där UGV:er nyttjas för spaning och hantering av farlig materiel (CBRN) vid en olycka.

#### 4.1.3 Hotscenarier

Den kanske främsta egenskapen hos en UGV är att den kan utsättas för mycket större risker än vad som normalt är acceptabelt för personal. En UGV kan därmed uppträda på helt annorlunda sätt. Dessutom medger UGV:er en viss anonymitet och förnekbarhet. UGV:er som vapenplattformar (Armed Robotic Vehicle - ARV) kan utnyttjas mycket aggressivt och skulle kunna användas för vad som i dag uppfattas som rena självmordsuppdrag. Eftersom UGV:er inte behöver ta hänsyn till personskydd så förändras kvoten mellan skydd och verkan. Även en liten UGV som relativt lätt skulle kunna infiltrera till exempel en camp eller bas kan bära en förhållandevis stor verkansdel. En eller flera ARV:er som uppträder autonomt i syfte att hindra eller fördröja skulle även kunna utgöra ett stort hot mot egna styrkor. UGV:er medför ett visst mått av anonymitet skulle kunna användas som terroristvapen eller i syfte att framstå som en terroristattack.

#### 4.1.4 Utveckling: Nya förmågor och system

Utvecklingen av nya batterier och energiförsörjningssystem, driven av den civila marknaden, går fort. Detta innebär att UGV:er får längre aktionstid och

blir mer långräckviddiga. Med längre räckvidd ökar också kraven på den autonoma förmågan. För att möta dessa ökande krav på autonomi krävs ytterligare forskning inom styrautomatik och signalbehandling.

Ytterligare ett forskningsområde under utveckling är användargränssnittet där utvecklingen går mot standardiserade gränssnitt men även mot mer intuitiva gränssnitt som minskar belastningen på operatören. Vidare utgör framdrivningssystem och framkomlighet områden som är centrala för UGV-utvecklingen. I dagsläget finns plattformar med såväl hjul som band och ben, alla med olika för- och nackdelar. Framkomlighet i svår terräng och i urban miljö utgör fortfarande en utmaning.

Trots den snabba utvecklingen inom batteriområdet är energiförsörjningen fortfarande en utmaning inom vissa användningsområden, framför vad gäller mindre UGV:er för materieltransport och som understöd vid längre patrullering (ex Boston Dynamics BigDog, se 4.3).

Kommunikationen mellan operatör och UGV är idag ofta en begränsande systemfunktion. En möjlig lösning för att förbättra störskyddet är att använda frekvenshoppande system [40].

Även utvecklingen av autonoma system och artificiell intelligens går framåt men än så länge krävs operatörer i mer komplexa situationer, vilket i viss mån utgör ett hinder vid snabba förlopp som strid och liknande.

Slutligen kommer griparmarna att utvecklas för t.ex. EOD-tillämpningarna. Detta kommer att möjliggöra snabbare och effektivare sätt att manipulera objekt och t.ex. undersöka eller plocka isär föremål [40].

När uthålligheten, förmågan till autonomt eller semi-autonomt uppträdande samt användargränssnittet utvecklats kommer UGV:er erbjuda helt nya möjligheter att realisera samtliga ovan nämnda förmågor.

## 4.2 Översikt och typsystem

Det förefaller i dagsläget inte existera någon vedertagen standard för klassificering av UGV:er, men det har inom NATO fattats beslut om att tillsätta en arbetsgrupp (RTO IST-107) som till 2014 skall utarbeta UGV-standarder.

Dock förekommer olika typer av klassificering och typindelning, framför allt inom stora forsknings- och utvecklingsprojekt. Inom programmet Future Combat Systems (FCS) i USA har man delat in UGV:er i tre klasser utgående från funktionsområde. Dessa klasser är ARV, MULE och SUGV [51].

- ARV (Armed Robotic Vehicle) är en beväpnad plattform som kan nyttjas för spaning, skydd eller eldunderstöd.
- MULE (Multifunctional Utility and Logistics Vehicle) är en obemannad plattform som främst tillhandahåller transport av materiel och förnödenheter som stöd till avsutten trupp.
- SUGV (Small Unmanned Ground Vehicle) är en liten obemannad plattform som kan bäras (man portable) och användas i främst urban miljö för spaning och informationsinhämtning.

Det förekommer även indelning efter fordonsvikt [52].

- Class I omfattar små UGV:er som typiskt väger runt 15 kilo och kan bäras (man portable). Oftast drivs de med batterier och elförsörjningen är därför en central fråga. Även om små UGV:er kan vara designade för att kunna hantera ojämn terräng och kringgå hinder så är förmågan att hantera mycket ojämn terräng fortfarande begränsad. Små UGV:er

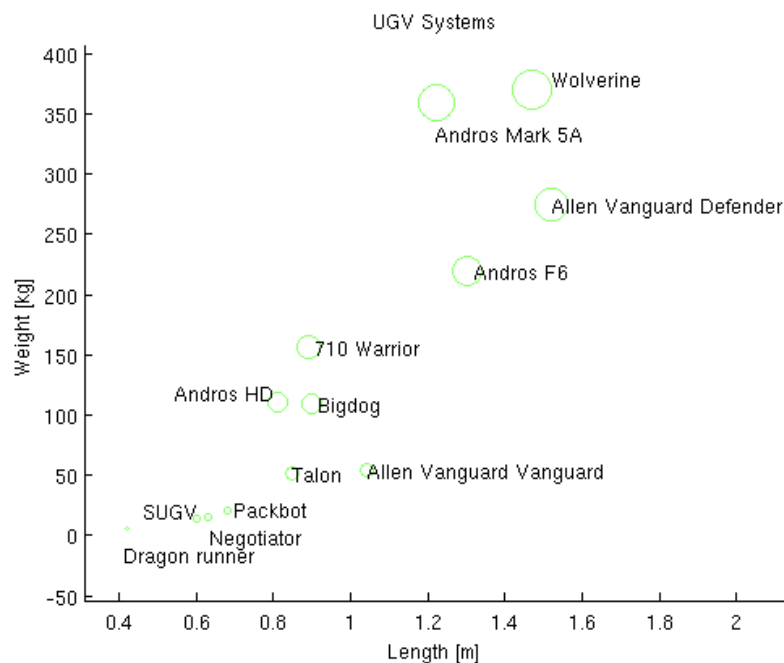
lämpar sig bäst för EOD-uppgifter, spaning och bevakning samt annan verksamhet där förmågan att hantera tunga föremål inte är avgörande.

- Class II består av medelstora UGV:er som typiskt väger mellan 2,5-3,5 ton och behöver transporteras med lastfordon eller genom egen kraft. Fördelen med medelstora UGV:er är att de är förhållandevis billiga, kan transportera relativt tunga laster och röra sig i oländig terräng.
- Class III utgörs av UGV:er stora som lastbilar och är designade för att kunna lyfta, bära eller dra tunga laster. Stora UGV:er drivs normalt med dieselmotorer eller genom hybriddrift och de kan därför operera under långa perioder och till och med fungera som laddstationer för små UGV:er. Dessa UGV:er väger 5-10 ton.

I tidigare dokument delas UGV:er in i fyra grupper baserat på grad av autonomitet [53]:

- Teleoperated Ground vehicle
- Semiautonomous preceeder/follower
- Platform-centric autonomous ground vehicle
- Network-centric autonomous ground vehicle

Nedan följer en lista över obemannade system, inklusive utvalda data och externa länkar.



Figur 4.1: Längd och vikt för ett antal UGV-system. Notera Packbot, Talon och Defender som opereras av Försvarmakten.

UGV	Längd (m)	Vikt (kg)
Avantguard		1746
SMSS	6.7	1723
Bigdog	0.9	110
Dragon runner	0.42	6.3
MAARS	~ 1	175
Talon	0.85	52
Packbot	0.68	21
SUGV	0.60	14.5
710 Warrior	0.89	157
210 Negotiator	0.63	15
Andros F6A	1.30	220
Andros Mark V-A1	1.22	360
Andros Wolverine	1.47	370
Andros HD Series	0.81	111
Andros Heavy Duty	6.35	16 000
Allen Vanguard Vanguard	1.04	54
Allen Vanguard Defender	1.52	275

Tabell 4.2: Längd och vikt för ett antal kommersiella UGV-system.

## 4.3 Exempelsystem

### 4.3.1 USA

#### Allen-Vanguard Digital Vanguard och Defender ROVs - Amröjningsrobot 2C

I Försvarsmakten går Allen-Vanguard Defender under betäckningen Amröjningsrobot 2C, och används för IEDD/EOD-uppdrag.

Allen-Vanguard har utvecklat två fjärrstyrda UGV:er (Remotely Operated Vehicles, ROVs) [54].

**Digital Vanguard ROV** är utvecklad för att användas vid röjning av explosiva anordningar, vid CBRN-hot, för övervakning och för taktiska uppdrag. Den är relativt liten och kan lätt ta sig in i små utrymmen såsom under fordon och in i flygplan, bilar eller tåg.

**Defender ROV** är en lite större UGV med hög lyftkapacitet, för röjning av explosiva anordningar. Den är också användbar vid VBIEDs (Vehicle-Borne IEDs) samt vid röjning av CBRN-material.

#### PackBot - Amröjningsrobot 4B

I Försvarsmakten går Packbot 510 under betäckningen Amröjningsrobot 4B, och används för IEDD/EOD-uppdrag. En liten UGV, utvecklad av iRobot, Bedford, Massachusetts [55].

PackBot är endast 68 cm lång och väger 21 kg, vilket gör att den lätt kan transporteras i t.ex. en rygsäck och göras operationsduglig på ett par minuter. Utmärkande för systemet är dess "fenor", vilka gör att PackBot lätt tar sig fram i svår terräng som trappor, stenar och bråte. Systemet skall också klara fall på 2 m mot hårt underlag, att kastas genom fönster och att nersänkas i upp till 2 m vattendjup. Den kan förses med en mängd olika sensorer och manipulatorer, vilket gör att den kan användas inom en rad områden. Systemet används bl.a.



i Irak och Afghanistan för t.ex. spaning och övervakning, röjning av explosiva ämnen eller anordningar, detektion farliga ämnen etc. [56].

### Talon - Amröjningsrobot 5

I Försvarmakten går Talon IV Engineer, se figur 4.2, under betäckningen Amröjningsrobot 5, och används för IEDD/EOD-uppdrag.



Figur 4.2: Amröjningsrobot 5 (Talon)

Talon är en mellanstor UGV utvecklad<sup>1</sup> av QinetiQ North America för EOD Technology Directorate of the Army's Armament Research, Development and Engineering Center at Picatinny Arsenal, NJ [57, 58, 59].

Plattformen är 86.4 cm lång och väger beroende på utrustning mellan 52 och 71 kg. Den är därför lätt att förflytta i stridsklart skick. Talon kan utrustas med olika kameror, manipulatorarm, möjligheter till tvåvägskommunikation, NBC (nuclear/biological/chemical) sensorer, strålningsensorer, sensorer för att upptäcka sprängämnen, granatkastare etc. Talon används främst för spaning och rekognosering samt för att röja explosiva ämnen eller anordningar. Den kan operera ner till 30 m djup, vilket gör att den kan användas för att söka efter explosivämnen i amfibisk miljö.

Talon användes bl.a. för att söka efter offer i World Trade Center 2001. Den har också använts i Bosnien 2000, i Afghanistan sedan 2002, och i Irak.

<sup>1</sup>Ursprungligen utvecklad av Foster-Miller, som senare köptes upp av QinetiQ.

## SMSS - Squad Mission Support System

Squad Mission Support System (SMSS) är en UGV med syfte att minska den enskilda soldatens börda genom att transportera deras packning. SMSS är utvecklat av Lockheed Martin och har en räckvidd på 200 km och kan transportera en vikt av 550 kg. SMSS kommer att under tre månader genomgå US Army Military Utility Assessment (MUA) i Afghanistan. US Army har börjat utvärderingen av fyra fordon i Afghanistan sent i år 2011, efter en period av tester och utbildning. De första erfarenheterna indikerar att farkostens ljudnivå är för hög, något tillverkaren tidigare försökt åtgärda, se [60].

En fullt lastad SMSS kan transporteras inuti helikoptrar som CH-47 och CH-53, vilket ger ny logistikförmåga för infanteriet eller specialförbanden. SMSS Block I som kommer att utvärderas kan styras på tre olika sätt: övervakad autonomi, fjärrstyrning eller manuell styrning. Sensorsystem på SMSS kan följa en operatör genom att känna igen personens 3-D-profil. SMSS kan även undvika hinder efter en bana med GPS-punkter.

**Prestanda:** [61] [62] Längd: 6.68 m, Bredd: 1.8 m, Höjd: 2.15, Vikt: 1723 kg.

## Gladiator

Gladiator är ett litet- till mediumstort UGV system (1–2m lång), tänkt att stödja Marinkåren med uppgifter inom hela spektrat av en väpnad konflikt [63, 59]. Bland uppgifterna ingår bl.a. spaning och övervakning, målinmätning, NBC-spaning, såväl som direkt eldgivning.

Systemet är fjärrstyrt eller arbetar semi-autonomt och kan styras från en bärbar styrenhet. Konstruktionen är modulär och består av en lättrorlig och tålig bas, med utbytbar modul för nyttolast. Systemet är utformat för att vara lätt att transportera och skall gå att använda i all terräng och i alla miljöer där marinkåren kan tänkas operera.

## Bigdog

Bigdog är en robot som utvecklas sedan 2005 av företaget Boston Dynamics i USA [64]. Bigdog har fyra ben och med dessa kan den gå, springa i upp till 6 km/h, klättra i sluttningar upp till 35 grader, gå i lera, snö och vatten, och bär laster på upp till 150 kg i svår terräng. De fyra benen är konstruerade för att absorbera stötar och återvinna energi från ett steg till det nästa, detta gör att Bigdog kan gå 21 km utan att stanna eller tanka. Bigdog är 0.9 meter lång och 0.8 meter hög och väger 110 kg. Sensorsystemet på Bigdog består av en stereokamera och en LIDAR. Stereokameran användas för att hitta en väg fram i terrängen och för att få information om terrängen precis framför roboten. LIDAR:n används för att Bigdog ska kunna följa efter en operatör autonomt. Programmet finansieras av Tactical Technology Office på DARPA.

## Dragon Runner

En liten UGV, utvecklad av QinetiQ North America (tidigare Foster-Miller) som en del av Marine Corps Warfighting Lab RSTA-projekt (Reconnaissance, Surveillance and Target Acquisition). Dragon Runner är endast 42 cm lång och väger 6.3 kg. Enheten kan därför lätt transporteras i t.ex. en ryggsäck [58, 59].

Dragon Runner har utvecklats för att ge en förstärkt lägesbild och används för att "se runt hörnet" i urbana områden. Plattformen har vidareutvecklats till att i fält kunna förses med en valfri kombination av sensorer, kameror och vapen. Den kan också förses med en manipulatorarm som kan lyfta upp till 4.5 kg. Dragon Runner används för bl.a. spaning och övervakning inomhus, i av-

loppssystem och i grottor. Den används också till att inspektera fordon, både invändigt, utvändigt och under, samt till att röja explosiva ämnen eller anordningar. Konstruktionen gör att Dragon Runner kan slängas genom fönster, uppför trappor och över murar för snabb utplacering.

## **MAARS**

MAARS (Marine Corps Automated Ammunition Requisition System) är en större fjärrstyrd UGV utvecklad av QinetiQ North America och med räckvidd över 1 km från operatören [58].

Plattformen erbjuder olika sätt att interagera med omgivningen, och kan användas i konflikter där hotnivån kan tänkas eskalera. MAARS stödjer bl.a. tvåvägskommunikation och operatören kan därför kommunicera med fientliga styrkor. För en högre hotnivå finns möjlighet att sprida rökridå, pepparspray etc. Plattformen är dessutom utrustad med 40 mm granatkastare och M240B maskingevär med 7.62 mm ammunition.

## **SUGV**

En mindre variant av PackBot, utvecklad av iRobot, Bedford, Massachusetts [55]. Plattformen är endast 60 cm lång och väger 13.2 kg utan nyttolast, vilket gör den lätt att bära och förflytta.

SUGV kan användas fjärrstyrt eller autonomt. Flera enheter skall dessutom kunna utföra gemensamma uppdrag (swarm operations) med stöd av ad-hoc kommunikation mellan enheterna. En enskild enhet klarar nyttolast upp till ca. 3 kg och kan utrustas med en mängd olika sensorer och manipulatorer, bl.a. en manipulatorarm med kapacitet att lyfta föremål upp till 3-6 kg. Systemet skall klara fall från de övre våningarna i en byggnad och att kastas genom ett fönster och är tänkt att användas i urban terräng, i tunnlar, avloppssystem och i grottor [65].

## **710 Warrior**

En större UGV, utvecklad av iRobot, Bedford, Massachusetts [55].

Liksom de två mindre varianterna PackBot och SUGV är Warrior utrustad med "fenor", vilket gör att plattformen lätt tar sig fram i svår terräng som trappor, stenar och bråte. Den stabila plattformen och kraftiga manipulatorarmen gör att Warrior kan bära nyttolaster på upp till 70 kg och färdas upp till 13 km/h. Plattformen är 89 cm lång, väger 157 kg och kan operera både inomhus och utomhus, i svår terräng och i urbana miljöer. Den kan utrustas med en mängd olika sensorer, vilket gör den lämplig för en mängd olika uppdrag inklusive spaning och övervakning samt röjning av explosiva anordningar. Mer än 3500 robotar har hittills levererats till militärt och civilt försvar runt om i världen.

## **210 Negotiator**

En liten, kompakt och billig UGV med civilförsvaret som främsta målgrupp. Systemet kan användas för bl.a. rekognoseringsuppdrag, för spaning och övervakning, identifiera explosiva anordningar och annat farligt material, samt för rena räddningsuppdrag (search and rescue). Utvecklad av iRobot, Bedford, Massachusetts [55].

## **Andros F6A**

Grundmodellen i Andros-familjen, utvecklad av Remotec, ett dotterbolag till Northop Grumman [66]. Andros F6A är en flexibel och slitstark medelstor UGV (vikt 220 kg), med främsta uppgift att röja explosiva ämnen eller anordningar. Den smala hjulbasen gör att Andros F6A kan manövrera i små utrymmen. Plattformen kan hantera svår terräng, ta sig över hinder och diken, ta sig upp för trappor och köra på sand, grus, lera och gräs. Den är utrustad med en manipulatorarm med kapacitet att lyfta 30 kg [67, 68].

## **Andros Mark V-A1**

En större variant (vikt 360 kg) av F6A, utvecklad av Remotec, ett dotterbolag till Northop Grumman [66]. Plattformen kan hantera svår terräng, ta sig över hinder och upp till 60 cm breda diken, ta sig upp för trappor och köra på sand, grus, lera och gräs. Den kan utrustas med separata paket för röjning av explosiva ämnen/anordningar eller farliga ämnen (HazMat) [69].

## **Andros Wolverine**

En större UGV med stark och flexibel manipulatorarm och används främst till att röja explosiva ämnen eller anordningar. Wolverine är utvecklad av Remotec, ett dotterbolag till Northop Gruman, och är en av de större fordonen i Andros-familjen (vikt 360 kg) [66]. Plattformen är sexhjulsdreven och utvecklad för att ta sig fram i svår terräng. Wolverine användes bl.a. under räddningsarbetet efter explosionen i Sago kolgruva, West Virginia, 2006 [70].

## **Andros HD1 Series**

Det nyaste och minsta tillskottet i Andros-familjen [66]. Plattformen väger 111 kg, är 81 cm lång och utrustad med en manipulatorarm med lyftkapacitet på upp till 57 kg. Plattformen kan hantera svår terräng, ta sig över 20 cm höga hinder och upp till 51 cm breda diken, ta sig upp för trappor och köra på sand, grus, lera och gräs.

## **Andros Heavy Duty**

En mycket stor och tung UGV, utvecklad av Remotec, ett dotterbolag till Northop Grumman [66]. Plattformen är utrustad med en 13 m lång hydraulisk kran med kapacitet att lyfta mer än 5 ton. Det främsta användningsområdet är att flytta på tunga objekt som misstänks innehålla IED:er, men plattformen lämpar sig också för att röja undan och demolera hinder [71].

## **Adept MobileRobots**

Adept MobileRobots tillverkar en rad UGV:er och autonoma robotar för inom- och utomhusbruk [72]. Produkterna används bl.a. för transporter på sjukhus, fabriker och lager, samt för övervakning och patrullering. Utbudet innehåller också ett stort antal forskningsplattformar.

### **4.3.2 Israel**

#### **Avantguard Unmanned Ground Combat Vehicle**

Avantguard Unmanned Ground Combat Vehicle (UGCV) är utvecklad av G-NIUS Unmanned Ground Systems i Israel [73]. G-NIUS är gemensamt ägt av Israel Aerospace Industries (IAI) och Elbit Systems. Avantguard är utvecklat

på G-NIUS Guardium UGV, som varit operativ i Israeliska armén sedan 2008. Avantgard UGCV levererades till Israeliska försvarsmakten den 7 juni 2010 [74].

Fordonet utvecklades för att kunna operera i svår terräng och utföra olika funktioner såsom förtrupp, beväpnad vaktpost, patrullering, spaning och övervakning, detektion och neutralisering av IED:er och evakuering av skadade (CASEVAC). Avantgard UGCV väger 1746 kg och har en maxhastighet på 20 km/h. Avantgard kan utrustas med ett icke-dödligt vapensystem eller bära en fjärrstyrd vapensstation med en 7,62 mm kulspruta.

Avantgard är utrustade med avancerade sensorer vilket medför att den kan köras semi-autonomt eller styras från en bärbar styrenhet. Avantgard kan detektera och undvika hinder i realtid längs en förutbestämd väg, och den kan kommunicera med andra fordon och operatören. Avantgard kan självständigt följa en soldat eller ett fordon.

Avantgard kan förses med olika nyttolaster såsom EO/IR-kamera, radar för detektion av människor, C-IED jammer, markradar, tvåvägs kommunikationslänk, RFID och skottvarnare beroende på uppdrag. Kamerorna på framsidan och baksidan av Avantgard är monterade på en rundstrålande mast. Den termiska IR-kameran ger automatisk målföljning i realtid oavsett tid på dygnet.

### 4.3.3 Tyskland

#### Telerob

Tyska Telerob utvecklar en rad UGV:er för skilda ändamål [75]. Bland deras produkter återfinns:

**tEODor** (Telerob Explosive Ordnance Disposal and Observation Robot) som är utvecklad för att röja explosiva anordningar.

**telemax** som är en mindre variant av tEODor och tänkt att användas i små utrymmen där tEODor inte kommer in.

**OSCAR** som en plattform utformad för rekognosering och spaning. OSCAR innehåller ett stort antal optiska och elektroniska sensorer.

## 5 UAV: Översikt och kategorisering av befintliga system

Detta kapitel består av tre avsnitt. I det första, 5.1, beskrivs förmågor, scenarier, hotscenarier och utveckling för UAV-system. I det andra avsnittet, 5.2, ges en översikt över tillgängliga system och en indelning av dessa i en handfull kategorier, s.k. typsysten. I det tredje avsnittet, 5.3, ges sedan lite mer detaljerade exempel på ett antal tillgängliga system.

### 5.1 Nyttja: förmågor och scenarier

I detta avsnitt diskuteras nytta och hot förknippade med obemannade flygande farkoster, samt även förväntad teknisk utveckling av systemen.

#### 5.1.1 Förmågor

Obemannade flygande farkoster, i dagligt tal UAV (av Unmanned Aerial Vehicle), numera ofta under benämningen UA (Unmanned Aircraft) som en del i ett UAS (Unmanned Aircraft System), har använts av de stora nationerna i decennier. De användningsområden som man på den militära sidan främst prioriterat är att kunna inhämta underrättelseinformation och att kunna leverera verkan. Utvecklingen av UAV:er har främst drivits av behovet att genomföra uppdrag där människan är den svagaste länken i uppdraget, antingen för att uppdraget är riskfyllt eller inte kräver en kvalificerad pilot.

UAV:ers uthållighet medger att man kan spana över stora terrängområden. UAV:er som är smygpassade är svåra att upptäcka och dessa kan då spana under lång tid över ett område. En UAV med adekvat sensorlast och möjlighet att överföra information i realtid eller på annat sätt, kan i många fall underlätta underrättelseinhämtningen utan att riskera egen personal.

I US Armed Forces används UAV:er idag ofta tillsammans med bemannade enheter, såsom helikoptrar och stridsflyg, för att hitta mål eller hot. Den senaste versionen av helikoptern Apache Block III kan styra både flygbana och nyttolast för UAV-systemet Gray Eagle [76], se avsnitt 5.3. Obemannade farkoster kommer i framtiden att bli allt mer integrerade med andra plattformar. Standardiseringar som har genomförts har gjort det möjligt för en markkontroll att operera flera olika typer av UAV:er.

De förmågor som obemannade flygande farkoster kan bidra till är listade i tabell 5.1.

#### 5.1.2 Scenarier

Det finns både militära och civila användningsområden för UAV:er. Nedan har vi listat ett antal av dessa.

Exempel på användningsområden för militär UAV

- Övervaka gränser t ex mellan stridande parter
- Övervaka embargo
- Övervaka området kring en militär camp, för att upptäcka hot
- Övervaka demonstrationer som kan leda till upplöpp

Kat.	IF-nr.	Insatsförmåga
C	103	Förmåga att leda på taktisk nivå
C	C105	Förmåga att upprätthålla samband
E	201	Förmåga att påverka mål på havsytan
E	202	Förmåga att påverka mål under havsytan
E	203	Förmåga att påverka mål på marken
E	204	Förmåga att påverka mål i luften
E	207	Förmåga att påverka mål på djupet av operationsområdet
E	212	Förmåga att påverka mål i amfibisk miljö
E	213	Förmåga att påverka mål i urban miljö
E	214	Förmåga att genomföra specialoperationer
E	216	Förmåga att understödja strid på marken
I	301	Förmåga att skapa och delge geografisk information
I	303	Förmåga att skapa och delge meteorologisk information
I	304	Förmåga till inmätning och överföring av målinformation
I	305	Förmåga att upprätta gemensam lägesbild
I	306	Förmåga att stödja taktisk chef med underrättelser
I	308	Förmåga att stödja operativ chef med underrättelser
I	311	Förmåga till signalspaning (SIGINT)
I	312	Förmåga till inhämtning för att erhålla ID och signaturer (MASINT)
I	318	Förmåga till inhämtning av CBRN-relaterad information
M	401	Förmåga till landminröjning
M	407	Förmåga att genomföra transporter till och från ett operationsområde
M	408	Förmåga att genomföra transporter inom ett operationsområde
P	503	Förmåga att skydda objekt på marken mot angrepp
P	504	Förmåga att skydda objekt på och under havsytan mot angrepp
S	707	Förmåga till förnödenhetsförsörjning i operationsområdet

Tabell 5.1: Förmågor hos AUVer.

- Övervakning under militära operationer, för att få bättre överblick och då kunna leda operationen bättre. Kan ske både till havs och på land.
- Spaning utefter en planerad färdväg för att upptäcka förberedelser till eldöverfall <sup>1</sup>.
- Verkansbedömning efter insats (BDA)
- Spaning efter luftvärn
- Spaning efter CBRN-ämnen
- Spaning efter tidskritiska mål som Katusjaraketer, granatkastare etc.
- Utgöra nod i sambandsnät
- Transport av materiel (t ex medicin, ammunition, förnödenheter etc.)
- Force protection

<sup>1</sup>Enligt personal på UAV-enheten i Karlsborg rör sig inte amerikansk marktrupp i Irak längre sträckor utan att ha en UAV i luften som stöd.

- Attackuppdrag

Exempel på användningsområden för civil UAV

- Havsövervakning för att t.ex. motverka sjöröveri
- Gränsövervakning
- Övervakning av knarkhandel
- Övervakning vid gisslansituationer
- Trafikövervakning Sök och räddning av människor i nöd
- Övervakning av skogsbränder
- Inspektioner infrastruktur som kraftledningar, järnvägar, oljeledningar etc.
- Utgöra kommunikationsnod
- Fotoupdrag

Flera av de civila användningsområdena kan också genomföras med stöd från FM.

