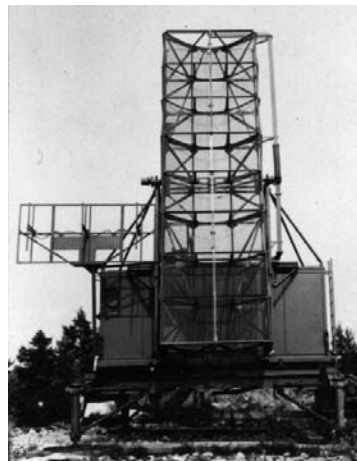
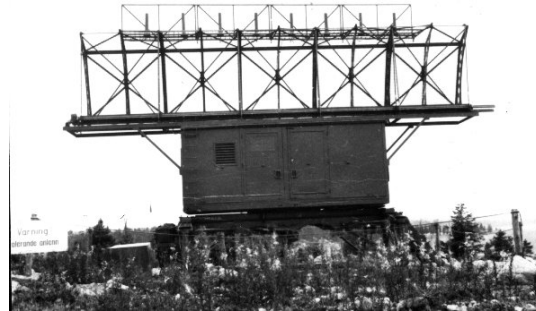




FHT

Försvarets Historiska Telesamlingar
Urvalsgrupp Flygvapnet



MARKRADARSTATION PJ-21

HISTORIK, ERFARENHETER

Del 1. Markradarstation PJ-21, Historik, erfarenheter
Del 2. Taktisk användning, organisation

FÖRORD

Del 1.

”Markradarstation PJ-21, Historik, erfarenheter” (Telub TR:911506, 1991-05-07) har dokumenterats genom uppdrag av FMV av numera pensionerade ingenjören Rune Erlandsson med tidigare anställning vid dåvarande Centrala flygverkstäderna i Arboga (CVA)

Del 2.

”Taktisk användning, organisation” är avsedd att utgöra en komplettering beträffande radarstationens taktiska användning och erforderlig organisation (ref 1). Hänvisning görs därför i vissa fall till ”materieldokumentet” enligt Del 1.

Denna del har dokumenterats av framlidne överstelöjtnant i flygvapnet Bo Ruben.

Utgåvan är redigerad och bearbetad av Karl Gardh, Arboga.

Del 1. Historik, erfarenheter



Innehåll

1	Inledning	3
1.1	Allmänt	3
1.2	AMES-21	3
2	Kortfattad beskrivning.....	8
2.1	Radarstation PJ-21/R	8
2.2	Radarstation PJ-21/F.....	11
2.3	Radarhöjdmätare PH-133/F	12
2.4	Roterande mastanläggning.....	13
2.5	Typbeteckningar	13
2.6	Tekniska data PJ-21/R/F	14
3	Händelser inom projektet	16
3.1	Kontrakt med MARCONI.....	16
3.2	Lån av radarstationer.....	17
3.3	Transportfordon	18
3.4	Kraftaggregat	18
3.5	Serieleverans	19
3.6	Utveckling av ny antenn (likahöjdsantenn 262)	19
3.7	PJ-21/F.....	22
3.8	Roterande mastanläggningar.....	22
3.9	Radarhöjdmätare PH-133/F	23
3.10	UFN (Utrustning för noggrannhetsmätning)	23
3.11	Modifieringar	23
3.12	Avveckling.....	25
4	Underhållsresurser.....	25
4.1	Personalutbildning	25
4.2	Dokumentation.....	26
4.3	Framtagen underhållsutrustning.....	27
4.4	Reservdelar	27
4.5	Framtagna reservdelskataloger	27
4.6	Framtagna underhållsföreskrifter (Anläggningsbundna	27
4.7	Framtagna skyddsföreskrifter	28
4.8	Underhåll	28
4.9	Underhållsnivåer	28
5	Drifterfarenheter.....	29

1 Inledning

1.1 Allmänt

Radarn som hjälpmedel för luftbevakning och stridsledning fick sitt genombrott under andra världskriget.

Både engelsmännen och tyskarna hade redan vid krigsutbrottet utprovade radarvarningssystem. Svenska flygvapnet fick sin första radarstation 1944. Denna station, ERIIB, som inköptes från England i ett trettiotal exemplar hade relativt begränsad prestanda och tillförlitlighet. Stationen var avsedd för luftbevaknings- och säkerhetstjänst men den kom även att användas för stridsledning trots att kraven på prestanda för detta ändamål inte uppfylldes.

