

Radarforskning och utveckling under FOA 3:s tidiga år.

Några glimtar som exemplifierar utvecklingen från ekoradio till STRIL 60-radar.

Sven Hasselrot

1. Inledning

När FOA bildades 1945 hade radarteknisk forskning och utveckling i Sverige redan pågått under krigsåren. Den kunskap och det radaroperativa läge detta genererade hade stor betydelse som utgångspunkt för den senare forskningen i FOAs regi. Därför skall denna tidiga forskning före FOA kortfattat beskrivas. Därefter begränsas beskrivningen till perioden från FOAs start 1945 och till radarinstitutionens inflyttning till Linnégatan 89 i början på 1960-talet.

I första hand beskrives verksamheten vid FOA 3:s radarinstitution. Den var till en början en sektion direkt under avdelningschefen och hette sektion L efter sektionschefen Hugo Larsson. Tyvärr räcker inte utrymmet till en heltäckande genomgång, det kan bara bli glimtar som belyser verksamheten. En översikt av utvecklingen framgår av fig 1.

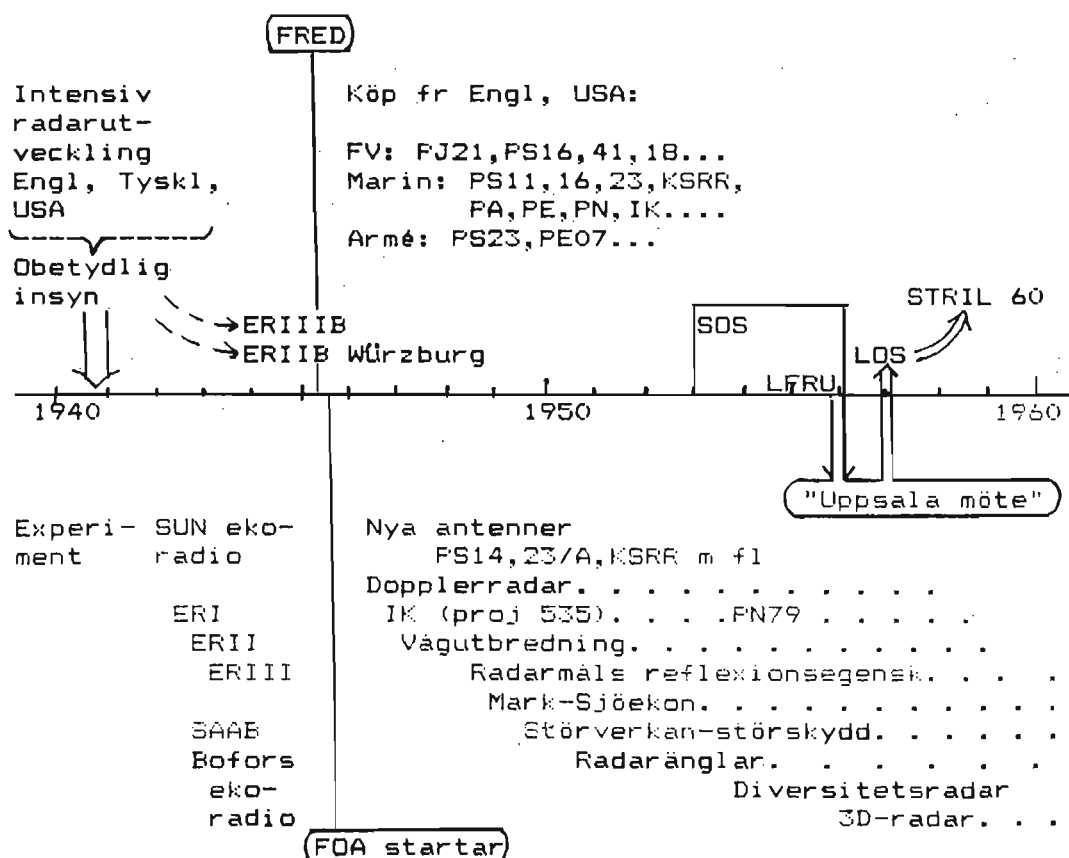


Fig 1 översikt av tidig Ekoradio/Radar-utveckling.

Så till gruppen för radarsystem som Hugo Larsson ansvarade för. Ni får höra mera om den verksamheten i de följande föredragen. Jag vill bara nämna namn på några av dem som tidigt var med i det arbetet.

Där fanns en sektion för radarsystem ledd av Bertil Rosenqvist med tre medarbetare, en sektion för IK-(igenkännings-) system med Åke Björwell och en för radarmotmedel med Sture Risberg och två medarbetare. Sture kommer att i ett föredrag senare i dag redogöra för hur den verksamheten utvecklades.

Slutligen hade vi 1947 inrättat en grupp som arbetade med radiostyrning. Chef här var Tord Wikland. Den bestod av en sektion som arbetade med servoteknik, stabilitets- och manövreringsproblem. Sektionen leddes av Ingemar Persson och han hade två medarbetare. Vidare fanns där en sektion för fjärrstyrning, också den med IP som chef, med en medarbetare och en sektion för mål-sökning där Nils-Henrik Lundquist med en medarbetare svarade för verksamheten. Där studerades också zoner och anordningar för höjdhållning vid lågflygning med tillämpning bl a i lågflygande robotar. Detta blev något av en FOA-specialitet med tillämpningar även utom landet.

Vi ansåg tidigt att vi måste skaffa oss kunskap om televisionsteknik och vad den kunde ge. Intresset för detta i övrigt inom landet i slutet av 40-talet var lågt, även inom Televerket. När Hans Werthén och Björn Nilsson återvände från en studieresa till USA där de studerat televisionsteknik efter att ha gjort sina examensarbeten vid KTH anställde jag dem i all hemlighet vid FOA 3. Jag kunde inte erbjuda dem fasta tjänster därför att då skulle beslutet om anställning ha godkänts av ordföranden i FOAs styrelse som då var chefen för Televerket. Risken för att han skulle vara negativ var stor. De blev i stället arvodesanställda. När man på Televerket fick veta detta vaknade dock intresset och efter någon tid tog man initiativ till Televisionsnämnden där Televerket, FOA, Radiobolaget, LM Ericsson och KTH satte i gång utveckling av televisionsteknik inom landet.

Så kom FOA 3 i gång, snabbt och framgångsrikt tack vare bl a många unga och entusiastiska medarbetare, erfarenheter av ekoradioverksamhet inom landet under 2:a världskriget och ett relativt fritt informationsflöde efter kriget.

Jag skulle gärna berätta mer, men tiden är knapp och i det följande kommer ju en mer utförlig redogörelse för radarverksamheten.

Tack för mig!

2. Tiden före FOAs start.

För att klarlägga kunskapsläget på radarområdet och det operativa radarläget i svenska försvaret vid FOAs start måste vi gå tillbaka till tiden för andra världskriget.

Utomlands, i England, Tyskland och USA pågick och hade pågått en intensiv radarutveckling som både före och under kriget resulterade i flera olika typer av radarstationer. I slutet av kriget överfördes flera av dessa även till Sovjetunionen genom "lendlease"-avtalet. I resultatet av denna utveckling hade vi emellertid ingen eller obetydlig insyn. Radarteknikens existens och dess grundprincip kände vi dock till.

I Sverige kallades denna nya radiotillämpning EKORADIO under kriget och fram till 1947, då vi övergick till den internationellt mer vedertagna beteckningen RADAR.

Olika experiment med ekoradio pågick i Sverige i blygsam skala under de första krigsåren från 1939, bl a av Torsten Elmqvist vid Svenska Aktiebolaget Trådlös Telegrafi (SATT). Han betraktas som ekoradiopionjären i Sverige.

För att effektivisera framtagningen av Svensk ekoradio bestämdes på initiativ av försvarsstabens luftförsvarsavdelning att utvecklingen skulle samlas i Statens Uppfinnarnämnds (SUN) regi. Därför bildades inom SUN i januari 1942 en särskild ekoradiogrupp under ledning av myntdirektör A Grabe. Andra kända namn i den gruppen var förutom Torsten Elmqvist, Hugo Larsson, Martin Fehrm, Ove Norell, J F Hamilton, Tord Wikland, Kurt Engström m fl. Man träffade också avtal med LM Ericsson, SAAB och Bofors om medverkan. Den vägen kom bl a Thorsten Lange och Nils-Henrik Lundquist med.

