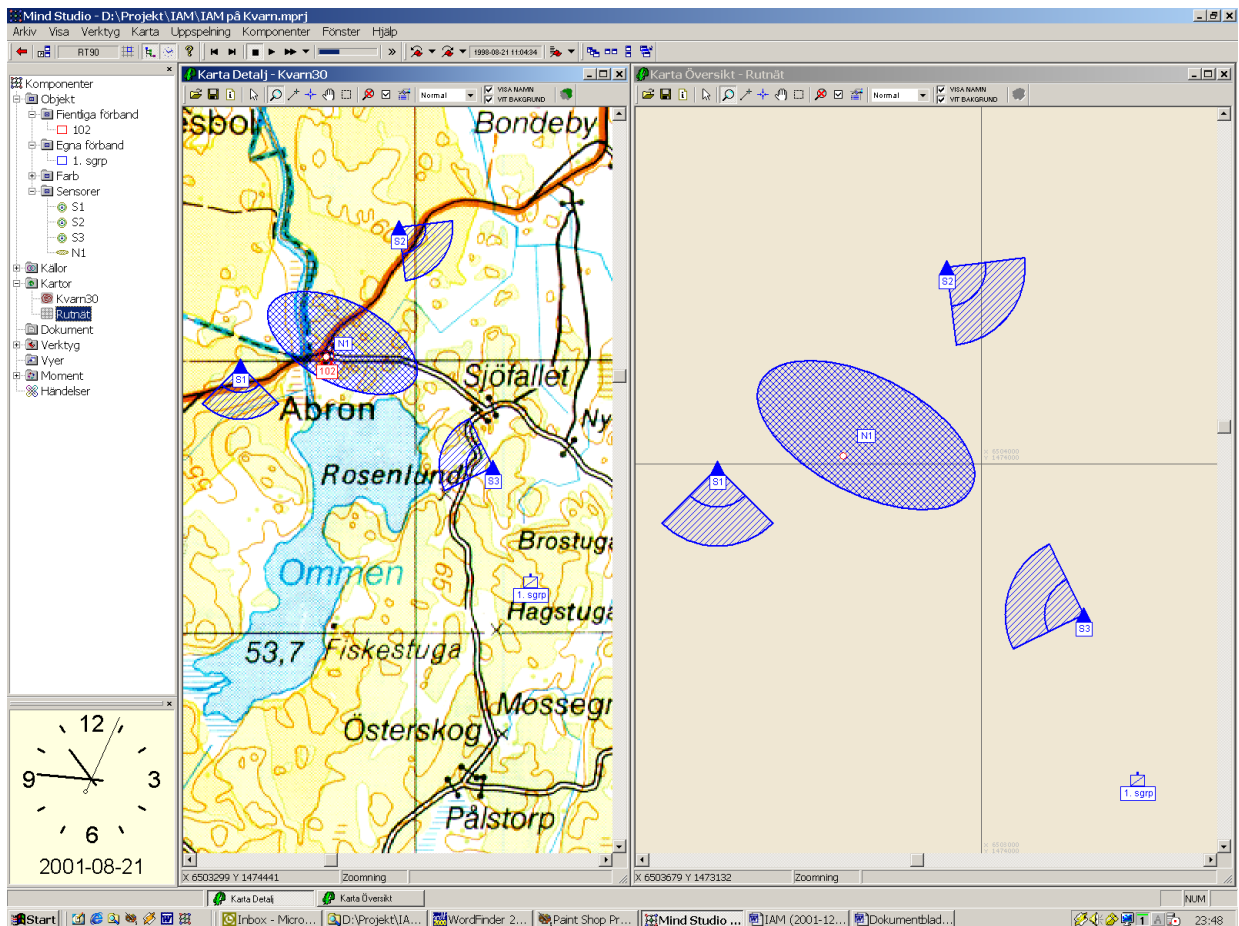


Magnus Morin, Mirko Thorstensson, Jörgen Fransson

## Interaktiva adaptiva marksensornät i ett användningsperspektiv



TOTALFÖRSVARETS FORSKNING SINSTITUT

Ledningssystem

Box 1165

581 11 Linköping

FOI-R--0343--SE

December 2001

ISSN 1650-1942

**Vetenskaplig rapport**

Magnus Morin, Mirko Thorstensson, Jörgen Fransson

## Interaktiva adaptiva marksensornät i ett användningsperspektiv

<b>Utgivare</b> Totalförsvarets Forskningsinstitut - FOI Ledningssystem Box 1165 581 11 Linköping	<b>Rapportnummer, ISRN</b> FOI-R--0343--SE	<b>Klassificering</b> Vetenskaplig rapport
	<b>Forskningsområde</b> 4. Spaning och ledning	
	<b>Månad, år</b> December 2001	<b>Projektnummer</b> E7760
	<b>Verksamhetsgren</b> 4. Internationell säkerhet	
	<b>Delområde</b> 42 Spaningssensorer	
<b>Författare/redaktör</b> Magnus Morin Mirko Thorstensson Jörgen Fransson	<b>Projektledare</b> Mirko Thorstensson	
	<b>Godkänd av</b> Lennart Nyström	
	<b>Uppdragsgivare/kundbeteckning</b> Försvarsmakten	
	<b>Tekniskt och/eller vetenskapligt ansvarig</b> Författarna	
<b>Rapportens titel</b> Interaktiva adaptiva marksensornät i ett användningsperspektiv		
<b>Sammanfattning (högst 200 ord)</b> Rapporten definierar 25 parametrar för att definiera egenskaper hos ett marksensornät. Parametrarna beskriver nätets förmåga, dess principer för verkan, gruppering, och kommunikation, samt dess uthållighet och terrängegenskaper. Med utgångspunkt från parametrarna analyserar rapporten åtta stridstekniska scenarion, med relevans för såväl nationella som internationella insatser. Syftet är att undersöka behov och möjligheter att understödja verksamheten med marksensornät. Detta angreppssätt har fördelen att olika tekniska alternativ tidigt belyses från systemsynpunkt och ur ett användningsperspektiv. Studien visar att framtidens interaktiva adaptiva marksensornät återfinns i ett spektrum som sträcker sig från autonoma självupprättande nät för avståndsutläggning till manuellt grupperade och övervakade nät med kvalificerade sensorer.		
<b>Nyckelord</b> IAM, marksensornät, sensorer, scenarion, MIND		
<b>Övriga bibliografiska uppgifter</b>	<b>Språk</b> Svenska	
<b>ISSN</b> 1650-1942	<b>Antal sidor:</b> 35 s.	
<b>Distribution enligt missiv</b>	<b>Pris:</b> Enligt prislista	

<b>Issuing organization</b> FOI – Swedish Defence Research Agency Command and Control Warfare Technology P.O. Box 1165 SE-581 11 Linköping	<b>Report number, ISRN</b> FOI-R--0343--SE	<b>Report type</b> Scientific report
	<b>Research area code</b> 4. C4ISR	
	<b>Month year</b> December 2001	<b>Project no.</b> E7760
	<b>Customers code</b> 4. International Security	
	<b>Sub area code</b> 42 Surveillance Sensors	
<b>Author/s (editor/s)</b> Magnus Morin Mirko Thorstensson Jörgen Fransson	<b>Project manager</b> Mirko Thorstensson	
	<b>Approved by</b> Lennart Nyström	
	<b>Sponsoring agency</b> Swedish Armed Forces	
	<b>Scientifically and technically responsible</b> The Authors	
<b>Report title (In translation)</b> Interactive Adaptive Ground-sensor Nets in a User Perspective		
<b>Abstract (not more than 200 words)</b> <p>The report defines 25 parameters that characterize the abilities of a ground-sensor network. The parameters describe capabilities, operational principles, deployment principles, communication features, and terrain dependencies. Users provided parameter values for eight tactical scenarios relevant for national and international operations. The scenarios were used to investigate needs and possibilities to support military operations with ground-sensor networks. Scenario-based analysis facilitates the analysis of various technical solutions from a systems and user perspective in the early stages of development. The study show that future interactive adaptive ground-sensor networks belong ranges from autonomus, self-organizing networks deployed from a distance to manually deployed surveillance networks with qualified sensor nodes.</p>		
<b>Keywords</b> Interactive, Ground-sensor network, sensors, scenarios, MIND		
<b>Further bibliographic information</b>	<b>Language</b> Swedish	
<b>ISSN</b> 1650-1942	<b>Pages</b> 35 p.	
	<b>Price acc. to pricelist</b>	



## Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>INLEDNING</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>BAKGRUND</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>METOD</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>SENSORNÄTSPARAMETRAR</b>	<b>9</b>
4.1	FÖRMÅGA	9
4.2	VERKANSPRINCIP	9
4.3	GRUPPERINGSPRINCIP	11
4.4	GRUPPERINGSPARAMETRAR	11
4.5	KOMMUNIKATIONSPRINCIPER	11
4.6	KOMMUNIKATIONSPARAMETRAR	12
4.7	UTHÅLLIGHET	12
4.8	TERRÄNGFAKTORER	12
<b>5</b>	<b>SCENARION</b>	<b>13</b>
5.1	MEKANISERAD STRID	13
5.2	URBAN STRID	14
5.3	STRID MED SPECIALFÖRBAND	19
5.4	JÄMFÖRELSE OCH RESULTAT	29
<b>6</b>	<b>DISKUSSION</b>	<b>32</b>
<b>7</b>	<b>SLUTSATSER</b>	<b>33</b>
<b>8</b>	<b>REFERENSER</b>	<b>34</b>



## 1 Inledning

Den tekniska utvecklingen skapar nya förutsättningar för att understödja markstrid med avancerade marksensorer. Projektet Interaktiva Adaptiva Marksensorer (IAM) skall studera hur nätverk av marksensorer kan utnyttjas i den framtida markstriden. Idén är att samverkande sensorer med olika verkansprinciper och egenskaper tillsammans kan bidra till att skapa en god lägesuppfattning och ett gott beslutsunderlag. Som grund för projektet har Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI) genomfört en förstudie under 2001. Syftet med studien var att skapa ett underlag för att inrikta projektets verksamhet genom att kartlägga hur olika sorters förband kan dra nytta av marksensorer för att lösa sina uppgifter. I studien undersöker vi tre stridsfall: mekaniserad strid med bataljonsförband, strid i urban miljö med bataljonsförband och insatser med specialförband på patrullnivå. Dessutom diskuterar vi resultatens tillämpning vid internationella insatser (Altmann, Fischer & van der Graaf, 1998).

