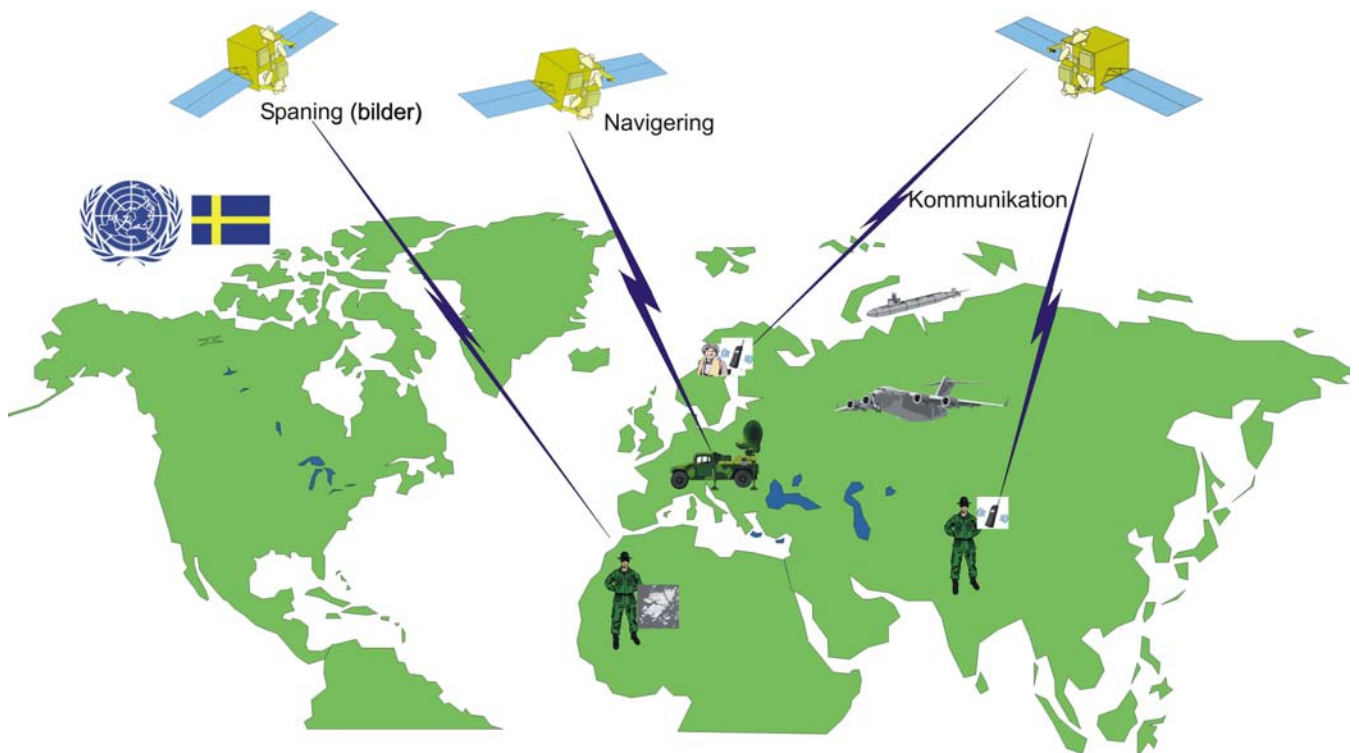


Marie Andersson, Ulf Ekblad

Rymdsystem för internationella insatser



Systemteknik

172 90 Stockholm

Ledningssystem

Sensorteknik

581 11 Linköping

TOTALFÖRSVARETS FORSKNINGSPINSTITUT

Systemteknik
172 90 Stockholm

Ledningssystem
Sensorteknik
581 11 Linköping

FOI-R--1077--SE

December 2003

ISSN 1650-1942

Användarrapport

Marie Andersson, Ulf Ekblad

Rymdsystem för internationella insatser

Utgivare Totalförsvarets Forskningsinstitut - FOI Systemteknik 172 90Stockholm Ledningssystem Sensorteknik 581 11 Linköping	Rapportnummer, ISRN FOI-R--1077--SE	Klassificering Användarrapport
	Forskningsområde 7. Farkoster	
	Månad, år December 2003	Projektnummer E6056
	Verksamhetsgren 5. Uppdragsfinansierad verksamhet	
	Delområde 71 Obemannade farkoster (FoT 17)	
Författare/redaktör Marie Andersson Ulf Ekblad	Projektledare Lars Høstbeck	
	Godkänd av Monica Dahlén	
	Uppdragsgivare/kundbeteckning Försvarsmakten	
	Tekniskt och/eller vetenskapligt ansvarig Svante Barck-Holst	
Rapportens titel Rymdsystem för internationella insatser		
Sammanfattning (högst 200 ord) Denna rapport är resultatet av en studie med uppgift att analysera behovet av rymdtjänster vid internationella insatser mot bakgrund av Försvarets inriktning mot NBF. Tillvägagångssättet för att lösa uppgiften har varit i huvudsak att intervjua personer inom försvarsmakten som har kunskap om användandet av satelliter vid internationella insatser. Rapporten behandlar områdena avbildning, kommunikation och navigering. Satellitbilder ger värdefull information om insatsområdet om bilderna ej är föråldrade. Utan satellitkommunikation skulle arbetet i en internationell operation försvåras märkbart. Utan den noggranna positionsangivning som erhålls med hjälp av satellitnavigering blir situationen för personal på en internationell insats ytterst vanskelig. Nytan av satellittjänster bedöms vara stor genom den höga kapacitet som snabbt kan sättas in där den behövs. Teknik och erfarenhet talar för att nästa generations system blir avsevärt kraftfullare och med betydligt förbättrad tillgänglighet. Rapporten ger förslag till åtgärder för att förbättra förutsättningarna att genomföra internationella insatser genom att effektivare utnyttja de tjänster och möjligheter som rymdsystem ger: rutiner för införskaffande och hantering av satellitbilder bör införas; tillgång till satellitkommunikation måste säkerställas; och satellitnavigeringsmottagare måste finnas i sådan mängd att behovet täcks.		
Nyckelord Satelliter, avbildning, spaning, kommunikation, navigering		
Övriga bibliografiska uppgifter	Språk Svenska	
ISSN 1650-1942	Antal sidor: 50 s.	
Distribution enligt missiv	Pris: Enligt prislista	

Issuing organization FOI – Swedish Defence Research Agency Systems Technology SE-172 90 Stockholm Command and control systems Sensor technology SE-581 11 Linköping	Report number, ISRN FOI-R--1077--SE	Report type User report
	Programme Areas 7. Vehicles	
	Month year December 2003	Project no. E6056
	General Research Areas 5. Commissioned Research	
	Subcategories 71 Unmanned Vehicles	
Author/s (editor/s) Marie Andersson Ulf Ekblad	Project manager Lars Höstbeck	
	Approved by Monica Dahmén	
	Sponsoring agency Swedish Armed Forces	
	Scientifically and technically responsible Svante Barck-Holst	
Report title (In translation) Satellites for international operations		
Abstract (not more than 200 words) This report is the result of a study with the aim to analyse the need for satellite services in international operations in the context of the armed forces transformation towards a network-based defence. The procedure used to solve the task was mainly to interview employees within the armed forces with knowledge of the use of satellite services in international operations. The report treats imaging, communications, and navigation. Satellite imagery gives valuable information about the area of operations if the images are not obsolete. Without satellite communications the work in an international operation would very much be made difficult. Without the accuracy of position given by navigation satellites the situation for the personal in an international operation would become extremely hazardous. The benefit of satellite services are judged important due to the high capacity that quickly can be put into use where it is needed. Technology and experience speak for that the next generation of systems will become much more powerful and have highly augmented accessibility. The report gives suggestions for improving the conduct of international operations by more efficiently using the services and possibilities that satellites give: organization of the procurement and handling of satellite images need to be introduced; access to satellite communications must be guaranteed; and satellite navigation receivers must exist in such numbers that the need is covered.		
Keywords Satellites, imaging, reconnaissance, communication, navigation		
Further bibliographic information	Language Swedish	
ISSN 1650-1942	Pages 50 pp.	
	Price acc. to pricelist	

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Sammanfattning	7
Förkortningar och/eller begreppsförklaringar	9
1 Inledning	11
1.1 Bakgrund	11
1.2 Uppgift	12
1.3 Arbetsutförande	12
1.4 Begreppet internationella insatser	12
2 Rymdsystem för avbildning	17
2.1 Allmänt	17
2.2 Exempel på nuvarande användning vid internationella insatser	17
2.3 Behov av bildalstrande rymdsystem vid internationella insatser	19
2.3.1 Inledning	19
2.3.2 Metoder för bildanskaffning	20
2.3.3 Upplösningskrav	21
2.3.4 Databehandling, verktyg, bildtolkning	21
2.3.5 Ledtider	23
2.3.6 Satellitbilder/kartor i framtiden	24
2.4 Beskrivning av optisk avbildningsteknik	24
2.4.1 Principer	24
2.4.2 Begränsningar	25
2.5 Beskrivning av avbildning med rymdbaserad radar	26
2.5.1 Radarprinciper	26
2.5.2 Nackdelar och begränsningar med SAR-tekniken	28
2.6 Jämförelse mellan optisk teknik och SAR	28
2.7 Förslag	29
3 Rymdsystem för kommunikation	31
3.1 Allmänt	31
3.2 Nuvarande användning vid internationella insatser	32
3.2.1 Inledning	32
3.2.2 SWELINK	32
3.2.3 FMsatkom	33
3.2.4 Enskilda observatörer	33
3.2.5 Nuvarande kommunikationsmetoder vid internationella insatser	34
3.3 Behov av satellitkommunikation vid internationella insatser	35
3.3.1 Inledning	35
3.3.2 Kommunikation fartyg	35
3.3.3 Kommunikation ubåt	36
3.3.4 Tjänster	37
3.3.5 Tillgänglighet	37
3.4 Frekvenser och antenner för satellitkommunikation	40
3.4.1 Satellitfrekvenser	40
3.4.2 Antenner	40
3.5 Förslag	41

4	Rymdsystem för navigering.....	42
4.1	<i>Allmänt.....</i>	42
4.2	<i>Nuvarande användning vid internationella insatser.....</i>	42
4.3	<i>Behov av navigeringsstöd från rymden vid internationella insatser.....</i>	43
4.4	<i>Beskrivning av rymdbaserade navigationssystem.....</i>	43
4.4.1	GPS	43
4.4.2	GLONASS	43
4.4.3	Galileo.....	44
4.5	<i>Förslag.....</i>	45
5	Sammanfattning och slutsatser	46
5.1	<i>Allmänt.....</i>	46
5.2	<i>Spaning</i>	46
5.3	<i>Kommunikation.....</i>	47
5.4	<i>Navigering</i>	47
5.5	<i>Förslag.....</i>	48
6	Litteraturlista.....	49
6.1	<i>FOA-/FOI-rapporter.....</i>	49
6.2	<i>Tidskriftsartiklar</i>	49
6.3	<i>Uppsatser och avhandlingar.....</i>	50
6.4	<i>Böcker</i>	50
6.5	<i>Övrigt skriftligt.....</i>	50
6.6	<i>Internet.....</i>	50

Sammanfattning

Med den förändring (övergången till insatsförsvaret) som det svenska försvaret står inför måste behovet av rymdbaserade system och dessas tjänster vid internationella insatser undersökas. Informationsinhämtande från rymdbaserade system är mycket väsentligt inför en internationell insats: dels för att skapa aktuellt kartunderlag, dels för att ge en allmän områdesinformation. Internationella insatser kan svårligen bedrivas utan satellitkommunikation. Satellitnavigering används dagligen vid internationella insatser och utan denna tjänst torde arbetet försvåras betydligt.

Denna rapport är resultatet av en studie med uppgift att analysera behovet av rymdtjänster vid internationella insatser. För att lösa studieuppgiften har några grundläggande frågeställningar styrt arbetet vid intervjuerna av personal som har på ett eller annat sätt varit delaktiga svensk medverkan i internationella insatser. Dessa frågeställningar är:

- Hur används satelliter i dag vid internationella insatser?
- Hur kan satelliter användas vid internationella insatser?
- Vad är syftet med att använda en viss satellittjänst?
- Uppfylls behovet av satellittjänsten?
- Finns något beroende av satelliter?
- Vad vore önskvärt inför framtiden?
- Vilka typer av rymdsystem skulle Sverige kunna anskaffa för att stödja svenska förband?
- Vilken har den operativa tillgängligheten, både geografiskt och tidsmässigt, för satellittjänsten varit?
- Vilka har användningsområdena varit för satellittjänsterna, till vilket pris och med vilken prestanda har dessa erhållits?

Av intervjuerna har framkommit att satellitbilder i dag används i viss mån vid insatserna, men samtliga parter som intervjuats inom FM är överens om att denna tjänst borde förbättras rejält. Exempelvis så har kartinformationen för det mesta inte bara varit otillräcklig utan också ofta felaktig. Satellitbilderna är ofta så gamla att de knappt går att använda.

För att stödja svensk trupp vid internationella insatser är bildalstrande satellitsystem den typ av rymdsystem som Sverige har största behovet av att utnyttja bättre. Satellitkommunikation och navigering med hjälp av satelliter utnyttjas i dag på ett sätt som fungerar tillfredsställande. Användande av satellitbilder underlättar avsevärt det svenska försvarets arbete vid internationella insatser och ger FM möjlighet att göra bedömningar oberoende av information som andra nationer tillhandahåller. Dessutom får FM möjlighet att skaffa information om insatsområdet innan trupp sänds till detta.

Bildbehovet vid internationella insatser varierar starkt med flera faktorer, såsom områdets yta som skall övervakas, hur ofta bilder skall registreras, vilken upplösning bilderna skall ha, väderförhållanden, tillgängliga satelliter och sensorer, m.m., men optiska satellitbilder prioriteras.

Beroende på i vilken fas man befinner sig är spaningsbehovet, eller informationsbehovet, olika. Före insats när insatsområdet ej är känt finns behov av information som är bara långsamt föränderlig i tiden. Före insats när insatsområdet är känt finns behov av komplettering av den

tidigare insamlade informationen med information som är snabbt föränderlig. För att få relevant kartmaterial rörande den aktuella infrastrukturen inom området borde satellitbilder som är några månader eller högst några år gamla användas. När så insatsstyrkan är på plats i insatsområdet behövs information om det som händer eller nyss har hänt.

Satellitspaning kan med fördel användas för att rikta in annan spaning och vice versa. En lämplig strategi torde vara att under fredstid att bygga upp en databas av satellitbilder och utbilda personal i bildhantering och -analys. Den normalbild som därvid träder fram ger bl.a. underlag för framtagning av kartor samt information om geografiska förhållanden, skog, vägar, infrastruktur, m.m. Före en internationell insats jämförs sedan normalbilden med nyregistreringar.

I ett svenskt deltagande i en internationell insats torde satellitkommunikation utgöra en nödvändighet. Kommunikation måste kunna ske dels mellan Sverige och insatsområdet och dels inom insatsområdet. Dessutom så är kommunikation via satellit en förutsättning och en självklarhet vid samarbete med andra nationer vid en internationell insats.

Kommersiellt tillgängliga kommunikationssatelliter används för nationellt samband med missionerna, men det har förekommit en del problem. De kommersiella satellitsambanden uppfyller inte alltid de svenska kraven på kryptering och driftsäkerhet. Ibland används FN-ägda sambandssystem och ibland NATO eller enskilda nationers (i första hand USA, Storbritannien) sambandssystem.

Då fartyg ska delta vid internationella insatser är satellitkommunikation ett krav för att klara sambandsbehovet. Satellitkommunikation möjliggör operativ trafik till och från Sverige, operativ trafik mellan fartygets ledningssystem och ledningssystem i land, taktisk trafik till andra förband till sjöss, i luft och på land samt administrativ trafik till FM informationssystem.

Behovet av navigeringstjänster, såsom i första hand positions- men också tidsangivelser, är mycket stor vid internationella insatser och kommer att så förbli. Det enda rimliga alternativ som står till buds är att använda satellitnavigering. För uppdrag i svår och okänd terräng ser förbanden GPS som en nödvändighet. Med planerade förbättringar av GPS och med ett operativt Galileo kommer troligen satellitnavigering vara den mest använda navigeringsmetoden i framtiden. Navigeringssystemet GPS används dagligen vid svenska insatser. GPS-mottagare finns i alla fordon i utlandstjänst och de börjar även bli vanligt förekommande bland enskilda soldater.

