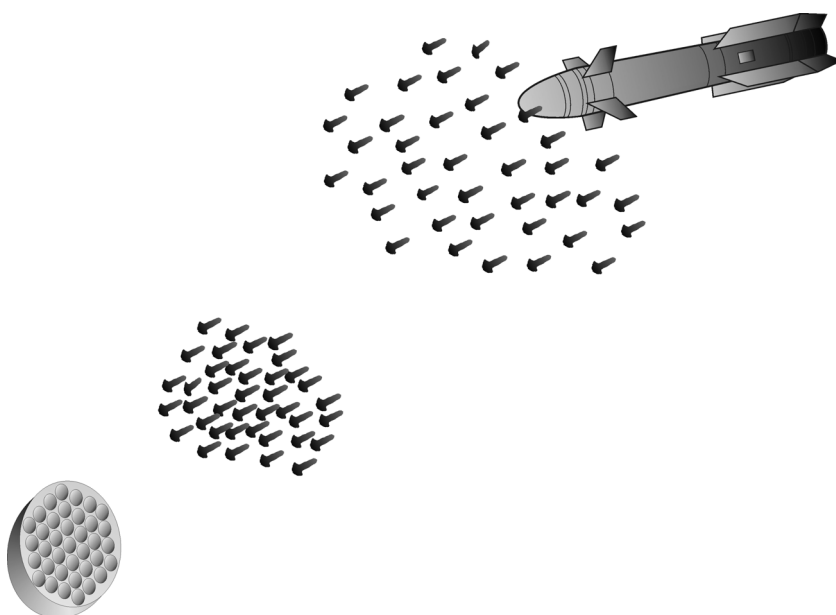


Håkan Hansson

Skydd mot precisionsbekämpning av anläggningsplattformar - Förstudie



TOTALFÖRSVARETS FORSKNINGSINSTITUT

Vapen och skydd
147 25 Tumba

FOI-R--0680--SE

December 2002

ISSN 1650-1942

Underlagsrapport

Håkan Hansson

Skydd mot precisionsbekämpning av anläggningsplattformar - Förstudie

Utgivare Totalförsvarets Forskningsinstitut - FOI Vapen och skydd 147 25 Tumba	Rapportnummer, ISRN FOI-R--0680--SE	Klassificering Underlagsrapport
	Forskningsområde 5. Bekämpning	
	Månad, år December 2002	Projektnummer E2011
	Verksamhetsgren 5. Uppdragsfinansierad verksamhet	
	Delområde 53 Skydd och anläggningsteknik	
Författare/redaktör Håkan Hansson	Projektledare Johan Magnusson	
	Godkänd av	
	Uppdragsgivare/kundbeteckning Försvarsmakten	
	Tekniskt och/eller vetenskapligt ansvarig	
Rapportens titel Skydd mot precisionsbekämpning av anläggningsplattformar - Förstudie		
Sammanfattning (högst 200 ord) En förstudie av möjligheterna att begränsa verkan från precisionsbekämpning av anläggningsplattformar genom utnyttjande av Varnings- och motverkanssystem (VMS) inkl sensoraktiverade skydd (SAS), signaturanpassningsteknik (SAT) och kompletterande skydd är genomförd. Genom val av anläggningens konstruktiva utformning kan verkan vid bekämpning dessutom ytterligare reduceras. Varnings- och motverkanssystem (VMS) används för närvarande för fartyg och flyg, samt finns på eller är under utveckling för fordon. Dessa typer av skyddssystem är möjliga att vidareutveckla för anläggningsplattformar, exempelvis kan tunga konstruktionslösningar för både VMS och strukturell utformning utnyttjas för fasta anläggningar, vilket ger möjlighet att konstruera skydd med hög skyddsförmåga. För flyttbara skydd kommer sannolikt framtida skyddssystem att vara baserade direkt på teknik utvecklad för skydd av fordon. I det senare fallet utgör dessutom multispektralt anpassad SAT en viktig del av skyddssystemet för objektet. I ett system för SAS ingår sensorer, eldledning och verkansdel. Exempel på verkansdelar är multipla projektilbildande RSV, splitterladdningar och utkastade plåtar för störning av stridsdelen. För att förhindra att skyddet minskar då ett sensoraktiverat skydd mätts eller tillfälligt förblindas vid vapenverkan, kan ett skydd byggas upp i flera nivåer, t ex fjärbekämpning med luftvärn, sensoraktiverade skydd och konstruktiva skyddsstrukturer. Då robotar med s k smygteknik eller hög hastighet kan vara svåra att upptäcka i tid för att bekämpa med SAS, krävs därmed ett kompletterande skydd även för dessa framtida hotbilder.		
Nyckelord Precisionsbekämpning, varnings- och motverkanssystem, VMS, sensoraktiverade skydd, SAS, anläggningar, SAT		
Övriga bibliografiska uppgifter	Språk Svenska	
ISSN 1650-1942	Antal sidor: 45 s.	
Distribution enligt missiv	Pris: Enligt prislista	

Issuing organization FOI – Swedish Defence Research Agency Weapons and Protection SE-147 25 Tumba	Report number, ISRN FOI-R--0680--SE	Report type Base data report
	Research area code 5. Combat	
	Month year December 2002	Project no. E2011
	Customers code 5. Commissioned Research	
	Sub area code 53 Protection and Fortification	
Author/s (editor/s) Håkan Hansson	Project manager Johan Magnusson	
	Approved by	
	Sponsoring agency Swedish Defence HQ	
	Scientifically and technically responsible	
Report title (In translation) Protection of Fortifications against Precision Engagement – Preliminary Study		
Abstract (not more than 200 words) A preliminary study of the possibility to limit the effect from precision engagement (PE) of fortifications with the use of defensive aid suite (DAS) technology, low observables (LO) technology and additional protection was performed. The choice of designs for fortifications and light shelters can further reduce the effects from PE. DAS systems are used on ships and for aircrafts, and are under development for armoured fighting vehicles (AFV) and MBTs. These types of protection systems are possible to develop further to be used for the protection of fortifications and other protective structures. The possibility to use heavy designs for both active protection systems and structural design makes it possible to obtain a design with a high degree of protection. For the protection of light fortifications it may be possible to use components developed for vehicles, i.e. AFVs. The use of signature adaption will also be an important part of the protection systems for light fortifications. An active protection system is composed of sensors, guidance system and warhead. Fragment charges, multiple EFP and moving steel plates can for example be used to intercept a warhead. The protection can be designed in layers i.e. surface to air missiles, active protection systems and protective structures to prevent a loss of protection when an active protection system is blinded due to a warhead detonation or forced to handle too many threats. Due to the short time between detection and impact for missiles with LO technology or high speed missiles it is necessary to use complementary protection apart from the active protection system.		
Keywords Precision engagement, PE, defensive aid suite, DAS, active protection system, low observables, fortification, hardend structures		
Further bibliographic information	Language Swedish	
ISSN 1650-1942	Pages 45 p.	
Price acc. to pricelist		

Denna sida avsiktligen blank.

Innehåll

1. Inledning.....	7
2. Hotbild för olika typer av anläggningsplattformer	8
2.1. Penetrerande vapen mot betongtäckningar	9
2.2. RSV-laddningar mot betongtäckningar	9
2.3. Tandemladdningar mot betongtäckningar	9
2.4. Hotbild mot lätta befästningar	10
2.5. Översiktliga data för ett antal vapensystem	10
2.5.1. Frifallande styrda bomber	10
2.5.2. Missiler ("Air-to-Surface")	12
2.5.3. Missiler (övriga).....	15
2.5.4. Stridsdelar	15
2.5.5. Ballistiska robotar	18
2.5.6. Obemannade flygplan (UAV).....	18
2.5.7. Navigering och målsökning	20
3. Varnings och motverkanssystem	23
3.1. Verkansdel	24
3.2. Sensorer.....	30
3.3. Skydd av komponenter för SAS	31
4. Kompletterande skydd för anläggningsplattformer	32
4.1. RSV-skärmar.....	32
4.2. Skydd mot utpekning med laser.....	32
4.3. Störsändare.....	33
4.4. ERA-paneler	33
4.5. Signaturanpassningsteknik.....	34
4.6. Luftvärn.....	35
5. Motmedel mot sensoraktiverade skydd	36
5.1. Upprepad bekämpning	36
5.2. "Double firing"	36
5.3. Smygteknik ("Stealth technology")	36
5.4. Förstärkta robotar.....	38
5.5. Höghastighetsmissiler ("High velocity missile").....	38
6. Sammanfattning och diskussion	39
7. Framtida forskning och utveckling.....	40
WWW-länkar.....	41
Referenser	42
Ordlista/förklaringar	45

Denna sida avsiktligen blank.

1. Inledning

Detta arbete utgör en förstudie av möjligheterna att begränsa verkan från precisionsbekämpning av anläggningsplattformar. Begreppet anläggningsplattformar innefattar fasta anläggningar, samt flyttbara skydd och strukturer för temporära uppehållsplatser. Denna studie är översiktlig och baserad på öppna källor, samt beaktar framtida hotbilder och principer för skydd mot precisionsbekämpning, t ex Varnings och Motverkans System (VMS). Även passiva skyddssystem beaktas, som t ex nät eller grindar för utlösning av projektiler med RSV-laddningar och ERA-paneler. Alternativa system för skydd av anläggningsplattformar diskuteras också, som t ex luftvärnsrobotar för bekämpning av hot på längre avstånd. Luftvärnssystem kan användas för att bekämpa t ex kryssningsmissiler, vilket dock kräver att systemen anpassas eller utvecklas för att klara dessa uppgifter. Även telekrig, t ex störsändningar, kan användas för kompletterande skydd mot precisionsbekämpning av anläggningsplattformar.

Val av VMS och kompletterade skydd är beroende av vilken typ av anläggningsplattform som ska skyddas. För fasta anläggningar kan tunga konstruktionslösningar utnyttjas, vilket ger möjligheter att konstruera skydd med hög effekt även mot tunga stridsdelar. För flyttbara anläggningsplattformar kommer sannolikt framtida skydd att vara baserade på teknik utvecklad för skydd av fordon. Detta då hotbild och användarkrav på vikt antagligen kommer att sammanfalla till stor del. Det är även av intresse att identifiera teknik som används för stridsfartyg.

VMS kan vara av två typer, dels skydd som förhindrar utpekning av mål, exempelvis vattendimma och rök som aktiveras vid laserutpekning, och dels skydd som skadar inkommande vapen för att på så sätt kraftigt minska verkan i det egentliga målet. Det förstnämnda har studerats för användande vid fasta anläggningar och ett prototypsystem har provats under 2001. De senare nämnda betecknas ofta sensoraktiverade skydd (SAS) och är designade för att skada eller t o m förstöra inkommande stridsdelar. Sensoraktiverade skydd finns utvecklade för fordon t ex ARENA-systemet (Sjölander och Dickman, 1996). Inom detta område pågår forskning och utveckling om både sensorer, styrning och skydd mot olika vapentyper. Även störning av målsökare och navigationssystem kan utnyttjas för att minska riskerna för precisionsbekämpning.

För anläggningar under mark används normalt skiktade täckningar av olika slag för att ge skydd mot detonationer från bomber. I framtiden är det sannolikt att denna typ av täckningar kan modifieras för att i kombination med andra skyddskomponenter även ge skydd mot de flesta typer av penetrerande bomber. Kompletterande system för fortifikatoriska anläggningar och lätta befästningar/skydd kan bestå av kombinationer av signaturanpassningsteknik, skärmar för utlösning av RSV-stridsdelar, ERA-paneler och VMS.

En tidigare studie inom området har inriktats mot skydd av fasta KA-anläggningar och genomförts i samarbete med Norge. Fasta KA är numera nerlagt, men hotbilderna är även relevanta för andra typer av anläggningar. Inom detta projekt har bl a skydd mot laserutpekning och skydd mot RSV-stridsdelar studerats. Dessutom studeras för närvarande RSV-verkan mot skiktade täckningar för undermarksanläggningar inom ett annat pågående projekt.

2. Hotbild för olika typer av anläggningsplattformar

Den definierade hotbilden varierar beroende på vilken anläggningstyp som beaktas, samt lokaliseringen av anläggningen. Beroende på val av anläggning kan hotbilden i framtiden vara RSV-laddningar med kondiametrar på mellan 100 och 500 mm, penetrerande vapen för insats mot undermarksanläggningar, tandemstridsdelar med RSV-laddning i kombination med penetrerande stridsdel och tandemladdningar med två RSV-laddningar. Vapensystem med dessa typer av stridsdelar kan variera från vapen som kan hanteras av enskilda soldater till flygbomber och kryssningsmissiler. Kombinationen av verkansdel för sensoraktiverade skydd, signaturanpassningsteknik, konstruktivt skydd och övriga skyddsåtgärder kommer att vara beroende av hotbilden för aktuell anläggningsplattform. Hotbilden för anläggningsplattformar kommer dessutom att variera med aktuell konflikt. Nedan följer en kort diskussion om några hotbildsscenarioer för anläggningsplattformar. I denna studie beaktas endast styrda vapen, men ett flertal av skyddsprinciperna kan även tillämpas på ostyrda vapen.

För flyttbara skydd och anläggningar ovan mark bedöms de största hoten komma från splitter, finkalibriga vapen och attackrobotar. Även de ammunitionstyper som finns att tillgå för granatgevär och pansarskott kan anses tillhöra den tekniska hotbilden för dessa anläggningsplattformar. För de funktioner som anses vara av hög prioritet för motståndaren att slå ut kan även kryssningsmissiler vara tänkbara som hot mot dessa anläggningar.

Utveckling av penetrerande vapen avsedda att användas mot undermarksanläggningar, d v s i huvudsak mot betong- och marktäckningar, pågår för närvarande. Försök med tandemstridsdelar pågår för penetrerande vapen, dessa utnyttjar en RSV-laddning för att minska penetrationsmotståndet för efterföljande penetrator. Det pågår även utveckling av RSV-laddningar med över 500 mm diameter till kryssningsmissiler. Extra känsliga punkter för denna typ av anläggningar är ingångar och exponerad utrustning ovan mark. De bomber och robotar som huvudsakligen anses vara hotbilden mot anläggningar har relativt sett låg hastighet, d v s 300-500 m/s, vilket gör att de med stor sannolikhet är möjliga att identifiera och bekämpa med ett sensoraktiverat skydd. En sammanställning av nuvarande och framtida hotbilder mot fasta anläggningar har tidigare rapporterats inom HPC-projektet (Lausund m fl., 1999). Skydd mot ballistiska robotar har tidigare studerats av Tarras-Wahlberg m fl (1995).