Inledningsvis definierar vi ett antal parametrar som beskriver marksensorer från ett användarperspektiv. Därefter redovisar vi åtta stridsscenario som vi har tagit fram i samarbete med användare från tre typförband: mekaniserad bataljon, luftburen bataljon och fallskärmsjägargrupp. Genom att bestämma sensorparametrarna för respektive scenario kan vi dra slutsatser om vilka typer av sensorer som är mest användbara för olika förbandstyper och uppgifter. Dessutom belyser scenariona gränssättande faktorer för verksamhet av skilda slag.

Rapporten inleds med en kort bakgrundsbeskrivning. Därefter följer en metodbeskrivning som beskriver hur vi har samlat in data. Sedan beskriver vi de sensorparametrar som vi har använt i studien. Huvuddelen av rapporten ägnar vi åt att analysera olika stridsscenario, först var och ett för sig och därefter tillsammans. Denna analys resulterar i ett antal tabeller som relaterar sensorparametrar till respektive stridsscenario. Avslutningsvis diskuterar vi resultatet och presenterar våra slutsatser.

## 2 Bakgrund

Marksensorer har länge använts för att inhämta information om markläget på stridsfältet (Schatzmann, 1998; Carapezza, Law, & Stalker, 1999). Marksensorer kan indelas efter den fysikaliska princip de använder, till exempel:

- *Seismiska sensorer* som registrerar markvibrationer
- *Akustiska sensorer* som registrerar ljud
- *Termiska sensorer* som registrerar värmestrålning
- *Magnetiska sensorer* som registrerar förändringar i magnetfält
- *Bildalstrande sensorer* som registrerar synligt eller infrarött ljus
- *Markradarsystem* som registrerar reflekterade radarvågor



Utvecklingen inom området drivs idag av två faktorer: den ökade miniatyriseringen av elektroniska komponenter och utvecklingen inom signalbehandling för datafusion.

Den ökade miniatyriseringen medför att komponenterna blir mindre, lättare och effektsnålare. Denna effekt kan utnyttjas för att producera system som tar mindre plats, väger mindre och klarar sig med mindre batterier eller med solceller. Alternativt kan fler komponenter rymmas inom ramen för befintliga volym- och viktbegränsningar, vilket medger mer kvalificerade system. Båda strategierna avspeglas i utvecklingen inom marksensorområdet. Enkla sensor krymper i vikt och volym. Kvalificerade sensorpaketet innehåller flera sensordelar för att registrera signaler av olika slag och i olika spektra.

Utvecklingen inom datafusionsområdet syftar till att kunna kombinera data från olika sensorer för att öka precisionen och tillförlitligheten (Yao, Hudson, Reed, Chen & Lorenzelli, 1998; Burne, Buczak, Jamalabad, Kadar & Eitan, 1999) Datafusion kan ske både sensornära med hjälp av matematisk signalbehandling och på högre systemnivåer genom symbolisk representation och logiska och spatiala resonemang.

I kombination utgör denna utveckling grunden för att utveckla interaktiva adaptiva marksensornät bestående av flera sensornoder. Nätets egenskaper bestäms såväl av de ingående nodernas förmåga att registrera olika typer av data som av nätets förmåga att kombinera dessa data till meningsfull information för beslutsfattare på olika nivåer (Jayasimha, Iyengar & Kashyap, 1991; Lobbia & Rakijas, 1997; Scheering & Knoll, 1998; Goodman, 1999; Pottie. & Kaiser, 2000; Qi, Iyengar & Chakrabarty, 2001). Kommunikation mellan sensornoderna i nätet, mellan olika sensornät och mellan sensornät och beslutsfattare blir därmed en gränssättande faktor i systemet (Hintz, Carapezza, Law & Edwards, 1999; Sohrabi & Pottie, 1999).

Sammanfattningsvis bedömer vi att den tekniska utvecklingen kommer att leda till mindre, lättare och mer kvalificerade marksensorer. Samtidigt bestäms systemeffekten till stor del av andra faktorer än sensors prestanda (Agre & Clare, 2000). Förmågan till datafusion, kommunikation och systemintegration kommer att vara gränssättande (Akey, 1997). Dessutom påverkas beslutsförmåga och besluts kvalitet av hur informationen presenteras för beslutsfattarna (Jeppesen & Trelle, 1997). För att kunna göra rätt avvägningar på systemnivå är det viktigt att väga in såväl tekniska aspekter som användaraspekter (Wikberg, 2000).

### **3 Metod**

Den huvudsakliga datainsamlingsmetoden i studien har varit intervjuer med företrädare för de tre typförbanden: mekaniserad bataljon, luftburen bataljon och fallskärmsjägargrupp. Intervjuerna genomfördes vid tre olika tillfällen under hösten 2001. Vid intervjutillfället fick förbandsföreträdarna presentera ett typiskt stridsscenario för sitt förband. Därefter besvarade de frågor om

hur marksensorer skulle kunna understödja striden i detta scenario. Frågorna syftade till att identifiera ett antal sensorparametrar (se avsnitt 3). Dessutom dokumenterade vi spontana kommentarer och synpunkter som förbandsföreträdarna framförde vid intervjutillfället.

Vid intervjuerna använde vi även ett simulerat scenario baserat på verkliga data från en övning för att illustrera effekten av olika sensorparametrar i stridstekniska scenarion. Vi använde MIND (Jenvald & Morin, 1998; Morin, Jenvald, Worm, & Thorstensson, 1998) för att genomföra och visualisera simuleringen.

## 4 Sensornätsparametrar

För att kunna jämföra och klassificera olika typer av marksensornät och deras användbarhet i olika stridsfall definierade vi ett antal sensornätsparametrar. Parametrarna och deras värden presenteras i tabell 1. Syftet med parametrarna var att fånga egenskaper som påverkar sensorernas användbarhet och tillgänglighet, inte att fullständigt beskriva deras tekniska egenskaper.

### 4.1 Förmåga

Vi kan beskriva sensornätets övergripande prestanda i termer av fyra förmågor.

- *Upptäcka*: Nätets grundläggande förmåga är att upptäcka mål inom sitt verkansområde.
- *Lokalisera*: Nätet kan med en viss precision och noggrannhet lägesbestämma ett mål inom sitt verkansområde.
- *Klassificera*: Nätet kan avgöra om målet tillhör någon känd kategori, till exempel avgöra om ett fordon är bandgående eller hjulgående, eller om det inte kan klassificeras.
- *Identifiera*: Nätet kan avgöra vilken individ målet är, det vill säga identifiera en viss person eller ett visst fordon.

### 4.2 Verkansprincip

Verkansprinciperna sammanfattar tekniska krav som kan ha stora konsekvenser.

- *Riktungsverkan*: Nätet kan var riktningskänsligt, det vill säga, ha förmåga bara i en viss riktning. Detta påverkar hur sensornätet kan grupperas och i förlängningen vilket transportmedel som kan användas för grupperingen.
- *Energiutsändning*: Grovt sett kan nätet klassificeras som aktivt eller passivt beroende på om det sänder ut energi som reflekteras och registreras som signaler i nätet, eller om det registrerar och behandlar befintliga signaler. Energiutsändning kan röja sensornätet.

Tabell 1: Parametrar för klassificering av marksensornät.

<i>Egenskap</i>	<i>Värden</i>
<u>Förmåga</u>	
Upptäcka	Ja/Nej
Klassificera	Ja/Nej
Identifiera	Ja/Nej
Positionera	Ja/Nej
<u>Verkansprincip</u>	
Riktungsverkan	Riktad/Oriktad
Energiutsändning	Aktiv/Passiv
<u>Grupperingsprincip</u>	
Grupperingssätt	Buren/Transporterad/Utskjuten
Styrning	Manuell/Självupprättande
Synlighet	Synlig/Dold
Punkt	Ja/Nej
Linje	Ja/Nej
Yta	Ja/Nej
<u>Grupperingsparametrar</u>	
Avstånd till gruppering	[km]
Tid till gruppering	[min/timmar/dagar]
<u>Kommunikationsprincip</u>	
Kommunikationsmedium	Tråd/Trådlös
Riktungsverkan	Ja/Nej
Siktkrav	Ja/Nej
<u>Kommunikationsparametrar</u>	
Räckvidd	[km]
Tid till rapport	[min]
<u>Uthållighet</u>	
Drifttid för systemet	[timmar/dagar]
Underhåll i gruppering	Ja/Nej
<u>Terrängfaktorer</u>	
Öppen	Ja/Nej
Småbruten	Ja/Nej
Betäckt	Ja/Nej
Urban miljö	Ja/Nej

### 4.3 Grupperingsprincip

Parametrarna som rör grupperingsprinciperna karakteriserar utläggningssätt och konfiguration av nätet.