### 5.1.3 Hotscenarier

UAV:er kan användas av en motståndare på flera olika sätt. Några olika hot är:

- Med smyganpassade UAV:er kan en motståndare redan i början på en kris genomföra spaning och övervakning med låg upptäcktsrisk. Eftersom ingen människa genomför spaningen kan det vara lägre tröskel att använda UAV:er än bemannad spaning.
- Beväpnade UAV:er kan användas för attackuppdrag mot både militära och civila mål.
- UAV:er kan användas för att släppa ut CBRN-ämnen
- UAV:er med störutrustning kan användas för att störa kommunikation, GPS-system etc.

### 5.1.4 Utveckling: Nya förmågor och system

Den största aktören på utvecklingssidan är försvarsmakten i USA, med Israelska armén som god tvåa. Användarna strävar efter att i de större UAV:erna kunna integrera flera funktioner i en UAV och att kunna standardisera komponenter och procedurer för UAS. Med hjälp av standardisering och miniatyrisering kan man också få ut mer nyttolast och tillverka billigare system. Det genomförs utvecklingsarbete inom i stort sett alla teknikområden som berör UAV – mindre energiåtgång, längre uthållighet, längre räckvidd, fler användningsområden. Ett utvecklingsspår är att utveckla en UAV som kan ersätta satelliter vid spanings eller kommunikations-uppdrag.

US Army siktar på en evolutionär utveckling där man i närtid fokuserar på att integrera underrättelseförmågan hos UAS ner till de lägre förbanden. US Army har tagit fram en utvecklingsplan, s.k. Roadmap, för obemannade flygande system 2010-2035 [38]. Enligt detta dokument genomför UAV:er idag merparten av alla spanings- och övervakningsuppdrag och detta kommer att



fortsätta att öka. I dokumentet fastslås även att under tidsperioden 2016-2025 kommer den stora majoriteten av övervakning och C<sup>3</sup> (Command, Control and Communication) att utföras av UAV:er och ungefär hälften av alla attackuppdrag och beväpnade spaningsuppdrag att utföras av UAV:er. Under denna period kommer UAV:er att genomgå en hel del förbättringar: ökad noggrannhet av målpositioneringen, ökad autonomi, ökad operativ förmåga att verka i olika miljöer, ökad uthållighet och spaningskapacitet, ökad upptäckts-, igenkännings- och identifieringssavstånd med 25%.

Förmågan kommer under denna period även att förbättras för att bättre kunna hitta, identifiera och spåra fordon, personer och smyganpassade mål av intresse över stora områden för att motverka effekten av kamouflerade, dolda, och avledande verksamhet i svår eller skymd miljö, som i djungel och skog och bebyggda stadsområden oavsett väder och tid på dygnet.

Det blir allt lättare att använda UAV:er och idag finns det UAV-system där det endast behövs en soldat för att både bära och sköta UAV:n (t.ex. Switchblade, se avsnitt 5.3, [77]). Det finns forskningsprojekt som syftar till att göra det möjligt för en operatör att styra flera UAV:er samtidigt. Detta bidrar till att öka UAV-operatörens effektivitet. För att stötta en sensoroperatör används idag olika autonoma funktioner såsom detektion och målföljning. Det finns en trend att fler och bättre autonoma funktioner används, vilket gör att UAV:er kan lösa allt fler uppgifter utan styrning av en operatör.

Kvalificerade UAS, utrustade med den senaste tekniken och kommer alltid att vara mycket kostsamma system. Vissa typer av små obemannade farkoster blir dock allt billigare. Det finns idag så billiga UAV:er att man kan låta dem göra kamikaze uppdrag ner mot målet. Exempel på detta är UAV-systemet Switchblade. Bekämpning från obemannade farkoster med olika former av verkansmedel kommer troligen att bli allt vanligare. Det amerikanska försvaret har idag flera UAV-system som är beväpnade såsom Predator, Reaper etc., se avsnitt 5.3 nedan.

Under tidsperioden 2026-2035 bedömer US Army att den amerikanska armén kommer att genomföra nästan all övervakning och C<sup>3</sup> med UAV:er. UAV:er utför då huvuddelen av all beväpnad spaning, attack och fraktuppdrag medan bemannade plattformar stöder cirka 75% av frakten under uppdrag. Under denna tidsperiod kan UAV:er fungera i alla väderförhållanden och har SAA-förmåga (sense-and-avoid).

Sensorsystemen måste kunna samarbeta och dela data och information i realtid mellan olika UAV-system. Alla sensorer i denna period kommer att behöva effektiva digitala datalänkar för att i realtid kunna nå tillbaka till nationella bibliotek för stöd av måligenkänning, målklassificering och identifiering av vegetation, fordon, byggnader och personal. Framtida sensorutveckling kommer att öka yttäckning, återspaningsförmåga, förbättrad klassificerings- och identifieringsförmåga. Sensorförmågan förbättras också för att fungera i alla väder, för att på sikt möjliggöra UAV-verksamhet även i svår nedisning, turbulens, vind, nederbörd och nedsatt sikt. Framtida sensorer kommer att ge möjlighet att spåra enskilda individer, identifierade med automatiska målidentifieringsalgoritmer och information om de bär vapen eller annan utrustning. De kommer också att kunna skilja mellan man, kvinna och barn samt olika typer av djur. Ökad autonomi kommer att minska operatörens arbetsbelastning, öka tillförlitligheten och hastigheten på uppdragen, minska krav på bandbredd eller tillåta bättre prestanda med samma bandbredd, och leverera funktioner för samverkande plattformar.

Klass	Kategori	Normal flyghöjd <	Exempel
III (> 600kg)	Strike / Combat	65 000 ft	Predator
	HALE	65 000 ft	Global Hawk
	MALE	45 000 ft	Heron
II (150kg-600kg)	Tactical	10 000 ft	Ugglan/Örnen
I (< 150kg)	Small (15-150kg)	5 000 ft	Scan Eagle
	Mini (<15kg)	3 000 ft	Falken
	Micro	200 ft	Black Widow

Tabell 5.2: NATO-standard för klassificering av UAV:er. Notera att Örnen är lätt för att vara Klass II.

## 5.2 Översikt och typsystem

US Armys uppfattning om obemannade farkoster i spannet 2010-2035, se ovan, visar på en vilja att utnyttja UAV:er för många olika uppgifter. USA har flest UAV:er i världen, men många andra stater skaffar fler och fler UAV-system. UAV:er är hänvisade till att flyga i avskilt luftrum och det är bara mellanstatliga överenskommelser som tillåter en UAV att korsta gränser. Det finns många små UAS som används kommersiellt men under mycket begränsade former. Det främst stater och stora företag som kan använda UAV:er i större omfattning. Det finns därför starka drivkrafter att driva på integrationen av UAS i civilt luftrum och i februari 2012 fick FAA, USAs luftvärdighetsmyndighet, uppdraget att före 2013 lägga fram ett konkret förslag till för integration och en femårsplan för hur det skall ske [78]. I Europa arbetar Europeiska kommissionen tillsammans med EDA och ESA (European Space Agency) för att utveckla ett motsvarande program se t.ex. avsnitt 3.4 och 3.4. Det finns en växande marknad för UAV i världen och den omsätter redan idag nästan 6 miljarder dollar per år. Marknaden förväntas också öka, och under nästa 10-årsperiod omsätta minst 90 miljarder dollar [79]. Värt att notera är att USA står för mer än hälften av världens samlade utgifter för forskning och utveckling inom området.

### 5.2.1 Sammanställningar

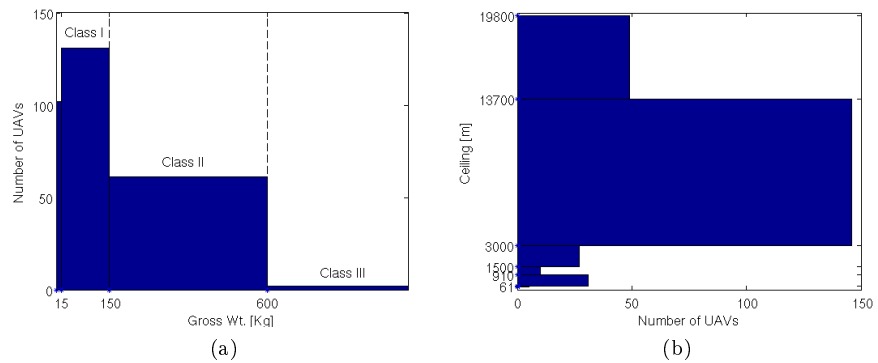
I avsnitt 5.3 nedan listas olika UAV-system av speciellt intresse, och kopplingar görs till förmågorna i tabell 5.1. Flera mer uttömmande UAV-listor finns att tillgå på nätet, se t.ex. AIAA Worldwide UAV Roundup [80], [81] och Wikipedia [82].

Eftersom dessa listor innehåller hundratals system så redovisar vi inte några tabeller här, utan nöjer oss istället med några statistiska betraktelser över olika systemprestanda. Alla data i avsnitt 5.3 är tagna ur AIAA-listan [80] i 2011 års version.

Det finns några olika klassificeringar av UAV:er tillgängliga. Vi använder den NATO-standard [83] som beskrivs i tabell 5.2. Om vi plottar ett antal system ur AIAA 2011-listan fås en fördelning på de olika klasserna enligt figur 5.1. Ytterligare ögonblicksbilder av systemprestanda ges i figurerna 5.2–5.3.

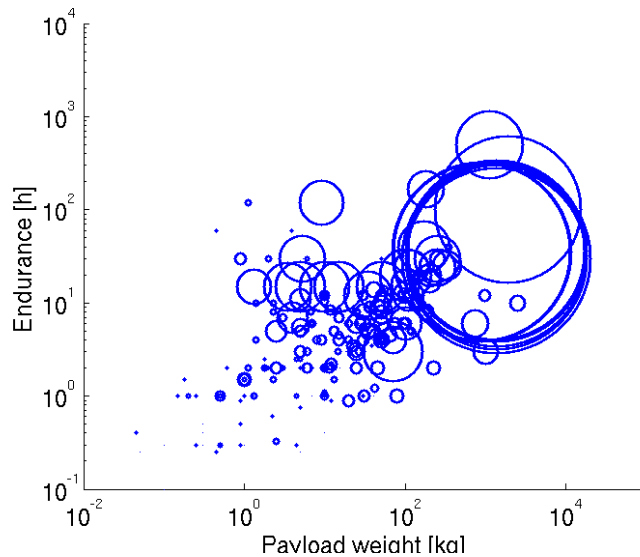
#### Kommentar till figur 5.2–5.3.

Om man antar att systemen i figur 5.2 väsentligen placerar sig utefter en linje med lutningen 1/2 antyder detta att det finns en skalningslag mellan lastvikt och uthållighet som är av "power-law" typ (med just exponenten 1/2). (Med avseende på uthållighet "lönar det sig mycket" för små farkoster att gå upp



Figur 5.1: Fördelning av klasserna i AIAA-listan [80] i 2011 års version.

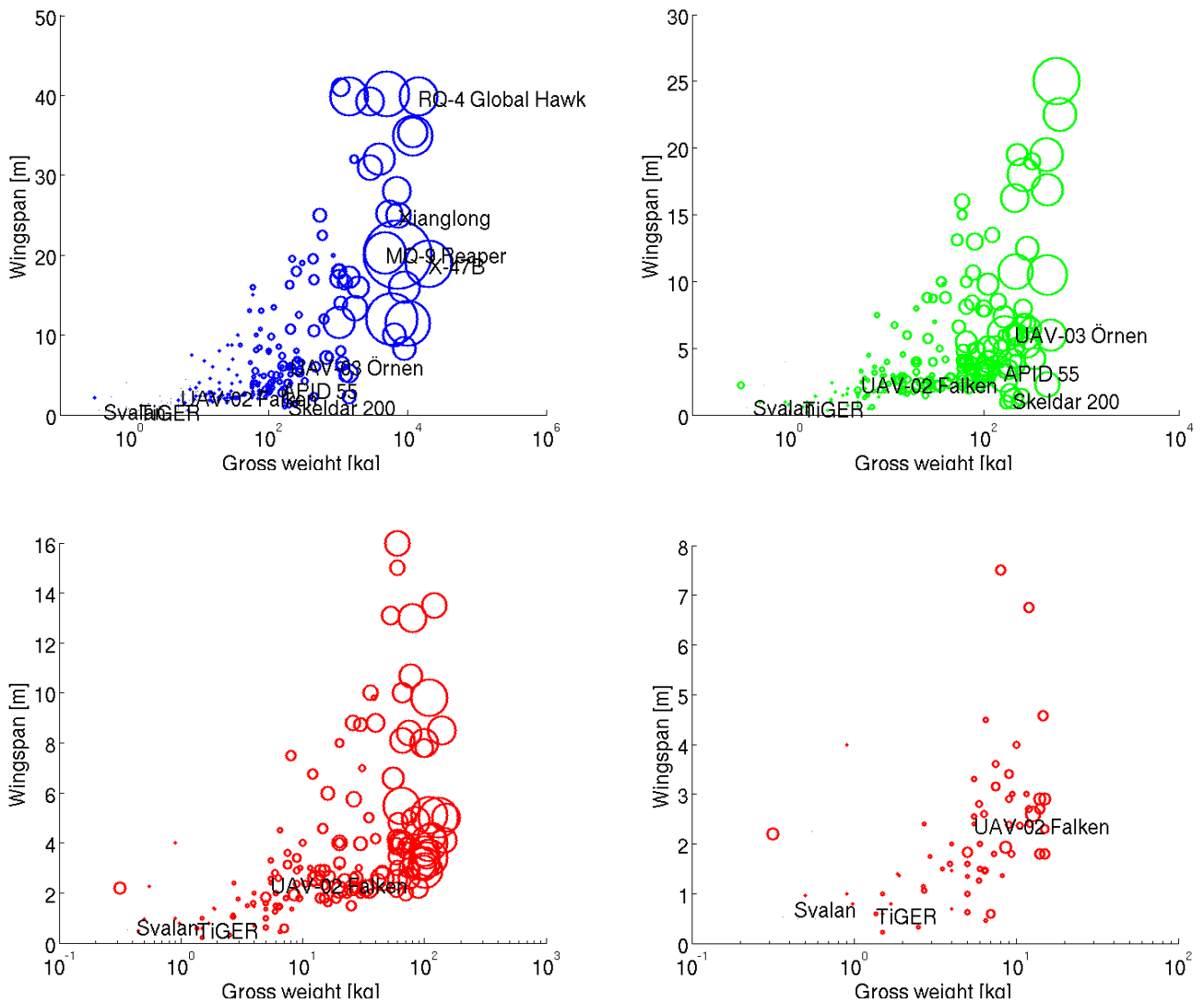
i lastvikt.) Detta är sannolikt beroende på en kombination av orsaker, såsom aerodynamiska (låga Reynoldstal för små farkoster) och effektivitet hos förbränningsmotorer (som avtar med minskande storlek). Något annorlunda skalningslagar (och kanske tröskeleffekter) kan skönjas om man studerar vingspann som funktion av totalvikt för systemen i figur 5.3.



Figur 5.2: Samband mellan lastvikt, uthållighet och aktionsradie för UAV-system. (Antalet system är 454).

### 5.3 Exempelsystem

Nedan listar vi några system av speciellt intresse t.ex. några exempel på de senaste UAV-systemen eller UAV-system under framtagning. US Air Force använder för närvarande minst fyra olika typer av medelstora eller stora obemannade UAV: Global Hawk, Predator, Reaper och Sentinel. US Army använder för närvarande tre typer av medelstora obemannade UAV: Hunter, Shadow och



Figur 5.3: Samband mellan olika parametrar för UAVsystem (väsentligen tagna från de i figur 5.2). Bubbleradien representerar lastvikten. Alla UAV-klasser (överst till vänster, 456 system) respektive endast klass I och II (överst till höger, 298 system). Skalfaktorn för en (enhets-)cirkel i blått och grönt är 1 och 10, respektive. UAVklass I (nederst till vänster, 235 system) respektive klass I mini (nederst till höger, 108 system). Skalfaktorn för en (enhets-)cirkel i rött är 25, respektive.

Predator. Under de närmaste fem åren planerar armén att uppgradera kapaciteten hos de befintliga Shadow- systemet, och att köpa ytterligare Gray Eagles (US Army namn på senaste Predatoren). Även CIA är en stor användare av Predator.

### 5.3.1 Lockheed Martin RQ-170 Sentinel

RQ-170 Sentinel har utvecklats av Lockheed Martin och är ett smyganpassat UAV-system. Få uppgifter om UAV-systemet har släppts, men uppskattningar av data är följande: vingbredd 12 m, längd 4,5 m, höjd 1,8m [84, 85]. Sensorer som används är ännu okänd, men sannolikt en kombination av syntetisk apertur radar (SAR) och Electro-Optical/Infrared (EO/IR)-sensorer. En multispektral sensor eller en sensor för signalspaning kan också vara möjligt för en sådan plattform.

Relevanta förmågor: C 101- 103, C 105, E 201 – 204, E 207, E212, E214, E 216, I 301, I 303, I 304, I 305, I 306, I 307, I 318, P 503

### 5.3.2 Northrop Grumman RQ-4 Global Hawk

Global Hawk är en UAV för spaning från hög höjd med stor yttäckning. Sensorerna på Global Hawk består av en SAR, som kan tränga igenom molntäcken och sandstormar, och EO/IR som kan ta detaljerade bilder på långa avstånd. Global Hawk kan vara i luften i över 30 timmar och således spana mot ett målområde under lång tid. Global Hawk kan spana över en yta på upp till 100 000 kvadratkilometer per dag [86] (ca 1/4 av Sveriges yta). Antingen EO eller IR-sensorerna kan arbeta samtidigt med SAR. Var och en av sensorerna kan spana av i ett stort sökområde och ta högupplösta bilder. SAR-systemet har en GMTI-mod (Ground moving target indicator). Både SAR och EO / IR-bilderna behandlas ombord på flygplanet och skickas till markstationen som enskilda bildrutor. I markstationen kan man sedan göra en stor mosaik från dessa bilder innan man skickar informationen vidare. Sensordata kan överföras med upp till 50 Mbit/s till en markstation i realtid, antingen direkt eller via en kommunikationssatellitlänk.

Relevanta förmågor: C 101- 103, C 105, E 201, E 203, E 207, E212, E214, E 216, I 301, I 303, I 304, I 305, I 306, I 307, I 318, P 503

### 5.3.3 Xianglong (Den flygande ödlan)

Xianglong är en kinesisk UAV som har flera likheter med USA:s Global Hawk. Xianglong är ett spaningsplan som är 14,3 m långt och 24,9 meter brett. Dess stjärtfena är dock horisontell medan den på Global Hawk är V-formad. Enligt [87] är den utformad för att bedriva spaning på 18–20 km höjd med en hastighet av 750 km/h.

Relevanta förmågor: C 101- 103, C 105, E 201, E 203, E 207, E212, E214, E 216, I 301, I 303, I 304, I 305, I 306, I 307, I 318, P 503

### 5.3.4 Northrop Grumman X-47B

X-47B har byggts av Northrop Grumman och är en demonstrator som ska visa om det går att ta fram ett obemannat bombplan för långdistansuppdrag, som dessutom ska ha stealth-egenskaper. X-47B tas fram inom US Navy's Unmanned Combat Air System Carrier Demonstration (UCAS-D) program. X-47B har formen av en flygande vinge. Det mäter 18 m mellan vingpetsarna och längden är 11,5 meter. Maximal flyghöjd är 12000 meter och räckvidden 4000 km. Maxhastighet är strax under ljudvallen. Planet ska kunna starta och landa

på hangarfartyg, samt kunna lufttankas.

Just nu pågår flygningar för att studera UAV:ns prestanda i olika höjd-, hastighet- och bränslefall. Målsättningen är att år 2013 ska Northrop Grumman för första gången kunna demonstrera start och landning från ett hangarfartyg av ett stealth-anpassat obemannat flygplan utan stjärtfena.

Relevanta förmågor: E 203, E 207, E 208? E212, E 213, E214, E 216, I 303, I 304, I 305, I 318?, P 503

### 5.3.5 MQ-1 Predator / Grey Eagle (US army)

Predator [88] från General Atomics är ett av USA:s mest omtalade UAV-system och används av flera militära och civila organisationer runt om i världen. I militära sammanhang används den både för underrättelseinhämtning och för vapeninsats i bl.a. Irak och Afghanistan. Nyttolasten hos en Predator kan bestå av EO/IR, laserpekare och två attackrobotar av typen Hellfire. Farkosten har blivit en "arbetshäst" i amerikanska försvaret och används av US Air Force, CIA, US Navy och numera också av US Army. Den används även civilt, av US Customs and Border Protection, då främst för gränsövervakning. Systemet är av FAA godkänt för att flyga i amerikanskt civilt luftrum för SAR-ändamål. Från en spanande Predator kan det skickas minst 10 videobilder samtidigt till markbaserade förband - jfr. Gorgon Stare under avsnitt 5.4 nedan. Kostnaden har uppskattats till ca 10 miljoner dollar för fyra UAV:er med tillbehör.

Specifikation: Vingbredd: 16,84 m, Tomvikt: 512 kg, Totalvikt: 1020 kg, Max startvikt 1020 kg, Max flyghöjd: 7500 m, Räckvidd: 1100 km, Uthållighet: minst 40 timmar.

Relevanta förmågor: C 101–103, C 105, E 201, E 203, E 207, E212, E214, E 216, I 303, I 304, I 305, I 306, I 308, I311, I312, P 503,

### 5.3.6 MQ-9 Reaper (Predator B)

Reaper [89] är en utveckling av General Atomics storsäljare Predator. Reaper har möjlighet att bära större last och att flyga fortare än sin företrädare. Förmågan att upptäcka och följa mål samt kunna anfälla, har varit i fokus vid utvecklingen. Under beteckningen MQ-9 används den av US Air Force för att genomföra uppdrag som passar en beväpnad UAV. Genom sin förmåga att kunna ligga och övervaka ett område under en hel dag, för att till slut med hög precision attackera ett mål, gör den till en eftertraktad resurs framförallt inom terroristbekämpning. Systemet kan utnyttja samma kontrollstationer som Predator-systemet varför man kan välja med vilken farkost man vill operera. Man kan också kontrollera flera farkoster samtidigt från samma kontrollstation. Som vapenplattform kan Reaper bestyckas med upp till 14 st Hellfire. Farkosten kan också bära bomber av typen GBU-12 eller GBU-38. De sensorer som används är, förutom den nästan obligatoriska sviten av EO/IR, en SAR-radar med olika moder. I SPOT-mod kan t.ex. 10 cm stora föremål upptäckas inom en markyta på 300 m x 170 m från 4 km avstånd.

Kostnaden för Reaper systemet sägs vara mellan 10–12 miljoner dollar per UAV.

Specifikation: Vingbredd: 20 m, Tomvikt: 2200, Nyttolast: 1700 kg, Max startvikt: 4750 kg, Räckvidd: 1800 km, Uthållighet ca 14 timmar med full last, Max höjd: 15000 m,

Relevanta förmågor: C 101–103, C 105, E 201, E 203, E 207, E212, E214, E 216, I 303, I 304, I 305, I 306, I 308, I311, I312, P 503,

### 5.3.7 TIGER

TiGER (Tactical Grenade Extended Range) [90] är en liten bärbar luftfarkost som kan användas av en enskild soldat. Farkosten är avsedd för att skydda gruppen mot t.ex. krypskyttar.

Farkosten sänder tillbaka en bild till operatören från en videokamera som används för att identifiera och välja ut mål. Målen kan utgöras av lastbilar, personal eller utrustning.

Specifikation: Vingbredd: 0,61 m, Max flyghöjd: 300 m?, Max räckvidd ca 4 km, Nyttolast ca 0,5 kg,

Relevanta förmågor: C 103, E 201, E 203, E212, E 213, E214, E 216, P 503.

### 5.3.8 Nano Hummingbird

Företaget AeroVironment har utvecklat en liten två-vingad UAV som kallas Nano Hummingbird. Nano Hummingbird bär sin egen energikälla och använder flaxande vingar för framdrivning och styrning för att på ett kontrollerat sätt kunna både stå stilla i luften och snabbt flyga framåt. AeroVironment har konstruerat och byggt det flygande "kolibri-liknande" flygplanet för Nano Air Vehicle (NAV) programmet och är finansierat av DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency). Nano Hummingbird har en vingspann på 16 centimeter spets till spets och har en total flygande vikt på 19 gram, vilket är mindre än vikten av ett vanligt AA-batteri. Detta ska inkludera alla de system som krävs för flygningen såsom batterier, motorer, kommunikationssystem och videokamera. Flygplanet är större och tyngre än en genomsnittlig kolibri, men är mindre och lättare än den största kolibri som finns i naturen.

Nano Hummingbird har hitintills lyckats att uppfylla följande krav:

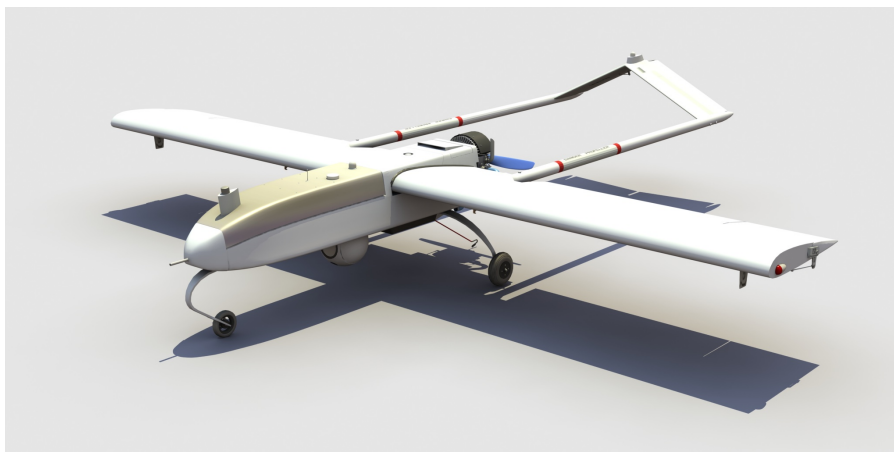
- Stillastående flygning inom en virtuell sfär på två meter under en minut.
- Stillastående flygning vid vindbyar på två meter per sekund från sidan utan att farkosten driver mer än en meter.
- Kontinuerlig stillastående flygning under åtta minuter utan extern strömkälla.
- Kontrollerade övergångar från stillastående flygning till snabb flygning framåt i 18km/h och sedan tillbaka till stillastående flygning.
- Flygning från utomhus till inomhus, och tillbaka utomhus genom en normalstor dörröppning;
- Flygning inomhus då operatören endast får information från videobilder från flygplanet. Operatören får således inte titta på eller höra flygplanet.
- Stillastående flygning och snabb flygning framåt med en fågelformad plattform och fågelformade vingar.

Målsättningen i slutet av programmet är att en operatör ska kunna styra UAV-systemet så att det kan flyga upp och ner vertikalt, flyga sidled åt vänster och höger, flyga framåt och bakåt samt rotera medurs och moturs med en videokamera som nyttolast.

Relevanta förmågor: C 103, E 203, E212, E 213, E214, E 216, I 304, I 305, I 311? I 318, P 503.

### 5.3.9 UAV 03 - Örnen

Försvarmakten anskaffade 2011 ett taktiskt UAV-system från USA, RQ-7B Shadow 200, i Sverige kallat "Örnen", se figur 5.4. Örnen ersatte det avvecklade UAV-systemet Ugglan. RQ-7B Shadow 200 har tagits fram av företaget AAI Corporation och första flygningen skedde 2004. Flygtiden är 6 timmar med en aktionsradie av 120 km från markstationen. I sensorpoden ingår två sensorer, en IR-kamera och en visuell kamera.