För undermarksanläggningar i berg begränsas de känsliga områdena till påslagen, dvs ingångstunnlar, och exponerad utrustning t ex för kommunikation. För dessa områden gäller i stort sett vad som sagts ovan om undermarksanläggningar med betong-täckning. Studier har tidigare genomförts av möjligheterna att penetrera berg (Lundberg m fl., 1997 och 1999). Vid dessa studier visade det sig att det är mycket svårt att penetrera en bergtäckning i svenskt urberg. Sammanställningen av nuvarande och framtida hotbilder för fasta anläggningar inom HPC-projektet omfattar även berganläggningar (Lausund m fl., 1999).

2.1. Penetrerande vapen mot betongtäckningar

Penetrerande vapen har utvecklats för att slå igenom en flera meter tjock betongtäckning. Så kallade "hardened targets" har varit ett primärt mål vid ett flertal konflikter sedan utvecklingen av GBU-28:an under Gulfkriget. Utveckling här går mot mindre och effektivare vapensystem, med utnyttjande av tandemladdningar och precisionsbekämpning med "multiple impact" inom ett mycket begränsat område. Förhållandet mellan längd och diameter för denna typ av vapen kan vara över 10, medan vapnets dimensioner i övrigt begränsas av vapenbäraren. Bomber liknade GBU-28 kan anses vara för ohanterliga för att utgöra ett generellt hot mot denna typ av anläggningar. Realistiska hotbilder bedöms istället vara bomber med längder på 1,5 till 2,4 m och diametrar på 150 till 250 mm. Exempel på pågående utveckling av denna typ av vapen redovisas i Jane's Defence Weekly (24:de juli 1996). I detta fall är bombens diameter 153 mm, längden 1,8 m och massan 112,5 kg, samt hastigheten vid genomförda försök upp till 420 m/s. Se även "Small Smart Bomb" (SSB) i kapitlet om vapendata. Denna vapentyp har studerats vid FOI på uppdrag av Försvarmakten (Hansson, 2002). Även en tyngre bomb benämnd "Advanced Unitary Penetrator" med massan angiven till 770 kg är under utveckling, se BLU-116B AUP i kapitlet om vapendata. BLU-116B är tänkt att användas på de mål där SSB och liknade vapen inte erhåller tillräckligt penetrationsdjup. För dessa stridsdelar är förhållandet mellan längd och diameter ca 9,5 och därmed erhålls ett ökat penetrationsdjup i förhållande till "normala" penetrerande vapen med $L/D \approx 6,5$. Penetrationsdjupet i betong för SSB ska motsvara det som erhålls för BLU-109/B, trots den betydligt mindre massan för SSB. BLU-109/B är en av de stridsdelar som för närvarande i stor utsträckning används mot fortifikatoriska anläggningar.

2.2. RSV-laddningar mot betongtäckningar

Hotbilden av RSV-laddningar mot anläggningsplattformar med betongtäckningar utgörs i huvudsak av attackrobotar, men i framtiden även kryssningsmissiler med RSV-stridsdelar med en diameter överstigande 500 mm. De höga kvalitetskraven på RSV-laddningar gör att denna vapentyp är mycket känslig för felaktigheter, vilket kan utnyttjas för att minska verkan genom att störa strålbildningen. För att göra detta finns i huvudsak två metoder, dels utlösa RSV-laddning innan den når "stand off" avståndet och dels skada RSV-laddningen med splitterbeskjutning. Bägge dessa metoder reducerar restverkan i det egentliga målet. Studier av RSV-verkan mot betongtäckningar och skiktade täckningar pågår för närvarande vid FOI (Elfving och Karlsson, 2001).

2.3. Tandemladdningar mot betongtäckningar

Det som sagts ovan angående penetrerande vapen och RSV-laddningar gäller med små förändringar även för kombinationer av RSV och penetrerande stridsdelar i tandem-laddningar. För närvarande utvecklas stridsdelar till styrda bomber och missiler med förpenetrerande strålbildande RSV och efterföljande penetrerande bomb, dessa kan erhålla betydande penetrationsdjup. Genomslag i 6 m armerad betong angetts för stridsdelar med massan 500 kg, t ex Lancer 2 stridsdelen som är under utveckling för Tactical Tomahawk (Hewish, 2002a).

2.4. Hotbild mot lätta befästningar

Hotbilden för lätta befästningar är kraftigt beroende av den aktuella konflikttypen och kan därmed variera kraftigt. Hotbilderna mot lätta befästningar omfattar därmed hotnivåer alltifrån civila kravaller till precisionsbekämpning med tunga vapen, t ex attackrobotar och styrda bomber försedda med fragmenterande stridsdelar. I framtiden kan även nyutvecklade mindre penetrerande vapen användas mot lätta befästningar. Exempel på denna vapentyp är utvecklingsprojektet "Small Smart Bomb" (SSB) med massan 250 lb. För att öka verkan i dessa typer av mål kan attackrobotar i framtiden förses med stridsdelar som kan optimeras mot olika måltyper, exempelvis genom val av initieringspunkt(-er) för en RSV-laddning (Baker m fl, 2001). Detta leder till att en RSV-laddning erhåller riktad splitERVERKAN. Utveckling av skyddskonstruktioner för lätta befästningar och studier av vapenverkan mot denna typ av befästningar studeras för närvarande vid FOI (Elfving m fl, 2001).

2.5. Översiktliga data för ett antal vapensystem

En översiktlig sammanställning av några vapentyper, både befintliga och under utveckling, återfinns nedan. I huvudsak återges data för amerikanska och väst-europeiska vapen, men likvärdiga vapentyper finns redan eller kan sannolikt utvecklas av andra tillverkare i framtiden. I huvudsak är angivna vapendata rörande bomber, missiler och stridsdelar nedan sammanställda från Jane's air-launched weapons nr 38 (Lennox, 2001), vissa kompletteringar med senare data från andra källor förekommer dock. För nyutvecklade vapen och vapen under utveckling bör de angivna data användas med försiktighet, speciellt som det i några fall även finns motsäggande uppgifter. En kort sammanställning av nuvarande utveckling för styrda flygbomber och missiler återfinns i Sandblom (2002).

2.5.1. Frifallande styrda bomber

För att öka bärigheten och därmed räckvidd för frifallande styrda bomber kan dessa förses med utfällbara vingar.

GBU-15

Längd:	3,94 m
Diameter:	460 mm (Mk 84), 370 mm (BLU109/B)
Massa:	1140 kg
Målsökning:	IIR, TV, (EGBU-15 även INS/GPS)
Stridsdel:	Mk 84 eller BLU109/B, även BLU-118/B

GBU-24/A och GBU-24A/B

Längd:	4,39 m (GBU-24/A), 4,31m (GBU-24A/B)
Diameter:	460 mm (GBU-24/A), 370 mm (GBU-24A/B)
Massa:	ca 900 kg
Målsökning:	Paveway LGB (GBU-24E/B även INS/GPS)
Stridsdel:	Mk84 (GBU-24/A), BLU109/B (GBU-24A/B), även BLU-118/B
Övrigt	Finns även som GBU-16A och B med Mk83 stridsdel och GBU-22/B med Mk82 stridsdel

GBU-27/B (modifierad GBU-24A/B Paveway III för F-117A)

Längd: 4,24 m
 Diameter: 370 mm
 Massa: 984 kg
 Målsökning: LGB (EGBU-27 även INS/GPS)
 Stridsdel: BLU109/B
 Övrigt: Penetrerar 1,8-2,4 m armerad betong beroende på hastighet

GBU-28/B

Längd: 5.84 m
 Diameter: 370 mm
 Massa: 2130 kg
 Målsökning: LGB (EGBU-28 även INS/GPS)
 Stridsdel: BLU113 A/B
 Övrigt: Kräver anslagsvinklar nära 90° p g a det höga L/D förhållandet
 Operativ: 1991

GBU-30 JDAM (Joint Direct Attack Munition)

Längd: 2,3 m
 Diameter: 273 mm
 Massa: Ej känd
 Målsökning: INS/GPS
 Stridsdel: Mk 82
 Övrigt: GBU-29 med Mk81 stridsdel, GBU-31 JDAM med Mk83 stridsdel och GBU-35 med BLU110 stridsdel
 Operativ: 1997

GBU-32 JDAM (Joint Direct Attack Munition)

Längd: 4,0 m (Mk 84)
 Diameter: 450 mm (Mk 84), 370 mm (BLU109/B)
 Massa: Ej känd
 Målsökning: INS/GPS
 Stridsdel: Mk 84 eller BLU109/B
 Operativ: 1997

GBU-36/B

Längd: 4,14 m
 Diameter: 450 mm
 Massa: 914 kg
 Målsökning: GPS
 Stridsdel: Mk 84
 Operativ: 1997

GBU-37/B

Längd: 5,8 m
 Diameter: 370 mm
 Massa: 2130 kg
 Målsökning: GPS
 Stridsdel: BLU113 A/B
 Övrigt: Kräver anslagsvinklar nära 90° p g a det höga L/D förhållandet
 Operativ: 1997

SSB (Small Smart Bomb, I-250)

Längd: 1,83 m
 Diameter: 152 mm
 Massa: 113,4 kg
 Målsökning: INS/GPS
 Stridsdel: Penetrerande stridsdel, 22,6 kg HE
 Övrigt: Penetrerar $\geq 1,8$ m betong vid hastigheten 375 m/s, anses vara relativt känslig för snedställning och böjning p g a längd/diameter förhållandet. Vapenverkan avseende penetration är likvärdig med den tyngre BLU-109/B.
 Operativ: Detta är ett av de framtagna alternativen för den framtida SDB (Small Diameter Bomb) som ska vara operativ 2005-2006. 2010 planeras att SDB även ska vara operativ för bekämpning av rörliga mål.

2.5.2. Missiler ("Air-to-Surface")

AGM-65 MAVERICK

Längd: 2.49 m
 Diameter: 305 mm
 Massa: 210 kg (A/B/H), 220kg (D), 293 kg (E), 307 kg (F/GK/J)
 Målsökning: TV (A/B/H/K/J), IIR (D/F/G) och laserguidning (E)
 Stridsdel: 57 kg RSV (A/B/D/H) varav 39 kg Comp. B, 136 kg penetrerande HE (E/F/G/K/J) varav 36 kg PBX-108
 Övrigt: Räckvid 3-25 km beroende på version
 Operativ: 1972 (A), 1985 (E)

AGM-84(A) HARPOON/(E) SLAM/(H) SLAM-ER (Standoff Land Attack Missile)

Längd: 4.37 m (SLAM-ER)
 Diameter: 343 mm
 Massa: 680 kg (SLAM-ER)
 Målsökning: Active radar (Harpoon), IIR och INS/GPS (SLAM)
 Stridsdel: 222 kg penetrerande stridsdel (Harpoon och SLAM)
 247 kg penetrerande stridsdel med titanhölje (SLAM-ER)
 Övrigt: Även versioner för ubåtar (UGM-84) och fartyg (RGM-84) tillgängliga.
 Operativ: 1990 (SLAM), 1999 (SLAM-ER)

AGM-86C CALCM (Conventional Air Launched Cruise Missile)

Längd: 6,32 m
 Diameter: 693 mm
 Massa: 1750 kg (block 0), 1950 kg (block 1)
 Stridsdel: 910 kg fragmenterande (stålkulor) HE (block 0)
 1360 kg HE stridsdel (block 1)
 Målsökning: INS/GPS
 Övrigt: Ombyggd kryssningsmissil ursprungligen avsedd för kärnvapen
 Operativ: 1988

AGM-86D CALCM (Conventional Air Launched Cruise Missile)

Längd: 6,32 m
 Diameter: 693 mm
 Massa: 1750 kg
 Stridsdel: BLU-116B (AUP-3M) version för AGM-86/D
 Målsökning: INS/GPS
 Övrigt: Ombyggd kryssningsmissil ursprungligen avsedd för kärnvapen
 Operativ: Utvärdering beräknas vara startad under 2001

AGM-88A/B/C HARM (High speed Anti-Radar Missile)

Längd: 4,17 m
 Diameter: 254 mm
 Massa: 361 kg
 Hastighet: Mach 2,9
 Räckvidd: 80 km
 Stridsdel: 65,1 kg stridsdel med 25000 stålsplitter (A/B) respektive
 12845 tungmetallsplitter (C) och 20,5 kg PBXC-116
 Målsökning: Passiv radarmålsökare
 Operativ: 1984

AGM-114C/K/L/M Hellfire

Längd: 1,63-1,80 m
 Diameter: 178 mm
 Massa: 45,7-50,0 kg
 Stridsdel: RSV (C), tandem RSV (K/L) eller splitterstridsdel (M)
 Målsökning: Laserstyrd (C/K) eller radarmålsökare (L)
 Övrigt: Benämnd RBS-17 i Sverige
 Operativ: 1982 (A), 1993 (K)

AGM-129C CACM (Conventional Advanced Cruise Missile)

Längd: 6,35 m
 Bredd/höjd: 704/640 mm
 Massa: 1250 kg
 Stridsdel: Penetrerande HE stridsdel
 Målsökning: INS/GPS
 Övrigt: AGM-129A ACM utvecklad för kärnvapen (200 kT)
 Operativ: Under eventuell utveckling (1993 AGM-129A)

AGM-130A/C

Längd: 3,94 m (A) 3,95 m (C)
 Diameter: 460 m (A) 370 mm (C)
 Massa: 1323/1353 kg
 Stridsdel: Mk 84 (AGM-130A) eller BLU-109/B (AGM-130C), även BLU-118/B
 Målsökning: INS/GPS, samt TV eller IIR
 Övrigt: Fastbränsle motor
 Operativ: 1992 (AGM-130A), 2002 med BLU-118/B stridsdel

AGM-154A/B/C JSOW (Joint Stand-Off Weapon)