Två projektgrupper bildades. Den första syftade till att ta fram en frekvensmodulerad ekoradio avsedd för inmätning av fartygsmål för marinen. Den kallades FM-gruppen och leddes först av Torsten Elmqvist och sedan av Hugo Larsson. Den

andra skulle ta fram en pulsmodulerad ekoradio för luft-och kustbevakning. Den kallades därför Pulsgruppen och den leddes av Martin Fehrm.

FM-gruppen höll först till i tält och sedan i provisoriska baracker inom Bromma flygfält. För att lära sig tekniken började man med att undersöka och prova en höjdmätare för flygplan (altimeter) som flygvapnet tidigare i ett exemplar köpt från USA. Den var i princip en liten frekvensmodulerad ekoradio på 65 cm våglängd och därför valde man samma våglängd för den station som skulle utvecklas.

Utvecklingen gick mycket snabbt och redan på sommaren 1942 kunde man visa ekon från olika byggnader och även flygplan på Bromma.

På hösten samma år kunde man börja utprovningen på fartyg som marinen ställde till förfogande. Vid årsskiftet 1942/43 installerades utrustningen på pansarskeppet Drottning Victoria. I början av 1943 var den operativ. Nyligen har vi därför firat 50-årsjubileet av den första svenskkonstruerade ekoradiostationen! Den fick beteckningen Ekoradio typ I eller ER I. På fig 2 visas ett fotomontage av de olika komponenterna och på fig 3 visas pansarskeppet Sverige med ER I-antennen. Stationen serietillverkades av L M Ericsson och SUN:s verkstad. Till flottan och kustartilleriet levererades 15 stationer fram till sommaren 1944. Bofors tillverkade antennerna i tre storlekar. Den minsta till installation på jagare, mellanstorleken till pansarskeppen och den största till kustartilleriversionen.

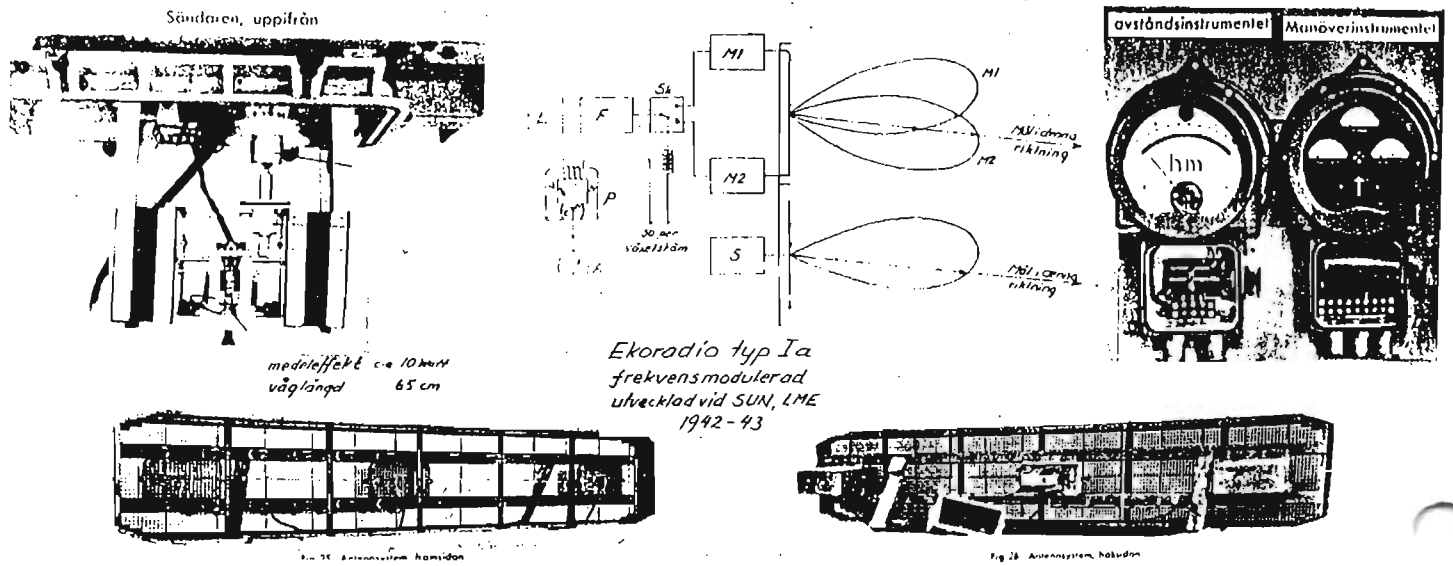


Fig. 2. Fotomontage av komponenterna till den frekvensmodulerade ekoradiostationen ER I.

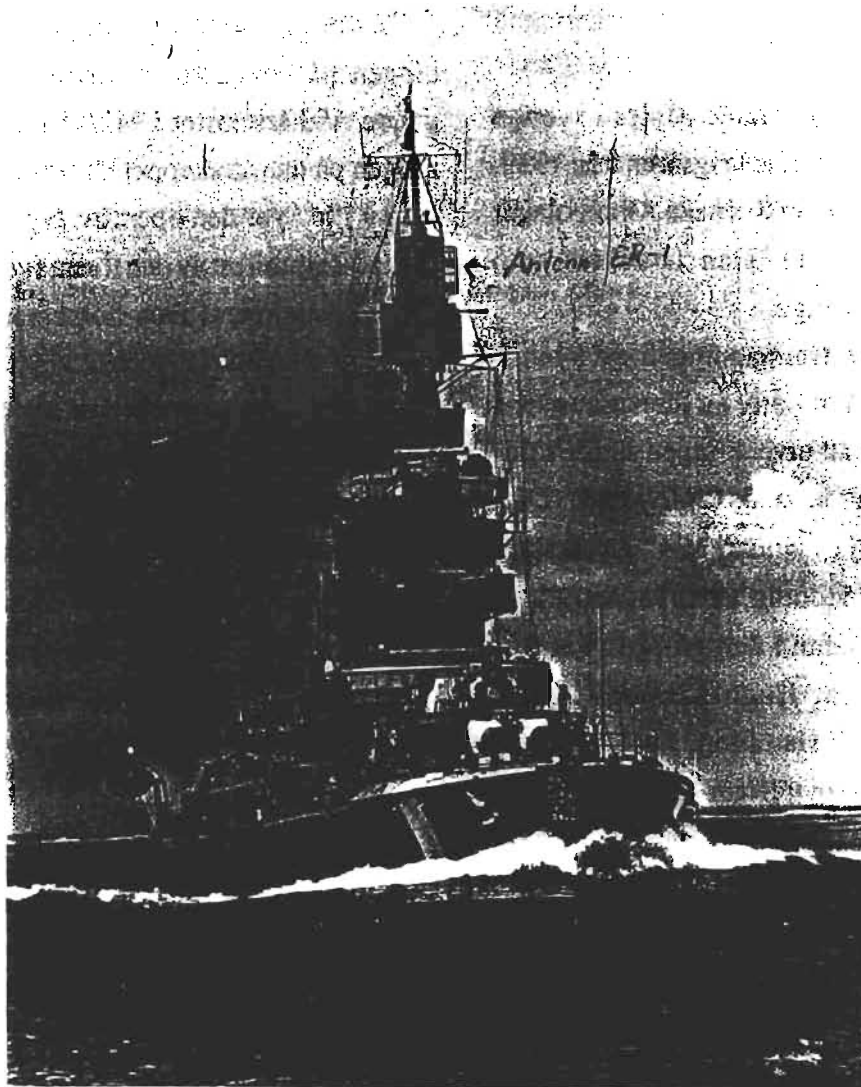


Fig. 3. ER I installerad på pansarskeppet Sverige, samma installation som på pansarskeppet Drottning Victoria.

Pulsgruppen hade till uppgift att utveckla en ekoradio med mycket större räckviddskrav än FM-stationen eftersom den var avsedd för luftbevakning mot flygplan. För att kunna använda sändarrör med hög pulseffekt valdes våglängden 1.5 meter.

Stationen fick beteckningen ER III. En bild av sändaren/mottagaren samt första provantennen visas på fig 4. Prototypen installerades i början av

1944 på Nättarö i Stockholms södra skärgård och hade en mycket stor antenn, 20 m lång och 6 m hög. Räckvidden mot flygplan var 120-150 km. Ekon erhöles även från 15 cm artilleriprojektiler och vattenuppkast från dessa. Man planerade tillverkning av 7 sådana stationer som skulle ställas upp utefter Ostkusten.

