

Ulf Ekblad

Rymdvapen och åtgärder mot satelliter

FÖRSVARETS FORSKNINGSANSTALT

Avdelningen för Försvarsanalys

SE-172 90 STOCKHOLM

FOA-R—00-01456-201--SE

Mars 2000

ISSN 1104-9154

Ulf Ekblad

Rymdvapen och åtgärder mot satelliter

Distribution: HKV, HKV/MUST, FMV, FRA, FHS/Militärtekniska institutionen, Rymdstyrelsen, Rymdbolaget, Saab Ericsson Space, Ericsson

FOA: FOA 1, FOA 3, FOA 7

Dokumentets utgivare Försvarets forskningsanstalt Avdelningen för Försvarsanalys SE-172 90 STOCKHOLM	Dokumentbeteckning, ISRN FOA-R--00-01456-201--SE	
	Dokumentets datum Mars 2000	Uppdragsnummer E1438
	Projektnamn (ev förkortat) Avdömningsunderlag	
Upphovsman(män) Ulf Ekblad	Uppdragsgivare Försvarsmakten	
	Projektansvarig Tore Isacson	
	Fackansvarig	
Dokumentets titel Rymdvapen och åtgärder mot satelliter		
Sammanfattning Rapporten har tagits fram inom ramen för Projekt Avdömningsunderlag. Avsikten är att den skall användas inom Försvarsmaktens övergripande studieverksamhet som underlag för att bedöma hot mot olika satellitsystem. Den ger en översiktlig bild av rymdmiljön samt av vilka vapensystem som kan användas mot satellitsystem. Även vapenhot från rymden mot marken berörs. Rapporten ger en allmän bild av befintliga tekniska möjligheter och deras realiserbarhet. Däremot görs inga uttalanden om utfall i typsituationer. I dag år 2000 har troligen ingen nation kapacitet att bekämpa satelliter och det lär dröja innan andra nationer än stormakterna kommer att ha vapen för att bekämpa satelliter. Enstaka vitala satelliter i låga banor kommer att vara de först utsatta. Med tiden lär dock hotbilden för andra satelliter också öka. Bortsett från utslagning av markenheter kommer det största hotet från störning av satellitlänkarna. Störningsåtgärder mot satellitkommunikationssystem skulle påverka det civila samhället såväl som stridande parter. Det är dock tveksamt om det skulle vara kostnadseffektivt att försöka förhindra en stridande parts användning av satellitkommunikation. Några satellitkommunikationssystem torde alltså förbli operativa under kris/krig		
Nyckelord Informationskrigföring, rymdmiljö, materievapen, strålvapen, hot, skydd, störning, ASAT, rymdminor, laser, HPM, EMP, navigationskrig, telekrig		
Övriga bibliografiska uppgifter	Språk Svenska	
ISSN 1104-9154	ISBN	
	Omfång 33s.	

Distributör (om annan än ovan)

Issuing organization Defence Research Establishment Division of Defence Analysis SE-172 90 STOCKHOLM SWEDEN	Document ref. No., ISRN FOA-R-- 00-01456-201--SE	
	Date of issue March 2000	Project No. E1438
	Project name (abbrev. if necessary) Rules of Assessment	
Author(s) Ulf Ekblad	Initiator or sponsoring organization Swedeish Armed Forces	
	Project manager Tore Isacson	
	Scientifically and technically responsible	
Document title Space weapons and measures against satellites		
Abstract The report has been produced within the Project "Rules of Assessment". The purpose is that it should be used within the study activities of the Armed Forces as a basis for judging threats against various satellite systems. It gives a general view of the space environment together with what weapons systems can be used against satellite systems. Also weapons threats from space against the ground are mentioned. The report gives a general picture of existing technical possibilities as well as their construction possibilities. However, no remarks are made on outcomes in combat situations. Today year 2000, probably no nation has capacity to destroy satellites and it will be a long time before other nations than the superpowers will have weapons for this purpose. Individual satellites in low Earth orbits will be the first exposed. With time, however, the threat against other satellites will also increase. Apart from elimination of ground facilities, the most serious threat comes from jamming of satellite links. Jamming measures against satellite communication systems would affect the civilian society as well as combatant parties. However, it is doubtful if it would be cost effective to try to prevent a combatant to use satellite communication. Some satellite communication systems will therefore probably remain operational during war/crises.		
Keywords Information warfare, space environment, kinetic weapons, beam weapons, threats, protection, jamming, ASAT, space mines, laser, HPM, EMP, navigation warfare, electronic warfare		
Further bibliographic information	Language Swedish	
ISSN 1104-9154	ISBN	
	Pages 33p.	

Distributor (if not issuing organization)

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	BAKGRUND OCH SYFTE	3
2	HOT MOT SATELLITER.....	4
2.1	ALLMÄNT.....	4
2.2	RYMDMILJÖN	4
2.2.1	Naturliga hot.....	4
2.2.2	Människoalstrade hot	6
2.3	DEFINITION OCH KLASSIFICERING AV RYMDVAPEN	8
2.4	RYMDAVTAL	8
3	ÅTGÄRDER MOT SATELLITER OCH SATELLITFUNKTIONER	11
3.1	TYPER OCH BASERING AV VAPEN	11
3.2	PÅVERKANSFORMER	11
3.3	INFORMATIONSKRIGFÖRING.....	13
3.3.1	Allmänt.....	13
3.3.2	Inriktning av störinsatser.....	13
3.3.3	Störmetoder.....	13
3.3.4	Navigationskrigföring.....	14
3.3.5	Telekrig i rymden.....	14
3.3.6	Störning av SAR-satelliter	14
3.3.7	Falsksignalering	15
3.4	ANDRA ICKE-FÖRSTÖRANDE METODER.....	15
3.4.1	Rendez-vous-vapen	15
3.4.2	Nedplockning	16
3.5	MATERIEVAPEN.....	16
3.5.1	ASAT.....	16
3.5.2	Rymdminor.....	16
3.5.3	Stridssatelliter.....	16
3.6	STRÅLVAPEN.....	17
3.6.1	Laser	17
3.6.2	HPM.....	17
3.6.3	NPB.....	17
3.6.4	Fusionsvapen	17
3.7	KÄRNVAPENALSTRAD STRÅLNING	18
3.7.1	EMP	18
3.7.2	Röntgenlaser.....	18
4	SKYDDANDE AV SATELLITER.....	19
4.1	PASSIVA SKYDDSMETODER	19
4.1.1	Inkapsling	19
4.1.2	Redundans.....	19
4.2	AKTIVA SKYDDSÅTGÄRDER	19
4.2.1	Linsskydd	19
4.2.2	Banändringar.....	19
4.2.3	Anti-ASAT-vapen	20
5	VAPENHOT FRÅN RYMDEN MOT MARKEN	21
5.1	STÖRSÄNDNING.....	21
5.2	LASER	21
5.3	EMP.....	21
5.4	PENETRATIONSROBOTAR	21
5.5	HYPERSONISKA FARKOSTER.....	21
6	SLUTSATSER.....	22
7	FÖRKORTNINGAR	24
8	KÄLLOR	25

1 BAKGRUND OCH SYFTE

Denna rapport har tagits fram inom ramen för Projekt Avdömningsunderlag, och avsikten är att kunskaperna skall användas inom Försvarsmaktens övergripande studieverksamhet som underlag för att bedöma hot mot olika satellitsystem.

Rapporten ger en översiktlig bild av rymdmiljön i stort samt av vilka vapensystem som kan användas mot olika delar av satellitsystemen i olika tidsperspektiv. Även vapenhot från rymden mot marken berörs kortfattat.