Under senare delen av 1940-talet påbörjades den organisatoriska uppbyggnaden av samordnad stridsledning och luftbevakning inom flygvapnet. För detta ändamål krävdes nya och i prestationsavseende mera avancerade radarstationer. Man behövde två olika typer av radarstationer; en för fjärrspaning med lång räckvidd men med mindre krav på upplösning och noggrannhet. Denna radar, som skulle ge tidig förvarning för alarmering och beslut om jaktinsats, anskaffades i ett antal exemplar och fick beteckningen PS-16.

Den andra radarn skulle användas för stridsledning. På denna ställdes stora krav på upplösning och noggrannhet men något mindre krav på räckvidd. Framför allt ställdes det krav på höjdmätning. För att bedriva stridsledning måste man veta målets höjdläge i luftrummet. Stridsledningsradarn måste således bestå av två separata stationer, en spaningsdel och en höjdmätardel.

Valet av leverantör av stridsledningsradar föll på den engelska firman MARCONI, Chelmsford. Sannolikt hade valet av stridsledningsradar påverkats av vad M Ferm från Försvarets forskningsanstalt och K.G Berg från Flygförvaltningen fått se under en studieresa i England 1946. Radarn var då i produktion vid fabriken i Chelmsford och kunde levereras med relativt kort leveranstid. Radarn hade den engelska beteckningen AMES-21.

Denna stridsledningsradar fick den svenska beteckningen PJ-21.

1.2 AMES-21

Den sammanfattande engelska beteckningen på den beställda MARCONI-radarn var AMES-21 (Air Ministry Experimental Station). Radarn, som var avsedd för luftbevakning och jaktstridsledning, började tillverkas vid MARCONI's fabriker i Chelmsford 1942-43.

Stationen var ursprungligen framtagen för och i samarbete med det brittiska flygministeriet. Huruvida någon export av radarn till andra

länder än Sverige och Norge ägt rum efter krigsslutet är okänt. Det norska flygvapnet hade redan 1947 ett par AMES-21 stationer i drift.

Representanter från det svenska flygvapnet gjorde under hösten 1947 studiebesök i Norge för att inhämta erfarenheter av den nya radarn.

AMES-21 var sammansatt av fem fordonsbundna terränggående enheter:

1. Spaningsdel AMES-14
2. Höjdmätardel AMES-13
3. Indikatorvagn DU-5. Gemensam för AMES-13 och 14
4. Kraftaggregat. Gemensamt för AMES-13 och 14
5. Kraftaggregat. Reserv

Den ursprungliga varianten av spaningsradarn, som levererats till Norge, var i motsats till de, vilka senare levererades till Sverige, försedda med två på varandra liggande, ostformade antenner, placerade på kabinens ena långsida (se bild 1).

Antennerna matades genom separata horn. Energin kunde matas in alternativt på den ena antennen eller på båda samtidigt. I det första fallet erhöles en lobbredd i vertikalplanet på 6° i det senare på 4° . I det senare fallet reducerades inverkan av markekon samtidigt som täckningen mot lågt flygande flygplan försämrades.

Antennen var även försedd med en mekanisk anordning för inställning av antennelationen i tre fixerade elevationslägen: 0° , $+4^\circ$ och 6° .

Ursprungsvarianten av radarhöjdmätaren AMES-13, var i likhet med spaningsradarn, försedd med en hornmatad, ostformad antenn (bild saknas). Till skillnad från spaningsradarn var höjdmätarens antenn placerad på kabintaket. Antennens avsökningsfunktion utgjordes av en vippande rörelse mellan -1° och $+25^\circ$.

I en reserapport efter studiebesöket i Norge uppgavs att samtliga fordon hade god framkomlighet även på dåliga vägar, vilket konstaterades i samband med rekognosering av vissa otillgängliga platser i södra Norge. Framkomligheten vid smala passage begränsades dock i viss mån av spaningsradarns bredd p g a antennens placering. Antennen var dock så högt placerad att låga fordon kunde passera under densamma.

Man framhöll vidare som kritik att radarstationerna måste ställas upp exakt horisontellt, annars uppstod stor förslitning på lager och drev ingående i vridanordningen. Kritiken kan tyckas något obefogad eftersom radarstationerna måste vara exakt horisonterade av rent operativa skäl.

El-, servo- och radarutrustning i spanings- och höjdmätarkabinerna var i stort sett identiska. I denna tidigare version, som t ex levererades till

Norge, var de olika enheterna inne i kabinerna synnerligen svåråtkomliga ur betjäning och underhållssynpunkt.

