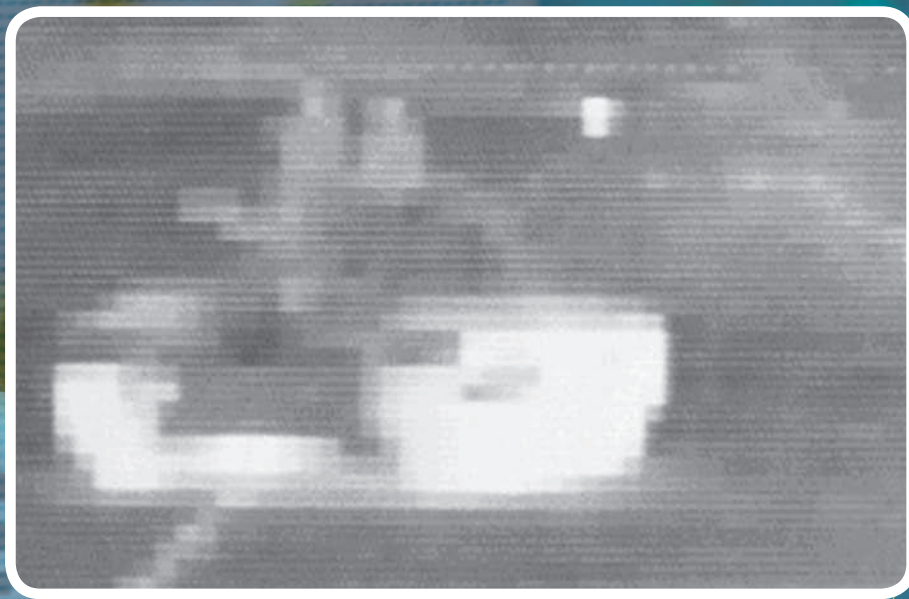


Fra Forsvarets forskningsinstitutt

HISTORIE



$$[M_1 \sin(\beta - \theta)]^2 = 7(M_0 \sin \beta)^2$$



Billedbehandling og
mønster-gjenkjenning



Det har vært en spennende oppgave å bidra til at mange av instituttets prosjekter helt fra begynnelsen av er blitt beskrevet på en oversiktlig og relativt lettfattelig måte. Slik kan interesserte skaffe seg kjennskap til meget av det instituttet har arbeidet med. Mange travle prosjektledere og medarbeidere har bidratt og har vist stor hjelpsomhet

og tålmodighet. Flere pensjonister har også gitt verdifulle bidrag. En spesiell takk til alle ved publikasjonsavdelingen. Denne samlede innsatsen har vært avgjørende. Jeg takker alle for en svært interessant og lærerik tid.

Red.

Forord

Ved FFIs 50-årsjubileum i 1996 fikk Olav Njølstad og Olav Wicken, da ved Institutt for forsvarsstudier, i oppdrag å skrive FFIs historie for de første 25 år. Oppdraget tok spesielt sikte på å belyse instituttets rolle i en nasjonal sammenheng, i forhold til teknologiutvikling, industripolitikk og, med årene, forsvarsplanlegging. Kildematerialet var først og fremst FFIs arkiv med instituttets korrespondanse og møtereferater fra styrende organer, samt offentlige dokumenter av ulike slag, og Egil Eriksens og Egil Strømsøes samlede fremstilling av prosjektaktivitetene ved instituttet. Oppdraget ble løst på en utmerket måte ved utgivelsen av boken "Kunnskap som våpen". Den har i høy grad bidratt til å gi instituttet som helhet og dets tidlige ledere en velfortjent heder.

Imidlertid var det tidlig klart at oppdraget som ble gitt til Njølstad og Wicken ikke ville gi rom for nevneverdig omtale av selve gjennomføringen av instituttets prosjekter. Hvordan oppstod ideene som ledet til prosjektene? Hva var forutsetningene for gjennomføringen? Hvem stod for den, og hvilke utfordringer møtte de underveis? Med andre ord, vi savner vitnefastede nedtegnelser fra det "indre liv" i instituttet som frembrakte de resultatene som berømmes i nasjonalt perspektiv. Dette har vi bedt prosjektledere og prosjektmedarbeidere å fortelle om.

Hvordan skulle det gjenstående arbeidet legges an? Etter nøye vurdering har vi satset på en serie historiske hefter som hvert dekker et begrenset prosjekt eller fagområde. Det er flere fordeler ved denne løsningen: Arbeidene kan utgis etter hvert som de blir ferdige, og det krever ikke meget å utgi en forbedret utgave dersom feil eller mangler skulle bli påpekt.

Prosjektet har en risiko. Jo bedre vi lykkes med å få frem de viktige bidragene og bidragsyterne, desto kjedeligere blir det med de mangler som allikevel ikke unngås. Også med tanke på oppretting av slike mangler er hefteformen enklest.

Oppslutningen om dette prosjektet har vært meget stor, og mange tidligere og nåværende medarbeidere har bidratt. De er nevnt

som kilder for de enkelte heftene hvor deres bidrag befinner seg.

Instituttets uten sammenligning største og teknologisk bredeste prosjekt-område har vært utviklingen av sjømålsraketter. Den første Penguin-raketten ble i sin helhet utviklet av instituttet, og systemarbeider og kritiske deler er utviklet for de påfølgende versjoner av Penguin og NSM (Nytt SjømålsMissil). En samlet historisk fremstilling av denne virksomheten er i arbeid i regi av Kongsberg Defence & Aerospace. Vi har valgt å avvente den før vi tar stilling til om det er aktuelt å utgi et supplement innenfor denne hefteserien.

Erling Skogen er redaktør for det samlede prosjektet. Han har nedlagt et betydelig arbeid i bearbeiding av tekstene og fremskaffing og redigering av billedmaterialet.

Kjeller 1. mars 2003

Nils Holme

Billedbehandling og mønstergjenkjenning

På slutten av 1960-årene mente ledelsen ved FFI at Penguin var et avsluttet kapittel. Systemgruppen (Sgr) og direktør Finn Lied mente at instituttet måtte få et nytt stort prosjekt som hele FFI kunne samles om etter mønster av Penguin. Systemgruppens analyser konkluderte med at en burde satse på panservern (pv). Våren 1971 ble Avdeling for våpen og materiell (Avd VM) opprettet som en sammenslutning av Avdeling for kjemi (Avd K) og Avdeling for eksplosiver (Avd X) med forskningssjef Per Thoresen som avdelingssjef. Allerede før opprettelsen av avdelingen ble det besluttet at det var den nye avdelingen som skulle lede det foreslåtte pv-prosjektet, og Svein Erik Høst ved Avd X fikk høsten 1970 i oppdrag å utrede hva slags konsept som syntes mest lovende. Delvis i samarbeid med Avdeling for elektronikk (Avd E) anbefalte Høst å satse på semiaktiv laserheimende missil. Thoresen mente imidlertid at flere land allerede arbeidet med denne type konsepter og at utviklingen var kommet langt. Egil Reine (Sgr), Høst og Thoresen ble enige om at en heller burde satse på den neste generasjon pv-våpen, som de antok ville være autonome (selvstyrte).

Egil Eriksen fikk i oppdrag å undersøke hvilke fysiske signaturer fra stridsvogner og andre pansrede kjøretøyer som er målbare på avstand og som gir grunnlag for et heimeprinsipp (målsøking). Både mekaniske bølger (akustiske og seismiske) og det elektromagnetiske spektrum skulle undersøkes. Termisk infrarød stråling (IR) syntes mest interessant. Parallelt fattet man interesse for nye signalanalyse- og mønstergjenkjenningsteknikker til å skille målsignaturer fra andre signaler, og innledende studier ble gjennomført ved bruk av vernepliktige soldater, som på denne tiden utgjorde en stor og billig ressurs for instituttet. Høsten 1974 gjennomførte Stein Grinaker sin diplomoppgave ved FFI med Eriksen som veileder. Oppgaven het "Mønstergjenkjenning", men temaet var like mye billedbehandling. Etter avsluttet diplom ble Grinaker tilsatt for å se på mønstergjenkjenning i anti-panser missiler. Dette skulle bli starten på en relativt stor gruppe innen billedbehandling og mønstergjenkjenning ved Avd VM.

IRIS - anti-pansermissil og infrarødt intelligent søkersystem

Grinakers aktivitet ble i 1976 lagt inn under Prosjekt 313 (FFI-jobb het det den gang) Studie av anti-panservåpen, ledet av Peter Borg. Målsettingen med prosjektet var å klarlegge mulige tekniske løsninger for langt-reakkende anti-panservåpen og fremskaffe effektivitetsdata for eksisterende våpen.

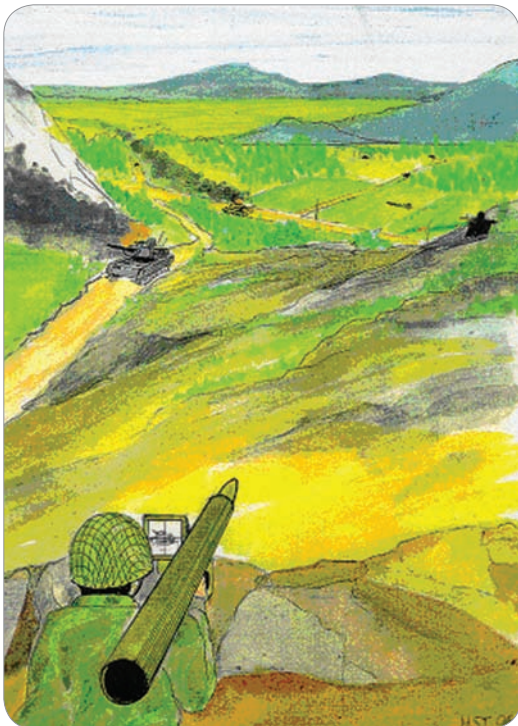
Mulige våpenkategorier var bombekaster, artilleri og rakettsystem. Styreprinsipper som ble studert var semi-aktiv laserheiming, operatørstyring over link vha. TV eller IR-bilder fra søker, og autonom IR-heiming. Konklusjonen var at på sikt ville passiv IR-heiming være den beste løsningen. En mente at et direkteskytende missil kunne realiseres i løpet av 1980-årene og et indirekte skytende våpen med automatisk målfatning kunne realiseres frem mot år 2000. Sluttrapport for jobb 313 er forfattet av Peter Borg, Jan Ivar Botnan, Stein Grinaker og Einar Østevold.

De påbegynte arbeidene ble videreført i Jobb 372 Infrarødt intelligent søkersystem mot panserkjøretøy (IRIS) med tanke på norsk utvikling. Jobben begynte i mars 1978 og ble avsluttet i oktober 1982. Det ble i dette prosjektet utarbeidet en konseptløsning for et direkteskytende missil med rekkevidde 1500 – 2000 meter basert på billeddannende IR (følsomt i bølgelengdeområdet 2 – 5,6 mm). Søkerbildet ble overført til siktet, og skytteren måtte bare sørge for at målet kom innenfor synsfeltet, så skulle søkeren automatisk låse seg på det. Skytteren kunne så verifisere målvalget før avfiring. Gjennom automatisk målfølgning skulle missilet være autonomt etter avfiring. Billedbehandlings- og mønstergjenkjennings-algoritmer for deteksjon og målfatning ble utviklet og verifisert, og realisering av sanntidsløsning i spsjalelektronikk og programvare ble skissert. Også målfølgingsalgoritmer ble desig-



net. Realiserbarheten av denne type våpen var påvist. Stein Grinaker var jobbleder, og andre sentrale aktører i konseptarbeidene var Peter Borg (vikarierende jobbleder mens Grinaker hadde "sabbat-år" i USA) og Egil Eriksen.

Norge satt ikke selv inne med teknologien til å utvikle og produsere IR-detektorer for bil-leddannende sensorer på dette tidspunktet, og slett ikke en stirrende matrisedetektor, som var den tenkte løsningen. Internasjonalt samarbeid var derfor eneste mulighet til å få konseptet realisert. USA var på dette tidspunkt eneste land som var nær ved å ha teknologien inne. Noen mente imidlertid at industripolitiske hensyn talte for at et samarbeid mellom FFI/Raufoss Ammunisjonsfabrikker og tyske Rheinmetall var den beste vei å gå, og seriøse samtaler ble gjennomført. Rheinmetall vant imidlertid ikke frem på hjemmemarkedet, og initiativet ble skrinlagt. Mot slutten av prosjektet ble en dessuten klar over at også USA arbeidet med et liknende konsept (Tank Breaker, senere Rattler). Konklusjonen på prosjekt IRIS var at denne type våpen burde være hovedvåpenet i vårt fremtidige panservern, men at usikkerheten ved å få tilgang til sensorteknologien



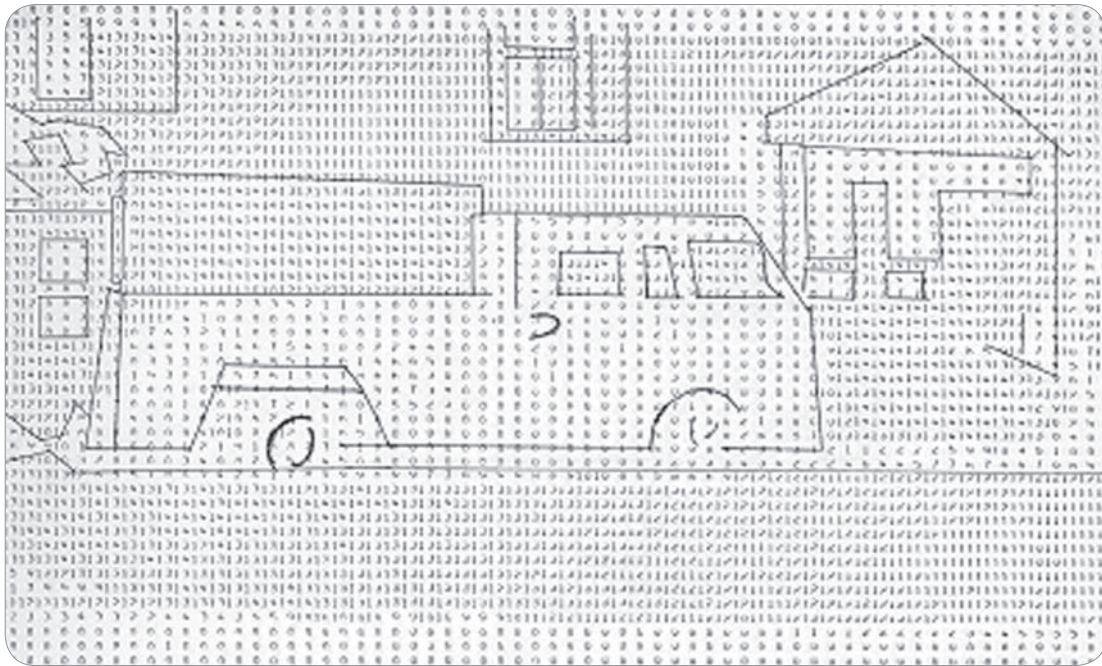
Slik var IRIS tenkt brukt. Illustrasjon: Hans Stensrud.

var for stor til å starte utvikling i Norge på dette tidspunkt. Det ble ansett som sannsynlig at de norske behovene lettere kunne dekkes gjennom amerikansk utvikling av Tank Breaker. Det skulle imidlertid ta nesten 20 år før konseptet (i en noe modifisert form) ble realisert gjennom det amerikanske Javelin!