Längd: 4,1 m
 Bredd/höjd: 442/337 mm
 Massa: 484 kg
 Stridsdel: 145× BLU-97/B (A), 6× BLU-108/B (B) eller BLU-111/B (C)
 Övrigt: Framtida version med tre SDB-bomber tänkbar, användning av BROACH stridsdelen har även diskuterats för AGM-154C versionen. Denna version förses troligtvis med IIR-målsökare och tvåvägs datalänk till operatör under utveckling.
 Operativ: Begränsad 1998 (A), 2004 (C)

AGM-158 JASSM (Joint Air-to-Surface Stand-off Missile)

Längd: 4,26 m
 Bredd/höjd: 550/450 mm
 Massa: 1023 kg
 Målsökning: INS/GPS och IIR
 Stridsdel: JAST-1000 (I-1000)
 Operativ: 2003

SCALP EG/Storm Shadow

Längd: 5,1 m
 Bredd/höjd: 630/480 mm
 Massa: 1300 kg
 Hastighet: 100-300 m/s
 Målsökning: INS/GPS och IIR
 Stridsdel: BROACH
 Övrigt: Smygteknik, ca 400 kg maximal stridsdels massa
 Operativ: 2001

KEPD 350/150

Längd: 5,1 m
 Bredd/höjd: 630/480 mm
 Massa: 1400 kg
 Hastighet: Mach 0,8
 Stridsdel: Mephisto tandemstridsdel
 Övrigt: Smygteknik. KEPD 150 version med kortare räckvidd studeras för användning till JAS-39
 Operativ: 2002

LOCAAS (Low Cost Autonomous Attack System)

Längd:	0,76 m
Spännvidd:	1,0 m
Bredd/höjd:	250/200 mm
Massa:	40-45 kg
Stridsdel:	"Multimode" EFP
Övrigt:	Automatisk system för måldetektering och igenkänning, baserat på en laserradarmålsökare (Ladar). GPS/INS navigerings-system. Stridsdelen kan optimeras för användande mot olika måltyper.
Operativ:	Under utveckling

2.5.3. Missiler (övriga)**Tactical Missile Penetrator (TACM-P)**

Stridsdel:	"Earth Penetrator" utvecklad för US Navy
Övrigt:	Penetrerande version av ATACMS (Army Tactical Missile System)
Operativ:	Under utveckling

BGM-109 (Tomahawk Land Attack Missile, TLAM)

Längd:	5,6 m exkl booster
Diameter:	520 mm
Massa:	1193 kg exkl booster
Hastighet:	880 km/h
Målsökning:	INS, GPS (Block III)
Stridsdel:	454 kg HE stridsdel, sub-stridsdelar (-D) eller WDU-36 stridsdel
Operativ:	1993 (Block III)

2.5.4. Stridsdelar**Advanced Penetrator Warhead (1-800)**

Typ:	Penetrerande
Massa:	360 kg
Operativ:	Under utveckling

BLU-109/B

Typ:	Penetrerande
Längd:	2,4 m
Diameter:	370 mm
Massa:	874 kg
Explosivämne:	240 kg Tritonal eller PBXN-109
Övrigt:	25 mm höljestjocklek, penetrerar 1,8-2,4 m armerad betong beronde på hastighet
Missiler/bomber:	GBU-10, -15, -24, -27, -32, AGM130

BLU-111/B, se Mk 82.

BLU-113A/B (under utvecklingen benämnd BLU-109/B Special)

Typ:	Penetrerande
Längd:	3,9 m
Diameter:	370 mm
Massa:	2002 kg
Explosivämne:	286-306 kg Tritonal
Övrigt:	Stridsdelen utvecklades genom att kombinera nosdelen från BLU-109/B med ett kanonrör. Penetrerar 30 m markmaterial eller 6 m betong.
Bomber:	GBU-28/B, -37

BLU-116B AUP-1 (Advanced Unitary Penetrator)

Typ:	Penetrerande
Längd:	2,4 m
Diameter:	254 mm
Massa:	735-770 kg
Explosivämne:	57 kg PBXN-109
Övrigt:	50 mm hölje bestående av nickel- och koboltlegerat stål (9430M). I förhållande till BLU-109/B erhålls dubbla penetrationsdjupet. Ballistiska egenskaper identiska med BLU-109/B erhålls med ett yttre aluminiumhölje med diametern 370 mm, detta skalas av vid anslag. Även versionen AUP-3M för AGM86D med diametern 370 mm under utveckling. Massan för denna stridsdel är osäker med uppgifter varierande mellan 576 och 874 kg, i det senare fallet anges explosivämnet till 43 kg PBXN-109.
Missiler/bomber:	Kompatibel med BLU-109/B stridsdel (GBU-15, -24, JDAM m fl.), AGM86D CALCM (AUP-3M)
Operativ:	Under utveckling

BLU-118B

Typ:	Penetrerande vapen med "thermobaric" stridsdel
Längd:	ca 2,5 m
Diameter:	370 mm
Massa:	ca 900 kg
Explosivämne:	ca 250 kg "thermobaric" stridsdel
Övrigt:	Baserad på BLU-109/B stridsdelen. Målsökare och styrsystem för BLU-109/B kompatibla med BLU-118/B.
Missiler/bomber:	Kompatibel med BLU-109/B stridsdel (GBU-15, GBU-24, AGM-130)
Operativ:	2002

BROACH (Bomb Royal Augmented CHarge)

Typ:	Tandemladdning, RSV-laddning och penetrerande stridsdel
Massa:	454 kg
Övrigt:	Penetrerar upp till 4 m betong beroende på anslagshastigheten. 70% av totala massan uppskattas utgöras av den penetrerande stridsdelen.
Missiler:	AGM-154 JSOW och SCALP EG/Storm Shadow
Operativ:	Under utveckling

I-250, se Small Smart Bomb**JAST-1000 (Joint Advanced Strike Technology, I-1000)**

Typ:	Penetrerande stridsdel
Längd:	1,82 m
Diameter:	295 mm
Massa:	432 kg
Explosivämne:	103 kg
Missiler:	AGM-158 JASSM
Operativ:	Under utveckling, operativ 2003

Lancer 2 multi-warhead system

Typ:	Tandemladdning, RSV-laddning och penetrerande stridsdel
Massa:	≈500 kg
Missiler:	TacTom (Tactical Tomahawk)
Övrigt:	Enligt uppgift penetreras 6 m armerad betong (Hewish, 2002a)
Operativ:	Under utveckling

Mephisto (Multi-Effect Penetrator High Sophisticated and Target Optimized)

Typ:	Tandemladdning, RSV-laddning och penetrerande stridsdel
Massa:	450 kg
Missiler:	KEPD 150/350
Operativ:	Under utveckling

Mk 82 och BLU-111/B

Typ:	Fragmenterande stridsdel
Längd:	2,21 m
Diameter:	273 mm
Massa:	241 kg
Explosivämne:	89 kg Tritonal, Minol eller H-6 (Mk82) PBXN-109 (BLU-111/B)
Missiler/bomber:	AGM154 JSOW, GBU-22/B

Mk 84

Typ:	Fragmenterande stridsdel
Längd:	3,84 m
Diameter:	460 mm
Massa:	894 kg
Explosivämne:	428 kg Tritonal eller H-6
Missiler/bomber:	GBU-10, -15, -24, -32, -36, AGM130

2.5.5. Ballistiska robotar

Ballistiska robotar är under större delen av banan ostyrda och är i huvudsak oberoende av aerodynamiska ytor för sin lyftkraft. Dessa robotar följer en ballistisk bana som delvis kan ligga utanför atmosfären, har hög nedslagshastighet och kan förses med slutfasstyrning för att öka precisionen. Hastigheten för ballistiska robotar ligger i intervallet 1 till 7,5 km/s. Möjligheterna att använda ballistiska robotar för konventionella insatser har ökat sedan Sovjetunionens kollaps, detta då varje avskjuten militär ballistisk robot med en räckvidd över ca 500 km betraktades som en trolig kärnvapenbärare. Därmed riskerades vedergällningsattacker (Tarras-Wahlberg m fl, 1995). Genom förbättrad precision kan ballistiska robotar utgöra ett militärt hot i framtiden. Ett effektivt skydd mot ballistiska robotar saknas i stor utsträckning. Det amerikanska Patriotsystemet använt under Gulfkriget är försett med en stridsdel anpassad för förstöring av ballistiska missiler. Utveckling av nya system för att ge skydd mot ballistiska missiler pågår internationellt.

2.5.6. Obemannade flygplan (UAV)

Användande av obemannade flygplan ("Unmanned Aerial Vehicles", UAV) är inget nytt utan har använts i trettioåret år, t ex har UAV:s utnyttjats för spaning under Vietnamkriget och senare i Kosovo. I det förstnämnda fallet utnyttjades AQM-34N Firebee som utvecklades ur ett obemannat målplan för övningsändamål. För AQM-34N har räckvidden angetts till nästan 4000 km och toppfarten till ca 700 km/h. Även Israel har använt sig av UAV:s för spaning under närmare tre decennier. Fördelen med en UAV är att uthålligheten ökar då hänsyn inte behöver tas till piloten, utan operatörer kan bytas under uppdragets genomförande. För riskfyllda spanings- och attack-uppdrag riskeras inte heller förlust av piloten, dock har tidigare en UAV värderats väldigt högt. Detta har resulterat i att risken att förlora en UAV har resulterat i att obemannade plan inte har utnyttjats optimalt tidigare.

I Kosovo började UAV:n RQ-1A Predator användas för spaning 1995 och under 2002 har USA använt UAV i Afghanistan för spaning och utpekning av mål med laser, men även som vapenbärare. För spaning har i huvudsak RQ-1A Predator och RQ-4 Global Hawk utnyttjats, men även mindre UAV har använts av specialförband t ex AeroVironments Pointer. Som vapenbärande UAV har RQ-1A Predator försedda med AGM-114 Hellfire missiler utnyttjats, enligt tillgängliga uppgifter användes även denna för anti-terroristattacken genomförd i Jemen den 3 november 2002. Anledningen till att förse en UAV med attackrobotar är att minska tiden från upptäckt till bekämpning av ett mål. Efterföljaren RQ-1B Predator kan dock inte förses med Hellfire missiler då denna flyger högre än maximala höjden för att skjuta dessa missiler (Sweetman, 2002), utan andra missiler kommer att utvecklas eller anpassas till denna UAV. Experimentplan av typen UCAV ("Unmanned Combat Aerial Vehicles") använts för närvarande som teknikdemonstratorer t ex Boeing X-45A. UCAV försedda med smygteknik beräknas finnas operativa i US Air Force 2008.

AeroVironment FQM-115A Pointer

Längd: 1,8 m
 Vingbredd: 2,7 m
 Massa: 3,2 kg inkl batterier
 Lastkapacitet: 0,9 kg
 Uthållighet: 1,5 h
 Hastighet: 30-80 km/h
 Övrigt: Leverans av mer 160 UAV till USA:s militär t o m hösten 2002

Air Force UCAV

Lastkapacitet: Preliminärt exempel; 12 SDB (Small Diameter Bomb)
 Övrigt: Den slutgiltiga versionen bedöms vara något större än experimentplanet Boeing X-45B.
 Operativ: 2008

Boeing X-45A

Längd: 8,0 m
 Vingbredd: 10,3 m
 Massa: 3630 kg (tom)
 Lastkapacitet: 1360 kg
 Övrigt: Obemannat experimentplan och teknikdemonstrator, första flygning 2001.

Boeing X-45B

Längd: 9,8 m
 Vingbredd: 14,3 m
 Övrigt: Obemannat experimentplan och teknikdemonstrator
 Utveckling ej påbörjad

RQ-1A Predator (Medium Altitude UAV)

Längd: 8,2 m
 Vingbredd: 14,8 m
 Massa: 1020 kg
 Lastkapacitet: 204 kg
 Flyghöjd: 7620 m
 Räckvidd: 726 km
 Uthållighet: mer än 20 h
 Hastighet: ≈220 km/h (max), 80-90 km/h ("cruise")
 Övrigt: Används i huvudsak för spaning (radar, IIR och TV), men kan även användas för utpekning av mål med laser och kan förses med AGM-114 Hellfire missiler (fr o m 2001).
 Operativ: 1995

RQ-1B Predator

Längd:	11 m
Vingbredd:	20 m
Massa:	4500 kg
Lastkapacitet:	340 kg internt, 1360 kg externt
Flyghöjd:	13700 m
Uthållighet:	mer än 24 h
Hastighet:	>400 km/h (max)
Övrigt:	Under utveckling

RQ-4 Global Hawk (High Altitude UAV)

Längd:	13,4 m
Vingbredd:	35,3m
Massa:	11612 kg fulltankad
Flyghöjd:	19800 m
Räckvidd:	22200 km
Uthållighet:	35 h
Hastighet:	640 km/h (max)
Övrigt:	"High Altitude UAV" som används för spaning, operativ 2002

2.5.7. Navigering och målsökning

Satellitnavigering (GNSS)

Det finns för närvarande två system för satellitnavigering. Dessa är det amerikanska GPS-systemet och det ryska GLONASS-systemet, dessutom är även ett europeiskt alternativ benämnt Galileo planerat. Se nedan för ytterligare information.

GPS (Global Position System)

Utveckling av GPS-navigering för styrda bomber och missiler pågår kontinuerligt för att öka träffsannolikheten och minska möjligheterna att störa positionsbestämningen. Förutsatt att målets lokalisering är känd kan GPS-navigering ge möjlighet till precisionsbekämpning vid dåliga siktförhållanden, detta till skillnad från laserstyrda system som kräver kontinuerlig utpekning av målet. För att uppnå den nödvändiga noggrannheten samt robusthet och störfasthet vid positionsbestämningen med GPS krävs tillgång till amerikanska försvarets krypteringskoder (P/Y-kod) för satellit-signalerna, i annat fall försämrats positionsbestämningen. Det amerikanska försvaret kan därmed bestämma noggrannheten för civila GPS-mottagare som saknar möjlighet att använda P/Y-koden genom att addera ett klockfel i GPS-systemet. Detta benämns "Selective Availability" (SA) och tillämpas inom valda geografiska områden. För den civila C/A-signalen är noggrannheten 10 m i normalfallet, men kan genom det adderade klockfelet ökas till 100 m. För närvarande används dock SA av C/A-signalerna bara över vissa specifika områden, varvid noggrannheten vid positionsbestämning med GPS-mottagare utan dekryptering har ökat för övriga områden.