Förslag på åtgärder för att förbättra situationen för trupp på internationella insatser och underlätta planeringen före insatsen omfattar bl.a. organiserande av införskaffande och hanterande av satellitbilder; att en databas med satellitbilder över områden som bedöms vara sannolika för insats av svensk trupp byggs upp och uppdateras successivt så att bilderna är godtagbart färska när behov av dem uppstår. Vidare bör kommunikationsbehovet ses över och det bör säkerställas att det verkligen kan tillgodoses när en insats blir aktuell. Handhållna satellitnavigeringsmottagare bör finnas i tillräcklig mängd och alla fordon som är ämnade att skickas ut på internationella insatser måste ha satellitnavigeringsmottagare inmonterade så att dessa fordon är färdiga att tas i drift när insatsbehovet blir aktuellt.

Förkortningar och/eller begreppsförklaringar till termer som förekommer i rapporten

AOI	Area Of Interest
AOR	Are Of Responsibility
ATM	Asynchronous Transfer Mode
ATN	Allmänna TeleNätet
BNTS	Beidou Navigation Test Satellite
CNES	Centre National d'Études Spatiales (Frankrike)
DAMA	Demand Assignment Multiple Access
DBS	Direct Broadcast Satellite
DDOA	Doppler Difference Of Arrival
DEM	Digital Elevation Model
DGA	Délégation Générale pour l'Armement (Frankrike)
DTM	Digital Terrain Model
FM	Försvarsmakten (Sverige)
FN	Förenta Nationerna
Fredsfrämjande operationer	Samlingsnamn för fredsbevarande och fredsframtvingande operationer; eng.: Peace Support Operations
FTN	Försvarets TeleNät
GEO	Geostationary Earth Orbit
GLONASS	GLOBAL NAVIGATION Satellite System (Ryssland)
GPS	Global Positioning System (USA)
HEO	Highly Eccentric Orbit eller High Earth Orbit
HUMINT	HUMAN INTelligence
II	Internationella Insatser
INMARSAT	INternational MarITime SATellite organisation
Internationella insatser	I denna rapport behandlas endast internationella insatser vari ingår personal från FM och en inskränkt definition kan då uttryckas som: Varje deltagande av personal från FM utanför Sveriges gränser vars syfte är att stödja det civila samhället och/eller att genomdriva ett beslut av en övergripande internationell organisation, som t.ex. företrädesvis FN, och som oftast genomförs i samverkan med andra nationer.
IR	IntraRed
ITU	International Telecommunications Union
KFOR	Kosovo Force
LEO	Low Earth Orbit

Mandat	(lat. <i>manda'tum</i> 'uppdrag', 'anvisning', 'befallning', 'order', av <i>ma'ndo</i> 'lämna i uppdrag', 'förordna'), (politiskt) uppdrag ¹ ; svenskt mandat för svensk trupp i internationella insatser beslutas av Riksdagen
MEO	Medium Earth Orbit
MSAS	Multifunction transport Satellite based Augmentation System
NIR	Near IR
NSAB	Nordiska Satellit AB
OSSE	Organisationen för säkerhet och samarbete i Europa
PFF	Partnerskap För Fred
PTS	Post- och TeleStyrelsen
Radar	RAdio Detection And Ranging
RAR	Real Aperture Radar
ROE	Rules Of Engagement
SAR	Synthetic Aperture Radar
SIS	SIgnalSpaning
SPOT	Satellite Pour l'Observation de la Terre
Transponder	En transponder är en kombinerad mottagare och sändare som förstärker den inkommande signalen och ändrar dess frekvens något innan den återutsänder signalen.
TIR	Thermal IR
UHF	Ultra High Frequency
WAAS	Wide Area Augmentation System
VEU	Västeuropeiska Unionen
VSAT	Very Small Satellite Terminal

¹ Från Nationalencyklopedin.

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Många nationer har utvecklat egna rymdsystem för både civila och militära ändamål. I dagsläget är samhället så beroende av rymdsystem att världen skulle se väldigt annorlunda ut utan dessa. Några exempel där satellittjänster används är: mobiltelefoni, internet, dagliga direktsända nyhetsrapporteringar från journalister, navigering samt väderleksrapportering.

I och med övergången till ett insatsförsvaret behöver behovet av rymdbaserade system och de tjänster som dessa kan tillhandahålla vid internationella insatser undersökas. Informationsinhämtande från rymdbaserade system är mycket väsentligt inför en internationell insats: dels för att skapa aktuellt kartunderlag, dels för att ge en allmän områdesinformation. Internationella insatser kan svårtligen bedrivas utan satellitkommunikation. Satellitnavigering används dagligen vid internationella insatser och utan denna tjänst torde arbetet försvåras betydligt.

En annan förändring som Försvarsmakten står inför är övergången till det nätverksbaserade försvaret. Inom ramen för ett nätverksbaserat försvar ökar betydelsen av att kunna erhålla information från bl.a. rymdbaserade system för att bidra till den gemensamma lägesbilden. Kommunikationstjänster via satellit torde utgöra en viktig möjlighet att utnyttja för ett nätverksbaserat försvar. I Europa pågår flera militära satellitprojekt som är öppna för deltagande från flera nationer. Sverige har inget aktivt deltagande i något av dessa, men ett ställningstagande för eller emot ett deltagande i ett sådant samarbetsprojekt borde göras inom en snar framtid. Några skäl för en studie av behovet av rymdtjänster vid internationella insatser är följande:

- Situationer där det finns behov av internationella insatser tenderar att öka.
- Sverige och FM har ett intresse av ett ökat deltagande i internationella insatser.
- Rymdsystem är den enda teknik som enkelt och effektivt kan lösa kommunikationsbehoven i områden med opålitlig infrastruktur.
- Rymdbaserade system kan uppfylla behov inom spaning, kartering, kommunikation och navigering.
- I Europa pågår flera militära satellitprojekt i vilka Sverige inte deltar (som nation, men svensk industri gör det i några fall) och som är öppna för deltagande från flera nationer.
- Med satellittjänster kan flera av FM:s uppgifter lättare utföras.

I en nära framtid är det inte troligt att Försvarsmakten kommer att ha tillgång till en egen satellit. Däremot är det fullt möjligt att kunna köpa överföringskapacitet på en satellit och sköta den trafiken. En annan möjlighet är att köpa telekommunikationstjänster av en teleoperatör. I frågan om överföring av trafik via en utländsk militär satellit är det tekniskt möjligt, men inte självklart politiskt. Därför borde möjligheterna utredas att använda en civil satellit.

Nedan kommer rymdbaserade system att gås igenom och principerna för teknikerna att beskrivas. Bilder och uppgifter i denna rapport är till stora delar hämtade från personer som intervjuats inför framtagandet av föreliggande rapport. Vid flera tillfällen refereras här också till andra FM-rapporter inom området.

1.2 Uppgift

Denna rapport är resultatet av en studie inom FoT-projektet *Rymdtillämpningar för NBF*. Studiens uppgift är att analysera behovet av rymdtjänster vid internationella insatser samt att redogöra tekniskt för de olika rymdsystemen. För att lösa studieuppgiften har några grundläggande frågeställningar styrt arbetet. Dessa är:

- Hur används satelliter i dag vid internationella insatser?
- Hur kan satelliter används vid internationella insatser?
- Vad är syftet med att använda en viss satellittjänst?
- Uppfylls behovet av satellittjänsten?
- Finns något beroende av satelliter?
- Vad vore önskvärt inför framtiden?
- Vilka typer av rymdsystem skulle Sverige kunna anskaffa för att stödja svenska förband?
- Vilken har den operativa tillgängligheten, både geografiskt och tidsmässigt, för satellittjänsten varit?
- Vilka har användningsområdena varit för satellittjänsterna, och med vilken prestanda har dessa erhållits?

Nyttan av satellittjänster bedöms vara stor genom att tekniken snabbt kan användas där den behövs. Teknik och erfarenhet talar för att nästa generations system blir avsevärt kraftfullare och med betydligt förbättrad tillgänglighet.

1.3 Arbetsutförande

Tillvägagångssättet för att lösa uppgiften har i huvudsak varit att intervjua personer inom försvarsmakten som har kunskap om användandet av satelliter vid internationella insatser.

Intervjuer har genomförts med personer anställda vid FM, HKV, FMV och FOI. Tack till alla de personer som har ställt upp och möjliggjort denna rapport. Ett särskilt stort tack går till: Anders Frost, MUST; Johan Jakobsson, UndSäkC; Göran Mårtensson, HKV; Tomas Lund, HKV; Mats Lindhé, FMV; Karin Pettersson, FMV; Jan Henningsson, SWEDINT; Michael Malm, FOI; Christina Edlund, FOI; Stefan Abrahamsson, HKV; Anders Eklund, HKV; Christer Berner, SSC.; Kristina Pålsson, SSC. Dessa utgör de huvudsakliga intervju-personerna. Tack också till Niklas Granholm, Svante Barck-Holst och Mike Winnerstig på FOI för deras kommentarer och tillrättaläggande vid genomläsning av rapportutkast.

Denna rapport är uppdelad i tre delar: rymdsystem för avbildning, rymdsystem för kommunikation och rymdsystem för navigering. Inom varje del behandlas nuvarande användning vid internationella insatser, behov av rymdsystem vid internationella insatser, kortfattat något om tekniken bakom rymdsystemen och slutligen ges några förslag på åtgärder som författarna anser vara värdefulla att genomföra.

1.4 Begreppet internationella insatser

Det är svårt att göra någon tydlig och enkel och objektiv definition av internationella insatser. Detta beror till del på att man i internationell diplomati inte alltid önskar sig tydlighet, efter-

som man då kan förlora möjligheten att ändra sig. För svenskt vidkommande har grunden dock varit att Sverige har bestämt att de internationella insatser som Sverige valt att deltaga i skall Sverige ha mandat från FN eller OSSE. Detta hänger i hör grad ihop med FN-politiken under kalla kriget. Sedan dess slut men har det förekommit ett flertal operationer där FN-mandat har saknats (exempelvis flygkampanjen mot Serbien och Kosovo 1999), d.v.s. andra nationer gör inte samma ställningstagande som Sverige och har därmed heller inte samma definition på begreppet internationella insatser. Dessutom är det fullt lagligt med en internationell insats om man fått tillåtelse från den lagliga regeringen i landet (vad som är den lagliga regeringen i ett land behöver dock inte alltid alla vara överens om).

I denna rapport behandlas endast internationella insatser vari ingår personal från FM och en inskränkt definition kan då uttryckas som: Varje deltagande av personal från FM utanför Sveriges gränser vars syfte är att stödja det civila samhället och/eller att genomdriva ett beslut av en övergripande internationell organisation, som t.ex. företrädesvis FN, och som oftast genomförs i samverkan med andra nationer. Definitionen täcker medvetet alltså endast FM:s personal. I många andra fall när man talar om internationella insatser ingår också andra myndigheter (såsom polis, biståndsarbetare, jurister, ingenjörer etc.) i insatsen.

Utlandsstyrkan är uppdelad i ett antal missioner på olika platser i världen. Varje mission tjänstgör i ett bestämt område och har ett bestämt uppdrag (mandat).² Mandatet kan vara utfärdat av FN, OSSE, nationen där insatsen sker eller genom annan överenskommelse. Det kan t.ex. ske vid bi- eller multilateral militär verksamhet mellan stater där förband och enheter deltar i utbildnings-, övnings- eller ”skarp” verksamhet. Exempel på sådant är PFF-övningar, verksamhet till sjöss och t.ex. minröjningsoperationerna på baltiskt territorialvatten. Det går också att tänka sig internationella operationer där Sverige (eventuellt tillsammans med andra nationer) inhämtar tillstånd från värdlandets lagliga regering.

Vid internationella insatser kan ledningen, för en utomstående betraktare, tyckas vara en aning komplicerad. Det är därför viktigt att ge ett exempel på hur ledningen ser ut så att sammanhanget blir klarlagt. Dessutom kan behovet av satellittjänster vid olika missioner vara olika. Framställningen ges ur ett svenskt perspektiv.

Oftast genomförs internationella insatser i samarbete mellan fler nationer. Det kan vara FN eller OSSE som ger mandat till missionen, men missionen kan ledas av andra organisationer som t.ex. NATO eller EU. Styrkan kan också ledas av en ”Lead nation” som är en särskild utsedd nation.³

Figur 1 visar var svensk trupp opererar och Figur 2 visar schematiskt den nationella ledningen och stödet för dessa. Uppdrag som Sverige åtagit sig som nation är ofta på FN-mandat (Figur 3 visar lednings- och kontaktvägar vid ett sådant). Även om uppdraget är på ett FN-mandat kan dessa vara ledda av NATO (se ledningsschema i Figur 4). I skrivande stund⁴ arbetar cirka 700 svenska män och kvinnor i internationella insatser runt om i några av världens orosområden. Arbetsuppgifterna varierar men vanligt arbete är övervakning av att fredsavtal efterlevs, minröjning och hjälparbete. Vid missionerna används satellittjänster i någon form. I denna studie har en undersökning av användandet och behovet av dessa tjänster gjorts.

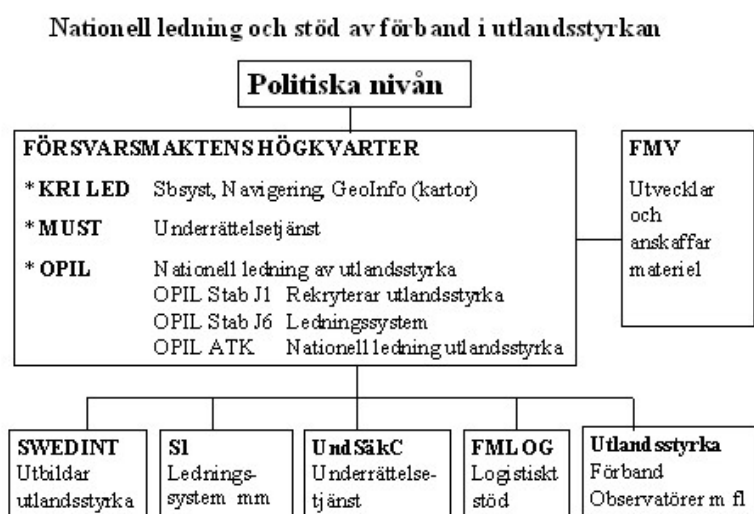
² <http://www.varnpliktsnytt.org/tidningar/2002/0208/reportage/reportage1.html>

³ www.mil.se

⁴ December 2003.



Figur 1: Röda prickar visar var Sverige har placerat personal för fredsbevarande insatser. Källa: SWEDINT.



Figur 2: Den svenska organisationen för ledning och stöd av förband i utlandsstyrkan. Källa: SWEDINT.



Figur 3: Lednings- och kontaktvägar vid ett FN-uppdrag.



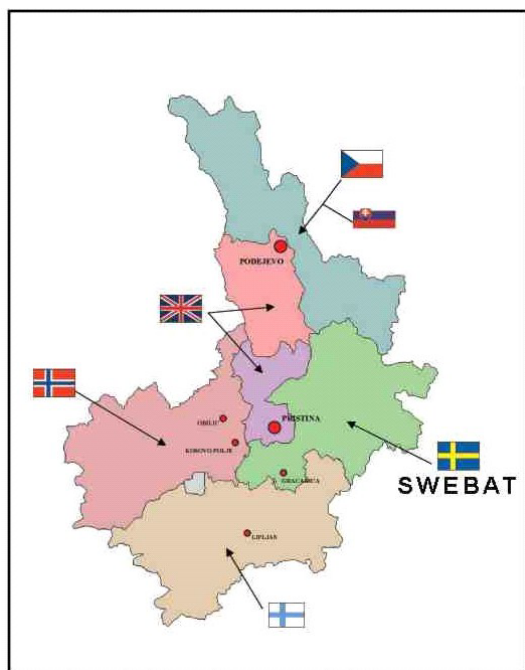
Figur 4: Lednings- och kontaktvägar vid ett NATO-uppdrag.

Exemplet KFOR

Som exempel på en internationell insats tar vi KFOR i Kosovo. Den beskrivs här endast summariskt med utelämnande av t.ex. de civila bitarna.

Den svenska Kosovobataljonen (SWEBAT) har uppdrag av den internationella styrkan KFOR (Kosovo Force). Mandatgivare till missionen är FN där FN gett NATO i uppdrag att genomföra den militära delen av missionen. Sverige har inget formellt inflytande i missionen förutom som medlemsland i FN. En multinationell brigad⁵ är placerad i den centrala och nordöstra delen av Kosovo. Den FN-ledda missionens verksamhet leds av en nation i taget, och under hösten 2003 var det Sverige som ledde verksamheten. Medverkande länder är Storbritannien, Tjeckien, Finland, Norge och Slovakien. I Figur 5 visas det område i Kosovo som svenska soldater har som ansvarsområde och i Figur 6 en kommunikationscentral i Kosovo.