Rapporten ger i första hand en allmän bild av vilka tekniska möjligheter som finns och om deras realiserbarhet. Däremot görs inga uttalanden om utfall i definierade typsituationer.

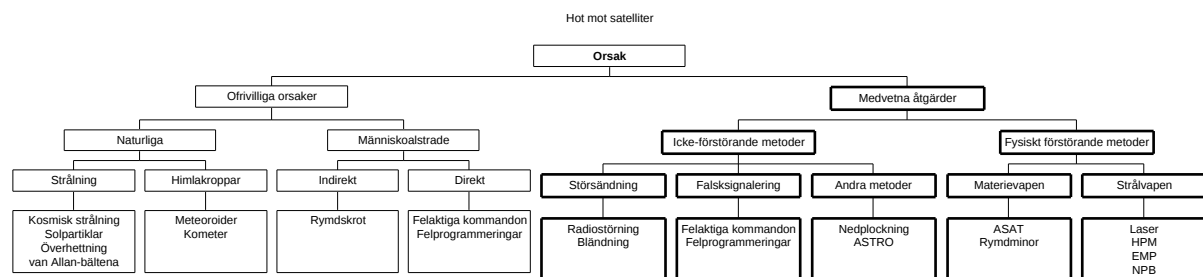
2 HOT MOT SATELLITER

2.1 Allmänt

Det som ofta kallas för "nedskjutning" av satelliter kan ge en felaktig bild av vad som egentligen händer. Om ett flygplan skadeskjuts tillräckligt allvarligt så faller det ned till marken. Likaså sjunker ett fartyg om det skadas tillräckligt allvarligt. Satelliter faller fritt i sina omloppsbanor och en beskjutning kan, förutom att dess funktion skadas, orsaka att den (dess delar) hamnar i en ny omloppsbana (nya omloppsbanor). Dessa banor kan leda till att satelliten (dess delar) så småningom, kanske efter många år, faller ner i atmosfären.

USA har börjat ta fram stealth-satelliter, eller smygsatelliter, dvs. satelliter som skall vara svåra att upptäcka med i första hand radar. Om satelliter kunde göras "osynliga" för radar som från marken mäter in satelliternas banrörelse skulle satelliterna kunna utföra sina observationer utan att den observerade parten visste om exakt var och när det sker. Om sedan de också får smygegenskaper gentemot observationer från rymden utgör det ett skydd mot rymdbaserade vapen.

En översikt av de olika hot som finns mot satelliter ges i figur 1 och i tabell 1 listas några naturliga, ofrivilliga och "mjuka hot" hot satelliter.



Figur 1: Hot mot satelliter indelade i olika undergrupper. De grupper som är markerade med tjockare ramar utgör medvetna åtgärder som kan sättas i mot satelliter. Dessa åtgärder är de som huvudsakligen behandlas i rapporten.

2.2 Rymdmiljön

2.2.1 Naturliga hot

Strålning

Atmosfären, som hindrar en stor del av partikelstrålningen från solen och kosmos att tränga ner till jordytan, skyddar inte satelliterna ute i rymden mot denna strålning.

Tabell 1: Några naturliga, ofrivilliga och ”mjuka” hot mot satelliter

Hot	Hotorsak	Effekt	Skydd/motåtgärder
Kosmisk strålning	Joniserande atomära partiklar	Skador på el- och datorsystem	Inkapsling, redundanta system
Överhettning	Upphettning av solstrålningen	Fysiska skador	Bortledning av värme
Van Allan-bältena	Joniserande atomära partiklar	Skador på el- och datorsystem	Banor som undviker bältena
Meteorider	Partiklar med mycket höga hastigheter (tiotals km/s)	Fysiska skador	Inkapsling
Kometer	Partiklar med mycket höga hastigheter (tiotals km/s)	Fysiska skador	Inkapsling
Rymdskrot	Partiklar med höga relativa hastigheter (upp till 15 km/s)	Fysiska skador	Inkapsling, banändringar
Radiostörning	Medvetna radiostör-sändningar	Tillfällig funktionsstörning eller -bortfall	Olika kommunikationstekniska metoder finns
Felaktiga kommandon	Misstag eller falsksignaler	Satelliten beter sig inte som den skall	Noggranna förberedelser, ej enpersons-kommandon
Felprogrammeringar	Misstag eller falsksignaler	Satelliten beter sig inte som den skall	Noggranna kontroller
Nedplockning	Icke önskvärd satellit	Satelliten finns ej i omloppsbana	Vapen på satelliten, banändringar

Anm.: Med inkapsling menas att satelliten skyddas av mer eller hårdare material som bättre klarar en fysisk kollision eller beskjutning.

I flygplan som går på 10 000 meters höjd är partikelstrålningen ca. fem gånger högre än på jordytan. Detta innebär en hög risk för piloter som tillbringar lång tid på dessa höjder. Ute i rymden är strålningen 150 gånger högre än vid marken, vilket inte bara utgör en risk för astronauterna utan också för elektroniken. Prover som tagits på den ryska rymdstationen MIR:s besättning visar på en dubbling av antalet missbildningar av kromosomerna i blodcellerna.

James van Allen upptäckte 1958, genom sensorer på den amerikanska satelliten Explorer I, områden runt jorden med energirika laddade partiklar. Dessa strålningsbälten, van Allen-bältena, finns koncentrerade dels på ett avstånd av 3000 km ovanför ekvatorn och dels mellan 12 000 och 20 000 km utanför jorden. Satellitbanor undviks i största möjliga mån inom van Allen-bältena. I vissa fall måste dock bältena passeras på väg ut till exempelvis den geostationära banan.

Under perioder av hög solaktivitet, med bl.a. många solfläckar och soleruptioner, ökar problemen för satelliter. Den ökande partikelstrålningen från solen värmer upp atmosfären, var vid den expanderar. Därmed ökar luftmotståndet och satelliten bromsas ner. Banhöjden min-

skar och därmed satellitens operativa livslängd om inte satelliten kan göra banjusteringar som emellertid kostar bränsle.

Den ökade partikelstrålningen innebär också en ökad risk att satellitens datorer och annan elektronik skall störas eller förstöras. Ytterligare en effekt av ökad solaktivitet är att jordens jonosfär påverkas. Signaler, för t.ex. kommunikation och navigering, som passerar mellan satellit och mark störs då.

Himlakroppar

Förutom det rymdskrot som människan har skapat, direkt eller indirekt, finns det i planet-systemet ett stort antal naturliga objekt: stora planeter, mindre objekt som asteroider och kometer, samt ännu mindre objekt. De s.k. stjärnfallen orsakas av millimeterstora meteorider som ständigt bombarderar jorden. På en höjd av ca. 100 km förbränns i jordatmosfären varje dygn flera ton "sandkorn".

2.2.2 Människoalstrade hot

Rymdskrot

Alltsedan den första satelliten sköts upp 1957 har det i banor runt jorden samlats s.k. rymdskrot, bestående av uttjänta satelliter och annat som härrör från människans rymdaktiviteter. Det kan vara det sista steget hos bärraketen, bitar från separeringen av satelliten från bärraketen, delar av satelliter, färgflagor, molekyler från överblivet bränsle och sådant som astronauter har tappat under sina rymdpromenader.