För att civilt, och även militärt, erhålla bättre positionsangivelser kan differentiell GPS användas. Med differentiell GPS (DGPS) bestäms felet för positionsbestämningen genom att jämföra beräknad och känd position för en referenspunkt och det beräknade positioneringsfel sänds sedan via länk till differentierade GPS-mottagare som uppdaterar den bestämda positionen baserad på satellitsignalerna. Tarras-Wahlberg m fl. (1995) anger 95% sannolikhet för träff inom 5 meters radie för robotar med ostörd DGPS, samt att detta motsvarar ett CEP värde på ca 2,5 m. CEP anger radien för 50% träffsannolikhet och anges ofta till 3 m för de vapensystem som är under utveckling för närvarande. Detta gäller för DGPS utan fasmätning, dessutom försämras systemets noggrannhet med ökat avstånd mellan referensmottagare och DGPS-mottagare.

Sammanfattningsvis gäller följande positionsnoggrannheter för GPS: Avsiktligt störd civil (C/A-mod) 100 m, civil ej störd (C/A-mod) 10 m (efter 2008: 6 m), militär (P/Y) kod 6 m (efter 2008 2-5 m), differentiell mod med bra mottagare 1-2 m, differentiell mod med avancerad mottagare 0,5 m (Hansson, 2001b). Det är dessutom viktigt att inse att svensk DGPS går att använda för att navigera kryssningsrobotar med precision mot mål i Sverige, ett exempel på DGPS-sändare är Sjöfartsverkets radiofyrrar.

Genom att exempelvis använda fasmätande system, samt dubbeldifferenser i frekvens mellan satelliter och GPS-mottagare, kan noggrannheten för positioneringen ökas. I framtiden kan utnyttjande av trippeldifferenser i de moderniserade GPS eller Galileo systemet ytterligare förbättra prestanda för denna typ av system. I framtiden anses det möjligt att erhålla positioneringsangivelser med cm noggrannhet med GPS-system.

Glionass (GLObal NAVigation Satellite System)

Ett alternativt positioneringssystem för satellitnavigering är det ryska Glionass systemet. Precis som för det amerikanska GPS systemet finns det två noggrannheter att tillgå, en störd signal för civilt bruk och en noggrann positionsbestämning för militär användning. För att erhålla bättre positionsangivelser kan en differentiell mottagare användas för korrigering av positionen. Noggrannheten för systemet i framtiden bedöms vara likvärdig med GPS-systemet.

Galileo

Beslut har fattats om ett europeiskt alternativ för positionsbestämning via satelliter benämnt Galileo. Detta system beräknas vara operativt 2008. Även i detta fall kommer differentiella system att öka noggrannheten. Tekniskt sett är det möjligt att erhålla samma noggrannhet som för GPS, dock finns flera outredda frågor angående tillgängligheten för krypterade signaler och noggrannheten som erhålls baserad på den okrypterade signalen då systemet endast är på planeringsstadiet.

Tröghetsnavigering (INS)

Med tröghetsnavigering (Inertial Navigation System, INS) registreras ett styrt vapens rörelser och aktuell position räknas fram med utgångspunkt från senast kända position, vilket leder till fel i positionsbestämningen p g a mätfel och avdrift. Missilens position uppdateras därför med utgångspunkt från kända punkter med hjälp av TV-, IIR- eller radarmålsökare (se nästa sida). INS används ofta i kombination med GPS-navigering för slutfasstyrning om GPS-signalen är störd. INS-system är ej möjliga att störa, då dessa ej använder sensorer för mätningar.

Korrelationsnavigering (TRN)

Vid korrelationsnavigering (Terrain Referenced Navigation, TRN) utnyttjas jämförelse mellan t ex radarbilder och kända terrängmönster och höjdkonturer för positionsbestämning.

Radar och IIR (Imaging InfraRed)

Sökare känsliga för infrarött ljus eller radar kan användas då målet inte är detekterbart med sökare som arbetar inom det synliga spektrumet. Både för radar-, IIR- och TV-bilder används bildanalys för att känna igen kända punkter och mål i terrängen. Dessa typer av målsökare kan användas för slutfasstyrning av vapen med GPS-navigering. Även laser-radarmålsökare kan användas på samma sätt för att avbilda målet, s k Ladar/Lidar. Vapensystem för automatisk målidentifiering och bekämpning är dessutom under utveckling, t ex LOCAAS. Anti-radarmissiler har istället passiva radarmålsökare för detektering av radarsändare, vilket resulterar i att radaranläggningar relativt enkelt kan lokaliseras. IR-målsökare arbetar normalt i de våglängdsområden där den atmosfäriska dämpningen är låg, d v s våglängderna 3-5 µm och 8-12 µm. Se även sensorer för VMS senare i rapporten.

EO (Electro Optical)

Vid god sikt kan elektro-optiska sökare för visuell ljusvåglängd (TV, Electro Optical) användas. Dessa kombineras ofta med en tvåvägs datalänk till en operatör och kan användas för att bestämma träffpunkt i målet eller för slutfasstyrning. Egentligen är även sökare för andra våglängdsområden elektro-optiska, men i dessa fall specificeras normalt även våglängdsområdet t ex IR-sökare (IIR). Se även sensorer för VMS senare i rapporten.

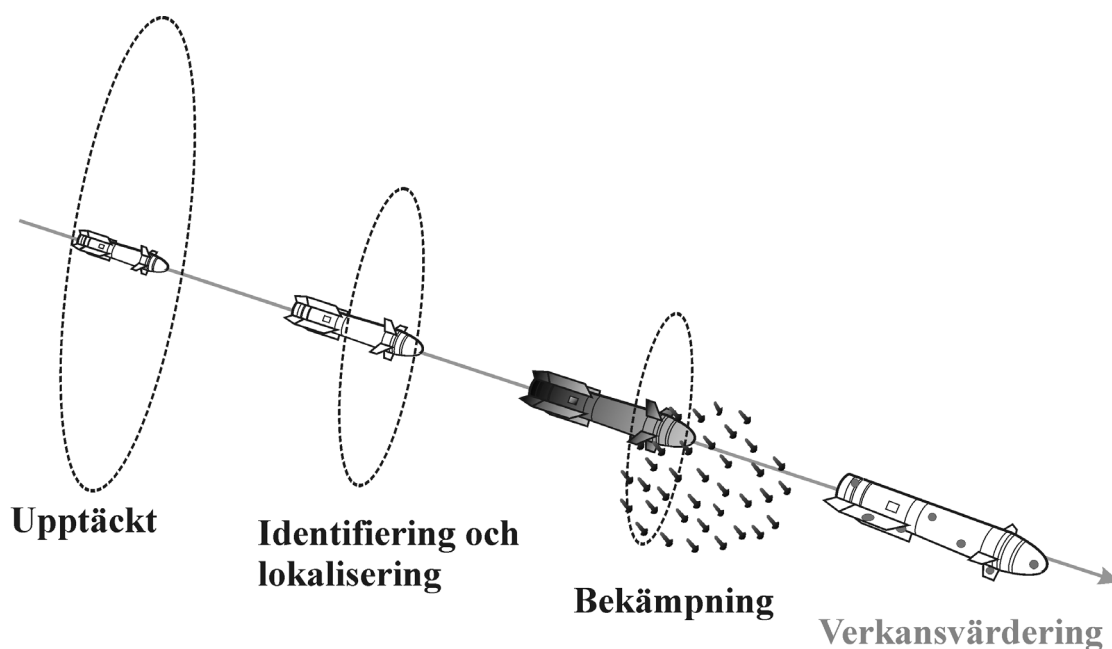
Laserstyrda bomber (LGB)

Laserstyrda bomber (Laser Guided Bombs) används för precisionsbekämpning i de fall målet kan belysas med en laser, d v s vid goda siktförhållanden. Bombens målsökare låser på det belysta området i målet. Möjligheter finns därmed att dölja målet från utpekning och därmed minska möjligheterna till precisionsbekämpning med denna typ av målsökare. Detta kan ske genom användande av skärmar med maskering eller system baserade på rök eller dimma som aktiveras vid laserutpekning (Ekblom och Dygéus, 2001). Laser-styrning kan även kombineras med GPS-navigering och därmed ge möjlighet till ökat träffsannolikhet genom slutfasstyrning vid precisionsbekämpning. Detta resulterar i att belysningstiden för lasern kan reduceras och därmed minskas även förvarningstiden.

3. Varnings och motverkanssystem

Varnings och motverkanssystem (VMS) används för närvarande på plattformarna fartyg och flyg, finns på eller är under utveckling för fordon och kan i framtiden (närmare 2025) finnas för enskilda soldater (Svensson, 2000). Vid utveckling av VMS för anläggningsplattformar är det möjligt att använda samma typer av skyddssystem och även delkomponenter från system framtagna för andra plattformar, bl a fartyg och fordon. VMS kan vara av två huvudtyper, sensoraktiverade skydd med verkansdel (SAS), samt skydd mot upptäckt exempelvis aktivering av vattendimma eller rök. De sensoraktiverade skydden kan användas dels för bekämpning inom målets närområde och dels för bekämpning på upp till ca 100 m (fjärrbekämpning). Den senare varianten minskar kraftigt restverkan i målet och en variant är ett sensoraktiverat skydd benämnt "Small Low cost Interceptor Device" (SLID) framtaget i USA inom ett projekt för öka markstridskrafterns effektivitet. Inom projektet "Suite of Survivability Enhancement System" utvecklas en serie av olika skydd. Denna typ av system kan exempelvis användas för att skydda robotbatterier, flygplatser och även anläggningsplattformar då restverkan i målet blir begränsad. Ett annat system framtaget för skydd mot pansarvärnsrobotar är "Tank Anti-Missile System" (TAMS) som bygger på radarsensorer och två parallella kulsprutor eller ett 40 mm granatgevär. Inkommande robotar detekteras på 600-900 m och målet är att få roboten att avvika från kursen, samt även minska restverkan i målet (Sjölander och Dickman, 1996). I vissa fall kan gränsdragningarna mellan SAS och luftvärn vara något oklar. Dessa system kan överlappa varandras täckningsområden i framtiden. De skyddsprinciper och komponenter som har utvecklats eller är under utveckling för skydd av fordon och fartyg kan även tillämpas på anläggningsplattformar.

I ett system för sensoraktiverat skydd ingår sensorer, eldledning och verkansdel. Dessutom är även ett visst skydd mot restverkan nödvändigt för objektet. Vid bekämpning ska systemet upptäcka, identifiera och lokalisera stridsdelen, samt bekämpa denna varefter en viss restverkan kommer att erhållas i det egentliga målet beroende på den skada stridsdelen erhållit. Se figur 1 nedan. Sensorer kan vara av olika typer, exempelvis IR, optiska och radar. Inom detta område pågår forskning inom ett flertal andra projekt varför sensorer ej kommer att beaktas i denna studie. Detsamma gäller eldledningssystem. Vid utveckling av ett system är dock dessa faktorer viktiga för att bedöma möjligheterna för bekämpning ("Interception") av stridsdelen. Det aktuella bekämpningsavståndet kommer att avgöra vilken typ av verkansdel som är lämplig för ett sensoraktiverat skydd, exempelvis är det möjligt att erhålla avsedd skyddsverkan med en mindre verkansdel vid tidig upptäckt och bekämpning. Däremot ger en sen upptäckt av hotet att det krävs ett kraftigare skyddssystem för att erhålla acceptabelt skydd.



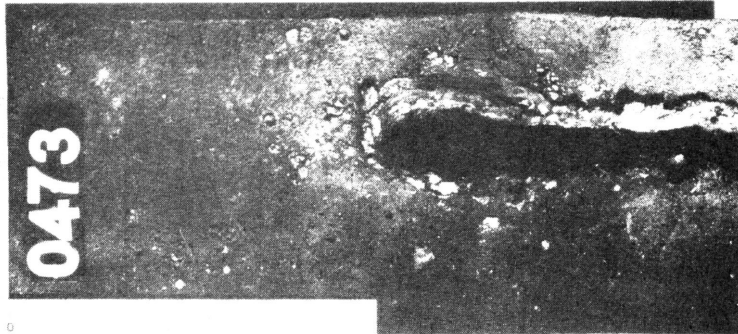
Figur 1. Huvudsakliga faser för ett sensoraktiverat skydd d v s upptäckt, identifiering, lokalisering och bekämpning. Eventuell verkansvärdering och även bedömning av restverkan är främst aktuell under utvecklingsfasen av systemen.

3.1. Verkansdel

En verkansdel för ett sensoraktiverat skydd är normalt optimerad mot vissa typer av hotbilder. Detta gör att ett flertal kompletterande verkansdelar av olika typ kan vara nödvändiga för att erhålla en acceptabel skyddsnivå. Exempel på verkanssystem diskuteras nedan.