Figur 5.4: UAV 03 - Örnen

#### Specifikation: [91]

- Vingbredd: 4.3 m,
- Längd: 3.4 m,
- Höjd: 1.0 m,
- Vikt (tom): 84 kg,
- Totalvikt: 170 kg,
- Max flyghastighet: 218 km/tim,
- Marschfart: 166 km/tim,
- Max flyghöjd: 4572 m,
- Navigation: GPS och tröghetsnavigering,
- Flygtid: ca 6 tim,
- Flygräckvidd: 120 km,
- Motor: En Wankel UAV Engine 741, 38 hp (28 kW).

Relevanta förmågor: C 101- 103, C 105, E 201, E 203, E 207, E212, E214, E 216, I 301, I 303, I 304, I 305, I 306, I 318, P 503, S722?



### 5.3.10 UAV 02 - Falken

Försvarsmakten anskaffade 2007 ett mini-UAV-system för stridstekniskt bruk från Israel, Skylark I, i Sverige kallat "Falken", se figur 5.5. Skylark I har använts operativt i Israel sedan 2004. Systemet består av en markstation, tre farkoster och två olika kameranyttolaster. Ett komplett system väger 45 kg och kan bäras i ryggsäckar av två personer.



Figur 5.5: UAV 02 - Falken

Farkosten består av en modellflygplansliknande flygplan med en spännvidd på 2,4m. Under planet finns en "tub". Tuben innehåller batteri, flygdator, tröghetsnavigator, och en luftkudde som blåses upp inför landning samtidigt som stjärten ställer sig rakt upp och bromsar in flygplanet. I främre änden av tuben fästs nyttolasten. Dessutom ingår en GPS och två tryckgivare; en för höjd och en för hastighetsmätning i vingen. Batteriet medger en flygtid på mellan en och två timmar beroende på vilken kamera som används och väderförhållande vid flygningen. Längst bak på tuben återfinns radiolänken som strömmar ner telemetridata och video samt tar emot styrkommandon från markstationen (GCS). Nedströmmad data kan plockas upp av flera marksystem samtidigt, däribland den handhållna videoskärmen.

Nyttolasten består antingen av en visuell CCD-kamera eller en IR-kamera av mikrobolometertyp. Valet av kamera måste göras innan flygning. Kameran kan vridas kring två axlar, dels en utmed kroppen (Roll)  $+/- 90$  grader, dels en vinkelrätt mot denna (Pitch)  $+10$  till  $-120$  grader. Kameran stabiliseras elektromekaniskt. Maximal vridhastighet är 150 grader/sek. Upplösningen i videokameran är  $720 \times 576$ , och videotakten är 25 Hz, men eftersom kameran är en PAL-kamera (dvs interlaced) är den egentliga bildtakten 50 Hz med upplösningen  $720 \times 288$ , [92].

#### Specifikation:

- Vingbredd: 2.4 m,
- Längd: 2.2 m,
- Totalvikt: 5.5 kg,
- Flyghastighet: 35-75 km/tim,
- Flygtid: ca 2 tim,

- Flygräckvidd: 5-10 km.

### 5.3.11 Svalan

För att använda i materieförsök har Försvarsmakten inköpt ett mikro-UAV-system från Aero Vironment Inc. i USA. Systemet är en variant av deras Wasp block III och kallas UAV 04 Svalan. Svalan är en handkastad UAV som hanteras av en person. Den kan flyga autonomt eller styras från marken som en fjärrstyrd farkost (Remotely Piloted Vehicle, RPV). Nyttolasten består av sidtittande och framåttittande fixa videokameror. En IR-sensor kan också användas. Ett komplett system med farkost, kommunikationsutrustning och styrutrustning får plats i två rygsäckar.

Ett karaktäristiskt uppträdande är på höjder mellan ca 50—300 meter. På grund av sin litenhet och tysta flykt kan den vara svår att upptäcka.

Specifikation: Vingbredd: 38 cm, Längd: 38 cm, Totalvikt: 430 g, Flyghastighet: 40 – 65 km/tim, Flygtid: 45 min, Flygräckvidd: 5 km.

Relevanta förmågor: C 101- 103, C 105, E 201, E 203, E 207, E212, E214, E 216, I 301, I 303, I 304, I 305, I 306, I 318, P 503

### 5.3.12 Skeldar 200

Skeldar är en autonom helikopter, av Saab vidareutvecklad från CybAero's APID 55, som kan utföra t.ex. spanings- och övervakningsuppdrag. Den har hög modulär uppbyggnad med flera lastalternativ och kan utrustas med EO/IR, SAR eller EW sensorer. Skeldar styrs från en standardstation för UAV och själva styrningen av helikoptern sker genom att peka och trycka i en kartbild. Helikoptern startar och landar själv.

Specifikation: Rotordiameter: 1,2 m, Max startvikt 200 kg, Max höjd 4500 m, Nyttolast: 40 kg, Räckvidd: 150 km, Uthållighet: 5 timmar.

Relevanta förmågor: C 101- 103, C 105, E 201, E 203, E 207, E212, E 213, E214, E 216, I 301, I 303, I 304, I 305, I 306, I 311, I 318, M 408, P 503, P 504

### 5.3.13 APID 60

APID 60 från CybAero [93] är en autonom helikopter som kan bära olika typer av nyttolaster. Den kan användas i både civila och militära sammanhang. Exempel på militär användning är övervakning, spaning och som telestörare, medan civila applikationer kan vara fotografering, trafikövervakning eller inspektioner av kraftledningar eller skador vid naturkatastrofer.

Specifikation: Max startvikt 180 kg, Nyttolast: 75 kg, Rotordiameter: 3,3 m.

Relevanta förmågor: C 101- 103, C 105, E 201, E 203, E 207, E212, E 213, E214, E 216, I 301, I 303, I 304, I 305, I 306, I 311, , I 318, M 408, P 503, P 504

### 5.3.14 Proton 80

Företaget Scandicraft AB har tagit fram Proton 80 [94], en moduluppbyggd fixwing-UAV som kan användas som mål eller som kameraplattform.

Specifikation: Vingbredd: 2,4 m, Max startvikt: 25 kg, Motor: Turbojet Top speed: +250 km/h, Startas från Scandicraft Catapult System

Relevanta förmågor: C 103, C 105, E 201, E 203, E 207?, E212, E213?, E214, E 216, I 301, I 303, I 304, I 306, I 318, P 503

### 5.3.15 Aerostat TCOM 17M

En mobil aerostat som inte kräver någon förberedd plats är 17M från TCOM. 17M fungerar enligt principen lättare-än-luft och används för att övervaka områden, både land och hav. Ett 17M-system består av en aerostat, ett telemetri- och kraftsystem, en vinsch, vridbord och en kontrollstation. Nyttolasten kan vara en radar, kamera, telekrigsutrustning, kommunikationsutrustning, rundradiosändare eller datalänkar.

Specifikation: Max höjd 300 m, Nyttolast: 90 kg, Uthållighet: 7 dagar.

Relevanta förmågor: C 101- 103, C 105, E 201, E 203, E 204, E 207, E212, E214, E 216, I 301, I 303, I 304, I 305, I 306, I 308, I 311, I312, P 503, P504

## 5.4 Nyttolast

Vi skall nu kort beskriva Gorgon Stare och ARGUS-IS, två särskilt viktiga projekt på nyttolastsidan, samt UAV:ers behov av sensordatabehandling och kommunikationslänkar.

### 5.4.1 Gorgon Stare

Gorgon Stare är namnet på ett nytt sensorsystem för UAV:er som utvecklats av USA. Gorgon-systemet består av en sfärisk kapsel med av nio videokameror. Systemet kan i realtid skicka separata videoklipp till upp till 10 användare på marken eller skicka data till en markkontroll som sedan kan behandla och överföra upp till 65 videoklipp till 65 användare. De flesta UAV-system kan idag bara skicka video i realtid från en sensor till en användare på marken. Gorgon Stare gör det även möjligt att övervaka ett mycket större målområde än tidigare. Ett spaningsområde på 8 km i diameter har nämnts.

### 5.4.2 ARGUS-IS

DARPA programmet ARGUS-IS, som står för Autonomous Real-Time Ground Ubiquitous Surveillance Imaging System, har under 2010 resulterat i ett nytt sensorsystem utvecklat av BAE-Systems. Projektet, som leds av DARPA Information Innovation Office och påbörjades 2007, är drivet av nya krav på kontinuerlig sensortäckning vid striderna i Afghanistan. DARPA har konstaterat att UAV-spaning med optiska system har problem med att upprätthålla tillräckligt detaljerad upplösning över flera målobjekt samtidigt, i de fall de inte samtidigt ryms inom synfältet. Lösningen på problemet inom ARGUS-IS är ett sammansatt kamerasytem som sammantaget ger en upplösning på hela 1.8 gigapixel. Rent tekniskt består det av 4 kamerahus som sammantaget innehåller 368 fokalplansmatriser om 5 megapixel var inom det visuella området. Bilderna från de separata kamerorna läggs samman till en högupplöst bild, vilken med en låg uppdateringsfrekvens överförs till markstationer. Om denna superbild vore kvadratisk, skulle den ha en sida om hela 44 kilopixel. Operatörerna interagerar sedan i denna superbild med ett gränssnitt som är influerat av Google Earth, i vilket operatörerna kan ange regioner och fordon kring vilka de vill ha kontinuerlig övervakning med en viss uppdateringshastighet, eller vilka markmål eller personer som skall följas. Mjukvara ombord på UAV:n kan sedan hantera multipla videoströmmar i 15Hz över olika regioner av det totala övervakningsområdet, så olika operatörer kan följa och övervaka olika områden. Systemet skall via kvalificerad målföljningsprogramvara kunna hantera att följa 65 simultiga markmål och ge indikationer på rörliga mål. Ombord på UAV:n finns ett datorsystem baserat på 28 parallellprocessorer och dedicerade FPGA- och videokompressionskretsar. Den luftburna delen av ARGUS-IS ryms i en 15

tum lång POD och ska kunna monteras på traditionella UAV:er som Predator och Reaper, men även på större VTOL-system som A160 Hummingbird. Den senare ska kunna ge en flygtid på mer än 20 timmar. Tänkt operativ höjd är 15.000 fot, och då ger systemet en upplösning på 1.5 dm per pixel över ett område på 40 kvadratkilometer. En intressant iakttagelse är att det är rimligt att man ombord på UAV:n ska kunna lagra alla videoströmmarna, så att en operatör kan begära ned tidigare inspelat material för att kunna se varifrån en person eller fordon har kommit efter att man uppmärksammat målet. Ett motsvarande system med nattkapacitet utvecklas inom programmet ARGUS-IR. ARGUS-IS kan komma att bli operativt under 2011 [95].

### 5.4.3 Automatiska funktioner på UAV-data

Antalet obemannade farkoster ökar hela tiden och detta medför att mer och mer sensordata samlas in. UAV-systemen som tillhör US Air Force samlar varje dag in nästan 1500 timmar av video och 1500 fotografier. Bildtolkar och underrättelsepersonal har svårt att analysera all information som samlas in. När sensorsystem som Gorgon Stare och ARGUS-IS/IR blir operativa så kommer mängden sensordata blir ännu större.

Olika autonoma funktioner kan underlätta arbetet att analysera allt data och öka förmågan att ta fram riktiga analyser. Exempel på sådana autonoma funktioner är detektion, målföljning, måligenkänning och datafusion.

### 5.4.4 Kommunikation

En UAV är till stor del beroende av en fungerade kommunikationslänk, både för styrning av farkosten och för att ta emot information från nyttolasten. De frekvenser som används inom luftfarten är reglerade av internationella överenskommelser. International Telecommunication Union är det FN-organ som beslutar om hur och på vilka frekvenser som luftfarten får verka. Med den utveckling som finns för närvarande på sensorsidan krävs allt mer bandbredd, både för satellitkommunikation och för kommunikation med markbaserade delar. Behovet är känt, men förändringar i radiospektrumet tar flera år att genomföra. För militär användning finns också behov av kryptering av kommunikationen, vilket ibland ytterligare försvårar problemen.



## 6 AUV: Översikt och kategorisering av befintliga system

Detta kapitel består av tre avsnitt. I det första, 6.1, beskrivs förmågor, scenarier, hotscenarier och utveckling för AUV-system. I det andra avsnittet, 6.2, ges en översikt över tillgängliga system och en indelning av dessa i en handfull kategorier, s.k. typsyste. I det tredje avsnittet, 6.3, ges sedan lite mer detaljerade exempel på ett antal tillgängliga system.

### 6.1 Nytt: Förmågor och scenarier

I detta avsnitt diskuteras nytta och hot förkippade med AUV:er, samt även förväntad teknisk utveckling av systemen.

#### 6.1.1 Förmågor

Allmänt kan sägas att för att uppnå ledningsöverläge i marina operationsområden, såväl hemma som i internationella operationer, krävs förmåga till underättelseinhämtning, spaning, målfångning samt rekognocering (ISTAR) i hela vattenvolymen, på havsbotten och i bottensedimentet. I mer detalj kan de förmågor<sup>1</sup> som krävs beskrivas som i tabell 6.1 (jfr. tabell 2.1). Alla dessa

Kat.	IF-nr.	Insatsförmåga
C	C105	Förmåga att upprätthålla samband
E	E201	Förmåga att påverka mål på havsytan
E	E202	Förmåga att påverka mål under ytan
E	E207	Förmåga att påverka motståndaren på djupet av operationsomr.
E	E210	Förmåga att genomföra elektronisk attack
E	E212	Förmåga att påverka mål i amfibisk miljö
E	E214	Förmåga att genomföra specialoperationer
I	I304	Förmåga till inmätning och överföring av målinformation
I	I305	Förmåga att upprätta gemensam lägesbild
I	I306	Förmåga att stödja taktisk chef med underrättelser
I	I310	Förmåga till bildalstrande inhämtning (IMINT)
I	I311	Förmåga till signalspaning (SIGINT)
I	I312	Förmåga till inhämtning för att erhålla identitet och signaturer
M	M402	Förmåga till sjöminröjning
M	M403	Förmåga att desarmera bomber och röja ammunition

Tabell 6.1: Förmågor hos AUV:er.

förmågor kan realiseras av AUV:er, i varierande grad. Till exempel är förmågan till elektronisk attack för AUV begränsad, och kan generellt bara utföras i läge nära ytan (med antenn ovanför ytan). En AUV kan dock å andra sidan bära ett skenmål i form av ekorepeterare.

<sup>1</sup>Förmågor (och behov) ur ett specifikt marint perspektiv. Skälet till att förmågan M403 är inkluderad i denna tabell är att AUV:er kan användas för att röja ammunition och bomber som fallit i hamnar (och i fredstid på marina skjutfält).

### 6.1.2 Scenarier

En AUV är mindre sårbar och kan realisera förmågorna i tabell 6.1 med låg risk för egna förluster. Den kan också användas i förnekbar verksamhet och/eller för att leverera vapeninsats. I vissa fall kan en AUV även vara mer kostnadseffektiv än andra alternativ.

#### Relevanta scenarier för användning av AUV

- Minjakt och minsvep.
- Generell stöd till ubåt, med syftet att förstärka ubåtens förmåga att lösa sina uppgifter.
- Havsövervakning, där AUV:en förstärker spaning mot yt- och undervattensmål i ett större område.
- Undervattenssäkring av basområde där AUV:en dolt övervakar närområden och transportleder.
- Havsövervakning Östersjön under ett skymningsläge där AUV:en utför förnekbar spaningsinsats.
- Internationell fredsbefrämjade insats, där AUV:en används för undinhämtning och minjakt.

Utvecklingen av nya batterier, driven av den civila marknaden, går fort. Detta innebär att AUV:er blir mer långräckviddiga och med längre räckvidd ökar också kraven på den autonoma förmågan. För att möta dessa ökande krav så krävs ytterligare forskning för att förbättra autonomi (främst på de högre nivåerna) i styrautomaten och signalbehandlingen.

### 6.1.3 Hotscenarier

Två egenskaper som gör AUV:er till ett hot generellt är att de är (mycket) svåra att upptäcka och de kan arbeta i alla delar av operationsområdet, vilket innebär nära kusten, i hamnar och nära installationer t.ex. oljeriggar till havs.

Ett uppenbart exempel på hotförmåga som dagens system kan realisera är en intelligentare och flexibblare variant på det klassiska konceptet<sup>2</sup> med torped som färdas fram till målområde och därefter sjunker till botten och blir till en sjömina. En AUV har potentiellt förmågan att bestämma bästa plats och även söka efter ett givet, eller bästa tillgängliga, mål.

### 6.1.4 Utveckling: Nya förmågor och system

Trots den snabba utvecklingen inom batteriområdet är fortfarande en av de stora utmaningarna att öka uthålligheten hos AUV:erna. Med undantag för de farkoster som är av typen "gliders" (se tab. 6.3) gäller generellt att lång uthållighet kräver stor vikt hos farkosten. Som exempel kan man notera att för de studerade farkosterna (se tabell 6.3 och figur 6.3 nedan) gäller att, med ett undantag (Sea Fox), en uthållighet på 60 timmar eller mer kräver en vikt på ca 1 ton och uppåt. Utmaningen är alltså att öka uthålligheten samtidigt som vikt (och storlek) kan hållas nere hos AUV:en.

<sup>2</sup>Ett exempel på existerande system av denna typ är den Amerikanska Mk 67 Submarine Launched Mobile Mine (SLMM) och den Kinesiska EM-56 [96].

När uthålligheten har ökat (för farkoster med konventionell drivning) kommer beroendet av moderfarkost minska och AUV:erna kommer att kunna bidra till helt nya förmågor inom bl.a. E201, E202, E207, och E214.

## 6.2 Översikt och typsystem

### 6.2.1 Typsystem

AUV:er kan klassindelas enligt US Navy UUV Master plan 2004 [97] (se även [45, p. 115]) enligt tabell 6.2.

Beteckning	Förklaring	Definition/karakteristik
MPAUV	Man-portable AUV	Vikt 10-50 kg, uthållighet 10-20h
LWV	Light Weight Vehicle	Vikt upp till 250kg, uthåll. 20-40h
HWV	Heavy Weight Vehicle	Vikt upp till 1500kg, uthåll. 40-80h
Large		Vikt ca 10000kg, uthåll. mer än 400h

Tabell 6.2: Klassificering av AUV:er enligt US Navy Master Plan 2004.

### 6.2.2 Databaser

Data för AUVsystem finns tillgängliga på internet på tillverkares hemsidor men även i ett antal sökbara databaser:

- Autonomous Undersea Vehicle Applications Center [98].
- Jane's Defense & Security Intelligence & Analysis [99].
- European Centre for Marine Science and Technology [100].

En nyhetssida på internet som publicerar data (för alla typer av obemannade farkoster) är [101].

### 6.2.3 Data från tillverkare och övriga källor

#### Översikt

En sammanställning av data för ett urval av AUV:er finns i tabell 6.3.

#### Förklaringar till tabell 6.3.

- Tecknet '-' betyder att uppgift saknas.
- Teckenkombinationen 'w3' avser någon internetsida (om möjligt tillverkarens egen) besökt under Augusti 2011 (ofta hittas lätt information med sökord hämtade från avdelning 6.3 nedan) alternativt någon artikel som finns fritt tillgänglig på internet (se referenserna i avdelning 6.3 nedan). Om en uppgift funnits på flera ställen har den senaste använts. Strängen 'RAND' avser rapporten [45].
- Vikt avser vikt<sup>3</sup> i luft, oftast med full last.
- Klass avser typen av AUV enligt tabell 6.2.
- INS står för Inertial Navigation System (tröghetsnavigeringssystem).

<sup>3</sup>Egentligen massa, både här och i resten av kapitlet.



Farkost	L. (m)	V. (kg)	Dyktdi. (m)	Uth. (h)	Hast. (kt)	Navigation	Kommunikation	Klass	Anmärkingar/Kellor
Aqua Explorer	3	300	2000	16	0-1,5	DC	AKM	HWV	Kabel insp./w3,RAND)
ASEMAR	-	800	300	-	-	INS,DVL,BM	Radio,AKM,FOC	HWV	-/w3
AUV 150	4,8	490	150	-	4	INS,GPS,DVL,Djupm,USBL	Radio,AKM	HWV	-/w3
AUV-62	7	1000	500	-	0-20	INS,GPS	[U,V]HF,SAT,AKM	HWV	-/w3
Bluefin 9	1,7	60	200	12	0-5	INS,GPS,DVL,DC	Radio,AKM	MPAUV	-/w3,RAND
Bluefin 12S	3,7	213	200	26	0-5	INS,GPS,DVL,DC	Radio,SAT,AKM	LWV	-/w3,RAND
Bluefin 12D	4,3	260	1500	30	0-5	INS,GPS,DVL,DC	Radio,SAT,AKM	LWV	-/w3,RAND
Bluefin 21	4,9	750	4500	25	0-4,5	INS,GPS,DVL,DC,[L,US]BL	Radio,SAT,AKM	HWV	Modul. sys./w3,RAND
CR-01	4,4	1300	6000	10	2,5	INS,LBI,DC	-	HWV	-/w3
CR-02	4,5	1500	6000	25	2,5	INS,LBI,DC (nav. osäkert)	-	HWV	Lk CR-01/w3
Double Eagle	2,9	540	500	10	0-8	INS,GPS,DVL	Radio,AKM	HWV	3000m opt./w3
Explorer (Kina)	4,4	2200	1000	-	4	INS,GPS,DVL,[S,US]BL,DC	-	HWV	-/w3
Explorer (Kanada)	6	1850	6000	85	2	INS,GPS,DVL,Depth	Radio,AKM	HWV	-/w3
Folaga	2	31	80	8	0-4	GPS,DC,Depth	Radio,AKM	MPAUV	Hybrid glider/w3
Hugin 1000	4,5	850	1000	24	0-5,8	INS,GPS,BM	Radio,SAT,AKM	HWV	-/w3
Hugin 3000	5,5	1400	3000	60	2-4	INS,GPS,DVL,[L,US]BL,BM	Radio,SAT,AKM	HWV	-/w3
Hugin 4500	6,0	1900	4500	60	2-4	INS,GPS,DVL,BM	Radio,SAT,AKM	HWV	-/w3,RAND
Iver2	1,2	20	100	14	1-4	INS,GPS,DVL,Djupm,BM	SAT,AKM	MPAUV	-/w3
OKPO-6000	3,8	975	6000	10	3	LBI	-	HWV	-/w3
Proteus	-	2800	-	92	3-10	-	-	HWV	attack-sparring/w3
Ranger 15A	1	20	5 (osäkert)	8	0-15	INS,GPS,Djupm	Radio,AKM	MPAUV	Utv. plattform/w3)
Remus 100	1,6	37	100	10	0,5-5,4	INS,GPS,DVL,[L,US]BL	SAT,AKM	MPAUV	-/w3,RAND
Remus 600	3,2	240	600	45	0,5-5,4	INS,GPS,DVL,[L,US]BL	SAT,AKM	LWV	3000m option/w3,RAND
Remus 6000	3,9	884	6000	28	0-5,1	INS,GPS,[L,US]BL	SAT,AKM	LWV	-/w3,RAND
Sea Cat	2,3	130	300	10	0-6	INS,GPS,DVL	FOC	LWV	Inspektion/w3
Sea Fox C	1,3	43	300	100	0,5-6	INS	FOC	MPAUV	Semi autonom/w3
Seaglider IKA	1,8	52	1000	7200	0,5	GPS,DC,BM	SAT	Glider	-/w3,RAND
Sea Horse	8,7	4536	400	125	0-6	INS,GPS,DVL	Radio,SAT,AKM	Large	-/w3,RAND
Sea Wolf	2	110	300	-	0-6	INS	FOC	LWV	Minjakt/w3
Sea Otter MKII	3,6	1000	600	24	0,5-8	INS,GPS,DVL	Radio,SAT,FOC	HWV	-/w3
Stocum Batt. Glider	1,5	52	200	480	0,8	GPS, Djupm	SAT,AKM	Glider	-/RAND
Spray Glider	2,1	52	1500	7920	0,5	GPS,DC,Djupm.	SAT	Glider	-/w3)
Talisman M	4,5	1000	300	24	0-5	INS,DVL (osäkert)	Radio,SAT,AKM	HWV	Demo/w3,RAND)
Thesius	10,7	8600	2000	178	4	INS,DVL	Radio,AKM	Large	Kab. utl.insp./w3,RAND
Transphibian	0,8	20	-	-	3,5	GPS,DVL,DC	Radio,AKM	MPAUV	Femor. kan krypa/w3
Urashima	10,6	10000	3500	60	4	GPS,INS,DVL	AKM	Large	-/w3

Tabell 6.3: Översikt över AUV system. Förklaringar till förkortningarna ges i texten (sid 63).

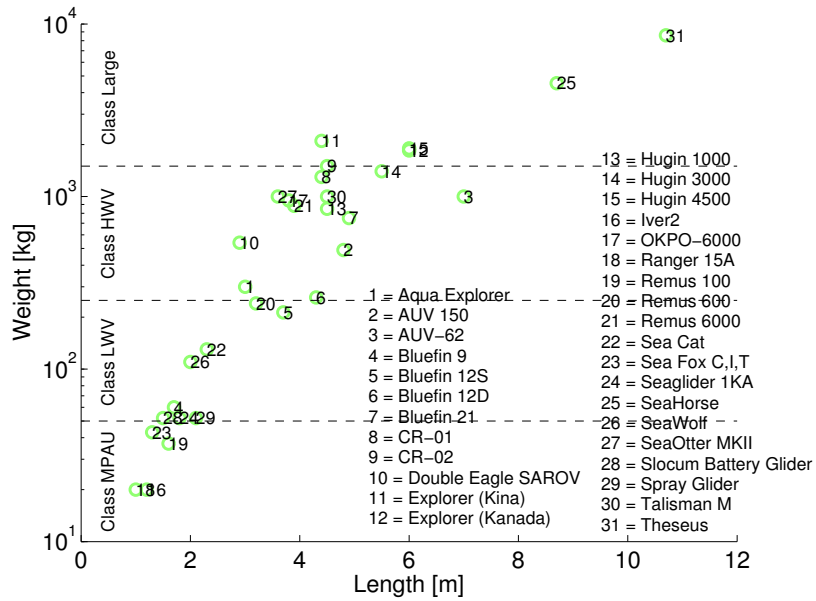
- DVL står för Doppler Velocity Log. (Den används främst till att mäta hastigheten relativt botten för att stötta tröghetsnavigeringssystemet mot fel inducerade av vattenströmning.)
- DC står för någon form av (digital) kompass.
- BM står för Bathymetric Mapping (terrängnavigering under vatten med bottenkartor som referens och sonar/ekolod som sensor). (Notera att flera av AUVna har olika former av sonarbaserade navigationssystem för undvikande av hinder.)
- SAT står för satellitkommunikation (Iridium).
- Radio avser för någon form av radiokommunikation (icke specificerad; ibland långräckviddig typ VHF, ibland endast korträckviddig av typen 2.4GHz Wi-Fi). (Teckenkombinationen [U,V]HF står för "UHV och VHF".)
- Djupm står för någon form av ekolod.
- SBL, LBL och USBL står för, respektive, short, long baseline och ultra short baseline. (Därför står t. ex. kombinationen [L,US]BL för "LBL och USBL".) Alla är hydroakustiska navigeringssystem med transpondrar på fixa punkter under ytan.
- AKM står för hydroakustiskt modem (oftast med låga överföringshastigheter, typiskt 100tals bits/sek, se t.ex. [102]).
- FOC står för Fiber Optic Cable.