På jakt etter bilder

Som grunnlag for å utvikle og teste billedanalysen var det nødvendig å skaffe realistiske billdata. Nærheten til Kavaleriets skole- og øvingsavdeling på Trandum gjorde det relativt lett å skaffe bilder med instituttets AGA termovisjonskamera, som var følsomt i 3-5 μm -området. Kavaleriet stilte villig opp med stridsvogner, og helikopter ble ved enkelte anledninger stilt til prosjektets disposisjon fra Rygge, slik at noenlunde realistiske innflygningsbaner kunne filmes. Bildene ble lagret på en SABRE analog instrumentalbåndopptager.

For å bruke bildene til billedanalysen, måtte de digitaliseres. Avd VM hadde på dette tidspunkt bare en NORD 2B datamaskin som kunne brukes til dette. En analog-til-digital (A/D) omformer ble synkronisert med IR-bildets synkpuls. De digitale dataene ble mellomlagret i maskinens kjerneukommelse (ferrit-kjerner, som var den tids internhukommelse), for så å bli skrevet ut på hullbånd. All programmering ble utført i maskinkode av Johs. Bergseth. For at maskineriet skulle følge med, måtte båndstasjonens hastighet reduseres fra maksimal hastighet under opp-tak til minimal hastighet under digitalisering. Hullbåndet ble så lest inn på stormaskinen CYBER på RBK (Regnesentret Blindern/Kjeller), hvor også selve billedbehandlingen ble utført. I 1977, etter først en lengre intern behandling på avdelingen, hvor avdelingssjef Per Thoresen måtte overbevises, deretter lengre forhandlinger med direktør Finn Lied, ble det innkjøpt en ny NORD 10 datamaskin til avdelingen. Denne maskinen åpnet for en helt ny verden. Den var utstyrt med egen harddisk (hele 10 Mbyte), stor internhukommelse på 256 kbyte, digital magnetbåndstasjon (PERTEC, 1600 bpi/75 ips) for lagring av større billedmengder og, ikke minst, SINTRAN III operativsystem. Her kunne billedanalysen gjennomføres lokalt! For å se på resultatene av prosesseringen, måtte en ha et utskriftsmedium. Til å begynne med ble



Utskrift av digitalt bilde 1977. Motivet, indikert med konturlinjer, er hentet fra sydsiden av FFIs kantine. Gjengitt fra Teknisk notat VM-245 "Digital billedprosessering for mønstergjenkjenning" (Jan Lutro og Stein Grinaker).

printeren brukt til å skrive ut den todimensjonale fordelingen av gråtoneverdier (tallverdiene fra 0 - svart, til 16 - hvitt, (se utskrift av digitalt bilde!)), eller den ble kodet til å skrive ut bilder i 16 gråtoner ved overtrykk. Senere ble det innkjøpt en Tektronix grafisk skjerm, som ble kodet til å skrive ut gråtonebilder (utskrift av et 64x64 bilde i 16 gråtoner tok nesten 1 time). I 1982 hadde imidlertid Grinaker og Bergseth utviklet billedprosessoren RANDI (Real-Time Analysis and Displaying System), som ble tilkoblet NORD 10-maskinen. Selv om analysedelen i RANDI ikke ble realisert, kunne man nå digitalisere et TV halv bilde i 256x256 piksler (billedelementer) i sann tid (20 ms) og overføre det til datamaskinen på 170 ms, og tilsvarende kunne ferdigbehandlede digitale bilder bli vist på TV-monitor med samme umerkbare forsinkelse.

Anton Syverhuset var avdelingens første dataingeniør, etterfulgt av Frank Ihme i 1980. Bergseth var hardware-ansvarlig.

I 1980/81 ble det gjennomført en stor målekampanje for å få IR-signaturer av stridsvogner og bakgrunn fra alle årstider og flere geografiske og klimatiske områder. Opptak og målinger ble gjennomført på Sola, Bardufoss og Trandum. Et nytt, dualt termovisjonskamera med følsomhet i hhv. 3-5 μm og

8-12 μm bølgelengdeområde ble anskaffet for formålet. En omfattende instrumentering for registrering av måleobjektets (Leopard 1 stridsvogn) tilstandsparametre, digitalisering av IR-bildene og synkronisering av forskjellig registreringsutstyr ble utviklet. Bjørn Tveit sto for et mesterstykke ved at denne instrumenteringen alltid virket; i alt slags vær, ute i felten og om bord i stridsvognens brutale miljø, etter transport fra Oslo til Finsnes med båt eller med tog til Sandnes. Kun en gang virket det ikke, da dryppet kondensvannet fra billedigitaliseringskortene. Det var for øvrig samme gang at en soldat var heltidsengasjert til å grave snø ut av kameralinsen, og Einar Østevold leste av barometeret og konkluderte med at det måtte være ødelagt, så lavt trykk det viste, men verdiene ble senere confirmert fra DNMI's (Det norske meteorologiske institutt) målestasjon på Gardermoen. IR-bildene ble digitalisert til 64x64 piksler, 16 bilder pr. sekund, og lagret på vår digitale båndstasjon (PERTEC). For å lese inn bildene fra båndstasjonen til NORD 10, måtte vi selv utvikle DMA (direct memory access)-logikk og styring av båndstasjonen.

Det var fire deltakere med på hver ekspedisjon. Bjørn Thorvaldsen og Bjørn Tveit deltok på alle. Øvrige deltakere var Idar Dyrdal, Stein Grinaker, Ronny Horgen og Einar



Østevold. Det var mange lange dager og mye tøft arbeid under til dels vanskelige forhold. Resultatet ble IRIS-databasens 15000 IR-bilder og NDRE Target Tracking Data Base (4350 bilder i 6 sekvenser), som ble brukt i et Nato-samarbeid. Enda viktigere var imidlertid det samhold og kameratskap som ble bygget i denne perioden. Det var da Avd VMs BM-gruppe (BM: billedbehandling og mønstergjenkjenning) ble skapt! Vi kan nevne episoder som er morsommere å gjenfortelle enn å oppleve, for eksempel:

Vårløsning på Fossmofeltet, Bardufoss. 1 m dyp klissvåt, råttent snø. Lastebil (M6) med målebrakke på slep skifter fra 2-hjuls trekk til 4-hjuls trekk til trekk på alle 3 hjulpar med differensialsperr, før den står bom fast. Fire FFlere ut i sørpa til livet for å grave og hjelpe, selvsagt ikke til annen nytte enn å bli klissvåte. Det var godt vi hadde kavaleriets bergingsvogner i nærheten!

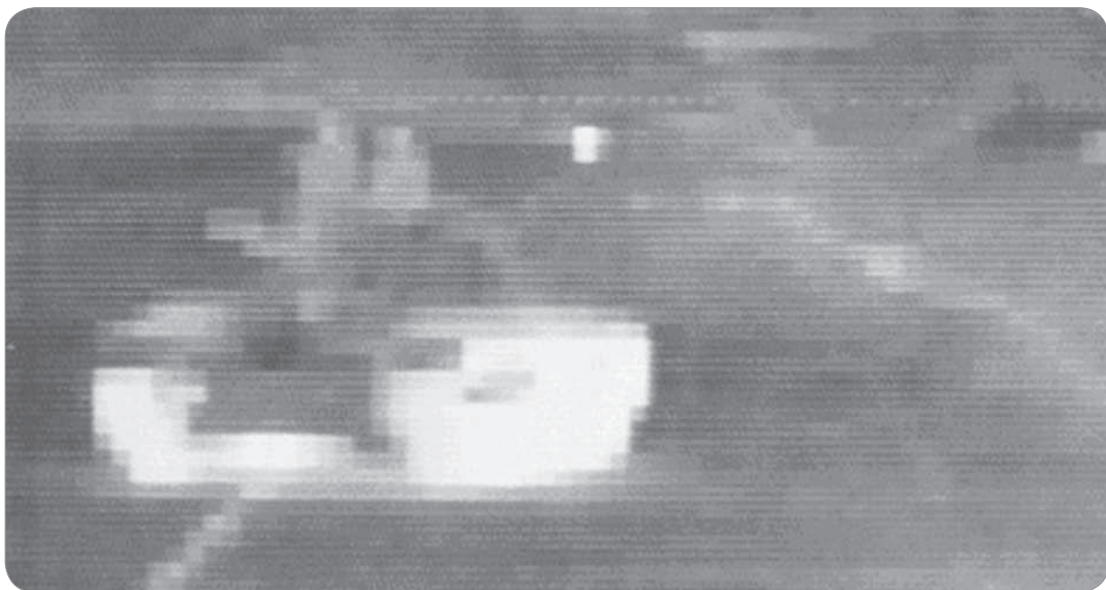
Uerfaren Leo vognfører. Stor hastighet over Fossmofeltet. Ops! En skyttergrav dukker plutselig og umotivert opp rett foran stridsvognen! Panikkbremsing, og pang ned i skyttergraven. Bråstans! 2 mann i luka henger brettet rundt åpningen. Verre var det med FFIs instrumentoperatør nede i vognen som øyeblikket tidligere hadde sittet løst og ledig på et sete opptatt med måleverdiene. Plutselig befant han seg i det tomme ammunisjonslageret blant, på og mellom alt mulig

slags jernskrammel (noen burde gjøre noe med polstringen i disse vognene!).

Nysnø en vakker dag på Trandum. Solen i nakken og konturløst vinterlandskap. Stor fart over Aursletta. Heisann, der var det visst en kul – drøyt en meter høy. Rar følelse av vektløshet, men forferdelig vond landing.

Billedbehandlingens barndom

Gjennom IRIS var billedbehandlings- og mønstergjenkjenningsaktiviteten ved FFI etablert. Det var Grinaker og Østevold som utøvde forskningsaktiviteten (metodeutvikling) de første årene. I 1980 ble Idar Dyrdal ansatt for å styrke miljøet innen mønstergjenkjenning og klassifiseringsteori, og Eilert Heyerdahl ble ansatt i 1981 for å arbeide med målfølgning. Dette var på dette tidspunkt det største billedbehandlingsmiljøet i Norge. Ved Sentralinstitutt for industriell forskning (SI, nå Oslo-delen av SINTEF) var det midt på 1970-tallet en liten aktivitet ledet av forskerne Haakonsen (tidligere FFI-soldat under Eriksen) og Haraldsen. Denne aktiviteten døde hen, men ble i en kortere periode rundt 1980 gjenopptatt av forskerne Arne Tenningen (også han tidligere FFI-soldat) og Erik Kvernstad. Også i reguleringsmiljøet ved NTH/SINTEF var det en billedbehandlingsaktivitet som omfattet et par personer ledet av Eric Swane. Grinaker, Swane og Tenningen hadde vært studiekamerater ved NTH. Kontakt mellom disse tre miljøene resulterte forøvrig i oppstarten av



Eksempel på IR-bilde av stridsvogn fra IRIS-databasen.

Norsk forening for bildebehandling og mønstergjenkjenning (NOBIM) i 1984.

En hovedgrunn til at digital bildebehandling ikke etablerte seg som en fagdisiplin tidligere enn på 1970-tallet var datamengdene og prosesseringsbehovet som var involvert. Det er vanlig å digitalisere et TV-bilde til 512x512 piksler. Et sort/hvitt TV-bilde krever da 256 kbyte lagerkapasitet, og en ett sekunds videosekvens krever ca. 6 Mbyte. Bare en enkel filtrering krever mer enn 10 megaoperasjoner pr. bilde (312 Mops/sekund for sanntids videoprosessering med et 5x5 filter). Ved fargebilder tredobles disse behovene.

SESAM - Sensorstyrt anti-panser minesystem

I 1979 arrangerte Avd VM et programforslagsmøte i Heggedal i Asker. Her lanserte Grinaker en idé om et sensorstyrt anti-panser minesystem. Per Thoresen tente på ideen, og i 1982/83, etter slutføring av IRIS-prosjektet, gjennomførte Grinaker og Egil Eriksen en konseptstudie på et slikt system. Det ble utviklet et konsept for et modulært oppbygd intelligent sensorstyrt minefelt: Et



SESAM-konseptet. Slik var SESAM tenkt brukt. Illustrasjon: Hans Stensrud.

område overvåkes av små billeddannende sensorer. Billedinformasjonen ekstraheres i en spesiell billedprosessor, og vha. en generell prosessor blir dataene analysert og all aktivitet i området blir kartlagt; alle objekter detekteres og klassifiseres til type, og deres posisjon og hastighet blir bestemt. Det samme området er dekket med miner, fortrinnsvis horisontalt skytende flatkonladninger ("eksplosivt formede prosjektiler" (EFP)) med rekkevidde opp mot 100 meter. Hver enkelt mines dekningsområde er kjent for prosessoren. Når et mål er innenfor dekningsområdet av en mine, kan minen fjernutløses fra prosessoren. Det er også innlagt taktikk i prosessoren, slik at flest mulig mål slipper inn i feltet før første avfiring, for dermed å oppnå maksimal effekt.

Det ble påvist klare fordeler ved slike intelligente minefelt sammenlignet med beltevirkende og fullbreddevirkende stridsvogner i den tradisjonelle minerollen. Dessuten hadde de anvendelser i roller som ellers må dekkes av styrker med panservernvåpen. Basert på disse konklusjonene ble det i 1983 startet et større teknologiprojekt (Jobb 480 Sensorstyrt antipanser minesystem – SESAM). Målsettingen var å utarbeide tekniske spesifikasjoner og utvikle nødvendig teknologi for å demonstrere konseptet. Siden det her var snakk om en ny type våpensystem, måtte det i samarbeid med Hæren også utarbeides taktiske konsepter for bruk av systemet.

Under Jobb 480 baserte en seg på TV-kameraer, og billedanalysen ble utviklet for videobilder. Det ble utviklet metoder for automatisk å detektere og skille objekter i bevegelse ut fra bakgrunnen. Algoritmene stilte minimale krav til kontrast mellom objekt og bakgrunn, og selv temporært skjul og manglende kontrast kunne håndteres. Basert på egenskaper trukket ut av de utsegmenterte objektene kunne klassifikatoren med stor treffsikkerhet skille mellom tunge stridsvogner, stormpanservogner, andre kjøretøyer og andre objekter. Detekterte ("akkviserte") mål ble automatisk gjendetektert og fulgt fra bilde til bilde. Flere mål kunne følges samtidig, og selv om mål for kortere perioder var i skjul kunne posisjon og hastighet estimeres svært nøyaktig.



BM-gruppen 1988:

Bakerste rekke fra venstre: Ronny Horgen, Nils Håve, Rune Løchting, Hans Chr. Palm, Eilert Heyerdahl, Kjetil Nysæther, Knut Tvette, Guttorm Graffer, Bjørn Tveit.

Midterste rekke fra venstre: Bjørn Rudberg, Arne Fred Solbakk, Johannes Bergseth, Geir Grønvold, Idar Dyrdal.

Foran fra venstre: Frode Borgersen, Mads Henriksveen, Knut Mo, Stein Grinaker, Einar Østevold, Eivind Engebretsen.