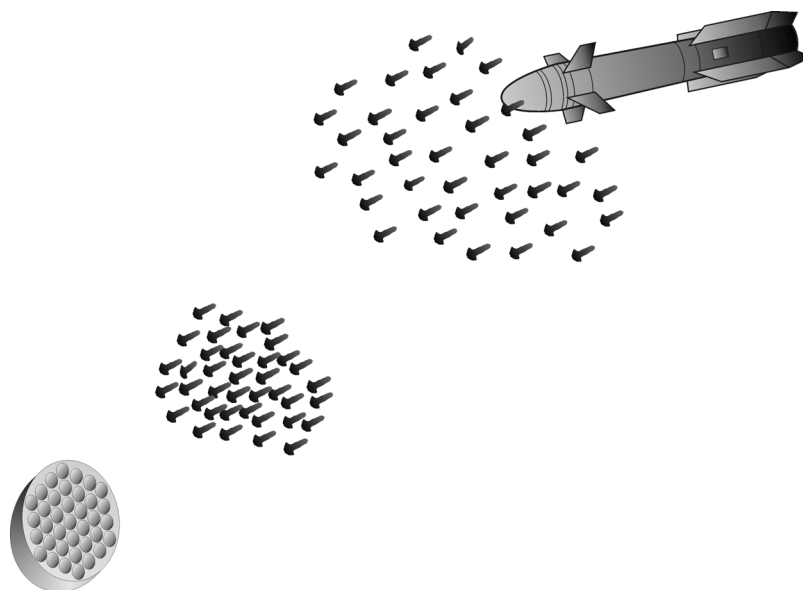
Penetrationsdjupet för en penetrerande bomb avsedd att slå ut undermarksanläggningar kan kraftigt reduceras genom att initiera explosivämnet ovan marknivå. Detta förutsätter att explosivämnet i bomben går att initiera exempelvis med en RSV-stråle. Då dessutom RSV-laddningen och inkommande stridsdel kommer att röra sig relativt varandra under RSV-strålens inträngning erhålls en reducerad verkan av RSV-strålen. Denna effekt uppkommer trots att RSV-strålens hastighet är ca 10 gånger högre än hastigheten för den penetrerande bomben. Exempel på verkan av RSV-laddningar mot rörliga stålmal i hastighetsintervallet mellan 100 och 260 m/s redovisas av Ekberg (1978). Då målmateriallets rörelse har en komposant vinkelrätt mot RSV-strålen kommer strålfragmenten att vara sidoförskjutna relativt målet, varvid ett avlångt hål kommer att bildas under penetrationsförloppet, se figur 2. Denna effekt kompenseras för i RSV-laddningar som är designade för att slå ut stridsvagnar och andra pansarfordon ovanifrån, dock är hastighetsskillnaden mellan mål och RSV-laddning i stort sett känd för det fallet. Ytterligare en aspekt att beakta är att strålbildade RSV-laddningar ska utlösas på ett optimerat avstånd ("stand off") för att vara effektiva. Denna skyddsprincip förutsätter dock att explosivämnet i den penetrerande stridsdelen är möjligt att initiera med strålbildande eller projektilbildande RSV. Studier av initiering av explosivämnen med strålbildande och projektilbildande RSV redovisas av Baker och Delaney (1998). Studier av initiering av explosivämnen med strålbildande RSV redovisas dessutom i Zukas (1990) och Chick m fl (1998). Då utvecklingen på vapensidan beaktar okänslig ammunition och sprängämnen för att öka säkerheten vid eventuella olyckor är det sannolikt att det i

framtiden kommer att användas explosivämnen som är svåra att initiera med en RSV-stråle eller projektilbeskjutning. För närvarande är plastbundna explosivämnen (Plastic Bounded Explosives, PBX) vanliga för okänslig ammunition då dessa kräver högre energi för att initieras jämfört med exempelvis tritonal och Composition H-6. Baker och Delaney (1998) har studerat användandet av RSV för initiera granater fyllda med tritonal, Composition H-6 och PBXN-109, samt jämfört typen av reaktioner för de olika sprängämnerna. Denna utveckling kan begränsa den effektiva målarean på stridsdelen till tändsystem, samt styrsystem vid bekämpning av målet på längre avstånd.



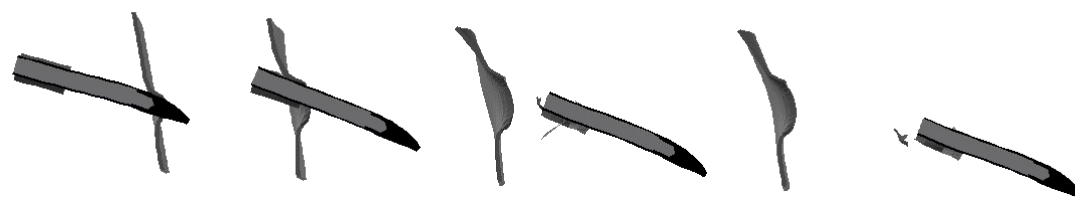
Figur 2. Rörlig stålplåt med hastigheten 260 m/s beskjuten vinkelrätt rörelseriktning med strålbildande RSV (Ekberg, 1978).

För att täcka en större målyta och öka träffsannolikheten utvecklas verkansdelar för sensoraktiverade skydd för fordon baserade på multipla projektilbildande RSV (Multiple Explosive Formed Projectiles, MEFP). Denna typ av RSV-laddning bildar ett antal projektiler som sprids över ett avgränsat område, se figur 3. Projektilhastigheten för projektilbildande RSV är ca 2000 m/s och genomslag i stål för den bildade projektilen är ungefär lika med (sub-)stridsdelens diameter (Lidén m fl, 1994). Genomslaget kan ökas genom att använda en tyngre metall t ex en tantallegering till RSV-konen, samt explosivämnen med högre energiinnehåll och detonations-hastigheter. För projektilbildade RSV med en kon av tantallegering kan en ökning av penetrationsdjupet på mer än 30% erhållas genom byte av explosivämne från LX-14 till TNAZ och CL-20 baserade explosivämnen (Moser m fl, 2002).



Figur 3. Verkansdel för sensoraktiverat skydd med multipla projektilbildande RSV (MEFP). Förutom laddning visar principfiguren projektilernas läge vid två tidpunkter.

För längre projektiler och bomber med ett förhållande mellan längd och diameter mellan 9 och 10 kan penetrationsdjupet antagligen minskas betydligt genom att införa en geometrisk störning (Hansson, 2002). En sensoraktiverad geometrisk störning kan vara en plåt eller stång som träffar projektilen innan anslag för att utsätta den penetrerande stridsdelen för snedkrafter, exempelvis en rotation som gör att projektilen deformeras under penetrationsfasen (se figur 4). En geometrisk störning kan även erhållas genom fast monterade skydd, för jämförelse se figurer 5 och 6. Denna typ av skydd mot KE-projektiler studeras inom projektet ”Tunga skydd” vid FOI (Lidén och Johansson, 2002).



a)

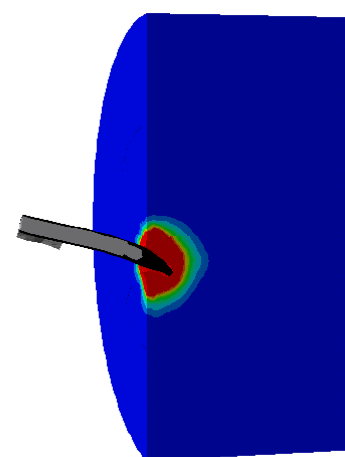
b)

c)

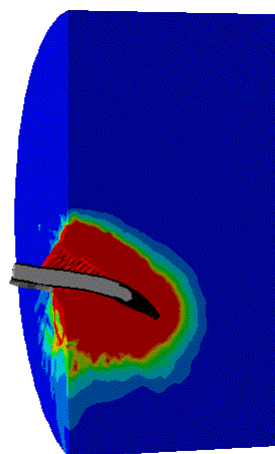
d)



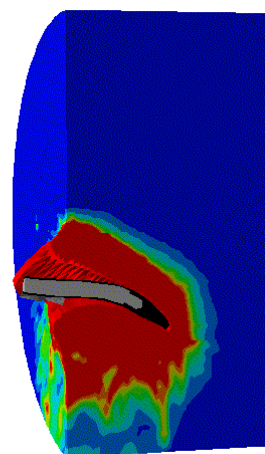
e)



f)



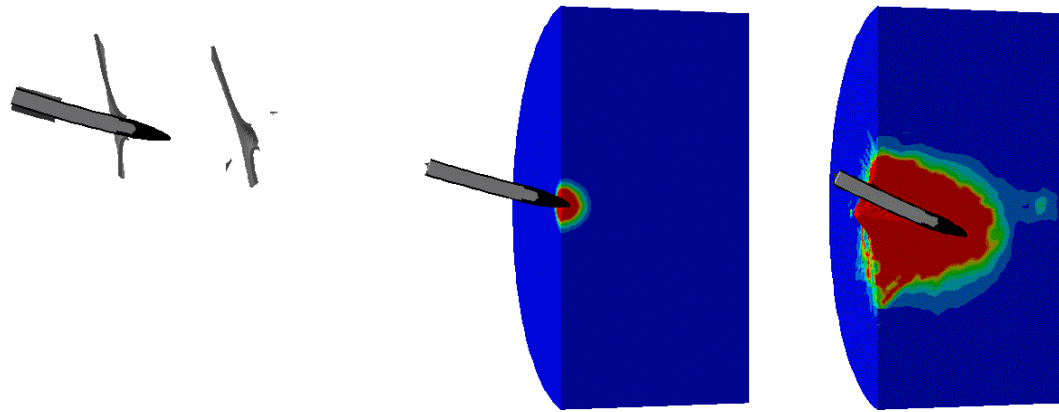
g)



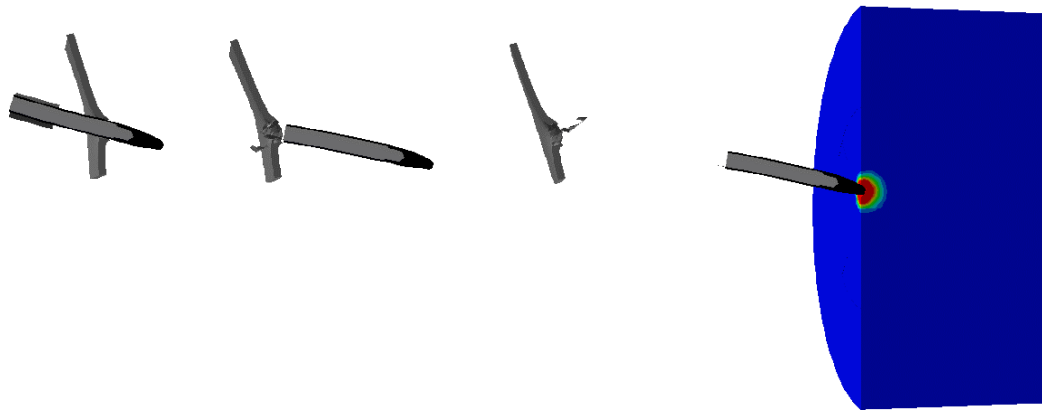
h)

Figur 4.

Simulering av verkan mot en penetrerande stridsdel för ett sensoraktiverat skydd baserat på geometrisk störning med utkastad stålplåt. Stålplåtens tjocklek är $0,2 \times$ projektilens diameter och hastigheten för plåten är approximativt samma som för stridsdelen.



a) b) c)
 Figur 5. Simulering av verkan mot en penetrerande stridsdel för ett skydd baserat på geometrisk störning med stillastående stålplåt. Stålplåtens tjocklek är $0,2 \times$ projektilens diameter.

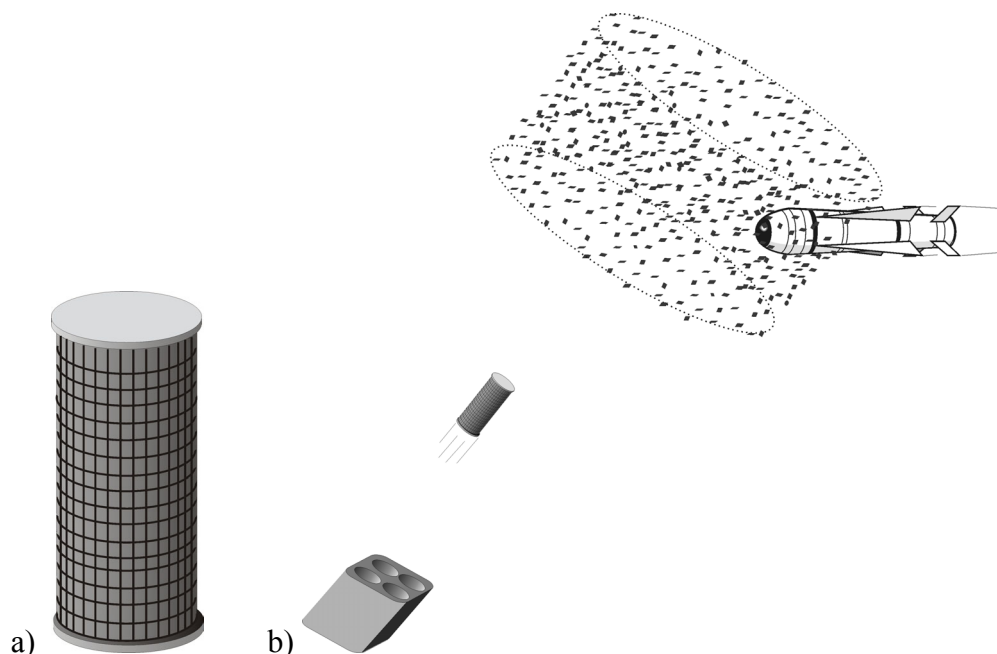


a) b) c)
 d) e)
 Figur 6. Simulering av verkan mot en penetrerande stridsdel för ett skydd baserat på geometrisk störning med stillastående stålplåt. Stålplåtens tjocklek är $0,4 \times$ projektilens diameter.

Laddningar med förfragmenterade splitter eller styrd fragmentering kan vara ett alternativ för att skada en infallande bomb. Används denna typ av verkansdel är det lämpligt att bekämpningen utförs på relativt stort avstånd från målet. Anledningen till detta är att de mest sårbara delarna på en styrt vapen är målsökning och styrsystem. Därmed blir den avsedda verkan att träffsannolikheten för bomben eller missilen reduceras. Är avståndet litet mellan projektil och egentligt mål vid utlösande av verkansdelen i skyddssystemet kan restverkan i målet annars bli betydande. Verkan från splitterladdningar kan ökas genom användande av tungmetallsplitter istället för stålsplitter, samt genom utnyttjande av nya explosivämnen. Verkan från en splitterstridsdel kan även ökas genom utnyttjande av riktad splitterverkan, detta kan både öka splitterhastigheten och splittertätheten inom avsett område (Held, 2002).

För att minska verkan från RSV-laddningar kan olika typer av splitterladdningar användas, detta då en RSV-laddnings penetrationsdjup kraftigt minskas vid skada som påverkar konens och/eller sprängämnets geometri (Chanteret, 2001). Skadas dessutom tändsystem kan restverkan i målet utebli helt. Ett annat exempel på verkansdel för sensoraktiverade skydd är utkastade plåtar för att störa en RSV-stråle på liknade verkanssätt som ERA-paneler. I bägge dessa fallen kan restverkan i det egentliga målet minskas avsevärt. Se även kapitlet om kompletterande skydd med användning av ERA-paneler senare i rapporten.