USA gör från marken observationer av rymden för att upptäcka och mäta in interkontinentala ballistiska robotar. För att inte misstolka ett rymdobjekt för en ballistisk robot måste man hålla reda på alla större rymdobjekt och deras banor. På så sätt utnyttjas ett militärt system för övervakning av rymden. Antalet rymdobjekt som kontrolleras, dvs. för vilka man vet banan, är för närvarande ca. 8500. Detta antal ökar med ca. 250 per år. Objekten, som är ca. en decimeter eller större, utgör bara toppen av ett isberg. Antalet objekt med en storlek på ner mot en millimeter kan vara upp mot 100 000 och det totala antalet uppskattas till 35 miljoner ("ju mindre ju fler").

Dessa objekt utgör en fara för satelliter och rymdstationer samt astronauter på rymdpromenader. Även små objekt kan orsaka stor skada eftersom objekten i låga banor rör sig med en hastighet på ca. 7 km/s, dvs. den maximala kollisionshastigheten kan bli nästan 15 km/s. De amerikanska rymdfärjorna får nästan efter varje färd byta en eller flera fönsterrutor då de har skadats av kolliderande objekt. Det räcker med en färgflaga för att en ruta ska få en synbar skada.

För att skydda sig mot de minsta objekten, vars banor inte kan beräknas, så görs den kommande internationella rymdstationens väggar extra tjocka. För större objekt, vars banor kan beräknas, kan undanmanövrer vara ett sätt att skydda sig. Den amerikanska rymdfärjan tvingas ibland ändra sin bana för att undvika kollisioner. Den europeiska SAR-satelliten (SAR = Synthetic Aperture Radar) ERS flyttades vid ett tillfälle upp i en två km högre bana en timme före beräknad kollision med den uttjänta ryska satelliten Cosmos 614. En amerikansk militär forskningssatellit MSTI-2 passerade förra året MIR på ett avstånd av 430 m. Den nära

passagen hade förutspåtts 30 timmar dessförinnan, så kosmonauterna på MIR fick gå över och sätta sig i Soyus-kapseln under en halvtimme i fall de skulle ha behövt evakuera. Dylika kollisionsvarningar ges av det amerikanska militära missilövervakningssystemet. Satelliter som kan göra banändringar kan skydda sig på detta sätt.

Ett sätt som har föreslagits för att bli av med de mindre rymdskrotsbitarna är att med en laser få rymdskrotet att snabbare falla in i atmosfären där de sedan brinner upp. Detta skulle ske genom att skrotet belyses på lämpligt sätt med lasern varvid ytan värms upp och en gasstråle sänds ut. Denna stråle orsakar då en jetkraft som ändrar skrotets bana. 1998 testades i USA en laser för att se om den skulle kunna utvecklas till ett laservapen, ett vapen som skulle kunna utnyttjas för att reducera mängden rymdskrot.

Atmosfärens utvidgning vid solfläcksmaximum påverkar inte bara satelliternas banor utan även rymdskrotets banor. När det gäller rymdskrot har detta emellertid den positiva effekten att mängden rymdskrot minskar markant på höjder under ca. 1000 km.

Hotet från rymdskrot är ökande. Prognostiseringar av rymdskrotets ökningstakt har sedan ett par decennier indikerat en accelererande ökningstakt. Hur utvecklingen framgent kommer att bli beror på ett antal faktorer. Frågan är om mängden rymdskrot kommer att öka i så stor utsträckning att satellitverksamheten blir allvarligt lidande eller om utvecklingen kan vändas. Något definitivt besked kan inte ges i dagsläget. De närmast kommande årens åtgärder för att reducera ökningstakten kommer att vara avgörande.

Interferenser

Oavsiktliga störningar, s.k. interferenser, kan orsaka stora problem. Därför koordineras frekvenstilldelning av ITU (International Telecommunication Union). För satelliter i den geostationära banan tilldelar ITU satelliterna frekvenser så att interferenser skall kunna undvikas. Även satelliter i andra banor skall använda frekvensband beroende på deras funktion.

Felaktiga programmeringar och kommandon

Fel i programvaran kan få ödesdigra konsekvenser. Som exempel kan nämnas felet i programmet för Ariane 5 som ledde till att bärraketen kom ur kurs med sprängning som följd. Ett annat exempel är kraschandet av en amerikansk Mars-sond vilket berodde på att både SI-enheter och amerikanska enheter användes utan konvertering dem emellan.

Det händer också att felaktiga kommandon sänds till satelliter och sonder. Dessa felaktiga kommandon kan t.ex. orsaka att satelliten eller sonden vänds som bort från jorden eller att de stängs av. En satellit som vänts bort från jorden kan vara svår att nå med radiosignaler från jorden då satellitens antenn inte pekar mot jorden.

Medvetna åtgärder

Till insatser av medvetna åtgärder får räknas rymdvapen i vid bemärkelse. Antisatellitvapen började redan på 1960-talet att testas av Sovjetunionen medan det för USA:s del dröjde till 1980-talet och SDI-programmet (SDI = Strategic Defense Initiative), populärt kallat "stjärnornas krig". SDI syftade visserligen till ett försvar mot kärnvapenbestyckade robotar

och inte till att förstöra satelliter, men de vapen som studerades inom programmet kan också användas mot satelliter. Eftersom robotarna är skyddade mot den värmeupphettning de utsätts för vid återinträdet i atmosfären medan satelliter inte behöver något skydd ute i rymdens vakuum så är det mycket lättare att slå ut satelliter än att förstöra robotar. Dessutom rör sig robotarna i sina banor under högst en halvtimme medan satelliter rör sig under lång tid i predikterbara banor. Detta innebär att det ur flera aspekter är lättare att bekämpa satelliter än kärnvapenbestyckade robotar.

2.3 Definition och klassificering av rymdvapen

Med rymdvapen skall här menas dels vapen som är avsedda att användas i rymden mot mål i rymden eller på jorden och dels vapen som på något sätt avfyras från jorden mot mål i rymden. Antisatellitvapen kan definieras som vapen som är avsedda att förstöra fientliga satelliter (HKV kommande uppslagsverk, ed. övlt Bengt Nordmark).

De s.k. jaktsatelliter som Sovjetunionen testade under huvudsakligen 1970-talet var satelliter som hann upp sina mål, andra satelliter, i omloppsbana runt jorden. Dessa vapentyper tillhör vad som senare kom att kallas ASAT-vapen, dvs. vapen som utnyttjar konventionell vapenverkan.

Med president Reagans SDI-projekt på 1980-talet startade i USA forskning om nya vapentechniker; dessa påminner i många fall om science fiction-vapen. Strålvapen av olika slag, såsom laservapen, mikrovågsvapen och partikelstrålevapen, tillhörde dessa.

I tabell 2 finns listat några tänkbara rymdvapen, dvs. vapen mot satelliter eller vapen baserade i rymden.

2.4 Rymdavtal

Redan tidigt på 1960-talet insågs betydelsen av att reglera utnyttjandet av rymden. Det ledde 1967 till det s.k. Rymdavtalet (Outer Space Treaty), som förbjuder massförstörelsevapen i rymden och militära aktiviteter på himlakroppar. Kärnvapensprängningar i rymden hade redan 1963 förbjudits i det s.k. Provstoppsavtalet (Partial Test Ban Treaty).

Sedan följde snabbt ett antal avtal fram till 1979, såsom Räddningsöverenskommelsen, Rymdskadekonventionen, Registreringskonventionen och Månavtalet (se tabell 3). Förutom dessa internationella av FN stadgade rymdavtal finns det några bilaterala avtal mellan USA och Sovjetunionen/Ryssland som berör rymden.