I rapporten noteras vidare att avstämning av sändare, mottagare och vågledarsystem var mycket tidsödande medan avstämning endast kunde ske genom iakttagande av storleken på fasta ekon samt med hjälp av en mindre användbar uteffektmetr. Vid avstämning var man tvingad att följa ett komplicerat program som upptog ca 15 olika åtgärdsmoment, vilka därtill återverkade på varandra så att avstämningsproceduren fick upprepas flera gånger för att erhålla godtagbart resultat. Den omständliga avstämningsproceduren resulterade i att underhållspersonalen drog sig för att rubba en gång utförd avstämning med påföljd att stationens prestanda så småningom försämrades innan förnyad avstämning vidtogs. Det uppgavs vidare att stationen bör vara i drift ca 8 timmar innan stabilisering och därmed bästa prestanda erhålles.

Erforderlig tid för upprättande av stationen från transport till driftläge uppgavs vara 12 timmar med orutinerad personal och 8 timmar med rutinerad personal.

Kraftaggregaten ansågs vara så driftsäkra att något ytterligare krav på elkraft vid eventuella uppställningsplatser inte föreligger.

Även om de till Norge levererade stationerna var behäftade med relativt många konstruktiva svagheter, ansåg man dock att de i stort fyller de krav på prestanda som uppställts för en luftbevaknings- och stridsledningsradar.

På senare versioner, t ex de stationer som levererades till Sverige, hade vissa konstruktiva förbättringar införts. Mottagarna hade modifierats. Avstämningsförfarandet hade därigenom förbättrats även om mycket återstod att förbättra på mottagarsidan under den inledande driftperioden i Sverige.

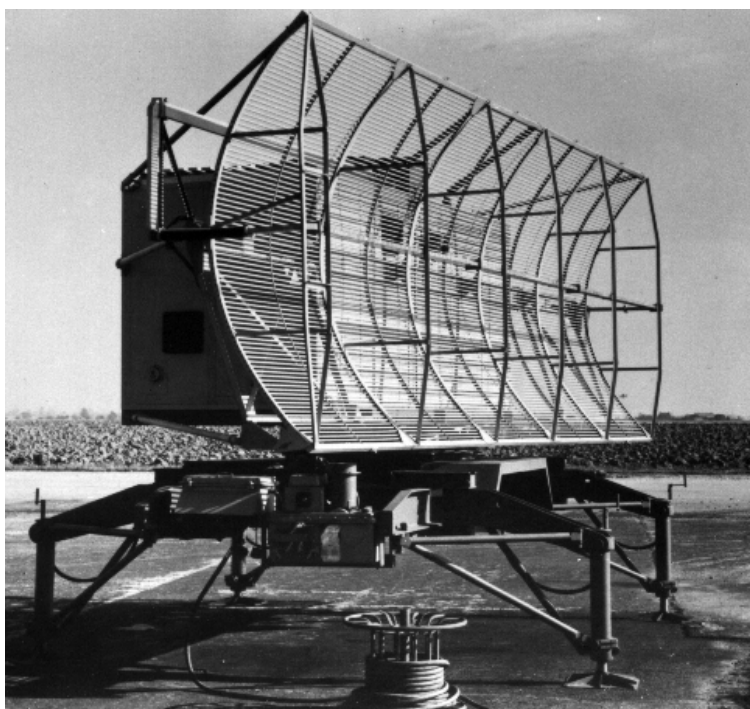
De radarstationer som levererades till svenska flygvapnet var försedda med en senare generation antenner. Spaningsradarn AMES-14 var försedd med en slitsmatad parabolisk cylinderreflektor (typ 96). Antennen, som var placerad utmed kabinens ena långsida (se bild 2) gav en ellipsformad, cigarrliknande lobform med ganska dålig höjdtäckning. Denna antenn ersattes på ett tidigt stadium av en ny, svensktillverkad antenn (typ 262).

Radarhöjdmätaren AMES-13 levererades med den slitsmatade cylinderreflektor som sedan användes på PH-13/R under hela drifttiden i Sverige (se bild 3.).

Transportfordon, kraftaggregat och indikatorvagn ingick inte i radarleveransen till svenska flygvapnet, däremot ingick samtliga till stationerna ingående indikatorutrustningar samt manöverorgan.



*Bild 1. Ursprungsvarianten AMES-14
Lägg märke till den dubbla ostformade antennen.*



*Bild 2. AMES-14 med den antenn (typ 96) den hade vid leverans
till Sverige.*



Bild 3. Höjdmätare AMES-13

2 Kortfattad beskrivning

2.1 Radarstation PJ-21/R

Radarstation PJ-21 var en transportabel jaktstridsledningsstation som även användes för luftbevakning och säkerhetstjänst inom flygvapnet. Radarn arbetade inom våglängdsområdet 10 cm (S-bandet). PJ-21 var flygvapnets första stridsledningsstation, den var också den första radarn som arbetar inom våglängdsområdet S-band och som var försedd med magnetronsändare.

