

Experimentella resurser  
och kunskap i världsklass

# Öppna dörrar till unika resurser och branschledande kunskap

FOI är ett av Europas ledande forskningsinstitut inom försvar och säkerhet. Våra traditionella huvudkunder är Försvarsmakten och Försvarets Materielverk, men vi arbetar också med forskning för att hitta lösningar åt industrin och näringslivet, och med säkerhet och krishantering i det civila samhället.

FOI är ett uppdragsfinansierat forskningsinstitut som under många år har jobbat med forskning i framkant. Vi har unika experimentella resurser och erfarna forskare med djup kunskap inom sitt område. Allt detta står nu till ert förfogande.

Läs mer på de kommande sidorna om några av de avancerade resurserna vid våra anläggningar i Linköping. Det är till exempel ekofria mätthallar för antennmätningar, utrustning för materialkaraktisering i olika frekvensområden, unika optikresurser, testning av GPS, sensorsimuleringar och mycket mer.

Vid FOI:s övriga anläggningar har vi bland annat Sveriges mest avancerade säkerhetslaboratorium för CBRN-ämnen, ett tanklaboratorium för undervattensmätningar, och försöksområden för tester med explosivämnen.

Välkommen till oss på FOI!

## Innehåll

<b>Nöjda kunder</b> .....	6
<b>Human Factors</b>	
Människa-systeminteraktion .....	10
<b>Ekofritt rum</b>	
Akustiska tester i frifältsmiljö .....	14
<b>GPS och GNSS</b>	
Testning av satellitnavigeringssystem .....	18
<b>Sensorsimulering i MSSLab och IRSSLab</b>	
IR, laser och radar .....	22
<b>Mätthallar</b>	
Mätningar i mikrovågsområdet.....	26
<b>Modväxlande kammare, MVK</b>	
Provning av elektronisk utrustning.....	30
<b>Arken</b>	
Mobilt radarmätssystem.....	32
<b>Lilla Gåra</b>	
En unik utomhusmätplats .....	36
<b>Optiklaboratorier</b>	
Optikutrustningar och mätmöjligheter i speciallab.....	40
<b>Spektral materialkaraktisering</b>	
Optik- och mikrovågsområdet.....	50
<b>Mikrovågskomponenter</b>	
Design – Prototyp tillverkning – Verifiering.....	54
<b>Utbildningar och kurser</b> .....	58



”Vårt arbetssätt bygger på en nära relation med våra kunder”.



”Vår forskning spänner över hela kedjan från sensorer till beslutsstöd”.



FOI är ett internationellt ledande forskningsinstitut.

## Forskning i världsklass

FOI är ett av Europas ledande forskningsinstitut inom försvar och säkerhet. Vår kärnverksamhet är forskning, studier och utveckling av metoder och teknik. Vid vår avdelning för Informationssystem utvecklar vi lösningar som sträcker sig från datainsamling via avancerade sensorer till innovativa presentationssystem. Det ger smarta lösningar som ökar användarens förmåga att bilda sig en uppfattning av läget för att kunna fatta bättre beslut.

### Forskning från sensorer till beslutsstöd

Vår forskning spänner över hela kedjan från sensorer till beslutsstöd. Sensorer eller system av sensorer kan ge tidig varning, övervaka händelser, hjälpa till att styra insatser och kartlägga skadeomfattning. Vår forskning inom IT-säkerhet, kommunikation och telekrig studerar hur informationen från sensorerna på ett säkert sätt når beslutsfattaren. Där säkerställer FOI:s forskning inom datafusion, systemutveckling och människa-systeminteraktion att användarna kan förstå informationen och omsätta den i effektiva beslut.

### Med nära relation till kunderna

Vi producerar operativ kunskap som vi levererar till våra kunder på många sätt, från demonstrationer till tillämpningar på fältet. Vårt arbetssätt bygger på en nära relation till våra uppdragsgivare.

Vi genomför till exempel utbildningar och deltar ofta direkt i studier och utredningar hos kunderna.

Våra kunder drar stor nytta av hela bredden i FOI:s forskningsverksamhet.

Därför anlitar vi FOI

## Goda exempel, stor nytta och kloka ord

Under alla våra år som ett avancerat forskningsinstitut har vi inte bara byggt upp unika kunskaper och resurser, utan också sett till att de har gjort nytta. Vi har otaliga exempel på lyckad forskning och utveckling åt våra kunder. Vi bad några av dem att säga några ord om vårt samarbete.

DuPont Powder Coatings AB tog hjälp av FOI för att skapa en färg som hindrade metall- ytor från att stråla ut värme. I dag säljer företaget färgen i hela Europa.

”FOI kunde göra noggranna mätningar av IR-strålning. Vi är mycket nöjda med vårt samarbete. FOI var trevliga, tillmötesgående och mycket snabba med att ge svar”.

Helene Bolm, utvecklingschef vid DuPont Powder Coatings AB.

”Arbetet kräver kompetens inom många områden, till exempel material, mekanik, elektronik och programvara, men också klinisk och biologisk kompetens. Flera av dessa kompetensområden finns inom FOI. Vi har nytta av att FOI har duktiga materialare och ett bra systemtänk kring kommunikationssystem”.

Susanne Nilsson, director vid St. Jude Medical AB.

St. Jude Medical AB tar hjälp av FOI i arbetet med att utveckla pacemakers och andra medicintekniska innovationer så att de liknar kroppens egna system. Tillsammans har vi bland annat identifierat flera likheter mellan pacemakers och u-båtar.

Saab Aerosystems anlitar ofta FOI vid utveckling av framtidslösningar för sina flygplan. I allt högre utsträckning handlar utvecklingsarbetet om teknik för att ge planen större autonomitet och låg signatur.

”Vi strävar efter allt större autonomitet så att planet kan flyga utan pilot och med låg signatur för att undvika upptäckt. Det ställer mycket höga krav på beräkningsteknik och på sensorer. Där har FOI stor kompetens”.

Pontus Kallén, chef för Saab Aerosystems.

”FOI har stora resurser, bra måttanläggningar och stor erfarenhet. De har också en bredd inom storlek och frekvensområde. Allt har fungerat mycket väl med korta svarstider och hög flexibilitet”.


Sören Poulsen, programledare vid Applied Composites AB.

Applied Composites AB valde att samarbeta med FOI för att spara pengar och samtidigt få tillgång till den bästa tekniken vid testning av radomer, ett antenskydd för flygplan och fartyg.

Saab Barracuda är en världsledande tillverkare av maskeringsnät. När företaget ville studera hur man med nät bäst kunde maskera känslig utrustning tog Saab Barracuda hjälp av FOI:s kunskaper och utrustning.

”Vi såg ett antal samband som vi inte hade förstått tidigare och fick de teorier vi har använt i utvecklingsarbetet bekräftade. De ser saker vetenskapligt och vi ser dem nära användarna. FOI är också steget mellan oss och universitetet”.

Lars Karlsson, Future Products and Technologies, Saab Barracuda.



Unika experimentella resurser finns inom ett antal olika områden, här kan du läsa mer om:

- Människa-systeminteraktion – Human Factors
- Akustik
- Optronik
- Radio och GPS
- Radar och Lidar
- Sensorsimuleringar
- Antenner
- Elektromagnetisk kompatibilitet
- Elektronikkomponenter, design och prototyp tillverkning
- Materialkaraktärisering

## Abonnera på våra resurser och på vår kunskap

Vi erbjuder nu er att nyttja våra unika experimentella resurser tillsammans med vårt expertkunnande. Skräddarsydda lösningar gör det möjligt att hyra enskilda resurser eller att abonnera på flera av våra resurser på en gång.

Här presenterar vi ett antal experimentella resurser som ni kan välja bland. Innan ni bestämmer er erbjuder vi en diskussion, guidad tur, demonstration eller ett seminarium.