Alt fra starten av SESAM-aktiviteten ble det etablert et nært samarbeid med Forsvaret (først og fremst representert ved Skyte- og vinterskolen for Infanteriet (SVI), Kavaleriinspektøren og Ingeniørinspektøren) og industrien (Kongsberg våpenfabrikk/Norsk Forsvarsteknologi og Raufoss ammunisjonsfabrikker deltok i prosjektet med en person hver). Konseptutviklingen og utkast til TTØK (taktisk, teknisk, økonomisk kravformulering) ble utarbeidet av Hærens representanter sammen med FFI. Det ble her avdekket at SESAM må betraktes som et autonomt pv-våpen like mye som et minesystem. Viktige bidragsytere fra Hæren var bl.a. S. Hellstrøm, T. Kverneggen, K. Lorvik, T. O. Skullerud og R. Thomsen.

SESAM-algortimene krevde en prosesseringskraft på mer enn en gigaoperasjon/sekund. Dette tilsvarte regnekapasiteten til tidens største superdatamaskiner. Skulle feltmessige og kostnadsakseptable løsninger kunne realiseres, måtte en derfor basere

seg på spesialmaskiner. Det ble utarbeidet prinsipper for hvordan billedbehandlingsmaskiner kan konstrueres for å sanntidsprosessere avanserte billedbehandlingsalgoritmer. Disse ble utprøvd i praksis gjennom konstruksjon av SESAM-prosessoren. Her ble lavereordens billedanalyse implementert i spsjalelektronikk som prosesserer billeddataene i datastrømmen med videohastighet. Høyereordens billedanalyse ble distribuert til et løst koblet multiprosessornett. Dette prosessornettet besto av mikroprosessorer med flyttalls co-prosessorer og egenkonstruerte spesialprosessorer, og de kommuniserte over et flerbuss-system. Det ble også konstruert en kundespesifisert integrert krets.

SESAM-prosessoren med algortimene implementert ble koblet sammen med sensorsystemet og et antall minesimulatorer (fotoapparat, laser og knallskudd) og brukt mot reelle mål (utstyrt med laserdetektor og knallskudd) til å demonstrere den involverte



teknologien. Det ble også laget et SESAM treningssett (mock-up) bestående av inaktive moduler og kabler til hjelp i feltmessig evaluering av konseptet. Et geværlag ved SVI ble lært opp i bruken av systemet, og demonstrerte effektiv utplassering i felt.

BM-gruppen hadde på denne tiden (1988) vokst til bortimot 20 personer. På algoritmeutviklingssiden hadde Dyrdal, Grinaker, Heyerdahl og Østevold fått følge med bl.a. Hans Christian Palm og Jan Petter Fjellanger. Det ble også tilsatt flere ingeniører for utvikling av SESAM-prosessoren. Sentrale aktører her var Frode Borgersen (KV/NFT), Ronny Horgen, Bjørn Rudberg og Bjørn Tveit på maskinvareutvikling, og Mads Henriksveen på programvaresiden. På systemkonsept var Atle Visnes (RA) en viktig medspiller.

SESAM demonstrasjon

I oktober 1988 skulle SESAM-konseptet demonstreres. Store deler av Hærlædelsen, med Generalinspektøren for Hæren (GIH) i spissen, var samlet på Trandum. Først skulle det være en orientering om systemkonseptet og dets egenskaper, deretter selve demonstrasjonen og avslutningsvis skulle testresultatene gjennomgås i detaljer. Vi gjengir jobbleder Grinakers opplevelse av hendelsen, slik den var å lese i et etterfølgende nummer av Mikroskopet, instituttets bedriftsavis.

Rutinedelen var gjennomført. De grunnleggende prinsipper og teknikker i SESAM var presentert ved bruk av stilrene transparenter fra illustrasjonskontoret og tekstsenteret. Det kunne ikke gå særlig galt. Jeg spiste meg god og mett av et fyldig lunsjbord, men tok meg ikke tid til å nyte maten. Generalene, våpeninspektørene, bedriftslederne og alle de andre prominente gjestene satt fremdeles ivrig opptatt med roastbeef og lett konversasjon da jeg forlot bordet og skyndte meg til demonstrasjonsplassen. I dag fikk nok bilen en hardere behandling enn vanlig på den hullete veien bort til øvingsfeltet for stridsvognene. Generalprøven i morges hadde slett ikke vært vellykket. Minesimulatorne, riktignok en ren demonstrasjonseffekt som ikke har noe med selve SESAM-systemet å gjøre, fungerte ikke som de skulle. Vi hadde prøvd igjen og igjen til kruttrøyken lå tett over hele Trandum, men det var fremdeles problemer da jeg reiste inn i leiren for å motta gjestene. Var de løst nå? Fungerte

vår egenkonstruerte, superraske datamaskin som den skulle? Var testkjøretøyene kommet? Var det problemer med kommunikasjonslinjene? Hele opplegget og alt som kunne gå galt passerte revy for mitt indre de to-tre minuttene til jeg var fremme.

Jeg ble møtt med jubel og entusiasme. Bekymringene hadde tydeligvis vært ubegrunnede, og formiddagen hadde brakt sensasjonelt gode resultater. "Kom å se noe verden ikke tidligere har sett!" Opptakene fra en av formiddagens prøvekjøringer rullet over TV-skjermen og fikk hele SESAM-gjengen til helt å glemme den forestående demonstrasjonen. "Se!! – pass på nå når de møtes!" – stolt glede i røsten. Den lille arbeidsbrakken som hadde vært vårt hjem, nesten uavbrutt både dag og natt i mer enn en måned, var full av FFlere som nå opplevde gleden ved å ha ført oss frem til teknologisk gjennombrudd. "En gang till!" – spoling og ny fremvisning med påfølgende jubel. Ennå en gang var det noen som ville se. Men nå var det på tide å starte den siste klargjøringen til "live" demo – det var bare en time igjen. Det skulle bli en time med mye svette og neglebiting for mange av instituttets medarbeidere.

I mellomtiden skulle et "SESAM-lag" fra SVI demonstrere taktisk bruk av SESAM. Intetanende om hva som skjedde i arbeidsbrakken ble en "mock-up" av SESAM plassert ut i terrenget, innimellom lyng og granbusker, og systemets anvendelighet og fortreffelighet ble behørig forklart. Det nydelige høstværret ga en fin ramme om det hele og satte tilskuerne i ekstra godt humør. I solskinnet var det faktisk godt og varmt selv om det var sent i oktober. Det var forresten bra at snøen lot vente på seg. Med de siste ukenes regn hadde det likevel vært en svær jobb å gjøre skogen fremkommelig for sivilister i lave sko. En bulldoser fra Trandum og noen lass grus hadde imidlertid gjort underverker, og nå kunne vi uhindret spasere rundt i utplasseringsområdet.

Mange spørsmål og svar og mye ivrig diskusjon senere bega forsamlingen seg mot den virkelige demonstrasjonen: SESAM-systemet skulle demonstreres mot virkelige mål. Vår egenkonstruerte datamaskin skulle vha. informasjon fra et TV-kamera avfjere horisontalskytende "miner" idet målene passerte. Minen var bare et knallskudd og en laser,



og ved treff skulle laserstrålen bli registrert av en laserdetektor på målkjøretøyet. Som en markering på treff skulle dette i sin tur avsette et knallskudd montert på målet.

Det var mye som sto på spill. Gruppens, avdelingens og FFIs prestisje, men ennå mer, hele SESAM-systemets skjebne. Det hadde vært en stor jobb å komme frem til denne dagen, mer enn 4 år og 40 FFIÅ. Det hadde vært mange overtidstimer også, især på slutten. Det gjaldt å få luket ut så mange feil som mulig. Opptil 100 timers arbeidsuke var noen oppe i mot slutten; sannelig godt at ikke arbeidstidsbestemmelsene gjelder i felt. Visst var det fremdeles feil i systemet, det var bare å krysse fingrene for at de ikke skulle føre til noe fatalt akkurat under demonstrasjonen.

Ifølge programmet var det 10 minutter igjen til demonstrasjonen skulle starte. En kort pause med anledning til en røyk var visst velkommen i det fine været. Selv gikk jeg bort til arbeidsbrakken for å få visshet om at alt var under kontroll. Men som alt antydte, katastrofen var inntruffet. En matt beskjed fra standplass: Ingen ting virker! Systemet hadde ikke vært oppe igjen etter videovisningen. Fem-seks mann sto slukøret og nedbrutt utenfor brakken. Inne i brakken dirret

luften av intens spenning. Det luktet stram svette. Feilen var lokalisert til inngangen på datamaskinen. To kropper lå forvridd mellom maskinen og brakkeveggen, ivrig feilsøkende (for øvrig et vanlig syn her de siste ukene). Et par andre sto parate til å assistere, sto der musestille, livredde for å skape en lyd som kunne forstyrre de to borte i kroken.

Fem minutter igjen og ingen ting fungerte! En general og en forskningssjef var allerede på vei mot standplass – og resten etter. De måtte stoppes! Forskningssjefen oppdaget at noe var galt og fikk stanset flokken.

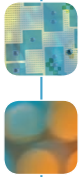
Tre minutter igjen til programfestet start. Dette var mareritt på lyse dagen. Hva i all verden skulle vi finne på for å løse flokken? Det var ingen annen utvei enn å finne feilen, la gull og stjerner vente.

To minutter igjen. Forløsningen: Feilen er funnet! Det er lett å rette. Systemet kommer opp. Full aktivitet. Tilkobling av utstyr og de siste ordre gis. Ingen tid til å føle lettelse.

Klokken er 1400, programmert demonstrasjonsstart. Et tegn til forskningssjefen, og de prominente gjester kommer anstigende. En rask orientering om hva som skal skje, og vi er i gang. Første test: Akustisk alarm



Kamera (t.h.) og mikrofonenhet i SESAM-demonstrator.



Skjerm bilde fra SESAM-demonstrasjon. Bildet viser tre miner med overlagrede siktelinjer. Minen til venstre er avfyrt og stridsvognen bak er truffet.

basert på gjenkjenning av motordur. Vi kan se kjøretøyene nærme seg. Av og til kan vi høre motordur. Nå er lyden tydelig. Ingen alarm. Kjøretøyene begynner å komme svært nærme, noen få hundre meter. Går ikke alarmene? Endelig skjer det noe. Maskinen gir tegn til at noe er på ferde. Så – alarm! En snev av lettelse. Første test, om enn den enkleste, var gått i boks.

Så skal det skytes miner. Første stridsvogn er allerede langt inne i feltet. Har den passert minene? Helt stille blant tilskuerne. Spenningen er til å ta og føle på. Jeg merker tvilen. Her står jeg foran alle disse menneskene og forteller hva som skal skje, og så skjer det ikke? Så skjer det! Pang! – minen går, og like etter, ekkoet fra stridsvognen

– Treff!! Så neste stridsvogn. Ny treff! Alle står tause og ser.

Flere scenarier blir gjennomført. Nesten alle minene treffer, bare et par bom. Enorm glede og lettelse. Lutter glede blant FFlerne, store ord uttales fra tilskuermassen. Applaus.

Demonstrasjonen er slutt. Resultatene er gjennomgått med videofilm av hva som foregikk i datamaskinens indre og fotografier som viste "minenes" nøyaktige treffpunkter. Generalinspektøren for Hæren avslutter med velklingende ros: Det har vært en av de aller beste og mest vellykkede demonstrasjoner han hadde overvært.

Etterpå skålte SESAMerne i champagne.



SESAM-lag. Soldater med SESAM demonstrasjonssystem (mock-up).



SESAM-epokens slutt

Et justert systemdesign ble utarbeidet og evaluert i en mindre jobb i 1988, hvor en komplett kostnadsanalyse og en relativt fylldig effektivitetsanalyse ble gjennomført. Redesignet inkluderte endring av våpendel til et kortholds panservern-våpen. Kameradelen ble definert til å være et optisk "24-timers" kamera, dvs. et kombinert TV/lysforkamerakamera. For å komme frem til realistiske kostnadsoverslag ble det gjennom en detaljert studie vist hvordan SESAM-prosessoren kunne komprimeres til en 15 kg bærbar enhet, og industripartnere utførte selv prisestimeringen med lovet nøyaktighet innenfor 30%. Systemevalueringen inneholdt også undersøkelser av SESAMs robusthet mot minerydding og hvordan miljø og klima påvirker egenskapene.

SESAM-aktivitetene ble avsluttet med Prosjekt 578 SESAM spesifikasjon, som gikk i 1989-91. Her var også Avd E en tung bidragsyter innen tre delsystemer: Kamerautvikling, fjernkontroll/radiokommunikasjon og laserbasert prosessor/minekommunikasjon. En skulle i dette prosjektet definere underlaget for industriell utvikling og produksjon. Systemets sammensetning ble spesifisert i detalj, og tekniske spesifikasjoner av hver enkelt komponent ble utarbeidet. Løsningsforslag ble utarbeidet og flere komponenter ble også utviklet til demonstrerbare prototyper. Dette gjaldt SESAM prosessor (uten programvare) og den trådløse minekommunikasjonen. Lyfsterkerkameraet ble utviklet, men ikke integrert med daglyskameraet. Knut Stenersen utviklet laserbasert kommunikasjon mellom prosessor og miner. Øyvind Wenstøp, Johannes Sølhusvik og Torbjørn Grøder utviklet 24-timers kameraet og Bjørn Askeland spesifiserte radiobasert fjernkontroll.

SESAM var på slutten av 1980-tallet (etter evalueringsprosjektet) budsjettert med ca. 600 mill. kr. i Hærens langtidsplaner, hvorav snaut 150 mill. var for utvikling. Med reduksjoner i Forsvarsbudsjettene, nye folk i en del sentrale stillinger i Hæren, og under henvisning til ny taktikk, ble utviklingsprosjektet, mot FFIs anbefaling, nedprioritert og strøket fra planene i 1992. Med et sterkt og samordnet påtrykk fra FFIs side ville trolig SESAM blitt utviklet og anskaffet av Forsvaret. Imidlertid ble Avd VM med Thoresen

i spissen, nokså ensom i å hevde FFIs syn i denne kritiske fasen, med bare passiv støtte fra direktør og øvrig instituttledelse. Det har imidlertid i alle FFIs senere panservern-prosjekter/Hærstudier vært påvist at denne type systemer er svært kosteffektive og burde anskaffes. Også i Nato ble det på slutten av 1980-tallet startet en egen studie av lignende konsepter under navn av "Area Defense Weapons" (ADW), og den dag i dag (2002) er SESAM/ADW et aktuelt konsept i følge en nylig avsluttet FFI-studie. En kan således være noe kritisk til at et sterkere påtrykk fra FFIs side ikke ble påført for å beholde SESAM i anskaffelsesplanene.

Sport og spill

Samhørigheten og gruppentilstanden var sterk i BM-gruppen. Som allerede nevnt, var nok IRIS-målekampanjen en viktig faktor for dette, men mye av den sosiale samkjøringen hadde nok startet tidligere. Sport og spill var en samlende interesse (som riktignok hadde et langt større nedslagssfelt i avdelingen enn BM-gruppen). For eksempel var det nesten obligatorisk å spille bordtennis for å bli skikkelig akseptert i den unge avdeling VM på denne tiden. Avdelingens aller beste bordtennisspiller var avdelingssjefen selv. Kunne det være en sammenheng?