Laddningar med riktad splitterverkan är de verkansdelar för ett sensoraktiverat skydd som anses vara lämpligast och mest flexibla för att skydda stridsfordon (Vives m fl, 2002). Dessa laddningar har normalt antingen förfragmenterade splitter eller styrd fragmentering, se figur 7. För att bedöma lämpligt val av verkansdel för skydd av stridsfordon har sannolikhetsanalyser för träff och verkan i målsökare, stridsdel och framdrivning genomförts för de aktuella hotbilderna. De verkansdelar som studerades var splitter, projektilbildande RSV (EFP), strålbildande RSV och utkastade stålstänger. För att bedöma val av verkansdel för ett sensoraktiverat skydd för anläggningsplattformar bör en liknade studie genomföras. Dessutom bör ytterligare typer av skydd mot precisionsbekämpning beaktas och även eventuell restverkan orsakad i anläggningsplattformen. Detta ligger dock inte inom denna förstudies avgränsning, men bör innefattas i framtida forskning.



Figur 7. Verkansdel för sensoraktiverat skydd med styrd fragmentering (a) och principfigur av bekämpning (b).

3.2. Sensorer

Val av sensorer för ett sensoraktiverat skydd avgör vilka typer av vapen som går att upptäcka och bekämpa. Sensorer för denna typ av system kan vara av både passiv och aktiv typ. För den senare typen finns risken att sensorn, t ex radar, kan leda till upptäckt av en anläggnings lokalisering. Krav på radar för ett aktivt skydd är redovisat av Kjellgren (1996). Då även missilen som ska bekämpas kan vara beroende av målsökare finns det en möjlighet att störa denna med exempelvis laser för störning av IR-målsökare. För detta finns under utveckling t ex ryska system till flygplan (Lok, 2002). Används missiler eller styrda bomber med aktiva radarmålsökare är det möjligt att detektera en missil med passiva radarmålsökare, dock kan förvarningstiden för ett sensoraktiverat skydd vara kort om missilens radarmålsökaren endast används vid slutfasstyrningen av missilen. Våglängdsområdena i det elektromagnetiska spektrumet redovisas i tabell 1 nedan. Se även målsökare för stridsdelar tidigare i rapporten.

Tabell 1. Det elektromagnetiska spektrumet indelat i ungefärliga våglängdsområden.

Beteckning	Område	Våglängd	Kommentar
UV	Ultraviolett	0,20-0,35 μm	UV, VIS och NIR reflekteras naturligt från objekt
VIS	Visuellt	0,35-0,75 μm	
NIR	Närinfrarött	0,75-2,40 μm	
TIR	Termiskt infrarött	3,0-12 μm	Värmestrålning
Radar	Radar	1 mm –100 m	

3.3. Skydd av komponenter för SAS

För sensoraktiverade skydd som skyddar närområdet kring en anläggning eller ett fordon krävs att ett effektivt skydd mot restverkan finns för systemets komponenter. Detta för att systemet inte ska slås ut efter detonationen från bekämpningen av första projektilen. Sensorer och till viss del även verkansdelarna är känsliga för framförallt splitter, exempelvis från splitterbomber.

4. Kompletterande skydd för anläggningsplattformar

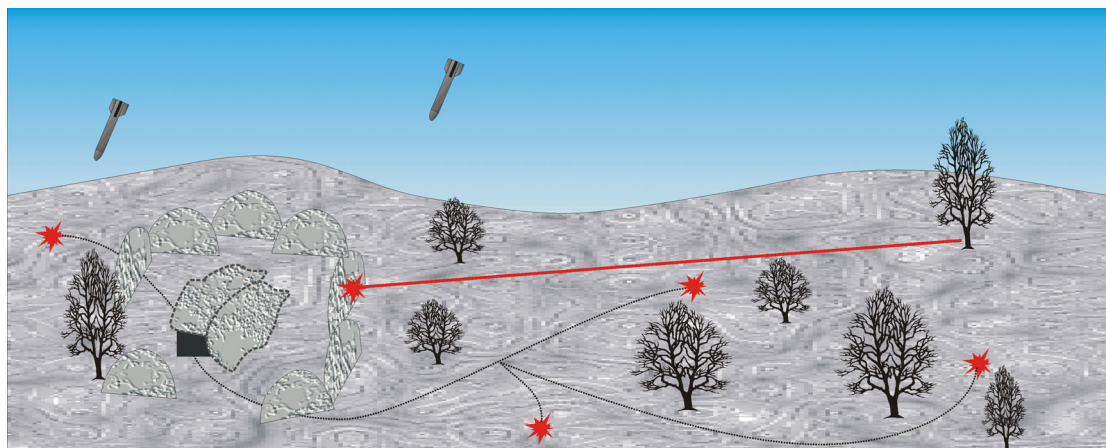
För att komplettera skyddet från VMS kan detta kompletteras med passiva skydd, t ex nät för utlösning av RSV och anpassning/maskering (SAT) för att förhindra upptäckt. Beroende på vilken typ av anläggningsplattform som ska skyddas finns även andra möjligheter att förhindra precisionsbekämpning av objektet. Val av anläggningens konstruktiva utformning kan ytterligare minska verkan vid precisionsbekämpning.

4.1. RSV-skärmar

RSV-skärmar av ståltrådsnät, stålror eller stålstänger kan användas för att utlösa RSV-laddningar på avstånd som överstiger "stand off" avståndet. Detta gör att penetrationsdjupet för RSV-strålen i det egentliga målet kraftigt minskar. Denna typ av skärmar förses normalt med maskering och bidrar därmed även till ett visst skydd mot laserutpekning från marknivå. En begränsning är att det är svårt att erhålla skydd mot laserutpekning och vapenverkan ovanifrån, d v s laserutpekning från flygplan och insatser med styrda missiler/bomber.

4.2. Skydd mot utpekning med laser

Förutom skärmar försedda med "insynsskydd" avsedda att utlösa RSV-laddningar innan träff (se figur 8 nedan), kan vattendimma och rök användas för att dölja ett mål. Skyddsprincipen är att laserstyrda bomber och missiler ska missa det egentliga målet och istället träffa i utkanten av molnet av vattendimma eller rök. System baserade på vattendimma kan ge multispektral täckning av aktuell anläggningsplattform (Eklblom och Dygéus, 2001). En komplettering till ovanstående system kan vara att projicera ett flertal falska laserpunkter exempelvis via fiberoptik vid sidan av målet, se figur 8. För att åstadkomma denna typ av falska utpekning måste lasermoduleringen för aktuell laserutpekning bestämmas och återskapas för skenmålen.



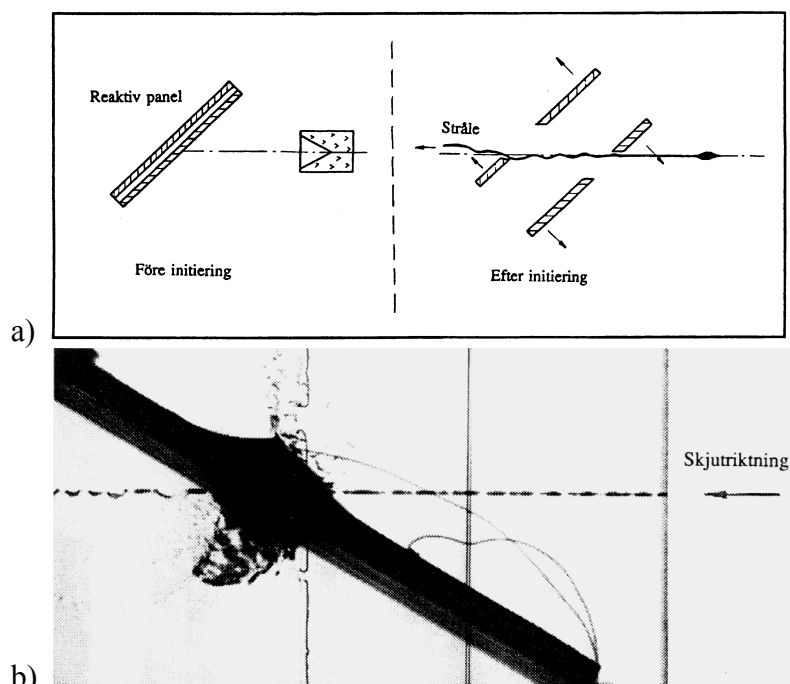
Figur 8. Skärm med maskering för att hindra utpekning med laser, samt utlösa projektiler RSV-laddningar. Skyddet kompletteras även med falska laserkällor.

4.3. Störsändare

För att förhindra användning av system för satellitpositionering (GPS, Galileo och Glonass) inom avgränsade områden kan störsändare vara ett användbart alternativ. En störsändare kan inom radien 10 km kraftigt reducera träffsannolikheten för missiler med GPS-navigering, dock är den krypterade signalen (P/Y-kod) svårare att störa och kan kräva utnyttjande av riktade störsändningar direkt mot inkommande robotar och missiler. För att förhindra detta utvecklas för närvarande anti-störningsteknik för positionsbestämning via satelliter. För att få avsedd skyddsverkan behöver skyddssystem baserade på telekrig en längre förvarningstid än system med möjlighet att skjuta ner en robot eller missil. Anledningen är att satellitpositionering normalt kombineras med tröghetsnavigering för att minska möjligheterna till bekämpning med telekrig. Speciella mottagarantennar, såsom CRPA (Controlled Area Antenna) ger under vissa förhållande kryssningsrobotar ett gott skydd mot störsändare (Hansson, 2001b). Störning kan främst utnyttjas mot långsamma kryssningsmissiler, då störning av höghastighetsmissiler måste sättas in på längre avstånd. För en missil med hastigheten Mach 0,7 anges att för att öka bomavståndet från 1 till 10 m är minsta störavståndet 25 km för en robot med INS och P-kodad GPS, vilket dessutom slår ut civil GPS inom 1000 km. Terrängen får inte vara sådan att störsignalen maskas inom störområdet, då detta resulterar i en uppdatering av positionen via satellitpositionering. För ytterligare information om telekrig som skydd hänvisas till Hansson (2001b). Genom att använda ett flertal mindre störsändare utspridda i det aktuella området kan sändareffekten reduceras och störningar utanför aktuellt område minskas.

4.4. ERA-paneler

ERA-paneler är främst avsedda för att skydda mot RSV-laddningar, men vissa typer är anpassade för att även ge skydd mot pilprojektiler (KE-projektiler). Dessa paneler kastar ut en plåt som stör stridsdelen efter anslag, se figur 9 nedan. Utvecklingen av ERA-paneler har lett till utveckling av tandemladdningar, där en mindre RSV-laddning utlöser ERA-panelen, varefter ytterligare en RSV-laddning detonerar och kan slå ostört i bakomliggande material/pansar. För att vara effektiva bör dessutom RSV-strålen träffa panelen snett, detta på grund av att skyddsförmågan minskar kraftigt vid vinkelrätt anslag. Denna typ av skydd kan reducera verkan från penetrerande vapen med tandemladdningar bestående av RSV-laddning och efterföljande penetrerande stridsdel. Det finns dock en risk att denna typ av paneler är känsliga för initiering vid träff av större splitter från bomber och substridsdelar med RSV-laddningar. En träff från en splitterbomb kan därmed skada panelerna inom ett begränsat område.



Figur 9. ERA-panelers som skydd mot RSV, principfigur (a) och experiment (b) (Lidén m fl, 1994).

En vidareutveckling av denna skyddsprincip kan vara aktiva skydd baserade på plåtar eller stänger som skjuts eller kastas ut mot en lokaliserad inkommande missil, så att denna störs innan anslag.

4.5. Signaturanpassningsteknik

Signaturanpassningsteknik (SAT) eller maskering kan användas för att förhindra upptäckt och lokalisering av anläggningar. De två metoder som används är absorberande material och bortreflektion via plana ytor, vilket ger F-117A Nighthawk och andra plattformar med s k smygteknik deras karakteristiska utseende. Översikt av signaturanpassningsteknik för fortifikatoriska anläggningar (Forsberg och Staaf, 1998) och av radarabsorberande material (Ousbäck och Larsson, 2000) har tidigare redovisats. För anläggningar med känd lokalisering, t ex lokaliserade med hjälp av satellit eller flygspaning, krävs även att objekt som kan användas för korrelation exempelvis mot tidigare erhållna radar- eller IR-bilder måste maskeras eller tas bort. Detta då dessa kan användas som referenspunkter för missiler eller styrda bomber med slutfasstyrning.

Maskeringsnät och system med skydd mot UV, visuell, NIR, TIR och radar utvecklas för bl a personal, fordon och fasta installationer/anläggningar. Exempel på tillverkare av dessa maskeringsnät är SAAB Barracuda. För våglängdsområdena UV, visuellt och NIR anpassas materielens reflektion till bakgrundens naturliga reflektion, detsamma gäller även radarområdet. Värmestrålning (TIR) utgör inte reflekterad strålning från objektet, men även i detta fall anpassas signaturen från materialet till omgivande bakgrundsstrålning. Detta är speciellt viktigt för de våglängder där atmosfären har stor genomsläpplighet för termisk IR, d v s våglängderna 3-5 μm och 8-12 μm . Indelningen i våglängdsområden för elektromagnetisk strålning har tidigare redovisats i tabell 1.

Användande av SAT som skydd mot precisionsbekämpning är speciellt lämpligt för objekt där det förekommer oskyddad personal eller otillräckligt skydd för personalen och anläggningsplattformen. Befintlig infrastruktur kan även utnyttjas för att reducera risken för upptäckt och lokalisering (Elfving, 2000). För närvarande pågår utveckling av en databas innehållande bedömd skyddsförmåga och lokalisering för objekt som kan utnyttjas vid fast/rörligt uppträdande (Elfving, 2002).

4.6. Luftvärn

Luftvärn kan bestå av luftvärnsrobotar ("surface to air missile", SAM) eller luftvärnspjäser. Nuvarande och framtida utveckling kommer med all sannolikhet att höja träffsannolikheten för denna typ av system. Fördelen med att utnyttja luftvärn för att förhindra precisionsbekämpning är att oskyddad personal normalt kan befinna sig utanför riskområdet vid bekämpning och en nackdel är att det finns ytterligare mål som behöver skyddas, d v s avskjutningsramper och eldledning. Även olika typer av luftvärnspjäser, t ex med 40 mm kaliber, kan användas för skydd mot missiler. Enligt tidigare studier saknar för närvarande, och även i tidsperspektivet 15-20 år, försvaret möjlighet att skydda mer än enstaka skyddsobjekt mot attacker från enstaka kryssningsmissiler (Hansson, 2001a).