Kontakta oss gärna för mer information eller besök vår hemsida [www.foi.se](http://www.foi.se)

## Rätta förutsättningar för korrekta slutsatser

FOI ger er bra förutsättningar för kontrollerade experiment inom människa-systeminteraktion med hög realism. Ett tydligt gränssnitt mellan människa och system ger väl underbyggda och korrekta slutsatser.

Utveckling, utprovning och humanvetenskap

Simuleringar kan användas vid systemutveckling för att prova ny instrumentering och ny utrustning. Genom att bland annat logga prestationsdata och psykofysiologiska mätningar är det möjligt att mäta försökspersonernas prestation. Även data om subjektiva skattningar samlas in för att analysera hur en arbetsuppgift påverkar operatörens arbetsbelastning och situationsmedvetande.


I Human Factors-labbet finns också specialutrustning för kvalificerade mätningar av prestation och psykofysiologi. Vår personal har många års erfarenhet och stor metodologisk kunskap inom experimentdesign och analys av både kvantitativa mätdata och subjektiva

skattningar. Metodologisk kunskap är mycket viktig inom humanvetenskap för att hantera de många osäkerhetsfaktorerna som finns när man "mäter" på människor.

### Exempel på genomförda simuleringar

Den stora flexibiliteten hos både mjuk- och hårdvara gör det möjligt att simulera många typer av fordon och andra system.

- Registrering av människors naturliga rörelsemönster för indata vid sensorsimulering för att detektera människor.
- Analys av rörelsemönster hos personal vid monteringslinjer för att avslöja moment som kan ge arbetsskador.



Human Factors-labbet ger realistiska och dynamiska simuleringar med verklighetstroga miljöer.

Mångsidighet och specialutrustningar

Simuleringarna skapas med HiFi Engine, en simuleringsmjukvara som vi har utvecklat på FOI. Den består av flera moduler som till stor del bygger på öppen källkod. Det ger stor mångsidighet och goda möjligheter att anpassa simuleringar till era önskemål. Simuleringarna är mycket realistiska när det gäller grafik, ljud och rörelser.

I Human Factors-labbet finns dessutom specialutrustning för att

Stora presentationsytor, VR-display och 3D-ljud ökar realismen i simuleringarna av rörelseplattformen.



Dynamisk registrering av blickriktning.

Avancerad utrustning för psykofysiologisk mätning

**VITAPORT** Generell digital enhet för psykofysiologisk mätning av exempelvis hjärtfrekvens, hjärnaktivitet, muskelaktivitet, aktivitet hos ögonmuskulaturen, svettning och kroppstemperatur.

**SMARTEYE** Dynamisk registrering av blickriktning (EOG), ögonrörelser och ögonblinkningar.

**JAZZ** Bärbar enhet för mätning av ögonrörelser och sackader med hög upplösning.

**MOTION CAPTURE** Teknik och dräkt med sensorer för att dynamiskt registrera en människas rörelsemönster.

öka realismen i simuleringarna, till exempel en rörelseplattform, stora presentationsytor, VR-display, 3D-ljud, högtalarsystem, taktila bälten, head tracker och tryckkänsliga skärmar.

Dynamisk datainsamling

Loggning av prestationsdata, till exempel tid och precision för att genomföra moment, avvikelser från planerad färdväg och huvudvridningar, görs dynamiskt under simuleringen. Psykofysiologiska mätdata, som hjärtfrekvens, variation i hjärtfrekvens, blickbeteende och hudkonduktans, samlas in med specialutrustning. Subjektiva data samlas in med anpassade enkäter och intervjuer.

Tradition och ny teknik

På FOI har vi en lång tradition av studier med psykofysiologiska mätningar för att registrera processer i kroppen som antas ha samband med mentala processer. Vi har ofta använt till exempel mått på ögon- och hjärtaktivitet för att värdera operatörers mentala arbetsbelastning och situationsmedvetande.

Psykofysiologiska mätningar har använts framgångsrikt

- EOG har använts för att studera ögonrörelser hos flygförare, vilket visade stor likhet mellan ögonrörelsemönster under verklig och simulerad flygning.
- Blickpunktsregistrering har använts vid försök med datorspel. HiFi Engine användes då som spelmotor, vilket integrerade mätutrustningen med simuleringen.
- Studier med EOG, hjärtfrekvens och variation i hjärtfrekvens har gjorts på stridsvagnsbesättningar.
- Mätningar av hjärtfrekvens har genomförts dynamiskt på personer under förflyttning i terräng.
- Blickpunktsregistrering har använts för att undersöka var på instrumenteringen piloter tittar.



**KONTAKT**

Björn Lindahl  
013 - 37 85 58  
bjorn.lindahl@foi.se

## Tester av akustisk riktungsverkan i flera dimensioner

Vårt akustiklabb, som är uppbyggt med ljudabsorbenter och nätgolv, är en helt ekofri miljö med många möjligheter för avancerade tester, mätningar, analyser, laborationer och utbildningar.

Här kan ni utföra tester av akustisk riktungsverkan i flera dimensioner från olika objekt, liksom standardmätningar och lyssningstester. Ljudutbredningen påverkas inte av rummets gränsvyter eftersom ljudet inte kan reflekteras inom frekvensintervallet 100 Hz–10 kHz. Det går alltså att göra ljudinspelningar utan att få med någon rumsklang.

Här finns också utrustning för att utföra lyssningstester, mätutrustning för att samla in data för senare analys och möjlighet att analysera ljud och vibrationer i realtid.

Lyckad forskning och genomförda uppdrag

Några exempel på uppdrag och forskning som har genomförts i vårt ekofria rum är sensorstyrning med

### Labbutrustning

- 32-kanaler synkron insamling DC-50 kHz
- LabVIEW, Sound and Vibration Measurement Suite
- 8-kanaler datorljudkort
- Mikrofoner med tryck- och frifältskaraktär
- Ljudkällor – högtalare
- Vridbord



Multikanalsystem för insamling och analys av akustiska signaler.

Vi har många exempel på lyckad forskning och genomförda uppdrag i vårt akustiklabb, en ekofri miljö.



rum, elektronikverkstad, förvaringsutrymmen, säkerhetsskåp, hiss för utrustning och ett pentry.

Många andra möjligheter

Här är några exempel på uppdrag och forskningsprojekt som kräver ekofri miljö vid mätning och analys och där vi gärna är samarbetspartner eller ställer våra lokaler till förfogande:

- Mätning av känslighet och direktivitet på mikrofoner och mikrofonarrayer under utveckling (lasermikrofon, sensorstyrning, beamforming).
- Positionering av ljudkällor utan rumsinverkan.
- Uppmätning av brusgolvs akustisk analysutrustning.
- Mobiltelefon- och telefonakustik.
- Analyser och demonstrationer vid höga ljudtryck.
- Strålningsegenskaper hos ljudkällor.
- Ljudnivåmätning av fläktar.
- Skapa individuella filter för 3D-ljud.
- Påverkan av buller.

#### Tekniska specifikationer

- Gränsfrekvens: 100 Hz.
- Uppfyller ISO 3745 för frekvenser mellan 100 Hz och 10 kHz.
- Dimensioner i meter (LxBxH): 6,40 x 4,00 x 4,10.



#### KONTAKT

Hans Habberstad  
013 - 37 84 72  
[hans.habberstad@foi.se](mailto:hans.habberstad@foi.se)

hjälp av akustiska arrayer, signalbehandling inom arrayteknik samt akustiska och seismiska sensorer i nätverk. Det går också att komplettera forskning med relevanta mätresultat och dessutom få spårbarhet vid akustiska mätningar.