Tabell 2: Några tänkbara rymdvapen (vapen mot satelliter eller vapen baserade i rymden)

Vapen	Princip för skadeverkan	Basering	Mål	Verkan	Skydd/motåtgärder	Utvecklingspotential m.m.
ASAT	Flera tänkbara varianter	Marken	Satelliter	Fysiska skador	Inkapsling	Fullt möjligt.
	Flera tänkbara varianter	Rymden	Satelliter	Fysiska skador	Inkapsling	Fullt möjligt.
Laser	Upphettnings	Marken	Satelliter	Fysiska skador	Inkapsling	Är på gång.
	Laserstrålning in i det optiska systemet	Marken	Optiska fjärranalys- och spaningsatelliter	Bländning	Linskydd som stänger automatiskt	Osäkert om kostnadseffektivt.
	Upphettnings	Rymden	Satelliter	Fysiska skador	Inkapsling	Om energifrågan kan lösas möjligt.
	Upphettnings	Rymden	Brännbart material på jorden	Bränder	Undvika antändbara konstruktioner	Om energifrågan kan lösas kanske möjligt.
NPB	Upphettnings	Rymden	Satelliter	Fysiska skador	Inkapsling	Ej befintlig teknik. Högst osäkert.
HPM	Kraftig EM strålning	Marken (raket- uppskjuten HPM-källa)	Satelliter	Skador på el- och datorsystem	Faradays bur	Atmosfären dämpar strålningen.
	Kraftig EM strålning	Rymden	Satelliter	Skador på el- och datorsystem	Faradays bur	Möjligt.
Kärn- vapen	Kraftig EM strålning	Rymden	Satelliter	Skador på el- och datorsystem	Faradays bur	Drabbar många satelliter urskiljningslöst. Politiska aspekter på kärnvapen hindrar.
	Kraftig EM strålning	Rymden	Objekt på jorden	Skador på el- och datorsystem	Faradays bur	Politiska aspekter på kärnvapen hindrar.
	Penetrerande och joniserande strålning	Rymden	Satelliter	Fysiska skador på material och el- och datorsystem	Inkapsling	Mycket svårt att realisera. Politiska aspekter på kärnvapen hindrar.
Fusionsvapen	Penetration och upphettnings av plasmapiilar	Rymden	Satelliter	Fysiska skador	Inkapsling	Osäkert om möjligt att realisera.
Rymdminor	Sprängverkan	Rymden	Satelliter	Fysiska skador	Inkapsling	Vapnet kan vara dolt i satellit med annan funktion.
Stridssatelliter	Projektiler	Rymden	Satelliter	Fysiska skador	Inkapsling	Tekniskt fullt möjligt.
Penetrations-robotar	Förstöring genom hög kinetisk energi	Rymden	Objekt på jorden	Fysiska skador	Antirobotvapen	Uranstavar (2 m långa) har föreslagits.

Anm.: Med inkapsling menas att satelliten skyddas av mer eller hårdare material som bättre klarar en fysisk beskjutning.

Tabell 3: Internationella avtal reglerande utnyttjandet av rymden

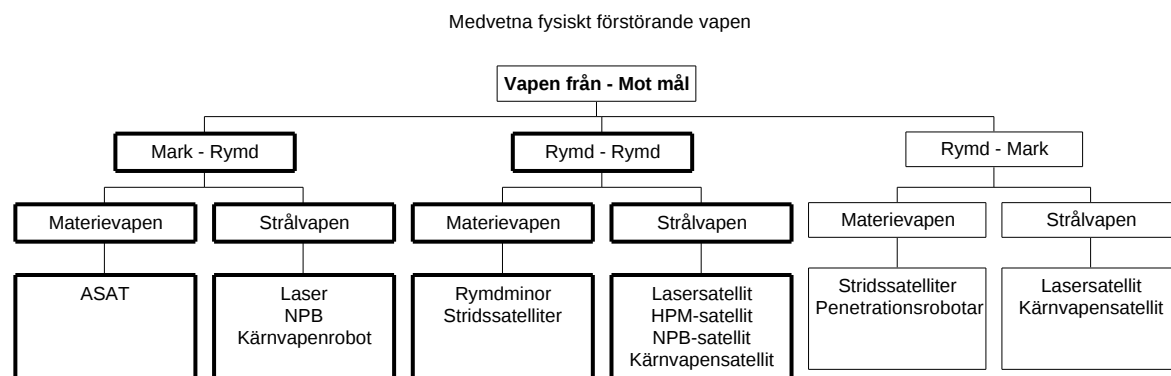
Avtal	År	Stipulerar (i urval)	Antal para- grafer
Provstoppsavtalet Treaty banning nuclear weapon tests in the atmosphere, in outer space and under water (PTBT, Partial Test Ban Treaty)	1963	Förbjuder kärnvapensprängningar i rymden.	5
Rymdavtalet Treaty on principles governing the activities of states in the exploration and use of outer space, including the moon and other celestial bodies (Outer Space Treaty)	1967	Förbjuder "placerandet" av kärnvapen och alla andra typer av massförstörelsevapen i rymden och på himlakroppar, och upprättandet av militära baser, installationer och befästningar, vapentestningar och militära manövrar på himlakroppar.	17
Räddningsöverenskommelsen Agreement on the rescue of astronauts, the return of astronauts and the return of objects launched into outer space (Rescue Agreement)	1968	Reglerar meddelanden om rymdolyckor och ålägganden om assistans.	10
Rymdskadekonventionen Convention on international liability for damage caused by space objects (Liability Convention)	1972	Ålägger uppskjutande nation (organisation eller motsvarande) ansvar för skador orsakade av dess rymdobjekt på marken, på flygplan och på rymdfarkoster, och fordrar att uppskjutande nation betalar skadestånd.	28
Registreringskonventionen Convention on registration of objects launched into outer space (Registration Convention)	1975	Kräver att rymduppskjutningar registreras och att FN meddelas så snart som möjligt om uppskjutningen och att uppgifter lämnas om satellitbana mm.	12
Månavtalet Agreement governing the activities of states on the moon and other celestial bodies (Moon Agreement)	1979	Kompletterar Rymdavtalet och förbjuder all vapen användning på varje himlakropp i solsystemet, i banor runt och till dessa, och stadgar rätten till vetenskapliga studier av himlakropparna och att de tillhör hela mänskligheten.	21

Anm.: De av författaren gjorda svenska översättningarna av avtalsnamnen är inte med säkerhet de officiella.

3 ÅTGÄRDER MOT SATELLITER OCH SATELLITFUNKTIONER

3.1 Typer och basering av vapen

Det finns ett relativt stort antal vapentyper som kan sättas in mot satelliter. Man kan urskilja tre huvudtyper av relationer mellan vapnens basering och målens lokalisering (se figur 2). Det första fallet är att vapnen finns på marken eller skjuts, i samband med sin användning, därifrån ut i rymden för att attackera satelliter. Med mark eller jorden menas här land, vatten (över och under ytan) samt luft. Med satelliter menas här alla typer av objekt i rymden som går i omloppsbanor runt jorden. I det andra och tredje fallet finns vapnen i omloppsbanor runt jorden långt före sin aktivering. Målobjekt i det andra fallet är satelliter medan det i det tredje fallet är objekt på marken.