En historie fra denne tiden kan være egnet til å illustrere tilstanden:

To unge forskere som delte kontor, hadde forstått at bordtennis var viktig for deres fremtid ved avdelingen. Før de gikk og spiste middag på LFKs (Luftforsvarets forsyningskommando) befalsmesse tok de gjerne noen slag i kjelleren på Avd VM. Den gang hadde FFI et mekanisk stemplingsur, og "overtid" i forbindelse med det avsluttede bordtennisspillet ble dermed registrert når de stemplet ut. Som de ærlige forskere de var, gikk de imidlertid ved slutten av måneden gjennom stemplingsloggen og trakk skjønnsmessig fra det de mente var bordtennis. I et eller annet ledd i FFI-systemet var dette fratrukket likevel en gang blitt borte, og vi kunne med ett hevde at vi hadde profesjonelle bordtennisspillere i gruppen. De samme to forskerne var ikke alltid like ivrige etter å løse de prosjektoppgaver som Thoresen mente skulle prioriteres, andre problemstillinger kunne av og til være mer interessante. Thoresen var derfor hyppig innom kontoret for å sjekke



fremdriften. En gang han kom, var han i utgangspunktet litt bøs, ettersom fremdriften slett ikke var som man kunne ønske. Men før han fikk fremført sitt budskap, så han en bordtennisracket som lå på skrivebordet. Han grep umiddelbart denne og pratet bordtennis i et kvarters tid før han forlot kontoret uten å ha fremført sitt opprinnelige, og for våre venner trolig litt ubehagelige budskap. Etter dette var det mange kontorer hvor bordtennisracketen lå lett synlig, og mang en forsker med litt dårlig samvittighet benyttet taktikken med å pense samtalen inn på bordtennis når avdelingssjefen kom innom.

I forbindelse med de store idrettsbegivenhetene som OL og VM var BM-gruppen spesielt populær i avdelingen. Med grunnlag i sin faglige virksomhet var jo TV-monitorer et naturlig og legitimt inventar på lab'en. Det var da ikke så unaturlig å henge på en liten antenne når OL gikk av stabelen midt i arbeidstiden. Det var i perioder nokså folksomt på BM-gruppens elektrolab! Populære var også Bjørn Thorvaldsens gjettekonkurranser i forbindelse med disse arrangementene. Her ble det dobbel spenning.

Samfunnsengasjementet var også stort, og kombinert med konkurranselysten førte dette i en periode til at en del BMere samlet seg til daglig spørrekonkurranse rundt aktualitets-spørsmål hentet fra dagens avis. Med Eilert Heyerdahl som ivrigste deltager var det ikke alltid at fasiten gjaldt, og stavemåte og uttale måtte være riktig for å få godkjent svar, og det holdt ikke med personers etternavn, også for- og mellomnavn skulle være med.

BASIS - Billedanalyse og sensor-teknologi i intelligent søker-system

Independent European Programme Group (IEPG) var et samarbeid om våpenutvikling og -anskaffelser mellom de europeiske Nato-landene. For å bedre det teknologiske samarbeidet innen IEPG ble "Cooperative Technology Projects" (CTP) etablert, og 29 teknologiområder (TA) ble valgt for videre vurdering. Forsvarsdepartementet var en aktiv pådriver for å involvere FFI i dette arbeidet.

Etter forslag fra Avd VM ble et samarbeidsprosjekt innen "Technical Area 11 - Image Processing" diskutert mellom Italia, Vest-

Tyskland, Storbritannia og Norge (også Frankrike deltok i diskusjonene i en periode). Målet var å legge teknologigrunnet for utvikling av IR missilsøkere. Det skulle utvikles en komplett teknologidemonstrasjonsmodell av en billeddannende IR-søker med tilhørende billedprosessor og billedbehandlingsalgoritmer. Utstyret skulle kunne monteres i fly for bruk under testing mot sjø- og landmål.

Første møte i prosjektforhandlingene ble avholdt i april 1985. I slutten av 1988 undertegnet Storbritannia og Norge (ved de respektive Forsvarsdepartementer) "Memorandum of Understanding" for et bilateralt samarbeid: "A cooperative research programme on intelligent target tracking and acquisition techniques for guided missiles". De øvrige interessentene hadde da falt fra, hovedsakelig fordi Tyskland og Storbritannia ikke kunne bli enige om arbeidsmetodikk og alle formaliteter. Det hadde altså tatt nesten fire år å komme frem til en samarbeidsavtale for et prosjekt som skulle vare drøyt fire år, og kun to land klarte å bli enige! Riktignok foregikk de fleste møtene i en god tone, det var til dels ganske attraktive reisemål, og det var mye god mat og vin på veien, men resultatet var nok ikke særlig tilfredsstillende sett i det internasjonale samarbeidets lys, og det ble en relativt kostbar erfaring. Også internt i FFI tærte denne prosessen på en del relasjoner. Det var klart fra problemstillingene at både Avd E og Avd VM begge måtte delta tungt, men fordeling av ledelse og bidrag var det ikke lett å bli enige om. Det endte med at direktør Erik Klippenberg bestemte at Avd E skulle ha forskningssjef og Avd VM skulle ha prosjektleder. FFIs delegasjon under forhandlingene var forskningssjef Lars Høivik (etterfulgt av Paul Narum i slutfasen), underdirektør Egil Eriksen og prosjektleder Stein Grinaker.

Storbritannia ble regnet som en av de ledende nasjoner innen både IR detektorteknologi og billedanalyse. Ved å gå inn i et stort samarbeidsprosjekt med britene mente en at Norge ville sikre seg kompetanse innen avansert søkerteknologi i et omfang som det var vanskelig å oppnå gjennom ren nasjonal satsing. En mente at deltagelse i prosjektet ville sikre oss den nødvendige kompetanse for en realistisk vurdering av fremtidige våpensystemer basert på avbildende søkere og billedprosessering. Norge hadde således



en klar strategi i å velge Storbritannias side i uoverensstemmelsene med Tyskland. Det skulle vise seg at dette ikke var udelt klokt.

IEPG/CTP/TA11 skulle være et samarbeid mellom britisk og norsk forsvarsforskning og industri. Konkret skulle man i prosjektet utvikle en høykvalitets avbildende IR-sensor, en høykapasitets sanntids billedbehandlingsmaskin og diverse medier for lagring og presentasjon av data og resultater. I tillegg skulle Storbritannia og Norge utvikle hver sine billedanalysemetoder for å demonstrere mulighetene ved denne type missilstyring. Utviklingsoppgaven ble delt opp i 24 arbeidspakker fordelt på fire hovedkapitler. Den norske andelen av arbeidet ble organisert i FFI-prosjekt 566 BASIS. Prosjektet var delt opp i fire delprosjekter:

1) Systemdesign og koordinering (Avd VM)

Dette omfattet prosjektledelse av det internasjonale samarbeidsprosjektet, samt systemkoordinering og -integrasjon. Stein Grinaker var prosjektleder og Eivind Engebretsen var sekretær for TA11.

2) Sensorhodeutvikling (Avd E)

Fem av de seks arbeidspakkene under dette kapitlet var norske, inklusive ledelse og koordinering av sensorutviklingen. Magne Norland var delprosjektleder, og andre sentrale medarbeidere var Halvor Heier, Arnt Ingulstad, Morten Korsmo og Arne Rødland.

3) Prosessorutvikling

De fleste av arbeidspakkene under dette kapitlet var britiske, inklusive ledelse og koordinering. Den største og kanskje viktigste, utvikling av selve billedbehandlingsmaskinen (hardware), var imidlertid norsk. Vidar Andersen var delprosjektleder. Andre sentrale medarbeidere var Bård Tokerud (Avd E), som overtok som delprosjektleder i sluttfasen. Heidi Eliassen, Guttorm Graffer, Rune Grønås, Mads Henriksveen, Ronny Horgen, Bjørn Rudberg, Rolf Skeie og Knut Tvette fra Avd VM. Fra Avd E deltok også Lars Petter Eliassen og Robert Macdonald.

4) Algoritmeutvikling og implementering (Avd VM), med Østevold som delprosjektleder.

Dette delprosjektet omfattet

- utvikling av billedbehandlingsalgoritmer, som var en ren nasjonal aktivitet,
- den norske andelen av forsøkskapitlet under IEPG/CTP/TA 11,
- arbeidspakken "Synthetic image generation" som sorterte under prosessorkapitlet. (Dette arbeidet hadde bakgrunn i FFI-prosjekt SYBIL (Syntetisk bildegenerering) hvor Einar Østevold var prosjektleder.) Andre sentrale medarbeidere var Bjørn Tore Eriksen, Eilert Heyerdal, Per Espen Hagen, Knut Mo, Hans Chr. Palm og Geir Atle Storhaug.

På britisk side ble IEPG/CTP/TA11 håndtert av FFIs ekvivalent der borte. Ved prosjektstart var vår partner "Royal Aerospace Establishment" (RAE), som ved prosjektslutt var blitt omorganisert til "Defence Research Agency" (DRA), men var fremdeles lokalisert i Farnborough. RAE og FFI hadde hver sin representant i en styringskomité. FFIs representant var daværende forskningssjef Paul Narum. I tillegg møtte prosjektleder. Det ble i alt avholdt 9 styringsmøter. Teknisk koordinering, valg av prinsipløsninger o.l. ble håndtert av "Technical System Coordination Board" (TSCB). Representanter i TSCB var lederne av de fire hovedkapitlene: Prosjektleder (formann) og delprosjektleder Sensorutvikling var Norges representanter. På britisk side hadde GEC Sensors fått kontrakt på ledelse av prosessorutviklingen, og lederen for denne aktiviteten var fast representant i TSCB. RAE håndterte søkskapitlet, og var representert med en mann. Eivind Engebretsen var sekretær. 11 offisielle TSCB-møter ble avholdt. I tillegg hadde de involverte parter en rekke møter for å avklare spesielle tekniske problemer, diskutere detaljer rundt flyforsøkene osv.. Det ble altså mange reiser over Nordsjøen. Ved en anledning ble også to koner og en samboer medbrakt over kanalen. Det medførte ekstra godt traktement fra briternes side, og en minneverdig helg i London bidro til å bygge relasjoner mellom de samarbeidende FFI-avdelingene. Det ble også gitt gjenytelser fra FFIs side ved briternes besøk i Norge, både med tradisjonsrik norsk mat og nybegynnerkurs på ski (mange morsomme syn). At samarbeidsprosjektet ikke endte helt vellykket hadde således



ikke noe med personkjemi og uvilje å gjøre, prosjektgruppene fra Storbritannia og Norge trivdes svært godt sammen.

Det konkrete utviklingsarbeidet skulle foregå i de enkelte organisasjonene. Mens de norske arbeidene ble utført iht. planene, viste det seg snart at tidsplanene for det britiske arbeidet hadde vært helt urealistisk. Først var det byråkratiske regler og formelle problemer i forbindelse med anbudsinnbydelse på de britiske arbeidspakkene som tilsynelatende skapte de største forsinkelsene. I neste omgang førte omorganiseringen av den britiske forsvarsforskningen til kostnadsøkninger (delvis var det skjulte kostnader som ble synliggjort ved at RAE (DRA) ikke lenger fikk eie sine egne fly, og fly til forsøkene måtte derfor leies for en betydelig sum), og det viste seg dessuten at de britiske budsjettene slett ikke var dekket gjennom de bevilgninger som var gitt til prosjektet. Prosjektansvarlige ved DRA ville ikke sette ut industrikontrakter før hele prosjektet var finansiert. DRA forsikret imidlertid stadig om at problemene "snart var løst" (hele tiden antydninger om ca. tre måneder) og Storbritannia ville da sette inn store ressurser slik at prosjektet skulle avsluttes iht. tidsplan.

Vinteren 1991-92, tre år etter MoUens undertegnelse og bare litt over ett år før de tekniske arbeidene var planlagt avsluttet, hadde enda ikke britene startet reelle utviklingsarbeider. I tillegg ble de av FFI oppfattet som svært lite fleksible og uvillige til nytenking og til å oppdatere løsningskonsepter iht. den teknologiske utviklingen gjennom disse årene (reforhandling av kontrakter med industrien syntes alene å overskride deres kapasitet). Den store ubalansen i fremdrift i de to landene førte etter hvert også til store vanskeligheter på norsk side, og det ble til slutt umulig å forhindre at det oppsto forsinkelser også hos oss. Britenes manglende fremdrift førte også til ekstra belastninger på Norge, både i form av ekstra arbeid og ekstra reisevirksomhet. FFI så seg til slutt nødt til å anmode Forsvarsdepartementet (FD) om å avslutte samarbeidsprosjektet med Storbritannia. Etter et brev fra FD til UK MOD hvor dette ble annonsert, ble samarbeidsprosjektet formelt avsluttet i et styringsmøte 2. juli 1992 (Storbritannia tok med beklagelse på seg all skyld og berømmet Norge for tålmodighet og fleksibilitet).

For best mulig å utnytte de arbeider som allerede var utført i Norge, ble det gjennom revidert prosjektforslag besluttet å fullføre arbeidene i størst mulig grad i nasjonal regi. Et noe redusert ambisjonsnivå, kansellering av alle flytester og en modernisering av konseptløsning for prosessoren resulterte i at det reviderte prosjektforslaget hadde et budsjett som var under 10% høyere enn den opprinnelige norske andelen. En mer effektiv styring og reduserte reisekostnader bidro også til dette.

Selv om ikke teknologioverføring fra Storbritannia ga noe stort bidrag, var det et betydelig faglig utbytte av prosjektet (i alt 113 publikasjoner, hvorav 18 i eksternt faglitteratur, viser det).

I delprosjekt Sensorutvikling ble det utviklet en avansert, billeddannende IR-søker, basert på en fransk detektor. DRA kjøpte senere et eksemplar! Denne aktiviteten foregikk i elektrooptikkmiljøet på Avd E.