#### Laborationer och utbildning

Våra lokaler är också utmärkta för laborationer i samband med utbildning i små grupper. När ni använder vårt ekofria rum har ni också tillgång till andra praktiska lokaler. Här har vi till exempel samlingslokal och kontroll-

## Maximera nyttan med korrekt positionering

Med ett satellitnavigeringssystem (GNSS – Global Navigation Satellite System), som GPS, Galileo och GLONASS, kan en mottagare bestämma sin position, hastighet och tid globalt med hög noggrannhet och tillgänglighet. Med kunskap, metodik, teknik och rätt användning kan nyttan av GNSS maximeras. Vi erbjuder testning och utvärdering av GPS-mottagare samt anpassning av mottagaren till specifik tillämpning.

Nya möjligheter, utmaningar och begränsningar  
Antalet GPS-mottagare och tillämpningar ökar kontinuerligt i samhället. Traditionellt används GPS för navigeringssystem i fordon och fartyg och som handhållna navigatörer. Några exempel på nya tillämpningar är GPS integrerad i mobiltelefoner, transpondersystem, positioneringssystem inomhus, positionering av synskadade och tidssynkronisering av nät (el, telekom, IT).

GNSS ger inte bara nya möjligheter, utan också fler utmaningar och begränsningar.

För att maximera nyttan med GNSS behövs kunskap, metodik, teknik och rätt användning. FOI bedriver forskning och utveckling inom GNSS och testning av GPS-mottagare. Vi erbjuder företag och myndigheter testning och utvärdering av GPS-mottagare anpassad för varje inriktning.

Säker integration kräver tester i GPS-simulator

Idag finns det ett flertal tillverkare av GPS-mottagare och utbudet är mycket stort. Mottagarna varierar i pris, prestanda och funktionalitet. Tillverkarna anger visserligen prestanda i datablad men dessa är svåra att jämföra eftersom förutsättningarna under vilka de har



Testning och utvärdering av GPS-mottagare samt anpassning av mottagaren till er tillämpning.



Vi kvalitetssäkrar er GPS-mottagare.

tagits fram ofta inte anges. Att välja rätt mottagare som uppfyller era behov och krav kan vara svårt. GPS integreras dessutom allt mer i olika typer av system.

Under utvecklingsarbetet, eller innan anskaffningen, är det mycket viktigt att säkerställa att integrationen av GPS-mottagaren i systemet fungerar som det är tänkt. Dessa tester är mycket omfattande och scenarion som är upprepningsbara och tillförlitliga är endast möjliga att göra med hjälp av en GPS-simulator.

Relevanta resultat genom FOI:s forskning

Idag finns inga generella beskrivningar eller metoder för att testa mottagare. Endast för GPS i mobiltelefoner finns ett standardiserat förfarande. För att kunna genomföra tester och utvärdering av GPS-mottagare har FOI utvecklat en generell testmetodik. Metodiken består av ett flertal deltester som implementeras i en simulator. Även programvara för utvärdering är utvecklad så att resultaten kan presenteras på ett tyd-

### Testmetodiken består av ett antal deltester

**KÄNSLIGHET** Testning av "tracking" och "acquisition" tröskelvärden och hur detta påverkar positionsnoggrannheten. Testet genomförs i statiskt och dynamiskt scenario.

**FLERVÄGSUTBREDNING** Utvärdering av känslighet för flervägsutbredning av GPS-satellitensignaler och hur detta påverkar noggrannheten.

**POSITIONSNOGGRANNHET** Testning av positionsnoggrannhet under goda förhållanden och med påverkan av jonosfären.

**TIME TO FIRST FIX (TTFF)** Testning av TTFF vid uppstart.

**INTERFERENS** Testning av känslighet för interferenssignaler inom GPS-frekvensbandet.

**ANTENNMÄTHALL** Om mottagaren saknar extern antenningång, eller om antennen av andra skäl ska inkluderas i testet, används FOI:s antennmätthall med GPS-simulator och kalibrerad antenn.

**FUNKTIONSTESTER** Testning av passage av datumlinjen, nollmeridianen, positionering i respektive världsdel. Testerna anpassas för den specifika mottagaren och tillämpningen. Analys och utvärdering kan vid behov utföras av FOI.

ligt sätt. Med vår GPS-simulator kan både statiska och dynamiska satellitkonstellationer och testscenarion genereras och användas. Det är till exempel möjligt att modellera flervägsutbredning, dämpning och blockering, antennegenskaper, interferenssignaler och atmosfärpåverkan (jonosfär).

Genom FOI:s forskning inom GNSS säkerställs att alla tester är relevanta och väl utprovade.



#### KONTAKT

Mikael Alexandersson  
013 - 37 80 82  
mikael.alexandersson@foi.se

## Unik tjänst ger er bästa möjliga utvecklingsstart

Moderna sensorsystem är ofta dyra att utveckla. Det är viktigt att göra rätt från början. Hos oss på FOI har du tillgång till unika tjänster tack vare våra gedigna mät- och beräkningsresurser, samt djupa teoretiska kunskaper för sensorer.

Med hjälp av FOI kan du fatta väl underbyggda beslut tidigt i produktutvecklingsprocessen. Här får du tillgång till kompetens och väl validerade simuleringsverktyg från den militära sensorteknologins framkant. Vi gör det möjligt för dig att göra fysikaliskt välgrundade termiska och elektromagnetiska beräkningar och simuleringar av IR-, radar- och lasersensorer i naturtrogna miljöer.

En marknad i stark utveckling  
IR-sensorer (till exempel värmekamerasensorer), radar- och lasersensorer används mer och mer i olika produkter och systemlösningar. Säkerhetsbranschen använder till exempel allt

mer avancerade installationer av sensorsystem. Fordonsindustrin erbjuder produkter för säkerhet och förarstöd som är baserade på IR-kamerasensorer, radar och akustiska sensorer. Detta pressar priserna på avancerade sensorer och gör dem tillgängliga för fler tillämpningar.

Redan tidigt i produktutvecklingen är det viktigt att lösa frågor om val av sensor och att snabbt kunna påbörja utvecklingen av metoder och algoritmer för signalbehandling och sensorstyrning.

MSSLab och IRSSLab ger er underlag för detta arbete genom simuleringar och beräkningar.

Med kompetens och väl validerade simuleringsverktyg från den militära sensorteknologins framkant hjälper vi er att fatta väl underbyggda beslut tidigt i produktutvecklingen.

Samverkande labb simulerar hela signalkedjan

MSSLab (MultiSensorSimulation Lab) och IRSSLab (InfraRed Signature Simulation Lab) är två samverkande laboratorier för avancerad sensor-simulering, samt termiska och elektromagnetiska beräkningar. Tillsammans ger de två labben er möjligheter att simulera hela signalkedjan från omgivningens och objektens signatur via atmosfärs- och sensoreffekter till utdata från en eller flera sensorer.

Bäst i Sverige

Ni har dessutom tillgång till en av Sveriges bästa forskningsgrupper inom signalbehandling och multisensordatafusion. Det betyder att vi kompletterar simuleringskedjan med den sensorinformatik som krävs för kvalificerade funktioner i ett modernt sensorsystem.

Vi erbjuder också termiska analyser och designoptimering av till exempel byggnader och fordon, liksom elektromagnetiska beräkningar av antennaperturer, systemaspekter på sensorplaceringar med mera.



Framtida säkerhetssystem för att se genom kläder eller maskering simuleras med MSSLab. Bilden visar avbildad geometri och beräknad sensordata.

Er nytta med MSSLab och IRSSLab är bland annat

**SENSORSYSTEMSIMULERINGAR** för estimering och illustration av förväntade prestanda eller funktionalitet.

**DATAGENERERING** för utveckling/träning av signalbehandlingsalgoritmer.

**TERMISKA OCH ELEKTROMAGNETISKA** beräkningar på objekt och strukturer.

**JÄMFÖRANDE/VALIDERANDE** simuleringar för sensorval, singel- eller multipla sensorer.

MSSLab kombinerar helheten

MSSLab har programvara för att ta fram detaljerade syntetiska omgivningar, scenariohantering, laser-sensorsimulering, elektromagnetiska beräkningar och verktyg för 3D-visualisering. I MSSLab kopplar vi samman alla delkomponenter till skräddarsydda distribuerade simuleringar på systemnivå. MSSLab kombinerar syntetiska miljöer, termiska och elektromagnetiska beräkningar, atmosfärs- och sensor-karakteristik, med signalbehandling till en helhet som är speciellt anpassad för era behov.

