

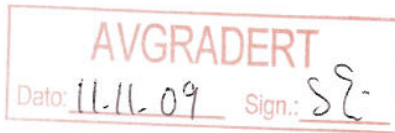
Hemmelig

HEMMELIG

FFIE
Intern rapport E-199
Referanse: 113
Dato: April 1972

H-147

Eksemplar nr 9 av 20
22 sider



H-ARNTV	
000310 - 3.5.72	
SFA	
SFA	

RADAR TRUSEL VARSLER FOR F-5 JAGERFLY

av

P Bugge-Asperheim

Denne publikasjon er HEMMELIG
og tilhører FFis bibliotek
Låntageren er ansvarlig for at den
oppbevares forskriftsmessig.
Publikasjonen kan ikke LÅNES
videre til andre. Returneres til
biblioteket snarest.

Godkjent
Kjeller 20 april 1972

D. Gjessing

D Gjessing
Forskningsjef

FORSVARETS FORSKNINGSINSTITUTT
Norwegian Defence Research Establishment
Postboks 25 – 2007 Kjeller
Norge

HEMMELIG

Hemmelig

Hemmelig

HEMMELIG

FFIE

Intern rapport E-199

Referanse: 113

Dato: April 1972

H-147

Eksemplar nr 9 av 20
22 sider

FFIE	M-ARKIV		
SAK NR.			
000310	-3.5.72		
SIGN.			
SIGN.			

RADAR TRUSEL VARSLER FOR F-5 JAGERFLY

av

P Bugge-Asperheim

Denne publikasjon er HEMMELIG.
og tilhører FFIs bibliotek
Låntageren er ansvarlig for at den
oppbevares forskriftsmessig.
Publikasjonen kan ikke LÅNES
videre til andre. Returneres til
biblioteket snarest.

Godkjent
Kjeller 20 april 1972

D. Gjessing

D Gjessing
Forskningsjef

FORSVARETS FORSKNINGSINSTITUTT
Norwegian Defence Research Establishment
Postboks 25 – 2007 Kjeller
Norge

HEMMELIG

Hemmelig

INNHOLDSFORTEGNELSE

		side
1	INNLEDNING	5
2	OPERATIVE KRAV	5
3	TRUSELEN	6
3.1	Våpenkarakteristikk	6
3.2	Elektronisk trusel	7
4	VARSLEREN	10
4.1	Generelle krav	10
4.2	Mottager	10
4.3	Komparator sats	10
4.4	Signalprosessor	11
4.5	Indikator	12
4.6	Launch	13
4.7	Passiv jammer	14
4.8	Installasjon	14
4.9	Vekt, volum og pris	17
5	ALTERNATIVE UTSTYR	17
6	NORSK INDUSTRIPRODUKSJON	19
6.1	Industripotensial	19
6.2	Utvikling og produksjon	20
7	KONKLUSJON	21
	Litteratur	22

RADAR TRUSEL VARSLER FOR F-5 JAGERFLY

SAMMENDRAG

En radar trusel varslers vil i betydelig grad øke overlevelsesevnen for våre F-5 jagerfly i en væpnet konflikt.

Det er innhentet informasjon om vår operative situasjon og truselen. Et instrument som gir grov retningsindikasjon tilfredsstiller behovet. Et forslag til trusel varslers er beskrevet, og muligheten for norsk produksjon vurdert. En sammenligning med kommersielt tilgjengelig utstyr er vist.

Som tillegg til radar varslers diskuteres en IR-søker. Denne gir pålitelig varsel ved avfiring av alle raketter, inklusive IR-søkende raketter som ikke viser seg ved radar-signaler. Enn videre er beskrevet en passiv jammer i form av en roterende hjørnereflektor som forstyrrer alle scanning type våpenradarer, og er svært billig i forhold til aktive jammere.

Det anbefales norsk utvikling og produksjon av radar varslers, med alternativt tillegg av IR-søker og passiv jammer. Utviklingstid og enhetspris er estimert.

1 INNLEDNING

En undersøkelse av ECM utstyr for F-5 jagerfly (1), anbefaler muligheten for norsk utvikling av radar varslingsmottagere utredet i samarbeid med FFI og norsk industri.

Antenner og det resulterende antennediagram er et nøkkelpunkt for mottagere på fly. Feltforsøk er utført av FFI i samarbeid med LFK og beskrevet separat i (2) og (3). En forstudie er utarbeidet av Nera Bergen (4). Det følgende er videre basert på informasjon fra LST, FO/E (5,6,23), LFK, artikler i Aviation Week og Microwave Journal og tilgjengelige data på eksisterende radar varslers.

De innledende studiene består av en serie uformelle detaljstudier (7-21). Denne rapport vil beskrive resultatene av disse arbeidene og forslag til videre fremdrift. For detaljer henvises til nevnte referanser.

2 OPERATIVE KRAV

Den primære oppgave for våre F-5 fly er å angripe en fiendtlig invasjonsstyrke før den kommer i kontakt med egne bakkestyrker. Invasjon med landgangsfartøyer 500 km fra vår flybase er en aktuell situasjon hvor flyet kan bli utsatt for de fleste trusler som vil forekomme i et spekter av oppdrag.

Cruise til målområdet vil skje i ca 15000 ft høyde, retur i 25000 ft høyde. I begge disse faser kan ventes angrep fra air interceptor (AI) fly. Angrep fra fartøyer bårne surface to air missiles (SAM) kan også forekomme. Under nedstigning til lav høyde før selve målområdet ventes SAM batterier, og i selve målområdet vil våre fly møte massivt motangrep fra SAM batterier og anti aircraft artilleri (AAA) av varierende kaliber.

Landgangsfartøyer, typiske landmilitære mål og transportlinjer vil ha AAA, men sjelden SAM. SAM batterier i en invasjonstyrke vil tvinge våre F-5 fly til å holde lavest mulig høyde til og fra målområdet og under selve angrepet. F-5 flyene kan derfor ikke unngå motangrep fra AAA, mens man så langt råd er vil unngå SAM ved unnvikende manøvre. I selve målområdet vil der ikke være fiendtlige AI.

Utenfor målområdet vil den beste egenbeskyttelse være tidlig informasjon om truselen og unnvikende manøvre, forutsatt at man ikke har aktivt ECM utstyr.

Varsleren er av særlig interesse på vei til og fra målområdet. Den skal motta signaler fra radarstyrte våpensystemer, og grovt angi retning og truselgrad. Såvidt mulig og innen rimelig kostnadsramme skal truselen klassifiseres motsvarende til pilotens handling i en gitt situasjon. Truselbildet fremvises på flyets instrumentpanel.

I tillegg skal varsleren tjene som heimer mot radarmål. Den kan også brukes til å finne tilbake til egen base dersom andre navigasjonshjelpemidler er satt ut av funksjon.

Varsel av trusel forbundet med våpenbruk må skje innen 1 sekund. Varsel av søkeradar skal gis etter senest 15 sekunder.

Med god våpenidentifikasjon kan piloten velge egnet taktikk overfor enhver trusel. Vårt operative konsept (1) benytter meget lav flyhøyde for egenbeskyttelse hele veien fra base til målet. Varsleren tillater større høyde, som forutsatt ovenfor. Derved er det mulig for F-5 å ta større våpenlast og/eller rekkevidde. Et målområde kan angripes på større avstand og med øket effektivitet.