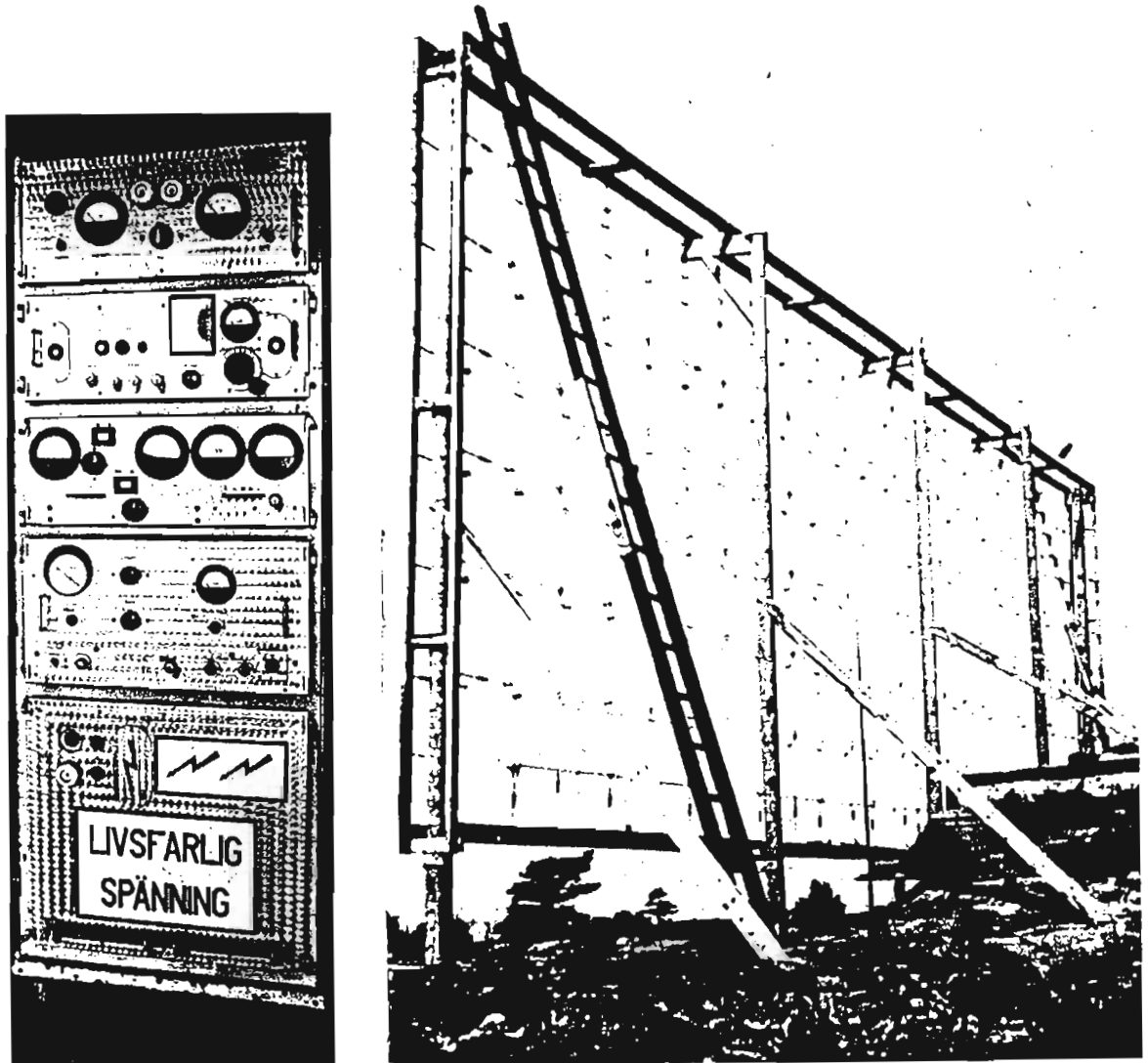


Fig. 4. Sändare/mottagare och antennprototyp till pulsradarstationen ER III.

I juni 1944 fick vi erbjudande att från England köpa 30 stycken mobila luftbevakningsstationer AMES type 6 som använts i det avslutade ökenkriget i Libyen och inte längre behövdes. Därigenom av-

bröts SUN-projektet ER-III och i stället fick den engelska stationen beteckningen ER-III B, se fig 5, och den tillfördes flygvapnet som med den byggde upp sin första radarvarningskedja.

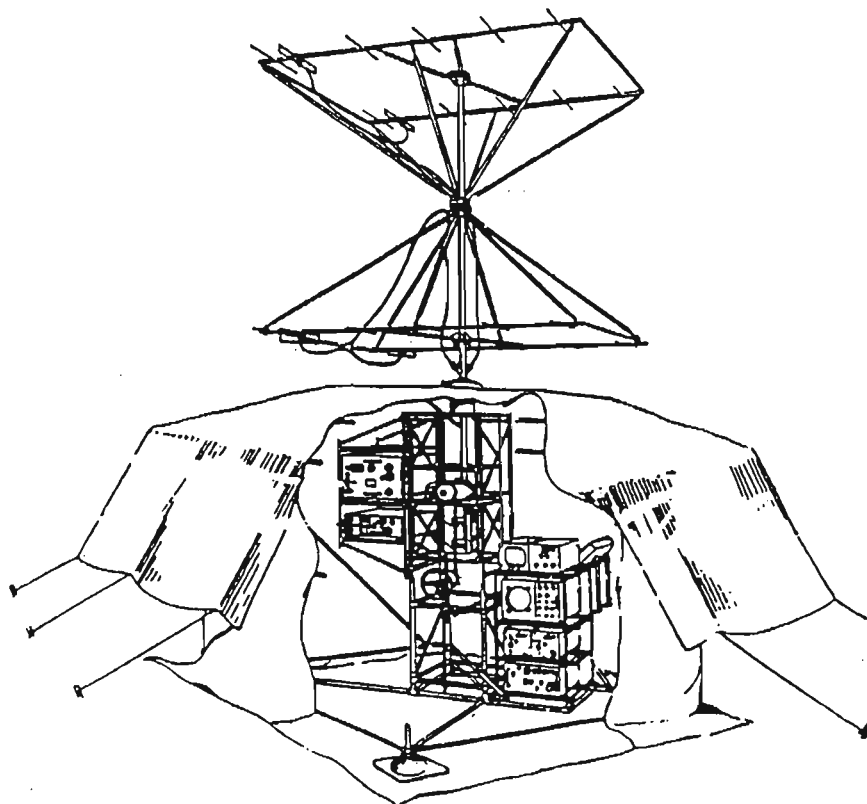
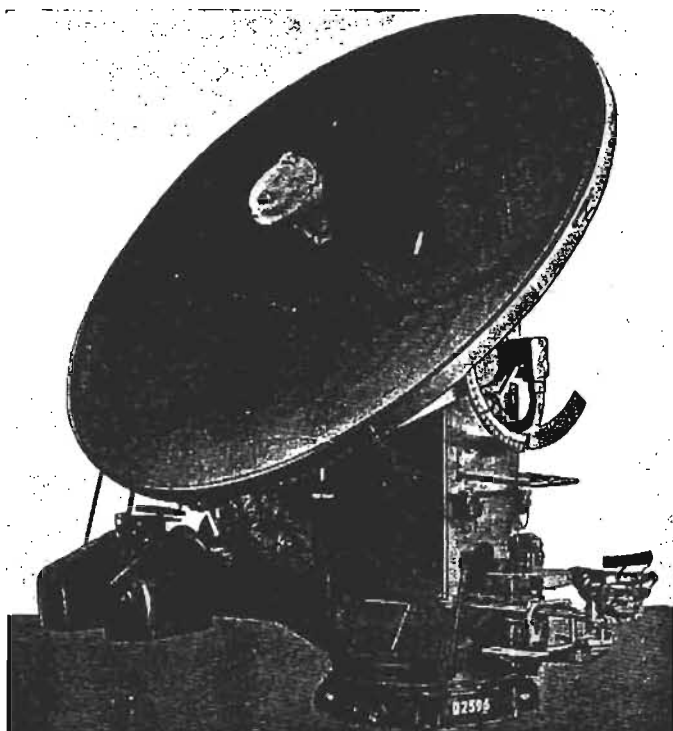


Fig 5. Flygvapnets ekoradio ER-III B. (Marconi AMES type 6)



Det fanns också tankar på ett SUN-projekt ER-II avsett för luftvärn. Man gjorde ett prov på Vaddö med FM-stationen, men det blev mindre lyckat och innan man fortsatte fick vi möjlighet att köpa den tyska luftvärnseldledningsstationen "Würzburg", som i stället fick beteckningen ER-II B, se fig 6.