### Kommentarer till tabell 6.3.

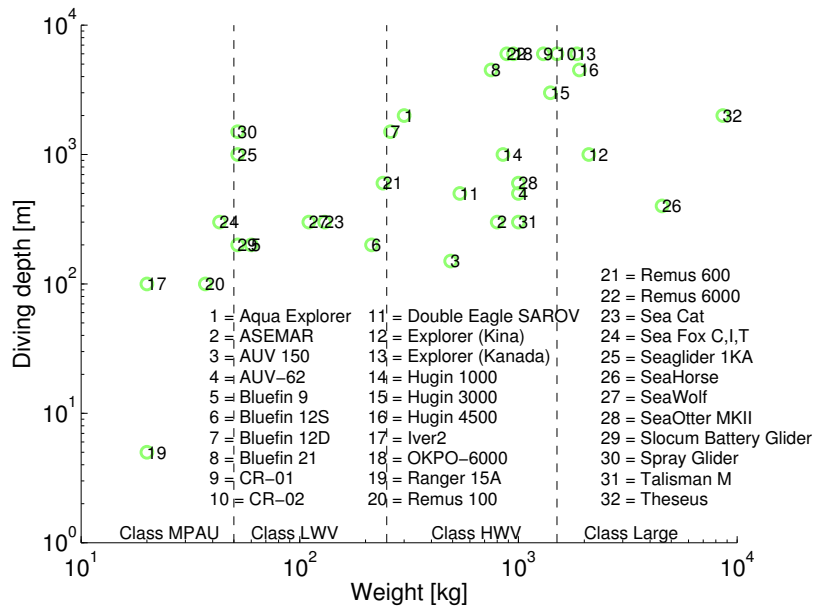
- Många av AUV:erna ovan har någon form av kommunikationslänk med kabel för mot moderfarkost, t.ex. Gigabit Ethernet.
- Uthållighet och fart är i regel intimt relaterade så att maximal uthållighet erhålls vid en lägre fart än den maximala. (Dock har max.-siffror för båda storheterna angivits ovan.)
- Information om de flesta AUV:er som finns i tabellen ovan återfinns i någon av de sökbara förteckningarna på nätet ovan (AUVAC, EUROCEAN etc). (Tillverkarnas hemsidor är inte alltid lika informativa.)
- Ett flertal av farkosterna i klasserna LWV–Large har, eller kan enkelt utrustas med, sonar för undvikande av hinder (obstacle avoidance sonar).

### Snitt i tabell 6.3.

Ett antal snitt i tabellen illustreras i figurerna 6.1–6.4. Längd mot vikt är plottat i figur 6.1. Det förefaller som om längd och vikt väl följer en lin-log-lag för farkoster med längd upp till ca 6m. I figur 6.2 är vikt och djupgående plottat. Dessa två parametrar visar stor spridning men det är klart att de farkoster som är tyngst också är konstruerade för det största djupen. Vikt och dykdjup är plottat i figur 6.3. För farkoster med konventionella drivsystem (ngn form av propellrar drivna av elektriska motorer) förefaller det som om längre uthållighet kräver högre vikt. I alla fall är det klart att de farkoster med störst uthållighet också väger mest. Ett undantag är Sea Fox som har mycket hög uthållighet i förhållande till vikt. Noteras skall också att de farkoster som är av glider-typ inte ingår i ovanstående plot eftersom de använder en annan framdrivningsprincip som är mycket energieffektiv och därför ger extrem uthållighet (men

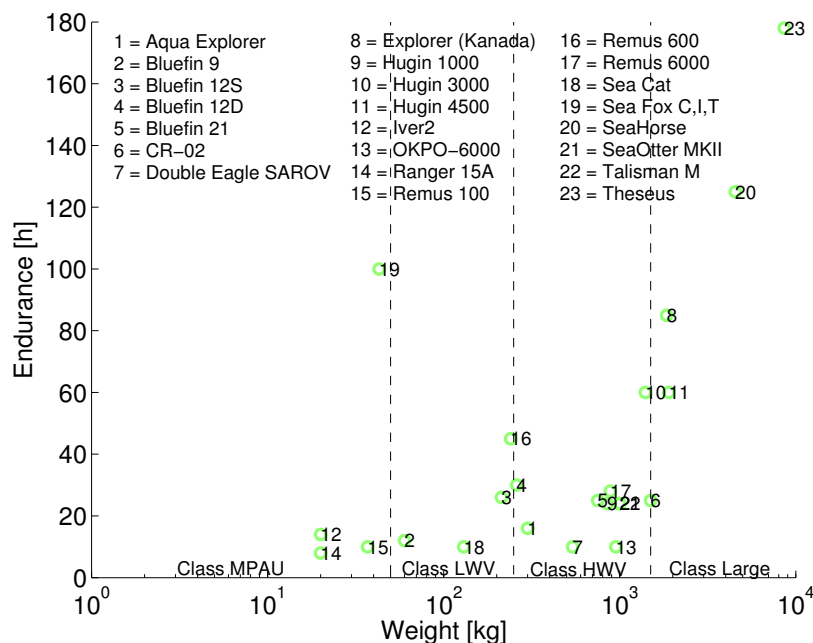


Figur 6.1: Längd och vikt för AUV:erna i tabell 6.3.



Figur 6.2: Vikt och dykdjup för AUV:erna i tabell 6.3.

låg fart). I figur 6.4 slutligen visas maximal hastighet och uthållighet. Med undantag för Theseus, som är en extremt tung farkost för stora djup, är det endast två farkoster som står ut och har både god uthållighet och god max hastighet, Sea Horse och Sea Fox. (De farkoster som har en max hastighet på mer än ca 6 knop har alla en relativt dålig eller mycket dålig uthållighet.)



Figur 6.3: Vikt och uthållighet för AUV:erna i tabell 6.3.

## 6.2.4 Data från andra undersökningar

Konsultfirman Douglas-Westwood (DW) ger ut en kontinuerligt uppdaterad marknadsrapport över AUV-marknaden [50]. Enligt en presentation<sup>4</sup> av John Westwood, DW, 2010, som visade utdrag ur rapporten är det tydligt att AUV-marknaden kan delas upp i farkoster för kustnära (< 300m) respektive djuphavsuppdrag. Vidare är det tydligt att ökningstakten i introduktionen av nya modeller av AUV:er var störst i början av 2000-talet vilket antyder att en viss mognad finns inom flera teknikområden relaterade till AUV:er (se även [103]).

## 6.3 Exempelsystem

Nedan ges en lista av AUV-tillverkare och exempel på farkoster.<sup>5</sup> Den är långt ifrån komplett och ger endast en indikation på aktivitet inom olika länder.<sup>6</sup>

### 6.3.1 Sverige

#### SAAB

SAAB har utvecklat två olika AUV:er med rekognosering och minröjning som främsta uppgift. Dessa är:

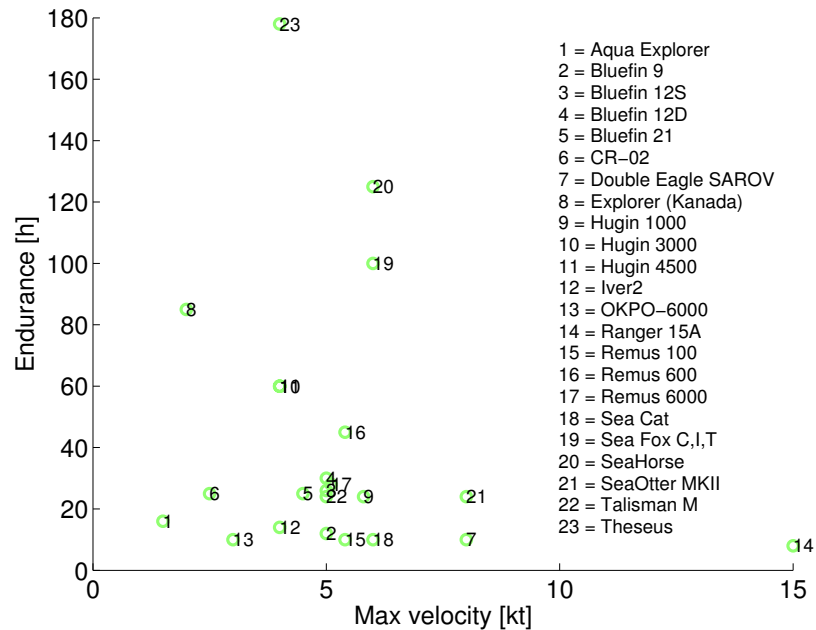
- **AUV62** (SAPPHIRES<sup>7</sup>). AUV av storleksklass Heavy Weight Vehicle (HWV), jfr. Tabell 6.2 och 6.3. AUV62 är plattformsoberoende och kan

<sup>4</sup>Vid konferensen Oceanography International 2010, London, 2010-03-10.

<sup>5</sup>De flesta av länkarna går till tillverkarens hemsida för respektive produkt. Dock finns ofta gott om information även att finna efter enkel sökning i andra källor, t.ex. Wikipedia. För vissa av farkosterna finns länkar men den tillgängliga informationen är sparsam och dessa farkoster har utelämnats ur tabell 6.3.

<sup>6</sup>Även undervattensvapen som torpeder och simmande minor besitter autonomitet. De flesta länder i nedanstående lista tillverkar eller har tillverkat undervattensvapen.

<sup>7</sup>Denna farkost har även kallats SAPPHIRES (Synthetic Aperture Processing High Resolution) [104, 105].



Figur 6.4: Max hastighet och uthållighet för AUV:erna i tabell 6.3.

sjösättas både från ubåt, från båt eller från strand. Den är helt autonom och kan antingen följa en förprogrammerad brytpunktsbana, eller agera baserat sensorinformation. Dess modulära design innebär att den kan utrustas med en mängd olika sensorer och anpassas för olika uppdrag. AUV62 används idag av den svenska marinen, bl.a. för kartläggning av minor och för miljökaraktärisering [106].

**Relevanta förmågor:** E204, E214, I304, I310, M402

- **Double Eagle SAROV.** AUV av storleksklass Heavy Weight Vehicle (HWV), främst utvecklad för mindetektion och -oskadliggörande [106]. SAROV är en vidareutveckling av Double Eagle ROV (Remotely Operated Vehicle) familjen och kan operera både autonomt och fjärrstyrt. Double Eagle SAROV två grundutföranden: minrekognosering (ROV-S) och mindestruktion (ROV-M), som placerar en liten laddning nära minan. Systemet används för närvarande av bl.a. den danska marinen.  
**Relevanta förmågor:** E204, E214, I304, I310, M402, M403

### 6.3.2 USA

#### ARL Penn State

- **Seahorse.** En stor AUV (klass Large, se Tabell 6.2), med en vikt på över 4000 kg. Seahorse är ursprungligen utvecklad för Naval Oceanographic Office (NAVO) och tänkt att användas för utforskning och kartläggning av bottenområden världen över. Den kan utföra en rad förprogrammerade sök- och utforskningsuppdrag, och kan utrustas med olika sensorer beroende på uppdragets natur [107].  
**Relevanta förmågor:** I310

## Bluefin Robotics

Bluefin Robotics utvecklar en rad AUV:er i olika storleksklasser. Bland deras produkter återfinns:

- **Bluefin 9.** En liten AUV, som lätt kan hanteras av en eller två personer (MPAUV, man-portable AUV, se Tabell 6.2). Bluefin 9 är utvecklad för kartläggning av bottenområden i grunda vatten. Den kan lätt sjösättas från en mindre farkost och är lätt att underhålla i fält. Tänkt användningsområden inkluderar bl.a. minsökning, hamnsäkerhet, miljökartläggning, övervakning och rekognosering [108].  
**Relevanta förmågor:** I304, I310, M402
- **Bluefin 12S,D.** Lätt AUV (LWV, Light Weight Vehicle, se Tabell 6.2) [108]. Modulär design, vilket gör det lätt att byta nyttolast och anpassa för olika uppdrag samt lätt att underhålla i fält. Modellen 12D är en något större variant som också klarar större djup (1500 m mot 200 m). Tänkt användningsområden inkluderar oceanografi, lokalisering, minröjning, arkeologi och utforskning.  
**Relevanta förmågor:** I304, I310, M402
- **Bluefin 21.** En större AUV (HWV, Heavy Weight Vehicle, se Tabell 6.2) utvecklad för större djup (ner till 4500 m). Liksom de mindre varianterna har den en modulär design, vilket gör det lätt att byta sensorer och nyttolast och anpassa till olika uppdrag. Bluefin 21 kan bära multipla sensorer och olika nyttolast samtidigt. Tänkt användningsområden inkluderar oceanografi, lokalisering, minröjning, arkeologi och utforskning [108].  
**Relevanta förmågor:** I304, I310, M402
- **Spray Glider.** Drivs framåt genom att ändra sin flytförmåga, vilket sedan överförs till en framåtrörelse m.h.a. vingar. Spray Glider använder därför bara bråkdelen av den energi som behövs för en traditionell propellerdriven AUV och kan stanna ute i upp till 6 månader på ett batteripack. Tänkt användningsområden inkluderar oceanografi, forskning och miljörelaterad övervakning [108].  
**Relevanta förmågor:** I304, I310

## Columbia Group

- **Proteus.** Specialuppdrag långt bakom fiendens linjer kan med fördel stödjas av en AUV som kan transportera trupper och materiel till och från förutbestämda punkter. Proteus är tänkt att realisera en sådan förmåga. Farkosten är därför naturligt relativt tung (2800 kg), har en lång uthållighet (92 timmar) och aktionsradie (320 sjömil), och har stor lastkapacitet (1500 kg externt och 200 kg internt, eller upp till 7 st amfibiesoldater internt). Alternativt kan den agera moderfarkost åt en annan AUV, såsom t.ex. en Sea Fox [109].  
**Relevanta förmågor:** E202, E207, E212, E214

## iRobot

Företaget iRobot utvecklar en rad AUV:er i olika storleksklasser och olika användningsområden. Bland deras produkter återfinns:

- **1KA Seaglider.** Detta är en AUV av glider-typ, vilket innebär att den kan samla in data i månader i sträck och över stora områden. Systemet

använder satellitkommunikation för att överföra mätdata, samt för att överföra nya instruktioner under ett uppdrag. Seaglider har ett operationsområde på 50 till 1000 m djup, vilket gör den ideal för t.ex. oceano-grafi, hamnsäkerhet och övervakning [110].

**Relevanta förmågor:** E202

- **15 A Ranger.** Denna AUV väger mindre än 20 kg och kan därför lätt hanteras av en person och sjösätts från en mindre farkost. Den är utvecklad för att kunna bära en rad olika sensorer för olika ändamål, från sensorer för avläsning av vattenkvalitet till bildalstrande sonar, vilket gör den lämplig för bl.a. mindetektion, hamnsäkerhet, övervakning och oceano-grafi [110].

**Relevanta förmågor:** I304, I310, M402

- **Transphibian.** Utmärkande för detta system är att den drivs av fenor istället för propeller. Med hjälp av fenorna kan Transphibian navigera både i öppet vatten samt ta sig fram på botten, dvs den är en kombinerad AUV och "bottom crawler". Fenorna gör att systemet kan navigera med 6 frihetsgrader, vilket är en fördel i trånga utrymmen och för att undvika hinder. Transphibian kan operera i mycket grunda vatten, där dyningarna gör det svårt att kontrollera en traditionell propellerdriven farkost, och den kan sjösätta sig själv från en strand med hjälp av fenorna [110].

**Relevanta förmågor:** I304, I310, M402

### Naval Undersea Warfare Center (NUWC), Newport

- **Manta UUV.** Denna AUV är utvecklad av Naval Undersea Warfare Center (NUWC), i samarbete med både industri och universitet. NUWC har sedan slutet av 1990-talet arbetat på ett koncept för krigsföring under ytan, där Manta är en viktig del. Manta kan utrustas med olika nyttolast beroende på uppdrag. Tänkta uppdrag inkluderar bl.a. övervakning, minröjning och ubåtsbekämpning [111].

**Relevanta förmågor:** E202, I304, I310, M402

### Oceanserver

- **Iver2.** Med en vikt på omkring 20 kg kan denna AUV lätt hanteras av en person. Iver2 är utvecklad som en kommersiell produkt och tänkt att användas för kustnära datainsamling. Den kan utrustas med olika sorters sonar, videokamera och olika sensorer för mätning av vattenkvalitet, vilket gör den perfekt för forskning och övervakningsuppdrag. En operatör kan samtidigt ansvara för flera enheter och via gränssnittet planera olika uppdrag för varje enhet [112].

**Relevanta förmågor:** I310

### 6.3.3 Tyskland

Atlas Elektronik utvecklar en rad olika AUV:er för både militärt och civilt bruk. Bland deras produkter ingår:

#### Atlas Elektronik

- **Sea Fox C, I, T.** Systemet Sea Fox C är utvecklad för semi-autonom röjning av minor och andra sorters explosiva anordningar. Det är relativt litet (vikt 43 kg) och kan därför sjösättas från både större och mindre farkoster. Systemet styrs och kommunicerar via fiberoptisk kabel och misstänkta objekt identifieras via en inbyggd kamera. Ett miss-

tänkt objekt kan efter identifikation oskadliggöras med hjälp av en av AUVn medförd laddning. Modellerna Sea Fox I och T är utvecklade som träningsfarkoster, där laddningen hos det operativa systemet är ersatt med en barlast [113].

**Relevanta förmågor:** I310, M402, M403

- **Sea Wolf.** Huvudsyftet med detta system är att identifiering och oskadliggörande av minor och andra explosiva anordningar som är helt eller delvis begravnade i botten sediment. Farkosten är därför utrustad med bl.a. bottenpenetrerande sonar och kamera för identifikation. Minan kan sedan oskadliggöras med hjälp av en sprängladdning utplacerad i närheten av målet. Sea Wolf är något större än Sea Fox (klass LWV, se Tabell 6.2) och har ett maximalt dyk djup på omkring 300 m [113].

**Relevanta förmågor:** I310, M402, M403

- **Sea Cat.** Ett modulärt hybridsystem som kombinerar AUV- och ROV- (Remotely Operated Vehicle) teknik. Sea Cat kan operera både autonomt eller med en fiberoptisk kabel, vilket också möjliggör realtidsöverföring av data. Den modulära designen gör att Sea Cat kan anpassas för en rad olika uppdrag, främst inom rekognosering och övervakning. Sea Cat tillhör storleksklass LWV (se Tabell 6.2) och kan bära upp till 35 kg nyttolast, bl.a. olika sorters sonar, kamera och ekolod [113].

**Relevanta förmågor:** I310

- **Sea Otter MKII, MKII D.** Detta är den största av Atlas Elektroniks AUV:er. Med längd 6.5 m och en vikt på 1000 kg hamnar denna AUV i klassen HWV (se Tabell 6.2) och kan bära upp till 160 kg nyttolast i form av olika sensorer etc. Sea Otter har en strikt modulär design, vilket gör den lätt att anpassa till olika uppdrag. Den kan också utrustas med fiberoptisk kabel för realtidsöverföring av data, samt möjlighet att manipulera objekt i sin omgivning. Tänkt användningsområden inkluderar minröjning och detektion, rekognosering och övervakning, miljökartläggning och kartläggning av bottenområden [113].

**Relevanta förmågor:** E202, I310, M402, M403

### 6.3.4 Norge

#### Hydroid<sup>8</sup>

- **Remus.** I AUV-familjen REMUS (Remote Environmental Measuring UnitS) ingår en rad farkoster i olika storleksklasser och med olika operationsområden. Gemensamt för dessa är den modulära designen, vilket gör det lätt att anpassa farkosterna till olika uppdrag. Uppdragen inkluderar bl.a. minröjning, hamnsäkerhet, miljökartläggning och lokalisering [114].

- **Remus 100.** Liten, lätt och kompakt, med ett dyk djup på 100 m. Remus 100 kan lätt hanteras av två personer och är flitigt använd för kustnära utforskning.

- **Remus 600.** Detta är en större variant av Remus 100, med ett dyk djup på 600 m. Remus 600 är framtagen för operationer där större uthållighet och ökad lastkapacitet är ett krav.

- **Remus 6000.** Denna farkost är framtaget för uppdrag på djupt vatten och har ett dyk djup på 6000 m. Remus 6000 är baserad på samma plattform som de mindre varianterna, Remus 100 och Remus 600.

<sup>8</sup>Helägt dotterbolag till Kongsberg.



**Relevanta förmågor:** I304, I310, M402

- **Hugin.** Hugin-familjen började utvecklas i på 1990-talet och användes då bl.a. till att undersöka Statoils oljeledningar. Olika versioner av Hugin har sedan dess utfört en mängd kommersiella och militära uppdrag, främst inom området sökning, övervakning och kartläggning. Idag finns Hugin-systemet i tre olika utföranden av olika storlek och med olika prestanda [114].
  - **Hugin 1000.** Finns i två versioner, en med ett dykdjup på 1000 m och en med dykdjup 3000 m. En kompaktare version av Hugin 3000, med en uthållighet på 24 h och vikt 850 kg.
  - **Hugin 3000.** Dykdjup 3000 m och en uthållighet på 60 h. Vikt 1400 kg.
  - **Hugin 4500.** Dykdjup 4500 m och en uthållighet på 60 h. Vikt 1900 kg.

**Relevanta förmågor:** I304, I310, M402

### 6.3.5 Storbritannien

#### BAE Systems

I BAE Systems Talisman-familj ingår två AUV:er i olika storleksklasser. Båda farkosterna är designade för arbete i strandnära områden, men skillnaden i storlek ger olika användningsområden.

- **Talisman M.** Detta är den större versionen i Talisman-familjen. Den kan ta en nyttolast på upp till 500 kg, vilket innebär att den kan bära både sensorer, vapen och andra verktyg. Det huvudsakliga användningsområdet är minröjning, och systemet har förmåga att både hitta, klassificera och oskadliggöra minor [115].

**Relevanta förmågor:** E202, I310, M402, M403

- **Talisman L.** En mindre variant av Talisman M, vilken lätt kan hanteras av två personer. Den främsta uppgiften för denna farkost är övervakning och informationsinhämtning, och den är utrustad både med sonar och med kamera [115].

**Relevanta förmågor:** I304, I310

#### Cambridge Univ. Autonomous Underwater Vehicle team

- **Blackghost.** Denna AUV är ursprungligen utvecklad för 2008 års upplaga av tävlingen SAUC-E (Student Autonomous Underwater Vehicle Challenge - Europe). Tanken med systemet är att den skall kunna operera autonomt under den arktiska isen och sjösättas genom isen med hjälp av ett borrhål. Detta mål har kraftigt påverkat farkostens utformning; en långsmal torpedliknande skrov utan utstickande delar [116].

**Relevanta förmågor:** –

### 6.3.6 Ryssland

#### IMTP (Institute of Marine Technology Problems)

- **MT-88.** Denna AUV utvecklades under 1980-talet och användes bl.a. för att undersöka två ryska ubåtar som förlist, den ena på 5500 meters djup i Sargassohavet och den andra i Norska havet. Farkosten har en modulär design för att lätt kunna anpassas till olika uppdrag, en uthållighet på

ca 6 h och klarar dykdjup på upp till 6000 m. Den kan under pågående uppdrag styras och kommunicera genom en akustisk länk [117].

**Relevanta förmågor:** I304, I310

### 6.3.7 Kina

#### SIA (Shenyang Inst. Automation, Chinese Acad. Sciences)

- **Explorer.** Denna AUV är Kinas första och en del i ett program att utveckla AUV-baserade förmågor. Farkosten är 4,4 m lång, väger 2200 kg och klarar ett dykdjup på mer än 1000 m. Den har ett navigationssystem som utnyttjar bl.a. INS, GPS, DVL och ett system för akustisk kommunikation. Dessutom har den ett antal sonarsystem för bildinsamling och som kan användas till att stötta navigeringen [118].

**Relevanta förmågor:** –

- **CR-01.** Denna AUV är utvecklad i samarbete med IMTP, Ryssland. Den har ett torpedliknande skrov och skall klara dykdjup på upp till 6000 m. Den är 4,4 m lång, väger 1300 kg och har en uthållighet på ca 10 h [118].

**Relevanta förmågor:** –

- **CR-02.** Detta system är en vidareutveckling av CR-01 [118].

**Relevanta förmågor:** –

### 6.3.8 Indien

#### CMERI (Central Mechanical Engineering Research Institute)

- **AUV 150.** De tillämpningar denna farkost främst är avsedd att användas i är minjakt, kustövervakning och spaning samt olika former av miljöuppdrag. Vikten är 490 kg, längden är 4,8 m och den har ett dykdjup på 150 m. Navigering sker med en mängd sensorer, bl.a. INS, GPS, DVL, sonar och UBS. Den har även ett sonarsystem för undvikande av hinder och såväl radio som hydroakustiskt kommunikationssystem samt en TV kamera [119].

**Relevanta förmågor:** C105, E202, E207, E210, I310, I305, I310, I312

### 6.3.9 Kanada

#### ISE (International Submarine Engineering)

- **Theseus.** Denna farkost är en i raden av tunga farkoster för stora djup där den ursprungliga tillämpningen är relaterad till undervattenskablar, i detta fall utläggning på stora djup. Vikten är 8600 kg, dykdjupet är 2000 m, uthålligheten 60 timmar och aktionsradien överstiger 1360 km. Theseus kan även ta en nyttolast om 550 kg, speciellt kan den agera moderfarkost åt mindre AUV:er. Navigering sker med hjälp av INS, DVL och sonar [120].

**Relevanta förmågor:** E202, E207, E214

- **Explorer.** Denna farkost finns i en mängd olika utföranden med olika prestanda, med dykdjup från 300 m till 6000 m. Den har en modulär design och kan lätt utrustas med olika sensorer och verktyg. Explorer är utvecklad för att vara tålig och kan klara långa perioder av autonomt arbete. Den har därför blivit väl mottagen i forskarkretsar och har levererats till en rad marinforskningsinstitut världen över [120].

**Relevanta förmågor:** I304, I310

### 6.3.10 Italien

#### GraalTech

- **Folaga.** I många tillämpningar, t.ex. oceanografi, finns behov av en farkost som kan kombinera uthålligheten hos en glider med manövrerbarheten hos en konventionellt driven farkost. Folaga [121] är en hybridfarkost med båda dessa typer av drivning, där dessutom den konventionella driften kan ske med antingen propeller eller en liten vattenjet. Dessutom har Folagan förmågan att rotera (i stort sett "på stället") kring tre axlar.

**Relevanta förmågor:** C105, I304.

### 6.3.11 Frankrike

#### Thales

- **ASEMAR.** Thales ASEMAR utvecklades med syfte att dels allmänt utgöra plattform övervakningssystem för marin säkerhet och speciellt för att kunna utföra minjaktuppdrag. Farkosten väger 800 kg, klarar ett dyk djup på 300 m och använder flera olika system för navigering och kommunikation [122, 123].

**Relevanta förmågor:** E202, E207, I304-I306, I310, M402, M403

### 6.3.12 Sydkorea

#### Daewoo Shipbuilding and Marine Engineering Co.

- **OKPO-6000.**<sup>9</sup> Även denna djuphavsfarkost klarar de största djupen och är liksom de övriga av denna typ tung. Vikten ligger på 975 kg, uthålligheten är 10 timmar och maxhastigheten är 3 knop. Den är utrustad med flera sonarer, bl.a. en bildbehandlande sidescan-sonar och en sonar som används för undvikande av hinder. Typiska uppdrag för OKPO-6000 är kabelinspektion, inspektion för gruvdrift till havs och kartering av miljöresurser [117].

**Relevanta förmågor:** E202, E207, I304, I310

### 6.3.13 Japan

#### Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC)

- **Urashima.** Kombinationen av längd (10,6 m) och vikt (10000 kg) gör Urashima till den största AUV:en i världen. Den har även en extrem aktionsradie (över 300 km). Farkosten, som har gått igenom flera modifieringar för att bl.a. gå från litium-jon batterier som kraftkälla till bränslecell, utvecklades ursprungligen för att kunna ta miljödata över stora områden. Typiska exempel på sådana uppdrag är vattenprovtagning och bottenkartering med bottenpenetrerande sonar [124, 125].

**Relevanta förmågor:** E202, E207, I304

#### Kukosai Marine Engineering Co.

- **Aqua Explorer 2000.** Denna farkost är ytterligare ett exempel på en typisk djuphavsfarkost. Den väger 300 kg, klarar ett dyk djup på 2000 m och har en uthållighet på 16 timmar. Aqua Explorer har utvecklats med huvudsyftet att kunna utföra inspektion av havskablar på stort djup och är därför helt autonom i sin funktion. Den följer en preprogrammerad bana ner till angett djup där den sedan går in i en sökmod för att

<sup>9</sup>I samarbete med IMTP, Ryssland.

hitta och därefter följa och inspektera en kabel. Identifiering och följning av kabeln sker med hjälp av magnetiska sensorer men den är även utrustad med TV-kamera. En utmärkande egenskap hos Aqua Explorer är att den är relativt lätt trots att den klarar ett stort dyk djup [126].