3 TRUSELEN

3.1 Våpenkarakteristikk

SAM, AAA og AI våpen er med få unntak radarstyrt. Noen air to air missiles er infrarød(IR) søkende og kan i god sikt avfyres uten bruk av radar. En mindre, transportabel SAM for feltbruk er også IR-søkende. AAA må antas å ha alternativt optisk sikte. SAM batterier har elektrooptisk tilleggsenhet. Sovjetiske SAM er radiostyrt fra batteriet, mens air to air missile (AAM) radar styring er semiaktiv eller beamrider. AI radaren går over i følgemodus fra søkemodus bare like før angrep, fordi den da mister volumdekning. AI blir dirigert fra store bakkeradarer, og utenfor disses rekkevidde fra early warning fly eller flåteenheter. Dog er deres nøyaktighet ikke bedre enn at AI må anvende sin radar i søkemodus en rimelig tid før angrep. Også SAM og AAA bruker vanligvis en langtreggende søkeradar for å identifisere målet. Noen AAA har søkemodus og følgemodus.

SAM angrep kan ventes fra alle retninger. AI kanonild kommer primært bakfra og på kort hold, dvs under 2 km. Eldre AAM, radarstyrte såvel som IR-søkende angriper i en sektor mindre enn $\pm 60^\circ$ bakfra. Nyere AAM kan angripe fra alle retninger, disse kan være radarstyrte eller IR-søkende.

AAM har rekkevidde på 5-25 km avhengig av type. SAM har rekkevidde på 15-40 km for de typer som er aktuelle mot våre fly. Samtidig har raketter en nedre grense i avstand og høyde over bakken hvor de ikke lenger kan brukes, slik at deres brukbare avstandsområde er typisk som 1: 10. AAA er vanligvis begrenset til under 2 km, men noen grovkalibrede har rekkevidde opp til 4 km.

Forskjellige SAM typer har forskjellige karakteristikker som påkaller ulike manøvre fra flyveren. Det er således ønskelig å adskille disse. Det samme gjelder AAM. Nå har flere

flytyper samme eller nesten maken radar. Dog synes det å være god korrelasjon mellom våpentype og radartype, slik at identifikasjon av radartype er viktigere enn entydig å bestemme våpenbæreren.

AAM avfyres på langt hold, mens kanonild benyttes på kort hold. Mottatt signalstyrke kan anvendes av varsleren til å angi våpentype når AI radaren går i track. Annen forskjell i radarsignalet er det ikke. SAM vil normalt avfyres straks etter at track while scan (TWS) radar settes på.

For SA-2 dobles puls repetisjonsfrekvensen (PRF) ved kortere avstand, og utsendt effekt økes like før missile launch. Dette anvendes til launch varsel i søkemottakerutstyret APR 26 (se kap 5). Nord-Vietnam har ved å generere denne signalsekvens skremt vekk USAF fly utstyrt med APR 26. Større sikkerhet fåes ved å analysere styresignalet. Virkelig visshet om avfyring, uansett styremåte fåes bare ved å detektere raketten i dens boost-fase med IR-søker. Avfyringsøyeblikket er av betydning for en unnvikende manøver.

3.2 Elektronisk trusel

Informasjon vedrørende forventet elektronisk trusel er mottatt (5-6). En analyse av truselen gir følgende slutninger av interesse for denne oppgave.

Ingen enkel radarparameter skiller trusel radar fra ikke-trusel radar. En adskillelse av disse to vil langt på vei identifisere den enkelte våpenradar. Den sikreste identifikasjon oppnåes ved å anvende alle signalparametre, radio frekvens (RF), puls lengde, puls fasing, puls repetisjonsfrekvens eller stagger mønster, og scan mode. Å anvende alle disse parametre ville gi et for denne anvendelse urimelig kostbart instrument.

Den enkelte parameter som best karakteriserer trusel radarer er scan mode, se også (4). Kunnskap om RF-bånd (grov oppdeling) og PRF-område vil ytterligere sikre korrekt mønstergjenkjennelse.

SAM radarer er karakterisert ved TWS med høy scan rate, typisk 15-26 Hz, men også ned til 4 Hz. AI radarer i søkemodus har en rammefrekvens som ligger nær flere skips navigasjonsradarer, og har dessuten samme RF, PRF og puls bredde område (6). Dog har AI radarer et linje scan mønster med 1-8 linjer pr sekund. Dette er langsommere enn TWS, og hurtigere enn søke-navigasjonsradarer, og vil entydig karakterisere en AI radar. Scan mønsteret er også karakteristisk for hver AI radar type. Et mål som blir belyst av en linje i et raster, vil også bli belyst av nabolinjene med tilstrekkelig signalstyrke (12). At en slik overdekning virkelig finner sted blir etterprøvet av ELINT. Navigasjons- og søkeradarer har scan rate under 1 Hz. AAA radarer og AI radar i trackmodus har kontinuerlig pulstog. AAA radar som også har søkemodus, vil i sistnevnte modus ha scan rate under 1 Hz, d v s som en navigasjonsradar.

Noen SAM radarer har samme scan rate, men informasjon om RF-bånd (S, C eller X) vil entydig bestemme SAM-type. Enn videre har SAM radarer en meget veldefinert PRF, eller det dobbelte av denne PRF for kortere avstand til målet. Nyere SAM radarer har et karakteristisk staggermønster innen et begrenset PRF område. Den stabile PRF antas å være resultat av at de anvender moving target indikator med akustiske forsinkelseslinjer. Fremtidige radarer vil få digitale forsinkelser som tillater variasjon, men neppe over store områder av hensyn til andre systemkrav.

AI radarer ligger alle i X-bånd og en nyere i K_u -bånd. De har et visst PRF variasjonsområde, men ikke større enn at det nesten entydig skiller den enkelte AI radar.

Alle AAA og AI radarer i track mode er kontinuerlige pulstog følgeradarer. Sjøbaserte sovjetiske AAA radarer ligger alle i X-bånd og har smal azimuth sektor scan i to nivåer. En slik er også landbasert. For øvrig er alle landbaserte AAA radarer conical scan, noen i X-bånd og noen i S-bånd, flere av disse har store rekkevidde. AI radarer i track mode har conical scan.

AAA radarer har enkeltvis stor variasjon i PRF. De lar seg med enkle midler bare skille i X-bånd og S-bånd AAA radarer.

AI radar i track mode har samme PRF område som AAA radar, og lar seg ikke umiddelbart skille fra disse. Hvis en AI søkeradar forsvinner idet en track radar dukker opp, er det meget sannsynlig at det er samme enhet som har skiftet modus. Om man kontrollerer at dens PRF-område er det som forventes for den aktuelle AI radar type har man ytterligere sikkerhet for at det er samme radarkilde. Enn videre vil det neppe dreie seg om AAA i middels og stor høyde, og det kan anvendes automatisk ved å ta inn i instrumentet barometrisk høydeindikasjon, eller etter pilotens egen vurdering av den taktiske situasjon.

Haleskytter-radar på bombefly har lignende egenskaper som AI radar. Referanse (22) side 23, oppgir at Foxbat har CW radar for semiaktiv AAM styring. CW må detekteres med separat krets.

Av overstående ser man at scan mode analyse og grov inndeling i RF-bånd er tilstrekkelig for entydig våpenradar identifikasjon. I et komplisert radarbilde er det dog tenkelig at flere navigasjonsradarer kan gi en truselindikasjon. PRF-analyse vil gi øket sikkerhet mot falsk alarm. Om dette er påskrevet, og i tilfelle hvor fin oppdeling er påskrevet, er det foreløpig ikke tatt standpunkt til (18). En summarisk oppstilling av truselen er vist i tabell 3.1.