Fig 6. ER-II-B Würzburg. Station för eldledning av arméns luftvärn.

SAAB och Bofors hade hoppats att deras medverkan i SUN skulle leda till relativt små och lätta ekoradiostationer som kunde bäras av flygplan eller mobila luftvärnsbatterier. När utvecklingen i stället gick mot stora och tunga anläggningar sade de upp avtalet och började utveckla en mindre, pulsmodulerad ekoradioprototyp.

För att kunna använda mycket kort våglängd, i detta fall 16 cm, samverkade de med firman Georg Schönander, som börjat utveckla klystroner, vilka kunde användas i sändaren och lokaloscillatorn. Två prototyper med samma grundkonstruktion togs fram för SAAB respektive Bofors. Nils-Henrik Lundquist från SAAB och Nial Andersson från Bofors torde ha haft huvudansvaret.

Vid prov från Södersjukhusets tak fick man ekon från Värtans gasklocka på 5,6 km avstånd, Spångamasterna på 11 km och trafikflygplan typ JU 52 på 7-8 km avstånd.

SAAB:s prototyp monterades i ett flygplan, typ Handley Page Hampden, och man gjorde åtskilliga försöksflygningar. Det kom in en mängd markekon, men man hade svårt att skilja ut önskade flygplansekon från dem.

Ett tag planerade man en begränsad serietillverkning, men i samma veva tog kriget slut och det stod klart att man utifrån skulle kunna få köpa mycket effektivare flygburna ekoradiosystem, och då avbröts planerna på egen tillverkning.

Vid FOAs start 1945 hade alla tre försvarsgrenarna operativa ekoradiostationer för sina speciella behov. Trots att en del av de svenska ekoradioprojekten från krigstiden inte nådde operativ status fick utvecklingsverksamheten mycket stor betydelse genom att den genererade unik kunskap om ekoradioteknik hos ett antal personer, framförallt de som medverkat i SUN:s och SAAB-Boforsgruppens ekoradioutveckling samt de som haft hand om driftsättning och operativ användning av ER-II B och ER-III B.

3. Personal och målsättning för radarforskningen hos FOA 3 efter starten 1945.

De tillgängliga personerna med ekoradiokunskap spreds efter kriget mellan det nybildade FOA 3 och armé-, marin- och flygförvaltningarna samt delar av industrin. Den sedan länge etablerade samverkan dem emellan fortsatte dock.

FOA 3:s kärna bestod av personal från SUN. Martin Fehrm blev avdelningschef och Hugo Larsson chef för ekoradiosektionen (sektion L). Till FOA 3 kom också Tord Wikland, Kurt Engström och SUN:s verkstadschef Nils Knutsson m fl. Så småningom kom även Nils-Henrik Lundquist dit.

Delar av sektion L förlades i början till SUN:s gamla laboratoriebaracker på Bromma flygfält, se fig 7.



Fig 7. SUN:s gamla ekoradiobaracker utnyttjades av FOA 3:s radarsektion och Flygförvaltningens flygradarlab

När sektion L ombildades till institution 36 med sektionerna 61, 62 och 63 och Kurt Engström som chef förlades hela denna institution till Bromma, där bättre lokaler successivt byggdes. På Hugo Larssons förslag förlades även armé- och flygförvaltningarnas radarlaboratorier till Bromma för att underlätta samarbetet.

Försvaret och FOA hade vid den här tiden två forsknings- och utvecklingsbehov med litet olika inriktning.

För försvaret var det ett närliggande behov att snabbt ta igen omvärldens stora försprång både när det gällde radarkunskap och operativa radarsystem. Segarmakterna - i viss mån även Sovjetunionen - hade ju byggt upp omfattande radarsystem av olika slag, vars egenskaper och prestanda vida översteg de vi hade vid krigsslutet.

För FOA gällde det i första hand att långsiktigt bygga upp en tillräckligt gedigen kunskap så att vi själva kunde utveckla effektiva radarsystem som var anpassade till våra behov och förutsättningar, generera idéer till nya radarlösningar samt kunna uppträda som kunniga och professionella köpare av radarsystem.

4. Närliggande behovstäckning.

Strax efter kriget släpptes en stor mängd information om radartechnik loss. Bl a sammanfattade de amerikanska radarforskarna kunskapsläget när det gällde den grundläggande radartechniken i en tjock bok, "Principles of radar", som kom ut 1946. Den fick en enorm betydelse som släckare av den stora kunskapstörsten på radarområdet.

Marconi College radarskola tog emot utländska elever (= presumtiva köpare). Flera personer från förvaltningarna och FOA fick åka dit för att invigas i den nya tekniken. Besök på radarfirmor kunde ordnas etc. Enklaste och snabbaste kunskapsinhämtningen var naturligtvis att utnyttja detta.

Vidare släpptes en stor mängd radarstationer fria för försäljning, ofta som billig överskottsmateriel ("surplus"). Alla tre försvarsgrensförvaltningarna utnyttjade snabbt detta och det uppstod en köpfest. Man köpte radarstationer för spaning, eldledning mot olika måltyper, navigering, jaktstridsledning och även IK köptes av bara farten. Särskilt marinen fick på kort tid en omfattande flora av olika radarstationstyper. Även FOA passade på att köpa radarutrustning för att undersöka och lära sig och för att få komponenter till sin forskning och apparatbyggande.

För att inför köpen bestämma vilka operativa behov de olika försvarsgrenarna hade och vilka av de erbjudna radarstationerna som kunde tillgodose de behoven tittade man på de engelska förband, fartyg och enheter som ungefär motsvarade våra liknande enheter och hur de hade utrustats med radar. Ofta var man dock i händerna på firmornas försäljare och vad de ansåg att vi behövde.

Ibland kunde de erbjudna radarstationerna inte helt motsvara våra behov. Ofta var det antennerna som inte passade oss. Man fick då kompromissa och köpa "närmast liknande" och räkna med att vi själva kunde modifiera stationerna för att anpassa dem till våra förutsättningar och behov. FOA, särskilt Hugo Larsson, fick ofta en viktig roll som rådgivare. Han utlovade också FOAs hjälp vid den nödvändiga modifieringen.

Följande exempel är typiska:

Armé-, marin- och flygförvaltningarna hade alla tre köpt var sitt spaningsradarsystem för olika användning. Alla tre var tillverkade av Marconi och hade samma sändtagare, "type 293", på 10 cm våglängd och 500 kW pulseffekt.

Arméns station skulle användas för luftvärnets luftspaning och målinvisning och vara fordonsburen. Någon sådan fanns ej direkt utan man köpte en station för fartygsbruk. Den var försedd med en "ost-antenn" som för arméns användning var alldeles för liten. Man avsåg att installera stationen i egna fordon och man behövde en större antenn som gav en räckvidd av 60 km och en höjdtäckning av 5000 m.

Marinens station skulle användas för kustartilleriets ytspaning. Den hade en tung ostantenn som var sammanbyggd med en IK-antenn som vi inte behövde. Ett exemplar hade installerats på Mälsten i Stockholms södra skärgård. Man behövde en lättare antenn utan IK och med ungefär samma elektriska data som ostantennen.

Flygvapnets station var avsedd för jaktstridsledning. Den hette på engelska AMES-14 och in-

gick tillsammans med höjdmättningsradarn AMES-13 i jaktstridsledningsstationen AMES-21. AMES-14 betecknades i Sverige PS-14 och visas på fig 8. Den var transportabel och antennen hade en i vertikalkplanet mycket smal lob som gav en höjdtäckning upp till maximalt 5000 m. Det räckte under kriget eftersom de propellerflygplan som då fanns knappast kunde flyga högre. Efter kriget började jetflygplanen komma, t ex vårt jaktflygplan J28 Vampire. De kunde utan vidare komma upp till 10000 m och därigenom flyga över radartäckningen på AMES-14 så att de aldrig upptäcktes. PS-14 måste därför få en ny antenn med höjdtäckning upp till minst 10000 m. Antennen fick inte vara större för att inte transportmöjligheten skulle äventyras. Höjdtäckningen måste därför tas på bekostnad av räckvidden.