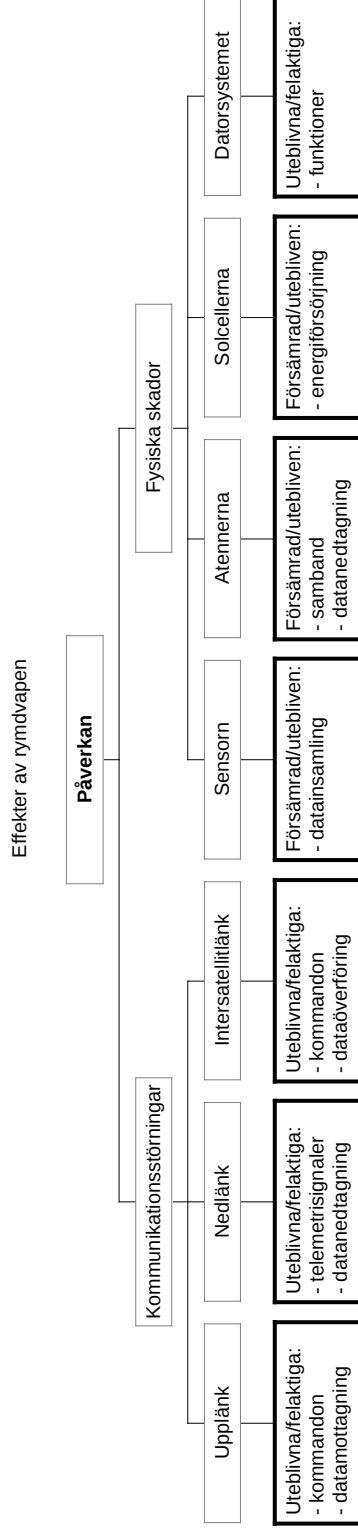


Figur 2: Medvetna fysiskt förstörande vapen uppdelade på baseringssätt och på målens lokalisering. De grupper som är markerade med tjockare ramar utgör vapen med mål i rymden. Dessa vapen tillhör de som huvudsakligen behandlas i rapporten.

3.2 Påverkansformer

I rymden kan avstånden mellan vapen och mål vara mellan, säg, 10 km och 1000 km. Rymden innebär speciella förhållanden som skiljer sig från förhållandena på jorden. Rymdkrig kan innebära vapeninsats från jorden mot satelliter, från satelliter mot jorden eller från satellit mot satellit. Dessutom kan inberäknas vapeninsats mot mål på andra himlakroppar och krig på dessa. En översikt av effekterna av olika åtgärder mot satelliter ges i figur 3.

Rymdvapen är i dag inte förenliga med USA:s policy, men USA planerar för att i en framtid kunna införa vapen i rymden. Enligt en amerikansk plan från 1999 skall USA säkerställa sin egen tillgång till rymden och att fritt kunna operera där, samtidigt som motståndaren förhindras detta. Detta görs i syfte att tillförsäkra sig informationsövertag. Enligt amerikanska militärer motiverar detta utslagning av satelliter i ett krigs inledningsskede. Mot mindre nationer, med enstaka satelliter, och som dessutom kan tänkas bli internationellt isolerade, skulle detta kunna vara ett effektivt sätt att stänga av en del av informationsflödet. Att krig i



Figur 3: Effekter av vapen på satelliter uppdelare efter typ av påverkan. I den vänstra undergruppen *kommunikationsstörningar* finns ”mjuka” (ej permanenta förstörande effekter) och i den högra undergruppen *fysiska skador* finns ”hårda” (förstörande, permanenta effekter).

rymden inte skall uteslutas understryks av att president Clinton har sanktionerat att amerikansk militär vid behov får tillgripa stridshandlingar i rymden.

3.3 Informationskrigföring

3.3.1 Allmänt

Under 1990-talet har det betonats, speciellt från utländskt håll, behovet och vikten av information i det moderna kriget. Begrepp som informationskrigföring (IW = InfoWar) och informationsövertag (DBA = Dominant Battlespace Awareness) används allt oftare. Modern informationsteknologi, datorer och satelliter (spaningssatelliter för insamlande av information och kommunikationssatelliter för överföring av information) spelar centrala roller i dessa sammanhang. Liksom i all krigföring finns det offensiv och defensiv informationskrigföring.

I offensiv informationskrigföring ingår dels signalspaning och dels störning av kommunikation. Ytterligare ett sätt som har blivit aktualiserat i det moderna IT-samhället är att sända falska uppgifter. I defensiv informationskrigföring gäller det att skydda sig mot avlyssning, störning och intrång.

3.3.2 Inriktning av störinsatser

Satellitkommunikation kan i princip störas från marken på två sätt: det första är störning av satellitens mottagare; det andra är störning av markmottagarna. När det gäller geostationära satelliter är störning av satellitmottagaren det mest effektiva, därför att, om inga speciella störskyddsåtgärder sätts in, alla markmottagare blir utstörda samtidigt. Denna typ av störning fordrar dock en relativt kraftfull störsändare med stor antenn. En stor fast störsändare kan dock identifieras och lokaliseras med t.ex. hjälp av satellitspaning, varefter den skulle kunna slås ut med t.ex. en kryssningsrobot. En flyttbar störsändare ställer större krav på "sensor-shooter"-loppen.

Telestörning från jorden mot satelliter kommer fortsättningsvis att utgöra ett stort hot, även om åtgärder kan sättas in för att motverka sådan störning. Radiosignaler kan användas inte bara för att störa ut kommunikationen och utan också för att sända falska kontrollsignaler i syfte att få satelliten att inte fungera som den legale operatören önskar.

3.3.3 Störmetoder

Störsändning med brus som täcker större delen av kanalbandbredden försvårar kommunikation och kan sättas in mot alla mottagare. Dock måste störeffekten vara större än den totala signaleffekten. Om bandspridningsteknik används måste också signalens processing gain (PG) övervinnas.

Sändning av ren bärvåg kan mätta en mottagare. Om sändningen inte mättar mottagaren kan det uppträda intermodulationsprodukter som kan försämma eller t.o.m. omöjliggöra kommunikation. Vid mättning trycks nyttsignalen ner i bruset så att den inte kan detekteras.

En störsatellit skulle kunna placeras i en bana så att den följer med den satellit som skall störas; vad som då störs är satellitens upplänk (telemetrikanalen och mottagarekanalen på kommunikationssatelliter, radarspaningssatelliter eller signalspaningssatelliter).

Störning av markmottagare för geostationära satelliter kan åstadkommas med lägre sändareffekt, men detta är förknippat med ett antal svårigheter eftersom den smala huvudentennloben pekar brant uppåt. Dessutom blir endast en mottagare utstörd av en störsändare, varför värdet av en sådan störning torde vara begränsat. Störsändning från en GEO-satellit placerad nära den geostationära kommunikationssatelliten skulle däremot medföra utstörning av alla markmottagare. Markterminalerna till LEO-systemen för mobiltelefonisystem har rundstrålande antenner på samma sätt som t.ex. GSM-telefonerna. Dessa satellittelefoner blir alltså mer känsliga för störning än markterminaler med parabolantennor.

3.3.4 Navigationskrigföring

Begrepp som navigationskrigföring (NAVWAR = NAVigation WARfare), där det gäller att förhindra eller försvåra för fienden att utnyttja olika navigeringshjälpmedel, har under de senaste åren börjat användas. Navigationskrigföring inriktas i dag mot navigering medelst satellit, som t.ex. det amerikanska GPS (Global Positioning System) och det ryska GLONASS (GLObal NAVigational Satellite System).

Satellitägaren/-operatören har i GPS möjlighet att lägga på medvetna, slumpmässiga fel i signalerna för att försämra positionsinmätningen för användare med viss utrustning. För användare som inte kontrollerar systemet finns det möjlighet att försämra positionsbestämningen genom att sända störsignaler mot markmottagarna och genom att sända falska satellitsignaler. Eftersom GPS-signalerna är mycket svaga, och mottagarantennerna är rundstrålande, är de civila GPS-mottagarna mycket störkänsliga; de militära är däremot mer störresistenta.