- *Grupperingssätt*: Nätet kan skjutas ut med något vapensystem, till exempel artilleri eller flyg, transporteras och spridas med fordon, eller bäras till grupperingsplatsen. Valet av grupperingssätt påverkar precisionen i grupperingen av den enskilda sensorn och därmed hela nätets funktion och prestanda.
- *Styrning*: Olika nättyper har olika krav på styrning av grupperingsplats. Manuell gruppering medger en hög grad av styrning av grupperingsplats, men kräver mänsklig närvaro. Självupprättande nät upprättar sig autonomt, men måste hantera icke-optimala grupperingsfall.
- *Synlighet*: Ett nät kan ha krav på dold gruppering för att dess närvaro inte skall röjas. I vissa fall spelar detta mindre roll, eller är omöjligt att uppnå.
- *Punkt*: Nätet inriktas mot en punkt, till exempel i kanaliserande terräng. Riktningsskänsliga sensorer och sensornät används ofta på detta sätt.
- *Linje*: Nätet grupperas för att täcka en terrängavskärning där motståndaren kan framrycka på flera platser.
- *Yta*: Nätet grupperas för att upptäcka och eventuellt spåra enheter inom ett område.

### 4.4 Grupperingsparametrar

Grupperingsparametrarna beskriver avstånd och tider till grupperingsterrängen från utgångsläget.

- *Avstånd*: Avståndet för gruppering påverkas huvudsakligen av transportmedlet till grupperingsplatsen. Avståndet för utskjutna sensornät begränsas av det skjutande systemets porté.
- *Tid*: Med grupperingstid avses tiden från beslut om utläggning tills nätet är grupperat och fungerar på avsedd plats. Grupperingstiden är beroende av avståndet till grupperingsplatsen och av transportsättet.

### 4.5 Kommunikationsprinciper

Kommunikationsprinciperna är avgörande för systemets prestanda. De har också konsekvenser för hur systemet kan grupperas.

- *Kommunikationsmedium*: Valet av kommunikationsmedium är från användningssynpunkt huvudsakligen ett val mellan trådlös eller trådburen kommunikation.
- *Riktungsverkan*: Vid trådlös kommunikation kan rundstrålande eller riktade system användas. Valet påverkar grupperingssättet.

- *Optisk sikt*: Vissa tekniska lösningar för riktad trådlös kommunikation förutsätter att sändare och mottagare har optisk sikt mellan varandra. Detta begränsar ytterligare möjligheterna att gruppera systemet.

#### 4.6 Kommunikationsparametrar

De viktigaste parametrarna för kommunikationsprestanda är räckvidden för systemet och hur lång tid som förflyter mellan det att en händelse inträffar och att den rapporteras.

- *Räckvidd*: Räckviddskravet för kommunikation i ett sensornät bestäms delvis av hur systemgränserna dras. Till exempel kan ett sensornät kommunicera lokalt med begränsad räckvidd, samtidigt som det kan anslutas till en satellitlänk för global åtkomst. Den gränssättande parametern är då räckvidden för lokal kommunikation.
- *Tid till rapport*: Det finns ett val mellan system som larmar och kommunicerar upptäckter genast och system som lagrar data och sänder dessa vid lägliga eller förutbestämda tillfällen.

#### 4.7 Uthållighet

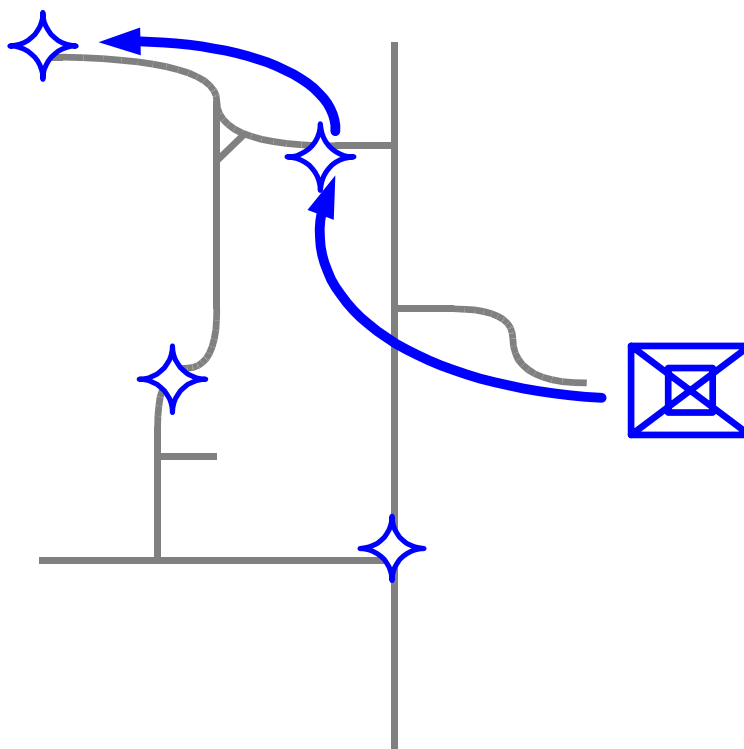
Uthållighetsparametrarna beskriver faktorer som påverkar drifttiden för marksensornätet i grupperingsterrängen.

- *Driftstid*: Denna parameter beskriver ett bedömt krav på driftstid med hänsyn till uppgiftens karaktär i scenariot. Drifttiden kan förlängas om sensornätet kan underhållas i grupperingsterrängen.
- *Underhåll i grupperingsterrängen*: Om det finns möjlighet att underhålla sensornätet i grupperingsterrängen kan personal byta batterier samt rensa bort snö och smuts för att öka uthållighet och prestanda.

#### 4.8 Terrängfaktorer

Terrängfaktorerna anger i vilken typ av terräng som sensornätet skall fungera i scenariot.

- *Öppen terräng*
- *Småbruten terräng*
- *Betäckt terräng*
- *Urban terräng*



Figur 1: Marksensornät för övervakning av anfallsmål och flanker vid mekaniserad strid. Fjärrutlagda marksensornät skapar underrättelser om läget i anfallsmålen. De används dessutom för att övervaka aktiviteter i förbandets vänstra flank under anfallsrörelsen.

## 5 Scenarion

För att konkretisera diskussionerna utformade vi ett antal scenarion i samarbete med användarna vid de olika förbandstyperna. Syftet var att belysa krav och egenskaper hos marksensornäten i olika stridstekniska situationer. Valet av scenarion styrdes i hög grad av användarna. Det betyder att deras synsätt och upplevda problem har stort inflytande på analysen.

Variationer på scenariona kan förekomma såväl i nationella som internationella insatser. Vissa av scenariona utgår från och motiveras av problemställningar som är särskilt tydliga i internationella insatser, till exempel vid eftersök av misstänkta krigsförbrytare. Inte i något avseende skall scenariona anses var slutgiltiga eller uttömmande. I stället bör de betraktas som en utgångspunkt för analysarbetet och som ett sätt att föra ned resonemangen kring interaktiva adaptiva marksensornät på en konkret och handfast nivå.

### 5.1 Mekaniserad strid

I avsnittet mekaniserad strid finns endast ett scenario. Detta scenario behandlar anfallsstrid. Andra stridssätt kan analyseras dels med utgångspunkt från detta scenario, dels genom att betrakta andra scenarion som behandlar liknande frågeställningar.

Scenariot belyser ett antal viktiga frågor som kretsar kring hur vi kan undvika att förbandets potentiellt höga stridstempo begränsas av ett otillräckligt informationsunderlag. Marksensornät kan användas på två principiellt skilda sätt (se figur 1). Dels kan de ge underrättelser om terrängen och läget på platser som vi avser utnyttja för våra förbands gruppering, till exempel anfallsmål. Dels kan de ge information om läget på platser som vi inte avser att utnyttja men som motståndaren kan tänkas använda, till exempel flanker eller potentiella grupperingsplatser för olika vapensystem.

Mekaniserad strid kännetecknas av högt stridstempo. För direkt understödja denna verksamhet på verkställande förbandsnivå måste marksensornäten disponeras av förbandet och grupperas med dess egna resurser. För att gruppera näten i anslutning till anfallsmål och på flanker i den takt förbandet rycker fram fordras lösningar för utskjutning av sensornät. Dessa nät måste ha förmågan att autonomt upprätta sig och verka i terrängen.

Grupperingsavstånden begränsas av bataljonsartilleriets porté. Om andra transportresurser disponeras, till exempel helikopter, flyg eller UAV, kan avståndet utökas. Dock måste kommunikationsräckvidden ökas i motsvarande grad. Nätets förväntade drifttid motsvaras av tiden för att genomföra operationen i området, det vill säga inte mer än 24 timmar. Tabell 2 redovisar parametrarna för detta scenario.

## 5.2 Urban strid

Den urbana terrängen kännetecknas av stor föränderlighet till följd av stridsaktiviteter och en mängd dolda framryckningsvägar genom byggnader, tunnlar och kulvertar. Den oöverskådliga terrängen medför korta stridsavstånd och överraskande sammanstötningar med risk för såväl överrumpling som vådabekämpning. Stora mängder trupp behövs för att behärska ett område. För fallet strid i urban terräng inkluderar vi två scenarion som belyser specifika problem i denna terräng: det tredimensionella stridsfältet och behovet av skydd i många riktningar.

I den urbana terrängen är det mycket svårt att fjärrutlägga marksensornät. Det troliga grupperingssättet är att soldater medför sensornoderna och grupperar dem manuellt.

### 5.2.1 Övervakning av tunnelsystem

Att övervaka dolda framryckningsvägar är viktigt för att undvika att bli överraskad. Samtidigt är det svårt att avdela personal från redan begränsade resurser för denna uppgift. Marksensornät kan hjälpa förbanden att övervaka stridsfältet i den urbana miljön. Tabell 3 beskriver parametrarna för ett scenario där tunnelövervakning ingår som en viktig komponent.

I detta scenario antar vi att sensornätet består av ett antal sensornoder som kan placeras ut på olika platser i ett tunnelsystem. Varje sådan nod riktas in mot ett tunnelavsnitt och har förmågan att upptäcka och klassificera objekt som rör sig i tunneln. En första nivå av klassificering är att skilja mellan en människa och ett djur. Det finns dock behov av att kunna skilja mellan civila och kombattanter och av att kunna skilja vän från fiende.