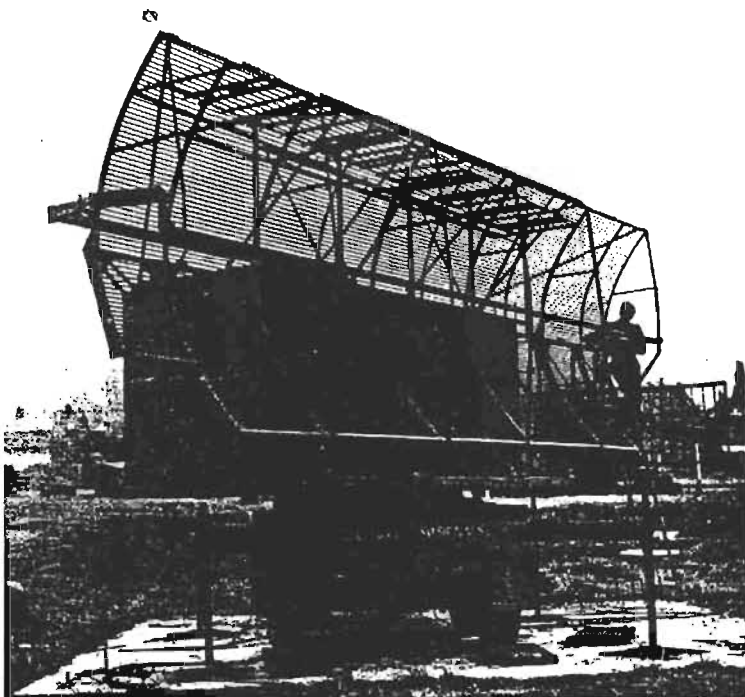


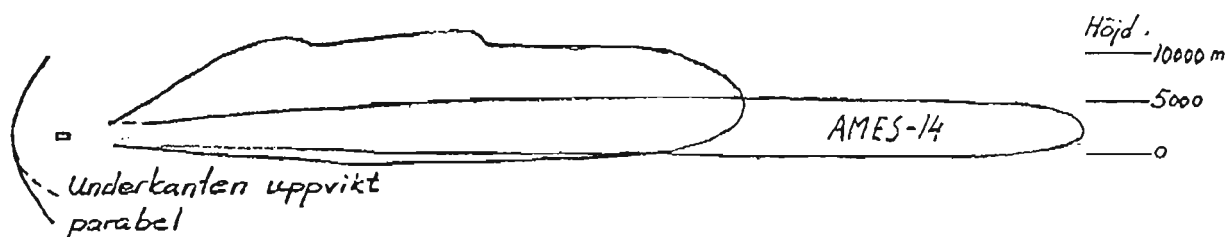
Fig 8. Marconis spaningsradar AMES-14.

Hugo Larsson hade lovat att FOA skulle hjälpa till med framtagning av prototyper till dessa nya antenner. När jag började på FOA i januari 1948 frågade Hugo Larsson mig redan första anställningsdagen om jag ville åtaga mig detta antennjobb. Det var ju en tuff utmaning och jag sade ja, dock med en viss tvekan. Radar var emellertid inte något nytt för mig, jag hade under hela 1947 gjort värnpliktens facktjänstgöring i flottan och därvid installerat och driftsatt åtskilliga av de engelska radarstationer som marinen köpt. Bl a kunde jag Marconis sändtagare type 293 som ingick i de aktuella stationerna på mina fem fingrar.

Efter diskussioner med Hugo Larsson, Bertil Rosenqvist, Folke Bolinder m fl beslöts att för alla tre antennerna använda samma huvudprincip som för den engelska AMES-14 antennen, dvs en cylinderparabolisk reflektor, matad av en sk slitsvågledare. Därigenom undveks dubbelkrökta reflektorytor som bedömdes ta lång tid att utveckla, det var bråttom, stationerna var ju redan köpta.

Vi började med flygvapnets antenn. För att få upp höjdtäckningen måste strålningen riktas snett uppåt och det kan åstadkommas genom att böja upp reflektorns underkant eller böja överkanten bakåt. Idealet är att antennloben har sk cosecant2-form, vilket innebär att överkanten är någorlunda rak och parallell med jordytan, se fig 9. Beräkningsmetoder för detta samt för slitsvågledare fanns beskrivet i litteraturen, bl a av en amerikansk-kinesisk forskare vid namn Chu.

Fig 9. Ändring av vertikala strålningsdiagrammet för AMES-14.



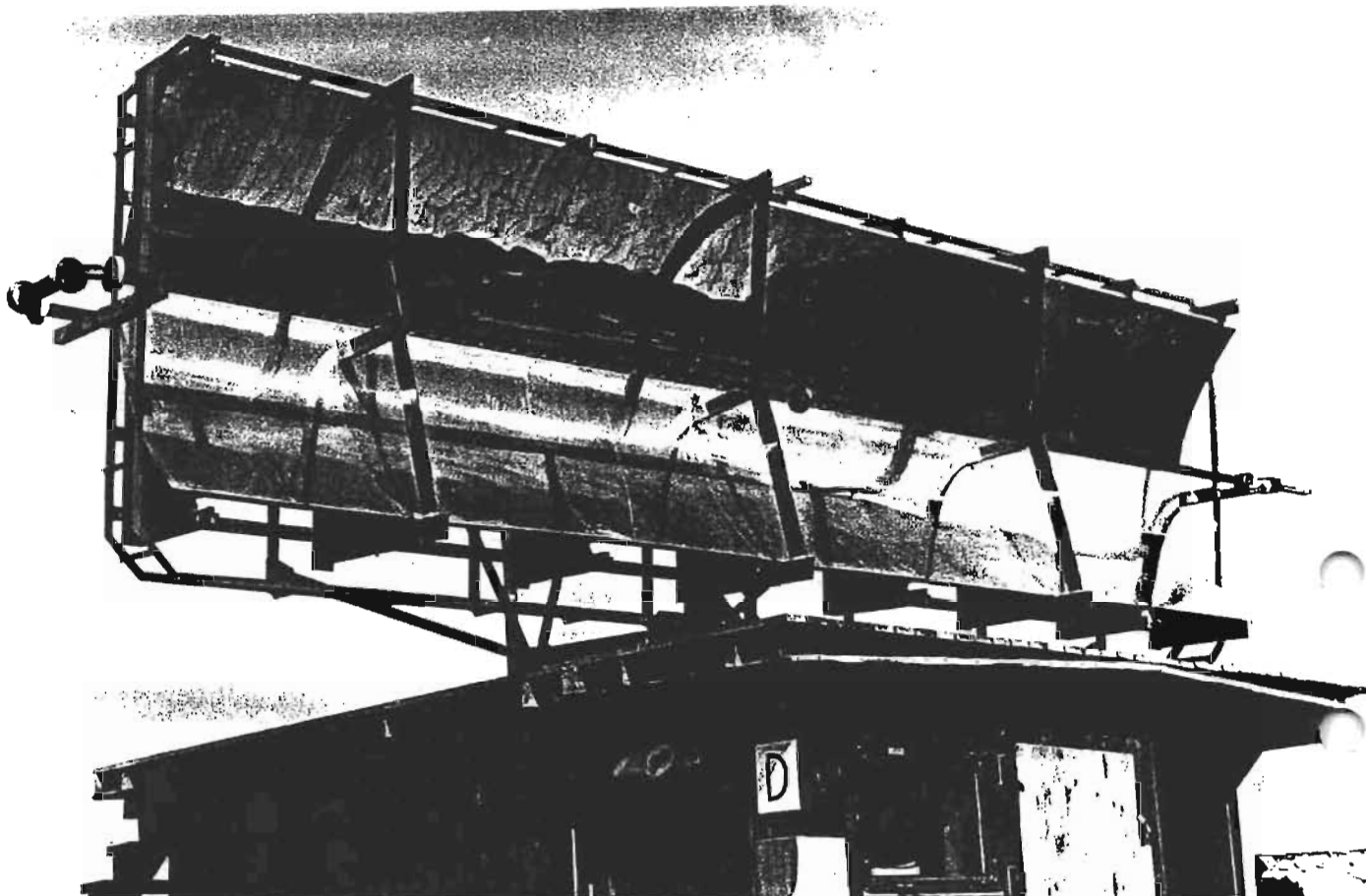


Fig 10. Första prototypen till modifierad AMES-14-antenn.