**Relevanta förmågor:** E202, E207, I304



## 7 ASV: Översikt och kategorisering av befintliga system

Detta kapitel består av tre avsnitt. I det första, 7.1, beskrivs förmågor, scenarier, hotscenarier och utveckling för ASV-system. I det andra avsnittet, 7.2, ges en översikt över tillgängliga system och en indelning av dessa i en handfull kategorier, s.k. typsysten. I det tredje avsnittet, 7.3, ges sedan lite mer detaljerade exempel på ett antal tillgängliga system.

### 7.1 Nytt: Förmågor och scenarier

I detta avsnitt diskuteras nytta och hot förkippade med AUV:er, samt även förväntad teknisk utveckling av systemen.

#### 7.1.1 Förmågor

Förmågorna hos ASV:er liknar de hos AUV:er listade i tabell 6.1 såväl som på att förmågan till sjöminröjning (M402) och förmågan att desarmera bomber och röja ammunition (M403) är begränsad.

#### 7.1.2 Scenarier

Relevanta scenarier för användning av ASV inkluderar följande:

- Minsvep och minjakt.
- Generell stöd till ytfartyg, med syftet att förstärka fartygets förmåga att lösa sina uppgifter.
- Skydds- och insatsuppgifter där ASV:en högre rörlighet och frånvaro av besättning gör den lämplig att användas, t.ex. mot sjöpirater.
- Hamnövervakning.
- Internationell fredsbefrämjande insats, där ASV:en används för att säkerställa att skyddszoner respekteras.

## 7.2 Översikt och typsysten

ASV:er kan grovt indelas i snabbgående farkoster med vapenplattform och mera långsamtgående farkoster utan beväpning. De förra är ofta av multifunktionsstyp och kan även användas som sensorplattform medan de senare farkosterna endast fungerar som sensorplattform eller realiserar andra specialförmågor som minröjning.

### 7.2.1 Databaser

En källa på internet med data för ASV:er är siten Unmanned.com som samlar information om alla typer av obemannade farkoster men är en av få källor till en översikt av ASV [101].

### 7.2.2 Data från tillverkare och övriga källor

Ett par översiktsartiklar som beskriver utvecklingen de sista decennierna är [127, 128].

## Översikt

En sammanställning av data för ett antal ASV:er finns i tabell 7.1.

### Förklaringar och kommentarer till tabell 7.1.

- Beteckningarna och definitionerna i tabell 6.3 har använts även här.
- TV står för en allmän bildsensor (video), synligt ljus.
- LRF står för laser range finder.
- Navigeringsutrustningen för C-Target 3 finns angiven som 'ASView Autopilot'.
- Pirayas sonar är av passiv typ.

## 7.3 Exempelsystem

### 7.3.1 Sverige

#### Kockums

- **Piraya.** Kockums Piraya är en liten (4 m), lätt (400 kg) relativt snabbgående (20 knop) farkost utvecklad främst för övervakningsuppdrag där förmåga till samverkande beteenden<sup>1</sup> i svärm är en central del. Typuppdrag är kustövervakning utförd av sjöpolis, kustövervakning eller flottstyrkor [129].

**Relevanta förmågor:** C105, E210, I304–306, I310–312

### 7.3.2 Israel

#### Aeronautics Ltd.

- **Seastar.** En tydlig trend hos tillverkarna av ASV:er är att försöka erbjuda multifunktionskoncept där förmågor för att lösa uppgifter inom hamnövervakning, kustövervakning, skydd av ytfartyg och oljeriggar, spaning, signalspaning och telekrigsfunktioner alla kan realiserats. Detta kräver generellt en modulär design för enkelt handhavande och för att snabbt kunna ställa om farkosten mellan olika uppdrag, en egenskap som också ofta poängteras i de tekniska beskrivningar som publiceras. Seastar är ett typexempel på ett sådant koncept och baseras på ett 11 m långt rigid inflated boat (RIB) skrov, är utrustad med dubbla dieselmotorer med vattenjetaggregat, har en topphastighet på 45 knop och har en aktionsradie på 300 sjömil. Den har en stabiliserad vapenplattform som kan bära en automatkanon och radar samt elektrooptiska sensorer för målinmätning. Den har även en sonar (icke angiven typ) [130].

**Relevanta förmågor:** E201, E207, E212, I304, I305, I306, I310, I312

#### Rafael Advanced Defense Systems

- **Protector.** Liksom Seastar representerar denna farkost ett avancerat multifunktionskoncept avsett att realisera en mängd förmågor inom spaning och skydd av egna styrkor. Protector har ett skrov av typen RIB, är 9 m lång, har en topphastighet på 50 knop med drivning via vattenjetaggregat, vilket gör den mycket väl lämpad för uppdrag i kustnära vatten där snabb respons är kritisk. Den har vidare en avancerad stabiliserad

<sup>1</sup>I marknadsföringsmaterialet anges det att förmågorna som realiserats av Piraya enkelt kan överföras till större plattformar av typ stridsbåt 90. Detta kan tolkas som att fokus har varit på förmågorna, snarare än plattformen, under utvecklingen av Pirayasystemet.

Farkost	L. (m)	V. (kg)	Hast. (kt)	Radie/uth. (nm/h)	Motor, drivn.	Nav./Komm.	Sensorer	Last/beväpn.	Anm./Källor
C-SWEEP	10,8	9000	20	200nm	2, Diesel, propeller	-	TV,Sonar	-	Minsvep, UAV plattform/w3
C-Target 3	3,5	325	20-25	- / 2h (max hast.)	1, Utombordare	-	-	-	Sjömjäl / w3
USV-5000	4,2	60	7	12h	-	GPS,DC,Djupm,GSM	TV,Sonar	-	- / w3
Seastar	11	6000	45	300nm + 10h st.dby	2, Diesel, vattenjet	-	TV,IR,Sonar	Akan	- / w3
Silver Marlin	10,7	4000	45	500nm / 24h	2, Diesel, propeller	Radar,GPS,INS,DC	TV,IR,LRF	Akan,Akarb,grk	- / w3
Spartan Scout	7	2000	-	-	2, Diesel, vattenjet	Radar,GPS	TV,IR	Akan	Åven i 11m version/w3
Piraya	4	400	20	60mm	1, Utombordare	Radar/[U,V]/HF,SAT	TV,IR,Sonar	Akarb	CRBN sens. opt./w3
Protector	9	-	50	-	1, Diesel, vattenjet	INS,GPS,Radar	TV,IR,LRF	Akan,Akarb,Grk	- / w3

Tabell 7.1: Översikt över ASV system. Förklaringar och kommentarer till förkortningarna ges i texten (sid 63,78).



vapenplattform som kan bära automatkanon, automatkarbin och granatkastare och sensorsystem (radar, TV/IR och LRF) för att fullt ut kunna utnyttja dessa. Utformningen är modulär för att enkelt kunna konfigurera om för olika uppdrag [131].

**Relevanta förmågor:** E201, E207, E212, I304, I305, I306, I310, I312

### 7.3.3 USA

#### Elbit Systems<sup>2</sup>

- **Silver Marlin.** Denna farkost är av avancerad multifunktionstyp med förmågor liknande de hos Protector. Silver Marlin är 11 m lång, har en topphastighet på 45 knop och en uthållighet på 24–36 timmar, och en aktionsradie på 500 sjömil (max gaspådrag). Den har en stabiliserad vapenplattform som kan bära automatkarbin, automatkanon och 40 mm granatkastare med målangivelse via radar, TV/IR och laser (LRF). Autonomifunktionerna inkluderar algoritmer för undvikande av hinder<sup>3</sup> och planering för lösning av uppgifter i samverkan då farkosten används i svärm [132].

**Relevanta förmågor:** E201, E207, E212, I304, I305, I306, I310, I312

#### Naval Undersea Warfare Center (NUWC), Newport

- **Spartan Scout.** Huvudsyftet med utvecklandet av Spartan Scout var att möta hotet från små snabbgående farkoster och därigenom stärka förmågan till skydd av större ytfarkoster. Ett typuppdrag är hamnövervakning. Spartan Scout är 7 m lång och är av typen RIB med drivning i form av två dieselmotorer med vattenjetaggregat. Den kan utrustas med automatkanon men även Hellfire eller Javelinmissiler<sup>4</sup>, och kan konfigureras för min- och ubåtsjakt [133].

**Relevanta förmågor:** E201, E202, E207, E210, E212, E214, I304, I306, I310–I312, M402, M403

#### Sea Robotics

Farkosterna i Sea Robotics USV-serie (Unmanned Surface Vehicle) är med ett undantag av flerskrovstyp och är avsedda främst att bära olika former av instrumentering och sensorer, t.ex. sidescan-sonar, multibeam-sonar och bottenpenetrerande sonar.

- **USV-450.** Denna farkost väger 40 kg och kan bära 80 kg utrustning. Den är 1,9 m lång, kan färdas i 4,5 knop och har en maximal uthållighet vid (2,5 knop) på 8 timmar. Navigering sker med (differentiell) GPS och riktningssensor. Även en sensor för lutningsvinkel finns. Datalänken innehåller en kanal för direkt video [134].
- **USV-600.** Större variant av USV-450, med en topphastighet på 6 knop [134].
- **USV-1000.** Större variant av USV-450, med en topphastighet på 10 knop [134].
- **USV-2600.** Stor, rekonfigurerbar variant av USV-450. Topphastighet på över 10 knop [134].

<sup>2</sup>Dotterbolag till Elbit Systems Ltd., Haifa, Israel.

<sup>3</sup>Enligt International Regulations for Preventing Collisions at Sea (COLREGS).

<sup>4</sup>Detta gäller troligtvis den större 11 m versionen.

- **USV-5000.** Det enda monoskrovet i USV-serien. Klarar dyningar och hård sjö bättre än flerskrovsvarianterna [134].

### 7.3.4 Storbritannien

#### Autonomous Surface Vehicles, Ltd.

- **C-SWEEP.** Denna farkost är främst avsedd för minsvepning då höga krav finns på släpförmåga (20 kN vid 15 knop) och uthållighet samt möjligheter att generera elkraft. Farkostens längd är 10,8 m, bredd 3,5 m, djupgående 1 m och ett displacement på 9.000 kg. Skrovet är av aluminium, drivningen utgörs av två dieselmotorer och styrsystem finns för både semiautonom och fullt autonom operation. Sensordatalänken inkluderar TV-bild i realtid. Tillval finns för sidescan- och multibeam-sonar, system för detektion av dykare och elgenerator samt en docka för dotter-AUV [135].

**Relevanta förmågor:** M402, M403.

- **C-Target 3.** För träning av respons mot snabba anfall med små farkoster mot kust eller mot ytfartyg krävs realistiska målobjekt, och C-Target serien av ASV:er är tänkt att möta dessa behov. C-Target 3 är en liten (3,5 m lång), lätt (325 kg) och snabbgående (20-25 knop) farkost med hög manöverförmåga som kan användas enskilt eller i svärm. Den har ett tåligt aluminiumskrov som enkelt kan repareras och den kan utrustas med skydd mot finkalibrig eld över motor och elektronik. Dessa egenskaper gör att den åtminstone delvis kan realisera samma förmågor som det mål den är tänkt att simulera [135]. Övriga farkoster i denna serie (se nedan) har liknande egenskaper och användningsområden.

**Relevanta förmågor:** E201, E207, E212, E214

- **C-Target 5.** Större (5 m) variant av C-Target 3 [135].
- **C-Target 6.** Större (6.5 m) variant av C-Target 3. Kan användas i svärm [135].
- **C-Target 9.** Större (8,95 m) variant av C-Target 3. Kan användas i svärm [135].
- **C-Target 13.** Större (13 m) variant av C-Target 3 [135].



## 8 Obemannade farkosters bidrag till insatsförmågor

Som beskrivits i kapitel 2 listas i Försvarsmaktens utvecklingsplan 2010<sup>1</sup> ett antal insatsförmågor (jfr. tabell 2.1) som tillsammans behövs för att lösa Försvarsmaktens uppgifter. Nedan går vi igenom de förmågor där obemannade farkoster bedöms kunna spela en roll, och beskriver exempel på scenarier. Efter scenariebeskrivningen ges ofta exempel på relevanta obemannade system, dvs befintliga system som med större eller mindre modifikationer skulle kunna bidra till förmågan. När så är tillämpligt listas också skillnaden mellan systemförmågan i dagsläget och förmågan för ett framtida system. En översikt över olika systemtypers bidrag till förmågorna finns i tabel 8.1 nedan.

### 8.1 C101-C103 Förmåga att leda på militärstrategisk, operativ och taktisk nivå

Förmåga att på respektive nivå planera, leda och utvärdera operationer, såväl nationellt som internationellt och med civila aktörer.

#### Scenarier

Obemannade farkoster kan stödja ledning genom att ge lägesbild, se I305-I308, och sambandsmöjligheter, se C105.

### 8.2 C105 Förmåga att upprätthålla samband

Förmåga att upprätta, vidmakthålla och administrera bl.a. data- och telekommunikation för säkert utbyte av nödvändig information inom och mellan samtliga ledningsnivåer och aktuella civila aktörer, såväl nationellt som internationellt.

#### Scenarier

Scenario: UGV som kommunikationsnod i ett sambandsnät

Frågorna som relaterar till hur kommunikationen skall upprätthållas och hur moderna skall flyttas har likheter med UAV-fallet [136]. Se även avsnitt 8.35 nedan.

Scenario: UAV som kommunikationsnod i ett sambandsnät

Att placera en kommunikationsnod i en UAV eller annan upphöjd plattform för att stötta ett radionät på marken kommer att behandlas i ett kommande FoT-projekt. Se avsnitt 8.35 nedan.

**Relevanta system:** Global Hawk (sekt. 5.3.2), [91].

**Grundläggande (idag) systemförmåga:** Upprätta samband för kort- och långdistanskommunikation (100-tals km), punkt-till-punkt (Global Hawk) [137, 138].

<sup>1</sup>Se även [2].

Förmåga	System										
	UAV klass I	UAV klass II	UAV klass III	UCAV	Mini-aerostat	UGV < 20 kg	UGV > 20 kg	Fordons-UGV	AUV < 3 m	AUV > 3 m	ASV
C101 leda strategiskt	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0
C102 leda operativt	0	1	3	2	1	0	0	0	0	0	0
C103 leda taktiskt	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0	1
C105 hålla samband	1	1	2	0	1	0	0	0	1	1	0
E201 mål på havsytan	1	1	2	1	1	0	0	0	1	1	2
E202 mål under ytan	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
E203 mål på marken	1	1	2	3	1	1	1	0	0	0	0
E204 mål i luften	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0
E207 djupet av op. omr.	0	0	2	3	0	0	0	0	1	1	0
E208 SEAD/DEAD	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
E210 elektronisk attack	1	1	2	2	0	0	0	0	1	1	0
E213 mål i urban miljö	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0
E214 specialoperationer	2	0	1	2	0	0	0	0	0	1	1
I301 skapa geo-info	2	2	3	3	0	1	1	1	0	0	0
I302 skapa ocean-info	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	2
I303 skapa met-info	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0
I304 målinformation	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
I305 gemens. lägesbild	3	3	3	2	1	2	1	1	2	1	1
I306 und. stöd taktisk C	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0	1
I307 und. stöd oper. C	0	1	3	2	1	0	0	0	0	0	0
I308 und. stöd ÖB+stab	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0
I310 IMINT	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
I311 SIGINT	1	2	2	2	1	0	0	0	1	1	0
I312 MASINT signatur	1	2	0	0	0	0	0	0	1	1	0
I318 CBRN-information	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0
M401 landminröjning	0	0	0	0	0	3	3	1	0	0	0
M402 sjöminröjning	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0
M403 desarmera	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0
M405 landstigning	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
M406 luftlandsättning	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
M407 transport till/från	0	0	0	0	0	0	0	3	0	2	2
M408 transport inom	0	0	0	0	0	0	0	3	0	2	2
P512 sanering CBRN	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
S707 förnödenheter	1	1	0	0	0	1	1	3	1	0	1
S715 SAR räddning	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0

Tabell 8.1: Bedömt bidrag till insatsförmågor 0 (litet) - 3 (stort).

**Utökad (framtida) systemförmåga:** Upprätta samband i ad-hoc nätverk för kommunikation över kortare distanser (10-tals km), t.ex. i urbana miljöer [136].

**Scenario: AUV som kommunikationsnod i ett sambandsnät**

En AUV skulle kunna lägga sig nära ytan och agera relästation mellan ett akustiskt kommunikationsnät under vattnet och radiokommunikationsnät ovan

vattnet.

**Relevanta system:** I ubåt A26 kommer det finnas dockningsbart utrymme för en AUV [139].

**Grundläggande (idag) systemförmåga:** Förmågan att upprätta ett akustiskt kommunikationsnätverk baserat på AUV:er där de ingående noderna förflyttar sig för att möta förändringar i transmissionskanalen och säkerställa överföringen har demonstrerats (med Folaga AUV:er [121]) [140].

**Relevanta tävlingar:** [23, 25] (se avsnitt 3.1).

### 8.3 E201 Förmåga att påverka mål på havsytan

Förmåga att t.ex. förstöra, neutralisera, nedtrycka eller störa mål på havsytan.

#### Scenarier

**Scenario: UAV påverkar mål på havsytan**

Se avsnitt 8.5 (E203) nedan, UAV mot markmål, inklusive inmätning och BDA.

**Scenario: ASV påverkar mål på havsytan**

Det finns idag ett flertal ASV:er som både har sofistikerade sensorsystem och kan bära lättare former av vapen som kulspruta, automatkanon och även mindre granatkastare, se kapitel 7.

**Relevanta system:** Aeronautics Seastar, Rafael Protector, Elbit Silver Marlin [130, 131, 132].

**Grundläggande (idag) systemförmåga:** Detektera, identifiera och bekämpa mindre mål såsom mindre ytfartyg, enskilt eller svärmande. Detektera och identifiera undervattensfarkoster.

**Utökad (framtida) systemförmåga:** Förmåga att bära tyngre vapen för bekämpning av större mål. Den större versionen av [133] är planerad att kunna bära missiler (Javelin och Hellfire) för bekämpning av ytmål.

**Scenario: Klassisk sjömålrobot eller torped**

Båda dessa är förstås obemannade farkoster. Användande av substridsdelar gör det möjligt att använda bättre (och dyrare) sensorer på moderplattformen.

**Scenario: Smart torped/mina**

En AUV skulle kunna ligga i väntläge nära en hamn och vid valt tillfälle övergå till att vara en mina eller torped.

**Relevanta system:** I ubåt A26 kommer det finnas dockningsbart utrymme för en AUV [139].

**Grundläggande (idag) systemförmåga:** Torpeder som färdas fram till ett målområde och sedan lägger sig på botten där och tar rollen som mina har funnits länge, exempel är Amerikanska Mk 67 Submarine Launched Mobile Mine (SLMM) och den Kinesiska EM-56 [96].

**Relevanta tävlingar:** [23, 25].

## 8.4 E202 Förmåga att påverka mål under ytan

Förmåga att t.ex. förstöra, neutralisera, nedtrycka eller störa mål under havsytan.

### Scenarier

Scenario: Smart torped/mina

Detta scenario har likheter med det där en AUV lägger sig i vänteläge som mina, se scenariot smart torped/mina ovan.

## 8.5 E203 Förmåga att påverka mål på marken

Förmåga att t.ex. förstöra, neutralisera, nedtrycka eller störa mål på marken.

### Scenarier

Scenario: UCAV fäller bomb

En långräckviddig UAV med låg signatur (smygegenskaper) genomför attackuppdrag långt inne på fientligt territorium, samt genomför BDA (Battle Damage Assessment). Kan potentiellt ersätta kryssningsmissiler.

**Relevanta system:** X45, X47, Phantom Ray, Neuron, 5.3.

Scenario: Predator skjuter Hellfire

Stor UAV med mycket lång uthållighet (24h+) övervakar ett område redo att slå mot "targets of opportunity".

**Relevanta system:** MQ-1 [88], avsnitt 5.3.5 och MQ-9 Reaper [89] avsnitt 5.3.6.

Scenario: Liten engångs-UAV med laddning

En liten UAV med laddning som hanteras av en soldat skickas upp för att spana mot terräng som förbandet inte kan framrycka genom p.g.a. hot. När hotet (t.ex. prickskytt) upptäcks slås det ut av UAV som flygs rakt in i hotet och detonerar laddningen.

**Relevanta system:** [90] från MBDA.

Scenario: Beväpnad UGV

Flera UGV-tillverkare gör modeller som kan utrustas med vapen. Oftast kulspruta, men även 40 mm granater. Man kan även tänka sig UGV:er utrustade med pansarskott, prickskyttegevär eller minor.

**Relevanta system:** [57] avsnitt 4.3.1, [63] avsnitt 4.3.1, PackBot [56]

**Relevanta tävlingar:** [21, 22, 23], [26, 27, 28] och [29], se avsnitt 3.1

Scenario: HART (Heterogeneous Airborne Reconnaissance Team) Raven och Switchblade

Ett system bestående av ett antal mindre UAV:er, t.ex. Raven och Switchblade som flyger över ett stridsområde. Om en soldat vill få en toppvy av ett område eller ett fordon så klickar han bara på en karta, och systemet väljer ut en UAV i närheten som flyger dit och sänder en videoström. Om ett mål upptäcks som behöver slås ut så upprepas proceduren och en UAV med verkansdel flyger dit. Är det en större UAV kan den fälla en bomb eller avfira en Hellfire-robot, men

det finns även mindre UAV:er, t.ex. Switchblade, som har en inbyggd stridsdel och dyker mot målet för att nå verkan [141].

**Relevanta system:** [142] och [77].

#### Scenarioklass: MUMT (manned/unmanned teaming)

I HART scenariot som beskrivs ovan kan de obemannade farkosterna tänkas ta flera olika roller, men spaning som är tätt integrerad med ett bemannat system är den vanligast förekommande rollen. Dessa egenskaper kännetecknar flera av dagens MUMT (manned/unmanned teaming) tillämpningar och vi väljer att lista dessa här även om de obemannade farkosterna idag huvudsakligen bidrar med förmågor under I304–I306.

#### Scenario: MUMT med UAV och Helikopter

Många vapensystem kan ge verkan på väldigt långa avstånd, 50 km och mer, om det finns tillräckligt noggranna målkoordinater. Eftersom det kan vara riskfyllt att göra inmätningen i en hotfull miljö så kan UAV:er användas för taktisk spaning tillsammans med bemannade farkoster. Apache-helikoptern, till exempel, har den här förmågan och styr en UAV med brytpunktsbanor. Med datalänkar kan sedan målkoordinaterna även skickas till andra plattformar. Ett operativt exempel är Task Force Odin (TFO) i Iraq, som kombinerar uthålligheten hos UAV:er med eldkraften hos Apache-helikoptrar [143].

**Tidigare projekt på temat MUMT:** Airborne Manned/unmanned System Technology Demonstration, Unmanned Combat Armed Rotorcraft, Hunter Stand-off Killer Team. Ytterligare ett projekt är Manned/Unmanned System Integration Capability (MUSIC) där kombineras Apaches och OH-58 Kiowa helikoptrar med Grey Eagle, Hunter, Shadow, Puma och Raven UAV:er [144].

För MUMT finns generellt 5 olika interaktionsnivåer (Level of Interoperability (LOI)) definierade:

- 1: Ta emot information inhämtad av UAV.
- 2: Ta emot bilder inhämtade av UAV.
- 3: Direkt styra UAV-sensorer.
- 4: Direkt påverka en UAV:s flygbana.
- 5: Full kontroll, inklusive start och landning.

Block III AH-64 Apache kan genomföra nivå 3 och 4 [145]. Nivå 4-kommandon inkluderar "Go to", "Orbit", "Route", "Slave sensor" (där UAV-sensorn tittar mot samma punkt som helikopterns sensor. Detta möjliggör kompletterande video, ovanifrån (UAV) och från sidan på långt håll (Apache). Resultatet blir en god lägesbild för olika typer av bekämpning, t.ex. laserutpekning. De olika interaktionsnivåerna finns även med mindre modifikationer generellt för operatörers styrning av UAV:er.

#### Scenario: MUMT med UAV och stridsfordon

Man kan tänka sig ett Strf 90 i UAV-version. Med katapult för UAV-start, men även ett antal Hellfire-lavetter för bekämpning av mål utom synhåll. Ett sådant lätt och därmed lufttransporterbart förband skulle kunna möta och slå ett stridsvagnsförband under rätt omständigheter.



## 8.6 E204 Förmåga att påverka mål i luften

Förmåga att t.ex. förstöra, neutralisera, nedtrycka eller störa mål i luften.

### Scenarier

Scenario: Alla luftvärnsrobotar och jaktrobotar

Scenario: UAV som samarbetar med Gripen och antingen bär robotar eller bär sensor

Långräckviddig luftstrid genomförs idag med radarjaktrobotar. Striden handlar därför till stor del om att kontrollera hur avståndet till fienden varierar över tiden. I idealfallet tillräckligt nära för att hota, tillräckligt långt bort för att överleva. Samtidigt är det viktigt att någon i gruppen är riktad framåt och därmed med sin radar kan avläsa läget och stötta sina egna robotar på väg mot fienden. Genom att låta en UAV ligga längre fram eller bakom och bära robotar eller radar, kan flera fördelas skapas i denna hot- och risk-hantering. Genom att ligga längre fram och avfyra robotar ökas den praktiska räckvidden med avståndet mellan UAV och eget flygplan. Genom att ligga längre bak kan skjutande flygplan vända bakåt efter avfyrning och därigenom minska egen risk och samtidigt stötta roboten. Dessa fördelar kräver dock att länken till robotar kan lämnas över mellan olika typer av flygplan, något som inte är möjligt idag. Scenariot kan betraktas som ett specialfall av det generella MUMT-scenariot som givits exempel på ovan.

Handlingsregler för instats (rules of engagement, ROE) kräver ibland visuell identifiering, samtidigt som det kan vara farligt att flyga nära ett identifierat flygplan. I sådana fall kan identifieringen genomföras av en UAV, utrustad med god sensor.

**Relevanta system:** X45, X47, Phantom Ray, Neuron, 5.3.

**Relevanta tävlingar:** AUVSI

## 8.7 E207 Förmåga att påverka motståndaren på djupet av operationsområdet

Förmågan att förstöra, neutralisera, nedtrycka eller störa mål, på stora avstånd från egna och samverkande styrkor.

### Scenarier

Scenario: Luftlandsatt UGV

Flera UGV:er med storlekar under 1 m är tillräckligt robusta att fällas med fallskärm. Det har även gjorts experiment med en Packbot fäst vid en motorfallskärm där den startat och flygit själv [146]. Givet en kommunikationslänk av tillräckligt räckvidd, kanske via UAV eller satellit, kan UGV:n sedan utföra operationer på djupet. Möjliga tillämpningar är en UGV-mina som länge ligger i skydd och sedan vid valt tillfälle åker upp på en väg eller motsvarande. UGV:er kan även utrustas med kulspruta eller prickskyttegevär.

**Relevanta system:** SUGV, Packbot, Talon, Gladiator.

**Relevanta system:** Packbot, Talon, SUGV, Gladiator, UGCV

**Scenario: AUV**

Vissa AUV:er kan ha extremt lång räckvidd och uthållighet. De kan ligga oupp-täckta under lång tid på ett ställe och sedan verka, t.ex. som simmande mina. Se avsnitt 8.3 (E201) och 8.4 (E202).

**Scenario: Störare**

T.ex. GPS-störare. (Se avsnitt 8.9 (E210) nedan, Elektronisk attack.)

**Scenario: UCAV**

(Se avsnitt 8.5 (E203) ovan, mål på marken.)

## **8.8 E208 Förmåga att nedhålla eller nedkämpa luftvärn (SEAD/DEAD)**

Förmåga att påverka motståndarens luftförsvårssystem.

**Scenarier****Scenario: UAV**

En UAV kan störa fientligt LV (EW), provocera tändning av LV-radarer, agera falskmål, mäta in LV-förband samt skjuta verkan mot LV-förband, inklusive signalsökande Rb.