⁵ www.nato.int/kfor



Figur 5: Exempel på brigadområden i Kosovo där olika nationer har fredsfrämjande missioner. Källa: SWEDINT samt FMV.



Figur 6: Kommunikation i Kosovo där SWEBAT har fredsfrämjande styrka. Källa: SWEDINT samt FMV.

FM:s ansvar för det svenska förbandet är i huvudsak rekrytering och träning i Sverige före mission samt logistiskt stöd och annat till förbandet under tiden i missionsområdet. Det innebär att svenska FM upprätthåller samband (telefon och epost) till förbandet från Sverige.

Huvuduppgiften för den svenska bataljonen är att se till att lagar följs, att se till befolkningens säkerhet och att genomföra humanitära insatser. ”KFOR är en beväpnad styrka och får i vissa situationer ta till våld för att förhindra oroligheterna.”⁶ KFOR:s mandat⁷ är visserligen fredsframtvängande och de har därför mandat för våldsanvändning (tillåtelse till att använda alla nödvändiga medel för att lösa sina uppgifter)⁸. Men detta används inte dagligen. Det finns regler ("rules of engagement", ROE) för när och hur vapen får användas. Exempelvis får vapen användas om eget eller "tredje mans" liv är i fara. Rent generellt liknar reglerna till ganska stora delar hur svensk polis agerar. Den internationella närvaron syftar till att återskapa normala fredliga förhållande och då är det ofta kontraproduktivt att själv bruka våld. Strävan är alltså att ingripa på ett sådant sätt att situationen inte utvecklas så att vapen användning blir nödvändig.

⁶ <http://www.varnpliktsnytt.org/tidningar/2002/0208/reportage/reportage1.html>

⁷ La KFOR ”devra assurer la sécurité de la province. A ce titre, la KFOR dispose d’un mandat des Nations unies au titre du chapitre VII, et prévient que les deux parties recevront le même traitement sans distinction en cas de violation du cessez-le-feu.” [<http://kiasma.free.fr/dossiers/kosovo/kfor.htm>]; ”KFOR’s mandat er fastlagt i FN’s sikkerhedsrådsresolution nr. 1244 ... KFOR-styrken har bemyndigelse til at anvende alle nødvendige midler til løsningen af sine opgaver. De regler, som styrken opererer under, er i overensstemmelse med FN-sikkerhedsrådsresolutionen og international ret.” [<http://www.um.dk/publikationer/um/um-tema/16/22.asp>] (Danske Utrikesdepartementet)

⁸ KFOR har ”bemyndigelse til at anvende alle nødvendige midler til løsningen af sine opgaver.” [<http://www.um.dk/publikationer/um/um-tema/16/22.asp>] (Danske Utrikesdepartementet)

2 Rymdsystem för avbildning

2.1 Allmänt

Under arbetets gång med denna rapport har det tydligt visats att behovet av bildmaterial är mycket stort vid internationella insatser. Satellitbilder används i viss mån vid insatserna, men samtliga parter som intervjuats inom FM (MUST, soldater i Kosovo m.fl.) är överens om att denna tjänst borde förbättras rejält. Bilderna kan dels användas som underlag vid planering för ett uppdrag, dels användas som en indikation på eventuell aktivitet i ett område. Hur den framtida underrättelseverksamhetens behov av satellitkapacitet för avbildning skall lösas har intensifierats efter erfarenheterna från Kosovo.

2.2 Exempel på nuvarande användning vid internationella insatser

Detta avsnitt behandlar några exempel på den nuvarande användningen av satellitbilder vid internationella insatser. Innan personal skickas ut till de olika missionerna ordnas ibland en rapport med kartor, text- och bildinformation som skall tas med. Syftet med rapporten är att ge soldaterna så bra information som möjligt om det geografiska området. Ett exempel på sådan rapport finns i referenslistan.⁹

I vissa fall innan den svenska personalen infinner sig på plats informeras och utbildas den i hur hotbilden ser ut på plats. Ett exempel på information kan vara vilka miljö- och hälsorisker personalen kan komma att utsättas för. En sådan analys genomförs på uppdrag av HKV på FOI NBC-skydd i Umeå. Analysen redovisas i form av en rapport samt kartunderlag med nödvändig information som ges till personalen före uppdragets början.

Ett flertal kartor tas fram för olika hot. En karta tas fram för en specifik information. Exempel på detta kan vara karta som visar:

- etniska folkgruppers placeringar
- vilka industrier som finns i närheten
- naturstrukturen, terräng, farliga djur
- kemiska och biologiska faror

Lantmäteriet driver genom Metria en central, GeoSE, som anpassar den geografiska information som FM behöver. Kartinformation för begärt område till den svenska truppen beställs från GeoSE. Om dessa kartor/bilder inte är relativt färska är det inte ovanligt att mycket har förändrats i området. Gamla satellitbilder (t.ex. 10 år gamla) kan innehålla felaktigheter som skulle kunna innebära en säkerhetsrisk för personalen. Exempel på felaktigheter kan vara att nya industrier har uppkommit i området. Den informationen kan fås på annat håll genom räddningsverket eller SIDA.

⁹ Rune Berglind, Christina Edlund, Birgitta Engberg, Barbro Lagerkrantz, Birgitta Liljedahl, Anders Lindblad, Lena Melin, Björn Sandström, Anders Tegnell, Annica Waleij, Kristina Westerdahl, "Afganistanstudien", FOI-R—0426—SE.

Topografin för ett område kan fås fram med hjälp av en satellitbild. Utifrån kunskapen om områdets topografi kan spridningsanalyser göras. Ett exempel kan vara ett antagande om att giftig gas släpps ut i en stad. Efter en spridningsanalys kan en uppskattning göras om hur gasen kommer att spridas. För att göra en så bra bedömning som möjligt för riskanalyser krävs färsk kartor/bilder över området som analysen avser.

Bland det material som soldaterna som tjänstgör i Kosovo får ingår kartor framtagna med hjälp av satellitbilder. En av soldaterna, som ansåg att det kartmaterial som han hade tillgång till ej var av tillräcklig bra kvalitet, ringde våren 2003 hem till en vän i Sverige och bad honom att köpa en karta från Metria och sedan skicka ner den till honom i Kosovo. Detta visar att den nya kartinformation som framtagits i Sverige för Kosovomissionen antingen inte delgivits soldaterna på plats eller så var den framtagna kartinformationen av alltför dålig kvalitet för den berörda soldaten.

Satellitbilder används i måttlig utsträckning. De fås för specifika spaningsuppdrag som t.ex. för att planera ett uppdrag. Bilden används för att se var lämpliga framryckningsvägar finns, var vägspärrar kan sättas upp eller för att se vilka hus som används till vad. Satellitbilder kan beställas vid särskilda behov. Det tar ett par dagar för personalen på plats att få bilderna.

Behovet av satellitbilder i internationella insatser kan belysas med ett exempel. Sommaren 2003 reste försvarspersonal till Kindu i Kongo för att på FN-uppdrag bevaka en flygplats. FN tillhandahöll de kartor som truppen fick på plats. Kartmaterialet var daterat 1958. 45 år gamla kartor kan vara användbara där människor inte har verkat. Det finns dock många exempel på att så gamla kartor kan vara inaktuella även på dessa platser p.g.a. miljöförändringar som kan åstadkomma stora förändringar i naturen. För att få relevant kartmaterial rörande aktuell infrastruktur borde satellitbilder som är några månader eller högst några år gamla användas.

För att upprätthålla säkerheten för de anställda på flygplatsen förses FN-personalen med information gällande aktuella hot inom närliggande områden. Exempel på sådana hot kan vara att kända extremgrupper finns inom området. Terrängen runt flygplatsen analyseras med hjälp av satellitbilder för att ge information om varifrån t.ex. en terroristgrupp kan tänkas närma sig, hur snabbt gruppen kan röra sig i terrängen och hur svårupptäckt den blir där. I detta fall krävs inget större krav på färsk satellitbilder, utan det räcker med satellitbilder som är några månader eller högst några år gamla.

Ett fall då kravet på färsk satellitbilder är stort är vid analys, t.ex. bekräftelse eller dementer, av händelser. Naturligtvis kan satellitbilder inte alltid ge information i dessa fall, men vid händelser som bränder, översvämningar, jordbävningar m.m. utgör satellitbilder mycket värdefulla kompletterande informationskällor. Satellitbilderna måste då ha registrerats så snabbt efter händelsen att det fortfarande finns kvar spår av den och, framförallt, innan informationen blir inaktuell. Det handlar här om storleksordningen dagar.

Svenska försvarsmakten köper in bilddata vid behov via GeoSE som samordnar försvarsmaktens behov av satellitdata. Bilderna köps från t.ex. Quickbird¹⁰, Ikonos¹¹ samt SPOT¹². Inköpsprocessen går antingen via GeoSE som kan ta fram arkiverade bilder på ca en vecka. Om inte bilderna finns kan beställning göras från t.ex. Quickbird där en nytagen bild på ett intressant område kan bli ett komplicerat projekt. Ett krisområde är intressant för fler nationer

¹⁰ Amerikansk kommersiell fjärranalyssatellit för registrering av optiska bilder.

¹¹ Amerikansk kommersiell fjärranalyssatellit för registrering av optiska bilder.

¹² Fransk-belgisk-svensk fjärranalyssatellit för registrering av optiska bilder.

och då får man ”slåss” med andra om en viss bild vid en viss tidpunkt och banpassage. Oftast kan fler nationer dela kostnaden och få samma bild, men det är inte säkert att en nation vill dela, utan kräver ensamrätt och då kan det ta flera månader att få önskat material.

Att använda satellitspaning för taktiskt ändamål är inte möjligt så länge Sverige inte äger eget system. Det beror mestadels på de långa ledtiderna som uppkommer vid beställningar från utländska leverantörer av kommersiella satelliter. Att förbättra kontakterna med dessa leverantörer kan möjligen bidra med bättre försörjning. Annars är ägande av andelar eller ett samägt system ett annat alternativ till bättre försörjning.

2.3 Behov av bildalstrande rymdsystem vid internationella insatser

2.3.1 Inledning

Den kartinformation och de satellitbilder som används i nuvarande insatser är ofta gamla, felaktiga och av dålig kvalitet. Det behov som finns av kartor/bilder är stort och det uppfylls inte. För att lösa arbetsuppgifterna i de ofta svåra terrängerna är det nödvändigt med bra och korrekt kart/bildmaterial. Ett huvudskäl till det gamla material som tilldelas är ekonomiskt. Det medför ofta höga kostnader att köpa nya satellitbilder. Här finns stora möjligheter för förhandlingar med utländska leverantörer för att få bra avtal som innebär snabbare och billigare leveranser av satellitbilder.

En typ av rymdsystem som Sverige skulle kunna anskaffa för att stödja svensk trupp vid internationella insatser är förslagsvis ett bildalstrande system. Det skulle underlätta avsevärt för det svenska försvaret i dess arbete. Dels skulle FM bli oberoende av andra nationers intresse för samma bilder och ledtiderna skulle sannolikt förkortas betydligt från beställning till att bilden är färdig för användning. Satellitbilder skulle då kunna användas på strategisk nivå mer effektivt och kanske även på taktisk nivå. Det senare är svårt om man är beroende andra nationers system.

Kartor som används kan köpas in kommersiellt (möjligen framtagna med hjälp av underlag från kommersiellt tillgängliga satelliter) eller kan fås från missionen (exempelvis FN eller NATO). Det har ibland varit problem att få tag på tillräckligt många och tillräckligt bra kartor och kartdata, till stora delar har problemen berott på kostnader. Troligen har de senaste årens utveckling med enklare tillgänglig kommersiell kartinformation minskat dessa problem.

Kartleveransen till förbanden är otillräcklig i dag. I första hand bör kartor tas fram i tillräcklig mängd till personalen. Behovet av att kartan är färsk är speciellt stort i samband med internationella insatser.

Att ta fram informationsunderlag inför avresa både försvårar och ökar kostnaden om inte satellitbilderna är färska. Vid intervjuerna har det framkommit att satellitbilder och kartor som tilldelas ofta är äldre än 10 år.

En erfarenhet som FM-personal i utlandstjänst har, är att det alltid är brist på information. Satelliter är svårstyrda och man kan inte få kontinuerlig info. För att få uppdatering en gång i timmen krävs många satelliter och det blir mycket dyrt. Att få fram satellitbilder är en långsam process så länge man inte äger eget system. Från en vecka upp till månader kan det ta för att få en önskad bild. Hur ofta man tar in satellitbilder varierar stort beroende på hur intressant området är. Nya områden som tidigare inte varit intressanta kan ta lång tid att få bil-

der från, medan ett högentressant område ofta redan har arkiverade bilder som kan tas fram snabbare.

Spaningsbehovet, eller informationsbehovet, är olika beroende på i vilken fas man befinner sig. Före insats när insatsområdet ej är känt finns ett behov av uppbyggnad av information som är bara långsamt föränderlig i tiden. Före insats, när insatsområdet är känt, finns ett behov av att komplettera den tidigare insamlade informationen med information som är snabbt föränderlig. När insatsstyrkan är på plats i insatsområdet behövs information om det som händer eller nyss har hänt. Tabell 1 försöker exemplifiera dessa typer av informationsbehov.

Tabell 1: Spaningsbehov för internationella insatser

Skede	Typ av underrättelser	Mottagare av bilderna och informationen	Behov av och krav på spaningsdata
Före insats när plats ej är känd	Långsiktig information (allmän bakgrundsinformation) för uppbyggnad av databas: kartor, infrastruktur, byggnationer, förändringar, valideringar, framtagande av normalbilden, m.m.	Central analys- och datalagrings tjänst.	Höga krav på upplösning men behovet av uppdateringsfrekvens är låg.
Före insats när plats är känd	Underrättelser som kompletterar redan existerande information: förändringar från normalbilden, trupperrelser, lokalisering av parter, aktuella geodata, m.m.	Bildanalytiker i underrättelsetjänsten, centrala beslutsfattare, insatsledningen och insatspersonal.	Relativt höga krav på upplösning och stort behov av hög uppdateringsfrekvens. För viss typ av information dock hög upplösning.
Under insats	Uppdateringar av lägesbilden: förflyttningar, effekter av parter vapeninsatser, detektion av massgravar, m.m.	Bildanalytiker, centrala beslutsfattare, insatsledningen och insatspersonal.	Måttliga krav på upplösning men behovet av uppdateringsfrekvens är hög. För viss typ av information dock hög upplösning.

2.3.2 Metoder för bildanskaffning

Det finns olika metoder att skaffa satellitbilder varav följande är de huvudskaliga¹³:

- **Köpa bilder** på vanliga kommersiella villkor:
 - redan registrerade och arkiverade bilder
 - beställa programmering för att kunna köpa nytagna bilder över ett visst område
- **Prenumerera på bilder** över visst område.
- **Köpa prioriterad tillgång:**
 - prioriterad programmeringsrätt av registreringar inom ett visst område
 - prioriterad tillgång till viss del av kapaciteten, t.ex. vissa banspår, viss andel eller liknande
 - ensamrätt till alla bilder inom ett visst område
- **Vara delägare/alliansmedlem:**
 - olika alternativ liknande de som gäller för kommersiella system
- **Äga egen satellit.**

Dessa metoder kan eventuellt kombineras på olika sätt beroende på satellit, operatör och kundens behov och önskemål.

¹³ Ulf Ekblad (red.), *Utnyttjande av kommersiella fjärranalyssatelliter för DBA-ändamål – En underlagsrapport från FoRMA*, FOI-R—0172—SE, Augusti 2001, p. 11.

Det finns operatörer som erbjuder möjlighet att köpa ensamrätten till satellitbilder inom en markstations täckningsområde (ett område med en radie på 1000 - 2000 km). Exempelvis så skulle FM kunna köpa ensamrätten till satellitbilder från Esranges och Sturups täckningsområden.

En satellitägare skulle kunna sälja eventuell överkapacitet och den som har ensamrätt på bilder över visst område kan sälja alla eller en del av de bilder som han inte önskar hemlighålla. Likaså kan en egen satellits kapacitet reserveras så att ägaren vid behov bestämmer helt över den.