IRSSLab hanterar alla faktorer

Ett objekts IR-signatur eller temperaturfördelning påverkas av till exempel soluppvärmning, vind, regn, materialegenskaper och färgval. Interna värmekällor som motor, växellåda och friktionsuppvärmning av lager kan simuleras, liksom värmetransport genom flerlagres väggstrukturer, kläder och päls. Vi kan också genomföra strömningsberäkningar för objekt och avgasutblås. Vi använder ett flertal samverkande programvaror allt efter applikation och behov.



**KONTAKT**

Mikael Karlsson  
013 - 37 84 75  
mikael.karlsson@foi.se



**KONTAKT**

Andreas Persson  
013 - 37 85 38  
andreas.persson@foi.se

## Ekofattiga mätthallar, unika i storlek och flexibilitet

I mätthallarna kan vi genomföra antennmätningar, undersöka elektromagnetisk förenlighet och genomföra andra mätningar som kräver elektromagnetiskt tyst miljö.

Stor internationell  
uppmärksamhet

När det gäller antenner mäts i huvudsak strålningsegenskaper. Syftet är bland annat att verifiera beräkningar av de designansatser som görs inom antennforskning och vid antennkonstruktioner som är avsedda för forskning inom till exempel spaning eller telekrig.

Vid mätning av antenner är man ofta intresserad av antennens strålningsegenskaper som funktion av vinkel och polarisation. Även strålningsegenskaperna som funktion av frekvens och anpassningsimpedans är viktiga egenskaper. För kalibrering vid mätning av antennvinst används vanligen referensantenner.

Här kan omfattade mätningar av

fältinträngning genomföras. Området har fått stor internationell uppmärksamhet. Många mätobjekt är relativt skrymmande och tunga vilket gör de alternativa mätsträckorna mindre lämpliga.

Elektromagnetisk förenlighet

Elmiljö och skydd mot störningar är ett område som har vuxit på senare år. Många samarbetspartners har redan upptäckt vår kompetens i elektromagnetisk förenlighet (EMC) och vill kombinera kunnande med unika experimentella resurser.

I mäthallen kan mätningar utföras där elektriska utrustningars förmåga att fungera tillsammans kontrolleras, utan att påverka eller påverkas av den elektromagnetiska miljön.

Våra mätthallar ger er goda möjligheter till mätningar i elektromagnetiskt tyst miljö.



Hallarna är försedda med mikrovågsabsorbenter.

### Stora mäthallen

Stora mäthallen är mycket populär tack vare sin unika storlek och för att det är ett elektromagnetiskt väl skärmat utrymme. Detta är nödvändigt om man vill undersöka utstrålad elektromagnetisk störning från ett mätobjekt. Här har också standardprovning med påstrålad elektromagnetisk störning gjorts.

Hallen är försedd med mikrovågsabsorberande material på samtliga ytor och elektromagnetiskt skärmmaterial som medger en skärmverkan på 100 dB i intervallet 10 kHz–18 GHz. Detta ger goda möjligheter till mätningar i en elektromagnetiskt tyst miljö, utan störande signaler från omgivningen. Hallen är huvudsakligen konstruerad för monostatiska radarmålytemät-

### Tekniska specifikationer

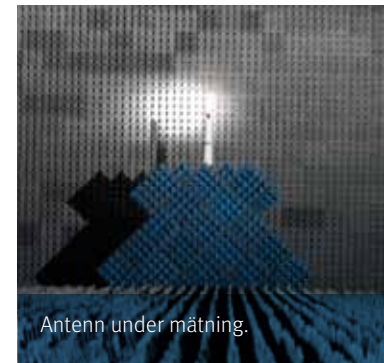
Hall	Mått [m]	Skärmverkan 100 dB	Mätavstånd [m]	Frekvenser [GHz]
Stora mäthallen	35x15x12	10 kHz–18 GHz	10–25	>1
Lilla mäthallen	10x6x6	–	6	>1

ningar men kan med fördel även användas vid upptagning av strålningsdiagram från antennmätningar vid frekvenser >1 GHz.

Den tysta zonen i mäthallen är definierad med en testzon på 3 x 4 meter mellan 10 och 25 meter.

### Lilla Mäthallen

Hallen är försedd med mikrovågsabsorberande material på samtliga ytor men är inte elektromagnetiskt skärmad.



Antenn under mätning.



### KONTAKT

Olof Lundén  
013 - 37 83 25  
olof.lunden@foi.se



Vi har miljöer för att utforska hur mycket störning olika elektroniska system och komponenter genererar och andra känsliga system utsätts för.

## Mätningar i modväxlande kammare

Hos FOI har ni tillgång till två modväxlande kammare (MVK). De två kamrarna kan både användas separat och kopplade till varandra via en gemensam testpanel för mätning av transmissionsarea för aperturer (Q).

Kamrarna används för att mäta elektromagnetisk skärmverkan eller för att koppla till intern eller extern ledare. Ett annat vanligt användningsområde är provning av utrustning för känslighet mot påstrålad störning vid höga fältnivåer, så kallad elektromagnetisk förenlighet. Det går också utmärkt att mäta utstrålad störning från provobjektet.

MVK är fysikaliskt sett metalliska resonanskaviteter för lagring av elektromagnetisk fältenergi. Denna typ av kammare används bland annat för att prova elektronisk utrustning i gigahertzområdet. Fältmaxima och -minima flyttas omkring i en kammare genom att ändra resonansmönstret med hjälp av en eller flera mekaniska omrörare. På grund av höga Q-värden i kaviteten kan höga fältstyrkor (1 200 V/m) byggas upp med blygsamma ineffekter (200 W).

### Tekniska specifikationer

	Mått [m <sup>3</sup> ]	Resonansfrekvens [MHz]
Stor	37,6	~ 177
Liten	27,1	~ 200

Hos oss kan ni med vår hjälp testa

- Skyddsmetoder och skyddskomponenter
- Metoder för verifikation av hårdhet
- Undersöka känslighet av olika system
- Effekter på elektronikkomponenter
- Dessutom utföra transmissionsmätningar

### KONTAKT

Olof Lundén  
 013 - 37 83 25  
 olof.lunden@foi.se



Arken är ett mobilt radarmätsystem för att mäta och värdera radarsignaturer samt att göra detaljerade mätningar på långsamma objekt i olika miljöer.

## ARKEN – Mobilt radarmätsystem med många användningsområden

Arken är ett mobilt radarmätsystem för att mäta och värdera radaregenskaper samt egenskaper och effektivitet hos radarmotmedel. Med Arkens förmåga till högupplösta mätningar är det bland annat möjligt att göra detaljerade mätningar och värderingar på långsamma objekt i olika miljöer. Arken är därför mycket lämplig för att utprova och testa metoder för områdesbevakning kring till exempel kraftverk och andra skyddsvärda objekt.

### Direkt kontroll

Arken är lätt att transportera med två personbilar och är därför ett mycket flexibelt och mobilt system. Arken består av en operatörsvagn och en antennvagn. Mätningarna styrs från operatörsvagnen där också mätdataanalyserna genomförs.

Det är möjligt att göra en första kontroll av mätdata redan några få minuter efter att data har samlats in. Tack vare den snabba kontrollen är det fullt möjligt att göra justeringar och kompletteringar av aktuell planering under pågående mätkampanj.



Jan Gustavsson, systemansvarig, inne i operatörsvagnen.



Arken är ett flexibelt och mobilt radarmätssystem.

### Manuell eller automatisk styrning

Antennvagnen består av ett precisionsvridbord med antenner och högfrequensutrustning. Här går det också att montera andra sensorer som till exempel kameror och laserpekare. Arkens vridbord kan riktas och styras manuellt eller automatiskt.