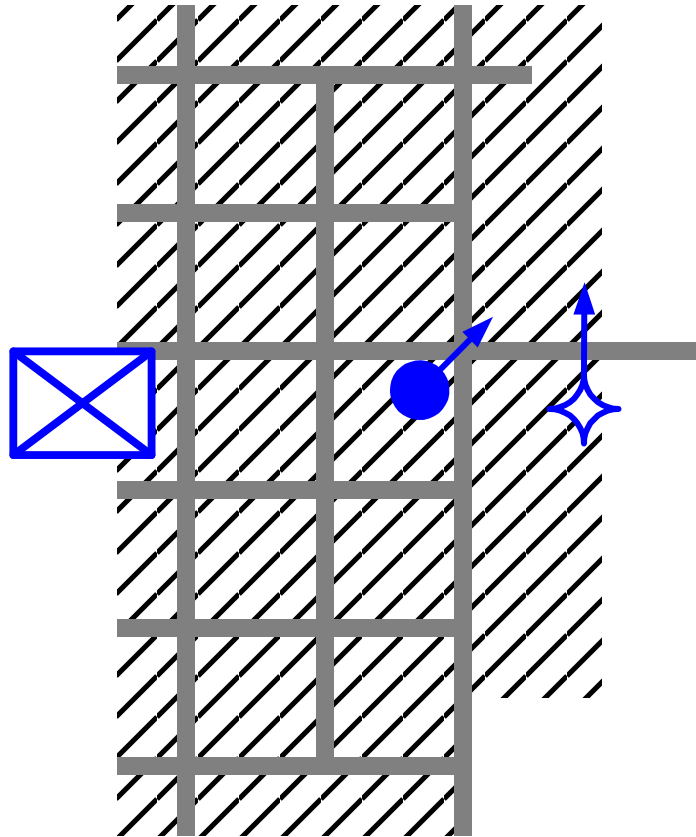
Tabell 2: Sensorparametrar för scenariot mekaniserad anfallsstrid

<i>Egenskap</i>	<i>Värden</i>	<i>Kommentar</i>
<u>Förmåga</u>		
Upptäcka	Ja	
Klassificera	Ja	Skilja hårda mål från mjuka
Identifiera	Nej	
Positionera	Ja	Eldledning
<u>Verkansprincip</u>		
Riktungsverkan	—	
Energiutsändning	—	
<u>Grupperingsprincip</u>		
Grupperingssätt	Utskjuten	
Styrning	Självupprättande	
Synlighet	—	
Punkt	Nej	
Linje	Ja	För övervakning av flank
Yta	Ja	För övervakning av anfallsmål
<u>Grupperingsparametrar</u>		
Avstånd till gruppering	10 km	Inom porté för bataljonsartilleriet
Tid till gruppering	< 5 minuter	
<u>Kommunikationsprincip</u>		
Kommunikationsmedium	Trådlös	
Riktungsverkan	Nej	
Siktkrav	Nej	
<u>Kommunikationsparametrar</u>		
Räckvidd	< 20 km	Inom anfallsområdet
Tid till rapport	< 1 min	Så snart som möjligt
<u>Uthållighet</u>		
Drifttid för systemet	< 24 timmar	Typiskt 12–16 timmar
Underhåll i gruppering	Nej	
<u>Terrängfaktorer</u>		
Öppen	Ja	
Småbruten	Ja	
Betäckt	Ja	
Urban miljö	Nej	Speciella krav ställs



Tabell 3: Sensorparametrar för tunnelövervakning i urban strid.

<i>Egenskap</i>	<i>Värden</i>	<i>Kommentar</i>
<u>Förmåga</u>		
Upptäcka	Ja	
Klassificera	Ja	Djur eller människa Civil eller soldat (?)
Identifiera	Nej	
Positionera	Nej	
<u>Verkansprincip</u>		
Riktungsverkan	Riktad	
Energiutsändning	—	
<u>Grupperingsprincip</u>		
Grupperingsätt	Buren	
Styrning	Manuell	
Synlighet	—	
Punkt	Ja	
Linje	Nej	Kanaliserande terräng
Yta	Nej	Kanaliserande terräng
<u>Grupperingsparametrar</u>		
Avstånd till gruppering	< 3km	I anslutning till stridsområdet
Tid till gruppering	< 2 timmar	
<u>Kommunikationsprincip</u>		
Kommunikationsmedium	Tråd	Under jorden
Riktungsverkan	Nej	
Siktkrav	Nej	
<u>Kommunikationsparametrar</u>		
Räckvidd	< 3 km	Inom grupperingsområdet
Tid till rapport	< 1 min	
<u>Uthållighet</u>		
Drifttid för systemet	< 2 veckor	
Underhåll i gruppering	Ja	
<u>Terrängfaktorer</u>		
Öppen	Nej	
Småbruten	Nej	
Betäckt	Nej	
Urban miljö	Ja	



Figur 2: Marksensornät och fjärrutlösta vapen som flankskydd i urban miljö. Marksensornätet förvarnar när enheter rör sig in mot förbandets område. Fjärrstyrda fordonsmminor kan verka mot framryckningsvägarna.

### 5.2.2 Flankskydd med fjärrstyrda riktade vapen

För att kunna skydda förbandets gruppering finns ett behov av att täcka många riktningar samtidigt. Genom att använda marksensornät i kombination med riktade och fjärrutlösta vapen kan detta behov tillgodoses med begränsade resurser.

I detta scenario är ett infanteriförband grupperat i bebyggelsen för att lösa en försvarsuppgift. In mot grupperingsplatsen leder flera vägar som motståndaren kan tänkas använda. Längs vägarna grupperas marksensorer och vapen med riktad verkan i kombination med marksensorer som kan ge underlag för att avfyras vapnen. Figur 2 illustrerar principen för hur denna uppgift kan lösas. Tabell 4 beskriver sensornätets parametrar. Avgörande i detta scenario är dels att sensorerna måste kunna ge tillräckligt underlag för att avfyras vapnen med godtagbar säkerhet. Det vill säga bekämpning av icke-kombattanter eller egen trupp måste undvikas. Detta ställer höga krav på sensornätets förmåga att klassificera mål, men kommer också att kräva någon typ av igenkänningssystem.

Tabell 4: Sensorparametrar för flankskydd i urban strid.

<i>Egenskap</i>	<i>Värden</i>	<i>Kommentar</i>
<u>Förmåga</u>		
Upptäcka	Ja	
Klassificera	Ja	Civil eller soldat Vän eller fiende
Identifiera	Nej	
Positionera	Ja	Utlösa vapen kontrollerat
<u>Verkansprincip</u>		
Riktungsverkan	Riktad	
Energiutsändning	Passiv	Risk för upptäckt
<u>Grupperingsprincip</u>		
Grupperingssätt	Buren	
Styrning	Manuell	
Synlighet	Dold	Risk för upptäckt
Punkt	Ja	
Linje	Nej	Kanaliserande terräng
Yta	Nej	Kanaliserande terräng
<u>Grupperingsparametrar</u>		
Avstånd till gruppering	< 3km	I anslutning till stridsområdet
Tid till gruppering	< 2 timmar	
<u>Kommunikationsprincip</u>		
Kommunikationsmedium	Tråd	Risk för upptäckt och störning
Riktungsverkan	Nej	
Siktkrav	Nej	
<u>Kommunikationsparametrar</u>		
Räckvidd	< 3 km	Inom grupperingsområdet
Tid till rapport	< 1 min	
<u>Uthållighet</u>		
Drifttid för systemet	< 2 veckor	
Underhåll i gruppering	Ja	Dock risk för upptäckt
<u>Terrängfaktorer</u>		
Öppen	Nej	
Småbruten	Nej	
Betäckt	Nej	
Urban miljö	Ja	

Av psykologiska skäl kommer den som skall avfira vapnet att vilja ha någon form av visuell bekräftelse på att sensornätets målklassificering är rimlig innan han utlöser elden. Bildalstrande sensorer kommer därför att behövas i detta scenario. Dessa kan dock väckas upp av andra typer av sensorer som detekterar närvaro av potentiella mål.

### **5.3 Strid med specialförband**

Specialförband kan förväntas få ökad användning i ett flertal olika roller i såväl nationella som internationella insatser. I detta avsnitt belyser vi fem scenarion där sådana enheter utnyttjar marksensornät både för att understödja sin egen strid och för att tillgodose högre chefsers underrättelsebehov.

Genom att specialförband ofta löser uppgifter i av motståndaren behärskad terräng har de ett stort behov av att uppträda dolt. Ett problem är att ett dolt uppträdande ofta gör det svårt att lösa uppgiften. Om uppgiften är att observera motståndarens aktiviteter finns det en påtaglig risk att själv bli upptäckt och bekämpad. Marksensornät kan underlätta denna uppgift i två avseenden. Dels kan de minska risken för upptäckt genom att endast sensorerna behöver kunna observera motståndaren. Förbandet kan grupperas på en skyddad plats. Dels kan de bidra till egenskyddet genom att skapa en bättre bild av läget runt själva grupperingsplatsen.