2.3.3 Upplösningskrav

Satellitbilder anses vara viktiga i försvarsmaktens arbete, och med den ökande upplösning som kan fås har trenden blivit att bilderna spelar en allt större roll. Genom kartläggning med satellitbilder kan man förutse fiendens avsikter och bedöma tillgångar som kraftverk och infrastruktur. Materialet kan användas på strategisk nivå under en längre tid.

Hur hög prestanda som kan ges av ett bildalstrande system är i första hand en ekonomisk fråga och inte en teknisk. Om ett bildalstrande system skall användas för taktiskt nivå är en upplösning på $< 0,7$ m att rekommendera. Den höga upplösningen krävs för bedömning om t.ex. stridsvärdet hos fartyg, t.ex. läckage eller skada. För övervakning av pågående verksamhet behövs inte alltid en lika hög upplösning. För att se verksamhet som t.ex. upprättande av skenbro är snarare kravet på uppdatering viktigare än själva upplösningen. Detta beroende på att det går betydligt snabbare att upprätta en skenbro än en riktig. Däremot om äktheten hos en färdig bro skall klarläggas behövs mycket hög upplösning, $< 0,5$ m.

För identifiering av föremål krävs en upplösning < 1 m, men redan vid 10 m upplösning kan utformning av samhällen och hamnar avgöras. Med 1 m upplösning kan detaljer som containrar och fordon urskiljas. Däremot är det svårt att avgöra om det är en personbil eller skåpbil som ses. Skuggeffekter är i detta fall viktiga. Det är enkelt att se om strukturerna i bilderna är naturliga eller konstruerade av människor. Behovet av högupplösta bilder anses som stort eftersom det kan vara avgörande vid en t.ex. stormning av byggnad. Om det i förväg finns en högupplöst bild tillsammans med karta fås information om infrastruktur, adresser och byggnaders placeringar. Med en bild fås en tydligare uppfattning om hur en tomt ser ut med t.ex. träd, stenar, m.m. Även information om var fönster eller dörrar finns kan ges av en bild. Detta underlättar för en planering av stormning för tillfångatagande av t.ex. en misstänkt förbrytare.

Satellitbilder med både hög och låg upplösning är tacksamma verktyg vid internationella insatser därför att de ger så mycket information vid ett enda tillfälle. Behovet av satellitbilder kommer bäst till sin rätt i miljöer där omfattande erfarenhet eller tillgång till information saknas, t.ex. kartor och litteratur, exempelvis under en skarp mission i ett land och en miljö där annan landskapsrelaterad information än satellitdata är knapphändig. Satellitbilder kan då med fördel användas tillsammans med karta inför planerad insats.

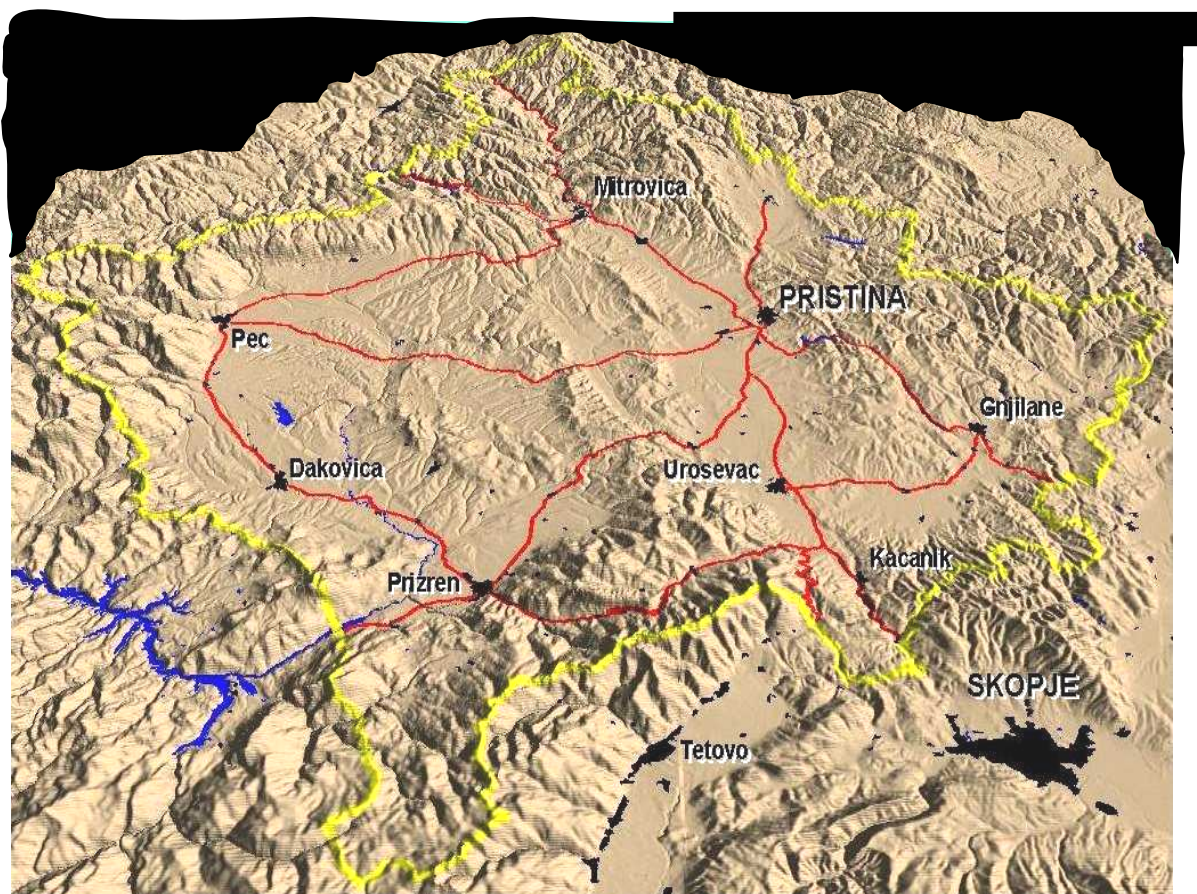
2.3.4 Databehandling, verktyg, bildtolkning

För att kunna nyttja bildalstrande rymdsystem i framtiden finns ett behov kompetensutveckling. En metodik för bildunderrättelsetjänst bör tas fram men även utbildning av fotoana-

lytiker och bildtolkare för att göra tekniska bildanalyser. Exempel på programvara för bildanalys är ENVI eller ERDAS där ENVI med fördel kan kombineras med andra programvaror.

FM-personal placerade i Kosovo har erfarenhet av kartunderlag. Vid jämförelse av deras kartunderlag med den brittiska är den brittiska betydligt bättre. Den bättre ger användaren tillgång till 3D-bilder med höjddata för att lättare ge en uppfattning om terräng och situation. Med detta material blir planeringen säkrare och bättre. Planeringsmaterial av denna typ är något som den svenska personalen har behov av.

I första skedet bör nytt kartmaterial tas fram dels till personal finns på plats, dels till de personer som arbetar före missionens start med att ta fram informationsmaterial baserat på satellitbilder. I andra skedet bör 3D-kartor tas fram och även terrängmodeller som kan tas fram på dator på plats för planering. Ett exempel på 3D-karta över ett stort område i Kosovo ges i Figur 7.



Figur 7: Exempel på 3D-karta över Kosovo. Här ses bergstrukturer tydligt mellan olika platser.

Marinen har sett ett behov av att nyttja en "bank" med bilder och information över intressanta områden. Här skulle GeoSE kunna fylla en viktig funktion. Möjlighet att lagra flera lager på varandra önskas där kartinformation med infrastruktur m.m. finns inlagd, varvid man då skulle kunna välja till eller avstå från vissa delar. På detta sätt kan planering underlättas och samtidigt skulle förändringar upptäckas i miljön. Ett steg vidare i denna "bank" kan vara att få

informationen i 3D-format. En möjlighet med att simulera fordon och liknande i 3D-miljön skulle ge en helt ny typ av information och planering man tidigare inte haft tillgång till.

Ett behov av både radar och optiska bilder finns, där troligen IR skulle kunna ge information om hur kraftig växtligheten är vid en viss plats längs ett kustband. Det kan ha avgörande betydelse för landstigning eller inte.

Ett problem gällande databehandling när FM inte har tillgång till eget system är risken för manipulation av data. Operatörer har möjlighet (även om det är osannolikt) att eliminera data innan den levereras. En annan risk (om än mycket liten) är sabotage där operatören inte själv är medveten, t.ex. ett datavirus som lägger till eller tar bort information i datafiler.

En digitaliserad och georektifierad¹⁴ bild av AOR/AOI (*Area Of Responsibility/Area Of Interest*) skulle kunna ge ett lämpligt grundmaterial för en lägesbild. Om en terränghöjdsmodell tillförs kan en 3D-simulering göras av området. Ett exempel på användningsområde kan vara bataljonsstaben i Kosovo som får hela sitt AOR som 3D-karta. Om varje stridsfordon/gruppchef förses med en sändare kan de t.ex. var 30:e sekund skicka in sin identitet och sitt läge. Med ett informationsläge på ca en meters noggrannhet skulle det på så sätt ges en mycket bra information om var styrkorna befinner sig.

Att ladda ner en stor bild tar lång tid. Istället skulle en programvara behövas med ett verktyg som kan "klippa" ut och uppdatera informationsförändringar inom angivet område. Uppdateringarna kan fortlöpande överföras till kompstab och plutonchefer. Omvänt skall verktyget också klara att från fältet ta emot inmatningar som uppdaterar den lokala gemensamma lägesbilden. En funktion som möjliggör att lägga in vanliga kamerabilder skulle vara till god hjälp. En utredning som sammanställer vilka programvaror som finns och vilka funktioner som behövs skulle vara en god början.

I vissa fall vid operationer i svårtillgängliga delar av världen är det komplicerat att överhuvudtaget få fram kartmaterial med tillräcklig upplösning. Här skulle FM ha möjlighet att med förhållandevis kort (mindre än två månaders) varsel självt försörja sina förband med aktuellt kartbildsmateriel. Detta är fullt möjligt med nuvarande kommersiella satelliter.

2.3.5 Ledtider

I dagsläget finns högupplösta optiska satellitsystem (t.ex. Quickbird) men bilderna kan ta upp till tre månader innan de levereras vilket gör att dessa inte går att använda på taktisk nivå vilket är önskvärt. Den långa ledtiden som uppstår vid beställning av satellitbilder från amerikanska system beror på USA:s lagstiftning som kräver att satellitbilder inte lämnas ut till andra nationer förrän tidigast ett dygn efter registrering. Kravet har tillkommit delvis just för att begränsa underrättelsevärdet i kommersiella satelliter. Lagen kan komma att tas bort så småningom, men just nu utgör den ett hinder för snabb leverans av satellitbilder från amerikanska kommersiella satelliter.

Ledtiden är direkt avgörande om bilderna skall användas taktiskt. Vid en militärövning i augusti, SamMarin-03, användes satellitbilder för att bl.a. testa den taktiska nyttan av dessa. Den snabbast levererade och behandlade bilden var två timmar gammal. Då var bilden obearbetad och ännu inte användbar. I den bilden fanns uppgifter om fartygspositioner. För att tak-

¹⁴ En georektifierad bild är en bild som har anpassats till en kartprojektion.

tiskt kunna utnyttja den informationen är det viktigt att informationen är tillgänglig i realtid. Informationen kom därför inte till sin fulla rätt. En tre timmar gammal bild som visar att fienden närmar sig (d.v.s. en bild som visar att fienden närmade sig för tre timmar sedan) går inte att använda ur taktisk synvinkel. Ledtiden måste vara närmare realtid för att medge taktisk användning.

Det är olika ledtider beroende på satellitoperatörernas administrationstider. USA:s 24-timmarsregel ger för FM ett problem med att få bilder från t.ex. IKONOS och Quickbird. Vid SamMarin-03 var Radarsat¹⁵ den satellit som levererade den snabbaste bilden (ca 2 timmar).

P.g.a. de långa ledtiderna kan det vara lätt att döma ut användandet av satellitbilder. USA har emellertid satellitsystem där bilderna kan levereras i princip i realtid. Den administrativa delen är den största orsaken till de långa ledtiderna, inte den tekniska. Ytterligare förhandlingar med leverantörer, egen satellit alternativt äganderätt skulle bidra till kortare ledtid. Ett tekniskt problem (som även USA brottas med) är den s.k. ”last mile”-problematiken som innebär trög nerladdning till datorer.

Bildbearbetningen som sker efter nedladdning av den levererade bilden skulle med rätt verktyg snabba upp arbetet. Automatiserande algoritmer för målupptäckt kan köras snabbt och med hög sannolikhet för att mot sjöbakgrund (utan kraftig sjögång) upptäcka ekon. Ett huvudproblem gällande ledtider hos satellitoperatörerna är att de kommersiella systemen inte är framtagna för att hantera militära behov. Den tekniska administrativa frågan är viktig och bör undersökas vidare.

2.3.6 Satellitbilder/kartor i framtiden

Ur informationssynpunkt är i de flesta fall optiska data att föredra med tanke på det större informationsinnehållet. När det gäller att få bilder vid en specificerad tidpunkt, t.ex. bilder från insatsområdet under själva den internationella insatsen, så är både ljusförhållanden och moln en begränsande faktor för optiska satelliter och då är SAR (se avsnitt 2.6) ett alternativ som lättare uppfyller tidskraven.

För övervakning under lång tid, t.ex. för att bygga upp en informationsdatabas innan vetskap om en internationell insats finns, då kraven är lägre både beträffande registrering vid exakt tidpunkt och på tid från registrering till kundleverans, torde ofta optiska sensorer vara att föredra p.g.a. deras högre upplösning och mer lättolkade bilder.

2.4 Beskrivning av optisk avbildningsteknik

2.4.1 Principer

Ett optiskt system (teleskop med lins eller spegel) koncentrerar det på jorden reflekterade solljuset på den bildalstrande sensorn, som kan vara en fotografisk film eller en elektrooptisk sensor. Historiskt sett användes först fotografisk film och kort därefter också videoband innan de digitala sensorerna tog över. Numera är det bara vissa militära satelliter som använder fotografisk film. Den digitala bilden som alstras av den elektrooptiska sensorn sänds, efter att kanske först ha lagrats ombord på satelliten, ner till en nedtagningsstation. I Sverige finns två så-

¹⁵ Kanadensisk civil SAR-satellit.

dana, dels stationen i Esrange och dels den nyare stationen i Sturup. Inom dessa områden kan alltså en satellitbild tas ner i Sverige i realtid, d.v.s. utan att först ha lagrats ombord på satelliten.

Genom att antingen vrida på det optiska systemet eller på hela satelliten kan områden till vänster eller höger om satelliten avbildas. På samma sätt kan områden framför och bakom satelliten avbildas. Att man vill titta till höger eller vänster om sitt banspår beror antingen på att man vill se ett område tidigare än vad som skulle vara fallet om man skulle behöva vänta på att området befinner sig rakt under satelliten eller att man vill göra en stereobild av området. Tekniken att först se framför sig och sedan bakom sig kan också utnyttjas till att skapa stereobilder, men det kan också användas för att detektera snabbt rörliga objekt.

2.4.2 Begränsningar

Registreringsbegränsningar

Det finns ett antal olika typer av begränsningar som påverkar möjligheterna att snabbt erhålla önskade bilder:

- Återkomstfrekvens, täckningsintervallet, stråkbredd och upplösning
Dessa parametrar beror på de fysikaliska naturlagarna och systemets konstruktion. Mycket högupplösande sensorer med stor flexibilitet i tittvinkel kan teoretiskt göra registreringar varannan dag med full upplösning och möjligen varje dag med reducerad upplösning. Stråkbredden ("synfältet") är beroende av banhöjd och brännvidd. Exempelvis har SPOT en upplösning på 10 m och en stråkbredd på 60 km. En omskalning av detta ger att ett spaningssystem med en upplösning på 0,1 m skulle få stråkbredden 600 m.
- Mörker, moln, regn och dis
Optisk avbildning från satellit är beroende av solljuset och att det reflekterade ljuset kan nå upp till satelliten. På höga latituder finns det t.ex. ofta inte tillräckligt med ljus under den mörka årstiden. Termisk IR-spaning fordrar klart väder, men spaningen kan ske i mörker. Viss IR-spaning kan alltså ske mot IR-källor nattetid.
- Korrigerig och distribution:
Olika typer av databehandling av bilderna och distributionen av dessa kan ta tid. I princip kan dock en satellitbild (rådatabild utan systemkorrigerig) distribueras i nära realtid, d.v.s. under en timme från registreringen räknat.
- Prioritet
Det kan vara svårt eller dyrt att få den prioritet man vill ha för att säkerställa att man får bilder från rätt plats vid rätt tidpunkt om man köper bilder på den kommersiella marknaden.
- Säkerhetspolitiska restriktioner
Nationella säkerhetspolitiska intressen kan innebära att bilder från vissa områden under vissa tider inte kan fås med den upplösning man vill ha om man är beroende av annan stats system eller system som lyder under annan stats jurisdiktion.