5. Motmedel mot sensoraktiverade skydd

För att bekämpa mål med sensoraktiverade skydd utvecklas ett flertal metoder parallellt med utvecklingen av skyddssystemen, t ex kan system för sensoraktiverade skydd mättas om det tvingas att hantera ett flertal samtidiga hot eller kan systemet tillfälligt förblindas vid vapenverkan. Även robotar med liten signatur (smygteknik) eller hög hastighet kan vara svåra att upptäcka i tid för att bekämpa med ett sensoraktiverat skydd.

5.1. Upprepad bekämpning

En anläggningsplattform riskerar att utsättas för upprepad bekämpning vid utebliven verkan. Splitterskydd av sensoraktiverade skydds komponenter, t ex sensorer, är därmed mycket viktigt för att säkerställa systemets funktion. Skadas enskilda komponenter av splitterbomber eller av splitter vid bekämpning av inkommande robotar kommer skyddsförmågan för det sensoraktiverade skyddet att vara reducerad vid nästa bekämpning. Det är därför viktigt att skyddets motstånd mot upprepad bekämpning beaktas vid designen av ett skydd baserat på varnings- och motverkanssystem.

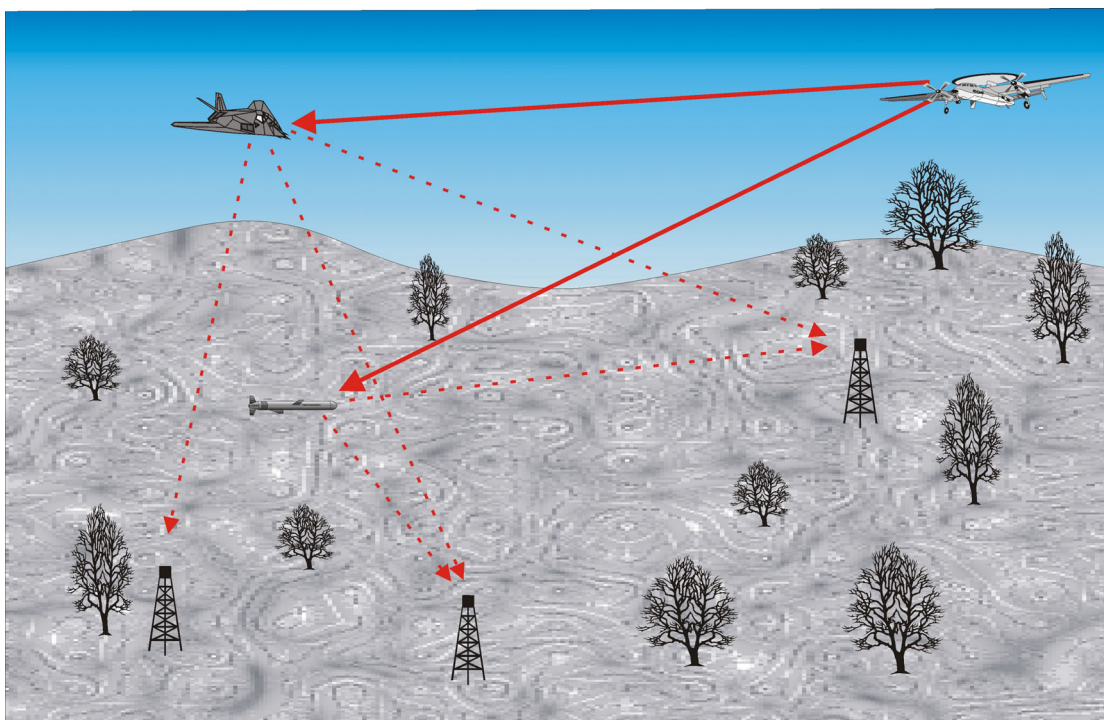
5.2. "Double firing"

"Double firing" utnyttjar sensorernas blinda fönster efter att en inkommande bomb eller missil har bekämpats. Detonationen av någon form av försvarsladdning och eventuell detonation av inkommande bomb eller missil gör att systemets sensorer kommer att störas. Detta orsakas av att värmestrålning, sekundärsplitter, splitter och rök påverkar sensorerna. Målet är att den andra missilen ska träffa målet innan det sensoraktiverade skyddet är aktivt igen, dock ska avståndet mellan missilerna vara så stort att den efterföljande missilen inte råkar bli skadad samtidigt som den första missilen förstörs. För missiler med hög hastighet kan tiden mellan stridsdelarnas ankomst vara kort, trots att avståndet mellan stridsdelarna är långt.

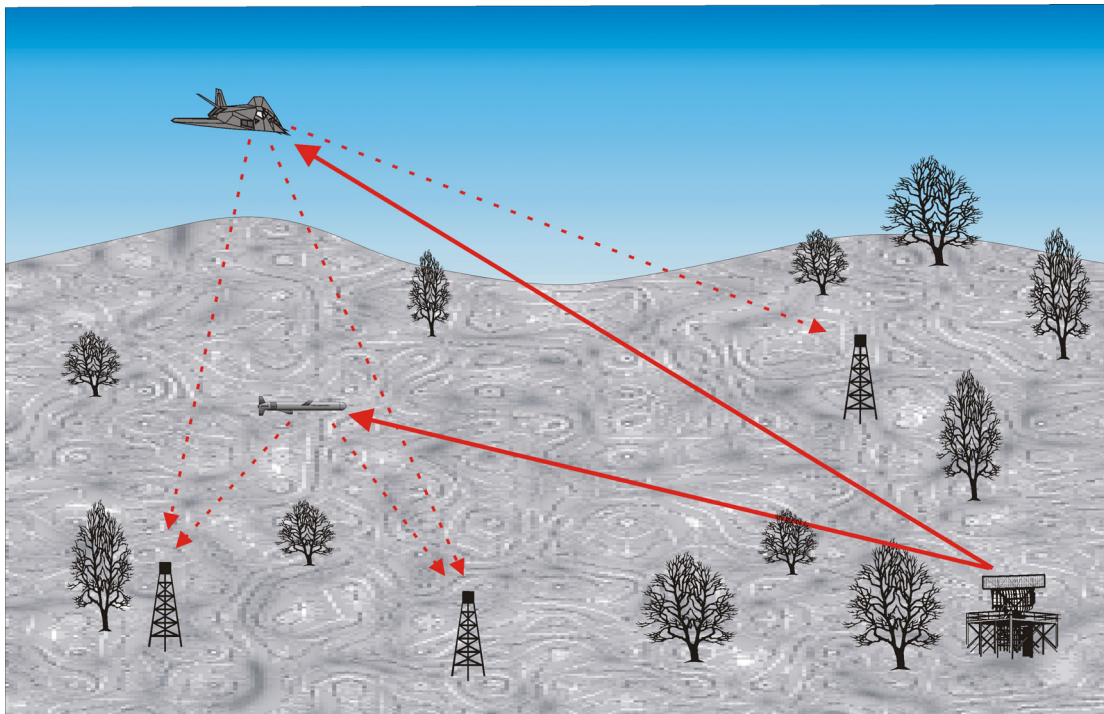
5.3. Smygteknik ("Stealth technology")

Smygteknik kan tillämpas inom ett flertal områden, t ex för flygplan (F-117A Nighthawk och B-2 Spirit), fartyg (YS 2000 korvett typ Visby), fordon och missiler. Syftet är att reducera ett objekts röjande signatur med avseende på IR, akustik, elektromagnetism, optisk och radar, med målet att kraftigt reducera avståndet för upptäckt och lokalisering. Detta erhålls genom val av geometrisk utformning (dvs bortspeglning) och material i konstruktionen (reflektion eller absorption). Detta kommer att ställa krav på korta responstider för VMS, då tiden mellan upptäckt och vapenverkan minskar. Kraven på sensorer för ett framtida VMS kommer att vara stora, då röjande signaturer från vapen och vapenbärare reduceras för ett flertal plattformar. Användande av bi-statisk eller multistatisk radar med framskjutna mottagare kan användas för att öka detekteringsavståndet till vapen och vapenbärare försedda med smygteknik. Dessa radarsystem bygger på att sändare och mottagare är skilda åt, därmed kan radarmottagaren registrera den från objektet bortspeglade radarsignaturen. De framskjutna mottagarna blir också svåra att detektera då dessa inte avger röjande radarstrålning. Däremot måste sändarenheterna beaktas som prioriterade mål för ett anfall. Tarras-Wahlberg m fl (1998) anser att multistatisk radar med framskjutna mottagare och en eller flera något tillbakadragna flygburna sändare bedöms ha den bästa förmågan att detektera lågtflygande kryssingsrobotar med liten radarmålarea.

Principen för multistatisk radar med en sändare visas i figurer 10 och 11. För att smygegenskaper inte ska försämrats av de vapen den är utrustad med krävs att dessa är anpassade för interna vapenutrymmen i aktuell plattform.



Figur 10. Multistatisk radar med flygburen sändare och flera mottagare.



Figur 11. Multistatisk radar med en sändare och flera mottagare.

Om radarspaningen störs genom utnyttjande av störsändare ökar risken för att vapen och vapenbärare inte upptäcks och kan bekämpas. I framtiden kan kryssningsmissiler, UAV och flygplan även vara försedda med aktiva system för smygteknik för att ytterligare minska röjande signaturer. Omkring år 2010 anses exempelvis Storm Shadow/SCALP EG missiler vara möjliga att uppdatera med aktiv smygteknik (Hewson, 2002). För att ytterligare minska risken för upptäckt av kryssningsmissiler och attackplan med väl utvecklad smygteknik kan dessa koordineras med andra typer av vapeninsatser. Nedskjutningen av en F-117A Nighthawk i närheten av Belgrad den 27 mars 1999 med luftvärnsmissiler, sannolikt SA-3 eller SA-6, visar att egenskaperna och begränsningarna för attackplan med s k smygteknik måste beaktas noga vid planläggningen av anfall för att reducera riskerna för nedskjutning. Framtida smygteknik kommer att ytterligare reducera kryssningsmissilers och flygplans signaturer i förhållande till den äldre F-117A, som levererades till US Air Force från 1982 fram till 1990. Möjligheter finns även att tillämpa kunskaper om signaturanpassningsteknik för att reducera signaturer för anläggningsplattformar, detta för att minska riskerna för upptäckt och lokalisering.

5.4. Förstärkta robotar

För att minska möjligheten till bekämpning av robotar och missiler är det möjligt att förse dessa med någon form av pansar. Detta kommer dock att öka robotens massa och därmed minska aktionsradie och manöverbarhet. För sjömålsrobotar har en sådan utveckling redan påbörjats. Penetrerande bomber och ballistiska missiler anses ha ett starkt skydd mot verkan från sensoraktiverade skydd, men även för dessa stridsdelar finns svaga punkter. Utveckling av sensoraktiverade skydd med tyngre verkansdelar kommer att vara nödvändig för att erhålla ett skydd mot penetrerande bomber och förstärkta robotar.

5.5. Höghastighetsmissiler ("High velocity missile")

Utveckling av höghastighetsmissiler med hastigheter mellan Mach 3 och 4 anses vara realistiska att utveckla inom 10 år i Västeuropa och USA. Längre fram kan även missiler med högre hastigheter tänkas utvecklas, men missilhastigheter över Mach 4 kommer att ge temperaturproblem p g a friktionsvärme. Försök med missiler vid hastigheterna Mach 5,4 och Mach 6,3 har resulterat i uppmätta temperaturer på över 650°C i höljet (Dupuis och Edwards, 2002), detta resulterar i röjande IR både från friktionsvärme och motor då det även krävs hög effekt för framdrivningen, samt hållfasthetsproblem för missilen. Denna typ av missiler kommer därmed vara möjliga att lokalisera med IR-målsökare, men kommer att kräva en mycket kort aktiveringstid för insättande av motåtgärder. Denna typ av stridsdelar kommer även att ställa stora krav på verkansdelens utformning för sensoraktiverade skydd, samt även prestanda för ett framtida luftvärnsförsvar. Detta gäller även ballistiska missiler.

6. Sammanfattning och diskussion

Skydd mot precisionsbekämpning av anläggningsplattformar kan erhållas genom ett flertal kompletterande system, t ex SAT, VMS och skyddskonstruktioner. Nedan följer en kort diskussion om dessa.

För att en anläggningsplattform ska utsättas för precisionsbekämpning krävs att dess lokalisering är känd, exempelvis kan lokaliseringen vara inmätt på plats i fredstid eller detekterad från satellit. Tillgängligheten för optiska bilder och även radarbilder med hög upplösning kommer att öka, för närvarande kan kommersiella svart-vita bilder erhållas med upplösning på 0,61 m (Hewish, 2002b). Dessa satellitbilder kan användas för planering av flygrutter och underlag för navigering. Även flygspaning, exempelvis med UAV, kan användas för att upptäcka och identifiera mål, samt även bekämpa dessa. Risken för upptäckt och lokalisering kan reduceras med multispektralt anpassad signaturanpassningsteknik. För mål som riskerar upptäckt har rörligheten fram till nu ansetts som viktig. För närvarande kan emellertid en UAV även förses med attackrobotar, vilket reducerar tiden från lokalisering till bekämpning till ett minimum. Utvecklande av automatiska vapensystem för igenkänning och bekämpning, t ex LOCAAS och Taifun, medför också att rörlighet inte automatiskt medför att risken för bekämpning minskar. Risken finns att omgrupperingar istället leder till att risken för upptäckt och bekämpning i framtiden kommer att öka. Vissa typer av anläggningsplattformar kan p g a deras funktion vara svåra att förhindra att de upptäcks, som t ex radarsändare. Dessa kan tänkas utgöra primära mål i ett inledningsskede av ett anfall, vilket exempelvis kan genomföras med kryssningsmissiler med smygteknik och kompletterade med passiva radarmålsökare. I framtiden är det sannolikt att gränsen mellan UCAV och missiler kommer att bli flytande, t ex kan missiler med automatisk målidentifiering även användas för spaning i samband med attackupdrag.