Manuellt styrs vridbordet med en joystick i operatörsvagnen. Operatören har två videobilder från kameror på vridbordet som stöd. Vridbordet kan också styras automatiskt, antingen via extern invisning eller enligt ett fördefinierat rörelsemönster. När det finns en extern positionsangivelse kan denna tas emot via ethernet för automatisk inriktning och följning.

Tekniska specifikationer	
Frekvens	6–18 GHz
Effekt	100 W
PRF	300 Hz–50 kHz
Pulslängd	200 ns–10 µs
Bandbredd	80 MHz
Samplingsfrekvens	200 MHz
Antal avståndsluckor	2–2047
Mättid	Bestäms av hårddiskens storlek
Antennförstärkning	30–32 dB
Polarisation	Vertikal, horisontell
Känslighet	~ 90 dBm

Det går också att göra automatisk målföljning med hjälp av AIS (Automatic Identification System), vilket numera

### Exempel på egenskaper som Arken utreder

#### Mätningar mot markmål

- Mätning och värdering av vindkraftsverks påverkan på detektion av flyg.

#### Dynamiska mätningar av flygande plattformar

- Radarsignaturer
- Radarmotmedel
- Motortoner

#### Dynamiska mätningar av fartyg

- Radarsignaturer
- Radarmotmedel
- Flervägsutbredningsfenomen

är en standard för bland annat yrkessjöfarten.

### Utveckling och framtid

Arken utvecklades under 1990-talet för att tillgodose Försvarmaktens behov av en kvalificerad, oberoende resurs för radarsignaturmätningar och motmedelsvärderingar. En förutsättning för att hantera olika radarhot är att ha kontroll över och känna till begränsningarna hos sina motmedel och sin plattform

radarmålarea. Effekten av motmedel är starkt kopplad till egenskaper hos den egna plattformen, det taktiska utnyttjandet och den operativa miljön.

Arken utvecklas kontinuerligt för att svara upp mot aktuella och framtida behov, allt från tekniska prestandahöjningar till förbättrade operatörmiljöer.



### KONTAKT

Mathias Wilow  
013 - 37 83 75  
mathias.wilow@foi.se

## Unik utomhusmätplats för kvalifice- rade elektromagnetiska mätningar

Mätplats Lilla Gåra är en för Sverige unik mätresurs som har kapacitet att inmäta allt från små till mycket stora objekt, upp till 80 ton. Mätplatsen är främst avsedd för radar- och antennmätningar men den är också idealisk för andra våglängdsområden, till exempel IR och laser.



Anders Örbom är systemansvarig på Lilla Gåra.

Bred erfarenhet av avancerade mätuppdrag

Traditionellt har våra kunder varit militära men nu åtar vi oss även civila uppdrag. Med 30 års samlad erfarenhet av avancerade mätuppdrag har vi en mycket stark mätkompetens. Lilla Gåra ligger avskilt och insynsskyddat i ett skogsområde söder om Linköping. Hela anläggningen är inhägnad och viktiga delar är larmade.

Tillsammans med vår moderna mätutrustning garanterar vi dig noggranna mätningar med hög kvalitet. Om ni vill genomföra mätningar med egen eller delvis egen utrustning kan ni hyra mätplatsen med personal. Förutom att genomföra själva mätningen hjälper vi också gärna till med att analysera och värdera mätdata.

Med bred erfarenhet av avancerade mätuppdrag har vi etablerat en unik mätkompetens som nu är tillgänglig för er.



Lilla Gåra är en unik utomhusmätplats. Med stora vridbordet (längst till höger) kan mätobjekt upp till 80 ton mätas med hög precision.

#### Högt, lågt, brett, stort, tungt

I huvudbyggnaden finns kontrollrum, mätutrustning, teknisk verkstad, konferensrum och flera arbetsrum. Ett säkerhetsvalv rymmer objekt stora som en bil. Mätsträckorna spänns upp över en grusplan på 100 x 200 meter. Mätutrustning finns för koherenta radarmätningar inom frekvensområdet 1–110 GHz och för antennmätningar mellan 1 och 220 GHz.

#### Många mätmöjligheter

Med dessa resurser kan ni mäta upp olika sensorprestanda som antenn-diagram, räckvidder och frekvensinnehåll. Objekt kan betraktas i olika vinklar och vid olika frekvenser för att verifiera och validera elektromagnetiska signaturer. Ni kan genomföra samtidiga multisensormätningar och testa och validera sensorer och sensorsystem för säkerhetstillämpningar.

#### Tre olika vridbord där olika objekt kan mätas med hög precision

- Vridbord, 7 meter i diameter, för fordonsmätningar (upp till 80 ton).
- Høybart vridbord används för frirymdsmätningar.
- Vridbord liggande i ett jordplan används för antennmätningar.
- En 48 meter hög hiss försedd med ger möjlighet att mätas objekten från branta elevationsvinklar.
- I en mätbåge för precisionsmätningar kan godtyckliga bistatiska vinkelkonfigurationer uppnås.
- En cirkulär räls med 90 meters radie används för bistatiska mätningar.
- Med vårt mobila system kan radarmätningar också förläggas till andra platser.

#### Bättre kommunikation mellan bil och nyckel – ett lyckat exempel

Ett bra exempel på resultatriktad verksamhet på Lilla Gåra är när vi hjälpte fordonsindustrin att genomföra räckviddsmätningar av det fjärrkommunikationssystem som finns mellan bilen och bilnyckeln. Fordonet placerades på vårt stora vridbord och den mottagna effekten uppmättes inne i bilen som funktion av vinkel och avstånd till den sändande nyckeln. Genom testerna registrerades variationer i täckningen vilket blev ett viktigt underlag till förbättringsåtgärder.



#### KONTAKT

Stefan Nilsson  
013 - 37 84 52  
stefan.nilsson@foi.se



Optiklaboratorierna, med utrustningar och personal, är ett avancerat och högt kvalificerat stöd för utveckling och utvärdering av laser och IR-system.

## Unik kombination av instrument och lokaler, kunskap och teknik

Hos oss på FOI har ni tillgång till ett stort utbud av optikrustningar och mätmöjligheter i olika speciallaboratorier. Urustningarna omfattar allt från testutrustningar till demonstratorer och består av kameror och detektorer för alla spektralområden, unika lasrar, optomekanisk infrastruktur, optik och hårdvara för styrning.

### Många labbmöjligheter

Ett dedicerat laboratorium fokuserar på utveckling av källor inom mellanvågs-IR genom att använda OPO-teknik (Optical Parametric Oscillator). I ett optiskt laboratorium finns utvärdering av laserskyddsfilter och laserskyddskomponenter. Här kan allt från passiva till aktiva laserskydd utvärderas. Andra laborier är aktiva inom fiberoptik, undervattensoptik, spektralmätning av material, vinkelberoende reflektionsmätning BRDF (Bidirectional Reflectance Distribution Function), fluorescens, biokemisk detektion och klassificering.

### Radiometrisk kalibrering

Ni kan genomföra radiometrisk kalibrering av passiva optiska bildalstrande sensorer i alla spektralområden, från visuella våglängder till termiskt infraröda våglängder. Bildsensorns upplösningsförmåga kan mätas i motsvarande våglängdsintervall. Optiska signaturer för ytor kan karakteriseras när det gäller spektrala, polarimetriska och spatiala egenskaper.

### Från visuellt till infrarött

Viktiga system för experiment omfattar skannande och avståndsgrindade laserradarsystem, demonstratorer och

mätssystem för lasermotmedel. Det finns också utrustning för att mäta aerosoler i atmosfären, i form av atomsfärslidar. Olika passiva sensorer täcker in alla spektralområden från visuellt till termisk IR.