Observationstillfällen

Antalet satelliter som behövs för att med ett visst tidsintervall kunna observera ett visst område ökar med minskande tidsintervall¹⁶. Kortfattat kan det konstateras att på svenska breddgrader kan en och samma satellit (med optisk sensor) i bästa fall, med snedtitning, observera ett och samma område en gång per dygn. För SAR-satelliter dubblas observationsfrekvensen eftersom dessa även kan göra registreringar under nattpassager. Antalet observationstillfällen ökar linjärt med antalet satelliter.

Bästa observationstid är i regel från förmiddag till början av eftermiddag, d.v.s. mellan ungefär kl. 9 och kl. 14. För att morgondimma skall hinna försvinna bör observationerna göras efter kl. 9 och för att stackmoln inte skall hinna byggas upp bör de göras före kl. 14. Detta gör att satelliternas passager inte är jämnt utspridda på dygnet utan att dessa är koncentrerade till just dessa tider på dygnet (se Tabell 2).

Tabell 2: De vanligaste tiderna för passager av optiska fjärranalyssatelliter¹⁷

Typiska tidsintervall för passager [lokal soltid]	Ungefärlig tidpunkt för en typisk passage [lokal soltid]
09:00 – 11:00	10:00

2.5 Beskrivning av avbildning med ryddbaserad radar

2.5.1 Radarprinciper

Klassisk radar

Radar (RAdio Detection And Ranging) är en teknik där elektromagnetisk (på hög frekvens, s.k. mikrovågor) strålning sänds ut (vanligen i form av pulser) varefter gångtiden för de pulser som återkommer efter att ha reflekterats på målobjektet mäts. Radar används vanligen för att upptäcka, positionsbestämma (i höjdd och i bäring) och följa objekt. Typiska exempel på objekt är flygplan och fartyg.

Genom att veta i vilken riktning radarns antenn befinner sig i vid sändnings- och mottagningsstillfällena (dessa blir nära nog identiska p.g.a. ljusets höga hastighet i förhållande till avståndet till målet för den klassiska tillämpningen av radar här på jorden och pulsens korta utsträckning i tid) kan också asimut och elevation till målet fås.

Dessa avståndsmätande radar är egentligen inte bildalstrande. Radarekona visas dock ofta på en plan skärm. Den första typen ovan t.ex. visar radarekona på en cirkelskiva där radien är avståndet till ekot och vinkeln är asimuten (ett planpolärt diagram), s.k. PPI (eng.: Plane Position Indicator; sv.: planpolär indikator).

¹⁶ Ulf Ekblad, *Minimum Number of Satellites for Periodic Coverage*, FOA Report C 30511-9.4, December 1988.

¹⁷ Tabellen bygger på uppgifter från Satellusrapporten *Kommersiellt tillgängliga fjärranalyssatelliter*.

Avbildande radar

Den bild som alstras av en radar är resultatet av tidsskillnaden mellan utgående och inkommande signal. För spaning med radarsensorer finns det två avbildningstekniker, dels Real Aperture Radar (RAR) och dels Synthetic Aperture Radar (SAR). I RAR-system (icke-koherent radar) bestäms antennens lobbredd av antennens fysiska storlek, d.v.s. upplösningen begränsas av antennlängden. Den geometriska upplösningen parallellt med satellitbanan blir för RAR ekvivalent med motsvarande bredd hos det momentant belysta markområdet. Detta är bl.a. beroende på antennens storlek, den s.k. aperturen (egentligen öppning): ju större apertur desto smalare strålning kan sändas ut (den s.k. loben blir smalare) och med en smalare lob kan mindre objekt särskiljas vilket ju är det som är upplösning.

Av praktiska skäl kan man inte bygga hur stora antenner som helst vilket ju därmed begränsar möjligheterna till att få hög upplösning. Under andra hälften av 1900-talet kom man på ett sätt att kringgå denna begränsning och skapa en konstgjord apertur (på engelska *synthetic aperture*) och på så sätt öka upplösningen. Denna princip fungerar som så att radarn placeras på en plattform (i början på flygplan, senare också på satellit) som rör sig. Genom att på ett sinnrikt sätt hålla reda på de utsända radarpulserna allteftersom plattformen rör sig kan man bearbeta de insamlade radarpulserna på ett sådant sätt att radarn fungerar som om den hade en antenn som är större än den fysiska antennen. I SAR-systemen (koherent radar) skapas alltså bilder med hög upplösning genom signalbehandling av de mottagna signalernas magnituder och faser.

Med RAR-system från rymden fås en grov upplösning i avståndsled av storleksordningen flera kilometer, medan SAR-tekniken medger en upplösning ner till storleksordningen meter, men till priset av en omfattande datainsamling och efterföljande datorbearbetning innan en bild över det avspanade området erhålls. Denna datorbearbetning tog till en början mycket lång tid (dagar), men med datorteknikens utveckling har denna tid avsevärt reducerats (till timmar eller under en timme; man kan nästan tala om nära realtid).

Det finns flera faktorer som påverkar hur objekt avbildas i en radar-/SAR-bild, varav två beskrivs i vad som följer.¹⁸

Läget i terrängen påverkar placeringen av objektet i bilden. Radarekot från punkter som ligger högre upp kommer tillbaka något tidigare än från en punkt som ligger längre ner. Detta, som på engelska kallas *foreshortening*, beror på att radarvågen når ett högt liggande objekt tidigare än om objektet skulle ha legat lågt, d.v.s. objektet tillskrivs ett kortare horisontellt avstånd än om det hade legat lägre. Konsekvensen av detta blir att berg ser ut att luta.

Vattenytan ser ofta mörka ut eftersom det mesta av strålningen reflekteras bort. Om däremot vattenytan krusar sig kommer mer strålning att spridas tillbaka till sensorn och vattenytan ser då ljusare ut. Graden av ljushet beror på faktorer som vågornas storlek och rörelseriktning i förhållande till sensorn.

C-band¹⁹ lämpar sig bäst för havstillämpningar, men via t.ex. koherensbilder så kan användbarheten för vegetationsklassning väsentligt ökas. När det är lite vegetation blir koherensen

¹⁸ Erik Hansson och Wolter Arnberg, "Satellitburen radar för översvämningskartering", *Kart & Bildteknik*, 2003:2, p. 21, Kartografiska Sällskapet.

¹⁹ Frekvensområdet är för radar 4 – 8 GHz; vanligen används 5,25 – 5,85 GHz.

mellan två bilder hög eftersom det inte är så mycket som kan röra sig och ju mer vegetation man har dess sämre koherens får man mellan bilderna. Med hjälp av interferometriska metoder kan också förskjutningar i marken på centimetrar uppmätas och bra höjdmodeller (DEM) produceras. Interferometri förutsätter dock att man har tillgång till bildpar som är tagna från positioner på lämpligt avstånd från varandra; helst av satelliter i tandem.

2.5.2 Nackdelar och begränsningar med SAR-tekniken

Databehandling

SAR-data kräver mera processning och bearbetning än optiska data. SAR-system alstrar dessutom stora datamängder. Detta ställer höga krav på datalänken ner till marksegmentet. Utrustning i form av kraftfulla datorer måste finnas om man eftersträvar nära realtidsbearbetning för avbildade områden på jordytan. Ju större spaningsområde och ju högre upplösning desto större datamängder, vilket i sin tur ställer högre krav på databehandlingskapacitet.

Nästan väderberoende

Radarspaning är inte ljus- och väderberoende som den optiska spaningen är, eftersom radarvågorna tränger igenom moln och dimma. Strålkällan finns dessutom på satelliten, varför spaning kan ske nattetid. Mycket kraftigt regn kan dock dämpa radarstrålningen något. Radar-ekot påverkas dessutom av markfukt.

Energibegränsning

Radarn kräver mycket energi. Ett sätt att alstra energi är med solceller. Stora solcellspaneler innebär stort luftmotstånd, vilket blir speciellt märkbart på låga banhöjder. För att inte luftmotståndet skulle bli för stort hade därför sovjetiska radarsatelliter kärnkraftsreaktorer ombord för energiförsörjningen. Moderna civila SAR-satelliter går i lite högre banor och låter sig nöja med solpaneler som energikällor. Den elektriska energin lagras i batterier ombord, men energin räcker bara till ca 20 min per varv om ca 90 min.

Sårbarhet

Det har sedan länge förekommit uppgifter om att bländning av optiska spaningssatelliter har skett. Detta torde dock vara svårare att genomföra än störning av SAR-satelliter. Försök och simuleringar på FOA/FOI har visat att SAR går att störa, men för god verkan kräver detta i allmänhet att störsystemet finns i målspaningsområdet (d.v.s. i huvudloben).

2.6 Jämförelse mellan optisk teknik och SAR

Bildbehovet vid internationella insatser varierar starkt med flera faktorer, såsom ytan som skall övervakas, hur ofta bilder skall registreras, vilken upplösning bilderna skall ha, väderförhållanden, tillgängliga satelliter och sensorer, m.m. En översikt av några parametrar för informationsinhämtning från satellit med olika sensorer ges i Tabell 3.

Tabell 3: Jämförelse mellan optisk spaning och SAR från satellit

Satellittyp	Optisk spaning	SAR
Bantyp	LEO	LEO
Upplösning	Storleksordning meter	Storleksordning några meter
Väderberoende	Högt	Lågt
Dagsljusberoende	Högt (om ej TIR)	Inget
Jonosfärsberoende	Inget	Lågt
Sensors frekvens-känslighetsintervall	Visuellt ljus, IR (både NIR och TIR)	8 – 12 GHz
Ytmässig täckning	Stråkbredd i storleksordning 10 km	Stråkbredd i storleksordning 100 km
Tidsmässig täckning	Momentana observationer	Momentana observationer
Observationsfrekvens över ett och samma område	Högst varannan dag	Högst varje dag

Noter: NIR = nära IR; TIR = termisk IR

2.7 Förslag

De genomförda intervjuerna har framförallt pekat på ett stort behov av att få färsk satellitbilder vid de uppdrag som svensk FM-personal får vid internationella insatser samt den information som kan erhållas från satellitbilder. Tyvärr framkom emellertid att satellitbilder inte utnyttjas på ett optimalt sätt. Här finns mycket att göra. Tillgången till bilder är aningen komplicerad med långa ledtider och höga kostnader.

Ett förslag till att snabba upp bildleveransen är att ge t.ex. Rymdbolaget uppdraget att förhandla fram bra avtal med utländska leverantörer för Försvarmaktens behov. Behovet avser i första hand snabb leverans med nödvändig upplösning på bilderna. Den administrativa tiden det tar att leverera bilder borde rimligen kunna minskas.

Ett förslag på hur satellitbilder skulle kunna användas vid en internationell insats är följande: För att ladda ner högupplösande bilder från kommersiella satelliter kan FM hyra in sig (skaffa möjlighet/licens) hos t.ex. Rymdbolaget. FM köper in programvara med verktyg och utbildar tekniker som snabbt kan koordinatsätta och georektifiera satellitbilderna. Hos satellitoperatörer görs prenumeration av registrering bilder ca var tredje månad över områden där svenska förband är involverade (AOR samt AOI). De bearbetade bilderna ges till varje berörd förbandschef.

Ett ytterligare steg kan vara att beställa registrering av bilder med längre mellanrum, t.ex. var 6:e månad, i syfte att möjliggöra för HKV/MUST att följa upp områden inför sannolik kommande svensk insats. Detta försäkrar någorlunda färskt kartmaterial för inledande bedömning och planering.

Detta innebär inte nödvändigtvis att FM skaffar egna spaningssatelliter utan i första hand är det fråga om att utnyttja kommersiella satellitsystem, d.v.s. införskaffa bilder, analysera/tolka dessa samt att behandlade bilder kommer ut till berörd personal, på ett effektivare sätt än som har skett hitintills. Ägande av egen satellit borde däremot diskuteras vidare. Ett alternativ, främst av kostnadsskäl, till eget ägande är samarbete med andra nationer.

Ett eget bildalstrande satellitsystem skulle underlätta avsevärt för det svenska försvaret i dess arbete vid internationella insatser. Dels skulle FM bli oberoende av andra nationers intresse för samma bilder och ledtiderna från beställning till leverans skulle, jämfört med dagens, troligen kunna avkortas betydligt. Bilderna kan användas på ett mer effektivt sätt på strategisk nivå, men kanske även kunna användas på taktisk nivå, vilket är omöjligt idag beroende på de långa ledtiderna.

Framtida samarbetspartner inom området är troligen andra EU-länder, vara många också är NATO-länder. De satellitsystem som det skulle vara önskvärt att ha tillgång till via ett samarbete är i första hand ett optiskt system med hög upplösning och i andra hand ett radarsystem (SAR-system).

Anledningen till att det optiska systemet prioriteras är att det finns ett stort behov av högupplösande bilder. Nackdelen med metoden är att den är dygns- samt väderberoende. Det som talar för radar är fördelen att det ser genom moln och att det kan användas även om natten. En nackdel är att den sensorn är aktiv och därför kan upptäckas. Dessutom ger radar inte lika bra upplösning i bilderna som ett optiskt system gör.

3 Rymdsystem för kommunikation

3.1 Allmänt

Satellitkommunikation skall i många fall ses som ett medel för kommunikation bland många möjliga alternativ. Ibland utgör det inte bara ett komplement utan torde vara huvudalternativet, såsom i stora ödemarker, långt ute till havs, i oländig (kuperad) terräng och vid internationella insatser.

En typ av internationell insats, låt vara ej direkt av militär natur, är vid katastrofer, av typen naturkatastrofer. Då förstörs i regel den befintliga infrastrukturen. I sådana sammanhang, men också vid andra räddningsinsatser, utgör satellitkommunikation troligtvis ofta det bästa kommunikationsmedlet. Andra kommunikationssätt kan ju ibland också fungera, men satellitkommunikation lär i regel dock alltid fungera.²⁰

”Grunden för Försvarmaktens verksamhet skall vara förmågan till väpnad strid.”²¹ Speciellt viktigt torde vara att kunna kommunicera med egna trupper i utlandet. I detta sammanhang (internationella insatser) har Regeringen speciellt ålagt Försvarmakten att ”kunna ställa kvalificerade förband och andra resurser till förfogande för internationella fredsfrämjande och humanitära insatser”. Ett flexibelt sätt att snabbt och tillförlitligt ställa kommunikationsresurser till förfogande i sådana sammanhang är med hjälp av satellitkommunikation. Kommunikation måste då dels kunna ske mellan Sverige och insatsområdet och dels inom själva insatsområdet.

Försvarmakten skall ”ha förmåga att i samverkan med andra länder planera och genomföra fredsbevarande operationer”²² och då ”företrädesvis i Europa och dess närhet, men även globalt”²³. Dessutom skall FM ”ha förmåga att i samverkan med andra länder planera och genomföra fredsframtvängande operationer”²⁴. I alla dessa fall utgör satellitkommunikation ett om inte nödvändigt så åtminstone ett praktiskt sätt att upprätthålla fungerande kommunikation.

Om Regeringen så beslutar skall Försvarmakten kunna ”delta med trupp i fredsfrämjande och humanitära insatser på mandat av FN eller OSSE för att främja internationell fred och säkerhet”. För att kunna utföra sådana torde det vara mer eller mindre nödvändigt med tillgång till satellitkommunikation och ”för att kunna delta inom ramen för NATO-ledda fredsbevarande operationer är satellitkommunikationssystem t.o.m. ett krav”²⁵.

I ett svenskt deltagande i en internationell insats torde satellitkommunikation utgöra en nödvändighet. Kommunikation måste kunna ske dels mellan Sverige och insatsområdet och dels inom insatsområdet. Inom insatsområdet finns andra möjliga, och kanske mer lämpliga, kom-

²⁰ Ulf Ekblad, (red.), *Utnyttjande av satelliter för kommunikation i den nya krigsföringen – FoRMA underlagsrapport*, FOI-R—0284—SE, December 2001, p. 36.

²¹ Förordning (2000:555).

²² Ibid.

²³ Ibid.