För de anläggningsplattformar som behöver kompletterande skydd i form av varnings- och motverkanssystem, är system som kontinuerligt kan vara installerade och aktiverade att föredra. Detta då det finns risk för att systemet annars inte är aktiverat vid ett eventuellt överraskningsanfall.

Risken att sensoraktiverade skydd förblindas vid bekämpning och därmed att efterföljande vapen inte bekämpas måste beaktas. För att undvika detta kan ett skydd byggas upp i flera nivåer exempelvis fjärrbekämpning med luftvärn, sensoraktiverade skydd och skyddsstrukturer.

Inom smygtekniken går utveckling mot utnyttjande av aktiva system. Genom en kombination av dessa och passiva system, t ex nya förbättrade typer av radar-absorberande material, kan radarsignaturen för ett objekt i framtiden minskas. Detta kommer att ställa större krav på framtida sensorer och radarsystem, exempelvis användande av multistatiska radarsystem.

7. Framtida forskning och utveckling

För att belysa möjligheterna till skydd mot precisionsbekämpning med utnyttjande av VMS, men även kompletterande system, bör ett antal fallstudier genomföras med val av ett fåtal anläggningsplattformar och anfallsscenarier. Anfallsscenarierna bör i inledningsfasen koncentreras på i närtid realistiska teknisk hotbilder, för att i ett längre perspektiv även inkludera framtida hotbilder på 20 års sikt. För att genomföra dessa studier kan modeller för verkansvärdering användas för att bedöma verkan i stridsdelar, t ex kryssningsmissiler. Även simuleringar av verkan i missiler med datorprogram för hållfasthetsberäkningar, exempelvis Autodyn 3D och LS-Dyna, kan användas för att bedöma användbarhet och utformning av framtida sensoraktiverade skydd för anläggningsplattformar. Restverkan i anläggningsplattformen kan i dessa fall vara svåra att bedöma och kan kräva betydande insatser för att korrekt bedömas.

Obemannade flygplan (UAV) är system som kan användas både för spaning och som vapenbärare. En UAV kan ges en flygtid i storleksordningen ett dygn och utgör därmed en plattform som kan tillhandahålla data i realtid till befälhavare i fält. En framtida beväpning av RQ-1A Predator systemet med användning av t ex ”Small Diameter Bomb” (SDB) kan ge möjlighet till effektiv bekämpning av flera typer av mål exempelvis betongbunkrar. Andra användningsområden för UAV kan också tänkas existera, t ex kan ett antal små UAV förses med störsändare för att förhindra utnyttjande av satellitnavigering inom begränsade områden. Under utveckling är även UCAV (Unmanned Combat Aerial Vehicle) optimerade som vapenbärare och är därmed konstruerade för att ta större last, flyga med högre hastighet och även agera på lägre höjd än de UAV som i första hand är avsedda för spaning på hög höjd. Dessa kommer i framtiden att ersätta flygplan vid ett ökande antal typer av uppdrag och beräknas vara operativa 2008 i US Air Force. För närvarande finns experimentplan (t ex Boeing X-45A) som används för demonstration av tekniken. Fortsatta studier av användandet av UAV och UCAV, samt hur detta påverkar risker för precisionsbekämpning och möjligheterna till skydd mot precisionsbekämpning av ett flertalet plattformar rekommenderas.

En tidigare påbörjad studie vid FOA behandlade integrerat fortifikatoriskt skydd, d v s utnyttjande av kombinationer av fortifikatoriskt skydd, signaturanpassning och sensoraktiverat skydd, som skydd för anläggningsplattformar (Lindqvist m fl, 1997). En verkansmodell med namnet MIFORT (Modell för integrerat fortifikatoriskt skydd) hade börjat utvecklas och denna modellstruktur kan eventuellt vara användbar som underlag för fortsatta studier. Detta projekt slutfördes inte utan avbröts i början av 1998.

Förutom den här redovisade förstudien inriktad mot anläggningsplattformar pågår tre VMS projekt inriktade på olika plattformar, med avslut för projekten VMS/stridsfordon och VMS/flyg 2002-12-31 och VMS/fartyg ett år senare. Framtida forskning rörande varnings- och motverkanssystem bör ta hänsyn till, och baseras på, resultat från dessa projekt, för att bedöma vilka system och verkansprinciper som kan tillämpas på anläggningsplattformar.

Även studier av hur ett framtida integrerat nätverksbaserat försvar kan öka möjligheterna att skydda sig mot precisionsbekämpning av olika plattformar bör genomföras i ett senare skede. Exempel på system i ett framtida nätverksbaserat försvar som kan öka detekteringsavstånd till vapen och vapenbärare försedda med ”smygteknik” är multistatiska radarsystem med skilda sändare och mottagare. De framskjutna mottagarna kommer också att vara lättare att signaturanpassa än en normal radaranläggning med både sändare och mottagare. Sändare och även mottagare kan även placeras på rörliga plattformar vid behov, exempelvis med utnyttjande av UAV:s. Något som bör observeras är att inom ett eventuellt framtida nätverksbaserat försvar finns objekt med mycket stort skyddsvärde, som därmed kräver en noggrant övervägd placering och utformning.

En utbyggnad av luftvärns- och radarsystem för att upptäcka, samt bekämpa, robotar och flyg (inkl UAV) som utnyttjar smygteknik, kan minska möjligheterna till precisionsbekämpning av ett flertal plattformar. Detta är ett område som lämpar sig för en framtida plattformsovergripande studie.

I framtiden kan luftvärnssystem bygga på andra typer av verkansdelar än projektiler eller robotar, exempelvis pågår forskning utomlands om verkan av laser mot missiler. Studier av nya verkansformer för att förhindra precisionsbekämpning är ett område för plattformsoberoende studier i framtiden.

WWW-länkar

Nedan anges några www-länkar till sidor med ytterligare information som berör området.

Department of the Air Force (US)
<http://www.af.mil>

Federation of American Scientists
<http://www.fas.org>

Försvarets materielverk, FMV
<http://www.fmv.se>

Global Security
<http://www.globalsecurity.org/military>

Jane's Information Group
<http://www.janes.com>

Referenser

Baker, E. L., Daniels, A. S., Turci, J. P., Vuong, T. H., Homentowski, E., och C. L. Chin, Selectable initiation shaped charges, 20th Int. Sym. on Ballistics, 2002.

Baker, P. J. och Delaney, J. E., Impact-initiated detonative and nondetonative reactions in confined tritonal, Composition H-6 and PBXN-109, 11th International Detonation Symposium, 1998, s 254-265.

Chanteret, P.Y., Effect of fragment impact on shaped charge functioning, 19th Int. Sym. on Ballistics, 2001.

Chick, M., Bussel, T. J., Starkenberg, J. och Dorsey, T. M., Particulated jet initiation of explosives, 11th International Detonation Symposium, 1998, s 279-285.

Dupuis, A. och Edwards, J., Temperature measurements and ablation from free-flight tests at hypersonic velocities, 20th Int. Sym. on Ballistics, 2002.

Ekberg, J., Statisk sprängning av RSV-laddning mot rörligt målmateriel, FOA Rapport C 20268-D4, 1978.

Eklom, L. och Dygéus, G., Vattendimssystem med integrerat varnarsystem - Preliminär rapport -N, FORTV diarenr. H370/98M, 2001.

Elfving, C., Förstudie av skydd vid fast/rörligt uppträdande, FOA-R--00-01536-311--SE, 2000.

Elfving, C., Carlberg, A. och Olsson, L. G., Försök med eldhandvapen mot lätt befästning, FOI-R--0036--SE, 2001.

Elfving, C. och Karlsson, S., Försök med RSV mot singel och betong, FOI-R--0258--SE, 2001.

Elfving, C., Metodikutveckling av GIS-databas, FOI-R--0502--SE, 2002.

Forsberg, A.-S. och Staaf,  ., Signaturanpassningsteknik f r fortifikatoriska skydd - en  versikt, FOA-R--98-00950-311--SE, 1998.

Hansson, H., Penetration i HPC-mål för stridsdelar med $L/D \approx 9$ - Försök i skala 1:1 och 1:3, FOI-RH--0136--SE, 2002.

Hansson, M. B., FoRMA - Luftvärn mot främst kryssningsrobotar, FOI-R--0118--SE, 2001a.

Hansson, M. B., Förstudie Telekrig mot kryssningsrobotar, En  versikt, FOI-R--0320--SE, 2001b.

Heidar, N. och Hiermaier, S., Numerical simulation of the performance of tandem warheads, 19th Int. Sym. on Ballistics, 2001.

Held, M., Mayseless, M. och Rotataev, E., Explosive reactive armour, 17th Int. Sym. on Ballistics, 1998. Vol. 1, s. 33-46.

Held, M., Anti-ERA shaped charge warhead system, 18th Int. Sym. on Ballistics, 1999. Vol. 1, s. 484-491.

Held, M., Active protection against KE-rounds and shaped charges at short distances, 19th Int. Sym. on Ballistics, 2001.

Held, M., Defeating active defense systems by double-firing of missiles, 19th Int. Sym. on Ballistics, 2001.

Held, M., The Shaped Charge Potential, 20th Int. Sym. on Ballistics, 2002.

Hewish, M., Multiwarhead candidate tested for Tactical Tomahawk, Jane's Int. Defense Review, februari 2002a.

Hewish, M., High resolution commercial satellite imagery available, Jane's Int. Defense Review, februari 2002b.

Hewson, R., MBDA trials active stealth techniques for future strike weapons, Jane's Defense Weekly, 3 juli 2002.

Kjellgren, J., Krav på radar för aktivt skydd av stridsvagn, FOA-R--96-00373-3.3--SE, 1996.

Larsson, F. m fl, Kommersiella signaturmaterial, En marknadsöversikt, FOA-R--99-01274-615--SE, 1999.

Lausund, R. m fl. Trusselbilde – Slutrapport for delprosjekt 1 i det svensk-norske HPC-prosjektet, FFI/Rapport-99/06229, 1999.

Lennox, D. editor, Jane's air-launched weapons, ISBN 0 7106 0866 7, 2001.

Lidén, E., Holmberg, L., Mellgard, I. och Westerling, L., Stridsdelar, skydd och växelverkan, FOA-R--94-00035-2.3--SE, 1994.

Lidén, E. och Johansson, B., Lägesrapport: Pilprojektilers penetration av stillastående och rörliga snedställda plåtar, FOI-R--0531--SE, 2002.

Lindqvist, S. m fl, Integrerat fortifikatoriskt skydd - Arbetslägesrapport 1997, FOA-R--97-00649-311--SE, 1997.

Lok, J. J., Russian airborne laser jamming family unveiled, Jane's Int. Defense Review, juli 2002.

Lundberg, P., Renström, R. och Westerling, L., Penetration i berg, FOA-R--97-00528-311--SE, 1997.

Lundberg, P., Renström, R. och Westerling, L., Penetration i berg och höghållfast betong, FOA-R--99-01049-311--SE, 1999.

Moser, R., Fong, R. och Ng, W., Increasing explosively formed penetrator (EFP) warhead performance with more powerful explosives (MPE), 20th Int. Sym. on Ballistics, 2002.

N.N., Mini-bomb packs punch of heavyweight, Jane's Defence Weekly, 24:de juli 1996.

Ousbäck, J.-O. och Larsson, F., Radarabsorberande material - en översikt, FOA-R--00-01543-615--SE, 2002.

Sandblom, A., Air-launched weapons conference, London 2002, FMV reserapport, Analys 10 400:43539/02, 2002.

Sjölander, M. och Dickman, O., Sensoraktiverade Skydd - SAS, en utvärdering av ARENASystemet, FOA-R--96-00306-2.3--SE, 1996.

Svensson, J.-E., Vapenteknik för internationella insatser, FOA-R--00-01498-201--SE, 2000.

Sweetman, B., The falling price of precision, Jane's Int. Defense Review, april 2002.

Taras-Wahlberg, E., Sjöberg, E. m fl., Skydd mot ballistiska robotar, FOA-R--95-00136-1.1,1.2--SE, 1995.

Taras-Wahlberg, E. (redaktör), Skydd mot kryssningsrobotar, FOA-R--97-00584-310--SE, 1998.

Vives, M., Bouchaud, D., Verrielle, H. och Touzelin, J. C., Anti-warhead technologies for active protection systems, 20th Int. Sym. on Ballistics, 2002.

Wey, P. och Salles, M., Simulation and analysis of active defense systems, 17th Int. Sym. on Ballistics, 1998. Vol. 1, s. 281-288.

Zukas, J. A., High velocity impact dynamics, ISBN 0-471-51444-6, John Wiley and Sons, 1990.

Ordlista/förklaringar

Förkortning	Engelsk term	Svensk term/översättning
AFV	Armoured Fighting Vehicle	Pansarfordon
CEP	Circular Error Probable	Sannolik träffradie (50%)
Comp. B	Composition B	Hexotol 60/40
Comp. H-6	Composition H-6	
DAS	Defensive Aid Suite	Varnings- och motverkanssystem (VMS)
DGPS	Differential GPS	Differentiell GPS
ERA	Explosive Reactive Armour	Reaktivt pansar
EFP	Explosive Formed Projectile	Projektilbildande RSV (RSV IV)
EO	Electro Optical	Elektrooptisk sökare, normalt för visuellt våglängdsområde
GPS	Global Position System	
HE	High Explosive	Explosivämne
IIR	Imaging InfraRed	IR-kamera/sökare
INS	Inertial Navigation System	Tröghetsnavigering (TN)
KE	Kinetic Energy	Kinetisk energi
LGB	Laser Guided Bomb	Laserstyrd bomb
Lidar	Laser imaging radar	
LO	Low Observables technology (stealth)	Smygteknik
MBT	Main Battle Tank	Stridsvagn
MEFP	Multiple EFP	Multipel projektilbildande RSV
NIR	Near IR	Närinfrarött
PBX	Plastic Bounded Explosives	Polymer-/plastbundna explosivämnen
PE	Precision Engagement	Precisionsbekämpning
SAM	Surface to air missile	Luftvärnsmissil
SAS	-----	Sensoraktiverat skydd
SAT	-----	Signaturanpassningsteknik
TIR	Thermal IR	Termisk IR (värmestrålning)
UAV	Unmanned Aerial Vehicle	Obemannat flygplan
UCAV	Unmanned Combat Aerial Vehicle	Obemannat beväpnat flygplan