Det er ønsket å heime på spesielle søke-navigasjonsradarer. For slike radarer er der adskillig overlap i parametre. Vi har foreløpig ikke mottatt informasjon om hvilke radartyper som er aktuelle mål, og liste av deres scan rate, RF-bånd og PRF til å avgjøre om dette er mulig med rimelig innsats, og rimelig pålitelighet i en typisk taktisk situasjon.

Signalstyrken varierer med R^{-2} hvor R er avstand fra truselkilden, d v s 20 db over en avstandsreduksjon på 10 til 1. Sidelober ligger typisk -20 db eller bedre under hovedlobe. Med en fast terskel for deteksjon av puls-ikke-puls, gir dette et område på 10 til 1 eller noe bedre i avstand. Det stemmer overens med dynamisk område for primær våpentrusel. En varsler kan få inn flere radarer samtidig. Der synes å være god korrelasjon mellom signalstyrke og truselområde for våpen og tilhørende styreradar, men det må etterprøves. Utenfor nevnte område er der ingen deteksjon, innenfor vil truselradaren bli oppfattet som kontinuerlig pulsradar.

AAA og AI radarer i følgemodus gir ikke dette problem, da de ikke belyser målet med sidelober.

Om det overnevnte området ønskes større kan der anvendes manuell eller automatic gain control, f eks ved variasjon av terskelen. I (18) er vist at det vil virke tilfredsstillende, med unntak av operasjon nære store landbaserte søkeradarer. Må man operere nær disse, vil de kunne forårsake at truselradarer i samme RF-bånd blir undertrykket, og i så tilfelle kan det være nødvendig å undertrykke søkeradarene ved puls lengde diskriminering, tabell 3.1. Dette er det ikke tatt standpunkt til.

Radarparameter		RF	Scan mode	PRF	Puls bredde
Våpentype					
1	SAM, båt styresignal	C, X S	TWS 15-27 Hz	850–3500 Hz enkeltvis vel definert	< 1,5 μ s
2	SAM, land styresignal	S,C,X L	TWS 15-27 Hz C-bånd: 4 Hz		Styresignal puls eller CW
3	AI	X, K _u	Palmer raster, 1–8 linjer/s Track: Kontinuerlig conical scan 35-90 Hz	600–6000 Hz moderat variasjon	< 1,5 μ s en CW
4	AAA båt	X	Kontinuerlig, to-nivå sektor scan 17-50 Hz	750–4000 Hz stort variasjons- område	< 1,5 μ s
5	AAA land	S,X	Kontinuerlig, conical scan 20–50 Hz		< 1,5 μ s
6	Skips navigasjonsradarer	C,X	Roterende, 0,1-0,9 Hz	500–3500 Hz valg mellom få	< 1,5 μ s
7	Store søkeradarer	L,S,C	Roterende, 0,07-0,15 Hz	200–800 Hz valg mellom få	> 1,5 μ s

Tabell 3.1 Oversikt over radar trusel

Spiralantenner som har antennediagram egnet for bredbånds ECM bruk, mottar et signal som øker med kvadratet av bølgelengden for konstant effekt tetthet på eget fly. Det er uønsket. Det avhjelpes ved oppdeling i S, C, og X+K_u bånd. Egnet antenne konstruksjon vil ytterligere avhjelpe dette. Man ser også at kilder høyt i K_u-båndet vil mottas med noe redusert rekkevidde, i forhold til X-bånd-kilder, (18,19).

Referanse (23), mottatt under korrektur fasen av denne rapport bekrefter at AI radar i søkemodus har den nevnte overdekning. Videre at en AAA radar har et-nivå scan med blanking, og at en SAM radar har modulert CW styresignal.

4 VARSLEREN

4.1 Generelle krav

En radar trusel varsler består av tre deler:

- a) Antenne og mottager
- b) Signal prosessor
- c) Indikatorinstrument

Fra kapittel 2 følger at dens dekningsområde bør være 360° i asimut, og rekkevidde minst like stor som rekkevidden til aktuelle trusler. Trusel overvåkning er bare et av pilotens mange gjøremål. Signalene må identifiseres i truselgrad og fremvisningen være enkel og entydig for å belaste ham minst mulig.

I det følgende skal beskrives vårt forslag til trusel varsler for F-5 flyene.

4.2 Mottager

Der anvendes 4 bredbånds spiralantenner. Hver har et primært dekningsvolum gitt av en kon med 120° åpning sentrert om antennens akse. De monteres parvis med 90° innbyrdes vinkel, to i et plan $35-45^{\circ}$ under flyets vingeplan og forover, to i vingeplanet og bakoverrettet. Det gir tilnærmet full dekning i alle romlige kvadranter unntagen forover-oppover hvor piloten har best visuell dekning og lavest trusel risiko.

Referanse (3) anbefaler en antenne for hvert RF-bånd. Som et kompromiss mellom trusel dekning og kost skal foroverrettede antenner dekke S, C, og $X+K_u$ -båndene, bakoverrettede antenner C og $X+K_u$ -bånd (18). I S-bånd er der noen landbaserte AAA og en eldre SAM radar. Hvert antenne-element har innebygget mikrostrip RF-filter, detektor diode, beskytterdioder og video for-forsterker (19). Til sammen gir det 10 mottagerenheter. Figur 4.1 viser bare en for hver retning.

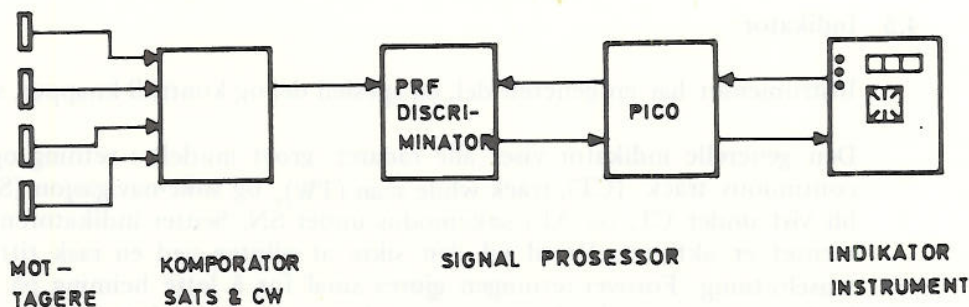
Følsomhet for mottageren er -45 dbm, hvilket gir samme eller noe større rekkevidde enn trusel radaren (4,18).

4.3 Komparator sats

Denne enhet har tre funksjoner; entydig bestemme RF-bånd, og retning for hver puls, og sette et terskelnivå som avgjør puls-ikke-puls (10). Lang-kort truslavstand avgjøres også her (kap 3.1).

Hver komparator er en liten integrert krets som sammenligner to spenninger og gir et logisk signal ut.

Eventuell gain control (kap 3.2) gjøres i samme enhet. I tillegg skal den detektere CW trusel kilder.



Figur 4.1 Radar varsler, blokkdiagram

4.4 Signalprocessor

Kriteriene for trusel identifikasjon er vist i kapittel 3.

En digitalprocessor utfører til dels kompliserte funksjoner i sekvens i tid, og egner seg til å behandle langsomme prosesser som scan mode og logiske funksjoner. PICO er velegnet til vårt formål. Dette er en liten regnemaskin som utvikles ved FFI for et annet formål. Den er mikrointegrert i små brikker til mil specs. PICO har fast programhukommelse (ROM). Programmet kan således ikke ødelegges av elektronisk støy. Der-til er det meget billigere enn vanlig hukommelse.

PICO's oppgave er å lete etter en bestemt scan hastighet i et bestemt RF-bånd som tilsvarer en kjent trusel radar. Denne prosess gjennomløpes for alle kjente trusel radarer og for alle retninger og RF-bånd. Resultatet sendes til indikator-instrumentet, og det hele gjentar seg.