Kommersiella och egna modeller

Till laboratorierna hör också mjukvara för prestandaberäkningar och modellering av fysiska fenomen relaterade till optroniksystem och motsvarande komponenter. Vi använder både kommersiell kod och egenutvecklade modeller. Här följer några exempel på utrustning och speciallabb som är tillgängliga för er.



Med BRDF (Bidirectional Reflectance Distribution Function) kan den vinkelberoende reflektionen från en yta mätas.

Experimentella utrustningar och laboratorier med många möjligheter

**INFRARÖD(IR) OCH HYPERSPEKTRAL OPTIK**  
Detektion i flera spektralområden

**BIOFLUORESCENS**  
Mätning och karakterisering av biologiska ämnen.

**3D LADAR** Högupplöst tredimensionell avbildning.

**HYDRROPTIK** Mätning av optiska egenskaper.

**FIBEROPTIK** Kompakta hydrofoner med hög känslighet.

**OPTISK MÄTHALL**  
För mätningar som kräver långa inomhussträckor (100 m), mörker eller minimal yttre påverkan.

**ATMOSFÄRSLIDAR**  
Detektion av aerosoler.

**LASERSKYDD** Framtagning, utveckling och analys av laserskydds-komponenter.

**HORISONTLABB**  
Mät upp till 180 grader runt horisonten eller med siktsträcka på 2 kilometer.

## INFRARÖD (IR) OCH HYPERSPEKTRAL OPTIK

Sparar energi

Värmekameror kan användas för att bevaka energigång eller energiflöden för att till exempel spara energi. Ett exempel är att flyga över fjärrvärmeledningar och leta läckor. Inom medicin kan man ha kontroll på kroppstemperaturen vid operation och på temperaturflöden i kroppen.

Här har ni tillgång till många typer av utrustningar för termisk detektion i flera spektralområden (NIR, MIR, TIR), med olika användningsområden och kompletterande insamlingsutrustning.

Efter stormen Gudrun

En hyperspektral kamera är en optisk sensor som registrerar flera våglängder av visuellt och/eller infrarött ”ljus”. Den ser saker det mänskliga ögat inte ser och kan till exempel användas för kvalitetskontroll inom livsmedelsindustrin, övervakning av utsläpp och miljöförstöring, kartläggning av skador eller markförhållanden inom jord- och skogsbruk för att klassa naturtillgångar eller naturkata-

strofer. Efter stormen Gudrun användes hyperspektral kamera för att identifiera angripna och döda träd. Metoden hjälper dig också att kartera ett område, hitta specifika materials egenskaper och avvikelser.



### KONTAKT

Roland Lindell  
013 - 37 82 72  
roland.lindell@foi.se

### 3D LADAR

Kvalificerad mätning med högupplöst avbildning

Med en högupplöst 3D LADAR avbildas omgivningen i tre dimensioner. Det är som att fotografera, eller filma, i tre dimensioner där varje bildpunkt också innehåller avståndsinformation.

Tekniken ger unika möjligheter för till exempel stads- och vägplanering, industriell kartläggning, planering av gruvor, historisk konservering, arkeologiska projekt, infrastrukturer och brottsplatser.

FOI forskar inom 3D -avbildning kring kartering, spaning och måligenkänning samt följning. Vi samlar in punktmoln både med skannande och stirrande 3D LADAR-system. I princip fungerar systemet som en vanlig radar, men sänder ut laserpulser istället för radiovågor.

#### Skannande 3D LADAR

En skannande 3D LADAR mäter avståndet med reflekterat ljus. Systemet består av en laser, en mottagardetektor och speglar som länkar av laserstrålen i vertikal och horisontell riktning. Genom att mäta tidsfördröjningen mellan en utsänd



Skannande 3D LADAR (Laser Detection and Ranging) med hög positionsnoggrannhet.

laserpuls och den registrerade reflexen samt vinkellägen på spegeln beräknas en bildpunkts position i tre dimensioner i meter. Varje laserpuls ger en ny bildpunkt. Efter mätningen har vi ett punktmoln som oftast består av hundratusentals bildpunkter där varje

laserskott har skapat en separat tredimensionell bildpunkt. Även laserintensitet registreras i varje bildpunkt vilket anger hur mycket ljus som har reflekterats. Intensiteten presenteras som en gråskala.

#### Stirrande 3D LADAR

En stirrande 3D LADAR består av en laser och en matrisdetektor. För varje laserskott samlas lika många bildpunkter in som detektorn har detektorelement. Eftersom det krävs endast

en laserpuls för en komplett bild är mättiden lika kort som tiden det tar för ljuset att transporteras till och från objektet. Flera laserpulser registreras per sekund vilket ger en tredimensionell film.

#### Utrustningar

##### SKANNANDE 3D LADAR

Mätning kan utföras både inomhus och utomhus över flera hundra meters avstånd med en positionsnoggrannhet på cirka 8 mm.

##### STIRRANDE 3D LADAR

Mätning kan utföras både inomhus och utomhus på avstånd mellan 0,3 och 7 meter med en positionsnoggrannhet under 3 mm.

##### DATABEARBETNING

Utförs både i kommersiella mjukvaror och egenutvecklade program.



#### KONTAKT

Håkan Larsson  
013 - 37 84 37  
hakan.larsson@foi.se

## ATMOSFÄRSLIDAR

Aerosolmängden påverkar klimatet. Mängden aerosoler (partiklar och droppar) i troposfären påverkar klimatet. Hur är dock inte helt klarlagt. Deras betydelse för temperaturhöjningen av jordens atmosfär anses bero på mängden partiklar på olika höjder. Mängden aerosoler är dessutom en betydelsefull parameter för molnbildning och därmed indirekt mycket viktig för strålningsbalansen.

Aerosoldata kan ge säkrare väderprognoser

Atmosfärslidarsystemet mäter vertikala profiler av bakåtspridnings- och dämpningskoefficient från aerosoler i atmosfären, från låga höjder upp till drygt tio kilometer. Atmosfärdata kan ge information om mängden aerosol och deras egenskaper. Data från mätningar kan också användas vid assimilering- en i väderprognostiseringen.

Europeiskt samarbete

En LIDAR (Light Detection And Ranging) består oftast av en pulslas- er, en mottagare och en signalre- gistreringsenhet. Laserstrålning rik- tas ut i atmosfären där den sprids mot



### KONTAKT

Ove Gustafsson  
013 - 37 82 68  
ove.gustafsson@foi.se

partiklar. En del av den spridda strål- ningen detekteras i mottagaren med en tidsfördröjning efter laserpuls- en. Fördröjningen motsvarar avståndet till de spridande partiklarna. Detek- torsignalen visar partikelfördelningen längs sonderingssträckan.

FOI och vår LIDAR ingår i det europeiska samarbetsprojektet EARLINET-ASOS där cirka 25 lidar- stationer över hela Europa deltar.

## HYDROOPTIK

Kartering av undervattensmiljön

På FOI har vi kalibrerade instrument för att mäta vattnets optiska egen- skaper. Dessa data använder vi för korrektion av fjärranalysdata från laserskanning samt flyg- och satellit- bilder. Tillämpningarna finns inom miljökartering och miljöövervakning för att till exempel skapa kartor av vegetation på grunda bottenar.

Vi arbetar för närvarande inom fle- ra forsknings- och utvecklingsprojekt för att ta fram metoder för använd- ning av fjärranalysdata för kartering av undervattensmiljöer. Dessa kartor ska ligga till grund för beslut på till exempel länsstyrelser och kommuner om vilka områden som ska skyddas eller för att övervaka påverkan från klimatförändring och andra faktorer. Karteringsdata av undervattensmiljön används också inom angränsande tillämpnings- och forskningsområden som fiskeri och habitatmodellering.

Utrustning för hydrooptik

Instrument för att mäta vattenvoly- mens absorption och spridning på våglängd för undervattenslaser (532 nm) och för flera våglängder

avsedda att användas tillsammans med multispektrala fjärranalysdata, till exempel flyg- och satellitbilder. Utrustningar för att mäta vegetatio- nens karakteristiska reflektans och fluorescens i flera våglängdsband.