En första antennprototyp gjordes och efter diverse kontrollmätningar sattes den upp på det sk "värnet" på Bromma och kopplades till en radarsändare-mottagare för prov mot flygplansmål, se fig 10.

Vi kunde utan vidare följa J28 Vampire upp till dess högsta höjd, ca 10 500 m. Räckvidden blev dock blygsam, knappt 60 procent av AMES-14:s räckvidd. Det stämde någorlunda med beräkningarna, men i flygvapnet var man besviken och gav oss bakläxa, räckvidden måste förbättras.

För att lösa problemet föreslogs då att dela upp höjdtäckningen på två lober, en låglob och en höglob och växla mellan dessa vartannat antennvarv. Den ökade höjdtäckningen togs då inte bara från

räckvidden utan även genom minskning av uppräkningstakten i varje höjdsikt, vilket lättare kunde accepteras av flygvapnet. Två slitsvågledare behövdes då, en för vardera loben. Dessutom föreslog vi att bara den övre halvan av reflektorns parabelkurva skulle utnyttjas enligt fig 11. Då skulle slitsvågledarna inte skymma den utgående strålningen lika mycket och dessutom kunde reflektorn under transport enkelt fällas ner.

En ny antennprototyp enligt dessa principer beräknades och tillverkades. Efter provmätningar sattes den upp på värnet för diagramflygningar. Även denna gång kunde vi följa J28 så högt den kunde nå. Räckvidden blev nu också tillräcklig för

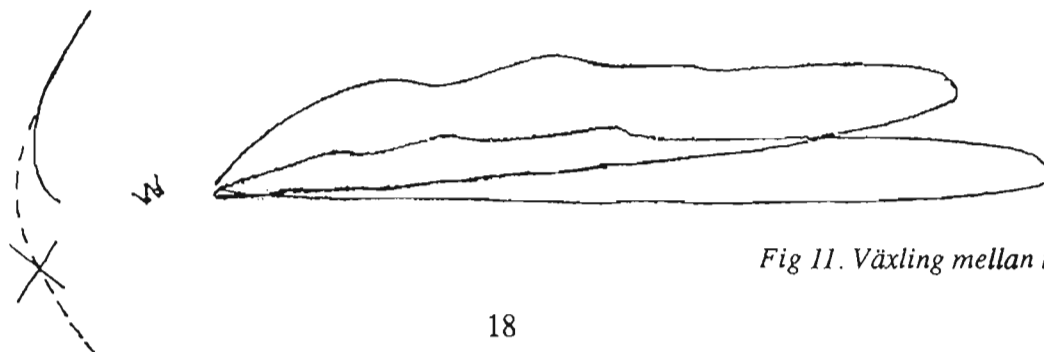


Fig 11. Växling mellan två lober

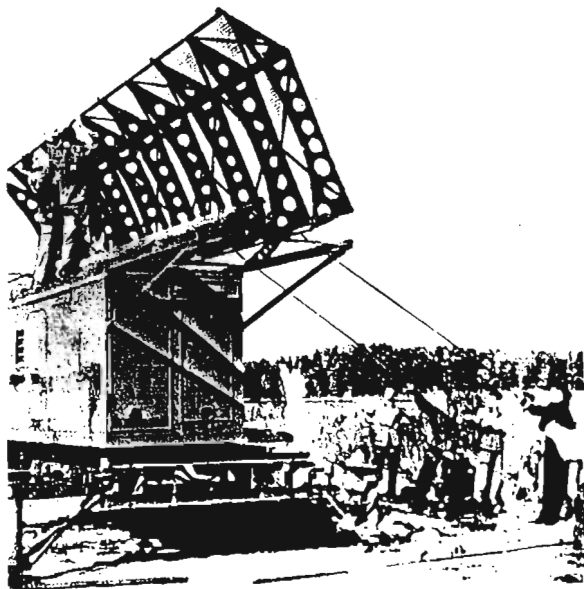


Fig 12. PS-141

jaktstridsledningens behov. Även lobuppdelningen betraktades som en förbättring eftersom den möjliggjorde en grov bedömning av om målet befann sig i låg- eller höghöjdsskiktet. Antennen godkändes därför för serietillverkning, vilken administrerades av Flygförvaltningen.

När originalantennen byttes ut mot FOA-antennen ändrades stationsbeteckningen från PS-14 till PS-141, se fig 12.

Senare införde flygvapnet en fast version av denna radar som försågs med en variant av FOA-antennen som förlängts från 8 m till 14,5 m. Den fick beteckningen PS 144.

Marconi hade sålt AMES-14-stationer även till flera andra länder i Europa. Dessa hade naturligtvis samma problem med otillräcklig höjdtäckning. Flygförvaltningen kunde därför sälja licenser för tillverkning av PS-141-antennerna till dessa. Så småningom torde det därför ha snurrat flera sådana ute i Europa än hos oss.

Arméns spaningsradarantenn utformades i princip som en nedskalning av PS-141-antennen, också den med två lobber. Armén bytte så småningom Marconis sändare och mottagare, först till en fransk sändare/mottagare och sedan till en av LM Ericsson licenstillverkad version av denna. Antennen behöll man dock hela tiden. En enklare variant av denna, med endast en lob, använde luftfartsverket på sin civila trafikövervakningsradar på Bromma flygfält, som användes före den nuvarande Bällstaradarn.

Antennen till marinens radar för kustartilleriets ytspaning var lättare att utveckla eftersom den inte behövde någon höjdtäckning och därför kunde ha en parabelform på reflektorn. En prototyp färdigställdes ganska snabbt och installerades på Mälsten-stationen så att den kunde jämföras med den engelska originalantennen, se fig 13.

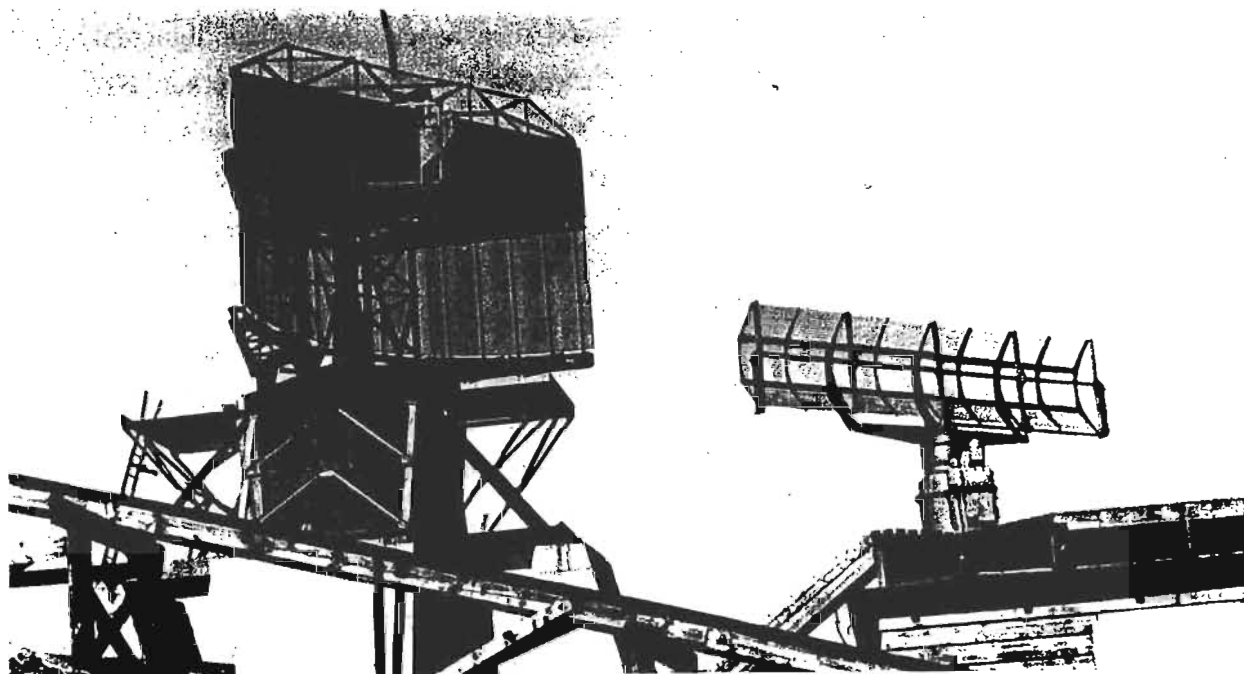


Fig. 13. Kustartilleriets ytspaningsradar med både den gamla ostantennen (över en IK-antenn) och nya FOA-antennen.