For dette formål kan PRF-diskriminatoren i figur 4.1 bestå av enkle tellere som registrerer pulstall i perioder på f.eks. 0,01 sek (8,14). Herav beregner PICO om det er et kontinuerlig pulstog og/eller et scan.

For ytterligere sikkerhet, kan PRF-diskriminatoren gis mulighet til å detektere spesi- fikke PRF-verdier, eller dele opp det aktuelle området på passende måte (11,18,21). Programmet vil da kontrollere at den forventede PRF virkelig er til stede ved en detektert våpen trusel, se kapittel 3.2.

I tillegg til de spesielle våpenkriterier, er det et program som grovt grupperer alle innkomne signaturer i kontinuerlig, TWS, eller søke-navigasjon, og angir disse på en generell indikator. Således vil en ny og ukjent trusel bli varslet, men uten type nr.

For å undersøke om denne lille prosessor makter oppgaven, er det gjort to prøve programmeringer. Referanse (13) detekterer bare TWS og Continuous Tracking. Referanse (20) er en forbedret utgave som i tillegg gjør SAM identifikasjon og registrerer søkeradarer. Forsøket viser god margin til alle oppgaver som nevnt i kapittel 3.

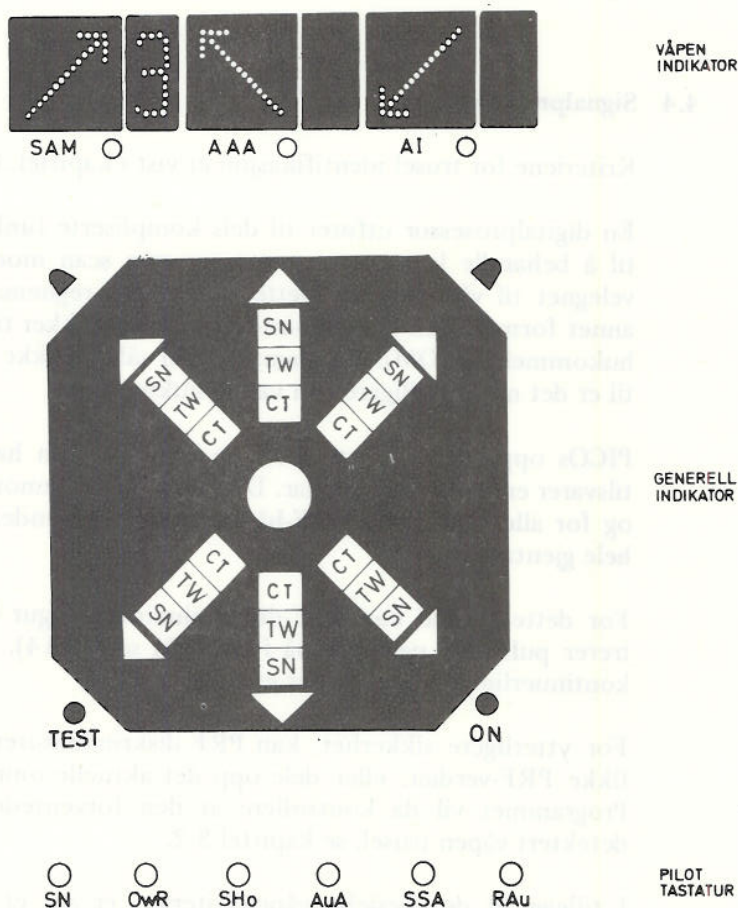
For introduksjon av nye trusler etter installasjon må en programbrikke byttes ut. Dette er en enkel og billig operasjon.

Dersom signalene fra mottagerne førtes direkte til en siffermaskin, måtte denne være betydelig større. Den økede fleksibilitet ville ikke stå i noe rimelig forhold til en vesentlig øket systemkost.

4.5 Indikator

Instrumentet har en generell del, en spesiell del og kontroll-knapper, som vist i figur 4.2.

Den generelle indikator viser alle radarer, grovt inndelt i retning og tre radartyper, continuous track (CT), track while scan (TW), og søke-navigasjon (SN). CW radar vil bli vist under CT, og AI i søkemode under SN. Senter indikatoren lyser når instrumentet er aktivert. Dertil vil den sikre at piloten ved en rask titt aldri tar feil av trusleretning. Forover retningen gjøres smal for å lette heiming på radar kilde. Pilhodet er reservert deteksjon av en radarsignatur som det skal heimes på (9).



Figur 4.2 Radar Trusel Indikator

SN	Delete Search-Nav radars
OwR	Delete own Radar signals
SHo	Select Homing
AuA	Audio Alarm
SSA	Stray Signal Audio alarm
RAu	Raw radar Audio

Våpenindikatoren har en alfa-numerisk og en numerisk indikator for hver av de tre våpentyper, SAM, AAA og AI. Når en kjent SAM radartype identifiseres, vil den numeriske indikator angi type nr (0-9) og den alfa-numeriske veksle mellom S og en pil som viser retning. Ved missile launch vil den veksle mellom S, pil og L. Den midtre seksjon viser A for artilleri, truselretning og 0 eller 1 for X eller S-bånd. Den tredje seksjon viser vekselvis I og retningspil i den alfa-numeriske indikator og type nr i den numeriske indikator, for en AI radar i søkemodus. Når den går over i følgemodus vises i stedet K og pil. Ved missile launch vil den veksle mellom K, retningspil og L. En CW radar vil bli vist som blinkende C i tilhørende våpenfelt. Da det ikke ventes angrep fra AI og SAM samtidig, vil det neppe være tvil om hvor den settes. For klart å adskille de tre våpentyper, gis hvert sett en egen fast farge.

Våpenindikatoren viser bare en trusel av hver kategori. Har man mistanke om at der er flere, trykkes på en liten knapp ved angjeldende kategori, og de andre vil bli vist i sekvens.

En forandring i trusel status varsles ved en kort tone av karakteristisk frekvens i hodetelefonen. Piloten inspiserer da den generelle indikator og så våpenindikatoren. Konstant visuell overvåking er ikke påkrevet. Denne audio varsel kan i et tett truselmiljø blokkeres ved en knapp. En annen kontrollknapp vil gjøre det mulig å ta inn på øretelefonen summen av rå video fra alle mottagere. Fire andre opsjon funksjoner er gitt hver sin knapp, se figur 2 og (9).

Der er en på-av knapp. En selvtest knapp initierer et program i PICO som aktiverer et passende prøvesignal, som igjen modulerer en Gunn-diode. Fremvisning av en bestemt sekvens på indikatoren vil bekrefte at hele systemet eksklusive antennen virker tilfredsstillende.

Våpen indikatoren benytter fiberoptikk og den generelle indikator liquid crystal (17). Lysstyrken er slavet til den øvrige instrumentbelysning og varierbar.

4.6 Launch

En komparator (figur 4.1) for høy-lav signalstyrke (kort-lang avstand til truslekilden) vil gi indikasjon på om en AI radar i track mode betyr AAM eller kanon angrep.

Etter at SAM batteriets TWS følgeradar har låst seg på målet, vil den like før utskytning aktivere et styresignal for radiostyring. For fartøybårne SAM ligger følgeradarene i X eller C-bånd og styresignalet i S-bånd. Instrumentering som beskrevet ovenfor kan sannsynligvis med beskjedent tillegg identifisere styresignalet og korrelere det med tilhørende følgesignal. Positiv deteksjon vises som blinkende L på indikatoren. Noen flere detaljer om styresignalets signatur og styrke trenges for å verifisere dette. Da landbaserte SAM batterier har styresignalet i L-bånd, vil L-bånd mottagerenhet være påkrevet for launch varsel for disse.