²⁴ Ibid.

²⁵ Örln Bengt Lundgren, *Satellitkommunikation för Marinens fartyg*, C-uppsats på Förvarshögskolan, 19100:1067, 2001-06-19.

munikationsalternativ, t.ex. vanlig telefoni. Det förutsätter dock att det finns ett fungerande telefonnät vilket inte alltid är fallet.

Kommunikation via satellit är en förutsättning och en självklarhet vid samarbete med andra nationer vid en internationell insats. Utan detta hjälpmedel skulle personalen på plats inte ha möjlighet att utföra sina arbetsuppgifter. I vissa internationella insatser är det ett krav att kunna nyttja kommunikation via satellit och dessa krav har med tiden ökat, exempelvis vad gäller tillgänglighet och tillförlitlighet. Dessutom finns behov av högre dataöverföringshastighet och nya tjänster som t.ex. videokonferens.

I detta avsnitt ges information om vilka tjänster som används i nuvarande insatser samt vilka önskemål och behov som finns inom området. En teknisk översikt följer varpå ett sammanfattande stycke om behovet avslutar delen.

3.2 Nuvarande användning vid internationella insatser

3.2.1 Inledning

Vid i stort sett varje utlandsmission används satelliter för kommunikation. Det gäller både för tjänstebruk men kanske mestadels för personalvårdande behov. Det kan vara telefoni till hemmet eller för att göra beställningar av utrustning eller proviant på plats. För att soldaterna skall ta utlandstjänst kräver många att de på ett enkelt sätt skall kunna bibehålla kontakten med närstående hemma. FM är måna om att deras personal skall må väl vid utlandsarbete och ger därför personalen möjlighet till denna kommunikation för personalvårdande syfte, s.k. ”welfare”. Områdena, där soldaterna är placerade, är ofta oroliga med dålig infrastruktur. Möjligheten att använda vanlig telefoni är ofta obefintlig. Satellitkommunikation är ofta det enda möjliga alternativet.

Varje enskild nation får handha eget system för enklare kommunikation som t.ex. telefoni till hemmet eller för beställning av varor men för militärt bruk står uppdragsgivaren för systemet. Det finns viss skillnad mellan FN och NATO:s kommunikationssystem. För FN-uppdrag sker kommunikation från högsta nivå till bataljon via kommersiell FN-ägd utrustning. För NATO sker kommunikation med hjälp av militär, ”lead nation”- eller NATO-ägd utrustning. Mission Georgien har tillgång till FN-system med satellitsamband. Däremot har FN inga satellitsystem för underrättelsetjänst. Omvänt kan möjligen nationer på eget initiativ ge FN tillgång till vissa underrättelser. Sannolikt skulle stormakterna i FN inte tillåta att FN skaffar sig alltför stor kapacitet på detta område.

3.2.2 SWELINK

FM har alltsedan starten på sin internationella insats i Balkan utnyttjat satelliter för kommunikationen till och från insatsområdet. FMV har varit initiativtagare till flera av FM satellitkommunikationssystem. Ett exempel är det s.k. SWELINK som var i drift 1995 men som inte används längre. Fördelen med SWELINK var den långa räckvidden eftersom det gick på C-band²⁶. Genom åren har olika mycket bandbredd för SWELINK hyrts. SWELINK är ett system som ursprungligen togs fram för Bosnien, men markstationer har med tiden även funnits i södra Ungern, i Makedonien och i Kosovo. Det har hela tiden varit en Intelsat²⁷-satellit

²⁶ Frekvensområdet för kommunikation är 4/6 GHz; vanligen används 3,7 – 4,2 och 5,925 – 6,425 GHz.

²⁷ Internationellt kommunikationssystem bestående av många kommunikationssatelliter i den geostationär banan.

med positionen 1 grad väst som använts; först satelliten Intelsat 602 och sedan satelliten Intelsat 707.

En nackdel med SWELINK var att det var långsamt. Fördröjningarna gjorde att kommunikationen blev irriterande. Dessutom var det stora reparationsproblem med systemet.

Ett till SWELINK kompletterande system används numera också till Kosovo. Detta har tills nu varit ett provsystem kallat SWEMILSAT, men det kommer att övergå i det helt IP-baserade SWIPSAT. Just nu används Sirius 2²⁸. I detta har FMV tagit ett större ansvar för att "balansera" olika parametrar. DAMA-teknik används för att effektivisera och bandbredd hyrs i frekvensmätt, än så länge bara 1 MHz (delas mellan överföringsriktningarna).

3.2.3 FMsatkom

FMsatkom är ett satellitkommunikationssystem som installerades i Kosovo november 2002. Det används av insatsförbanden som befinner sig i Kosovo-Makedonien. Den delvis svensk-ägda satelliten Sirius 2 används och överföringshastigheten är 2 Mbit/s. Systemet kan användas för tal, fax och internet både för welfare och för tjänstebruk, t.ex. beställning av varor och tjänster. Det går att välja öppen eller krypterad överföring. Två moder används, ATN²⁹ för privata samtal och FTN för försvarets telenät. En nackdel med systemet är att det är anpassat för närområdet, ca 400 mils radie genom att Sirius 2 täcker en del av detta område. Det innebär t.ex. att operationen i Kongo inte kan använda systemet för kommunikation med Sverige, eftersom Kongo befinner sig utanför detta område. En intervjuperson har sagt att problemet skulle kunna lösas om systemet arbetade i C-band. Med detta menar han troligen att om Fmsatkoms markutrustning använde C-band skulle det vara lättare att hitta andra satelliter än Sirius 2, som använder sig av Ku-bandet, att hyra in sig på.

3.2.4 Enskilda observatörer

I vissa länder sänds enskilda observatörer från Sverige för att bevaka en situation. Vid dessa uppdrag är det vanligt att observatörerna får med sig en satellittelefon i kommunikationssyfte. Satellittelefon och bärbar dator ingår i observatörsutrustningen. Satellittelefonen är avsedd i första hand som nödsambandsmedel. FN tillhandahåller system i övrigt på de flesta enskilda missioner. Exempel på områden där Sverige har observatörer är Mellanöstern, Indien/Pakistan, Kuwait, Georgien, Etiopien, Kongo, Östtimor, Sierra Leone, Korea, Balkan, Guatemala, Afghanistan och Sudan.

Bildexempel på Inmarsat-telefon visas i Figur 8.

²⁸ En delvis svenskägd kommunikationssatellit i den geostationär banan. Den svenska ägarandelen kommer från februari 2004 att uppgå till 25 %, d.v.s. en minskning från den tidigare nivån 50 %.

²⁹ Det allmänna telenätet.



Figur 8: Bilden visar en bärbar satellittelefonutrustning för INMARSAT³⁰. Utrustningen innehåller två handhållna telefoner, en dator samt en ihopfällbar antenn (den vita plattan).

Några fördelar med satellitkommunikation är:

- kommunikation över stora avstånd
- marknätet avlastas
- det stora täckningsområdet
- att kommunicera inom områden där det är svårt och oekonomiskt att etablera marknät
- komplement till marknätet vid t.ex. naturkatastrofer eller attentat

3.2.5 Nuvarande kommunikationsmetoder vid internationella insatser

Idag används kommunikation via kortvåg (KV) som alternativ till satellitkommunikation. Att utesluta ett av alternativen vore slösa eftersom de kompletterar varandra. Vid höga krav på säkerhet såsom störskydd samt kontroll används KV. Då korta tidskrav finns eller vid överföring av stora datamängder kan i stället satellitkommunikation vara ett bra alternativ. Idag används satelliter för kommunikation mellan besättning på ubåt och land. Exempel på kommunikation är:

³⁰ Ett system av kommunikationssatelliter i den geostationära banan för kommunikation ursprungligen med fartyg; se avsnitt 3.2.2.

- telefoni mellan besättningen och deras anhöriga
- data för operativt/taktiskt bruk

3.3 Behov av satellitkommunikation vid internationella insatser

3.3.1 Inledning

Avsnitten 3.3.1 – 3.3.3 bygger på material från en C-uppsats³¹ på Försvarshögskolan samt intervjuer³².

För de närmaste tre till fem åren erfordras ett IP-nät för minst följande förbindelser³³:

- telefoni
- data för operativt/taktiskt bruk i ledningssystemet
- två dataförbindelser för operativt/administrativt/personalvårdande bruk, informationsstödssystem, bildöverföring, Internet, m.m.
- förbindelse för videoöverföring

Genom intervjuer med olika personer inom Försvarsmakten har det framkommit att det önskas möjlighet att kunna överföra realtidssensordata. En rimlig tidshorisont för detta tros vara 10 till 15 år framåt från nu.

Som en kompletterande militär sambandsmetod kan lämpligen civila satellitkommunikations-system användas. Vid internationella insatser är satellitkommunikation ett krav för att klara sambandsbehovet för att avlasta NATO:s taktiska förbindelser.³⁴ Dessutom är det en fördel att kunna använda satellitkommunikation vid internationella övningar.

Nedan diskuterar vi speciellt kommunikation för fartyg och ubåtar. Att inte mark- och luftfallen tas upp beror bl.a. på att för marktrupp kan andra kommunikationsmöjligheter finnas och för luftburna enheter är antenner ett stort problem som gör att satellitkommunikation inte är vanligt på flygsidan.

3.3.2 Kommunikation fartyg

För fartyg kan ett geostationärt system uppfylla de krav som ställs på täckning, tillgänglighet och driftsäkerhet. Dessutom uppfylls kravet på nära realtidskommunikation. Ett sådant system skulle kunna konstrueras kring de svenska satelliterna Sirius 1 och 2 alternativt internationella satelliter med svenska ägarintressen. Fördelen med detta är möjligheten att kunna hålla en god kontroll över systemet.

Behovet av satellitkommunikation för fartyg kan sammanfattas i följande punkter, att möjliggöra:

³¹ Örln Bengt Lundgren, *Satellitkommunikation för Marinens fartyg*, C-uppsats på Försvarshögskolan, 19100:1067, 2001-06-19.

³² Stefan Abrahamsson, HKV, m.fl.

³³ Örln Bengt Lundgren, *Satellitkommunikation för Marinens fartyg*, C-uppsats på Försvarshögskolan, 19100:1067, 2001-06-19.

³⁴ Ibid.

- operativ trafik till och från Sverige
- operativ trafik mellan fartygets ledningssystem och ledningssystem i land
- taktisk trafik till andra förband till sjöss, i luft och på land
- administrativ trafik till FM informationssystem

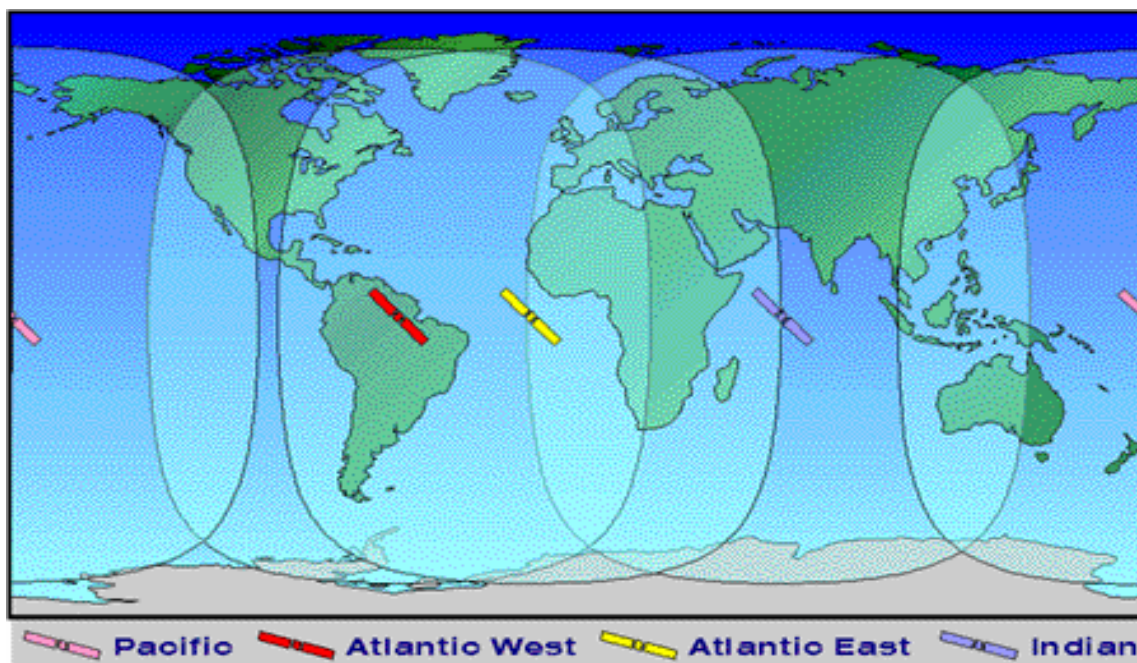
3.3.3 Kommunikation ubåt

Satellitkommunikation är en framtida möjlighet för ubåtar³⁵ att få nätverksanslutning, förbättra sin kommunikation över stora avstånd samt att överföra realtidssensordata.

Ett krav för att delta i internationella operationer är överföring av stora datamängder och att säkerställa sambandet i ett utvidgat operationsområde. Den tidigare långsamma sambandskedjan mellan ubåt och ledningsfunktionen i land kan påskyndas med hjälp av kommunikation via satellit.

Under våren 2003 har HKV KRI Sjö lagt en beställning hos FMV på ett antal Inmarsat-utrustningar (för Inmarsat-systemets täckningsområde se Figur 9) som ska användas på ubåtarna. Följande ska monteras med start 2004:

- Kommunikationsantennen kommer att troligen implementeras i en befintlig mastmonterad antenn.
- Överföringshastigheten är 64 kbit/s.
- GMDSS krav + welfare-trafik och taktisk trafik.



Figur 9: Inmarsat-systemets satelliter samt täckning.

³⁵ Örln Bengt Lundgren, *Satellitkommunikation för Marinens fartyg*, C-uppsats på Försvarshögskolan, 19100:1067, 2001-06-19.

Överföringshastigheten 64 kbit/s, som är låg när det gäller överföring av stora datamängder, är torde inte alltid vara tillräcklig i alla sammanhang.

Det kommer att finnas möjlighet att sända krypterad information. Det som vinnas med kommunikation via satellit (i förhållande till kortvåg) är högre överföringshastighet, bättre tillgänglighet till IP-nätet, lägre röjningsrisk (gäller inte om båten måste upp till ytläge).

I internationella satellitprojekt på ubåt monteras parabolantennor i mast eller i en kommunikationsboj. Om dessa projekt är intressanta för FM är osäkert då priserna på dessa lösningar är höga och antennerna skrymmande. Fördelen är främst högre överföringshastighet.

3.3.4 Tjänster

Det finns ett stort utbud av kommersiella tjänster för direktkommunikation, såsom telefoni, meddelande-, fax-, och dataöverföringar, e-post, Internet, videokonferenser m.m. Det kan t.ex. vara s.k. VSAT-tjänster (VSAT = Very Small Aperture Terminal). Tjänster på en framtida marknad kan bli Internet och telefoni för passagerare i flygplan.

TV-utsändningar från satellit direkt till hushållen (DBS = Direct Broadcast Satellite) har funnits sedan 1980-talet. På slutet av 1990-talet startade radioutsändningar i USA för direktagtagning. En marknad för radiosändningar är t.ex. mottagning i bilar.

Många av dessa kommersiella tjänster kan också utnyttjas militärt. Utsändningar av DBS-typ kan utnyttjas för överföring av stora datamängder, som t.ex. bilder, kartor, lägesinformation m.m. Det kan också vara av intresse att brett sända information eftersom det blir svårare att veta vem som är mottagare. För internationella insatser torde ett säkert sätt att kommunicera med omvärlden, såsom bl.a. hemmabasen och anhöriga, vara att utnyttja satelliter.

3.3.5 Tillgänglighet

Ägarberoende

Det önskvärda är att vid behov kunna sända iväg sina meddelanden utan att behöva vänta. För detta fordras att kommunikationskanalen då är tillgänglig. Satellitkommunikation via geostationära satelliter t.ex. går alltid om den finns fri sikt till denna, om man har rättigheter att utnyttja den, teknisk utrustning för sändning m.m.