#### **5.3.1 Egenskydd vid specialförband**

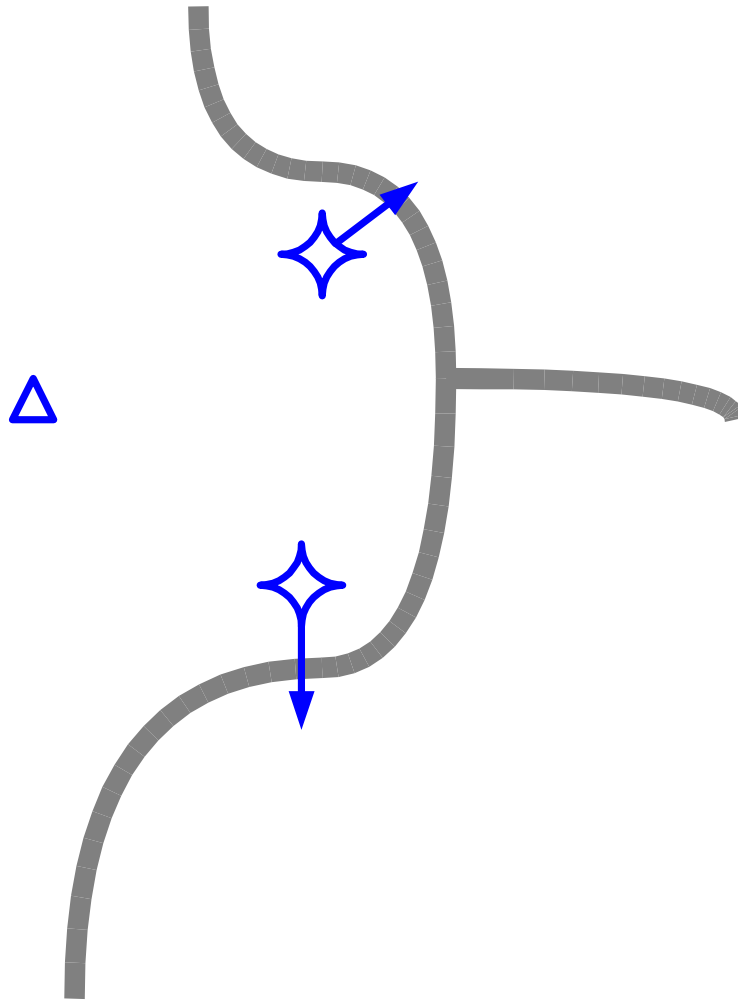
Genom att låta ett marksensornät övervaka terrängen runt grupperingsplatsen kan förbandet minska antalet poster, vilket medger mer vila och därmed längre uthållighet. Dessutom kan ett större område övervakas vilket ger längre förvarningstider om ett hot närmar sig. Beslutsunderlaget för hotbedömning blir bättre vilket minskar risken för att operationen röjs genom åtgärder orsakade av falsklarm. Kraven på sensornätet är att kunna klassificera mål som hot eller inte hot. Dessutom får det inte på något sätt röja förbandets gruppering. Tabell 5 sammanfattar parametrarna för detta scenario.

#### **5.3.2 Ytövervakning i vägfattig terräng**

Detta är en klassisk uppgift för fjärrspaningsförband. Uppgiften löses normalt genom att en fallskärmsjägarpatrull placeras vid varje intressant väg för att under lång tid observera och rapportera trafiken på vägen. Dessa rapporter bidrar till högre chefs beslutsunderlag. Marksensornät kan understödja denna uppgift i tre avseenden.

Tabell 5: Sensorparametrar för egenskydd vid specialförband

<i>Egenskap</i>	<i>Värden</i>	<i>Kommentar</i>
<u>Förmåga</u>		
Upptäcka	Ja	
Klassificera	Ja	Hot eller ej hot
Identifiera	Nej	
Positionera	Nej	
<u>Verkansprincip</u>		
Riktungsverkan	Riktad	Mot vägar, stråk, trapphus, korridorer, hissar
Energiutsändning	Passiv	Risk för upptäckt
<u>Grupperingsprincip</u>		
Grupperingssätt	Buren	Viktfaktorn avgörande
Styrning	Manuell	
Synlighet	Dold	Risk för upptäckt
Punkt	Ja	
Linje	Ja	
Yta	Ja	
<u>Grupperingsparametrar</u>		
Avstånd till gruppering	< 1000 meter	
Tid till gruppering	< 2 timmar	
<u>Kommunikationsprincip</u>		
Kommunikationsmedium	—	Uppgiftsstyrd, moduluppbyggd
Riktungsverkan	—	
Siktkrav	—	
<u>Kommunikationsparametrar</u>		
Räckvidd	< 1000 meter	Till grupperingen
Tid till rapport	< 1 min	Snarast
<u>Uthållighet</u>		
Drifttid för systemet	> 30 dagar	
Underhåll i gruppering	Nej	Risk för upptäckt
<u>Terrängfaktorer</u>		
Öppen	Ja	
Småbruten	Ja	
Betäckt	Ja	
Urban miljö	Ja	

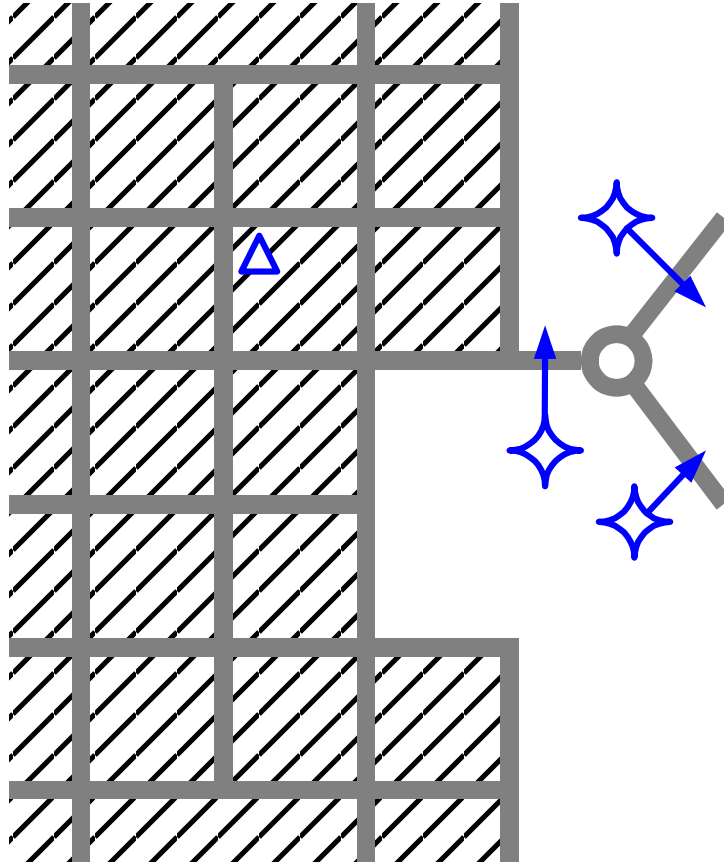


Figur 3: Marksensornät vid ytövervakning i vägfattig terräng. Användningen av marksensornät medger en tillbakadragen och skyddad gruppering av enheten som grupperar och betjänar sensornätet.

För det första kan patrullen grupperas tillbakadraget i skyddad terräng om sensornätet observerar vägen. Detta minskar risken för upptäckt. För det andra kan en patrull övervaka flera vägvagnsnitt genom att flera sensorer eller sensornät kan grupperas och betjänas av en patrull. Se figur 3 för ett exempel på detta. För det tredje skulle patrullen kunna ersättas helt av ett autonomt självupprättande sensornät. Detta alternativ innehåller dock flera svårigheter som till exempel behovet av en självupprättande kommunikationslänk med lång räckvidd. Tabell 6 redovisar parametrarna för sensornätet i fallet ytövervakning med personal på plats i grupperingsområdet.

Tabell 6: Sensorparametrar för ytövervakning med specialförband i vägfattig terräng.

<i>Egenskap</i>	<i>Värden</i>	<i>Kommentar</i>
<u>Förmåga</u>		
Upptäcka	Ja	
Klassificera	Ja	Antal och typ av personer och fordon
Identifiera	Ja	Speciella individer
Positionera	Nej	
<u>Verkansprincip</u>		
Riktungsverkan	Riktad	Mot vägar och stråk
Energiutsändning	Passiv	Risk för upptäckt
<u>Grupperingsprincip</u>		
Grupperingssätt	Buren	Viktfaktorn avgörande
Styrning	Manuell	
Synlighet	Dold	Risk för upptäckt
Punkt	Ja	Flera punkter inom område
Linje	Nej	
Yta	Ja	Flera mätpunkter
<u>Grupperingsparametrar</u>		
Avstånd till gruppering	> 1000 km	Internationellt/nationellt
Tid till gruppering	> 3 dagar	
<u>Kommunikationsprincip</u>		
Kommunikationsmedium	—	Uppgiftsstyrd, moduluppbyggd
Riktungsverkan	—	
Siktkrav	—	
<u>Kommunikationsparametrar</u>		
Räckvidd	< 10 km	Inom uppdragsområdet. Till uppdragsgivare och avnämare dock mer än 1000 km
Tid till rapport	< 1 min	
<u>Uthållighet</u>		
Drifttid för systemet	> 30 dagar	
Underhåll i gruppering	Ja	Dock risk för upptäckt
<u>Terrängfaktorer</u>		
Öppen	Ja	
Småbruten	Ja	
Betäckt	Ja	
Urban miljö	Nej	



Figur 4: Marksensornät för ytövervakning i urban miljö. Genom användning av marksensornät kan observationsuppgiften lösas samtidigt som observationsplatsen grupperas tillbakadraget i bebyggelsen, vilket ger goda möjligheter till skydd.