Den uppfyllda marinförvaltningens önskemål och serietillverkades senare av marinverkstäderna. Ett stort antal sådana stationer placerades ut längs våra kuster. Några år senare insåg man att dessa stationer borde medverka i luftbevakningen men då måste de ha samma höjdtäckning som flygvapnets stationer. Därför byttes ytspaningsantennerna ut mot samma antenn som installerats på PS-141. De kustspaningsradarstationer (KSRR) har varit operativa till helt nyligen, några är det kanske ännu i dag. För alla seglare och andra sjöfarare har de varit kända sjömärken.

5. FOAs långsiktiga forskning och kunskapsuppbyggnad på radarområdet.

Den långsiktiga radarforskningen startade omedelbart efter FOAs bildande och pågick parallellt med den ovan beskrivna konstruktions- och utvecklingsverksamheten. Ungefär 5 - 7 år efter FOAs start övergick verksamheten nästan helt till den långsiktiga forskningen. Den svenska teleindustrin var då mogen att ta över konstruktionsverksamheten.

Ett stort antal kunskapsuppbyggande radarforskningsprojekt bedrevs under FOA 3-tiden på Bromma fram till början av 1960-talet. Endast de viktigaste av dem skall här kortfattat kommenteras utom ett som skall beskrivas något mer utförligt. Dessutom fanns flera mindre och kortvarigare uppdrag som inte alls medtages.

Dopplerradar

Dåtida radarstationer på marknaden mätte endast riktning och avstånd till målen. Att utnyttja dopplereffekten för att mäta målens hastighet eller särskilja mål med olika hastighet blev följaktligen ett viktigt forskningsprojekt. Ett sådant var därför ett av de första som startades, bl a för att studera möjlig teknik, begränsningar, prestanda etc. Projektledare var Paul Schoster.

Igenkänningssystem (IK)

Marinen hade visserligen köpt engelska IK-system, men dels var dessa enkla med få kodmöjligheter och dels var det principiellt fel att ha ett system som även en eventuell fiende lätt och okontrollerat kunde ha tillgång till. Av egna sekretesskäl måste vi ha ett eget IK-system. FOA startade därför ett forskningsprojekt för att studera lämplig teknik, möjliga hot mot systemet m m. Det resulterade till slut i en prototyp, (projekt 535) som låg till grund för vårt system PN-79. Åke Björvell var projektledare.

Vågutbredning

Radarns egenskaper och prestanda kan ju variera starkt med de aktuella vågutbredningsförhållandena, särskilt på mikrovågsområdet. Forskning om vågutbredning är därför av stor betydelse för planering av radarsystem, särskilt som vågutbredningsförhållandena i Östersjöområdet är ganska unika. FOA bedrev därför sådan forskning. Den skedde inte inom radarinstitutionen utan på inst 34 och med bl a Folke Eklund som projektledare.

Radarmål

Målens egenskaper, t ex radarmålytan, dess variation med aspektvinkeln, möjligheten att förändra dessa egenskaper etc påverkar i högsta grad radarns prestanda. Tidigt började vi därför forska på detta område med bl a mätningar mot olika måltyper vid olika våglängder i både modellskala och fullskala. Målen utgjordes av svenska och ryska flygplan, robotar, snorklar, fartyg etc.

Vid mätning mot målmodeller placerades dessa utomhus på en roterande pelare av skumplast. På så sätt kunde mätningen ske mot himmelsbakgrund så att omgivningen inte störde. Denna metod var dock mycket väderberoende och när denna verksamhet blev alltför resurskrävande för radarinstitutionen flyttades den till inst 34. Än i dag pågår sådan forskning i Linköping.

Störekon

Ekon från mark, sjö, nederbörd etc kan allvarligt störa radarn och reducera möjligheten att detektera önskade mål som flygplan, fartyg, fordon m m. Sådana störekoners egenskaper studerades därför av FOA 3-Bromma. Eftersom de skyddsåtgärder som kunde vidtas mot störekon vanligen baserades på dopplereffektens verkan, bedrevs denna forskning av samma grupp som studerade dopplerradar, åtminstone till en början.

Radaränglar

När vi började få något större radarstationer i Sverige, började det komma rapporter om mystiska ekon från "osynliga" mål uppe i himlen. När man med flygplan for dit för att ögonspana såg man ingenting. Det kunde ju då inte vara annat än ekon från änglar, därav namnet. FOA-Bromma började forska för att finna orsaken. Att det ofta var fåglar kunde vi klara ut, men det stämde inte alltid. Även denna forskning flyttades senare till inst 34.

Diversitetsradar, 3D-radar

I samverkan med flygförvaltningen studerades fördelar och begränsningar om man på olika sätt kopplar ihop flera sändare-mottagare i ett radarsystem, s k diversitets-radar. Även kombinerad höjdmätning och planmätning i en "3-dimensionell" radar studerades därvid.

Störverkan och störskydd

Vi var vid den här tiden medvetna om att radar kunde störas avsiktligt på flera olika sätt och att konsekvenserna kunde bli katastrofala för radarns prestanda och funktion. Vi visste också att man med genomtänkta skyddsåtgärder kunde avsevärt reducera störningens verkan. I dag kallas detta telekrig.

För framtagningen av försvarets framtida radarsystem var det därför av största vikt att kunskapen om dessa förhållanden kunde hållas på högsta nivå. Störskyddsforskning blev därför ett viktigt projekt

för radarinstitutionen på Bromma.

Först ville vi experimentellt verifiera de teoretiska beräkningarna av störverkan på ett urval av försvarets operativa radarstationer vid den aktuella tidpunkten. Det fanns ju flera möjliga störmetoder, men här begränsas beskrivningen till maskerande brusstörsändning.

En påtaglig fördel var vår samlokalisering med armé- och flygförvaltningarnas radarlaboratorier eftersom de hade tillgång till de aktuella radarstationerna. Samverkan skedde naturligtvis också med FOA 3:s motmedelssektion, som kunde ställa upp med provstörsändare av olika slag.

Mycket snart bekräftades farhågorna att dåtidens radargeneration var mycket lättstörd. Detta berodde på ett antal svagheter hos radarn, varav åtminstone två var fundamentala. Den ena var att radarmottagarna hade mycket litet s k "dynamiskt amplitudområde", ofta bara 10 dB och därför snabbt blev överstyrda även av en måttlig störsignal. Sedan hjälpte det inte att ekosignalen framför antennen ökade när målet kom närmare, det drunknade ändå i bruset.

Den andra svagheten var att radarns sändarfrekvens var fast eller endast långsamt varierbar. Då kan störeffekten koncentreras till ett mycket smalt frekvensband precis över radarkanalen och blir då mycket effektiv.

För att åtgärda den första av dessa svagheter började vi tillverka och undersöka s k "logaritmiska" mottagare med stort dynamiskt område. Vi utvecklade också en s k "störsignalstyrd förstärkningsreglering" som vi sökte patent på. På så sätt kunde vi visa att det gick att öka det dynamiska området till ungefär 100 dB, vilket normalt räckte för att hindra överstyrning av mottagarna. Genom samverkan med förvaltningarna infördes så småningom krav på sådan mottagarfunktion i specifikationerna för kommande radarstationer eller modifiering av äldre.

Den naturliga skyddsåtgärden mot den effektiva

smalbandiga störsändningen var att variera radarfrekvensen. Störsändaren försökte då följa med i frekvensändringen. Det uppstod en teknisk utvecklingsduell mellan radar och störsändare med allt snabbare frekvensändring respektive frekvensföljning.

Deltagare i den duellen var i första hand fabrikanter av sändarrör för radar och störare, bl a Svenska Philips. FOA 3 Bromma deltog också i duellen på olika sätt. Bl a samverkade FOA med KMF och Philips vid projekteringen av radar PS-63. Idén var att ha två avstämbara magnetroner som man kunde växla mellan. Medan man sände med den ena, ändrades frekvensen på den andra. Blev man störd växlade man magnetron vilket kunde ske mycket snabbt så att det dröjde en stund innan störaren hittade den nya frekvensen och sedan kunde man växla igen.

När denna frekvensändringsduell pågick i närmare ett decennium uppfann Philips sin hoppfrekvensmagnetron "snurran". Med den kunde radarn växla frekvens slumpartat mellan varje radarpuls, sk hoppfrekvensradar. Det kunde åtminstone dåtidens störare inte följa med och de tvingades överge den effektekonomiska smalbandstörningen och i stället sprida ut störeffekten jämnt över hela det frekvensband som radarn täckte, vilket krävde mycket större störeffekt för samma störverkan.