Har man inte egen kontroll av satelliten är man beroende av ägare och satellitoperatör. Kommersiella satelliter t.ex. ägs och styrs av företag. Företag är i sin tur beroende av någon statsmakt i den meningen att företag alltid lyder under någon nations lagar. En representant för det franska DGA (Délégation Générale pour l'Armement) säger i en intervju³⁶ att den franska försvarsmakten har valt att ha egna transpondrar, och i framtiden också egna satelliter³⁷, för att

³⁶ Caroline Laurent, chef för Syracuse 3-programmet, i "Syracuse 3, une nouvelle génération de satellites militaires", *CNES Magazine*, No. 12, Avril 2001, pp. 29-30.

³⁷ Egna satelliter har dessutom den fördelen att hela satelliten kan skyddas mot störning och andra angrepp som inte låter sig göras på en civil satellit. Dessutom ges möjlighet att ha de antenner som är lämpliga utan att behöva samutnyttja de civila eller konkurrera om utrymme. (Caroline Laurent i "Syracuse 3, une nouvelle génération de satellites militaires", *CNES Magazine*, No. 12, Avril 2001, pp. 29-30.)

vara säker på att få tillgång till kommunikationskapacitet vid en krissituation. Den brittiska lösningen går ut på att leasa $\frac{3}{4}$ av Skynet 5³⁸-kapaciteten under 15 år³⁹.

För närvarande är de flesta kommersiella satellitkommunikationssystemen USA-ägda eller USA-kontrollerade. Ingen förändring av detta förhållande är att vänta till år 2010. Som den säkerhetspolitiska situationen ser ut just nu så verkar det inte troligt att Sverige och USA skulle hamna i motsatsförhållande under denna tid. Detta innebär att det ur den aspekten inte vore något hinder att använda amerikanska satelliter.

På marksegmentsidan går det oftast mycket lättare att skapa ett oberoende. Det finns t.ex. ett mycket stort antal tillverkare av satellitantenner. I Sverige finns t.ex. SWE-DISH Satellite Systems som tillverkar ett stort antal olika typer av parabolantennor för olika tillämpningar.

Kommersiellt tillgängliga satelliter

FM utnyttjar kommersiellt tillgängliga satelliter, t.ex. GEO-satelliter som ägs av Nordiska Satellit AB (NSAB) eller den internationella organisationen Intelsat, för kommunikation med fjärrbelägna styrkor på t.ex. Balkan. Denna form av satellitkommunikation utnyttjar satelliten för att spegla en radiosignal mot jorden. Resten av systemet är normalt ens eget, d.v.s. terminalerna ("markstationerna") ägs och drivs av den som nyttjar dem. Dessa kallas ofta VSAT-system (*Very Small Aperture Terminal*, antenner ned till ca en meter i diameter). Inmarsat har system med terminaler i storlek som en bärbar dator.

Följande tjänster för satellittelefoni finns hos Iridium, Globalstar och likartade system⁴⁰:

- Tal (Uppringda samtal, Vidarekoppling, Röstbrevlåda)
- Dataöverföring (max ca 10 kbit/s)
- Paging (begränsade sökningsmöjligheter om området där man befinner sig har meddelats operatören)
- Short Burst Messaging (SMS-liknande meddelanden, Brevlåda)

Med en enstaka LEO-satellit kan ett store-and-dump-meddelandesystem, d.v.s. ett system där en passerande satellit tar emot ett meddelande från en sändare på marken som sedan vid ett senare tillfälle när satelliten passerar över mottagaren på en annan plats sända ner meddelandet, erhållas. För att kunna ha en kontinuerlig realtidsförbindelse räcker det inte med en satellit i LEO utan det fordras ett system med tiotals eller hundratals satelliter; det exakta antalet beror huvudsakligen på vald satellithöjd. Exempelvis så har Iridium-systemet, som går på höjden 780 km, 66 satelliter.

Nuvarande generation av LEO-system, som t.ex. Iridium och Globalstar, har vissa begränsningar såsom relativt låga överföringskapaciteter. Detta gör systemen olämpliga för överföring av stora mängder data. Möjlighet till direktanslutning till Internet finns. I Appendix 3 ges

³⁸ En brittisk militär kommunikationssatellit där det privata företaget Paradigm Secure Communications Limited skall operera systemet i enlighet med det nya programmet Private Finance Initiative; Skynet 5 får därmed anses som ett privatägt system.

³⁹ Caroline Laurent i "Syracuse 3, une nouvelle génération de satellites militaires", *CNES Magazine*, No. 12, Avril 2001, pp. 29-30.

⁴⁰ Se t.ex. <http://www.iridium.com/>, http://www.skyhelp.net/acrobat/9june01/data_overview.pdf och http://www.globalstar.com/index_two.html.

lite tekniska data för Iridium och Globalstar, liksom några exempel på allianstillhörande satelliter samt militära satellitsystem.

Tillgänglighet under internationella insatser

Det civila samhället blir alltmer beroende av snabb global kommunikation. Om kommunikation via LEO-system verkligen blir en kommersiell framgång torde en ökande andel av global, men även kanske lokal, kommunikation gå via satelliter. I många sammanhang torde sådana system vara intressanta även för militär trafik.

En lokal konflikt lär inte föranleda någon global satellitoperatör att helt stänga av sitt system eftersom det skulle negativt påverka sådana kommunikationsförbindelser som en överväldigande majoritet av användarna önskar bibehålla intakta. Däremot skulle kanske celler (i sådana system som har tillräckligt små celler) över ett visst område kunna stängas av.

Satellitkommunikationssystem torde i stor utsträckning förväntas finnas tillgängliga under kris/krig, så länge som det inte rör sig om ett mycket globalt krig, typ tredje världskriget. Förutom effekter av störsändningar finns inget som tyder på att satellitkommunikationssystem inte skulle fungera under (FN-sanktionerade) internationella insatser.

Tidstillgänglighet

En GEO-satellit är alltid tillgänglig inom sitt täckningsområde och om man har fri sikt till den. För andra satelliter beror tidstillgängligheten helt på satellitbana och latitud. Detta skall illustreras med ett exempel.

Vi väljer en LEO-satellit i polär bana på höjden 700 km. Omloppstiden blir då ca 99 min och satelliten gör ca 14,5 varv per dygn. På en plats på latituden 40 - 45 grader befinner sig satelliten ca 40 min per dygn med elevationen minst 5 grader över horisonten. Av de 40 min befinner den sig ca 25 min över 10 graders elevation. Den passerar 4 - 5 gånger per dygn över platsen. Kortaste tiden mellan två passager är ca 1 h 45 min och den längsta tiden mellan två passager är ca 10 h. Den maximala kommunikationstiden under en passage är ca 10 min.⁴¹

Exemplet ovan gäller för en satellit. Intervallet mellan passagera är då ca 5 h. Ett system med sex satelliter skulle alltså kunna ge en passage per timme. LEO-system för telefoni medger kontinuerlig kommunikation, under förutsättning att det är fri sikt till en satellit. Vid överlämnande till annan satellit blir riktning till satelliten i regel en helt annan. Om personal på en internationell insats endast har tillgång till ett litet fönster i terrängen med fri sikt till himlen kan det bli lång väntan innan en LEO-satellit i ett LEO-system för telefoni passerar just i detta fönster. Väntetiden beror bl.a. till stor del på fönstrets storlek. Med ett litet fönster och få satelliter kan väntetiden bli mycket lång, kanske flera dygn. Ju lägre banhöjd desto svårare är situationen.

⁴¹ Exemplet är hämtat från en studie av Saab Space, 1987, men något förenklat.

3.4 Frekvenser och antenner för satellitkommunikation

3.4.1 Satellitfrekvenser

En tendens som fortsätter är att allt högre frekvenser används för satellitkommunikation. De i dag använda frekvensbanden kommer dock även fortsättningsvis att utnyttjas. Bland de nya frekvensband som kommer att tas i bruk ligger ett vid 44 GHz. (Valet av just den frekvensen beror på att radiovågorna på den frekvensen har större genomträngningsförmåga än radiovågor på omkringliggande frekvenser.)

Bristen på lediga frekvenser kommer att driva på utvecklingen av tekniken för spot beams⁴². Genom användning av spot beams kan frekvensutnyttjandet effektiviseras eftersom frekvenserna kan återanvändas, d.v.s. samma frekvenser kan användas av flera, ej direkt intilliggande, spot beams.

Efterfrågan av större bandbredd och högre datahastigheter blir allt större. Detta innebär bl.a. att det blir större konkurrens om frekvenser och att en effektivare hushållning av frekvensutnyttjandet behövs.

3.4.2 Antenner

GEO-banan är en cirkel ovanför ekvatorn. Detta innebär att från jorden sett ligger de geostationära satelliterna som ett pärlband längs en storcirkel. För en observatör på ekvatorn står satelliterna som högst över horisonten; en satellit kan t.o.m. stå rakt i zenit för en viss observatör. Ju mer observatören avlägsnar sig ekvatorn ju närmare horisonten kommer alla geostationära satelliter att stå. På samma sätt kan inte en observatör på ekvatorn se en geostationär satellit som står rakt i väster eller öster. En sådan satellit skulle befinna sig strax under horisonten.

I Tabell 4 ges några exempel på värdet för satelliters höjd över horisonten vid några latituder för norra halvklotet. På södra halvklotet befinner sig GEO-satelliter i nordlig riktning med motsvarande värden.

Tabell 4: Riktning (d.v.s. höjden över horisonten) på norra halvklotet till geostationär satellit som är belägen rakt i söder

Latitud [grader]	Höjd över horisonten [grader]	Kommentar
60	22	Stockholms latitud är ca 59 grader
45	38	Belgrads latitud är ca 45 grader
40	44	Ankaras latitud är ca 40 grader
30	55	Kuwait ligger på ca 29 graders latitud
0	90	På ekvatorn ligger satelliten rakt över huvudet

Eftersom det för varje punkt på jorden finns en bestämd riktning till en viss GEO-satellit och eftersom denna riktning är konstant kan enkla parabolantennar användas när användarantennen kan hållas stilla eller inte rör sig alltför snabbt. För snabba och häftiga rörelser hos

⁴² Koncentrerad, i rumslig mening, strålning från en antenn, d.v.s. sändareffekten koncentreras i en smal stråle.

antennplattformen är s.k. gruppantenn, d.v.s. antenner bestående av flera små antennelement och där antennloben elektriskt kan styras, lämpligare.

Satelliter som inte finns i den geostationära banan utan går i banor på lägre (ofta mycket lägre) höjder kan korsa himlen på många olika sätt, alltifrån passager rakt över huvudet till passager när horisonten. Vissa specialfall förekommer där satelliterna passerar på vissa sätt, men passagera för LEO-satelliter i kommunikationssystem kan vara på många olika sätt. Det går därför inte att peka ut några speciella riktningar till dessa satelliter.

Det enklaste sättet är att ha en rundstrålande antenn, men nackdelen med sådana är röjningsrisken. Ett bättre alternativ är att ha en parabolantenn som följer satellitens rörelse eller ännu hellre en gruppantenn.

Eftersom satellitbanor är predikterbara och tämligen stabila kan banpassager beräknas för ganska lång tid. Detta kan utnyttjas för att underlätta inpejlingen av satelliten vid uppdykandet. Detta kan vara betydelsefullt om man har parabolantenn och ett litet geometriskt kommunikationsfönster, och därmed kort tid för uppkoppling och sändning.

3.5 Förslag

Behovet av att kunna kommunicera via satellit är stort även om situationen inte är akut varför det är av stor vikt att satellitkommunikationsmöjlighet alltid finns att tillgå på internationella insatser.

Förbättring av satellitkommunikation för ubåt pågår. En förbättring av denna är en förutsättning för att kunna använda ubåtar vid internationella insatser varför det är av allra största vikt att denna genomförs.

En inventering av utlandspersonalens önskemål beträffande överföringshastigheter samt tjänster, såsom videokonferens m.m., borde göras.

Olika alternativa vägar för att tillhandahålla satellitkommunikation bör undersökas.

Frågor som ”Räcker den kapacitet som fås när överföringskapacitet hyrs in på kommersiella satelliter?” och ”Kan man verkligen vara säker på att på kort varsel få tillgång till nödvändig kapacitet i det aktuella insatsområdet?” bör undersökas och besvaras.

4 Rymdsystem för navigering

4.1 Allmänt

För att kunna behandla navigeringsfrågor på ett neutralt sätt internationellt har ett generellt namn på satellitnavigeringssystemen uppkommit, nämligen GNSS (*Global Navigation Satellite System*). Till GNSS hör satellitbaserade globala positions- och tidsbestämmande stödsystem till dessa. De befintliga största projekten inom GNSS är:

- GPS (*Global Positioning System*), USA.
- GLONASS (*GLObal NAVigation Satellite System*), Ryssland
- Galileo, pågående europeiskt samarbete för nytt navigeringssystem
- WAAS (*Wide Area Augmentation System*), USA
- MSAS (*Multifunction transport Satellite based Augumentation System*), Japan
- BNTS (*Beidou Navigation Test Satellite*), Kina

För uppdrag i svår terräng ser förbanden satellitnavigering som en nödvändighet. En nackdel med satellitbaserade system är den låga signalstyrkan vid markytan. Detta gör signalen känslig mot avsiktliga eller oavsiktliga störningar.⁴³ Ändå är satellitnavigering en väl använd metod både civilt och militärt. Med planerade förbättringar inom GPS (se avsnitt 4.4.1) kommer sannolikt satellitnavigering att vara den mest använda navigeringsmetoden i framtiden.

Då satellitnavigeringssystem bygger på användandet av ett stort antal relativt kostsamma satelliter är sådana system inget som en enskild nation, förutom de dåvarande supermakterna USA och Sovjetunionen, bygger upp på egen hand. För några år sedan beslutade EU, tillsammans med ESA, att skapa ett europeiskt satellitnavigeringssystem kallat Galileo. Detta har inneburet vissa ”konflikter” mellan EU och USA. Eftersom dessa numera tycks vara lösta finns det inte något skäl att diskutera dessa i denna rapport.

4.2 Nuvarande användning vid internationella insatser

Navigeringssystemet GPS används dagligen vid svenska insatser och finns i alla fordon i utlandstjänst. GPS används under förutsättning att ett kompletterande system medtages, t.ex. tröghetsnavigering, karta, kompass eller gyro ifall GPS-utrustningen tappas bort eller går sönder. Det börjar även bli vanligt förekommande bland enskilda soldater att bära egen GPS. Användandet av GPS är till stor nytta i okänd terräng där kartorna är knapphändiga. Ett användningsområde för GPS är inhämtning av underrättelser som t.ex. position på någon känd förbrytares bostad eller position på en parkerad bil som anses som ett misstänkt objekt. En GPS-position anges ofta som rutin vid minsta anledning att ange en position. GPS är ett nödvändigt instrument och ofta ett ”måste” i utrustningen. Utan detta instrument skulle troligen uppgifterna lösas ändå, men på helt andra villkor.

⁴³ För mer information se t.ex. FOI-rapporter som: Arnzén, Sylve; Alm, Anders; Arnsby, Jan; Davidson, Martin; Marits, Erik; *Prov med GPS/GLONASS - Störning mot satellitnavigering*, FOA-R--98-00957-616—SE, 1998. Boberg, Bengt; *Störning av navigeringssystem - Lägesrapport november 2000*, FOA-R--00-01670-616—SE, 2000. Andersson, Börje; Boberg, Bengt; Bolander, Göran; Eneroth, Anders; Gadd, Staffan; Gustavsson, Ove; Karlsson, Nils; Klum, Peter; Nelsson, Claes; Steinvall, Ove; Svensson, Thomas; Wigren, Christer; *Störning av multisensorsystem - en förstudie*, FOI-R--0879—SE, 2003.

GPS är något som minröjarna är beroende av. Noggrannheten för position vid minröjning måste vara hög, neråt någon meter, åtminstone bättre än dagens civila GPS på ca 10 m. Den GPS-tjänst som används i nuläget är civil men ett avtal är redan klart med USA som kommer att möjliggöra för Sverige att använda militär GPS. Fördelar med militär GPS är att den dels ger en bra noggrannhet (av storleksordningen 1 m) samt att den är mer störtålig jämfört med den civila. Den anskaffning som nu sker av militär GPS är handhållna instrument. I senare skede kommer installationer att genomföras i fordon.

4.3 Behov av navigeringsstöd från rymden vid internationella insatser

Civil GPS används kontinuerligt vid utlandsarbete men det finns ett behov av att använda ett militärt system, vilket snart kan komma att bli verklighet enligt vad som sagts ovan. Det finns i nuläget inget direkt behov av att byta ut den befintliga fungerande utrustningen till ett annat, t.ex. kommande Galileo. Samarbetet fungerar f.n. bra med USA men med samarbetet inom Galileo möjliggörs framtida nya alternativ. Sverige arbetar aktivt inom Galileo-projektet med t.ex. framtagning av programvara samt hårdvara till satelliter. En framtida krissituation där USA är inblandad kan innebära att USA vill och kan störa ut andra navigeringssystem, vilket ger fördel för GPS-användare.