Noe usikkerhet vil være forbundet med radar launch deteksjon, idet uheldige vinkler for F-5 flyets antennediagram kan gi lavt signal for kort avstand fra AI, og et SAM styresignal kan settes på for å skremme vekk fly uten å fyre av raketten.

Den sikreste launch indikasjon er å detektere den kraftige IR-utstråling i raketten boost-fase. Det vil registrere både radar og IR-styrte rakett-trusler. En enkel IR-detektor med 360° azimuth dekning er beskrevet i (18). Egnert elevasjon dekning er -14° til $+6^{\circ}$. For et fly i 15000 ft høyde vil denne sektor dekke det overveiende antall av sannsynlige SAM og AAM trusler. Slike angrep skjer vanligvis fra minst 10 km for SAM og 5 km for AAM. Enheten vil være en liten glassradom med diameter 7 cm.

Naturlig plassering er på flyets haletopp, hvor den får full dekning og unngår IR-stråling fra egen jetstrøm. Denne IR-detektor har rekkevidde over 20 km i godt vær og unngår falsk alarm fra solstråling og kanonild. I dårlig sikt er rekkevidden redusert, men da er heller ikke rakettrusler uten bruk av radar særlig aktuelle.

4.7 Passiv jammer

Denne er ikke en del av varsleren, men anses viktig for det som er varslereens formål, øket overlevelsessevne, slik at omtale her er berettiget.

Våre F-5 fly vil vanligvis søke å unngå SAM batterier, men må ofte i sluttfasen av et angrep fly rett inn i AAA, fordi typiske mål som landgangsfartøyer og hærenheter vil ha AAA egenbeskyttelse. Særlig er det en trusel når der er nærliggende SAM enheter som tvinger våre fly ned i lav høyde. En hjørnereflektor med 40 cm sidekast som roterer med samme scan hastighet som trusel radaren, vil generere en siktefeil på typisk 6° i en conical scan X-bånd følgeradar (18). Denne passive jammer vil være effektiv mot alle conical scan (landbasert AAA og AI radar i følgemodus) og sektor scan (marine AAA) radarer. Trusel radaren vil ikke miste track, men generere betydelig feil og tilhørende redusert treffsannsynlighet. Radaroperatøren vil neppe vite om han blir jammet, fordi enheten er passiv.

En hjørnereflektor med sidekast 80 cm vil lage betydelig sidelobe jamming på en SAM TWS radar. Med rotasjonsfrekvens f eks 8 ganger scan frekvens vil den generere 8 kraftige ekko i hver scan retning, d v s 16 falske mål. Fem fly med reflektor som alle befinner seg i et TWS vindu vil generere 80 falske mål, og et visst problem for SAM batteriet.

Reflektoren er plassert i en radom og normalt skjult. Den aktiveres ved trusel manuelt eller automatisk, og dens rotasjonsfrekvens og fase styres av PICO med grunnlag i det mottatte truselsignal.

En passiv jammer gjør samme virkning som en aktiv støy jammer, men til langt lavere pris i anskaffelse og vedlikehold. Reflektoren kan ikke jamme i avstand, men tap av avstandsbedømmelse er av underordnet betydning for SAM batterier og for AAA som man må fly rett inn i, og for AI rett bakfra eller forfra. Reflektoren har ingen nedre grense for »burn through».

Det må påpekes at reflektoren vil være uten virkning på en monopuls mottager antenne som allerede har låst seg på målet. Det samme gjelder CW semiaktivt heimende raketter. Men heller ikke en aktiv støy-jammer vil være virksom mot disse. Som motmiddel og angrep på disse kreves aktiv jammer av høyt ambisjonsnivå, fortrinnsvis kombinert med anti-radar raketter og flere fly i vel planlagt taktikk.

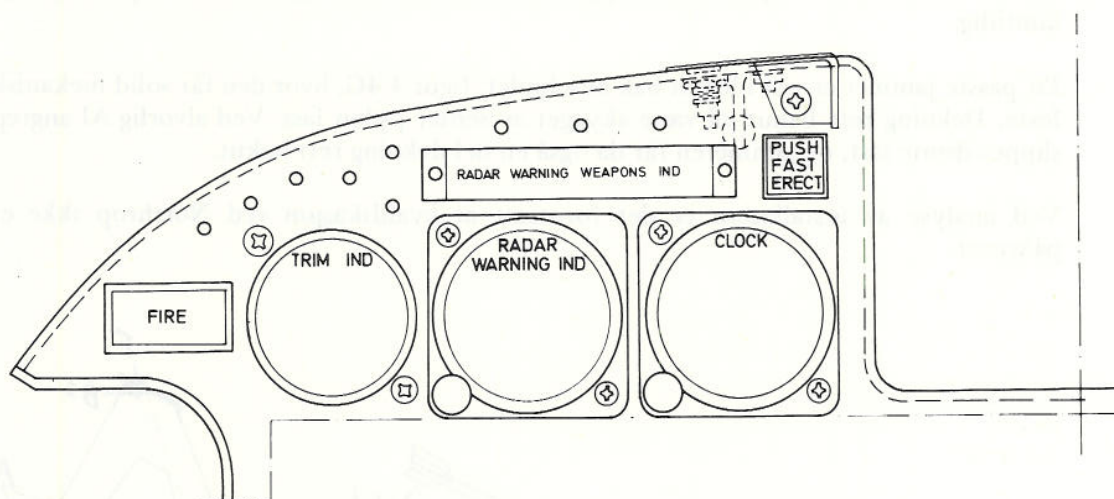
Den passive jammer har større volum med tilhørende øket drag coefficient og noe redusert rekkevidde med en gitt våpenlast. Dette synes å være en liten straff for en prisreduksjon bedre enn 20:1 i forhold til en aktiv enhet.

4.8 Installasjon

F-5 flyene kommer ikke inn til rutinemessig kontroll på LFK. Installasjon bør derfor skje på stasjonsnivå. Luftforsvaret har selv den nødvendige ekspertise til å foreta installasjon av utstyret. Varsleren bør derfor leveres som et monteringsklart sett. Mekanisk utforming og spesifikasjoner utarbeides i samarbeid med LFK for å passe med krav for F-5 flyene og verkstedsmuligheter på stasjonsnivå.

I forbindelse med en annen installasjon er det bestilt nye instrumentpaneler til alle F-5A og F-5RF-fly. På det nye panelet er det avsatt et areal til radar varsler. Flyene kommer inn til LFK til ombygging fra sommeren 1972. Før dette tidspunkt må mekanisk utforming av indikatoren være fastlagt, slik at nødvendig utsparring kan freses ut før instrumenter monteres og det hele plasseres i flyet. Fresing etter at panelet er installert medfører praktiske problemer med spon og vibrasjoner. Også andre mekaniske modifikasjoner som måtte være påkrevet å utføre på LFK for senere installasjon av varsleren må bestemmes tidnok til at det kan utføres ved samme anledning.

Et forslag til arrangement av varslerens indikatorinstrumenter på det tilgjengelige panelareal er vist i figur 4.3, se også (17). På F-5B må «elevation trim» flyttes to skritt til høyre og klokken to skritt ned for å gi plass til varsleren.



Figur 4.3 F-5 instrumentpanel med varsler

Plassering av antennene er behandlet i (3,16,19). Figur 4.4 viser tre alternativer, A, B og C. Alternativ A er enklest ut fra mekaniske monteringshensyn. Alternativ B har klare fordeler på trusel dekningsvolum, antennediagram (d v s sikkerhet for korrekt retningsangivelse), enhetspris, drag coefficient og installasjon. C er grei å montere, men har redusert dekning.