Den första bredbandiga störsändaren var den sk "Carcinotronstöraren" som baserades på det nya franska carcinotronröret. Den svepte mycket snabbt över en Mhz över hela frekvensområdet och störde då alla stationer som fanns inom detta område. Att ändra frekvens hjälpte inte radarn mer än att framtvunga denna störform.

Carcinotronstörning blev härmed det dominerande störhotet under senare delen av 1950-talet. De flesta militära radarlaboratorier världen över satte nu igång att forska fram ett motdrag mot detta hot, även vi på FOAs Brommalab.

Carcinotronstörsändaren alstrar en serie extremt

korta störpulser i radarmottagaren då störsignalen sveper förbi radarns frekvenskanal. Störpulserna upprepas med en frekvens av minst en Mhz och bildar ett brus som dränker de önskade ekona. Vi baserade vårt störskydd på att störpulserna var så korta. Därför byggdes en mottagare som bestod av flera förstärkare med olika bandbredder och amplitudbegränsare emellan. De korta störpulserna breddades i denna samtidigt som amplituden minskades relativt de önskade ekona. Vi kallade den därför "kortpulseliminator".

Till vår glädje reducerades på detta sätt carcinotronstörningens verkan med minst 20 dB och därmed hade vi i praktiken vunnit över störningen. Förvaltningarna införde därför krav på denna funktion i framtida radarspecifikationer.

Kortpulseliminatorns princip var ganska logisk och därför hade man kommit på samma idé på flera håll oberoende av varandra, bl a i USA. Där hade en herre vid namn Dicke konstruerat en sådan mottagare. I USA kallas alla störskyddsanordningar "fixar" och därför kallades denna Dickes fix eller kort och gott "Dickefix" och detta har senare blivit den vedertagna benämningen på denna mottagartyp. I USA trodde man inte att någon annan skulle kunna komma på något så listigt så Dickefix klassades som "topsecret" och fick inte exporteras.

När vi skulle köpa en amerikansk flygburen radarstation, projekt "Ugglan", så ville vi ha med dickefixfunktionen. Det gick dock inte trots att vi på svensk-amerikansk teknikernivå konstaterade att vi i Sverige hade en precis likadan konstruktion med ungefär samma data. Slutet blev att i deras offert fanns ett hål, där vi kunde stoppa in en svenskbyggd dickefixmottagare. Nu blev det av andra skäl inget köp av Ugglan.

Samma sak inträffade när Flygförvaltningen några år senare hade beställt "tornradarn" PS-15 från Selenia i Italien. Selenia var då dotterbolag till amerikanska Raytheon, som vi visste kunde bygga dickefix. Vi bad Selenia hämta information om hur

man bygger dickefix från sitt moderbolag, men det gick inte.

I stället fick Selenia bygga mottagaren med hjälp av FOAs dickefixprototyp som tillsammans med en FOA-forskare skickades ned till Rom. Denna erfarenhet är ett gott argument för att vi måste ha en egen forskning inom försvaret och inte enbart lita till yttre, utländsk forskning.

6. Utnyttjande av FOAs forskningsresultat och kunskap vid framtagning av radarsystemen i STRIL 60

En översikt visas i figur 14 nedan.

Den tidigare upphandlingen av radarstationer kallades av Hugo Larsson för "gårdfarihandel". Vad vi köpte styrdes i hög grad av utbudet och radarförsäljarnas ("gårdfarihandlarnas") åsikt om vad vi borde ha.

Inför förnyelsen av luftförsvaret efter den första utbyggnaden, särskilt övergången från STRIL 50

till STRIL 60, tog FOA genom Hugo Larsson under 1953 initiativ till "Spanings- och Stridsledningsutredningen", förkortat SOS. I den skulle man mera systematiskt än tidigare planera hur luftförsvaret skulle utformas. I SOS medverkade personal från FOA 3 tillsammans med övriga försvaret.

En viktig faktor som måste klarläggas var vilka krav som man kunde och skulle ställa på de i luftförsvaret ingående radarstationerna. Inom SOS startade mandärför en speciell studie, "Luftförsvarsradarutredningen", LFRU i slutet av 1954 för att ge svar på hur de framtida radarstationerna bör utformas med hänsyn till:

- låghöjdstäckning över hav
- låghöjdstäckning över land
- skydd mot störekon
- skydd mot störsändning
- höjdmätning
- presentation

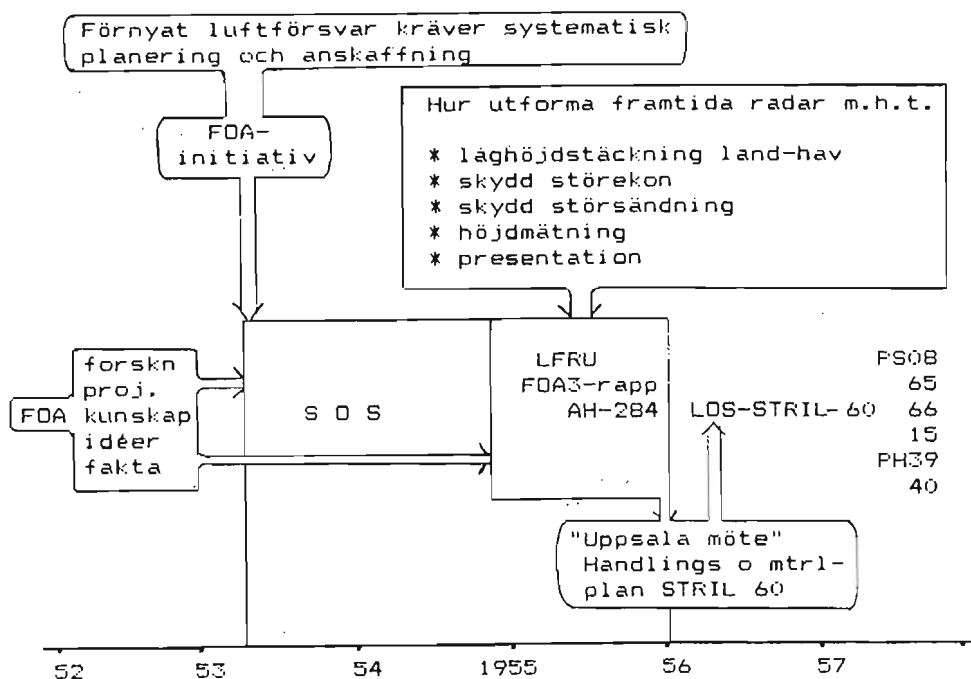


Fig. 14

Inom LFRU bildades grupper för att utreda dessa delfrågor. Underlaget för dessa delutredningar hämtades i första hand från resultatet av FOA 3:s forskningsprojekt och den kunskap och de idéer dessa genererade. FOAs forskare ingick därför i grupperna för att föra över kunskaperna. Man tog en paus i forskandet för att sammanfatta vad man dithills kommit fram till.

FOA-forskarna kallades för "redaktörer" och svarade i alla grupperna för sammanställningen av utredningsresultatet och rekommendationerna. Det samlade resultatet gavs också ut som en FOA 3-rapport. För att säkerställa kopplingen till de upphandlande förvaltningarna svarade dessa för ordförändskapet i varje delgrupp. SOS och LFRU slutrapporterades i januari 1956 på "Uppsala möte", där man fastställde handlings- och materielplan för det kommande luftförsvaret, framförallt STRIL 60.

LFRU var den första systematiska kartläggningen av vad man kunde och skulle kräva av nya radarstationer. Den blev normgivande för kravspeciferingen vid alla tre försvarsgrenarnas radaranskaffningar under den närmaste 10-årsperioden.

Efter "Uppsala möte" bildades Luftbevaknings Och Stridslednings- utredningen (LOS) för att realisera STRIL 60. Den leddes av Flygförvaltningen men FOA 3 medverkade i hög grad även i den.

STRIL 60 blev pionjär i Europa för denna generation av stridsledningssystem. Den kvalificerade framtagningen av den och dess radarstationer väckte stor internationell respekt.

På mindre än en 10-årsperiod hade FOA i hög grad medverkat till steget från "gårdfarihandel" till en systematisk och rationell framtagning av detta framgångsrika system.