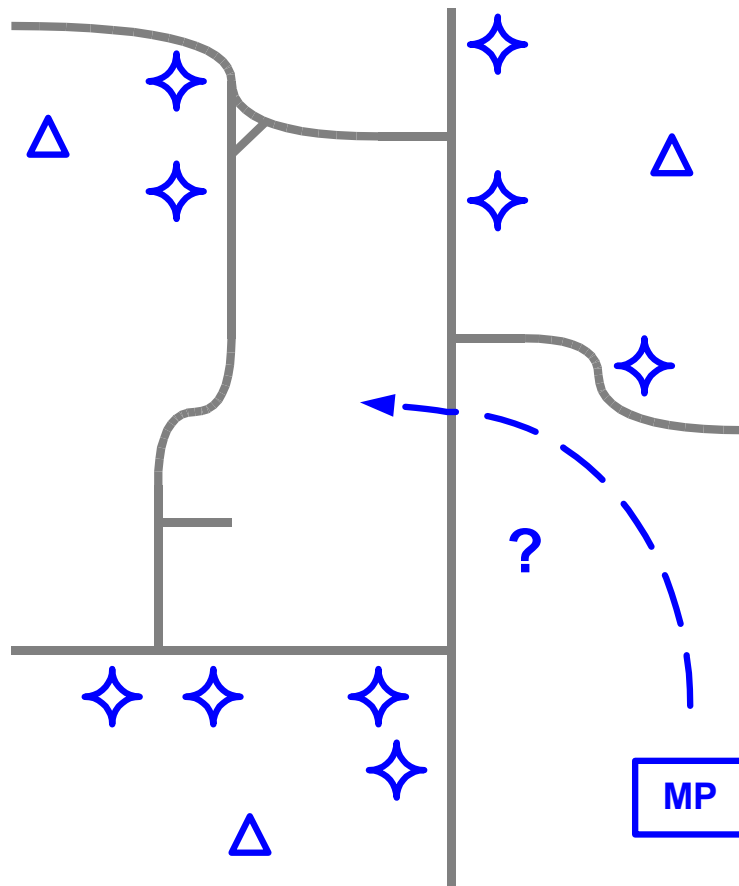
### 5.3.3 Ytövervakning i urban terräng

Ytövervakning kan givetvis också genomföras i urban terräng. Figur 4 illustrerar detta fall. Vi uppnår samma fördelar som i scenariot i vägfattig terräng, nämligen att förbandet kan gruppera tillbakadraget och dolt. Tabell 7 beskriver parametrarna för detta scenario. I likhet med föregående scenario löser förbandet denna uppgift under lång tid.



Tabell 7: Sensorparametrar för ytövervakning med specialförband i urban miljö.

<i>Egenskap</i>	<i>Värden</i>	<i>Kommentar</i>
<u>Förmåga</u>		
Upptäcka	Ja	
Klassificera	Ja	Antal och typ av personer och fordon
Identifiera	Ja	Speciella individer
Positionera	Nej	
<u>Verkansprincip</u>		
Riktungsverkan	Riktad	Mot vägar och stråk
Energiutsändning	Passiv	Risk för upptäckt
<u>Grupperingsprincip</u>		
Grupperingssätt	Buren	Viktfaktorn avgörande
Styrning	Manuell	
Synlighet	Dold	Risk för upptäckt
Punkt	Ja	Flera punkter inom område
Linje	Nej	
Yta	Ja	Flera mätpunkter
<u>Grupperingsparametrar</u>		
Avstånd till gruppering	> 1000 km	Internationellt/nationellt
Tid till gruppering	> 3 dagar	
<u>Kommunikationsprincip</u>		
Kommunikationsmedium	Trådlöst	
Riktungsverkan	Nej	
Siktkrav	Nej	
<u>Kommunikationsparametrar</u>		
Räckvidd	< 3 km	Inom uppdragsområdet. Till uppdragsgivare och avnämare dock mer än 1000 km
Tid till rapport	< 1 min	
<u>Uthållighet</u>		
Drifttid för systemet	> 30 dagar	
Underhåll i gruppering	Ja	Dock risk för upptäckt
<u>Terrängfaktorer</u>		
Öppen	Nej	
Småbruten	Nej	
Betäckt	Nej	
Urban miljö	Ja	



Figur 5: Ytövervakning med marksensornät i vägrik terräng för att skapa underrättelseunderlag för precisionsinsats med annat förband. I detta exempel övervakas vägar och stråk för att bestämma i vilket område ett efterspanat objekt befinner sig. När tillräckligt underlag finns kan militärpolisförbandet sättas in.

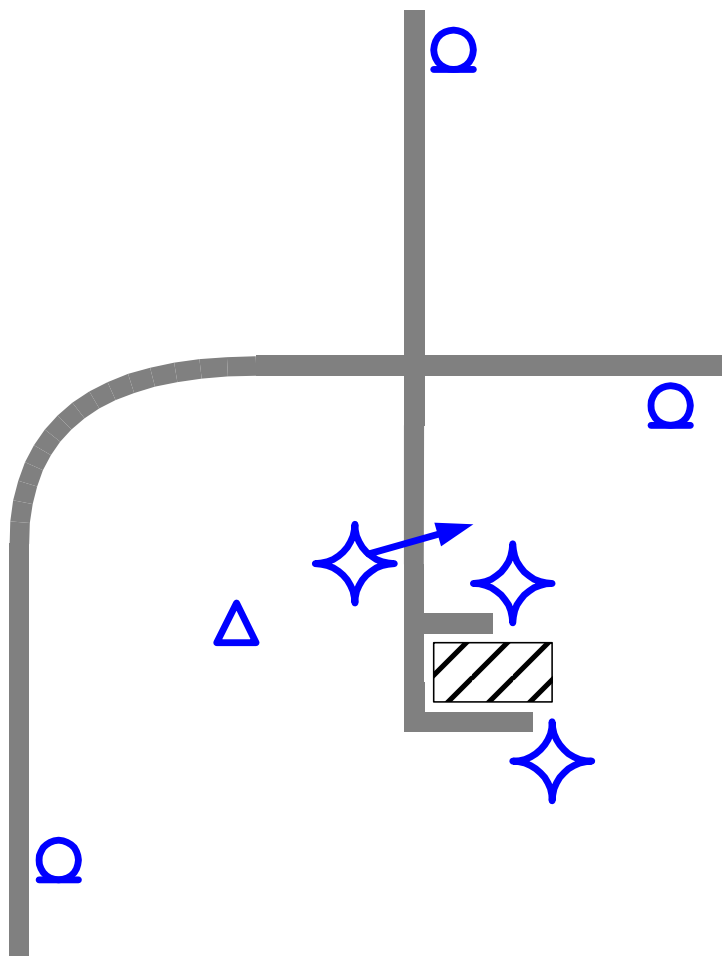
#### 5.3.4 Ytövervakning för precisionsinsats

Marksensornät kan användas för att skapa beslutsunderlag för insats med andra förband eller vapensystem. Det här scenariot exemplifierar behovet av att kunna lägesbestämma ett rörligt mål med tillräcklig precision för att kunna genomföra en precisionsinsats. Målet kan vara en enskild eftersökt person eller ett fordon som transporterar kontraband. Detta scenario kan förekomma såväl nationellt, till exempel i jakt på sabotageförband, eller internationellt exempelvis i samband med vapensmuggling eller krigsförbrytelser.

Figur 5 illustrerar scenariot där marksensornät används för att övervaka ett antal vägar för att skapa beslutsunderlag för en insats med ett militärpolisförband. Detta är ett exempel på ett snabbare förlopp än den traditionella övervakningen under lång tid. Eftersom uppgiften binder kvalificerade resurser genomförs den troligen på indikationer om att en misstänkt transport är på väg mot området. Grupperingstiderna och grupperingsavstånden blir kortare. Kraven på ett fullständigt dolt uppträdande kan minska. Tabell 8 sammanfattar sensornätsparametrarna för detta scenario.

Tabell 8: Sensorparametrar för ytövervakning med specialförband i vägrik terräng i syfte att skapa underlag för en precisionsinsats med annat förband.

<i>Egenskap</i>	<i>Värden</i>	<i>Kommentar</i>
<u>Förmåga</u>		
Upptäcka	Ja	
Klassificera	Ja	Antal och typ av personer och fordon
Identifiera	Ja	Speciella individer
Positionera	Ja	Lokalisera till område
<u>Verkansprincip</u>		
Riktungsverkan	Riktad	Mot vägar och stråk
Energiutsändning	—	
<u>Grupperingsprincip</u>		
Grupperingssätt	Buren/ Transporterad	
Styrning	Manuell	
Synlighet	Dold	
Punkt	Ja	T. ex. väg
Linje	Nej	
Yta	Ja	T. ex. korsning
<u>Grupperingsparametrar</u>		
Avstånd till gruppering	< 100 km	
Tid till gruppering	< 8 timmar	
<u>Kommunikationsprincip</u>		
Kommunikationsmedium	Trådlöst	
Riktungsverkan	Nej	
Siktkrav	Nej	
<u>Kommunikationsparametrar</u>		
Räckvidd	< 30 km	Inom uppdragsområdet.
Tid till rapport	< 1 min	
<u>Uthållighet</u>		
Drifttid för systemet	< 7 dagar	
Underhåll i gruppering	Ja	
<u>Terrängfaktorer</u>		
Öppen	Ja	
Småbruten	Ja	
Betäckt	Ja	
Urban miljö	Nej	



Figur 6: Marksensornät för dold övervakning mot ett fast objekt i syfte att omhänderta personer som vistats vid objektet. Övervakning mot området runt byggnaden kombineras med punktövervakning av infartsvägar och dörrar. Posteringar i området är beredda att omhänderta personer som besökt objektet.

### 5.3.5 Övervakning av fast objekt

I många fall finns behov av att övervaka ett visst objekt för att kartlägga och dokumentera verksamheten vid objektet och vilka individer som besöker objektet. Denna information kan sedan ligga till grund för ingripanden mot objektet, mot verksamheten som bedrivs där och mot personer som kan kopplas till objektet eller verksamheten. Marksensornät kan stödja denna uppgift genom att samla in och distribuera information från objektet och verksamheten i dess närhet.

Figur 6 visar ett scenario där övervakning av en byggnad där illegal verksamhet bedrivs skall leda till att individer som vistats i byggnaden skall omhändertas. En patrull har därför upprättat ett marksensornät som övervakar området runt byggnaden, tillfartsvägen, samt dörrarna till huset. I anslutning till vägarna in i området finns posteringar som har till uppgift att omhänderta personer grundat på information från sensornätet, som till exempel bilder på personer som har besökt byggnaden. Tabell 9 redovisar parametrarna för detta scenario.