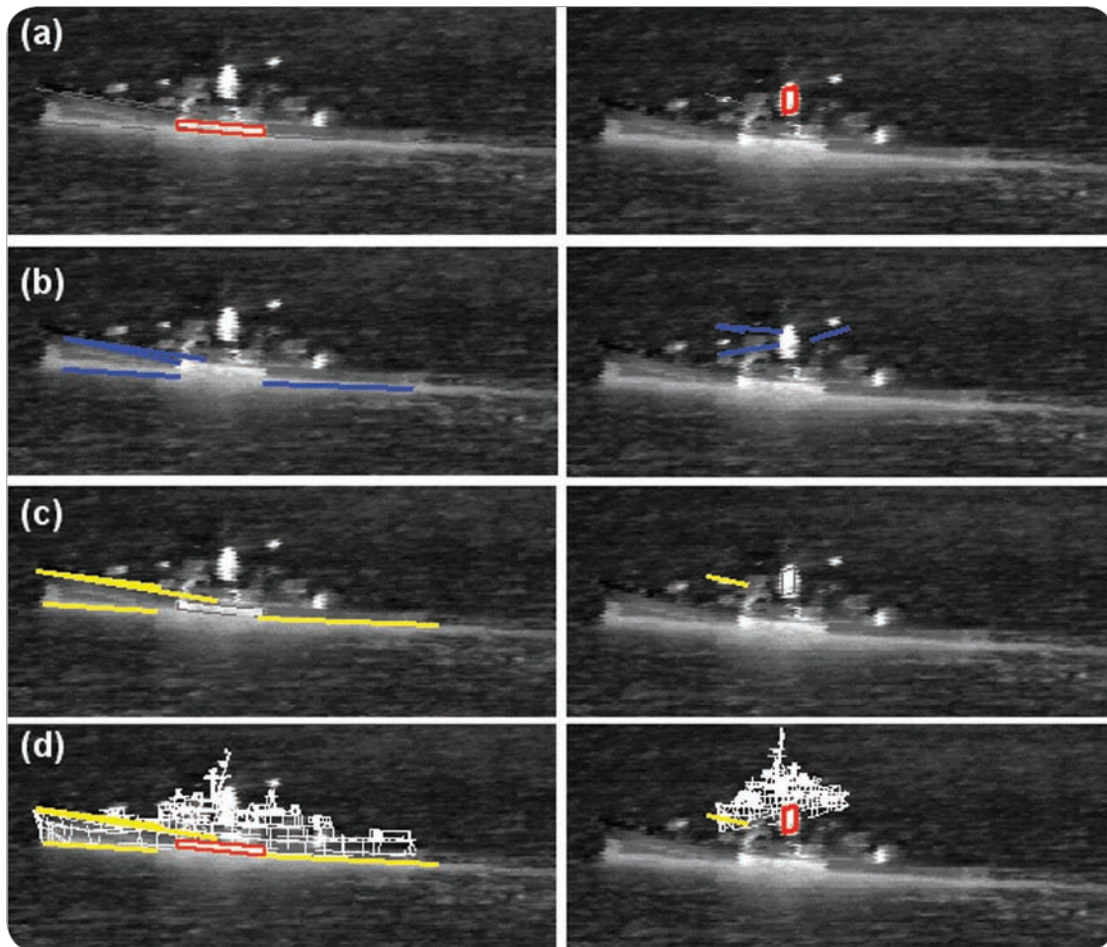
I delprosjekt Algoritmutvikling utviklet Per Espen Hagen og Eilert Heyerdahl en ny metode for terrengnavigasjon, som fremviste svært gode egenskaper. Denne har siden gitt grunnlaget for en ny metode for undervannsnavigasjon, bl.a. med mulig anvendelse i autonome undervannsfarkoster (AUV). I delprosjektet ble det også utviklet en ny metode for strukturell billedanalyse, hvor segmentering og mønstergjenkjenning var integrert i en modellbasert søkerutine. Dette var et stort, teambasert forskningsarbeid, hvor strukturelle analysemetoder også ble tatt i bruk i utviklingsarbeidet, slik at alle medarbeiderne bidro med hver sine deler av algoritmen. Dette er en utmerket måte å bygge et team på dersom oppgavefordelingen er tilpasset enkeltmedlemmenes evner og vilje, men hvis ikke alle medlemmer i gruppen holder mål kan dette gå merkbart utover det samlede resultatet. Det ble et veldig godt resultat!! - bare synd det ikke har kommet til praktisk anvendelse.

Samarbeidet mellom Avd E og Avd VM var mest direkte og nært i delprosjekt Prosessorutvikling, hvor Avd Es CESAR-miljø og BM-gruppens erfaringer med utvikling av sanntids billedbehandlingsmaskiner ble integrert. Dette samarbeidet fungerte veldig bra, og nye relasjoner ble skapt. Spesialprosessorer



ble utviklet iht. omfattende spesifikasjoner utarbeidet av algoritmegjengen. Dessverre viste den reduserte budsjettammen seg å være for snau, slik at tiltenkt programvare for effektiv utnyttelse av maskinen aldri ble ferdig, og maskinen fikk aldri den anvendelsen den var tiltenkt. Delprosjektet lærte oss imidlertid – nok en gang – at FFI ikke bør utvikle datamaskiner som ikke er dedikert til en helt spesiell anvendelse, den teknologiske utvikling går rett og slett for fort for oss!

Basis-prosjektet og TA11-samarbeidet var en stor aktivitet og kostet mye penger. Både BM-gruppen og de involverte miljøer på Avd E følte nok at de hadde et betydelig faglig utbytte, og at kontakten mellom miljøene bar frukter. I ettertid spurte nok likevel mange seg om utbyttet hadde stått i forhold til innsatsen. Delvis ble nytteverdien av de opparbeidede relasjonene redusert fordi sentrale personer fikk nye roller eller sluttet ved FFI, men verre var det for mange at resultatene



Illustrasjon av BASIS-algoritmen for strukturell mønstergjenkjenning. Til venstre en "riktig" hypotese, til høyre en "gal" hypotese.

(a) Hele bildet søkes etter "karakteristika", typisk varme områder som motorrom og radarom på skip. Algoritmen starter opp et antall hypoteser ut fra disse. I begge de viste tilfellene forsøker algoritmen å matche et varmt område i bildet med motorrommet i fartøysmodellen. Posisjon og orientering til skipet estimeres ut fra beste tilpasning mellom detektert og modellert motorrom. (I tillegg til de viste to, startes ca. 10 andre "gale" hypoteser.)

(b) Fra modellen trekkes videre ut "primitiver" (i dette tilfellet linjestykker) som bør være enkle å detektere, vist i blått.

(c) Det søkes i bildet etter disse linjestykkene. De som er funnet (med en gitt tiltro) er vist i gult.

(d) Hypotesen oppdateres ut fra hvilke objekter som er funnet, og deres posisjon og orientering. Tiltroen til hver hypotese oppdateres også ut fra hva som finnes og hva som ikke finnes. For den "riktige" hypotesen øker tiltroen, for den gale avtar tiltroen. Etter hvert vil så de "gale" hypotesene forkastes, mens den "riktige" får et stadig bedre estimat av posisjon og orientering.



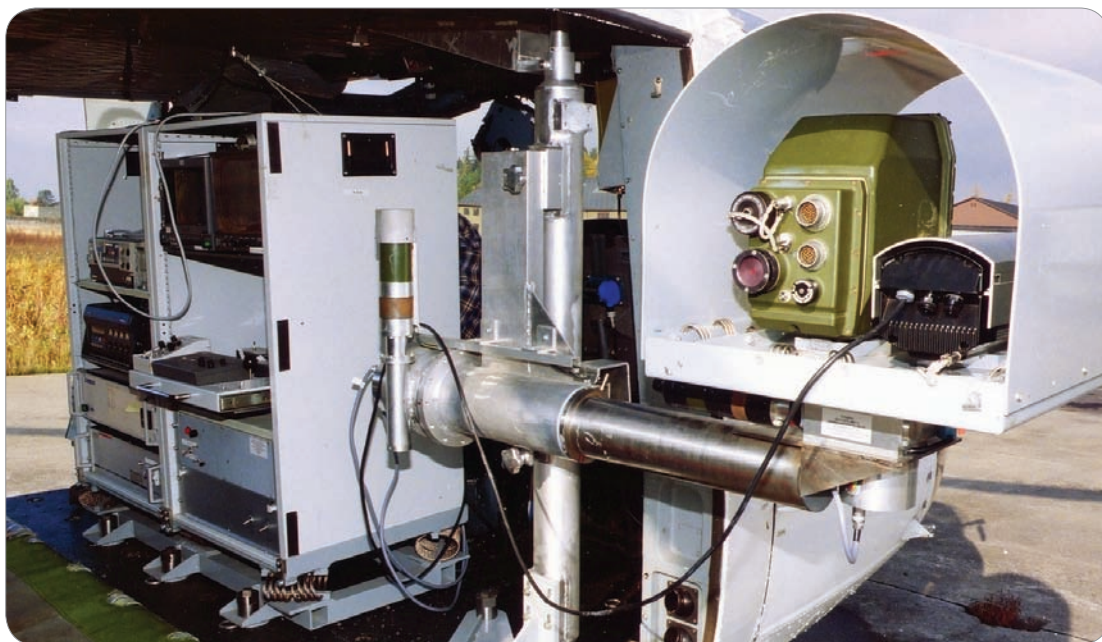
ikke ble utnyttet i videreførende prosjekter. Formålet med hele aktiviteten var jo å legge grunnlag for fremtidige missilsøkere, mens man i slutfasen av prosjektet rettet arbeidet mer inn mot anvendelser i nye MTBer. Hverken de nye sjømålsmissilene eller MTBene dro særlig nytte av prosjektets resultater, og samarbeidet mellom miljøene døde raskt hen etter prosjektslutt.

BM-gruppens deltakelse i vinter-OL på Lillehammer

Det hele startet med at Jon Skjervold ved avdelingens kamouflasjegruppe i november 1991 henvendte seg til Einar Østevold med et forslag om å lage en helikopterbasert plattform for opptak av bilder med IR- og TV-kamera. Dette var en type bilder som både kamouflasjegruppen og bildebehandlingsgruppen trengte i sitt arbeid. Kamouflasjegruppen hadde hatt et svært enkelt manuelt system tidligere, men det var behov for noe som var mer lettbrukt med motordrift, bedre tekniske løsninger og bedre muligheter for datainn-samling. Det hele skulle installeres i et av Forsvarets Bell 412-helikoptere.

I sin uvitenhet om hva oppgaven innebar, påtok Østevold seg å lede et arbeid for å få dette gjort. Fra det tilsynelatende enkle, viste det seg å være uante praktiske problemer som måtte løses, og det hele bygget på seg

til å bli en stor aktivitet. For ikke å snakke om det formelle for å få utstyret og oppsettet godkjent for bruk i helikopter. Det som skulle bli et par måneders arbeid, strakte seg over år. Hørt om den berømmelige toppen av isfjellet? Noen av grunnene til dette, var at det stadig kom nye krav til systemets funksjonalitet (mye vil ha mer), og LFK, som var vår samarbeidspartner, kom med stadig strengere krav til sikkerhetsmessige løsninger. Fellesverkstedet ryddet etter beste evne plass til dette i sitt allerede tettepakkeprogram. Karsten Holen fikk oppgaven med å utarbeide mekaniske løsninger basert på våre noe ufullendte og stadig endrede spesifikasjoner. Men med stor oppfinnsomhet og tilpasningsdyktighet ble oppgaven løst på en utmerket måte. Instrumentene, og det ble etter hvert mange, ble plassert i to rack, som var festet til gulvet i helikopteret. Her laget Ole Syversen gode løsninger. Kameraene var festet til en plate ytterst på en arm som stakk vinkelrett ut av døråpningen (det ble fløyet med åpen dør). Denne armen var igjen festet til en vertikal stolpe inne i helikopteret. Kameraretning i asimut ble justert ved at platen kameraene var festet på kunne dreies, mens tippvinkelen (elevasjon) ble regulert ved at hele armen som kameraplattformen var festet på også kunne dreies. Dette hadde den noe uheldige effekt at når kameraene peker ut til siden (i forhold til helikopteret), fører ikke rotasjon av armen til at kameraet



Kameraet er festet på en arm på utsiden av helikopteret. Instrumenteringen er inne i cockpiten.



tipper, men det roterer. Så tippvinkel ble altså gradvis til rullvinkel. Sånn går det når man ikke designer alt fra grunnen av, men baserer seg på gamle løsninger. Einar Evensen fra Avd E designet og bygde de første servoene for kamerareguleringen, mens Tor Høimyr bygget opp elektronikk for øvrig og alt som hadde med strømforsyning å gjøre.

CCD-kameraet var lite og lett, men måtte stå i en oppvarmet boks. IR-kameraet som ble benyttet (TICM-II), var stort og tungt, og med et "hus" omtrent som en stor amerikansk postkasse rundt det hele, ble kamerakonfigurasjonen en svært tung sak. Ja, så tung at det var så vidt motorene klarte å dra det. Når kameraene så sideveis (fortsett i forhold til helikopteret), var vindpresset så stort at helikopteret nærmest måtte stoppe opp for at motorene og servosystemet skulle klare å regulere kameraretningen.

Under arbeidets gang ble vi kontaktet av en politiavdeling med ansvar for sikkerheten under Lillehammer-OL. De ønsket å leie helikopter med kamerakonfigurasjonen for luftbasert overvåkning under OL. På tross av betenkeligheter med å låne ut utstyr som er av eksperimentell art og ikke ferdig utviklet, var vi som vanlig, positive. Etter et møte på LFK, der den lokale LFK-sjef fortalte oss hvor ugjennomførbart dette var, inngikk vi avtale om utleie under hele OL.

Utstyret ble (i prinsippet) ferdig i tide, men på grunn av annen bruk av IR-kameraet, ble overlevering og montering av dette foretatt i siste øyeblikk på et møtested langt ute i ødemarken. Glade og fornøyde vendte FFlerne nesen hjemover etter at helikopteret med fire politimenn og kameraoppsettet var ute av syne. Men ikke før var de tilbake før telefonen ringte. En av politimennene hadde gjort akkurat det de var instruert om at de ikke skulle gjøre. Med helikopteret i full fart hadde han prøvd å rette opp kameraet fra sidestilling. Resultatet var varmgang i servosystemet med påfølgende røykutvikling og brann i systemet; ikke akkurat så festlig når man flyr i et helikopter. Helikopteret kom seg imidlertid uskadd ned på bakken, men diverse komponenter i servosystemet var brent i stykker.

Når dette nå avsløres, er det fordi historien utrolig nok endte godt. Dette skjedde fredag ettermiddag, og OL-åpningen skulle finne sted

søndag. Etter noen hektiske telefonsamtaler lyktes det å få tak i FFI-folk som kunne se på dette samme kveld. I løpet av natten og lørdagen kom nye (midlertidige) servoer på plass, og med en dramatisk erfaring rikere dro politimennene med helikopter og kamerautstyr til Lillehammer for å overvåke OL. Og utstyret virket utmerket de 16 dagene OL varte, med temperaturer helt ned mot 30 minusgrader.

Ikke lenge etter dette ble utstyret forøvrig brukt på Sardinia i temperaturer på over 30 grader pluss, og fungerte utmerket også da. Siden har Tor Høimyr gjennomført flere forbedringer, blant annet ble nytt permanent servosystem bygget og installert og et bedre og lettere IR-kamera kom på plass. Så nye branner har vi unngått, og utstyret er fortsatt operativt inn i et nytt årtusen. Men det er godt at vi ikke vet hva som ligger foran oss når vi går løs på en oppgave, for da ville det vært mange oppgaver som ikke ville blitt utført.