4.4 Beskrivning av rymdbaserade navigationssystem

4.4.1 GPS

Det USA-ägda navigeringssystemet GPS används alltmer runt om i världens infrastruktur både civilt och militärt. För den civila GPS-signalen används en frekvens men arbete pågår med att utvidga den signalen till två frekvenser. Vinsten med detta blir bättre noggrannhet. I nuläget är noggrannheten runt 10 meter (i bästa fall 5 m) men med två frekvenser kommer den noggrannheten att justeras till ca fyra meter. Militär GPS har redan två frekvenser med ca fyra meters noggrannhet. Noggrannheten på den civila signalen har medvetet reducerats med en pålagd störning. Detta för att signalen inte skall kunna användas militärt av främmande nationer. Ett problem med den militära GPS-signalen är att den ligger i samma område som den civila vilket gör att om den civila störs ut, störs även den militära ut. Därför pågår arbete med att en helt ny kodning skall läggas in på den militära och slutresultatet skall bli att både den militära och den civila signalen kommer att förbättras i både noggrannhet och säkerhet.

4.4.2 GLONASS

Det alternativ som finns till GPS är det ryska GLONASS. GLONASS är i grunden militärt och projektet startades 1982 av ryska försvaret som fortfarande förvaltar systemet. Konstellationen skall innehålla 24 satelliter men gjorde det endast en kort period 1996. Satelliternas livstid i GLONASS är ca 5 år (jfr GPS satelliters livslängd som är 10 år) vilket gör att konfigurationen är svår att upprätthålla. Projektet har ekonomiska problem och f.n. är endast ett fåtal satelliter verksamma och p.g.a. av problemen blir systemet instabilt och osäkert och därför är GPS ett bättre alternativ. Om systemet varit fullt utbyggd skulle GLONASS täcka in Sverige på ett bättre sätt än vad GPS gör. Ryssland förväntas lösa livslängdsproblemen och att fortsätta utveckla GLONASS. GLONASS har en militär samt en civil signal. Dock har den

militära signalen ingen kryptering vilket möjliggör att noggrannheten blir densamma på båda, ca 20 m i horisontalplanet.

4.4.3 Galileo

Galileo är ett europeiskt samarbete (sju länder inkl Sverige) för ett gemensamt navigerings-system. Systemet beräknas vara i drift år 2008 och är tänkt att vara civilt styrt. Diskussioner pågår dock om systemet skall innehålla en militärt styrd tjänst. Frankrike är en drivande nation i frågan där förslag lagts fram på att ha ett mer störtåligt samt krypterat system anpassat för militärt användande. Galileo är tänkt att innehålla fem tjänster:

- Öppen gratis tjänst:
Navigering för alla. Två frekvenser som ger noggrannhet runt fyra meter.
- Kommersiell tjänst:
Företag som abonnerar på denna tjänst får något mervärde (ännu oklart vad mervärdet innebär). Garantier ges för noggrannhet m.m. Tre frekvenser skall användas för att ge noggrannhet till dm-nivå. Tjänsten är tänkt för lantmäteri, vägtrafik, jordbruk m.m.
- Search and rescue:
En räddningstjänst med 2-vägsfunktion som kan användas vid t.ex. olyckor. En enkel funktion som gör det möjligt att sända meddelanden för hjälp. Kan vara lämplig för enskilda personer i t.ex. fjällen.
- Safety of life:
Anpassat för t.ex. sjöfart, flyg och tåg. Hög noggrannhet med varningsfunktioner som t.ex. tillförlitlighet på vilka satelliter som ev. ger opålitliga signaler.
- PRS (Public Regulated service):
Ska anpassas för myndigheters användande, t.ex. räddningstjänst, tull och kustbevakning. Det är oklart om detta gäller Försvaret eller inte. Denna tjänst diskuteras intensivt där bl.a. Frankrike vill ha en militär anpassad tjänst. PRS skall vara robust, på sådant sätt att t.ex. om den kommersiella tjänsten är ur funktion skall ändå denna tjänst fungera. Denna robusthet får som konsekvens att positionsnoggrannheten inte blir bättre än ca sex meter.

En sammanfattning av antalet satelliter i respektive konstellation ges i Tabell 5.

Tabell 5: Planerat antal satelliter i tre GNSS-system

	GPS	GALILEO	GLONASS
2003	28	--	8
2007	28	10	15
2008	28	20	24
2012	28	30	24
2015	28	30	24

4.5 Förslag

Eftersom GPS i nuläget fungerar bra för svenska trupper i utlandstjänst och eftersom GPS dessutom kommer att förbättras inom kort, enligt vad som sagts ovan, finns inget behov i nuläget att byta ut detta satellitnavigeringssystem.

Däremot bör man fortsätta att följa arbetet med Galileo för att detta i framtiden skulle kunna bli ett alternativ eller ett komplement till GPS.

5 Sammanfattning och slutsatser

5.1 Allmänt

Intervjuer har skett med ett urval av personal inom FM som har eller har haft kontakt, erfarenhet eller på något sätt är eller har varit berörda av internationella insatser. Detta har gett ett antal synpunkter som förhoppningsvis har varit representativa för helheten. Redovisning har skett av dessa i denna rapport. Vitsen med att ta fram dessa synpunkter är att visa på hur rymdteknik kommer in i internationella insatser. Ett antal brister, eller åtminstone förhållanden som rimligtvis skulle kunna förbättras, har därvid framkommit.

I rapporten har vi inte bara gett exempel på hur satelliter används och kan användas vid internationella insatser. Syftet med att använda satellittjänster har behandlats och hur behovet av satellittjänsten uppfylls. Huruvida det finns ett beroende av satelliter kan ju alltid diskuteras, men att satelliter, eller konkretare satellittjänster, i många fall är helt avgörande för att personal skall effektivt kunna genomföra sina uppgifter har påvisats. Satellitkommunikation och navigering med GPS tillhör de tjänster som personal på internationella insatser svårligen kan undvara. Man kan med all vilja i världen inte påstå att det finns ett beroende av satellitbilder eftersom sådana utnyttjas långt ifrån optimalt.

Vad som vore önskvärt i framtiden tas upp i förslagsavsnitten. Vi har inte pekat på några speciella typer av rymdsystem skulle Sverige kunna anskaffa för att stödja svenska förband utan vi har nöjt oss med att konstatera vilka behov av olika satellittjänster som finns. Däremot har de olika satellitkommunikationssystemen som har använts beskrivits liksom de olika satellitnavigeringssystemen som finns och planeras. Den operativa tillgängligheten, både geografiskt och tidsmässigt, för satellittjänsten har behandlats samt vilka användningsområdena har varit för satellittjänsterna och med vilken prestanda har dessa erhållits till viss del också.

5.2 Spaning

De genomförda intervjuerna har framförallt pekat på behov och nytta av information som kan fås från satellitbilder. Det framkom emellertid att satellitbilder inte utnyttjas på ett optimalt sätt. Här finns mycket att göra. Det innebär inte nödvändigtvis att FM måste skaffa egna spaningssatelliter utan i första hand är det fråga om att utnyttja kommersiella satellitsystem, d.v.s. införskaffa bilder, analysera/tolka dessa samt att behandlade bilder kommer ut till berörd personal, på ett effektivare sätt än som har skett hitintills.

För att stödja svensk trupp vid internationella insatser är bildalstrande satellitsystem den typ av rymdsystem som Sverige har största behovet av att utnyttja bättre. Satellitkommunikation och navigering med hjälp av satelliter utnyttjas i dag på ett sätt som fungerar tillfredsställande.

Ett eget bildalstrande satellitsystem skulle underlätta avsevärt för det svenska försvaret i dess arbete vid internationella insatser. Dels skulle FM bli oberoende av andra nationers intresse för samma bilder och ledtiderna från beställning till leverans skulle, jämfört med dagens, troligen kunna avkortas betydligt. Bilderna kan användas på ett mer effektivt sätt på strategisk

nivå, men kanske även kunna användas på taktisk nivå, vilket är omöjligt idag beroende på de långa ledtiderna.

Framtida samarbetspartner inom området är troligen andra EU-länder. I fråga om vilka satellitsystem det skulle kunna handla om är i första hand ett optiskt system med hög upplösning önskvärt och i andra hand ett radarsystem (SAR-system).

Anledningen till att det optiska systemet prioriteras är att det finns ett stort behov av högupplösande bilder. Nackdelen med metoden är att den är dygns- samt väderberoende. Det som talar för radar är fördelen att det ser genom moln och att det kan användas även om natten. En nackdel är att den sensorn är aktiv och därför kan upptäckas. Dessutom ger radar inte lika bra upplösning i bilderna som ett optiskt system gör.

5.3 Kommunikation

När det gäller kommunikation är det av yttersta vikt att information kan överföras dels mellan insatsområdet och Sverige och dels mellan enheter inom insatsområdet. Svenska kommunikationssystem måste vara tillräckligt flexibla för att snabbt kunna lösa denna uppgift i samband med nya internationella insatser.

Kommersiellt tillgängliga satelliter används för nationellt samband med missionerna. Det har funnits ett antal problem med sambanden. De uppfyller inte alltid de svenska kraven på kryptering och driftsäkerhet. Kostnaderna är ofta höga. Även FN-sambandssystem används som normalt består av ett kontrakt med kommersiellt tillgängliga satelliter. NATO eller enskilda nationers (USA, Storbritannien) sambandssystem används också.

Behovet under en tidsperiod mellan tre och fem år framåt i tiden är IP-nät för telefoni och data för operativt / taktiskt bruk i ledningssystemet, dataförbindelser för operativt / administrativt / personalvårdande bruk, informationsstödssystem för bl.a. bildöverföring, internet samt förbindelse för videoöverföring. I en tidshorisont runt 10 år önskas möjlighet att överföra realtidssensordata.

Då fartyg skall delta vid internationella insatser är satellitkommunikation ett krav för att klara sambandsbehovet. Det är en stor fördel att kunna använda satellitkommunikation vid internationella övningar. Satellitkommunikation kan möjliggöra operativ trafik till och från Sverige, operativ trafik mellan fartygets ledningssystem och ledningssystem i land, taktisk trafik till andra förband till sjöss, i luft och på land samt administrativ trafik till FM informationssystem.

5.4 Navigering

Intervjuerna visar att nuvarande användning av GPS i stor utsträckning uppfyller de behov och krav personal i internationella insatser har och ställer.

Behovet av navigeringstjänster, såsom i första hand positions- men också tidsangivelser, är mycket stort vid internationella insatser och kommer att så förbli. Det enda rimliga alternativ som står till buds är att använda satellitnavigering. Det är av vikt att alla enheter, enskilda personer likaväl som grupper och fordon, måste ha tillgång till satellitnavigeringsutrustning.

Utvecklingen av Galileo måste följas (vilket också är intentionen hos Försvarsmakten).

5.5 Förslag

Införskaffande och hanterande av satellitbilder organiseras så att detta görs med rutin. En databas med satellitbilder över områden där det bedöms som stor sannolikhet att svensk trupp kan komma att sättas in byggs upp och uppdateras successivt så att bilderna är godtagbart färska när dessa skall användas skarpt.

Se över kommunikationsbehovet och säkerställ att detta verkligen kan tillgodoses när en insats blir aktuell.

FM kan genomföra en studie där kostnader för att upphandla satellitkommunikation för enskilda internationella insatser jämförs med kostnader att hyra in sig med ett långsiktigt avtal i ett (eventuellt militärt) system med ”global” täckning.

Se till att handhållna satellitnavigeringsmottagare finns i tillräcklig mängd och att alla fordon som är ämnade att skickas ut på internationella insatser har satellitnavigeringsmottagare inmonterade så att dessa fordon är färdiga när insatsbehovet blir aktuellt.

Genomför studier av hur rymdbaserade tjänster skulle kunna underlätta framtida internationella insatser. Sådana studier bör undersöka frågeställningar som t.ex.:

- Hur aktuella måste satellitbilder vara i olika sammanhang för att inte annan information skall göra satellitbilden inaktuell?
- Vilka krav ställer dataöverföring av stora datamängder på bandbredd?
- Vilka krav ställs på satellitkommunikationssystem om ett sådant skall utnyttjas i ledning av en internationell insats?

6 Litteraturlista

6.1 FOA-/FOI-rapporter

Andersson, Börje; Boberg, Bengt; Bolander, Göran; Eneroth, Anders; Gadd, Staffan; Gustavsson, Ove; Karlsson, Nils; Klum, Peter; Nelsson, Claes; Steinvall, Ove; Svensson, Thomas; Wigren, Christer; *Störning av multisensorsystem - en förstudie*, FOI-R--0879—SE, 2003.

Sylve Arnzén, *Satellitbaserad radionavigering*, FOI—D-0023—SE.

Arnzén, Sylve; Alm, Anders; Arnsby, Jan; Davidson, Martin; Marits, Erik; *Prov med GPS/GLONASS - Störning mot satellitnavigering*, FOA-R--98-00957-616—SE, 1998.

Rune Berglind, Christina Edlund, Birgitta Engberg, Barbro Lagerkrantz, Birgitta Liljedahl, Anders Lindblad, Lena Melin, Björn Sandström, Anders Tegnell, Annica Waleij, Kristina Westerdahl, *"Afghanistanstudien"*, FOI-R--0426—SE.

Boberg, Bengt; *Störning av navigeringssystem - Lägesrapport november 2000*, FOA-R--00-01670-616—SE, 2000.

Ulf Ekblad, *Minimum Number of Satellites for Periodic Coverage*, FOA Report C 30511-9.4, December 1988.

Ulf Ekblad, *Rymdvapen och åtgärder mot satelliter*, FOA-R--00-01456-201—SE, Mars 2000.

Ulf Ekblad (red.), *Utnyttjande av kommersiella fjärranalyssatelliter för DBA-ändamål – En underlagsrapport från FoRMA*, FOI-R—0172—SE, Augusti 2001.

Ulf Ekblad (red.), *Utnyttjande av satelliter för kommunikation i den nya krigföringen – FoRMA underlagsrapport*, FOI-R—0284—SE, December 2001.

Lars B. Wallin, Ulf Ekblad, Sven Grahn, Torleiv Orhaug och Ulf Sveding, *Multinationell verifikationssatellit? - en förstudie*, FOA-rapport C 10312-9.3, september 1988.

6.2 Tidskriftsartiklar

Erik Hansson och Wolter Arnberg, "Satellitburen radar för översvämningskartering", *Kart & Bildteknik*, 2003:2, Kartografiska Sällskapet.

Caroline Laurent i "Syracuse 3, une nouvelle génération de satellites militaires", *CNES Magazine*, No. 12, Avril 2001, pp. 29-30.

Mark Long, "Frequencies for satellite communications", *Telesatellit*, March/April 1997, <http://www.mlesat.com/Article9.html>.

6.3 Uppsatser och avhandlingar

Vidyashankar V. Grounder, Ravi Praksh, Hosame Abu-Amara, *Routing in LEO-based satellite networks*, University of Texas, NORTEL Networks.

Sastri Kota, Rohit Goyal, Raj Jain, *Satellite ATM network architectural considerations and TCP/IP performance*, Lockheed Martin Telecommunications, Ohio State University.

Örlkn Bengt Lundgren, *Satellitkommunikation för Marinens fartyg*, C-uppsats på Försvarshögskolan, 19100:1067, 2001-06-19.

Paolo Narvaez, Antoine Clerget, Walid Dabbous, *Internet routing over LEO satellite constellations*, MIT, INRA.

6.4 Böcker

Lars Ahlin och Jens Zander, *Digital radiokommunikation – system och metoder*, Studentlitteratur, 1992.

Dictionnaire de spatiologie, Tome 1: Termes et définitions, 3^e édition, Conseil International de la Langue Française, Paris, 1992.

Charles Elachi, *Spaceborne radar remote sensing: Applications and techniques*, IEEE Press, New York, 1988.

Ray E. Sheriff, Y. Fun Hu, *Mobile Satellite Communication Networks*, Wiley, 2001.

6.5 Övrigt skriftligt

Nationalencyklopedin.

6.6 Internet

www.eohandbook.com

www.globalstar.com/index_two.html

www.iridium.com

www.mil.se

www.nato.int.kfor

www.skyhelp.net/acrobat/9june01/data_overview.pdf