Ved nesekon plassering, B1, erstattes den nåværende magnesiumkon på F-5A med en kombinert magnesium-plast radom av samme fasong og innvendig utforming for montering av antenne-mottagerelementer. Kon med mottagere leveres som en enhet med flerleder ledning for kobling til elektronikkenheten. Ved montering byttes den ut med den nåværende kon og bruker de samme skruefester og skruer. Den konstrueres og utprøves med hensyntagen til antenneplassering og resulterende diagram, radom transmissivitet, aerodynamiske og mekaniske påkjenninger.

Ved plassering B2 monteres permanent en aerodynamisk utformet plast holder øverst i haletoppen bakerst under topp-platen. Mottagerenhetene monteres inn bakfra. Interferens er behandlet tidligere (1). Enheten gjøres lettest mulig. Flutter og mekaniske påkjenninger må kontrolleres.

For F-5RF er det mulig å montere mottagerenhetene i den oppfellbare nesedel. F-5B har en neseradom hvor antennene plasseres. Der sitter nå en L-bånd antenne som flyttes under nesen hvor der er utsparring for alternativ plassering. Den kommer da på samme sted som for F-5A og RF.

Plasseringsmulighet C har antenner på ytre pylon's ytterside, 2 på hver med innbyrdes 90° vinkel (19). Den har liten dekning bakover-oppover. A og C får refleksjoner fra flykropp og pylon last.

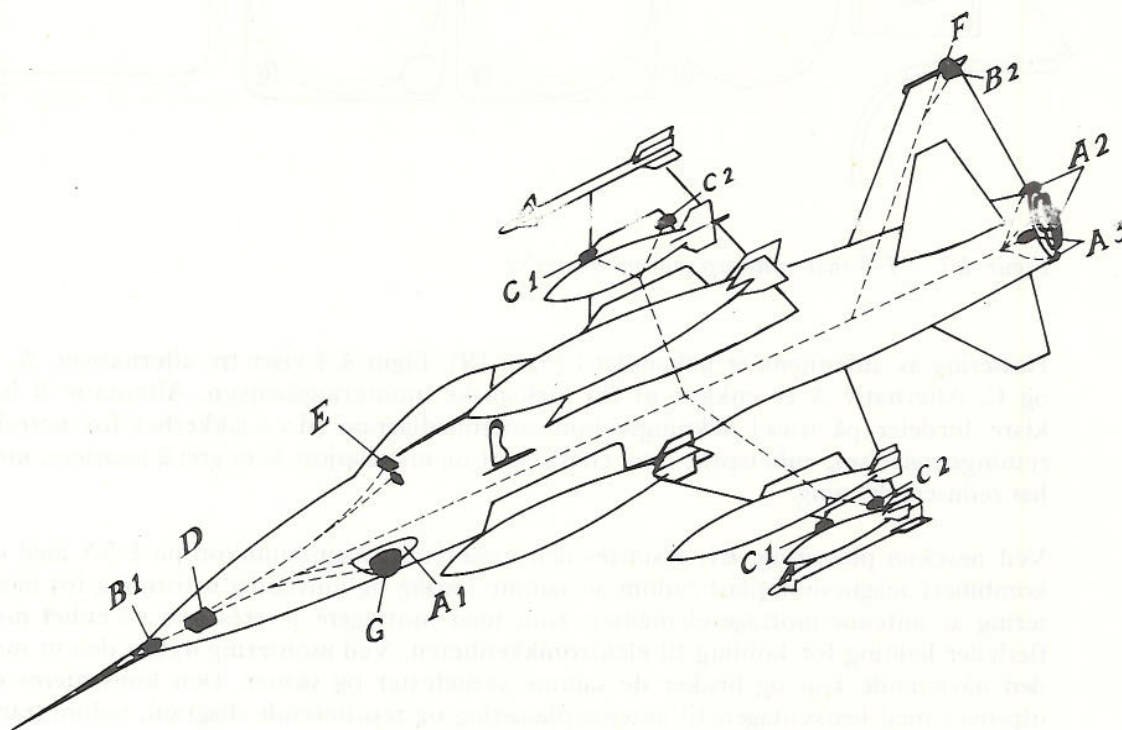
Alternativ B foretrekkes, særlig da utstyret skal monteres på 90 fly. Skulle det by på uventede problemer ved konstruksjon, har man A og C i reserve.

Figur 4.4 viser elektronikkenheten i første skott, D, som på F-5A er tom og har service luke. Flere andre plasseringer er mulig. E er indikatorinstrument.

En eventuell IR-søker har sin naturlige plass oppå halens topp-plate, figur 4.4F. Enheten kan gjøres ganske lett og med diameter mindre enn 7 cm (18). Dersom ILS antenner skal installeres i F-5 flyenes haletopp, bør ECM antenne og IR-søker tilpassing skje samtidig.

En passiv jammer er vist i luken bak neshjulet, figur 4.4G, hvor den får solid mekanisk feste. Dekning rett bakut vil være skygget av senter pylon last. Ved alvorlig AI angrep slippes denne last, og jammeren får da også en del dekning rett bakut.

Ved analyse av installasjon er det forutsatt at kvalifikasjon ved Northrop ikke er påkrevet.



Figur 4.4 Installasjon av varsler på F-5

4.9 Vekt, volum og pris

Tabell 4.1 viser anslått vekt, volum og pris for varsleren.

	Materiell	Vekt, kg	Volum, l	Pris, kr
1	Antennesats, forover	1,5	1,3	15 000
2	Antennesats, bakover	0,6	1,0	10 000
3	Antennekasser og materiell	Inngår ovenfor		5 000
4	Elektronikkenhet	6,0	2,5	40 000
5	Indikator og div tilkoblingsutstyr	0,2	0,4	10 000
6	Diverse og uforutsette utgifter			10 000
7	Sum radar varslere	8,3	5,2	90 000

Tabell 4.1 Vekt, volum og pris for varsleren

Prisene er antatt produksjonspris ab fabrikk i antall av 90 systemer. Vurderingsgrunnlaget er innkjøpspris for tilsvarende amerikansk utstyr, f eks spiralantenner, og der hvor det ikke er tilgjengelig har man beregnet sum av komponentpris og multiplisert med 4, som er et godt gjennomsnitt for produksjonsverdi av elektronisk utstyr. For prosessoren PICO er anvendt dagens komponentpris, selv om prisen på f eks ROM programhukommelse er sterkt fallende, se også (14,18). Prisene er basert på omkostninger pr 1/4-72. IR-varslere og passiv jammer er anslått til henholdsvis kr 15 000 og kr 20 000 pr stk i antall av 90.

5 ALTERNATIVE UTSTYR

To alternative radar varslere som vi er kjent med skal kort beskrives og sammenlignes.

AN-APR-25 og 26, produsert av Applied Technology div av Itek Co, er typisk for varslere som tilbys av flere leverandører i USA. Dette er opprinnelig et ECM radar oscilloscope, matet fra fire bredbåndsantenner slik at vektorene viser retning og signalstyrke (omtrentlig avstand) til alle radarkilder i 360° asimut dekning. Et slikt utstyr finnes på P3. APR 25 er en utvidelse som identifiserer SA-2 SAM og to typer AI og AAA radarer. Den anvender de samme radar parametre for identifikasjon som foreslått i kapittel 3 og 4.