### KONTAKT

Michael Tulldahl  
013 - 37 85 16  
michaelt.tuldahl@foi.se



Laboratoriet är specialiserat på högpresterande fiberoptiska sensorsystem.

## FIBEROPTISKT LABORATORIUM

Tillgängligt och funktionellt

I vårt fiberoptiska laboratorium har ni tillgång till personal och utrustning för att framför allt testa fiberoptisk teknik för sensortillämpningar. Laboratoriet är särskilt lämpligt för att arbeta med singelmod- och polarisationsbevarande fibrer i

koherenta fiberoptiska system, till exempel fiberoptiska hydrofoner.

Även om laboratoriet är specialiserat på högpresterande fiberoptiska sensorsystem är det fullt möjligt att lösa de flesta problem inom fiberoptik här. I samverkan med övriga resurser inom FOI kan ni också använda laboratoriet när fiberoptiken ingår i integrerade lösningar.

Viktiga utrustningar på plats

Ni har tillgång till viktiga laboratorietrustningar, till exempel en högkvalitativ fibersvets och fiberoptiska spektrumanalysatorer. Främst har vi komponenter för mätningar kring 1 300 nm och 1 550 nm. Här finns också optikbänkar för att kombinera fiberoptiska system och fri optik.

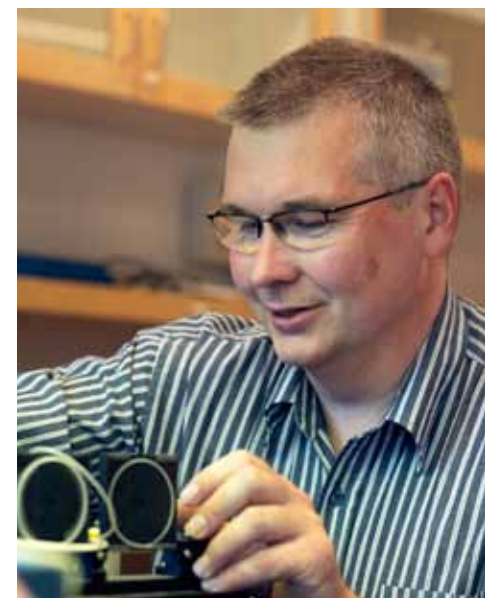
Fiberlasersensorer med unik teknik

Laboratoriet erbjuder särskilt utrustning för att utveckla sensorer där fiberlasrar används som avkännande element. Vi har utvecklat unik teknik där hydroakustiska mätsystem fångar upp ljud direkt på flera punkter längs en optisk fiber med extremt hög känslighet.

Fiberlasersensorerna har ett stort dynamiskt område och mycket lågt brus. De kan dessutom användas för att mäta till exempel töjning, vibration och ljudtryck, elektriska och magnetiska fält och kemisk/biologisk klassificering.

Egenutvecklade prototyper

Genom oss får ni tillgång till egenutvecklade prototyper för fiberlasersensorer och interferometerisk fiberoptisk sensorteknik.



### KONTAKT

Claes Vahlberg  
013 - 37 85 91  
claes.vahlberg@foi.se

## Materialkarakterisering inom optik- och mikrovågsområdet

Olika materials egenskaper inom optik- eller mikrovågsområdet spelar en central roll i en rad användningsområden, från energibesparing till sensortillämpningar och materialmodellering. Utvecklingen på både den militära och civila sidan går mot allt mer komplexa material med inbyggd funktionalitet för att uppnå specifika egenskaper.

Vid materialutveckling kan det ofta vara av avgörande betydelse att känna till materialets elektromagnetiska egenskaper. Dels för att åstadkomma önskad materialegenskap, dels för att förstå materialets fysikaliska egenskaper och begränsningar. Utifrån detta kan man optimera materialets egenskaper.

På FOI har vi både djup och bred erfarenhet av karakterisering av olika typer av material för en mängd olika tillämpningar. Vi har också stor kunskap inom materiefysik för att tolka de olika fysikaliska processer som kan ske vid växelverkan mellan elektromagnetisk strålning

och material. Karaktären på våra mätuppdrag spänner från snabba rutinmätningar till mer omfattande analyser och utredningar samt forskningsuppdrag.



Detaljbild från en integrerande sfär som kan användas för att mäta diffus reflektans.

Kunskap, erfarenhet och avancerad utrustning för karakterisering av elektromagnetiska egenskaper hos material för olika tillämpningar.

## KARAKTERISERING AV MATERIAL INOM OPTIKOMRÅDET

På FOI har vi stor erfarenhet av optisk karakterisering av olika typer av material. Allt från enklare bulkmaterial och beläggningar av metaller, keramer, halvledare, polymerer, textilier, målade ytor och organiska preparat till mer avancerade mikro- eller nanostrukturerade ytor, elektrokroma eller termokroma skikt, optiska filter, vätskekristaller och



### KONTAKT

Tomas Hallberg  
013 - 37 82 95  
tomas.hallberg@foi.se

andra optiska komponenter. Förutom bulkmaterial och beläggningar kan vi mäta på pulver och vätskor.

### Optiska ytegenskaper

Ytegenskaper som spektral reflektion, eller transmission, från ultraviolet (UV) till långt ut i det infraröda (IR) våglängdsområdet, kan mätas med spektrometrar som är utrustade med olika tillbehör, till exempel integrerande sfärer, IR-mikroskop, högtemperaturmätcell upp till 800°C och polarisatorer.

Vi har även ett omfattande referensbibliotek med spektrum för materialidentifiering.

### Skrovlighet och glans

Med hjälp av kalibrerade reflektansstandarder kan vi mäta reflektansen med hög noggrannhet. Dessutom kan vi mäta ljusspridning från en yta, så kallad BRDF (Bidirectional Reflectance Distribution Function), vid ett antal laservåglängder (633 nm, 3,39 µm och 10,6 µm). BRDF som funktion av infallsvinkel kan mätas över hela hemisfären över provytan, vilket ger en fullständig analys av en ytas ljusspridningsegenskaper.

## KARAKTERISERING AV MATERIAL OCH STRUKTURER INOM MIKRO- VÅGSOMRÅDET

I mikrovågssystem där olika typer av material ingår är det mycket viktigt att ha stor kunskap om de ingående materialens elektromagnetiska egenskaper. Plastkompositer, tunna förlustskikt och magnetiska material är några exempel på material.

Inom mikrovågsområdet är de främsta relevanta materialegenskaperna:

- Permittivitet
- Permeabilitet
- Ytresistans (tunna skikt)

### Kunskap och utrustning

Vi har utrustning för att mäta permittivitet och permeabilitet i vågledar- eller koaxialfixturer som finns inom frekvensområdet 0,04–40 GHz. Vi har också möjlighet till vågledarmätningar vid höga temperaturer upp till 200°C.

Permittivitetsmätningar på tunna skikt (ca 0,001–3 mm, frekvens 2–12 GHz), kan också göras i en kavitetsfixtur.

Utrustning för reflektions- och transmissionsmätningar på materialstrukturer i frirymd finns inom frekvensområdet 2–120 GHz. Reflektionsmätningar i frirymd kan också genomföras inom temperaturområdet 20–1 200°C. Upp till 300°C kan vi dessutom samtidigt ha kontroll över IR-emissionen.

För materialkarakterisering använder vi två nätanalysatorer, en skalär (10 MHz–20 GHz) och en vektorieell (40 MHz–40 GHz). Förutom mätutrustningar har vi ett antal datorprogram för databearbetning, analys och materialmodellering.



### KONTAKT

Anna Jänis  
013 - 37 85 18  
anna.janis@foi.se

## Från idé till prototyp

Inom mikro- och millimetervågsområdet har vi unika resurser för design och simulering, tillverkning och mätning av kretsar och antenner. Här visar vi exempel från tre områden med enskilda instrument, men den stora potentialen ligger i den samlade bredden.