Störåtgärder som kan vidtas mot navigationssatelliter är störning av användarnas mottagare och störning av upplänkskanalen där styr- och kommandosignaler sänds till satelliten. Störning av markmottagarna kan ske lokalt inom ett visst område från någon plattform på marken, till sjöss eller i luften. Ett annat sätt skulle vara att sända störsignaler från satellit. Kanske skulle de ryska GLONASS-satelliter kunna modifieras så att dessa skickar ut störsignaler på GPS-frekvenser (och vice-versa).

3.3.5 Telekrig i rymden

I framtida krig kan man tänka sig telestörning från satelliter mot mottagare i satelliter eller på andra rymdplattformar.

3.3.6 Störning av SAR-satelliter

En störsändare kan störa en SAR-sensor inom den asimutala regionen i huvudloben där störsändaren befinner sig. Om störsändareffekten är tillräckligt hög kan även sidoloberna påverkas. Störsignalen omvandlas i radarmottagaren till brus vilket kan dölja (maskera) riktiga ekon i bilden.

Syntetisk aperturradar kan också störas med koherenta störsändare som utnyttjar digitala radiofrekvensminnen, s.k. DRFM (Digital Radio Frequency Memory). Störsändarna kan dölja verkliga mål, generera falska mål eller störa SAR-systemets fokuseringsalgoritm.

På FOA har ett simuleringsprogram för störning av SAR utvecklats. Försök med störning av flygburen SAR utfördes 1996. Simuleringar har visat att det är svårt att generera skenekon i radarbilden förutom i störarens omedelbara närhet. Maskerande störning är den lämpligaste metoden för taktiskt bruk. Kombination av koherent störning och mer konventionella störmetoder är också användbart. Även om dessa resultat hänför sig till flygburen SAR så kan man förvänta sig liknande resultat för satellitburen SAR.

Uppgifter om förekomst av beräkningar, simuleringar eller tester av störning av satellitburen SAR har inte observerats. Detta kan dock ha gjorts under sekretess. Det är emellertid rimligt att förvänta sig att satellitburen SAR kommer att utsättas för störning under krig.

3.3.7 Falsksignalering

Falsa signalkoder kan sändas mot alla mottagare som tar emot kodad information. Dock krävs god kännedom om kodningsförfarandet.

Falsa meddelanden kan sändas mot alla mottagare. Dock måste signalmodulation och kodningsförfarande vara fullständigt kända.

Falsa t.ex. GPS-signaler skulle kunna sändas för att orsaka felaktiga positionsangivelser. Detta fordrar dock ingående kunskaper om hur navigationssystemet fungerar. Troligen behövs också flera falsksignaliserande källor för att utmanövrera de många satelliter som en mottagare får sina data från.

3.4 Andra icke-förstörande metoder

3.4.1 Rendez-vous-vapen

Rendez-vous-vapen, som diskuteras i *New World Vistas*, är vapen som är tänkta att långsamt successivt närma sig sin målsatellit. Väl framme skulle de kunna t.ex. spraya färg över målsatellitens sensorer. Dessa vapensystem skulle kunna vara svåra att särskilja från satelliter som sakta driver (ändrar bana) p.g.a. att dess styrsystem inte fungerar.

ASTRO (Autonomous Space Transporter and Robotic Orbiter) är en rymdfarkost som år 2020 skall kunna transportera bränsle till satelliter i omloppsbana och väl framme vid satelliterna också fylla på satelliternas bränsleförråd. Förutom denna uppgift skall ASTRO också kunna utföra inspektioner och reparationer av satelliter i omloppsbana. En sådan farkost som är konstruerad att ta sig fram till satelliter och där utföra komplicerade åtgärder, som t.ex. reparationer, skulle också kunna utnyttjas för att utföra förstörande åtgärder på satelliter.

3.4.2 Nedplockning

En rymdfärja skulle kunna styras till en satellit, plocka in den i sitt lastrum och sedan återvända ner till jorden.

3.5 Materievapen

3.5.1 ASAT

Med ASAT-vapen menas konventionella vapensystem som skjuts upp på samma sätt som satelliter i syfte att attackera målsatelliter i omloppsbana runt jorden.

I USA gjordes de första försöken med antisatellitrobotar redan 1959, dvs. två år efter att Sputnik 1 hade skjutits upp. Mellan 1963 och 1975 hade USA kärnvapenbestyckade robotar beredda att sättas in mot satelliter.

Egentliga antisatellitvapen, så kallade ASAT-vapen (ASAT = Anti-SATellite), blev det dock Sovjetunionen som först tog fram. Mellan 1968 och 1982 testades s.k. jaktsatelliter, dvs. satelliter som hinner upp en satellit som sedan beskjuts. Det är högst tveksamt om detta system är operativt i dag år 2000. Några uppgifter om en eventuell ASAT-utveckling i Ryssland i dag finns ej.

USA hade under 1980-talet ett program för framtagandet av en robot för avfyrning från flygplan mot satellit; programmet las ner innan det var fullt färdigtestat. Utveckling av andra ASAT-vapen pågår emellertid i viss utsträckning i USA i dag år 2000, varvid flera olika koncept på studeras. En av de senare idéerna är att linda in målsatelliten i ett plaströlje; detta för att förhindra att det skapas rymdskrot. Det är möjligt att USA inom något årtionde kan ha utvecklat ett fungerande ASAT-system.

3.5.2 Rymdminor

En rymdmina är en satellit med sprängladdningar som placeras i omloppsbana runt jorden och som under fredstid kan användas som en vanlig civil satellit. Rymdminan kan emellertid, när operatören så önskar, styras intill sin målsatellit och där detonera sin sprängladdning. Rymdminor finns så vitt man vet inte i dagsläget. Inget är heller känt om sådana vapen övervägs i en nära framtid.

3.5.3 Stridssatelliter

Benämningen stridssatellit kan användas på alla satelliter beväpnade med vapen som kan avfyras mot andra satelliter. Ett problem med projektiler som rör sig med hastigheter av samma storleksordning som både vapenplattformen och målet är att alla dessa rörelser måste tas med i beräkningen av projektilbanan, speciellt om vapenplattformen och målet befinner sig på stora avstånd. Beräkningen underlättas dock av att alla inblandade kroppar rör sig i enlighet med den celesta mekanikens lagar och ej kan göra snabba undanmanövrar.

Några långt framskridna planer på stridssatelliter finns knappast i dag.

3.6 Strålvapen

3.6.1 Laser

Laserstrålning från en satellit mot en annan satellit utgör ett framtidsvapen. Forskning och utveckling av laservapen pågår i USA. Utvecklingen har kommit så långt att man har testat en laser för att se hur användbart laser skulle kunna vara som vapen mot satelliter.

Framtagandet av en rymdbaserad högenergilaser (HEL = High Energy Laser) fortskrider i USA. För att skydda amerikanska intressen mot ballistiska robotar överallt på jorden planerar USA att ha ett system bestående av 14 - 24 laserutrustade satelliter. Dessa laservapen kan naturligtvis också sättas in mot satelliter. Det lär emellertid dröja åtminstone något decennium innan rymdbaserade laservapen kan förverkligas.

Laserstrålning från marken för att skada satelliter har testats i USA. Effekten var i experimentet för låg för att åsamka någon större skada. Den lasereffekt som fordras för att från marken förstöra satelliter är minst 1 MW. Det allvarligaste laserhotet kommer emellertid ändå troligen från markbaserad laser. Beroende på framsteg av genombrottskaraktär inom acceleratorteknologin är det troligt att det blir lasrar av typ frielektronlaser (FEL) som blir aktuella. Ett amerikanskt markbaserat lasersystem skulle eventuellt kunna bli operativt före år 2010.