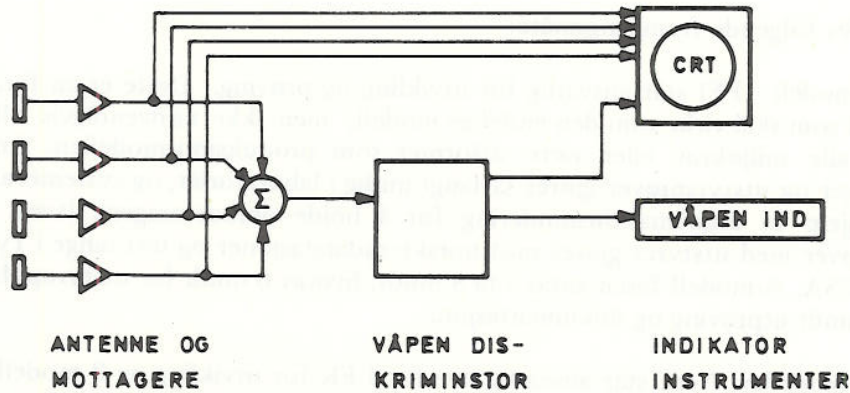
Det som tidligere er sagt om signaldynamikk (kap 3.2) gjelder da også for dette utstyret. APR 25 dekker et utsnitt av hvert RF-bånd hvor trusel er mest sannsynlig. Det er løst bedre i (4) som dekker hele RF-området, og denne metode er forutsatt i kap 4,

APR 37 er en videreutvikling av APR 25. Metoden er den samme, men flere truselindikasjoner er mulig ved en plug-in modul for hver. Figur 5.1 illustrerer prinsippet. Tabell 5.1 viser en summarisk sammenligning.

Itek indikator instrumenter i sin nåværende form får ikke plass i F-5 flyet. Den eneste pris antydning vi har er at utstyret koster fra \$ 10 000 og oppover avhengig av konfigurasjon, og at hver signalidentifikasjon koster \$ 500. Innen PICOs kapasitet er forslaget i kap 4 prismessig lite avhengig av antall truselidentifikasjoner.

1	Radar scope og våpen display. Avstand og retning gitt på scope, meget grovt p g a antennediagram og kilde styrke.	1	Rafinert lysindikator istedenfor radar scope. Generell indikator og våpendisplay. Grov retningsindikasjon i 4 sektorer + rett forut og bakut. Avstandsindikasjon bare lang-kort for AI, kan også gis for de andre.	1	Enkel lampe indikator for retning og våpen. Retning i 4 sektorer, ingen avstand.
2	Identifikasjon for hver våpentype, felles for alle retninger i hvert RF-bånd. Fremvises på våpendisplay. TWS og CT koding på scope. Bare SA2 og 2 AI track. Ikke varierbar gain. Ikke adskillelse av AAA og AI track (bruk høyde ind). Ikke søke-navigasjonsradarer.	2	Identifikasjon for hver våpentype, for hver retning og RF-bånd. Fremvisning på våpendisplay. Alle SAM og AI i søkemodus identifiseres. Derved også adskillelse av AAA og AI. Generell CT+CW, TWS og SN inndeling av alle radarer. Fremvises på generell indikator. Manuell eller automatisk gain.	2	Identifikasjon, generelt for CW, CT og TWS. Kommuterende elektronikk mellom de fire antenner. Problem i tett truselmiljø, og vil nær en trusel kunne gi identifikasjon i flere retninger.
3	Launch indikasjon ved sprang i effekt eller prf for SAM.	3	Launch: For AI ved avstandstærskel. For SAM ved sprang i prf eller ved styresignal, evt ved IR-varsler (opsjon).	3	Launch: Ingen.
4	Teknologi: Diskrete halvledere, kombinert analog-digital. Forbedringer i APR 36/37: a) Moduler for hver SAM våpentype. b) Launch indikasjon ved SAM styresignal. c) Manuelt variabelt gain. d) Ren digitalteknikk. Noe mikrointegrering for å få plass i samme boks. Plug-in moduler for hver våpen og hver launch indikasjon.	4	Teknologi: Totalt mikrointegrert, Liten regnemaskin felles er billigere for større antall våpen, og tillater kompliserte logiske beslutninger. Må delvis omprogrammeres for utvidelse av trusel antall og område. Enhetlig antenne-detektor-forforsterker med mikrostrip og IC kretser. Lite volum og vekt.	4	Teknologi: Enhetlig antenne, detektor of forforsterker. Microwave mikroelektronikk på ceramisk substrat.
5	Dekning: Avhengig av antenneplassering, fire stk. Antennediagram kritisk.	5	Dekning: Avhengig av antenneplassering, helst fire. Antennediagram moderat kritisk.	5	Dekning: Avhengig av antenneplassering, helst fire.

Tabell 5.1 Sammenligning av Itek, CSF og norsk forlag til varsler



Figur 5.1 Prinsipp for AN/APR-25

Utstyret fra Thomson-CSF detekterer bare trusel radarer, og grupperer i CW, TWS og CT. Retning angis i en av 4 sektorer ved 4 antenner med mottagere. Elektronikkenheten kommuteres mellom disse 4. Et sterkt truselsignal kan således aktivere flere retninger samtidig. Tabell 5.1 viser sammenligning med de to andre utstyr. CSF har antydnet pris pr sett på 100-130 000 Fr, d v s 135-175 000 kr eks moms.

Det vites at USAF arbeider med prosessorstyrt trusel varsler (22, side 100), men nærmere enkeltheter er ikke kjent.

6 NORSK INDUSTRIPRODUKSJON

6.1 Industripotensial

Nera-Bergen har lang erfaring i leveranse av ECM utstyr til den norske marine og andre lands krigsfartøyer. Nera peker seg derfor ut som naturlig systemleverandør. Deres spesialfelt er antenner og RF-utstyr.

Neras erfaring på sifferteknikk er mer begrenset. Til gjengjeld har vi på dette felt flere firmaer med demonstrert kompetanse. Her skal nevnes Eidsvold Electronics, Norsk Data Elektronikk og Kongsberg Våpenfabrikk.

Hele elektronikkenheten (komparatorer, PRF-diskriminatorer og PICO) skal mikrointegreres på keramisk substrat brikker. Akers Electronics, Horten, har spesialisert seg på denne teknologi, og er godt kvalifisert for oppgaven. I denne forbindelse er særlig bedriftens arbeid med frekvenssyntetisator for hærens samband av interesse.

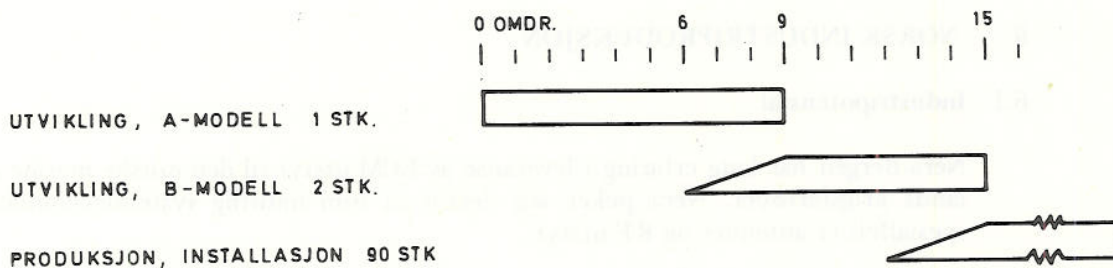
Vi konkluderer at norsk industri har den nødvendige kompetanse for produksjon av radar trusel varsler for F-5 flyene. Den mest rasjonelle løsning synes å være at Nera-Bergen står systemansvarlig overfor Luftforsvaret, og anvender norske underleverandører for det siffertekniske utstyr og mikrointegrering.