**Relevanta system:** X45, X47, Phantom Ray, Neuron, 5.3.

## **8.9 E210 Förmåga att genomföra elektronisk attack (EA)**

Förmåga att utnyttja det elektromagnetiska spektrumet för att bekämpa, förvanska eller exploatera motparters inhämtning, bearbetning eller delgivning av information.

**Scenarier****Scenario: UAV för störning och vilseledning**

Möjligheten till att bedriva signalspaning och elektronisk attack är till stor del begränsad av den energi som kan medföras i en liten – medelstor UAV/UGV. Hur stor verkan av den elektroniska attacken blir avgörs om rätt typ av signal finns på rätt frekvens vid rätt tid. Det enkla men effektkrävande alternativet att bredbandstöra på alla frekvenser, för att därmed vara säkra på att få verkan på alla frekvenser, är inte att föredra med en störare på en UAV/UGV där tillgänglig effekt är begränsad. För obemannade farkoster behövs intelligent hantering av spektrat, dvs digitala mottagare och digital signalgenerering för störning eller vilseledning (t.ex. falska radarekon). Digitala RF Minnen (DRFM) är exempel på digital signalgenerering.

UAV:er är de mest intressanta obemannade farkosterna för TK-tillämpningar p.g.a. att de till del kan kompensera den begränsade effekten med en högre antennhöjd och bättre positionering, och därigenom få ett relativt effektövertag. Det finns också situationer som t ex störning av radiolänk eller snabbhoppande radiosystem där den fysiska placeringen är direkt avgörande för om störning/vilseledning ska hinna göra effekt eller inte. I dessa fall är det inte primärt en fråga om effektövertag utan att skillnaden tidsfördröjning mellan sändare och mottagare för den radio som är mål för störningen och vägen genom störaren (inklusive dess logik för att avgöra om störning ska aktiveras eller ej) ska vara så liten att störningen ska ge effekt på radiokanalen.

En annan intressant användning för UAV:er är för målflyg för att exempelvis träna operatörer av spaningsradar. Användandet av UAV bör, förutom ekonomiska fördelar jämfört med konventionellt flyg, t.ex. ge möjlighet till att träna inflygning av flera plattformar som kan genomföra elektronisk attack mot en radaroperatör.

**Relevanta system:** mini-UAV, nyttolast ca 2 kg.

**Scenario:** AUV

Störa icke-aukustiska sensorer på ubåtar. Störa terrängnavigering hos ubåtar. Bränna sönder målsökare på torped.

**Relevanta system:** I ubåt A26 kommer det finnas dockningsbart utrymme för en AUV [139].

## 8.10 E212 Förmåga att påverka mål i amfibisk miljö

Förmåga att genomföra insatser i grunda vatten, skärgård, större floder och floddeltan och där ingående mediaövergångar mellan vattenområde och land. (Se avsnitt 8.5 (E203), UAV mot markmål, inklusive inmätning och BDA.)

**Scenario:** AUV spanar i vattenbrynet

Det finns mycket små AUV:er med paddelben, som har förmåga att spana i mycket grunda vatten, och kravla tillbaka ned i vattnet om de blir uppspolade av vågorna.

**Relevanta system:** Transphibian [110].

**Relevanta tävlingar:** AUVSI, AUVFEST.

**Scenario:** ASV

Små obemannade båtar kan genomföra bekämpning, bevakning, rekognoscering, minjakt, minröjning, hitta spår av aktivitet. De kan göra detta t.ex. runt hamnar, i viktiga farleder, sund och vid så kallad choke-points, samt längs gasledning.

**Relevanta system:** USV-450, USV-2600, USV-5000 [134], [129].

**Scenario:** UGV

Rör sig i strandmiljö. Letar försätsminering före landstigning. (Se även avsnitt 8.28 (M405) nedan.)

**Relevanta tävlingar:** Elrob, AUVSI.

**Scenario:** UAV

En lågflygande UAV utrustad med grön laser-sensor kan spana ned några meter i vattnet. (I övrigt samma som markmål E203 och mål på havsytan E201.)

**Relevanta tävlingar:** AUVSI, AUVFEST.

### 8.11 E213 Förmåga att påverka mål i urban miljö

Förmåga att genomföra insatser i urban miljö, med små ytor och en blandning av egna, civila och motståndarens enheter samt med stora krav på målidentifiering och graderad verkan. (Se E203, UAV mot markmål, inklusive inmätning och BDA.)

Scenario: UGV

En UGV kan åka in i byggnader och upptäcka både soldater och försätsmineringar. Den kan vidare kartera både inuti byggnader och hela kvarter. Dessutom kan den begämpa mindre mål.

**Relevanta system:** SUGV, Talon.

**Relevanta tävlingar:** DARPA Grand Challenge och Urban Challenge Elrob, RoboCup samt MAGIC.

Scenario: Mikro UAV

Mycket små UAV:er kan flyga inomhus och kartera.

Scenario: UAV

En UAV kan kartera en stad.

### 8.12 E214 Förmåga att genomföra specialoperationer

Förmåga att med särskilt uttagna, organiserade, tränade och utrustade styrkor genomföra operationer med militärstrategisk effekt. (Se även E207, mål på djupet av operationsområdet.)

Scenario: UAV

En UAV kan genomföra rekognoscering. En UAV med laddning (t.ex. TiGER) kan slå prickskytte eller vaktorn, till stöd för specialförband.

**Relevanta system:** TiGER, WASP och Switchblade.

Scenario: UGV

En UGV kan utrustas med kulspruta eller prickskyttegevär, men även rekognoscera inför en specialoperation.

**Relevanta system:** Talon, SUGV, Gladiator.

Scenario: AUV

En AUV kan obemärkt bedriva framskjuten underättelsein hämtning nära fiendlig övning. Den kan spela in signaturer, åka in i marinbas och spana, så kallad Icke-röjande spaning (LPI low probability of intercept). Den kan maskeras av externt buller och genomföra rekognosering av undervattensinstallationer.

**Relevanta tävlingar:** AUVSI, AUVFEST.

### 8.13 I301 Förmåga att skapa och delge geografisk information

Förmåga att skapa och delge geografisk information inklusive sjökort.

## Scenarier

Nästan alla obemannade farkoster kan användas till att kartera sin omgivning.

### 8.14 I302 Förmåga att skapa och delge oceanografisk information

Förmåga att skapa och delge oceanografisk information i form av prognoser eller motsvarande.

## Scenarier

AUV:er och ASV:er kan användas till att mäta salthalt och temperaturvariationer. Sådan information kan sedan användas i Ubåtsjakt för att bättre tolka sonardata.

### 8.15 I303 Förmåga att skapa och delge meteorologisk information

Förmåga att skapa och delge meteorologisk information i form av prognoser eller motsvarande.

## Scenarier

Stora höghöjds-UAV:er kan ge meteorologer tillgång till aktuella flygfoton och meteorologiska mätvärden i ett område.

### 8.16 I304 Förmåga till inmätning och överföring av målinformation

Förmåga till inmätning och överföring av målinformation till annat förband.

Generellt kan sägas att inom förmågeområdena I304–I306 lämnas de viktigaste bidragen idag av obemannade autonoma farkoster (flera exempel på detta har nämnts ovan). Skälet till att obemannade farkoster har stor användning inom området inhämtning och överföring av målinformation är att de erbjuder en flexibel, säker (och ofta ekonomisk fördelaktig) implementation av strategin ”sensor-shooter separation”.

## Scenarier

**Scenario: UAV släpper ut sonarboj precis vid förmodad kontakt**

Detta scenario är principiellt likt scenariot UAV visar in eld från annan plattform nedan.

**Relevanta tävlingar:** AUVSI, AUVFEST

**Scenario: UAV visar in eld från annan plattform**

Med hjälp av laserutpekare ombord kan en obebäpnad UAV visa in eld från annan plattform, på mark eller i luften.

**Relevanta system:** [91]

**Grundläggande (idag) systemförmåga:** Laserutpekare finns redan idag på flera större UAV:er AUV:er som Global Hawk och Predator.

**Utökad (framtida) systemförmåga:** Laserutpekare för mindre AUV:er. AUV:er med lång uthållighet, t.ex. mindre (även i svärm), som ”oppor-

tunistiskt” kontinuerligt spanar efter mål och då sådana identifieras, rapporterar till eldenhet och anvisar målet.

#### Scenario: Rörligt AUV-sensornät

Ett antal AUV:er med flera månaders uthållighet kan sakta röra sig i ett område och lyssna efter andra undervattensfarkoster samt mäta temperaturer och salthalt. Vid kontakt eller annat behov kan AUV:n gå upp till ytan och sända sin information. Mätningarna kan användas för att t.ex. kalibrera sonarmodeller.

#### Scenario: UAV/UGV

Att kombinera UAV och UGV kan ge fördelar jämfört med om bara den ena eller andra plattformen används. Till exempel kan man realisera skyddszoner enligt följande:

”Statisk skyddszon”: En UAV eller UGV patrullerar kring fast eller tillfälligt läger eller kritisk infrastruktur, t.ex. en flygplats eller ett elverk.

”Dynamisk skyddszon”: En UAV flyger framför framryckande trupp och söker automatiskt efter hot, eventuell samverkan med UGV möjlig.

Vidare kan man exempelvis genom bildstöttad navigering kan få en ökad precision i målinmätning, vilket är viktigt för precisionsbekämpning eller då data ska användas av annan fusionsnod.

**Relevanta system:** Falken, Örnen/Shadow, Protector.

**Utökad (framtida) systemförmåga:** Obemannade system kommer i framtiden att kunna få en allt högre grad av autonomitet. Automatiskt inmätning av mål och överföring av relevant målinformation kommer att leda till allt snabbare avspaning och bättre skydd. En viktig uppgift för framtida obemannade system är inmätning och överföring av målinformation rörande fiendliga obemannade system.

#### Scenario: AUV

I ubåt A26 kommer det finnas dockningsbart utrymme för en AUV [139].

**Relevanta tävlingar:** DARPA Grand Challenge och Urban Challenge, Elrob, AUVSI, AUVFEST, RoboCup, UAV Outback Challenge, MAGIC samt NASA Centennial Challenges.

### 8.17 I305 Förmåga att upprätta gemensam lägesbild

Förmåga att upprätta och distribuera operativ lägesbild som underlag för beslut.

Detta är en förmåga där dagens obemannade farkoster ger, eller inom en snar framtid kan komma att ge, mycket viktiga bidrag.

#### Scenarier

##### Scenario: UAV/UGV

Den stora mängden tänkbara UAV och UGV-kombinationer genererar många nya tillämpningar:

UAV-system finns idag i olika storlekar från insekter, småfåglar till stora flygplan. Det finns UGV-plattformar som ålar fram som ormar, går som människor eller hundar. Genom att kombinera olika sensorutrustade obemannade system kommer den operativa lägesbilden förbättras betydligt. Med obemannade system är det möjligt att spana långt in på fiendens område utan att riskera förluster för egen trupp.

UAV-system som är knutna till en grupp eller pluton kommer att bidra till en betydligt bättre lägesbild vilket kommer att göra truppen blir effektivare och minska risken för egen trupp. Med UAV/UGV-system kan man utöka skyddszonen kring fast eller tillfälligt läger eller kritisk infrastruktur (ex. flygplats, elverk, mm.).

Genom automatisk detektering och sensorstyrning kan högupplöst bildmaterial och t.ex. detektioner, målspar eller klassificering överföras till andra enheter för vidare analys ("intelligent sensoranvändning"). Ex: bildmosaik (stichbilder) kan byggas genom kombination av flera sensorer eller data från flera plattformar.

Med sensorsystem som t.ex. Gorgon Stare (se [147]) kan en UAV observera en yta motsvarande en liten stad. Sensordata kan sedan skickas ner till enheter på marken vilket ger en helt ny förmåga att upprätta en gemensam lägesbild inom detta område. Obemannade system ökar möjligheten till uthållig spaningsförmåga och ökar möjligheten att verka mot tidskritiska mål.

**Relevanta system:** Falken, Örnen, Global Hawk, Guardium [73].

**Utökad (framtida) systemförmåga:** Samverkande system.

**Relevanta tävlingar:** RoboCup, MAGIC.

## 8.18 I306 Förmåga att stödja taktisk chef med underättelser

Förmåga till planering, analys, bearbetning och delgivning av underrättelser som beslutsunderlag för beslutsfattare på taktisk nivå.

### Scenarier

Scenario: UAV/UGV

Exempel på användning av kombinationen UAV och UGV för att stödja taktisk chef med underättelse är bl.a. följande:

Ett litet UAV-system används på den lägsta taktiska nivån för att avspana närmaste omgivningen. Ett automatiserat måldetektionssystem kan avlasta operatör.

Dynamisk skyddzon med en liten UAV kring en framryckande trupp, speciellt i urban miljö.

UGV-system erbjuder analoga möjligheter.

**Relevanta system:** Falken, Örnen.

### Scenario: Taktisk spaning med UGV:er och UAV:er

Med bättre information om närliggande hot och mål så kan markförband manövrera på ett bättre sätt. UGV:er och UAV:er är därför ett sätt att förbättra situationsmedvetenheten.

**Utökad (framtida) systemförmåga:** I många fall kan de obemannade farkosterna ge bättre information om förbanden som behöver informationen styr dem själva. Genom att styrningen av en eller flera obemannade farkoster delvis automatiseras så påverkas inte primäruppgiften. Det här är särskilt viktigt för styrning av farkosterna från stridsfordon, eftersom operatörerna där kontinuerligt har andra uppgifter.

## 8.19 I307 Förmåga att stödja operativ chef med underrättelser

Förmåga till planering, analys, bearbetning och delgivning av underrättelser som beslutsunderlag för beslutsfattare på operativ nivå.

### Scenarier

#### Scenario: UAV

Ett taktiskt UAV-system används på taktisk nivå för spaning och verkan. Ett automatiserat måldetektionssystem kan avlasta operatör, detektera och följa multipla mål, samt eventuellt klassificera dessa. Genom sensorstöttad navigering kan hög precision uppnås vid målinmätning. Sensoråterkopplad styrning används för att optimera datainsamlingen och avlasta operatör.

**Relevanta system:** Shadow, Predator, MQ-9 Reaper.

#### Scenario: UGV

Samverkande UGV-system som fungerar som ett "virtuellt staket" genom att automatiskt placera ut sig för att täcka in ett sökområde.

## 8.20 I308 Förmåga att stödja ÖB-stab med underrättelser

Förmåga till planering, analys, bearbetning och delgivning av underrättelser som beslutsunderlag för beslutsfattare på militärstrategisk nivå.

### Scenarier

#### Scenario: UAV

UAV-spaning med stor yttäckande förmåga t.ex. SAR/GMTI-sensorer kombinerat med högupplösta EO/IR-sensorer. Automatisk detektering, följning och klassificering reducerar datamängden till sensoroperatör. Högnivåfusion kan användas för att ge en god lägesbild vilken kan användas för att automatiskt omplanera flygrutten och uppdatera spaningsområdet. Samverkande UAV-system kan krävas.

**Relevanta system:** Global Hawk, Predator.

## 8.21 I310 Förmåga till bildalstrande inhämtning (IMINT)

Underrättelser från bearbetning av information inhämtad genom bildalstrande sensorer.

Ett stort antal exempel på användande av obemannade farkoster för informationsinhämtning med bildalstrande sensorer finns i avsnitten ovan.



## Scenarier

### Scenario: UAV/UGV

Några ytterligare exempel på uppgifter för obemannade farkoster utrustade med bildalstrande sensorer är följande:

- Följa ett utpekad rörligt mål.
- Dynamisk skyddszon kring framryckande trupp.
- Statisk skyddszon kring viktig infrastruktur, eller kring fast eller tillfällig förläggning.
- Yttäckande spaning.

I dessa situationer kan den obemannade plattformen utföra automatisk målföljning och styrning av sensor och plattform för optimalt bildinhämtning.

**Relevanta tävlingar:** AUVSI, AUVFEST.

## 8.22 I311 Förmåga till signalspaning (SIGINT)

Underrättelser från bearbetning av information från spaning i det elektromagnetiska spektrumet.

## Scenarier

### Scenario: UAV

Precis som för förmåga till att genomföra elektronisk attack, är UAV:er de mest intressanta obemannade farkosterna för signalspaning. Både på grund av den bättre antennhöjden och att farkosten rör på sig. Det senare kan användas för att tillsammans med riktnings och tidsinformation med hög precision lokalisera sändare både på marken och i luften. Viktiga funktioner som begränsar prestanda på dessa funktioner är hur bra tids- och rums-information som kan åstadkommas på plattformen med dess begränsade effekt och vikt. Även här är det små och effektsnåla digitalmottagare med eller utan lagring av inhämtat data som är aktuella. För att få realtidsinformation från UAV:n krävs en länk till basen. I annat fall kan data behandlas vid hemkomst till basen. Därmed skulle UAV:erna kunna uppträda helt radiotyst.

**Relevanta system:** mini-UAV, payload ca 1-2 kg täckande intressant delband, t.ex. S-, C- eller X-band) och UAV 5-10 kg för multispektral signalspaning.

### Scenario: AUV

Framskjuten underättelseinhämtning nära fientlig övning.

## 8.23 I312 Förmåga till inhämtning för att erhålla identitet och signaturer (MASINT)

Underrättelser från bearbetning av information rörande främmande objekts karaktäristiska främst utgående från utsända eller reflekterade energi, signaler eller ämnen.

## Scenarier

### AUV

En AUV kan t.ex. användas till framskjuten underättelseinhämtning och till att spela in signaturer.

**Relevanta system:** Ubåt A26 som moderfarkost. [139]

**Relevanta tävlingar:** AUVSI, AUVFEST.

## 8.24 I318 Förmåga till inhämtning av CBRN-relaterad information

Förmåga att inhämta CBRN-relaterad information från olika källor för vidare bearbetning och delgivning. Omfattar att kunna indikera, analysera och rapportera inträffade och potentiella CBRN-händelser.

## Scenarier

Scenario: UAV/UGV med sensorer rör sig över ett område och läser av kontamination

**Relevanta tävlingar:** Elrob

## 8.25 M401 Förmåga till landminröjning

Förmåga att lokalisera, markera, identifiera och röja landminor.

## Scenarier

Scenario: EOD-UGV

EOD är en primär uppgift för många UGV-modeller (se avsnitt 8.27 (M403)).

Scenario: Minröjnings UGV

En dedikerad minröjnings-UGV som mekaniskt kan utlösa minor.

Scenario: MUMT

Task Force Odin (se avsnitt 8.5 (E203) ovan) hade som fokus att bekämpa IED:er genom en kombination av UAV:er och attackhelikoptrar.

## 8.26 M402 Förmåga till sjöminröjning

Förmåga att lokalisera, markera, identifiera och röja sjöminor.

## Scenarier

Scenario: AUV röjer minor autonomt

**Relevanta system:** ASV för Littoral Combat Ship, i ubåt A26 kommer det finnas dockningsbart utrymme för en AUV [139].

**Grundläggande (idag) systemförmåga:** USV:er kan med sonar lokalisera minor. Kabelanslutna AUV:er med bildsensorer kan användas för att röja minor. Exempel på system för detta är Sea Fox C [113], som även autonomt, med hjälp av sonar, kan hitta fram till en tidigare lokaliserad mina och placera en rsv-laddning på minan för röjning.

**Utökad (framtida) systemförmåga:** Trådlös höghastighetskommunikation i vatten gör att UUV:er kan ge realtidsinformation om minor på längre avstånd. Säker navigering av ASV:er i kustnära vatten på långa avstånd.

**Relevanta tävlingar:** AUVSI, AUVFEST.

Kommentar: I rapporten [45, sid xvi] ges slutsatsen att den bästa matchingen mellan AUV:ers förmågor och efterfrågade förmågor i militära undervattenssammanshang finns inom minröjningsområdet. Mot bakgrund av detta är det inte förvånande att flera tillverkare (t.ex. ATLAS) har fokuserat på just denna tillämpning.

## 8.27 M403 Förmåga att desarmera bomber och röja ammunition

Förmåga att lokalisera, identifiera och oskadliggöra oexploderad ammunition samt IED (Improvised Explosive Devices).

### Scenarier

Scenario: EOD-UGV

EOD är en primär uppgift för många UGV-modeller.

Scenario: UAV

Lokalisera platser där man grävt. Upptäcka avståndslagda minor.

Scenario: MUMT

Task Force Odin (se E203 ovan) hade som fokus att bekämpa IED:er genom en kombination av UAV:er och attackhelikoptrar.

**Relevanta system:** Thalon, Packbot, SUGV.

**Utökad (framtida) systemförmåga:** Tippstyrning för länkade armar där operatören anger positionen för kameran och armarna styrs automatiskt till den positionen. "Floating Eye" där operatören anger positionen för kameran framåt, bakåt och sidledes. UGV:n svänger och roterar kameran automatiskt till den positionen. Gripdon med taktila sensorer som förmedlas till operatören. Automatiskt system som skapar en överblicksbild från UGV:ns kamera.

## 8.28 M405 Förmåga till landstigning

Förmåga att etablera enheter från sjön på en fientlig eller potentiellt fientlig strand.

### Scenarier

Scenario: UGV och AUV rekognoscerar och letar försätsminering

**Relevanta system:** Transphibian, SUGV.

## 8.29 M407 Förmåga att genomföra transporter till och från ett operationsområde

Förmåga att transportera personal, materiel eller förnödenheter från eget och samarbetspartners område till ett operationsområde eller mellan operationsområden.

## Scenarier

Stora UGV:er, ASV:er och AUV:er kan användas till transport. UGV:erna i form av lastbilskonvojer, se S707 Förnödenhetsförsörjning i operationsområdet. ASV:er i skärgården och AUV:er kan transportera attackdykare längre sträckor, och sedan hämta upp dem igen, vid behov på alternativ plats.

### 8.30 M408 Förmåga att genomföra transporter inom ett operationsområde

Förmåga att transportera personal, materiel eller förnödenheter inom ett operationsområde.

## Scenarier

Se M407 ovan och S707 nedan.

### 8.31 P512 Förmåga till sanering efter CBRN-händelser

Förmåga att reducera kontaminering av personal, materiel och i förekommande fall omgivande miljö.

## Scenarier

Scenario: UAV eller UGV karterar kontaminerat område

Utrustade med sensorer kan obemannade farkoster utan risk för människor mäta in och kartera det kontaminerade området.

**Relevanta tävlingar:** AUVSI, Elrob.

### 8.32 S707 Förmåga till förnödenhetsförsörjning i operationsområdet

Förmåga att i insatsområdet eller från ett basområde försörja förband med förnödenheter.

Obemannade farkoster kan generellt sägas vara speciellt lämpade för uppgifter inom förnödenhetsförsörjning eftersom det ofta inte behöver innefatta beslutsfattande på någon högre nivå.

## Scenarier

Scenario: UAV

En UAV kan transportera förnödenheter antingen genom att landa på en angiven plats eller genom att släppa ner last från luften.

**Relevanta system:** För lättare transporter kan alla UAVsystem användas som kan landa/lyfta/hovra vid mottagningspunkt (alternativt offras) eller passera, för fallet med last som släpps.

Scenario: UGV

En UGV kan agera lastbärare att lägga ryggsäckar och understödsvapen på för infanterigrupp och även utföra sjuktransportuppgifter [148].

**Relevanta system:** BigDog från Boston Dynamics (se [149]) är en prototyp för en autonom packåsa som går på fyra ben i all möjlig svår terräng

och kan bära 150 kg. Squad Mission Support System (SMSS, se [150, 62]) för mindre soldatgrupper är en UGV för transportuppgifter. Ett annat sådant exempel är Alion Science and Technology Autonomous Expeditionary Support Platform (AESP). Det är en UGV som är en diesel/elektrisk hybrid för tyst drift och kan bära 450 kg. AESP är speciellt framtagen för att kunna användas till sjuktransporter [148].

**Grundläggande (idag) systemförmåga:** Generera elektricitet och bära laster på 100–500 kg. Fordonen är terränggående och kan ha tyst drift med autonom följning av soldat eller navigerings längs brytpunkter.

**Utökad (framtida) systemförmåga:** Mer självständig förflyttning beroende på soldaternas behov.

Ett annat användningsområde för UGV:er är som del i helt eller delvis obemannade och autonoma lastbilskonvojer.

Convoy Active Safety Technology (CAST) är ett system för automatisk förarlös följning av fordon i en konvoj. I CAST ingår även funktionalitet för att undvika hinder och att samtidigt spåra vägbanans avgränsning och att bibehålla säkerhetsavstånd till framförvarande fordon. CAST är ett utvecklingsprogram hos US ARmy Tank Automotive Research Development Engineering Center (TARDEC). Tekniken har nyligen vidareutvecklats till att även klara fallet då första fordonet i konvojen är förarlöst. Den nya funktionaliteten, "push-vehicle capability", har utvecklats av Lockheed Martin och baseras på den s.k. AutoMate sensor/actuator/processing kit [18]. Med AutoMate kan vilket taktiskt fordon som helst konverteras till "push-vehicle" rollen. Nyttan är att eliminera risken med att ha en förare i det första fordonet, som ofta utsätts för störst risk.

**Relevanta system:** CAST [18], Oshkosh, [151]

**Relevanta tävlingar:** DARPA Grand Challenge och Urban Challenge.

**Scenario:** AUV

Arbets-AUV som kan transportera materiel och utföra undervattensarbeten.

**Relevanta system:** Proteus (se [109]) är speciellt framtagen för att kunna användas till transport av personal och materiel, t.ex. vid specialoperationer.

**Grundläggande (idag) systemförmåga:** Förmåga till att utföra vissa specialuppgifter finns redan idag, såsom utläggning av kabel (se avsnitt 6.3), men inte till att utföra mera generella arbetsuppgifter under vatten.

**Utökad (framtida) systemförmåga:** Idag finns mogen teknologi för att utföra en stor mängd obemannade arbeten med undervattensfarkoster på i stort sett alla djup, t.ex. med Remotely Operated Vehicles (ROV:er), men förmågan till autonomt beteende saknas. Det kan dock förväntas att sådan förmåga inom en nära framtid kommer att tillföras även AUV:er (i civila tillämpningar) eftersom dessa kan förflytta sig både snabbare och över längre avstånd än ROV:er, som oftast kommunicerar via kabel.

**Relevanta tävlingar:** AUVSI, AUVFEST.

### 8.33 S715 Förmåga till att genomföra räddningsoperationer (SAR)

Förmåga att vid låg hotnivå hitta och rädda personal till sjöss eller på land.

#### Scenario: Räddningsoperation efter IED-attack

Skadade från IED-attacker. Räddningsoperation inbegriper både lokalisering av en eller flera personer där positionsinformationen är osäker, undsätta med vatten och mediciner fram till evakueringen, lyfta och flytta skadade till evakueringsplatsen, stabilisera skadade och genomföra evakueringen.

**Grundläggande (idag) systemförmåga:** Många spaningssystem används för att lokalisera personer och med t.ex. hoverande farkoster så kan personerna snabbt försörjas med mindre mängder förnödenheter och medicin. Några exempel på system är:

DELCON NASA-Ames Delegation control for multiple unmanned systems vid NASA-Ames där en R-MAX helikopter [152] används för försörja nödställda med medicinförnödenheter. Helikopter ingår i ett paket av obemannade flygande och markgående farkoster som ger stöd till marktrupper. Alla farkosterna samverkar och är delvis autonoma. Systemet kan därför tolka och utföra övergripande mål beroende på situationen.

CRASAR Center for Robot-Assisted Search and Rescue vid Texas A&M University bedriver forskning om hur obemannade farkoster kan användas för räddningsoperationer.<sup>2</sup> Centret kan även bidra med personal och farkoster för räddningsoperationer. Bland annat har man varit med efter attentatet mot World Trade Center, orkanen Katarina och tsunamin i Japan.