3.6.2 HPM

Satellitbaserad HPM (High Power Microwave), med räckvidder på kanske upp till 100 km, skulle kunna bli ett tänkbart framtida rymdvapen.

Mikrovågsvapen, s.k. HPM-vapen, alstrar störande elektriska strömmar i elektroniken, strömmar som vid höga intensiteter orsakar förstörande kortslutningar. P.g.a. atmosfärens hindrande inverkan kan mikrostrålarna inte sändas från marken till satelliter med tillräcklig effekt för att orsaka skada. Ett sätt att ta sig igenom atmosfären kan vara att konstruera robotar med HPM-stridspetsar. Sådana skulle då kunna skjutas upp från marken mot satelliter i låga banor. Satelliter utrustade med HPM-vapen är också ett tänkbart alternativ; problemet här är alstring och lagring av den energi som behövs.

3.6.3 NPB

Ett NPB-vapen (NPB = Neutral Particle Beam) är ett strålvapen där strålen består av neutrala atomära partiklar.

NPB-vapen började studeras i SDI-programmet. Några större genombrott i forskningen har inte framkommit i öppen litteratur. Ett eventuellt vapen av detta slag lär inte kunna tas fram på kanske flera decennier.

3.6.4 Fusionsvapen

Med fusionsvapen menas här plasmapiplar vars existens teoretiskt bygger på en utvidgning av teorin som tillämpas i försök att tämja fusionskraften. Plasmapiplarna är små stabila självinne-

slutna tritium- och deuterium-kulor som, när de träffar sitt mål, penetrerar detta varvid sekundär neutronstrålning uppstår som i sin tur skadar det inre av målet.

En Tellersk idé var att ha tusentals små smarta satelliter, döpta till Brilliant Pebbles, i omloppsbanor runt jorden för att med konventionella projektiler skjuta sönder kärnvapenrobotarna. Beräkningar som gjordes av motståndare till förslaget visade att det fordrades runt 100 000 satelliter, vilket gjorde hela idén orealistisk.

Nu menar emellertid Eric Vitalis, pensionerad FOA-forskare, att Brilliant Pebbles var tänkta att vara vapenbärare åt hans s.k. plasmapilar. Enligt Vitalis hade USA omkring år 1990 konstruerat detta nya plasmavapen efter Vitalis utvidgning (som gjordes när han arbetade på FOA) av Hannes Alfvéns MHD-teorier (MHD = Magneto-Hydro Dynamics).

3.7 Kärnvapenalstrad strålning

3.7.1 EMP

EMP-strålning (EMP = Electro-Magnetic Puls) är elektromagnetisk strålning alstrad av kärnvapenexplosioner. Denna strålning stör eller förstör elektronik. Kärnvapenexplosioner i rymden alstrar EMP-strålning som kan skada eller helt slå ut satelliter.

Den av kärnvapen alstrade EMP-strålningen är sfäriskt symmetrisk fördelad. Detta innebär att strålningen slår blint mot alla satelliter, dvs. även mot eventuella egna satelliter som ej befinner sig i skydd bakom jorden, varför en nation med många egna satelliter inte gärna torde ta till ett sådant vapen.

Den som vill förstöra någon eller några utvalda satelliter hos motståndaren borde använda ett mer selektivt vapen. En "terroration" med egna kärnvapen och uppskjutningskapacitet skulle däremot kunna orsaka stor förödelse med en kärnvapendetonation i rymden.

Det största hotet mot satelliter från kärnvapenexplosioner kan vara en detonation i den geostationära banan, med dess höga satellittäthet. I andra fall torde kärnvapensprängningar vara "over-kill"; effektivare sätt att störa eller förstöra satelliter finns.

3.7.2 Röntgenlaser

Edward Tellers, "vätebombens fader", idé på 1980-talet var att med ett antal smala, långa rör rikta röntgenstrålningen från kärnvapenexplosioner mot kärnvapenrobotarnas stridsspetsar. Detta vapen blev kallat röntgenlaser. En debatt har pågått huruvida röntgenlasern skall betraktas som ett kärnvapen, vars användning och "placerande" i rymden förbjuds i Provstopps- och Rymdavtalet. Detta gör röntgenlasern mycket kontroversiell, vilket minskar sannolikheten för att ett sådant vapen utvecklas.

Experiment har visat att det är mycket svårt att konstruera en röntgenlaser. Det kan ta flera årtionden innan utvecklandet av röntgenlasern kan nå fram till ett stadium där den skulle kunna testas i rymden. Om man mot förmodan skulle lyckas att konstruera en röntgenlaser skulle den emellertid vara ett effektivt vapen mot satelliter.

4 SKYDDANDE AV SATELLITER

Det finns flera olika sätt att skydda satelliter eller, vilket är det väsentliga, satellitfunktionen mot olika slag av hot. Det kan vara passivt i form av något slag av skyddande inkapsling eller genom att ha reservsatelliter. Aktiva metoder innebär alla slag av åtgärder som vidtas kort före ett angrepp.

4.1 Passiva skyddsmetoder

4.1.1 Inkapsling

Som skydd mot mindre rymdskrot och kosmiska partiklar kan satellithöljet förstärkas. Så sker t.ex. med den internationella rymdstationen vars massa ökar med många ton av den anledningen.

För att skydda satellitens elektronik mot elektriskt laddade partiklar och elektromagnetisk strålning kan satellithöljet göras elektriskt ledande.

4.1.2 Redundans

Om en satellit slutar fungera kan den ersättas med reservsatellit som antingen finns i lämplig omloppsbana eller på marken. Viktiga satellitfunktioner kan säkras genom att fler än de nödvändiga satelliterna hela tiden är operativa, så att ett bortfall av en enskild satellit inte utgör en katastrof.

4.2 Aktiva skyddsåtgärder

4.2.1 Linsskydd

För att skydda den känsliga optiken i spanings-/fjärranalys- och förvarningssatelliter kan linsskydd användas. Dessa skydd skall vid stark belysning av sensorerna automatisk och snabbt blockera strålningen in till optiken. I USA arbetas med detta och det finns uppgifter som tyder på att detta redan har testats. Teknik för att ändra ljusgenomsläppligheten hos glas finns, vilket skulle kunna vara en metod.

4.2.2 Banändringar

När t.ex. den amerikanska rymdfärjan är uppe följs allt detekterbart rymdskrot mycket noga. Skrotets omloppsbana prolangeras för att se om rymdfärjan riskerar att passera farligt nära något rymdskrot. Om så bedöms vara fallet ändras rymdfärjans bana något. Detta innebär att färjans bana höjs eller sänks något. Detta är en metod att skydda satelliter mot alla större rymdobjekt. Detta fordrar dock att satelliten har styrraketer och tillräckligt med bränsle.

Det är däremot tveksamt om metoden kan användas som skydd mot vapenangrepp. Även om avfytrade projektiler kan upptäckas på långt håll är det inte säkert att banändringen kan hinna bli tillräckligt stor för att målet skall undvika att bli träffat.

4.2.3 Anti-ASAT-vapen

Mycket viktiga och värdefulla satelliter kan antingen själva var utrustade med vapen för att "skjuta ner" ankommande projektiler eller så kan de åtföljas av en eller flera stridssatelliter. Detta är något som troligen inte kommer att realiseras förrän en tid efter det att ASAT-vapen har blivit ett verkligt hot.

5 VAPENHOT FRÅN RYMDEN MOT MARKEN

Idéer finns också om att från rymden attackera markmål. En stor skillnad mellan förutsättningarna för ett vapen i rymden med mål i rymden och ett vapen i rymden med mål på jorden är atmosfären, vilket det senare vapnet måste tränga igenom.