Luft- og undervannsakustikk. BM-gruppen erobrer nye fagområder

Akustisk alarmerhet i SESAM

Mulighetene for akustisk deteksjon og gjenkjenning av stridskjøretøyer ble påvist i 1977-78 av Grinaker og Michaelsen, basert på lydopptak fra Trandum (opptak fra stridsvognene Leopard, M48 og NM116 og flere. Idar Dyrdal overtok disse målingene ca. 1984 for å undersøke mulighetene for å lage en akustisk oppvekkingsmodul i SESAM, slik at de mest strømkrevende delene av systemet kunne ligge i dvale så lenge det ikke var aktivitet i området. Etter Dyrdals tilbakekomst fra studieopphold i USA, ble det i 1986 fortgang i dette arbeidet. Nye lydopptak av militære kjøretøyer (stridsvogner, pansrede personellkjøretøyer, lastebiler og feltvogner) ble foretatt på Trandum høsten 1986 og våren 1987, med Ronny Horgen som medhjelper på instrumenteringssiden. I tillegg ble det gjort opptak av naturlig bakgrunn og enkelte støykilder i Romerikssåsene sommeren 1987. Her var Jan Petter Fjellanger med. Opptakene ble gjort på ¼" analogt lydbånd med en Brüel & Kjær 4-kanals båndopptaker, og ble senere digitalisert med lånt utstyr (IBM-PC/AT med tilhørende A/D-kort og programvare). Opptakene ble



digitalisert med 2 kHz samplingsrate til 12 bits oppløsning. Stort sett ble bare korte utsnitt av opptakene digitalisert, omkring de tidspunkt da kjøretøyer passerte i nærheten av mikrofonene. De fleste opptak ble gjort med tre mikrofoner i forskjellige posisjoner. I alt ble det digitalisert ca. 8500 datablokker av ett sekunds varighet.

Dette datasettet ble brukt i utvikling av mønstergjenkjenningsalgoritmer for automatisk deteksjon og gjenkjenning av stridskjøretøyer. Algoritmene ble først skrevet i Pascal og senere konvertert til C for implementering på den transputerbaserte alarmerheten i SESAM, en boks på størrelse med en mikro-bølgeovn. Mikrofonen ble koblet til en analog inngang på systemet. Boksen hadde også en reléutgang som ble brukt til å tenne en lampe så snart alarm ble utløst. Implementering og utprøving ble foretatt i all hast før SESAM ble demonstrert på Trandum senhøsten 1988. Alarmerheten ble her kjørt uavhengig av resten av SESAM, og fungerte forøvrig etter hensikten. Pæren på toppen av boksen lyste opp så snart stridsvognene kjørte ut fra utgangsposisjonen 2-300 meter unna.

Alarmerheten ble videreutviklet i de påfølgende årene som et ledd i videreføringen av SESAM. For å forbedre algoritmene ble det gjort en rekke nye lydopptak i 1990. Denne gangen ble det for første gang gjort digitale opptak på stedet, med en portabel Compaq 386 PC med et ékanals A/D-kort og "Asyst" programvare. Dette utstyret kostet ca. 100 000 kr. da det ble innkjøpt ved årsskiftet 1988-89, men da hadde vi kostet på oss den største disken på hele 100 Mb! På tross av prisen ble det mye fikling, og flere runder med leverandøren for å få utstyret til å virke ordentlig. Det tok også tid å skrive programvare for opptak ved hjelp av funksjonene i Asyst.

Kjøretøyoopptakene ble utført hovedsakelig på Trandum, men også på Haslemoen. Da Øyvind Høydahl og Idar Dyrdal rigget opp utstyret for de første opptakene en februar dag i 1990, kom en elg joggende over Aursletta, uten respekt for militært område og FFIs forskere i streben etter ny kunnskap. Ved en senere anledning ble det gjort nattopptak samtidig med at Wenstøp og medarbeidere fra Avd E gjorde lavlysoptak for SESAM kamerautvikling. På tross av at det

var flere hundre meter mellom dem, måtte en skjerme en liten lysdiode på mikrofonforsterkeren fordi den viste seg å lyse opp terrenget for lavlyskameraet. For øvrig måtte FFlerne stole på moderne teknologi ved denne anledning, der mørklagte Leoparder dundret rundt dem i nattemørket; nattbriller var vognførernes syn!

Bakgrunnsopptak ble gjennomført bl.a. på Raufoss og Hjerkin. Her ble utstyret utplassert for autonome opptak over lengre tid, der formålet var å skaffe statistikk over variasjoner i bakgrunnsnivå. Dette for å gi dagtagrunnlag til terskelsetting i alarmerheten.

Som en illustrasjon på hvordan medarbeiderne gikk opp i arbeidet, minnes vi at Dyrdal en vinterferie tok med seg opptaksutstyret på hyttetur, for å få et sett av mest mulig rene opptak av naturlig bakgrunn. PCen sto på spisebordet, der den arbeidet for seg selv nesten døgnet rundt (mikrofonen var montert utenfor hytta), og plottet effektspekteret for hver datablokk som ble samlet et par ganger i minuttet. Plutselig står det en skarp frekvenstopp opp av bakgrunnsstøyen og dominerer plottet fullstendig. Han løper ut for å finne ut hva dette kan være. Det er fullstendig stille; først etter å ha fått innstilt ørene oppfatter han lyden av et småfly i det fjerne. Muligheter for langdistanse akustisk deteksjon! Kimen til et nytt prosjekt?

Marksensor for feltetterretning

Etter SESAM-perioden begynte man å se på anvendelser av den samme teknologien for feltetterretning, overvåking og oppklaring, og tanken om en egen akustisk, autonom marksensor ble født. Denne marksensoren skulle være en batteridrevet lytteenhet for automatisk deteksjon, gjenkjenning og telling av stridskjøretøyer som passerte i nærheten. Flere slike sensorer skulle kunne ligge utplassert forskjellige steder i terrenget over lang tid, og overføre sensormeldinger over radio inn til en felles feltterminal (patruljeenhet) noen km unna. Operatøren skulle derved kunne danne seg et samlet bilde av fiendens bevegelser i det området patruljen har til oppgave å overvåke.

Bakgrunnen for denne idéen var Hærens behov for tidlig varsling om fiendens styrkesammensetning, valg av fremrykksaksler



og øvrige disposisjoner. Slik informasjon er avgjørende for stridsplanleggingen. Feltetterretning, som er et viktig element i denne informasjonsinnhenting, har i stor grad vært utført ved bruk av oppklarings- og jegerpatruljer, men personellet er svært sårbart og tjenesten vil derfor raskt kunne stoppe opp i krigstid. Økt mekanisering, og derved økt dynamikk på slagmarken, vil også kreve hurtigere innhenting av informasjonen. Det ble således sett et behov for automatiske marksensorer for å erstatte personell i utsatte posisjoner og supplere personellet slik at et større område kan overvåkes og samtidig oppnå tilnærmet sanntids informasjon om stridsbildet på døgkontinuerlig basis.

Moderne sensorteknologi og signalanalysemetoder, kombinert med raske prosessor-systemer gir i dag stadig bedre muligheter til å registrere fiendtlig virksomhet. I prosjekt 621 Sensorsystem for overvåking - forstudie ble det vist at en akustisk marksensor er teknisk realiserbar og vil kunne dekke viktige deler av Hærens feltetterretningsbehov, og de kunne være et rimelig og effektivt alternativ til mer kostbare og kompliserte systemer. Et konseptutkast til akustisk marksensor ble utarbeidet, og innledende teknologiarbeider ble startet.

Forsøk i Tyskland

Gjennom den tyske representanten fra Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung (BWB) i NATO AC/243, Panel 3, RSG.11 fikk FFI tilbud om å bli med på å ta opptak av

russiske stridskjøretøyer ved den nedlagte sovjetiske flystasjonen i Jüterbog i tidligere Øst-Tyskland, en landsby 50-60 km sør for Berlin. Vognene hadde tilhørt hæren i DDR, men var nå overtatt av Bundeswehr og skulle hogges opp noen uker senere. Dette var således en siste mulighet for enkelt å få tak i signaturer fra disse modellene. I juni 1993 reiste således Idar Dyrdal, Stein Grinaker, Rune Grønås og Rolf Skeie for å gjøre visuelle (CCD-TV), akustiske og seismiske signaturoptak av russiske kjøretøy i tidligere Øst-Tyskland. De tyske lagene fra BWB, IITB og Atlas Elektronik benyttet flere andre sensortyper (IR punkt- og stavdetektorer, magnetiske, laser, seismiske) for utvikling av et multisensor marksensorsystem.

"Det ble hektiske forberedelser før avreise", sier Stein Grinaker, "dels fordi opptaksperioden ble endelig fastlagt forholdsvis kort tid på forhånd. Utstyr til en verdi av ca. 1 Mkr. ble klargjort, og det måtte forsikres og tollklareres for turen. Turen ned gikk med innleid varebil (Caravelle transporter) med ferge til Kiel og landeveien derfra til Jüterbog. Da vi skulle klarere utstyret vårt på fergekaia i Kiel viste det seg imidlertid å bli tull med toll. Tolleren som skulle stemple og signere papirene våre i Oslo hadde ikke stemplet og signert alle stedene han skulle. Denne tabben så en stund ut til å bli den lille tuen som kunne ha veltet hele turen for oss, med retur til Norge som eneste mulighet. Etter mye fram og tilbake med en funksjonær på transportkontoret vegg i vegg med tollkontoret, fikk vi imidlertid vite at



Rune Grønås med øl og måleinstrumenter.



Rolf Skeie og Stein Grinaker på standplass for videoopptak.

tollkontoret stengte kl. 1600. Da så! Vi lot bilen stå på kaia, spaserte inn til sentrum for en lengre lunsj m/godt tysk tilbehør, og en spasertur i gågatene. Da vi kom tilbake etter kl. 16, var tollerne gått hjem og bommen sto åpen. Vi ankom derfor hotellet i Jüterbog ved 22-tiden samme kveld (søndag) med uklart utstyr i bilen.

Opptakene de neste dagene gikk relativt problemfritt. Målingene ble foretatt i to økter, en før lunsj og en etter. Det ble til sammen mye data, en kasse med BetaSP videokassetter og ca. ett dusin DAT-kassetter, hver med to timer opptak i ca. 10 kanaler.

Det ble også foretatt nattoptak, der våre tyske verter inviterte på grillfest med pølser og øl tidligere på kvelden. Vognførerne kjørte i seg store mengder av begge deler før de skulle ut å kjøre stridsvogn om natten. Kanskje det var ettervirkningene som førte til at en stridsvogn skar ut av veien og holdt på å kjøre ned ett av kameraene våre under opptakene dagen etter. Det ble også tid til en kveldstur til Berlin før hjemreise. En av deltagerne fikk også gleden av å måtte flytte til et annet hotell ute på bygda en av nettene, pga. kluss med rombestillingen. Det ble overnatting i gammel DDR-stil, for så vidt en opplevelse i seg selv, men den uheldige så ikke slik på det den gangen. På hjemturen

gjennom Tyskland var vi litt nervøse for tollerne i Kiel, men vi kjørte om bord på ferga uten noen flere problemer. Det ble heller ikke spørsmål i Oslo. Vi snakket med tollkontoret på telefon uka etter der de beklaget fadesen, men funksjonæren var glad for at vi hadde fått ordnet oss uten papirene (vi forklarte ikke dette nærmere)."

Prosjekt 655 Akustisk mark-sensor

Prosjektet startet våren 1994 med formål å utvikle en prototyp sensorenhet, etter at FFI og Kavaleriet sammen hadde utarbeidet tekniske og operative krav. Thoresen var ansvarlig forskningssjef, Dyrdal var prosjektleder, og andre sentrale medarbeidere var Bjørn Rudberg, Heidi Eliassen og Rune Grønås.

I tillegg til å bistå Kavaleriinspektøren med utarbeiding av kravformulering for "tekniske hjelpemidler for Hærens feltetterrettningsfunksjon" ble det innledningsvis i prosjektet foretatt en undersøkelse av eksisterende marksensorsystemer i bruk eller under utvikling i andre land. En mente at det britiske marksensorsystemet CLASSIC antagelig ville være det mest egnede av de eksisterende systemene. Imidlertid bygger all gjenkjenning av mål her på informasjon fra seismiske sensorer. Dette mente en normalt gir mye



Slik var akustisk marksensor tenkt brukt i felten. Illustrasjon: Hans Stensrud.

kortere rekkevidde enn en akustisk sensor, og derved liten mulighet til områdeovervåking. Utplassering av seismiske sensorer vil også være mer tidkrevende, spesielt under

vinterforhold. Det neste alternativet var det amerikanskproduserte IREMBASS-systemet. Funksjonaliteten ble funnet å være omtrent den samme som for CLASSIC, men prisen var høyere og begrensningene mht. utplassering og rekkevidde syntes å være de samme. Totalt var usikkerheten om hvorvidt de eksisterende systemene ville være egnet for norske forhold så stor at utvikling av en akustisk marksensor ble påbegynt.

Utviklingen av en første testprototyp av sensoren ble startet senhøsten 1994. Marksensoren skulle fungere i lave temperaturer ned mot -40°C , og ha tilstrekkelig lavt strømforbruk for flere ukers autonom levetid på intern batteripakke. Dette utelukket umiddelbart standard signalprosessor kort, som hovedsakelig er ment for bruk i PC. Driftssikkerhet og sårbarhet med hensyn til miljøforhold og mottiltak skulle også tas hensyn til.

Testprototypen besto av analysemodul (AM), kommunikasjonsdel og strømforsyning. Denne elektronikken ble sammen med batteriene bygget inn i en sensorboks som hadde en plugg for tilkobling av mikrofon. Ulike mikrofontyper ble vurdert, og det ble besluttet å bruke billige elektret kondensatormikrofoner. Det ble ikke utviklet dedikert maskinvare for kommunikasjonsdelen i testprototypen. Denne delen ble i stedet implementert vha. en



Heidi Eliassen under forsøk med marksensorer på Trandum 1996.



standard VHF-radio (Walkie-talkie) og et standard modem. Bakgrunnen for dette var at det i samarbeid med prosjekt 662 på dette tidspunkt ble planlagt en industrialisering av sensoren (se "akustisk rekognosering på flystasjoner"). Elektronikkutviklingen i prosjektet ble derfor konsentrert om analysemodulen. AM foretar innlesing og analyse av mikrofon-signalet, og består i hovedsak av forsterker, analogt filter, A/D-omformer og digital signalprosessor. I tillegg til systemprogramvare for analysemodulen ble det skrevet et eget applikasjonsprogram, med utgangspunkt i et PC-basert demonstrasjonssystem fra det siste SESAM-prosjektet. Det ble også skrevet et terminalprogram for toveis kommunikasjon mellom sensor og sentralenhet, og presentasjon av sensormeldingene. Som sentralenhet (feltterminal) ble det i prototypsystemet benyttet en standard radio av samme type som i sensorenheten, koblet til en laptop PC for kjøring av terminalprogrammet.

Konstruksjon, bygging og testing av første testprototyp var ferdig ved årsskiftet 1995/96, og tidlig i 1996 ble det fremstilt ytterligere tre eksemplarer av sensorenheten. Etter litt testing på Trandum med etterfølgende modifikasjoner, kunne systemet demonstreres høsten 1996. Testkjøretøyer var stridsvogn, pansret personellkjøretøy (PPK) og feltvogn. Vognene ble kjørt med varierende hastighet forbi en av sensorene, både enkeltvis og i kolonne. Alarmfunksjonen fungerte hver gang. Feltvognen ble typisk detektert 50-100 m før passering, mens stridsvogn og PPK ble detektert så snart motoren ble startet ca. 300 m unna. Ved enkeltpasseringer ble alle målpasseringer registrert, og alle stridsvogner korrekt gjenkjent som stridsvogn. For lettere kjøretøyer fikk en enkelte feilklassifiseringer. Totalinntrykket av testen var imidlertid absolutt positivt, men en videreutvikling av applikasjonsprogrammet ville være nødvendig på veien fram mot et ferdig industrialisert system.