### Resurser, kompetens och helhet

Vi kan realisera allt från kretsidé till färdig laboratorieprototyp i nära samarbete med er. Till er hjälp har ni vår mycket erfarna personal med kompetens i forskningsfronten. Vi ser gärna att våra resurser utnyttjas som en del i en helhet där FOI löser en större frågeställning. Naturligtvis garanterar vi också att vi klarar era mycket höga krav på sekretess.

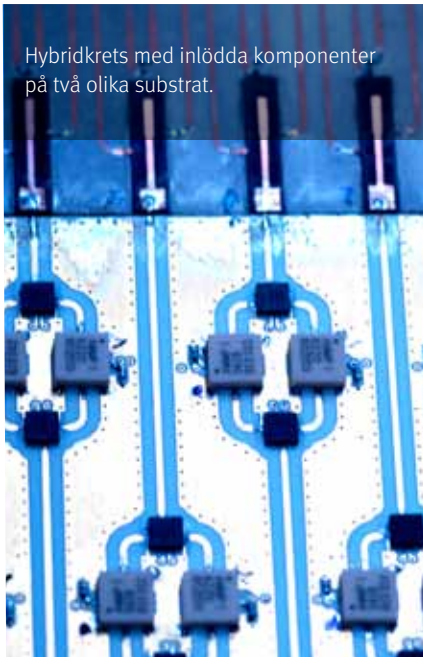


Lars-Gunnar Huss jobbar med design och simuleringar av mikrovågskomponenter.

Design och simulering av kretsar, antenner och system

I resursen ingår hård- och mjukvara för design och simulering av kretsar, antenner och system. Mjukvaran består bland annat av krets- och systemsimulatorer, elektromagnetiska simulatorer i både 2D och 3D, samt internt utvecklade kod. Hårdvaran består i huvudsak av ett antal dedicerade beräkningsdatorer.

Vi ser våra resurser som en del i en helhet där vi löser en större frågeställning – från kretsidé till färdig prototyp.



Hybridkrets med inlödda komponenter på två olika substrat.

Utrustning	Funktion
Diebonder	Eutektisk montering av chip
Trådbonder	Elektrisk förbindning
Scriber	Ritsa substrat
RF-sputter	Deponering av tunna metalliska och dielektriska skikt
Fotolitografi-utrustning	Definition av mönster vid t ex tunnfilmsprocessning
Plätering	För att uppnå tjocka filmer
Sprayets	Etsning av "kretskort"
Spinner	Deponering fotoresist och polymera dielektrika
Laminärflödesbänk	Låg partikelnivå
Materialmikroskop	3D analys och bilder
Probmätstation	Kontaktering på wafer
Nätanalytatorer 300 kHz-110 GHz	Bestämning av spridningsparametrar

#### Tillverkning av kretsar

Här finns tillgång till maskiner och utrustningar för att i första hand producera tunnfilmskretsar och hybrider av dessa, bland annat en RF-sputter för beläggning och etsning av metaller och dielektriska material. Materialen Au, NiCr, SiO<sub>2</sub> och Cu är monterade i sputtern men vi har också belagt Al

och Ti. Det är dessutom enkelt att byta till andra material. Substratbordet kan hantera fyra substrat med en diameter upp till 150 mm samtidigt. Två motstående positioner är vattenkylda och de andra två kan värmas upp till 500°C. Utrustningen kan köras manuellt eller automatiskt från en hårddisk

med sparade sekvenser, vilket ger bra repeterbarhet i processningen.

I utrustningen för fotolitografi kan vi förminska 10 gånger med linjebredd ner till 10 mikrometer. Tack vare detta kan vi belägga mycket små komponenter eller detaljer i ett större system.

För applicering av fotoresist och polymera dielektrika har vi en spinner med tillhörande styrning av varvtal, acceleration och retardation.

Bondutrustning finns för tråd och band samt en utrustning för eutektisk bondning av chip.

Tillämpningarna varierar alltifrån beläggning av speciella material för användning i kroppsnära tillämpningar, implantat och protesteknik, till kommunikationsantennerna till satelliter för rymdindustrin.

#### Instrument för karakterisering

Här ingår framför allt instrument för karakterisering av mikro- och millimetervågskretsar. Vi kan till exempel nämna automatisk nätanalytator med probstation. I denna kan kretsar karakteriseras i frekvensområdet 2–110 GHz. Dessutom finns nätanalytatorer vid lägre frekvensområden

som 45 MHz till 26,5 GHz och 300 kHz till 6 GHz. På mikrovågsområdet har vi instrument som syntesgeneratorer, brusfaktormeter, effektmeter, spektrumanalysator 0–22 GHz och förstärkare.



Vi har instrument för karakterisering av kretsar.



#### KONTAKT

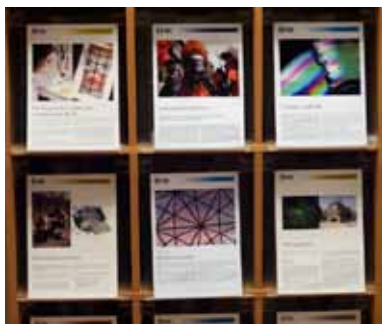
Jan Svedin  
013 - 37 84 02  
jan.svedin@foi.se

# FOI erbjuder kompetensutveckling och expertstöd

FOI erbjuder er ett brett utbud av utbildningar, kurser och seminarier som bygger på våra forskningsresultat, erfarenhet och kompetens.

## Elektronisk säkerhet

Nästan alla verksamheter är beroende av elektroniska system som måste fungera om verksamheten ska fungera normalt, eller om den ska fungera alls. Säkerhetsfrågor i sådana system är verksamhetskritiska i de flesta branscher.



## GNSS – Satellitnavigeringssystem

Utbildningen inom GNSS omfattar grundläggande teori, systembeskrivningar, mottagare, felkällor och utvecklingstrender. Kursen ger deltagarna en grundläggande förståelse för tekniken och dess fördelar samt begränsningar.

## Lasersäkerhet

Laser har fått allt större spridning på våra arbetsplatser. I tillämpningar så vitt skilda som mätning, materialbearbetning, sjukvård, underhållning och kommunikation används lasersystem som, när de hanteras felaktigt, kan vara en risk för säkerhet och hälsa. Efter denna kurs har du kunskaper för att kunna arbeta med lasersystem på ett säkert sätt.

## Demonstration av IT-osäkerhet

IT-säkerhet är ett angeläget område som berör oss alla, men det är också ett område som är svårbegripligt och som omgärdas av en hel del mystik. Vi har därför använt erfarenheterna från vår långvariga forskning inom IT-säkerhet till att ta fram ett antal unika demonstrationer.

## Nanoteknik – nya material för bättre produkter

Nanoteknik och nanovetenskap handlar om att studera och manipulera materien på atomär nivå. På senare år har nanotekniken dykt upp i allt från mediciner och stekpannor till militära spaningssystem. Nanotekniken kan ge material nya egenskaper, men kan också innebära risker för miljö och hälsa.

## Vi kan utveckla er kompetens inom fler områden

- Funktionella material – nya material för nya produkter
- Optiska metoder – för spaning och övervakning
- Lasersensorer – se mer
- Radarsystem



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

## Skräddarsytt

Vi kan också skräddarsy kurser utifrån era specifika och aktuella behov. Kontakta oss så skapar vi en utbildning där vi för över våra kunskaper och erfarenheter till er personal.

# Abonnera på våra experimentella resurser!

Kontakta gärna mig: Wiwianne Asp, 013 - 37 84 01, [wiwianne.asp@foi.se](mailto:wiwianne.asp@foi.se)



FOI  
Totalförsvarets forskningsinstitut  
164 90 Stockholm

Tel 08 - 550 030 00  
[info.resurser@foi.se](mailto:info.resurser@foi.se)

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