**Utökad (framtida) systemförmåga:** Att kunna lyfta skadade, flytta skadade till evakueringsplatsen, stabilisera skadade och genomföra evakueringen. US Army Medical Research and Materiel Command Telemedicine and Advanced Technology Research Center (TATRC) arbetar med att utveckla UGV:er som lyfter och flyttar skadade och andra UGV:er och UAV:er som genomför evakueringen. Ett exempel är Battlefield Extraction-Assist Robot [154] som utvecklats av Vecna Robotics på uppdrag av TATRC. För att stabilisera skadade så används en särskild bår med integrerad medicinsk utrustning. Man arbetar även med integrerade UAV:er och UGV:er som kan ta sig till insatsområde och både ta hand om skadade och genomföra evakueringen. Integrerade system är även användbara för att evakuera skadade från kontaminerade områden.

**Relevanta tävlingar:** RoboCup, UAV Outback Challenge.

### 8.34 Förmåga på informationsarenan

#### Scenario: UAV skapar kommunikationskanaler

En UAV kan sända radio, släppa flygblad, eller tillhandahålla en internet-nod över ett område.

<sup>2</sup>För en översikt över människa-maskininteraktionsfrågor, ur ett militärt perspektiv, relaterade till dessa och liknande operationer se [153].

### 8.35 Förmågornas tillgänglighet: Kommunikation

Gemensamt för alla obemannade farkoster är att det krävs en kommunikationslänk för Command and Control (C2) för att kunna operera dem. Även om graden av autonomitet hos framtida obemannade farkoster kan förväntas öka så kommer det alltid att kvarstå ett behov av att kunna få farkostens status (t.ex. position, bränslemängd etc.) och kunna ge nya instruktioner (t.ex. nya mål, nya sökområden etc.). Ofta är obemannade farkoster bärare av någon form av sensor som man vill analysera data ifrån så snabbt som möjligt, helst i realtid. I takt med att upplösningen i sensorerna ökar så ökar kravet på överföringskapacitet i datalänken för sensordata.

Ett av de mest intressanta områdena inom forskningen på området mini- och mikrofarkoster är vilka vinster som kan fås genom s.k. svärmande beteende [155], t.ex. med små farkoster som var och en endast bär på en relativt liten och enkel sensor. Tanken är då att fusionera sensordata från flera sensorer över en volym och på så sätt få en bättre ”bild”. För att ett sådant system ska bli effektivt krävs ett kommunikationsnätverk som är integrerat med svärmen. Det är en mycket utmanande uppgift att realisera ett trådlöst sensorfusionsnätverk ”on-the-move”.

#### Flygande Obemannade Farkoster

Syftet med att sända upp en UAV är att utnyttja en eller flera av följande förmågor som en UAV kan ha.

- Upphöjd och/eller framskjuten sensor (typiskt är sensorn bildalstrande).
- Relästation för framskjuten UAV.
- Vapenbärare för bekämpning av markmål (i framtiden även luftmål).
- Upphöjd kommunikationsnod (t.ex. en relästation) i ett radionät.

Den absolut vanligaste orsaken till att skicka upp en UAV (idag och troligen även i framtiden) är att den ska bära en upphöjd och/eller framskjuten bildalstrande sensor (t.ex. IR, Radar eller TV) och i nära realtid kunna analysera sensordata på marken. Dessa uppdrag brukar klassas som ISR (Intelligence, Surveillance, Reconnaissance). För sensorbärande UAVer krävs en enkelriktad kommunikationslänk för sensordata från UAVn till en station på marken samt en dubbelriktad kommunikationslänk för kontroll av själva sensorn.

För större UAV:er finns idag etablerade datalänkar för C2 och ISR data/kontroll, t.ex. är [156] och den amerikanska sviten av länkar Common Data Link, CDL, state-of-the-art idag. För större avstånd används satelliter som relästation. STANAG 7085 och CDL kräver Line-of-Sight (LOS) mellan alla relästationer eftersom bärfrekvensen ligger på X-band och Ku-band (8–18 GHz). Stora operationsområden medför att kommunikationsavstånden blir stora och därför är det i allmänhet nödvändigt med ett riktantennsystem, som kan följa platformens/satelliternas rörelser. STANAG 7085 är asymmetrisk och erbjuder krypterad och störskyddad kommunikation med dataakter på upp till 10.7 Mb/s i upplänk och upp till 274 Mb/s i nedlänk.

För små och medelstora UAV:er har den dominerande kommunikationsmetoden för C2ISR en bandbredd runt 25 MHz i L-, C- eller S-band (1–8 GHz). De kortare kommunikationsavstånden medger att enklare antennsystem kan användas, den lägre frekvensen medger även viss täckning utanför LOS. Svårigheten är att få tillgång till frekvensspektrum i tillräcklig omfattning. Amerikanska erfarenheter visar att det är svårt att operera mer än 2–3 UAV:er i ett område på grund av att L-, C- och S-banderna är väldigt hårt utnyttjade [157].

För UAV:er med enkla sensorer kan även lägre frekvenser, under 1 GHz, utnyttjas. Nackdelen är att tillgänglig bandbredd ofta är starkt begränsad på UHF-bandet.

### **Mark- och sjöfarkoster**

Trådlös kommunikation till och från en farkost på marken eller sjön får ganska korta förbindelseavstånd p.g.a. de lågt placerade antennerna på farkosterna. För att överbrygga större avstånd kan en upphöjd mellanstation användas, t.ex. i en UAV eller hög mast, men det hjälper föga om en markfarkost går in i en byggnad. Att välja lägre bärfrekvens ökar genomträngningsförmågan i byggnader och andra hinder, men minskar också tillgänglig bandbredd.

Ett alternativ till trådlös kommunikation är trådbunden, om avstånden inte är för stora. Det medför å andra sidan ett antal praktiska problem med att rulla ut en kabel efter farkosten. Med trådbunden kommunikation finns i princip inga begränsningar på tillgänglig bandbredd.

Radiovågor har mycket begränsad genomträngning i vatten, därför är radiokommunikation i princip omöjlig till obemannad undervattensfarkost. Ljudvågor, å andra sidan, färdas ganska obehindrat i vatten och akustisk kommunikation är ett alternativ. Det finns dock en del problem med skiktbildning i vattnet som gör att ljudvågorna böjer av åt ena eller andra hållet, eller stängs in mellan två skikt, vilket medför att kommunikation ändå kan vara svår att upprätthålla. Ett alternativ är trådbunden (t.ex. fiberoptisk) kommunikation även för undervattentillämpningar.





## 9 Möjliga nya förbandstyper och konsekvenser för Försvarmakten

Detta ämne är tillräckligt viktigt och komplext för att i sig motivera en mycket omfattande genomgång. I denna rapport gör vi dock bara en översiktlig analys, inklusive förslag på system och beskrivning av konsekvenser.

### 9.1 Om införandet av obemannade farkostsystem i Försvarmakten

Införandet av obemannade farkostsystem innebär inte bara en materielkostnad utan kan även medföra förändringar i förbandsstrukturen, både i utformningen av förband och i krav på utbildning och övningsbehov.

För att kunna bedöma kostnader, och omfattning av möjliga förändringsbehov, måste specifika tillämpningar och tilltänkta system studeras. En generell bedömning går inte att göra då storleken på system kan variera, från små och enkla flygfarkoster som kan handhas av en person till fullstora flygplan, och tillämpningarna omfattar alla arenor inom en mängd olika förmågor.

Obemannade farkoster är avancerade system med en hög tekniknivå. Införandet av komplexa obemannade system medför sannolikt en logistikkostnad motsvarande andra tekniska system med samma komplexitet. Små obemannade farkoster är relativt billiga, medan stora flygande obemannade system är dyra i inköp och ofta kräver personal och underhållsorganisation motsvarande ett bemannat system.

Obemannade farkostsystem kräver precis som andra system operatörer, vilket måste beaktas vid införandet. Hur användningen utformas kommer att styra kraven på operatörerna och utformningen av förbanden. Idag saknas särskilda certifieringsregler för UAV-piloter och Försvarmakten använder därför operatörer med pilotutbildning, vilket begränsar rekryteringsunderlaget och ger en hög total kostnad. Med särskilda certifieringskrav på UAV-piloter som breddar rekryteringsbasen och minskar behovet av egen flygträning kan kostnaderna för operatörsfunktionen minska.

En konsekvens av införande av obemannade spaningsfarkoster är det stora inflödet av information som genereras, i form av t.ex. videoströmar. Detta informationsflöde måste bearbetas och förädlas för att vara till nytta i den operativa verksamheten, ett behov som tillkommer vid införandet av sådana system. Det informationsöverläge som skapas genom spaning och övervakning över stora områden kräver en bearbetningsfunktion för att kunna omsättas i operativ förmåga. Farkost- och sensorstyrning för en effektiv informationsinhämtning är funktioner som tillkommer, och som också kan komma att kräva en utökad personalstyrka.

Felfunktioner i obemannade farkostsystem kan resultera i fara för personal och tredje part. Lagtolkningarna för att fastställa ansvarsförhållanden för möjliga negativa konsekvenser vid olyckor är inte komplett avseende obemannade flygande farkoster idag. Liksom det saknas certifieringskrav på UAV-piloter finns det inte fastställda certifieringsregler för obemannade farkostsystem för alla tillämpningar. Utveckling av reglementen och säkerhetsföreskrifter kan därför vara arbetskrävande och dyrbart vid införandet av sådana system, särskilt när Försvarmakten är ansvariga för bedömning av säkerhet och risk.

Vi avslutar detta avsnitt med ett antal observationer som kan göras utifrån tabell 8.1.

- Små UAV (< 15kg) samt små UGV (< 20kg) kan införas på många olika ställen i organisationen. Detta kräver dock inget extra eller nytt förband, annat än i form av t.ex. en UGV-grupp.
- Nästan alla obemannade farkoster kan bidra till förmågorna I304 (målinformation) och I305 (gemensam lägesbild) (vilket är bra, men inte begränsande för urval av vilka som kan komma först och i form av vilka förbandstyper detta skulle kunna ske).
- Vissa specialiserade funktioner (som också representerar viktiga förmågor) är minröjning/desarmering som i praktiken "bara" kan utföras (och utförs idag) av specialiserade UGV:er och AUV:er. Speciella förband för dessa krävs. För ASV:er gäller att uppdragen kan vara specialiserade, t.ex. piratjakt eller hamnpatrullering, men inga speciella förband krävs.
- Problemet med UCAV är förutom att de förväntas vara stora just beväpningen; beväpning på UXVer kommer troligtvis att dröja tills dess att verkansvärdering och ansvarsförhållanden är tydligt utredda.
- Mini-aerostatens användningsområde är relativt snävt (den skulle rendera få rader i tabell 8.1), men kan ändå fylla en viktig funktion i ett visst scenario, t.ex. övervakning och skydd av camp. Liknande kommentarer gäller även en stor fordons-UGV.
- AUV:ernas tillämpningsområden i närtid är i huvudsak minröjning.
- Eftersom mindre UXVer troligtvis kommer först, och dessa troligtvis har lägre prestanda i form av sensorer och uthållighet, kommer dessa bäst att passa uppdrag längre ner i organisationen.
- De största förändringarna avseende förbandsstruktur är förmodligen kopplade till de mellanstora UAV:erna (<150kg), (< 600kg). En viktig faktor i utformningen av dessa förband är att väga nyttan av att samlokalisera underhåll och handhavande mot nyttan att sprida tillgången till funktionen på olika enheter, så som artilleri och staber.

## 9.2 Nya eller förändrade förbandstyper

Nedan följer korta beskrivningar av ett antal möjliga "förbandstyper", inklusive system, uppgift och relevanta insatsförmågor.

### 9.2.1 Telekrigs-UAV

System: UAV (<15kg), vertikal start och landning (VTOL) är bra, men inte nödvändigt. Nyttolast 1–2kg. Kan signalspana radiotyst, eller använda en kommunikationslänk för att överföra information, eller låta operatören styra genomförandet av störning i realtid.

Uppgift: Signalspaning (t.ex. runt camp). Störare som kommer nära målet och därför inte behöver sända på så stor effekt.

Förmågor: E210 (elektronisk attack), I311 (SIGINT)

### 9.2.2 Liten modulär multi-funktions-UAV

System: UAV (<15kg)

Uppgift: Spaning /Telekrig/Verkan/målinvisning-laser alt. koordinater / Transport (MedKit, Proviant), kartering (t.ex. laser eller foto)/

Förmågor: E203 (markmål), E210 (elektronisk attack), I304 (målinformation), I305 (gemensam lägesbild), I306 (und. stöd taktisk chef), I311 (SIGINT)

### 9.2.3 Mellanstor modulär multi-funktions-UAV

System: UAV (<600kg)

Uppgift: Spaning (långräckviddig)/Telekrig/Verkan/målinvisning-laser alt. koordinater/ Transport (MedKit, Proviant, Ammunition), kartering (t.ex. laser eller foto)

Förmågor: E203 (markmål), E210 (elektronisk attack), I304 (målinformation), I305 (gemensam lägesbild), I306 (und. stöd taktisk chef), I311 (SIGINT), S707 (förnödenhetsförsörjning)

### 9.2.4 MUMT-1: (Manned UnManned Team) Gripen och UAV

System: Gripen och mellanstor UAV (<600kg).

Uppgift: Slå hårda precisionsmål. Interaktionsnivå 3, Pilot kan påverka brytpunktsbanor och se videoström samt skjuta på målinformation. Strävan är att kombinera UAV:n som framskjuten spaningsplattform med högre risktagande med Gripens slagkraft.

Förmåga: E203 (markmål), I304 (målinformation),

### 9.2.5 MUMT-2: (Manned UnManned Team) Stridsfordon med Rb och UAV

System: Stridsfordon med styrd robot (t.ex. Hellfire) och/eller styrd granatkastarammunition och plats för UAV (inklusive katapult) som kan målinvisa Rb/Granat med laser.

Uppgift: Slå hårda precisionsmål, t.ex. stridsfordon eller stridsvagnar innan de kommer inom synhåll.

Förmåga: E203 (markmål), I304 (målinformation),

### 9.2.6 Liten UGV

System: Bärbar UGV (<20kg)

Uppgift: EOD, spaning, CBRN-sensor

Förmåga: E203 (markmål), E213 (urban miljö), I304 (målinformation), I305 (gemensam lägesbild), I318 (CBRN-info), M401 (landminröjning), M403 (desarmera)

### 9.2.7 Obemannat konvojfordon

System: Valfritt fordon kan göras förarlöst mha t.ex. CAST (Convoy Active Safety Technology) [18]

Uppgift: Antingen logistik, eller som IED-skydd genom att köra främst i konvojen. Fordonet kan vara utrustat med någon form av IED-detektor eller Change Detection funktion som varnar för hot.

Förmåga: S707 (förnödenhetsförsörjning), M401 (landminröjning),

### 9.2.8 USV

System: Större fartyg har en mindre obemannad ribbåt

Uppgift: Logistik i skärgård, sonarbärare vid ubåtsjakt, förflyttning av specialförband, spaning.

Förmåga: E202, (mål under ytan), E214 (specialoperationer), M405 (landstigning), S707 (förnödenhetsförsörjning).

### 9.2.9 Mini-aerostatförband för spaning och hotinmätning

System: Mindre aerostat med artillerilokaliseringsradar (ARTHUR)-antenn, Nyttolast 100kg

Uppgift: Spaning (övervaka camp)/Telekrig/målinvisning-laser alt. koordinater  
Förmågor: I304 (målinformation), I305 (lägesbild), I306 (und. stöd till taktisk chef), I311 (SIGINT)

## 9.3 Förändringar hos idag aktuella förband

Detta avsnitt är framförallt fokuserat på dagens flygande system, och effekten på dagens förband.

### 9.3.1 Allmänt

Nya system, bemannade som obemannade, är alltid förenade med kostnader. Det krävs ny materiel, förbandsträning, personal och infrastruktur. Det är då viktigt att betrakta helheten och inte bara se till enskilda kostnader. Om obemannade system genom sitt förmågetillskott kan ersätta tillräckligt stora delar av förbandet eller dess verksamhet blir slutresultatet ändå lönsamt. Gemensamt för alla system som levererar rörliga bilder är bandbreddsproblematiken. En intensiv datatrafik i luften kan snabbt fylla upp det idag allokerade gemensamma sambandstrafikutrymmet.

### 9.3.2 Marinförband

#### Ytstridsförband

Som ett komplement till luftburen förmåga hos ytstridsförbanden är en helikopterliknande UAV ett starkt alternativ. Medeltung helikopter innehar de förmågor som ytstridsförbanden har behov av, men driftskostnader kommer att bli begränsande för användning. För långvariga perioder där behov finns av kontinuerlig radarspaning i närheten av egen plattform kan helikopter-UAV mycket billigare uppfylla behovet. Vidare är obemannade farkoster ett attraktivt alternativ vid höga hotnivåer. UAV kan inte helt ersätta helikopter eftersom man då förlorar t.ex. transport-, ubåtsjakt- och verkansförmåga [158].

Positiva effekter: Billig, uthållig, kontinuerlig, riskfri spaning från upplyft snabbörlig plattform. Informationsinhämtning i rum och tid ökar.

Konsekvenser: Behöver troligen vara knutet till fartygsgrupp, varför hangar- och start-/landningsinfrastruktur måste inrymmas i minst ett av fartygen. Dessa faciliteter får dock ett betydligt mindre fotavtryck än motsvarande för helikopter, varför de kan inrymmas i mindre fartyg. Extra personal krävs för hantering av systemet, men ytterst begränsad i jämförelse med den som krävs för att hantera bemannade helikoptersystem.

#### Amfibieförband

För manövrerande i markarenan är ett taktiskt/stridstekniskt system i stil med Örn/Falken förmodligen det mest kostnadseffektiva. Enheter som rör sig i terrängen behöver snabbt få relevant information då behov uppstår. Snabbheten uppnås genom att enheten själv har ett litet system (på bataljons/kompaninivå). För låga förbandsnivåer (pluton/grupp) är ett ultralätt/snabbanvänt system med verkansförmåga, som TiGer (avsnitt 5.3.7), tänkbart. Personalen för sådana små system kan ha UAV som tillikauppgift [159].

Positiva effekter: Informationen som UAV ger medför en styrkeökning för förbandet. Istället för att använda krävande spanings- och bevakningsresurser kan förbandet verka precis där det ger effekt.

Konsekvenser: För UAV som organiseras på lägre nivåer (bataljon och lägre) ökar anskaffnings- och utbildningskostnader exponentiellt ju lägre förbandsnivå den organiseras på. Dock motverkas denna ökning av att systemen på lägre nivå naturligt kan bli små, enklare och billigare.

### 9.3.3 Arméförband

Samma resonemang som för amfibieförband gäller för markförbanden [159]. Då våra mekaniserade förband har bättre transportmöjligheter än amfibiebataljonen (egna tunga fordon) ökas möjligheten att medföra obemannade markgående farkoster UGV.

Idag organiseras marktaktisk UAV inom underrättelsebataljon. För större system är detta en naturlig hemvist även för den framtida Försvarmakten. För enheter manövrerande i markarenan finns ofta behov av snabbare tillgänglig information (än vad en gemensam resurs kan leverera) på lägre förbandsnivåer. Därför kan mindre obemannade system med fördel tillföras även på de lägre nivåerna.

### 9.3.4 Flygförband

Lojal rotetvåa: UAV kontrolleras av t.ex. JAS-pilot (eller annan flygande bemannad plattform) för att utöka sensorförmåga i ett område, påverka luftvärn och dylikt [160].

Positiva effekter: liksom amfibiebataljonsfallet medför informationstillskottet en styrkeökning för flygplanet/divisionen. Flygstyrkan kan bättre agera där det behövs, utgående från info som UAV levererar. Ett tillräckligt stort system kan medföra radar.

Konsekvenser: Luftrummet blir befolkat med obemannade farkoster, vilket ställer nya krav på regelverket. För att ge den uthållighet som gör konceptet meningsfullt krävs ganska stora farkoster i stor mängd, vilket i sin tur kräver ganska stort personaltillskott.

### 9.3.5 DOTMLPF-analys

Nedan ges exempel på konsekvenser för idag befintliga förband.

	MicroUAV med verkansdel	MiniUAV	LitenUAV	TaktiskUAV	Helikopter-UAV	TaktiskUAV+
Exempel	TiGer	Falken	Örnen	Ugglan	FireScout	GNAT 750
Doktrin	Bred användning av sådan resurs torde kräva omfattande regelverköversyner. Sparsam flygning med verkansdel i fredstid.	Anpassning av bataljonernas målsättning map nytt infoinflöde från botten	Anpassning av bataljonernas målsättning map nytt infoinflöde		Anpassning av sjöstridsflottiljs målsättning map nytt infoinflöde	Anpassning av regelverket då obemannade farkoster delar lufrummet
Organisation	I spaningsdel skytte/amfibie grupp/pluton	I spaningsdel skytte/amfibie pluton/kompani	Undbat all spaningskomp inom skytte/amfibie pluton	Undbat	I korvettdivision / stödfartyg	Flygdivision
Träning	Träning för förbandsenheter på låg nivå att anpassa sig till snabbare info +verkansmöjlighet.	Motsvarande MicroUAV.	Träning för ny verkanstaktik för bataljon: målspaning för artilleri/grk med slutfasstyrd hårdmålsammunion.	Motsv Liten UAV + träning för stridsgrupps/brigads anpassning av taktik vid högre und/infoinflöde	Träning för taktikanpassning pga utökad radarspaning i rum och tid	Träning för taktikanpassning pga utökad spaning i rum och tid
Materiel (avser endast ett system per användare, extrasystem krävs för redundans)	9 bataljoner * 4 kompanier * 4 plutoner = 144 system	9 bataljoner * 4 kompanier = 36 system	10 bataljoner = 10 system	2 brigader = 2 system	3 divisioner + 2 stödfartyg = 5 system	1 system per flygdivision. Flera plattformar per system krävs för att ge önskad effekt
Personal	1-2 per system (tillikauppgift span/bekämpnings-enhet)	2 per system	ca 5 per system	ca 15 per system	ca 10 per system	ca 20 per system
Faciliteter	Utbildning vid motsvarande skjutfält	Utbildning vid motsvarande skjutfält	Utbildning vid motsvarande skjutfält	Utbildning vid motsvarande skjutfält	Hangartillbyggnad på fartygen	Anpassning av flygdivisionens faciliteter för att inhysa UAV + personal

## 10 Rekommendationer för kunskaps och förmågeuppbyggnad

Obemannade system spelar allt fler och viktigare roller i dagens konfliktområden, något som framgår inte minst av övriga kapitel i denna förstudierapport. Detta gör att Försvarsmaktens behov av kunskap inom området ökar, vilket understryks i flera centrala dokument, t.ex. [4]. I detta kapitel ges rekommendationer för hur Försvarsmakten kan bygga upp kunskap och förmågor avseende obemannade farkoster, genom FoT-projekt, studier och samverkan både internationellt och nationellt. Prioriterade områden är enligt förstudens uppdragslydelse fjärrstyrda farkoster (man-in-the-loop), behov i närtid samt långsiktig kunskapsuppbyggnad (2020).

Områdets tvärvetenskapliga karaktär gör det naturligt att föreslå en FoT-verksamhet i form av breda systemprojekt: Ett UAV-projekt, ett UGV-projekt och ett AUV-projekt. Därigenom tillgängliggörs hela bredden hos FOI och FHS, och kontakterna mot användare och beslutsfattare inom Försvarsmakten och FMV samlas. Vidare nyttiggörs internationella samarbeten inom t.ex. NATO, EDA, EU och Garteur, och kontakter mot industrin underlättas.

För att fånga upp Försvarsmaktens behov i närtid behövs en mycket god samverkan med materielförsörjningsprocessen, speciellt vad gäller planering inför kommande upphandlingar. När framförhållning ges kan analys och systemvärdering av olika tänkbara lösningar genomföras, och tilltänkta användare ges möjlighet att i simuleringar testa de olika systemen i relevanta scenarier. Vid sådana tester kan allt från sensorprestanda och styrprinciper, till operatörsgränssnitt och systemprestanda utvärderas.

För att hålla systemkunskapen vid liv inom både Försvarsmakten, FOI och FHS, även vid tillfällen då en upphandling inte är aktuell, kan återkommande rapporter ge överblickar över de system som finns tillgängliga på marknaden, samt deras förmågor och begränsningar, något liknande kapitel 3-8.

Eftersom interaktionen med obemannade system till stor del sker genom datorer (i kontrollstationen), lämpar de sig ovanligt väl för simuleringar. Prototyper till tränings-simulatorer kan därför ganska ofta enkelt tas fram, och möjliggöra träning inför en insats.

För att fånga upp långsiktiga behov kan resultat från forskningsfronten tillgängliggöras genom demonstrationer av forskningsresultat inom alla olika delsystem. Dessa demonstrationer kan antingen vara rena simuleringar, eller innehålla olika typer av hårdvara, sensorer eller mindre plattformar. En demonstration kan inbegripa både verkliga system som interagerar med operatörer och en simulerad miljö med andra system som tillsammans skapar en realistisk situation. Personal från Försvarsmakten kan därmed ges inblick i teknik som ännu inte kommit ut på marknaden, och på så sätt bilda sig en uppfattning om hot, nytta och eventuella svårigheter förknippad med framtida system. En god överblick över forskningsläget skapas genom deltagande i konferenser, bevakning av relevanta tävlingar, se avsnitt 3.1, och internationella samarbeten inom t.ex. EU, se 3.3, eller Nato, se 3.5. Denna överblick kan sedan kommuniceras till Försvarsmakten i demonstrationer enligt ovan, och dokumenteras i återkommande populärvetenskapliga beskrivningar av state-of-the-art.

Projektet skall även med kortare varsel kunna belysa frågeställningar, från Perspektivplaneringsarbetet [5] och andra studier av typen:

- Taktiska för- och nackdelar med rotor respektive fixed-wing, t.ex. kopplat



till verksamhet från fartyg

- Effektivt utnyttjande av självgående minsvep
- Nyttan med en UGV i stödfunktion (både mula/bigdog och understödsvapen)

Genom nära samarbete med de förband som använder obemannade farkoster, som UAV-enheten i Karlsborg, EOD-robot-verksamheten vid Swedec i Eksjö, och 4:e sjöstridsflottiljens minröjningsverksamhet kan man säkerställa att även operativa behov tas i beaktande.

Samarbete mellan Försvarmakten, FOI, FHS och andra universitet och högskolor bör främjas. Dock i huvudsak genom gemensamma aktiviteter, som deltagande i seminarier, kurser och demonstrationer, och inte genom finansiering av doktorander p.g.a. de nackdelar som beskrivs i [161], främst målkonflikter, men även att den uppbyggda kompetensen går förlorad när doktoranden lämnar projektet. Undantaget är de fall då antingen doktoranden, eller huvudhandledaren, har en tydlig förankring i Försvarmakten, FHS eller FOI, som t.ex. [12].

Sammanfattningsvis rekommenderar vi en kunskapsuppbyggnad genom FoT enligt följande

- Skapa breda systemcentrerade projekt på FOI och FHS
- Dessa har täta kopplingar till materielförsörjningsprocessen
- De har ett nära samarbete med Perspektivplaneringsprocessen
- De samlar kontakter på området för Försvarmakten, FOI, FHS, universitetsvärlden samt industrin.
- Projekten ansvarar för att samla in resultat från forskningsfronten, förmågedrivande tävlingar och internationella samarbeten, Nato, EU etc. och nyttiggöra dessa för Försvarmakten.
- Resultaten nyttiggörs genom att Försvarmaktens personal ges möjlighet att prova och utvärdera framtida teknologier för obemannade system i simulatorer eller demonstrationer.
- Resultaten redovisas även i återkommande översiktsrapporter där läget inom ett eller flera områden beskrivs avseende system och förmågor.

Ett eller flera sådana projekt bedöms vara till stor nytta för Försvarmakten.