5.1 Störsändning

Ett framtida telekrigshot skulle kunna vara telestörning från rymdbaserade störsändare mot mottagarstationer på jorden. Störsändning från satellit till marken fordrar dock tillgång till stora energikällor. Det är osäkert huruvida det inom en snar framtid kan bli möjligt att ha erforderliga energikällor för detta i rymden.

5.2 Laser

Strålvapen i rymden öppnar också för möjligheten att dessa riktas mot jorden. Laserstrålning kan på vissa frekvenser ta sig igenom atmosfären tillräckligt ostört för att fungera som vapen, till skillnad från partikelstrålevapen som inte kan tillräckligt lätt tränga igenom atmosfären för att användas som vapen från rymden mot jorden. Militärt förstärkta mål är även under de mest gynnsamma väderleksförhållandena ganska väl skyddade mot rymdbaserade laservapen. Där emot torde laservapen kunna användas mot "mjuka" mål; brännbart material, som t.ex. växtlighet, skulle kunna antändas.

5.3 EMP

EMP-strålning (EMP = Electro-Magnetic Puls) är elektromagnetisk strålning alstrad av kärnvapenexplosioner. Denna strålning stör eller förstör elektronik. Den EMP-strålning som kärnvapenexplosioner i rymden alstrar kan orsaka stor skada på jorden.

5.4 Penetrationsrobotar

Projektiler som skall tränga igenom atmosfären får problem dels med träffnoggrannhet och värmeupphettning. Ett sätt att lösa detta skulle kunna vara att använda två till tre meter långa uranstavar, med raketstyrning och GPS-navigering (se *New World Vistas*). Dessa skulle kunna fås att träffa utvalda markmål med en hastighet på 17 gånger ljudhastigheten.

5.5 Hypersoniska farkoster

Framtida hypersoniska farkoster skulle kunna användas som vapenbärare. Med hastigheter på upp till 25 gånger ljudhastigheten nås vilken plats som helst på jorden inom 45 minuter.

6 SLUTSATSER

För närvarande har troligen ingen nation kapacitet att slå ut satelliter. Ryssland kan kanske med relativt kort varsel återuppliva sina jaktsatelliter för att slå ut satelliter på höjder upp till ca. 1000 km. USA har inget antisatellitvapen att ta fram på kort varsel.

Det lär dröja innan andra nationer än stormakterna har vapen för att bekämpa satelliter, eftersom vapnen är avancerade och kostsamma. Enstaka vitala satelliter i låga banor kommer att vara de först utsatta. Med tiden lär dock hotbilden för andra satelliter också öka.

Störning eller utslagning av satellitkommunikationssystem kommer att påverka det civila samhället likaväl som stridande parter. Med tanke på det stora antalet satelliter för kommunikation som finns, samt att det finns alternativa kommunikationsvägar, är det tveksamt om det skulle vara kostnadseffektivt att försöka förhindra en stridande parts användning av satellitkommunikation. Några satellitkommunikationssystem torde alltså kunna förväntas förbli operativa under kris/krig, åtminstone under ett inledningsskede.

Det största hotet mot användning av satelliter kommer är störning av satellitlänkarna, dvs. av mottagarna på satelliterna och av mottagningsenheter på jorden. Om satellitsystemens styrning och mottagning av data/information är centraliserat och hierarkiskt strukturerat är satellitsystemens funktion också känsligt för utslagning av markenheter och -länkar.

Tabell 4: Bedömning av hoten från satellitvapen i dag och i framtiden.

Vapen	Hotbedömning		Kommentarer
	I dag	I framtiden	
ASAT	Näst intill obefintligt.	Kan bli ett allvarligt hot om ett par decennier.	Inga tekniska genombrott behövs för att ta fram olika varianter.
Laser	Inget hot.	Kan bli ett hot om något decennium.	Viss utveckling krävs av känd teknik.
NPB	Inget hot.	Kan kanske bli ett hot i mitten av århundradet.	Omfattande forskning och utveckling krävs.
HPM	Inget hot.	Kan bli ett hot om ett eller ett par decennier.	Viss utveckling krävs.
EMP	Reellt hot.	Reellt hot.	Enkel kärnvapentechnik. Hindret är politiskt och att det slår blint mot alla satelliter.
Röntgenstrålning	Inget hot.	Inget hot inom flera decennier.	Osäkert om det går att tekniskt lösa.
Fusionsvapen	Hotet osäkert.	Hotet osäkert.	Stämmer teorin och går det att genomföra?
Rymdminor	Litet hot.	Hotet kan bli större.	Tekniskt möjligt i dag.
Stridssatelliter	Inget hot.	Kan bli ett hot om ett drygt decennium.	Bygger på i princip känd teknik.
Penetrationsrobotar	Inget hot.	Kan bli ett hot om ett par decennier.	Viss utveckling krävs.

7 FÖRKORTNINGAR

ASAT	Anti-SATellite (weapon)
ASTRO	Autonomous Space Transporter and Robotic Orbiter
DBA	Dominant Battlespace Awareness
DRFM	Digital Radio Frequency Memory
EMP	Electro-Magnetic Pulse
FEL	Free Electron Laser
GLONASS	GLObal NAVigational Satellite System
GPS	Global Positioning System
HEL	High Energy Laser
HPM	High Power Microwave
IRS	International Radar Symposium
ITU	International Telecommunication Union
IW	InfoWar
MHD	Magneto-Hydro Dynamics
NAVWAR	NAVigation WARfare
NPB	Neutral Particle Beam
PG	Processing Gain
SAR	Synthetic Aperture Radar

8 KÄLLOR

Marina Braxenholm, Per Hyberg, Syntetisk aperturradar ingen konst att störa – FOA-försök visade hur man får radarns konstgjorda jätteantenn att kollapsa, *FOA-tidningen*, Nr. 5, November 1998, pp. 28 – 29.

Bryan Bender, DARPA kickstarts R&D on sensors, space robotics, *Jane's Defence Weekly*, 10 November 1999, p. 13.

DARPA Developing Orbiting Gas Station, *Military Space*, Vol. 16, No. 22, Nov. 8, 1999, pp. 1 – 2.

Joachim H. G. Ender, Anti-jamming Adaptive Filtering for SAR Imaging, *Proceedings of the IRS 98 Symposium*, Munich, Tyskland, 15 – 17 September, 1998.

Veine Jernemalm, *Störhot mot satellitkommunikation – Sammanfattande rapport*, FOA-R—95-00142-3.6—SE, Maj 1995.

Veine Jernemalm, Även allseende superradarn kan störas av intelligenta sändare – Upphackad radarpuls kommer i retur och ställer till oreda för radarn, *FOA-tidningen*, Nr. 3, Juni 1999, pp. 14 – 15.

G. Krämer, Electronic Countermeasures Against Synthetic Aperture Radars, *AGARD Conference Proceedings 582 of Remote Sensing: A Valuable Source of Information*, Toulouse, Frankrike, 22 – 25 April, 1996, October 1996.

New World Vistas – Air and Space Power for the 21st Century, USAF Scientific Advisory Board.

Övlt Bengt Nordmark, ed., HKV kommande uppslagsverk.

Anders Wallerius, Jag är mannen bakom USAs nya rymdvapen, *Ny Teknik*, nr. 42, 21/10 1999, pp. 1, 31 – 35.

Paula Shaki Trimble, Robotic Spacecraft May Service Future U.S. Spy Satellites, *Space News*, Vol. 10, No. 40, October 25, 1999, pp. 4, 20.