6.2 Utvikling og produksjon

Det anbefales følgende fremgangsmåte:

- En A-modell. FFI står ansvarlig for utvikling og prøving. Dette er en funksjonsmodell som skal virke som den endelige modell, men ikke nødvendigvis tilfredsstillende alle miljøkrav eller være utformet som produksjonsmodellen. Antennemålinger og utstyrsprøver gjøres så langt mulig i laboratorier, og systemevaluering ved hjelp av regnemaskinsimulering for å holde omkostningene lavest mulig. Flyprøver med utstyret gjøres mot norske radarstasjoner og test range i Tyskland eller USA. A-modell fasen antas å ta 9 mndr, hvorav 6 mndr for utstyroppbygging og 3 mndr utprøving og dokumentasjon.
- To B-modeller. Nera står ansvarlig overfor LFK for utvikling av 2 modeller som skal prøves til fulle spesifikasjoner. Denne fase starter 6 mndr etter start, d v s straks A-modellen er oppbygget, og varer i 9 mndr. FFI deltar som konsulent i den grad det måtte være påkrevet.
- Produksjon. Nera-Bergen er systemleverandør etter kontrakt med LFK. Installasjon skjer på stasjonsnivå. Produksjonsforberedelser starter 12 mndr etter prosjektstart, d v s 3 mndr før de siste prøver er utført. Første leveranse skjer 16 mndr etter prosjektstart, og fullføres 12 mndr senere.

Tidsplanen er vist i figur 6.1. Den anbefalte overlap skaper nødvendig kontinuitet som reduserer omkostningene og prosjektid. Luftforsvaret kan terminere prosjektet 9 mndr eller 15 mndr etter prosjektstart. Forutsetningen er at Luftforsvaret kan stille nødvendig flytid og personellressurser til rådighet i overensstemmelse med planene. Under første fase er det påkrevet med et nært samarbeid og assistanse fra LFK, LST og FOE.



Figur 6.1 Fremdriftsplan for truselvarsler

7 KONKLUSJON

Ingen tilgjengelig varsler som tilfredsstillende vårt behov for truseldeteksjon lar seg installere på F-5 uten tilleggsutvikling. Da norsk industri har nødvendig kompetanse og erfaring på dette felt, vil det falle rimeligere å utvikle og produsere utstyret selv. Klassifisering av installasjon ved Northrop USA er ikke påkrevet. ECM utstyr og metoder er forbundet med høy gradering i USA. Elektronisk krigføring generelt ventes å få stigende betydning. Følgelig vil forsvaret være tjent med at der forblir en nasjonal kompetanse på dette felt for oppdatering og spesialoppdrag.

Det anbefales at trusel varsler for våre F-5 fly, som beskrevet i kapittel 4, utvikles og produseres i Norge.

Der må taes standpunkt til følgende alternativer:

- a) Radar varsler alene iflg kap 4
- b) Radar varsler + IR-varsler iflg kap 4.6
- c) Radar varsler + passiv jammer iflg kap 4.7
- d) Radar varsler, IR-varsler og passiv jammer

En evt IR-varsler eller passiv jammer kan gis produksjon forskjøvet i tid. I alle tilfelle må beslutning og utvikling skje tidsnok til at mulige tillegg til radar varsler elektronikk og indikator inkluderes i dennes utviklingsfase. Utviklingstid iflg kap 6.2 er 15 mndr og antatt produksjonspris for radarvarsler er kr 90 000 pr sett.

Litteratur

- (1) Narvhus, I T
 - Rapport fra studietur til USA for vurdering av ECM-utstyr for jagerfly, Notat 87/71/B/LTJ INSP/SJ/mai (1971) Hemmelig
- (2) Tangerud, A J
 - Måleutstyr for utprøving av bredbåndsantennener og ECM-utstyr montert på jagerfly (F-5), Teknisk notat E-417, Forsvarets forskningsinstitutt (1972) Begrenset
- (3) Ekholdt, R
 - Måling av bredbånds SHF-antennener på F-5 jagerfly, Teknisk notat E-421, Forsvarets forskningsinstitutt (1972) Begrenset
- (4)
 - Forstudie av radar søkemottaker for F-5 jagerfly, Nera Bergen (1971) Hemmelig
- (5)
 - Luftforsvarsstabens utvikling i samarbeid med FFIs radar varslingsystem for F-5 flyene, Notat 75/71, Forsvarets overkommando/E (1971) Hemmelig
- (6)
 - F-5 radar varsler, Jnr 62389/72/B/FO/E-11/EB/21.30/jan, Forsvarets overkommando/E (1972) Hemmelig
- (7) Bugge-Asperheim, P
 - Varsling av radar trusel for F-5 jagerfly, Arbeidsrapport 1 avd E, Forsvarets forskningsinstitutt (1971) Begrenset
- (8) Bugge-Asperheim, P
 - F-5 radar varslingsenhet, Arbeidsrapport 2 avd E, Forsvarets forskningsinstitutt (1971) Begrenset
- (9) Bugge-Asperheim, P
 - Formulering av krav til truseldetektor, Arbeidsrapport 3 avd E, Forsvarets forskningsinstitutt (1971) Begrenset

- (10) Johansen, V
H P Walberg - Indikasjon av CT og TWS-radar, Arbeidsrapport 4 avd E, Forsvarets forskningsinstitutt (1971) Begrenset
- (11) Bugge-Asperheim, P - Våpendetektor, F-5, Arbeidsrapport 5 avd E, Forsvarets forskningsinstitutt (1971) Begrenset
- (12) Bugge-Asperheim, P - F-5 varsler, flyradar, Arbeidsrapport 6 avd E, Forsvarets forskningsinstitutt (1971) Begrenset
- (13) Johansen, V - Radar trusel detektor – 2 løsningsforslag, Arbeidsrapport 7 avd E, Forsvarets forskningsinstitutt (1971) Begrenset
- (14) Walberg, H P - Periferutstyr, PICO – radar trusel detektor med D/A-omformer 1 og 2 – pris på separatore, Arbeidsrapport 8 avd E, Forsvarets forskningsinstitutt (1972) Begrenset
- (15) Johansen, V - Radar trusel detektor, Arbeidsrapport 9 avd E, Forsvarets forskningsinstitutt (1972) Begrenset
- (16) Bugge-Asperheim, P - F-5 radar varsler – operative betraktninger, Arbeidsrapport 10 avd E, Forsvarets forskningsinstitutt (1971) Fortrolig
- (17) Bugge-Asperheim, P - F-5 radar trusel indikator, Arbeidsrapport 11 avd E, Forsvarets forskningsinstitutt (1972) Begrenset
- (18) Bugge-Asperheim, P - F-5 radar varsler, våpen identifikasjon, Arbeidsrapport 12 avd E, Forsvarets forskningsinstitutt (1972) Hemmelig
- (19) Bugge-Asperheim, P - F-5 radar varsler, antenneplassering, Arbeidsrapport 13 avd E, Forsvarets forskningsinstitutt (1972) Begrenset
- (20) Walberg, P H - Program for PICO brukt som radar truseldetektor, Arbeidsrapport 14 avd E, Forsvarets forskningsinstitutt (1972) Begrenset
- (21) Eisenträger, R - F-5 radar varsler, PRF-diskriminator, Arbeidsrapport 15 avd E, Forsvarets forskningsinstitutt (1972) Begrenset
- (22) - Aviation Week and Space Technology 96, 4 (1972)
- (23) - F-5 radar varsler, Jnr H-831/72/E-11/H-60577/IV/EB/apr, Forsvarets overkommando/E (1972) Hemmelig