Målsettingen med prosjekt 655 var å bygge et testsystem for feltforsøk i Hæren, slik at man der kunne opparbeide seg erfaring med et slikt utstyr og få et bedre grunnlag for å utarbeide endelige krav. Prosjektet ble avsluttet våren 1997. Senere er marksensoren noe videreutviklet, og Hæren gjennomførte troppeprøver med sensoren i 2004. Enkelte svakheter ved prototypsystemet ble naturlig

nok avdekket. Planen er å ta erfaringene fra disse prøvene med i en industrialiseringsfase med tanke på Hærens planer om anskaffelse av marksensorer for ISTAR-bataljonen fra 2006 og utover.

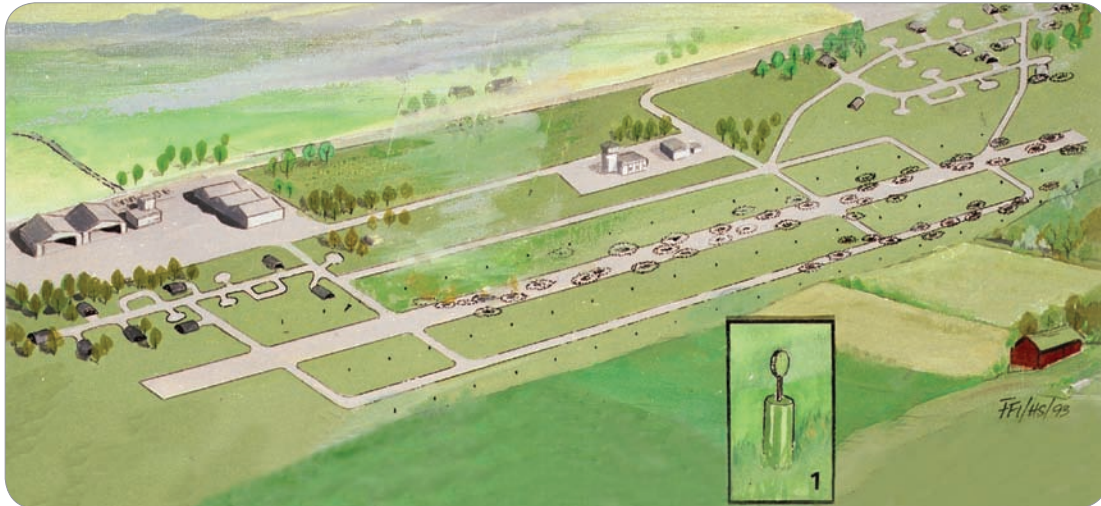
Akustisk rekognosering på flystasjoner

Fortifikasjonsmiljøet ved Avd VM var tidlig på 1990-tallet involvert i passivt forsvar av flystasjoner. I prosjekt 616 (avsluttet i 1993), med Rune Lausund som prosjektleder, ble det bl.a. sett på ulike metoder for hurtig lokalisering av bombekraterer etter luftangrep mot våre flystasjoner. Målet var å kunne finne det minst skadde området på rullebanene så raskt som mulig, slik at en "Minimum Operating Strip" (MOS) ville kunne ryddes og repareres i løpet av få timer etter angrepet. Med eksisterende rekognoserings- og reparasjonsmetoder ville flystasjonen neppe bli operativ igjen før neste angrep.

Høsten 1992 ble det utført et lite forstudium av mulighetene for akustisk kraterlokalisering. Erfaringene med HFKs lyttesystem på Hjerkinnskytefelt (HFK-sletta) tydet også på at dette skulle være mulig. Hjerkinnsystemet, som ble utviklet i samarbeid mellom HFK, Avd VM og Matematikkseksjonen på midten av 1980-tallet, bestemmer nedslagspunkt for "bomblets" fra cargogranater vha. mikrofoner (egentlig trykkfølere) montert omkring målområdet. Prosjekt 616 konkluderte med at et tilsvarende akustisk system skulle kunne gi den mest kosteffektive løsningen for skaderekognosering på flystasjoner. Det ble derfor besluttet å starte utviklingen av et slikt lyttesystem som et eget delprosjekt, ledet av Dyrdal.

I det etterfølgende ADR (Airfield Damage Repair)-prosjektet, prosjekt 662 Rekognosering, eksplosjonsrydding og reparasjon på flystasjoner, startet 1. mai 1994 med Lausund som prosjektleder.

Sensorenheten fra marksensorprosjektet skulle brukes som lytteenhet, men da med egen programvare som skulle finne ankomsttidene for lyden fra bombedetonasjonene og sende disse tidspunktene over radiolinken inn til en sentral datamaskin i kommando- og kontrollsenteret på flystasjonen. Denne skulle finne samsvarende ankomsttider i



Akustisk rekognoseringsystem for flystasjoner. Marksensorene er her plassert i kjente posisjoner langs rullebaner og taxebaner. Sensorene registrerer ankomsttid og amplitude for lydimpulsen for hvert bombenedslag i nærheten av sensoren. Tidspunktene sendes fortløpende over radio til en sentral datamaskin som bruker informasjonen fra flere sensorer til å beregne bombekraternes posisjon og diameter. Illustrasjon: Hans Stensrud.

noen få nabosensorer. Dersom registreringene skriver seg fra samme detonasjon, er posisjon og detonasjonstidspunkt bestemt av et likningssystem der bl.a. lydshastigheten og sensorposisjonene inngår. Sensorene skulle settes i parallelle linjer langs hver side av rullebanene. Prosjektgruppen besto av medarbeiderne fra marksensorprosjektet. I tillegg ble Heidi Mestl ansatt for å utvikle metodikk for å bestemme kraterposisjon.

Heidi Mestl utviklet en første versjon av posisjonering algoritmen og prøvde den ut i simuleringer der en rekke mulige feilkilder ble tatt hensyn til. Resultatene var gode og viste en nøyaktighet som var en størrelsesorden bedre enn de operative kravene (2 m på tvers av rullebanen og 10 m på langs). Simuleringer er vel og bra, men vi måtte også ha reelle tester. Dette innebar en rekke feltforsøk, som vi kommer tilbake til nedenfor.

Maskinwareutviklingen frem mot en FFI-prototyp av sensorenheten ble kjørt i regi av marksensorprosjektet. Høsten 1994 ble det i samarbeid med forsvarsavdelingen i Siemens AS, utarbeidet detaljerte tekniske krav til sensorenheten, for bruk både som marksensor og rekognoseringsensor. Høsten 1995 ble samarbeidet formalisert og resulterte i utvikling av en industrialisert prototyp. Siemens tok utgangspunkt i det arbeidet som allerede var gjort ved FFI. Den største oppgaven var utviklingen av en dedikert radio

for sensorenheten. Dette arbeidet ble satt bort til Racal UK, mens Siemens utviklet en sentral kontrollenhet for sensorelektronikken, strømforsyningsdelen, ny sensorboks, samt en ny utgave av FFIs analysemodul. FFI tok aktivt del i videreutviklingen av analysemodulen, der enkelte komponenter ble skiftet ut for å oppfylle krav til temperaturområde og strømforbruk, mens selve kortutlegget ble krympet. Den nye sensorboksen ble vesentlig mindre og lettere enn den opprinnelige FFI-versjonen.

Forsøkene som trengtes for å verifisere posisjonering algoritmen startet sommeren 1994, med små eksplosivladninger avfyrt over bakken. Disse forsøkene ble organisert av Forsvarets bygningstjeneste (FBT), med formål å skaffe testdata til utvikling og verifikasjon av lydforplantningsmodeller. Arnfinn Jensen fra FBT ledet det hele. Forsøkene ble utført på Haslemoen og Finnskogen i perioden 1994-96, med deltakere fra USA og UK, samt flere norske forskningsmiljøer. Eksplosivladninger ble brukt som lydilder for å kunne gi tilstrekkelig nivå over de avstander man var interessert i (opp til ca. 15 km). " Dette var akkurat hva vi trengte, og vi hekket oss på disse forsøkene for å skaffe opp-tak av detonasjonene med eget måleutstyr", sier Dyrdal. "Under en periode med langvarig tørke antente en av ladningene skogbunnen. Skogbrann! Tilkalling av brannvesen, og den store katastrofen ble avverget.



Resultatene var over all forventning; posisjoneringsfeilen viste seg å bli i underkant av én meter i disse forsøkene, med et mikrofonoppsett tilsvarende det vi regnet med å ville bruke på en flystasjon. Dette var likevel bare små ladninger i luft. Hva med store bomber som detonerer dypt nede i bakken? Vil trykkpulsene fra slike ladninger gi like gode resultater? Sannsynligvis ikke! Supplerende forsøk med større nedgravde ladninger (5-10 kg TNT opp til 1 m under bakken) ble derfor foretatt på Hjerkin og ved ADR-sentrene på flystasjonene i Bodø og Rygge. Opptakene ble bl.a. brukt til utvikling og testing av applikasjonsprogrammet i sensorenheten, dvs. programmet som skulle registrere ankomsttider for trykkpulsene fra detonasjonene. Det akustiske systemet skulle også grovestimere kraterstørrelsen for registrerte bombenedslag. Opptakene av nedgravde ladninger var viktige for denne utviklingen også.”

”De mer spektakulære forsøkene ble gjennomført i form av flyslipp av Mk82 bomber i Hjerkin skytefelt” sier Grinaker, ”først med blindgjengere, senere ”varme” bomber. Ved de første flyslippene sommeren 1996, benyttet vi oss av Luftforsvarets ordinære skyteøvelser i Grisungdalen, der vi satte opp våre mikrofoner. Nanna Skjei var nyansatt forsker og hadde på denne tiden overtatt algoritmeutviklingen i prosjektet etter Heidi Mestl. Da vi kjørte inn i feltet for å montere utstyret



I krateret ses øverst Idar Dyrdal, Terje Mikal Olsen (senere Mjelde) og Heidi Eliassen. I andre rekke fra venstre ses grave-maskinkjøreren og Nanna Skjei og foran står Halvor Liland.



Flyslipp med ”varme” bomber på Hjerkin.



Moskus var også interessert i skytefeltet.

helgen før øvelsene, ble vi hindret av moskusokser som hadde henlagt sin kamp om revir og harem til vegbanen foran oss. For øvrig gikk forsøkene etter planen, selv om vi under oppriggingen i målområdet måtte holde øye med både moskus og eventuelle blindgjengere fra tidligere øvelser. Formålet med disse forsøkene var først og fremst å få realistiske opptak av Mk82 blindgjengere, for å avgjøre om disse også kunne detekteres akustisk. Konklusjonen var at dette skulle la seg gjøre, dog med lavere deteksjonsrate enn for detonerende bomber.

Siemens leverte en prøveserie (10 stk) av den nye sensorenheten vinteren 1997. Den nye radioen var ikke klar på dette tidspunktet, slik at sensorene brukte en ekstern radio. Dette var en foreløpig løsning som viste seg å fungere dårlig. Vi testet disse sensorene mot nedgravde ladninger på Rygge, men fikk problemer med radiokommunikasjonen mellom sensorene og sentralen. Noen av problemene ble rettet, og vi tok sensorene samt vårt eget kabelbaserte mikrofonsystem med til Hjerkinns på forsommeren samme år. Asbjørn Oddan var nå assosiert medlem



Asbjørn Oddan med "lånt" Mk82 flybombe.



av prosjektgruppen, som eksplosivansvarlig og kjentmann i skytefeltet. Terje Mikal Olsen, nyansatt ingeniør, hadde ansvaret for implementeringen av programvaren både på sensorene og sentralen. HFK hadde stilt både forsøksområdet (HFK-sletta) og instrumenthytta "Edvinbu" til vår disposisjon. Ved denne anledningen gjorde vi de første forsøkene med store nedgravde eksplosivladninger, tilsvarende 50-100 kg TNT. I tillegg hadde Oddan "lånt" noen Mk82 flybomber (hver med ca. 90 kg sprengstoff) fra LFK. Disse detonerte vi både over og under bakken. Dette ble således de første forsøkene med realistiske eksplosivmengder og derved realistiske akustiske signaturer. Den siste Mk82-bomben ble avfyrt over bakken kl. 2310 på St. Hansaften. Smellet må ha vært hørbart i miles omkrets i den stille sommer-natten. Etterpå spiste vi nattmat (speilegg og karbonader) i "Edvinbu" før vi reiste ned til hotellet på Dombås."

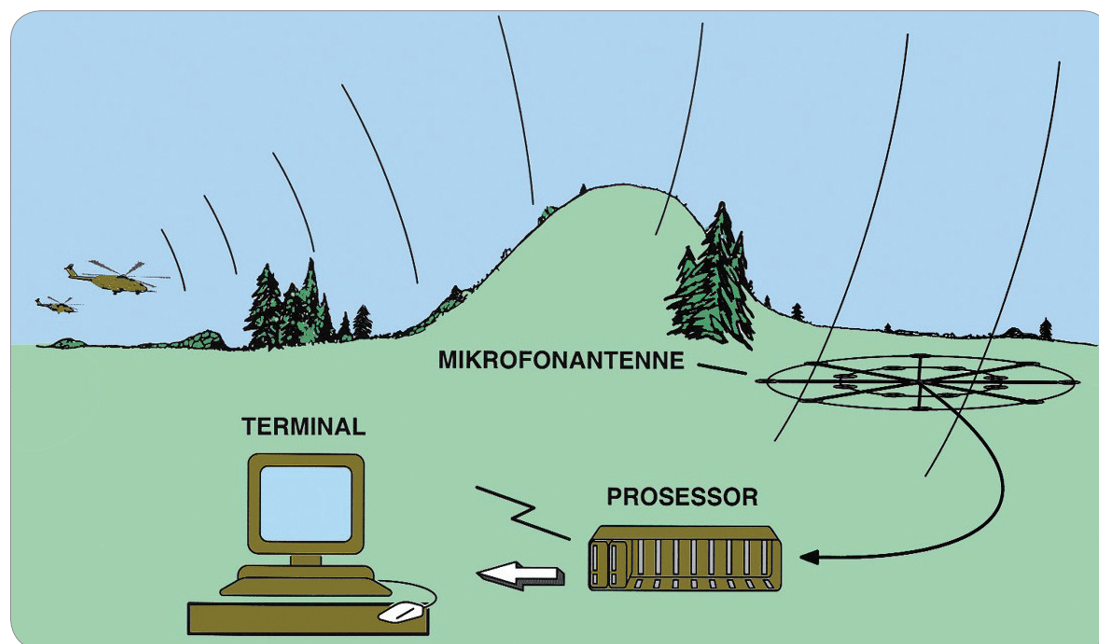
På sensommeren ble det gjort flydropp av Mk82 blindgjengere med nyanskaffede piezoelektriske trykkløpere av utvalgt modell. Deteksjonsmulighetene for blindgjengere ble endelig verifisert i disse forsøkene. Kort etter ble den ferdige serien av sensorenhetene levert for utprøving senere samme høst. Nå var de dedikerte radioene på plass, og det fantes et tilstrekkelig antall (20 stk.) sensorer til å sette opp et "mini registrerings-

system" på HFK-sletta. De manglende biter av systemprogramvare ble implementert før turen gikk til Hjerkinng igjen. For første gang ble det gjort opptak av detonerende bomber droppet fra F-16, både enkeltvis og i serier på opp til seks bomber samtidig. Ved en anledning førte grunnsjokket fra eksplosjonene til at noen gamle tallerkener på Hjerkinng fjellstue, som ligger bak en fjellrygg ca. 10 km fra forsøksstedet, falt ned fra kjøkkenveggen og ble knust. Det ble sørget for en passende kompensasjon for skadeverket.