## Litteraturförteckning

- [1] U.S. Army Unmanned Aircraft Systems Roadmap 2010 - 2035 Eyes of the Army. U.S. Army UAS Center of Excellence (ATZQ-CDI-C), 2011.
- [2] Försvarets utvecklingsplan 2012, 2011-02-04. HKV nr. 23 382:51673.
- [3] Försvarets utvecklingsplan 2011 – 2020, 2010. HKV nr. 23 320:51391.
- [4] Rapport från perspektivstudien 2009 – det militärstrategiska utfallsrummet, 2010-01-29. HKV nr. 23 382:51673.
- [5] Rapport från perspektivstudien 2010 – en arbetslägesbeskrivning, 2011. HKV nr. 23 382:51673.
- [6] Regeringens proposition ett användbart försvar, 2009. 2008/09:140.
- [7] Inriktningsplan för försvarets forskning och teknikutveckling, 2010. HKV nr. 21 100:68315.
- [8] [http://defense-update.com/products/p/phantom\\_ray\\_090509.html](http://defense-update.com/products/p/phantom_ray_090509.html), 2011. (Besökt 2011-11-28).
- [9] <http://www.airforce-technology.com/projects/tanaris/>, 2011. (Besökt 2011-11-28).
- [10] <http://www.airforce-technology.com/projects/neuron/>, 2011. (Besökt 2011-11-28).
- [11] <http://militaryperiscope.com/weapons/gcv/ungrdveh/w0006048.html>, 2011. Besökt 2011-10-15.
- [12] C. Lundberg. *Assessment and evaluation of man-portable robots for high-risk professions in urban settings*. KTH School of Computer Science and Communications, 2007.
- [13] <http://www.forsvarsmakten.se/sv/Internationella-insatser/Afghanistan-Isaf/Nyheter/Ornen-har-landat-/>, 2011. Publicerat 2011-08-01.
- [14] Försvarets budgetunderlag för 2012 med särskilda redovisningar, 2011. HKV nr. 23 383:53426.
- [15] Försvarets budgetunderlag för 2010 med särskilda redovisningar (bu10/sr), 2009. HKV nr. 23 383:53085.
- [16] [http://www.volkswagen.com/vwcms/master\\_public/virtualmaster/en2/experience/innovation/assistance\\_systems/pla.html](http://www.volkswagen.com/vwcms/master_public/virtualmaster/en2/experience/innovation/assistance_systems/pla.html), 2011. (Besökt 2011-11-28).
- [17] [http://www.volkswagen.com/vwcms/master\\_public/virtualmaster/en2/experience/innovation/assistance\\_systems/lane\\_assist.html](http://www.volkswagen.com/vwcms/master_public/virtualmaster/en2/experience/innovation/assistance_systems/lane_assist.html), 2011. (Besökt 2011-11-28).

- [18] [http://www.lockheedmartin.com/mfc/alv\\_event/alv\\_event\\_assets/MFC\\_ALV\\_CAST\\_ProductCard.pdf](http://www.lockheedmartin.com/mfc/alv_event/alv_event_assets/MFC_ALV_CAST_ProductCard.pdf), 2011. (Besökt 2011-10-28).
- [19] <http://www.maritimerobotics.no/>, 2011. (Besökt 2011-11-28).
- [20] <http://www.darpa.mil/About/History/Archives.aspx>, 2011. (Besökt 2011-10-28).
- [21] [http://en.wikipedia.org/wiki/DARPA\\_Grand\\_Challenge](http://en.wikipedia.org/wiki/DARPA_Grand_Challenge), 2011. (Besökt 2011-11-02).
- [22] <http://www.elrob.org/>, 2011. (Besökt 2011-10-28).
- [23] <http://www.aavsifoundation.org/AUVSI/FOUNDATION/Competitions/>, 2011. (Besökt 2011-10-28).
- [24] <http://iarc.angel-strike.com/>, 2011. (Besökt 2011-10-28).
- [25] <http://oceanexplorer.noaa.gov/explorations/08auvfest/welcome.html>, 2008. (Besökt 2011-10-28).
- [26] <http://www.robocup.org/>, 2011. (Besökt 2011-10-31).
- [27] <http://www.uavoutbackchallenge.com.au/>, 2011. (Besökt 2011-10-31).
- [28] [http://en.wikipedia.org/wiki/Multi\\_Autonomous\\_Ground-robotic\\_International\\_Challenge](http://en.wikipedia.org/wiki/Multi_Autonomous_Ground-robotic_International_Challenge), 2011. (Besökt 2011-10-31).
- [29] [http://www.nasa.gov/offices/oct/early\\_stage\\_innovation/centennial\\_challenges/](http://www.nasa.gov/offices/oct/early_stage_innovation/centennial_challenges/), 2011. (Besökt 2011-10-31).
- [30] <http://www.wimaas.eu/>, 2011. (Besökt 2011-10-31).
- [31] <http://mecatron.rma.ac.be/>, 2011. (Besökt 2011-10-31).
- [32] [http://en.wikipedia.org/wiki/Dassault\\_nEUROn](http://en.wikipedia.org/wiki/Dassault_nEUROn), 2011. (Besökt 2011-11-22).
- [33] Final Air4All Report for 'UAV insertion into General Air Traffic (GAT) Follow On Contract'. DOCUMENT no. BAES-AS&FC-BDEV-PROP-RP-08258 Issue 1, 2009. 07-ARM-001.
- [34] UAS Insertion into General Air Traffic, Final study report. Document NO. BAS-AS&FC-BDEV-GEN-RP-005564 Issue 1, 2008. 07-ARM-001.
- [35] European framework cooperation. <http://www.eda.europa.eu/Aboutus/Howwedo/Civmil/EFC>, 2011. (Besökt 2011-11-27).
- [36] <https://www.onera.fr/projects/E4U/>, 2011. (Besökt 2011-10-31).
- [37] <http://www.eda.europa.eu/Otheractivities/Armouredsystems/Unmannedgroundvehicles/Networkedmultirobotsystems>, 2011. (Besökt 2011-10-31).
- [38] [www.fas.org/irp/program/collect/uas-army.pdf](http://www.fas.org/irp/program/collect/uas-army.pdf), 2011. (Besökt 2011-10-31).
- [39] [www.govexec.com/pdfs/072309kp1.pdf](http://www.govexec.com/pdfs/072309kp1.pdf), 2011. (Besökt 2011-10-31).

- [40] <http://www.acq.osd.mil/psa/docs/UMSIntegratedRoadmap2009.pdf>, 2011. (Besökt 2011-10-31).
- [41] [http://www.darpa.mil/Our\\_Work/TT0/Programs/Autonomous\\_High\\_Altitude\\_Long\\_Endurance\\_\(HALE\)\\_Refueling\\_\(AHR\).aspx](http://www.darpa.mil/Our_Work/TT0/Programs/Autonomous_High_Altitude_Long_Endurance_(HALE)_Refueling_(AHR).aspx), 2011. (Besökt 2011-11-23).
- [42] [http://www.darpa.mil/Our\\_Work/TT0/Programs/Anti-Submarine\\_Warfare\\_\(ASW\)\\_Continuous\\_Trail\\_Unmanned\\_Vessel\\_\(ACTUV\).aspx](http://www.darpa.mil/Our_Work/TT0/Programs/Anti-Submarine_Warfare_(ASW)_Continuous_Trail_Unmanned_Vessel_(ACTUV).aspx), 2011. (Besökt 2011-11-23).
- [43] [http://www.darpa.mil/NewsEvents/News/DARPA\\_Kicks\\_Off\\_Mind%E2%80%99s\\_Eye\\_Program.aspx](http://www.darpa.mil/NewsEvents/News/DARPA_Kicks_Off_Mind%E2%80%99s_Eye_Program.aspx), 2011. (Besökt 2011-11-23).
- [44] [http://www.darpa.mil/Our\\_Work/DS0/Programs/Chemical\\_Robots\\_\(ChemBots\).aspx](http://www.darpa.mil/Our_Work/DS0/Programs/Chemical_Robots_(ChemBots).aspx), 2011. (Besökt 2011-11-23).
- [45] R. W. Button, J. Kamp, T. B. Curtin, and J. Dryden. A survey of missions for unmanned undersea vehicles. Technical Report MG-808-NAVY, The RAND Corporation, Santa Monica, CA, 2009.
- [46] <http://www.reportsnreports.com/reports/11173-military-robots-and-unmanned-vehicles-market.html>, 2011. (Besökt 2011-10-31).
- [47] [http://www.companiesandmarkets.com/Market-Report/the-unmanned-ground-vehicles-\(ugv\)-market-2010-2020-military-robots-for-eod-counter-ied-329174.asp](http://www.companiesandmarkets.com/Market-Report/the-unmanned-ground-vehicles-(ugv)-market-2010-2020-military-robots-for-eod-counter-ied-329174.asp), 2011. (Besökt 2011-10-31).
- [48] <http://www.aarkstore.com/reports/Military-Robots-and-Unmanned-Vehicles-Market-Shares-Strategies-and-Forecasts-Worldwide-2010-to-2016-37934.html>, 2011. (Besökt 2011-10-31).
- [49] <http://www.bccresearch.com/report/robotics-technologies-markets-eng001b.html>, 2011. (Besökt 2011-10-31).
- [50] <http://www.dw-1.com/shop/shop-infopage.php?longref=477~0>, 2011. (Besökt 2011-10-31).
- [51] M. J. Gilmore. Cbo testimony - the army's future combat systems program. *Congressional Budget Office, Washington DC.*, 2006.
- [52] DOT&E. Future combat systems unmanned ground vehicles (UGVS) annual report. *Office of the Director Operational Test and Evaluation, Department of Defense. Washigton, DC*, 2004.
- [53] Committee on Army Unmanned Ground Vehicle Technology. Technology development for army unmanned ground vehicles. *National Research Council, Washington, DC.*, 2002.
- [54] <http://www.allenvanguard.com/Products/RemotelyOperatedVehicles.aspx>, 2011. (Besökt 2011-10-12).
- [55] <http://www.irobot.com/gi/ground>, 2011. (Besökt 2011-10-11).
- [56] <http://defense-update.com/products/p/pacbot.htm>, 2011. (Besökt 2011-10-11).

- [57] [http://en.wikipedia.org/wiki/Foster-Miller\\_TALON](http://en.wikipedia.org/wiki/Foster-Miller_TALON), 2011. (Besökt 2011-11-02).
- [58] <http://www.qinetiq-na.com/%products-unmanned-systems.htm>, 2011. (Besökt 2011-10-11).
- [59] <http://www.globalsecurity.org/military/systems/%ground/ugv.htm>, 2011. (Besökt 2011-10-11).
- [60] <http://www.strategypage.com/htm/htinf/20111128.aspx>, 2011. (Besökt 2012-02-13).
- [61] [http://www.armyrecognition.com/us\\_army\\_wheeled\\_and\\_armoured\\_vehicle%\\_uk/smss\\_ugv\\_unmanned\\_ground\\_vehicle\\_system\\_data\\_sheet\\_specifications\\_information\\_description\\_pictures.html](http://www.armyrecognition.com/us_army_wheeled_and_armoured_vehicle%_uk/smss_ugv_unmanned_ground_vehicle_system_data_sheet_specifications_information_description_pictures.html), 2011. (Besökt 2011-10-12).
- [62] [http://www.lockheedmartin.com/data/assets/mfc/PC/%MFC\\_SMSS\\_pc2.pdf](http://www.lockheedmartin.com/data/assets/mfc/PC/%MFC_SMSS_pc2.pdf), 2011. (Besökt 2011-10-11).
- [63] [http://en.wikipedia.org/wiki/Gladiator\\_Tactical\\_Unmanned\\_Ground\\_Vehicle](http://en.wikipedia.org/wiki/Gladiator_Tactical_Unmanned_Ground_Vehicle), 2011. (Besökt 2011-11-02).
- [64] <http://www.bostondynamics.com/>, 2011. (Besökt 2011-10-11).
- [65] <http://defense-update.com/products/s/sugv-fcs.htm>, 2011. (Besökt 2011-10-11).
- [66] <http://www.is.northropgrumman.com/products/%remotec/index.html>, 2011. (Besökt 2011-10-12).
- [67] [https://www.rkb.us/%contentdetail.cfm?content\\_id=103687](https://www.rkb.us/%contentdetail.cfm?content_id=103687), 2011. (Besökt 2011-10-12).
- [68] [http://www.militaryfactory.com/smallarms/%detail.asp?smallarms\\_id=156](http://www.militaryfactory.com/smallarms/%detail.asp?smallarms_id=156), 2011. (Besökt 2011-10-12).
- [69] [https://www.rkb.us/%contentdetail.cfm?content\\_id=103689](https://www.rkb.us/%contentdetail.cfm?content_id=103689), 2011. (Besökt 2011-10-12).
- [70] [https://www.rkb.us/%contentdetail.cfm?content\\_id=103886](https://www.rkb.us/%contentdetail.cfm?content_id=103886), 2011. (Besökt 2011-10-12).
- [71] [https://www.rkb.us/%contentdetail.cfm?content\\_id=229267](https://www.rkb.us/%contentdetail.cfm?content_id=229267), 2011. (Besökt 2011-10-12).
- [72] [http://www.mobilerobots.com/Mobile\\_Robots.aspx](http://www.mobilerobots.com/Mobile_Robots.aspx), 2011. (Besökt 2011-10-12).
- [73] <http://g-nius.co.il/unmanned-ground-systems/%avantguard.html>, 2011. (Besökt 2011-10-11).
- [74] <http://www.army-technology.com/projects/%avantguardunmannedgr/>, 2011. (Besökt 2011-10-11).
- [75] <http://www.telerob.de/>, 2011. (Besökt 2011-10-12).
- [76] <http://www.defencetalk.com/longbow-data-link-controls-uav-from-apache-helicopter-for-first-time-38225/>, 2011. (Besökt 2011-11-11).

- [77] <http://www.avinc.com/uas/adc/switchblade>, 2011. (Besökt 2011-11-03).
- [78] <http://www.unmanned.co.uk/unmanned-vehicles-news/unmanned-aerial-vehicles-uav-news/obama-signs-faa-civil-and-commercial-uav-aerospace-bill/>. Besökt 2012-02-22.
- [79] [http://tealgroup.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=74:teal-group-predicts-worldwide-uav-market-will-total-just-over-94-billion-&catid=3&Itemid=16](http://tealgroup.com/index.php?option=com_content&view=article&id=74:teal-group-predicts-worldwide-uav-market-will-total-just-over-94-billion-&catid=3&Itemid=16), 2011. (Besökt 2011-11-22).
- [80] [www.aiaa.org/images/PDF/WilsonChart.pdf](http://www.aiaa.org/images/PDF/WilsonChart.pdf), 2004. (Besökt 2011-09-30).
- [81] <http://uav.eas.gatech.edu/files/2005%20Worldwide%20UAV%20Roundup.xls>, 2006. (Besökt 2011-09-30).
- [82] [http://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_unmanned\\_aerial\\_vehicles](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_unmanned_aerial_vehicles), 2011. (Besökt 2011-09-30).
- [83] UAV classification guide ac/141 (jcg UAV) d (2011) 0001 (PfP), 2011.
- [84] <http://www.defencetalk.com/iran-airs-footage-of-us-drone-protests-violation-38818/>, 2011. (Besökt 2011-12-15).
- [85] [http://en.wikipedia.org/wiki/Lockheed\\_Martin\\_RQ-170\\_Sentinel#Specifications\\_.28RQ-170.29](http://en.wikipedia.org/wiki/Lockheed_Martin_RQ-170_Sentinel#Specifications_.28RQ-170.29). Besökt 2012-02-22.
- [86] [http://en.wikipedia.org/wiki/Northrop\\_Grumman\\_RQ-4\\_Global\\_Hawk](http://en.wikipedia.org/wiki/Northrop_Grumman_RQ-4_Global_Hawk), 2011. (Besökt 2011-11-22).
- [87] <http://www.defencetalk.com/picture-of-chinese-reconnaissance-drone-revealed-35421/>, 2011. (Besökt 2011-11-22).
- [88] [http://en.wikipedia.org/wiki/General\\_Atomics%2C\\_MQ-1\\_Predator](http://en.wikipedia.org/wiki/General_Atomics%2C_MQ-1_Predator), 2011. (Besökt 2011-11-02).
- [89] [http://http://en.wikipedia.org/wiki/MQ-9\\_Reaper](http://http://en.wikipedia.org/wiki/MQ-9_Reaper), 2011. (Besökt 2011-11-02).
- [90] <http://mbdai.com/downloads/tiger-data.pdf>, 2010. (Besökt 2011-10-02).
- [91] [http://en.wikipedia.org/wiki/AAI\\_RQ-7\\_Shadow](http://en.wikipedia.org/wiki/AAI_RQ-7_Shadow), 2011. (Besökt 2011-09-30).
- [92] T. Chevalier and O. Brattberg. Undersökning av karteringsmöjligheter hos SUAV Falken. Technical report, FOI, 2007.
- [93] <http://www.cybaero.se/>, 2011. (Besökt 2011-11-22).
- [94] <http://www.scandicraft.se/>, 2011. (Besökt 2011-11-22).
- [95] <http://www.defense.gov/news/newsarticle.aspx?id=62138/>, 2011. (Besökt 2011-12-15).
- [96] A.S. Erickson, L.J. Goldstein, and W.S. Murray. Chinese mine warfare: A PLA navy "assassin's mace" capability. Technical Report China Maritime Study No. 3, China Maritime Studies at Naval War College, Newport, RI, June 2009.

- [97] The navy unmanned undersea vehicle (UUV) master plan, November 2004.
- [98] <http://auvac.org>, 2011. (Besökt 2011-09-26).
- [99] <http://www.janes.com>, 2011. (Besökt 2011-09-26).
- [100] <http://www.uvinfobase.eurocean.org>, 2011,. (Besökt 2011-09-26).
- [101] <http://http://www.unmanned.co.uk/>, 2011. (Besökt 2011-10-11).
- [102] <http://acomms.who.edu/umodem>, 2011. (Besökt 2011-09-26).
- [103] D.R. Blidberg. The development of autonomous underwater vehicles (AUV); a brief summary. In *Proc. 2001 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, Seoul, Korea, May 2001.
- [104] B. Löfgren and C.-J. Andersson. Experiences from the swedish armed forces using a SAS-AUV. In *Proc. 3:rd Intl. Conf. Underwater Acoustic Measurements: Technologies & Results*, Nafplion, Greece, June 2009.
- [105] A. Cederholm, M. Jönsson, P. Karlsson, J. Robinson, and I. Karasalo. Robust autolocation for an AUV-mounted SAS: A comparative study. In *Proc. Intl. Conf. Underwater Acoustic Measurements: Technologies & Results*, Heraklion, Crete, Greece, 2005.
- [106] <http://www.saabgroup.com/en/Naval/Underwater-Security/Autonomous-Underwater-Vehicles>, 2011. (Besökt 2011-09-28).
- [107] [http://www.arl.psu.edu/capabilities/at\\_suv.html](http://www.arl.psu.edu/capabilities/at_suv.html), 2011. (Besökt 2011-09-28).
- [108] <http://www.bluefinrobotics.com>, 2011. (Besökt 2011-09-28).
- [109] <http://www.wired.com/dangerroom/2011/05/%underwater-predator>, 2011. (Besökt 2011-09-29).
- [110] <http://www.irobot.com/gi/maritime>, 2011. (Besökt 2011-09-28).
- [111] P. Miotto, J. Wilde, and A. Menozzi. UUV on-board path planning in a dynamics environment for the Manta test vehicle. In *Proc. MTS/IEEE Oceans*, San Diego, CA, September 2003.
- [112] <http://www.iver-auv.com>, 2011. (Besökt 2011-09-28).
- [113] <http://www.atlas-elektronik.com/index.php?id=1882&L=3>, 2011. (Besökt 2011-09-28).
- [114] <http://www.km.kongsberg.com/ks/web/nokbg0240.nsf/allweb/0c229e51713cc113c125738d003e5c99?opendocument>, 2011. (Besökt 2011-09-28).
- [115] <http://www.baesystems.com/Businesses/MISSIONSYSTEMS/ProductsandServices/UnderwaterSystems>, 2011. (Besökt 2011-09-28).
- [116] <http://cambridgeauv.co.uk>, 2011. (Besökt 2011-09-29).
- [117] <http://www.febras.ru/~imtp/anpa>, 2011. (På Ryska, besökt 2011-09-29).

- [118] <http://english.sia.cas.cn>, 2011. (Besökt 2011-09-28).
- [119] <http://www.cmeri.res.in/rnd/rm.html>, 2011. (Besökt 2011-09-29).
- [120] <http://www.ise.bc.ca/auv.html>, 2011. (Besökt 2011-10-18).
- [121] A. Caffaz, A. Caiti, G. Casalino, and A. Turetta. The hybrid glider/AUV fóлага: Field experience at the GLINT'08 experiment. *IEEE Robotics and Automation Mag.*, pages 31–44, March 2010.
- [122] J. Le Gall and N. Mandelert. The ASEMAR project. In *Proc. Ocean & Coastal Observation: Sensors and Systems (OCOSS)*, Brest, France, June 2010.
- [123] [http://www.thalesgroup.com/Markets/Defence/What\\_we\\_do/Naval\\_forces/Underwater\\_warfare/Unmanned\\_vehicles](http://www.thalesgroup.com/Markets/Defence/What_we_do/Naval_forces/Underwater_warfare/Unmanned_vehicles), 2011. (Besökt 2011-09-29).
- [124] T. Aoki, T. Hyakudome, T. Nakamura, K. Tamura, H. Ochi, T. Murahima, S. Tsukioka, H. Nakajoh, T. Ida, K. Akazawa, and K. Hashimoto. Deep and long range AUV "URASHIMA". In *Proc. Eleventh (2001) Intl. Offshore and Polar Engineering Conference*, Stavanger, Norway, June 2001.
- [125] H. Yoshida. Fundamentals of underwater vehicle hardware and their applications. In A.V. Inzartsev, editor, *Underwater Vehicles*, page pp. 582ff. I-Tech, Vienna, Austria, 2008.
- [126] <http://www.k-kcs.co.jp/english/%facilitiesAquaExplorerer.html>, 2011. (Besökt 2011-09-29).
- [127] V. Bertram. Unmanned surface vehicles - a survey. *Skibsteknisk Selskab*, 2008. <http://www.skibstekniskselskab.dk>.
- [128] J.E. Manley. Unmanned surface vehicles, 15 years of development. In *Proc. IEEE OCEANS 2008*, Quebec City, QC, September 2008.
- [129] <http://www.kockums.se/en/products-services/naval-surface-ships/coast-guard-security/piraya-usv>, 2011. (Besökt 2011-09-29).
- [130] [http://aeronautics-sys.com/%seastar\\_unmanned\\_surface\\_vehicle\\_usv](http://aeronautics-sys.com/%seastar_unmanned_surface_vehicle_usv), 2011. (Besökt 2011-09-29).
- [131] <http://www.rafael.co.il/Marketing/288-1037-en/Marketing.aspx?searchText=protector>, 2011. (Besökt 2011-09-29).
- [132] <http://www.elbitsystems.com/elbitmain/area-in2.asp?parent=3&num=37&num2=37>, 2011. (Besökt 2011-10-11).
- [133] [http://www.navy.mil/search/display.asp?story\\_id=10964](http://www.navy.mil/search/display.asp?story_id=10964), 2011. (Besökt 2011-09-29).
- [134] <http://searobotics.com/techspecs.html>, 2011. (Besökt 2011-09-29).
- [135] <http://www.asvglobal.com/%military-unmanned-marine-vehicles/c-sweep>, 2011. (Besökt 2011-09-29).



- [136] O. Burdakov, P. Doherty, K. Holmberg, J. Kvarnstrom, and P.-R. Olson. Positioning unmanned aerial vehicles as communication relays for surveillance tasks. In *Proceedings of Robotics: Science and Systems*, Seattle, USA, June 2009.
- [137] C.W. Niessen. Battlefield connectivity via airborne communications nodes. In *Proc. SPIE Volume 3080, Digitization of the Battlefield II*, Orlando, FL, April 1997.
- [138] F. Pinkney, D. Hampel, S. DiPierro, B.S. Abbe, and M. Sheha. UAV communications payload development. In *Proc. MILCOM 97*, volume 1, pages 403–407, Monterey, CA, November 1997.
- [139] Niklas Dahlin. A26 får unik sluss i fören. *Ny Teknik*, 9 november 2011.
- [140] A. Caiti, V. Calabro, G. Dini, A. Do Luca, and A. Munafò. AUVs as mobile nodes in acoustic communication networks: Field experience at the UAN10 experiment. In *Proc. IEEE OCEANS' 11*, Santander, Spain, June 2011.
- [141] <http://www.economist.com/blogs/babbage/2011/08/technology-monitor?fsrc=scn/tw/te/bl/joiningthedronesclub>, 2011. (Besökt 2011-10-03).
- [142] [http://www.avinc.com/uas/small\\_uas/raven](http://www.avinc.com/uas/small_uas/raven), 2011. (Besökt 2011-11-03).
- [143] [http://en.wikipedia.org/wiki/Task\\_Force\\_ODIN](http://en.wikipedia.org/wiki/Task_Force_ODIN), 2011. (Besökt 2011-11-08).
- [144] T.R. Owings. Unmanned aircraft systems update, January 2011. Presentation vid Association of the United States Army (AUSA)ILW Army Aviation Symposium and Exposition, 2011-01-14, National Harbor, MD.
- [145] R. Breece and M. Meely. testing the MUM teaming system for the Apache block III attack helicopter: An armed manned-unmanned team, June 2010. Presentation vid test Week 2010, 2010-06-16, Huntsville, AL.
- [146] [http://www.youtube.com/watch?v=hWFZpypa\\_1m0](http://www.youtube.com/watch?v=hWFZpypa_1m0), 2011. (Besökt 2011-11-07).
- [147] [http://en.wikipedia.org/wiki/Gorgon\\_Stare](http://en.wikipedia.org/wiki/Gorgon_Stare), 2011. (Besökt 2011-11-09).
- [148] M.K. Beebe. Robotics and unmanned systems: 'game changers' for medial missions, May 2010. Presentation vid Aerospace Medical Association 81st Annual Meeting, 2010-05-12, Phoenix, AZ.
- [149] [http://www.bostondynamics.com/robot\\_bigdog.html](http://www.bostondynamics.com/robot_bigdog.html), 2011. (Besökt 2011-11-07).
- [150] <http://www.lockheedmartin.com/products/smss/index.html>, 2011. (Besökt 2011-10-11).
- [151] [http://www.militaryaerospace.com/index/display/article-display/1724364960/articles/military-aerospace-electronics/online-news-2/2011/8/oshkosh-medium\\_tactical.html?cmpid=EnLMAEAugust242011](http://www.militaryaerospace.com/index/display/article-display/1724364960/articles/military-aerospace-electronics/online-news-2/2011/8/oshkosh-medium_tactical.html?cmpid=EnLMAEAugust242011), 2011. (Besökt 2011-09-28).

- [152] <http://www.kamanaero.com/helicopters/uav.html>, 2011. (Besökt 2011-11-03).
- [153] NATO-RTO. Uninhabited military vehicles (umvs): Human factors issues in augmenting the force. Technical Report NATO-RTO-078, The Research and Technology Organisation (RTO) of The North Atlantic Treaty Organisation, July 2007.
- [154] [http://en.wikipedia.org/wiki/%Battleground\\_Extraction-Assist\\_Robot](http://en.wikipedia.org/wiki/%Battleground_Extraction-Assist_Robot), 2011. (Besökt 2011-11-08).
- [155] P.M. Miller. Mini, micro and swarming unmanned aerial vehicles: A baseline study. Technical report, Federal Research Division, Library of Congress, Washington, DC, November 2006.
- [156] Interoperable data links for imaging systems, edition 2, 2002.
- [157] S. Gardner. COMM OPS: Trends in communication systems for ISR UAVs. *Milsat Magazine*, January 2009.
- [158] FM-rapport "Slutredovisning av studie SJÖ 0910002S Behov av luftburen förmåga i den maritima arenan, 2011-02-04. HKV nr. SSS 21 120:6118, 2011-02-16.
- [159] FM-rapport "UAV på taktisk och stridsteknisk nivå Sammanfattning", 2007-05-14. P 4 21 120:10645, 2007-05-14.
- [160] R. Heickerö. Sårbarheter för informationskrigföring i obemannade flygande system i ett 2030-perspektiv. Technical Report FOI-R-3153-SE, FOI, 2010.
- [161] Stefan Görling. *Samarbete utan gemensamma mål Att styra och stimulera innovation*. PhD thesis, Royal Institute of Technology (KTH), 2010.