Tabell 9: Sensorparametrar för övervakning av ett fast objekt med specialförband som grund för att gripa personer som besökt objektet.

<i>Egenskap</i>	<i>Värden</i>	<i>Kommentar</i>
<u>Förmåga</u>		
Upptäcka	Ja	
Klassificera	Ja	Antal och typ av personer och fordon
Identifiera	Ja	Speciella individer
Positionera	Nej	
<u>Verkansprincip</u>		
Riktungsverkan	Rikt.	Mot vägar, stråk och dörrar.
Energiutsändning	Passiv	Risk för upptäckt
<u>Grupperingsprincip</u>		
Grupperingssätt	Buren	
Styrning	Manuell	
Synlighet	Dold	
Punkt	Ja	Ex. väg, dörr
Linje	Nej	
Yta	Ja	Ex. runt byggnad
<u>Grupperingsparametrar</u>		
Avstånd till gruppering	< 100 km	
Tid till gruppering	< 8 timmar	
<u>Kommunikationsprincip</u>		
Kommunikationsmedium	Trådlöst	
Riktungsverkan	Nej	
Siktkrav	Nej	
<u>Kommunikationsparametrar</u>		
Räckvidd	< 30 km	Inom uppdragsområdet.
Tid till rapport	< 1 min	
<u>Uthållighet</u>		
Driftstid för systemet	> 30 dagar	
Underhåll i gruppering	Nej	Risk för upptäckt
<u>Terrängfaktorer</u>		
Öppen	Ja	
Småbruten	Ja	
Betäckt	Ja	
Urban miljö	Ja	

## 5.4 Jämförelse och resultat

I detta avsnitt jämför vi parametrarna för de olika scenariona med avsikten både att hitta gemensamma krav och behov och att finna avgörande skillnader. Tabell 10 sammanfattar parametrarna för de åtta scenarion som vi har beskrivit.

### 5.4.1 Förmåga

Det råder samstämmighet mellan scenariona att förmågan att upptäcka mål måste kombineras med någon form av klassificering. Avsikten är i första hand att undvika falsklarm genom att sensorsystemet kan avgöra om målet utgör ett hot eller inte. Mera avancerade klassificeringsbehov förekommer i en del av scenariona. Identifiering är en viktig förmåga i de scenarion som har en påtaglig inriktning mot internationella operationer. Förmågan att dokumentera händelseförlopp och knyta individer till olika platser är avgörande för att kunna lagföra förbrytare. Positionering är en förmåga som måste kombineras med en beskrivning av vilken precision och noggrannhet som systemet har. Vapeninsatser baserade på sensordata kräver att målet är noggrant lägesbestämt och säkert klassificerat.

### 5.4.2 Verkansprinciper

Verkansprinciperna påverkar grupperingssätt och transportmetoder samt risken för upptäckt. Sensorer med riktningssverkan kräver manuell gruppering eller motsvarande tekniska lösningar för att finna en plats som ger goda sensorförhållanden i den önskade riktningen. Aktiva sensorer kan i många fall ge bättre data men ökar risken för upptäckt och motverkan. Passiva sensorer sänder inte ut energi som kan fångas upp av motståndarens detektorer.

### 5.4.3 Grupperingsprincip

Grupperingssättet och styrning av grupperingsplatsen bestäms bland annat av förbandstypens uppgifter och uppträdande. I mekaniserad strid är högt tempo viktigare än det dolda uppträdande som kännetecknar specialförbandens strid. Ett särskilt behov vid internationella insatser är att övervaka områden där våra förband inte kan uppträda, men som används för olika ändamål av andra grupper. Ett exempel är minerade områden där vissa vägar kan vara framkomliga om man accepterar en hög risk för förluster. Risknivån kan i detta fall vara acceptabel för motståndaren men oacceptabel för våra förband. Marksensornät som fjärrgrupperas i terrängen kan vara en lösning på detta problem. Om sensorerna skall grupperas mot en punkt, mot en linje eller inom en yta bestäms av uppgiften.

### 5.4.4 Grupperingsparametrar

Beroende på förbandstypen och uppgiften varierar grupperingsavstånden mellan enstaka kilometer och hundratals mil. Grupperingstiderna varierar på motsvarande sätt.

Tabell 10: Sammanfattning av sensorparametrarna för de åtta stridssenariona

<i>Egenskap</i>	<i>Mek. anfäll</i>	<i>Inf. tunnelövervakning</i>	<i>Inf. flankskydd i urban terräng</i>	<i>Spec. egenskydd</i>	<i>Spec. yttövervakning</i>	<i>Spec. yttövervakning i urban terräng</i>	<i>Spec. övervakning för precisionsinsats</i>	<i>Spec. övervakning av fast objekt</i>
<b>Förmåga</b>								
Upptäcka	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Klassificera	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Identifiera	Nej	Nej	Nej	Nej	Ja	Ja	Ja	Ja
Positionera	Ja	Nej	Ja	Nej	Nej	Nej	Ja	Nej
<b>Verkansprincip</b>								
Riktungsverkan	—	Rikt.	Rikt.	Rikt.	Rikt.	Rikt.	Rikt.	Rikt.
Energiutsändning	—	—	Passiv	Passiv	Passiv	Passiv	—	Passiv
<b>Grupperingsprincip</b>								
Grupperingssätt	Utskj.	Buren	Buren	Buren	Buren	Buren	B./Tp.	Buren
Styrning	Själv.	Man.	Man.	Man.	Man.	Man.	Man.	Man.
Synlighet	—	—	Dold	Dold	Dold	Dold	Dold	Dold
Punkt	Nej	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Linje	Ja	Nej	Nej	Ja	Nej	Nej	Nej	Nej
Yta	Ja	Nej	Nej	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
<b>Grupperingsparametrar</b>								
Avstånd	10 km	<3km	<3km	<1km	>10 <sup>3</sup> km	>10 <sup>3</sup> km	<10 <sup>2</sup> km	<10 <sup>2</sup> km
Tid	<5 min	<2 h	<2 h	<2 h	> 3 d	> 3 d	< 8 h	< 8 h
<b>Kommunikationsprincip</b>								
Medium	Trådl.	Tråd	Tråd	—	—	Trådl.	Trådl.	Trådl.
Riktungsverkan	Nej	Nej	Nej	—	—	Nej	Nej	Nej
Siktkrav	Nej	Nej	Nej	—	—	Nej	Nej	Nej
<b>Kommunikationsparametrar</b>								
Räckvidd	<20km	<3 km	<3 km	<1 km	<10 km	<3 km	<30 km	<30 km
Tid till rapport	<1 min	<1min	<1 min	<1min	<1 min	<1 min	<1 min	<1 min
<b>Uthållighet</b>								
Drifttid	< 24 h	< 14 d	< 14 d	> 30 d	> 30 d	> 30 d	< 7 d	> 30 d
Underhåll	Nej	Ja	Ja	Nej	Ja	Ja	Ja	Nej
<b>Terrängfaktorer</b>								
Öppen	Ja	Nej	Nej	Ja	Ja	Nej	Ja	Ja
Småbruten	Ja	Nej	Nej	Ja	Ja	Nej	Ja	Ja
Betäckt	Ja	Nej	Nej	Ja	Ja	Nej	Ja	Ja
Urban miljö	Nej	Ja	Ja	Ja	Nej	Ja	Nej	Ja

Förklaring: *h* – timmar, *d* – dygn

#### **5.4.5 Kommunikationsprinciper**

Den viktigaste faktorn är huruvida kommunikationen är trådbunden eller trådlös. I fallet med avståndslagda, självupprättande sensornät är trådlös kommunikation det enda alternativet. I andra fall styrs valet av kommunikationsmedium av terrängen och risken för upptäckt. Riktningssökande kommunikation och krav på optisk sikt har inte funnits i något scenario.

#### **5.4.6 Kommunikationsparametrar**

Gemensamt för alla scenarion är att sensornätet skall rapportera inträffade händelser genast. Att tidskravet uttrycks som att kommunikation skall ske inom en minut är en konvention. För att kunna använda informationen för vapeninsatser är en minut för lång tid.

Räckvidden måste definieras med hänsyn till vem som är användare av informationen. När sensorerna används primärt för att stödja det egna förbandets strid är det tillräckligt att förbandets enheter kan ta emot den. I de fall där uppdragsgivaren befinner sig tusentals kilometer från sensornätet ställs helt andra krav. För fallet ytövervakning med specialförband har kraven ställts med hänsyn till att informationen primärt sammanställs och bearbetas vid den patrull som grupperar sensornätet. Dess rapporter sänds sedan till högre chef på ordinarie sambandsvägar. Om sensornätet integreras i högre chefs ledningssystem behöver informationen från sensornätet kunna länkas vidare.

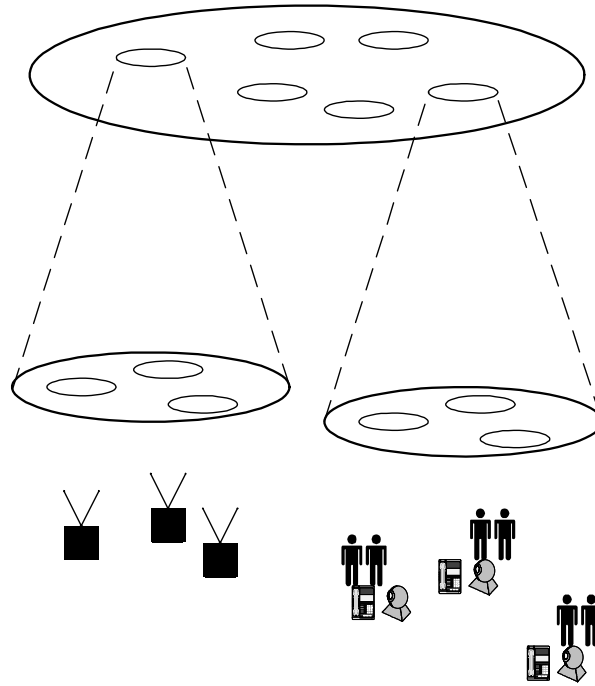
#### **5.4.7 Uthållighet**

Kraven på drifttid varierar beroende på typen av sensornät och den uppgift som det skall lösa. I den ena extrempunkten finner vi det självupprättande nätet som skall understödja det mekaniserade förbandets anfallsstrid under 12 till 16 timmar. I den andra befinner sig nätet för ytövervakning under mer än 30 dagar. Möjligheten att underhålla nätet på grupperingsplatsen påverkar kraven på utrustningen för att uppnå denna drifttid. En viktig faktor är hur utrustningen kan strömförsörjas under driftperioden. Kan tillräcklig batterikapacitet grupperas tillsammans med sensorerna i nätet? Kan solceller användas? Kan batteripaketet bytas ut av personal på plats? Kan en effektsnål sensor kontinuerligt övervaka ett område och väcka upp en effektkrävande högprestandasensor när ett mål upptäcks inom dess verkansområde?