Etter en del modifikasjon og forbedring hjemme, både hos Siemens og på FFI, ble tester og endelig demonstrasjon av registreringssystemet vellykket gjennomført i august 1998. I 2000 ble det inngått kontrakt mellom LFK og Siemens forsvarssystemer, som i mellomtiden var konvertert til Thales Communications, på videreutvikling av systemet for bruk i Luftforsvaret. En prøveserie av en ferdig industrialisert sensorenhet ble produsert sommeren 2002.

Helikopterdeteksjon

Det var kjent at luftfarkoster kan detekteres akustisk på relativt stor avstand. Som tidligere beskrevet hadde også Dyrdal opplevd dette under sine vinterferietester av SESAM-akustikken. Høsten 1997 ble det startet et prosjekt rettet mot akustisk deteksjon av



Konseptskisse av et akustisk detektor- og peilesystem mot helikoptere.



Akustisk detektor. (Mikrofon med værbeskyttelse).

helikoptere, med Dyrdal som prosjektleder. Formålet var her å bygge et demonstrasjonssystem for akustisk deteksjon, peiling og identifikasjon av fiendtlige helikoptere. Metodeutviklingen for peiling og klassifisering krevde imidlertid realistiske opptak med en mikrofonantenne tilsvarende den som var tenkt brukt i demonstrasjonssystemet. Data-innsamlingen ble gjennomført i nært samarbeid med SFK, og en mikrofonantenne av ønsket størrelse ble i første omgang utplassert ved Haakonsvern. (Antennen besto av i alt 15 mikrofoner plassert i to konsentriske sirkler med 7 mikrofoner langs hver sirkel og med en mikrofon i sentrum. Diameteren til de to sirklene var hhv. 10 og 15 m.)

Her kunne en gjøre opptak av helikoptere på tur mellom Nordsjøen og Flesland. Flere måleserier ble gjennomført med dette oppsettet sommeren og høsten 1999. Nanna Skjei tok seg av peilemetodikken, Ove Kent Hagen utviklet klassifiseringsalgoritmen og Bjørn Hugsted satte sammen demonstratoren og skrev det meste av systemprogramvaren.



*"Idargjengen" på plenen foran Avd BM.
Fra venstre: Lars Harald Helgesen, Nanna Skjei, Idar Dyrdal, Terje Mikal Olsen (senere Mjelde), Bjørn Hugsted, Ove Kent Hagen.*



Mikrofonantenne settes ut på Bardufoss flystasjon.

Vinteren 2000 ble opptaksutstyret flyttet til Bardufoss for supplerende målinger mot et dedikert helikopter med GPS om bord, men datamaterialet ble magert pga. dårlig vær og avlyste flyginger. Deltakerne syntes det var godt å komme tilbake til et varmt kontor på FFI etter disse forsøkene. Senere ble antennen montert på plenen foran Avd VM, nå som en del av demonstrasjonssystemet som hadde vært under utvikling en tid.

Lydsignalene ble digitalisert og overført til en sentral PC for sanntids utarbeiding av peiling og identifikasjon. Demonstrasjonssystemet ble flyttet til LFK for utprøving og endelig demonstrasjon mot dedikerte helikoptre i desember 2000. Selv om været reduserte omfanget av testene, ble potensialet til et slikt system behørig demonstrert.

AUV – Autonom undervannsfarkost

I 1992-93 hadde Avd VM gjennomført prosjekt 619 AUV-mulighetsstudie, som skulle vise seg å bli begynnelsen på en mangeårig satsing på utvikling av autonome undervannsfarkoster (AUVer). Prosjektet hadde utviklet og demonstrert en enkel AUV – en av de første i verden. (Se "Autonome undervannsfarkoster" i denne hefteserien). Denne demofarkosten hadde ingen nyttelast. I det videre arbeidet ønsket forskningssjef Per Thoresen og prosjektleder Nils Størkersen å bringe BM-gruppen inn i AUV-arbeidene. Per Espen Hagen, som hovedsaklig hadde bakgrunn fra BASIS algoritmeutvikling, ble ansvarlig for billed- og signalbehandlingsaktivitetene

i prosjektene 674 HUGIN, 686 Dypvanns minejakt (DYMJA) og 710 AUV teknologiprogram (AUTOTEK), som løp parallelt gjennom siste halvdel av 90-tallet. Under HUGIN ble AUV-teknologien utviklet for det sivile markedet, i stor grad finansiert av Statoil; DYMJA vurderte teknologien for det man antok ville bli den første militære anvendelsen, mens AUTOTEK videreutviklet kritiske teknologier for mer fullverdig autonome farkoster. Prosjektene involverte, i tillegg til flere miljøer på Avd VM, også grupper på Avd E, Avd U og Fellesverkstedet, samt Kongsberg Simrad AS. Særlig prosjekt HUGIN var et utmerket eksempel på hvor godt samarbeide mellom flere grupper, avdelinger og til og med bedrifter, kan fungere.

Erfaringene fra terrengnavigasjonssystemet utviklet i BASIS dannet grunnlag for en ny metode for undervanns terrengnavigasjon ved hjelp av ekkolodd. Eilert Heyerdahl, Per Espen Hagen og Morten Kloster utviklet og implementerte under AUTOTEK-prosjektet et system som ikke bare kunne navigere, men samtidig bygge opp eller forbedre et dybdekart over området en farkost beveget seg i. Metoden ble ansett som så betydningsfull militært at det ble besluttet verken å publisere eller ta ut patent på den.

De øvrige billedbehandlingsaktivitetene økte gradvis i ambisjonsnivå. Blant de første resultatene var spesialtilpassede komprimeringsalgoritmer for sanntids overføring av sonardata over smalbandede og til dels upålitelige akustiske linker. Disse algoritmene har nå i flere år vært en del av det kommersielle



HUGIN-produktet som markedsføres og selges av Kongsberg Simrad AS. Under prosjekt 710 AUTOTEK ble det utviklet algoritmer for billedforbedring av minejaktsonardata, og disse ble senere videreutviklet i prosjekt 761 Verktøy for MCM ytelsesparametre.

BM-gruppen var på 90-tallet avdeling VMs klart største og mest avanserte programvareutviklingsmiljø, og fikk derfor også en del mer rendyrkede programvareoppgaver i HUGIN-prosjektene. Blant disse var utviklingen av operatørstasjonen for HUGIN, som også er en del av det kommersielle HUGIN-produktet, bl.a. solgt til et amerikansk survey-selskap.

En mer langsiktig del av arbeidet var utvikling av algoritmer for automatisk deteksjon og klassifikasjon av minelignende objekter i data fra ulike sensorer, et sentralt element i et tenkt fremtidig autonomt minejaktssystem. Dette arbeidet ble påbegynt i prosjekt 710 AUTOTEK, og videreført i prosjekt 774 Kartleggende minejaktssystem (MINEKART).

I 1999 overtok Hagen som prosjektleder for de militære AUV-utviklingsaktivitetene, med Størkersen som forskningssjef etter Per Thoresen. På dette tidspunkt var også Petter Lågstad ansatt i prosjektgruppen. Ove Kent Hagen og Bjørn Hugsted var delt på undervannsakustikk og luftakustikk. Totalt var nå seks forskere fra BM-gruppen sysselsatt hel- eller deltid i AUV-aktivitetene.

OPAK - Kamerabasert overvåking

Å beskytte alle vitale forsvarsanlegg mot sabotasje, terroraksjoner og generell kriminalitet ved bruk av tradisjonelt vakthold og sikring er både vanskelig og dyrt. Ved bruk av tekniske hjelpemidler er det imidlertid mulig å etablere en troverdig sikring til en overkommelig kostnad.

Analyser og spill utført i prosjekt 621 (1993) viste at et kamerabasert periferiovervåkings-system kan heve sikringsnivået ved stasjonære forsvarsanlegg som flystasjoner og KA-fort til et nivå som trolig vil avskrekke en fiende fra å sette i gang sabotasjeaksjoner. I fredstid vil et slik overvåkingsystem kunne muliggjøre betydelige kostnadsreduksjoner uten at sikringsnivået blir uakseptabelt lavt.

Kommersielt tilgjengelige kameraovervåkings-systemer hadde imidlertid ikke den kombinasjonen av høy deteksjonsfølsomhet og lav falsk alarmrate som var nødvendig for å dekke Forsvarets behov. Studier hadde vist at teknologien fra SESAM-prosjektene kunne videreutvikles til bruk i kamerabaserte overvåkings-systemer for å gi de ønskede egenskaper. Det ble derfor bestemt å starte et prosjekt med målsetting og utvikle et autonomt kamerabasert periferiovervåkings-system for bruk ved sikring av større militære (og sivile) anlegg. Overvåkings-systemet skulle også kunne integreres med nærforsvaret som et hjelpemiddel i en krigssituasjon. Overvåkings-systemet skulle gi sikker varsling, verifikasjon og dokumentasjon av ulovlig ferdsel inn på avgrensede områder. Alarmkriteriene skulle kunne skille mellom objektkategorier (personell, kjøretøyer etc.).

Våren 1994 ble det startet et samarbeidsprosjekt mellom norsk industri (ledet av Microway MRT AS) og FFI. Prosjektet skulle finansieres av Forsvaret, Statens nærings- og distriktutviklingsfond (SND) og industrien. Det viste seg imidlertid at Microway MRT ikke klarte å etablere sitt økonomiske bidrag, og ved årsskiftet 1994-95 trakk de seg ut av samarbeidet. Det ble så i løpet av 1995 etablert et nytt samarbeid med Siemens AS (Seksjon Forsvarssystemer) og Hernis Scan Systems A/S. Siemens Forsvarssystemer ble senere skilt ut som eget AS, og så, etter å ha blitt kjøpt opp endret de navn til Thomson-CSF Nortech AS i 1998. De er nå gått inn i Thomson-CSF Norcom AS, som i år 2000 skiftet navn til Thales Communication. FFIs andel av samarbeidet ble organisert i prosjekt 660 OPAK.

OPAK omfatter prosessor, operatørstasjon og infrastruktur. Infrastrukturen består av TV-kameraer på master, belysning og kabelsprednett. Prosessoren er kjernen i systemet, og inneholder billedanalyser for automatisk deteksjon av alarmsituasjoner, alarmhåndtering og lagring av alarminformasjon.

Overvåkings-systemet ble utviklet for å gi høy deteksjonssannsynlighet og lav falsk/uønsket alarmrate. Bruker kan selv spesifisere alarmkriterier i form av objekttyper og oppførsel/bevegelsesmønster. Formelle tester av systemet demonstrerte 98% deteksjons-



Automatic Surveillance

Alarms:

No.	Date	Time	Camera	Class
13	950922	19:42	13	Illumination error
14	950923	08:16	21	Large animal
15	950923	14:03	13	Person (walking)

Tidlig utkast til operatørdisplay i OPAK. Feltet til venstre er et kart over kameragaten rundt det sikrede området. De grønne trianglene viser kameraenes dekningsområde i terrenget. Fargen skifter til rødt dersom det detekteres en inntrenger i synsfeltet. En kort videosekvens fra alarmsituasjonen vises i så fall i feltet øverst til høyre, dette til umiddelbar verifikasjon av alarmen. Ytterligere informasjon om alarmsituasjonen gis i feltet nederst til høyre. I dette tilfelle er en gående person blitt detektert i kamera nr. 13.

sannsynlighet og en falsk alarmrate på 0,38 pr. kamera pr. døgn i en trafikkert overvåkingsgate. Alarmer varsles momentant. Alarminformasjonen omfatter et alarmbilde der det alarmgivende objekt er innrammet, en videosekvens tatt opp i et seks sekunders tidsvindu rundt alarmtidspunktet, nøyaktig posisjonsbeskrivelse og annen relevant situasjonsbeskrivelse. Denne løsningen har to fortrinn. Det ene er at falske alarmer ikke krever operatøren for mer oppmerksomhet enn et blick på monitoren og et tastetrykk. Det andre er at den rikholdige informasjonen som operatøren har tilgjengelig gir grunnlag for tilpasset reaksjon ved reelle alarmer.

Systemet ble også testet mot spesialstyrker fra Hærens Jegerkommando.

FFI-prosjekt 660 OPAK ble avsluttet 31. desember 1999. Prosjektet var underlagt

forskningssjef Thoresen frem til høsten 1999. Prosjektleder var Grinaker, frem til han overtok som forskningssjef etter Thoresen. Geir Atle Storhaug overtok prosjektledelsen i sluttfasen. Listen over personell forøvrig som har deltatt i prosjektet ved FFI er lang (med fare for at noen kan være uteglemt): Bjørn Broberg (Hernis, senere ansatt i Thales), Bjørn Braathen, Morten Eide, Bjørn Tore Eriksen, Lars Gaustad, Geir Grønvold, Tommy Hansen, Lars Helgesen, Mads Henriksveen, Hege Jødahl, Kristin Klepsvik (Hernis), Finn Tony Lillebekk (Thales), Geir Linløkken, Halvor Nilsen (Thales), Johnny Njåstad, Tor Olsen (Thales), Hans Chr. Palm, Petter Prydz, Svein Ringstad (Thales), Nils Tore Sandstø (konsulent Hernis), Mette Lise Stave (Thales), Arne G. Styve (Thales), Morten Torsås, Knut Tvette, Bjørn Tveit, Einar Østevold. I tillegg kommer interne medarbeidere hos Thales og Hernis.



Thales Communication AS, Oslo og HERNIS Scan Systems, Hisøy er leverandører av VID-systemet OPAK (VID: Video Intrusion Detection). Det første systemet ble overlevert Luftforsvaret i mars 2002, montert på Gardermoen flystasjon. Systemet skal brukes i det daglige vaktholdet ved stasjonen, men det skal også brukes av Baseforsvarsinspektoratet til å utvikle et sensorstøttet sikrings- og nærforsvarskonsept.

Medarbeidere som har bidratt til dette heftet er:

Stein Grinaker, Idar Dyrdal, Einar Østevold, Per Thoresen, Hans Chr. Palm, Bjørn Tveit, Johs. Bergseth og Tor Høimyr.



Tidligere utgitt i denne serien

1. Om FFIs etablering på Kjeller og utviklingen fram til 1996
2. Terne - et anti ubåtvåpen
3. Datateknologi
4. Radiolinjer
5. Virkninger av kjernevåpen
6. Spredning av stridskasser
Kamuflasje
7. Ildledning og navigasjon
8. Luftvern og sårbarhet av flystasjoner
Olje, gass og norsk sikkerhet