#### **5.4.8 Terrängfaktorer**

Den viktigaste slutsatsen från denna punkt är att urban terräng ställer specifika krav både på de stridande förbanden och på deras användning av marksensornät.





Figur 7: Transparens i hierarkiska sensornät. Huruvida underliggande nivåer realiseras med hjälp av autonoma självupprättande sensorer eller med manuellt grupperade och betjänade sensorer blir ointressant på nästa nivå i informationssystemet. I stället kommer noderna att karakteriseras i termer av vilken typ av information de kan lämna och dess precision och tillgänglighet.

## 6 Diskussion

Framtidens nätverksförsvaret (Alberts, Garstka & Stein, 1999) bygger på tanken att informationsöverläge kan skapa avgörande fördelar i konfliktsituationer. Att skapa och upprätthålla ett sådant överläge kräver att data från många olika källor kan transformeras till relevant information för de beslutsfattare som har ansvaret och resurserna var de än befinner sig. Det måste alltså finnas en informationsstruktur som är kopplad till och dimensionerad för att tillgodose detta behov. Denna struktur måste vara uppgiftsorienterad och logiskt separerad såväl från de fysiska system som implementerar kommunikationslänkar, databaser, sensorer och ledningsplatser som från de organisatoriska enheter som har ansvaret för att förvalta dem. Informationsstrukturen är uppgiftsorienterad. Uppgiften ställer krav på vilken information som måste finnas, när den behövs och var den behövs. Olika uppgifter ställer skilda krav.

Om vi godtar resonemanget får det konsekvenser för hur vi bygger system och organiserar verksamhet kring dem. Till exempel leder resonemanget till att det är principiellt fel att fråga vilken typ av sensor vi skall skaffa och på vilken datalänk den skall kommunicera innan vi har gjort klart för oss vilka

uppgifter vi skall lösa och vilken information detta kräver. Vi måste också acceptera att samma slags data kan samlas in på olika sätt. Det är inte viktigt annat än om det påverkar hur beslutsfattaren kan omvandla dem till nyttig information för att lösa sin uppgift. Figur 7 illustrerar detta resonemang med hjälp av två marksensornät som ingår som delsystem i ett informationssystem. Tekniskt och organisatoriskt är det givetvis stor skillnad på om vi realiserar nätet med hjälp av autonoma sensorer eller med manuellt upprättade sensorer. Ur systemsynvinkel är dock dessa system bara två noder i ett nätverk som har till uppgift att leverera uppdragsrelevant information. Hur data samlas in och kommuniceras är inte intressant ur denna synvinkel.

## 7 Slutsatser

Två ytterligheter av interaktiva adaptiva marksensornät framträder ur undersökningen och analysen: det självupprättande autonoma nätet och det manuellt grupperade nätet med självständiga kvalificerade sensorer. Den första typen av sensornät kan karakteriseras i termer som:

- Avståndsutlagt
- Självupprättande
- Autonomt
- Snabbgrupperat
- Kort driftstid
- Systemeffekt genom samverkan mellan enkla delkomponenter

Den andra typen av sensornät har egenskaper som:

- Manuellt transporterat
- Manuellt grupperat
- Manuellt övervakat
- Lång grupperingstid
- Lång driftstid
- Systemeffekt genom länkning av kraftfulla, självständiga sensorer

Mellan dessa ytterligheter finns givetvis många tänkbara kombinationer. Några sådan kombinationer har vi belyst i de scenarion som vi har diskuterat. En uppgift för forskning och utveckling inom området marksensornät är att finna effektiva tekniska och organisatoriska lösningar i detta spektrum. En god lösning utgår från de behov som nätet skall fylla och balanserar användarnas krav, tekniska lösningar och organisatoriska målsättningar. Interaktiva adaptiva marksensornät har en viktig roll i framtidens nätverksförsvar.

## 8 Referenser

- AGRE, J. & CLARE, L. (2000). An integrated architecture for cooperative sensing networks, *Computer*, 33(5), 106–108.
- AKEY, M. L. (1997). An adaptive, reconfigurable distributed sensor architecture. *Proceedings of SPIE*, 3081, 148–157.
- ALBERTS, D. S., GARSTKA, J. J. & STEIN, F. P. (1999). *Network-Centric Warfare: Developing and Leveraging Information Superiority*, 2nd Edition. CCRP Publication Series.
- ALTMANN, J, FISHER, H & VAN DER GRAAF, H. (Red.) (1998). *Sensors for Peace: Applications, Systems and Legal Requirements for Monitoring in Peace Operations*. New York: United Nations.
- BURNE, R. A., BUCZAK, A. L., JAMALABAD, V. R., KADAR, I. & EITAN, R. (1999). Self-organizing cooperative sensor network for remote surveillance. I E. M. CARAPEZZA & D. B. LAW (Red.) *Sensors, C3I, Information, and Training Technologies for Law Enforcement, Proceedings of SPIE*, 3577, 124–134.
- CARAPEZZA, E. M., LAW, D. B. & STALKER, K. T. (Red.) (1999). *Unattended Ground Sensor Technologies and Applications, Proceedings of SPIE*, 3713. Bellingham, Washington: SPIE.
- GOODMAN, G. L. (1999). Detection and classification for unattended ground sensors. *Proceedings of 1999 Information Decision and Control*, February 8–10, Adelaide, Australia.
- HINTZ, T. M., CARAPEZZA, E. M., LAW, D. B. & EDWARDS, G. D. (1999). DARPA unattended ground sensor systems: analysis of communication systems for internetting UGS systems. I E. M. CARAPEZZA & D. B. LAW (Red.) *Sensors, C3I, Information, and Training Technologies for Law Enforcement, Proceedings of SPIE*, 3577, 152–167.
- JAYASIMHA, D. N., IYENGAR, S. S. & KASHYAP, R. L. (1991). Information integration and synchronization in distributed sensor networks. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 21, 1032–1043.
- JENVALD, J., MORIN, M., WORM, A. & ÖRNBERG, G. (1996). *MIND—ett instrument för värdering, utveckling och utbildning av krigsförband*. Teknisk rapport, FOA-R--96-00351-3.8--SE, Linköping: Försvarets forskningsanstalt.
- JENVALD, J. & MORIN, M. (1998). Tactical evaluation of new military systems using distributed modelling and simulation. *Proceedings of the 12th European Simulation Multiconference, (ESM98)*, pp. 279–284, Manchester, UK.
- JEPPERSEN, D. & TRELLE R. (1997). Unattended ground sensor situation assessment workstation. *Proceedings of SPIE*, 3081, 121–130.
- LOBBIA, R. N. & RAKIJAS, M. (1997). Hierarchical-based fusion strategy for unattended ground sensors. *Proceedings of SPIE*, 3081, 110–120.
- POTTIE, G. J. & KAISER, W. J. (2000). Wireless Integrated Network

Sensors, *Communications of the ACM*, 43, 51–58.

MORIN, M., JENVALD, J., WORM, A. & THORSTENSSON, M. (1998). Instrumented force-on-force battle training in Sweden: Lessons learned during the first five years. In *Proceedings of the 9th International Training and Education Conference, (ITEC98)*, pp. 30–43, April 28-30, Lausanne, Switzerland.

QI, H., IYENGAR, S. S., CHAKRABARTY, K. (2001). Distributed multi-resolution data integration using mobile agents. Accepted for publication in *Proceedings of the IEEE Aerospace Conference*.

SCHATZMANN, L. A. (1998). Intelligence gathering using unattended ground sensors (UGS). I E. M. CARAPEZZA & D. B. LAW (Red.) *Sensors, C3I, Information, and Training Technologies for Law Enforcement, Proceedings of SPIE*, 3577, 117–123.

SCHEERING, C. & KNOLL, A. (1998). Framework for implementing self-organizing task-oriented multisensor networks. I P. S. SCHENKER & G. T. MCKEE (Red.) *Sensor Fusion and Decentralized Control in Robotics Systems, Proceedings of SPIE*, 3523, 18–29.

SOHRABI, K. & POTTIE, G. J. (1999). Performance of a novel self-organization protocol for wireless ad-hoc sensor networks. *Proceedings of IEEE Vehicular Technology Conference*, pp. 1222–1226, September 19–22, Amsterdam, The Netherlands.

WIKBERG, P. (Red.) (2000). FoRMA—Människan i RMA: Utveckling av beslutsmetoder och beslutsprocesser. 12 typfall av framtida beslutsfattande. FOA-R--00-01818-201--SE, Linköping: Försvarets forskningsanstalt.

YAO, K., HUDSON, R. E., REED, C. W., CHEN, D. & LORENZELLI, F. (1998). Blind beamforming on a randomly distributed sensor array system. *IEEE Journal on Selected Areas in Communication*, 16(8), 1555–1567.