För att kunna utföra jaktstridsledning måste målets höjdläge i rymden bestämmas och för detta ändamål krävdes två separata radarutrustningar: en spaningsdel som gav målets bäring och avstånd från stationen räknat och en höjdmätardel som gav målets höjd och avstånd. Den lägesinformation som de båda stationerna gav presenterades på speciella indikatorer: två indikatorer (PPI) för presentation av målets bäring och avstånd samt en indikator (HPI) för presentation av målets höjd.

För att kunna skilja på egna och fientliga flygplan utrustades vissa stationer med igenkänningsutrustning (IK). Spaningsdelen var försedd med IK-utrustning som arbetade på G-bandet och höjdmätaren med IK-utrustning på A-bandet. IK-utrustningarna skrotades i samband med anskaffandet av navigeringsradarn PN-79 i början av 1960-talet.

I radarstationen PJ-21/R ingick följande sju fordonsbundna enheter.

2.1.1 Indikatorvagn DU5

Indikatorvagnen som var uppbyggd på ett 2,5 ton GMC-chassi 6x6 innehöll följande utrustning

- Två indikatorer PPI, stativ 16^I och 16^{II} samt höjdmätningssindikator HPI, stativ 15.
Indikatorerna 16^I och 16^{II} matades parallellt med bärings- och avståndsinformation från radarns spaningsdel, PS-141.
Höjdmätningssindikatorn HPI, stativ 15, arbetade tillsammans med radarns höjdmätardel PH-13/R och presenterade målets avstånd och höjd men inte målets bäring. Höjdmätarens bäring indikerades som en ljuslinje på de båda PPI-indikatorerna 16^I och 16^{II}.
Samtliga indikatorer var försedda med separata kraftenheter, förstärkare och manöverorgan. De båda PPI-indikatorerna hade tre mätområden, HPI-indikatorn två vilkas storlek kunde varieras inom vissa gränser.
- Ursprungligen ingick i indikatorutrustningen även en A-indikator. Eftersom denna huvudsakligen användes för IK-indikering utgick denna i samband med skrotning av IK-utrustningen.
- Två manöverapparater: en för manövrering av spaningsdelen och en för manövrering av höjdmätardelen. Med manöverapparaterna kunde sändarkabinerna ställas in i önskad riktning eller fås att rotera

kontinuerligt med önskad hastighet mellan 0 och 15 varv per minut. Man kunde även få kabinerna att svepa inom en sektor vars medelbäring och sektorvinkel kunde varieras.

- Normalt manövrerades både spanings- och höjdmätningssradarn från indikatorvagnen. Uppstartning och frånslagning av såväl vridsystem som sändare skedde i respektive radarkabin.
- En 20-linjers telefonväxel för in- och utgående samtal samt för interna förbindelser inom de olika enheterna.
- Två telefonmanöverpaneler placerade i vardera indikatorerna 16^I och 16^{II}.
- Ett kartbord.
- Ett navigeringsbord.
- Kopplingsstativ för manöver- och signalfunktioner.
- Manöverstativ för fördelning av kraft m m.
- Fällbar koj.

2.1.2 Spaningsradar PS-141/R

Spaningsradar PS-141/R bestod av en roterande apparatkabin innehållande all den kraft- och elektronikutrustning som erfordrades för radarns drift. Radarantennen, som var en 8 m lång cosec² (likahöjdsantenn typ 262), var under drift monterad på kabinens tak. Under transport var antennen nedfälld och placerad utefter kabinens högra långsida.

Antennen matades från två slitsvågledare. De båda slitsvågledarna var genom en vågledarväxel anslutna till sändaren. Endast en av slitsvågledarna kunde matas samtidigt. Om matning skedde genom den övre slitsvågledaren erhöles låglob, skedde matning genom den undre slitsvågledaren erhöles höglob. Lobväxlingen manövrerades normalt från indikatorvagnen. Lobväxling kunde också ske automatiskt, en gång varje antennvarv. Antennloben hade en lobbredd i horisontalplanet på 1°.

Kabin med antenn och radarutrustning bars upp av en lavett, vilken bestod av kraftig ramkonstruktion som vilade på fyra hydrauliska domkraftsben. Domkraftsbenen manövrerades hydrauliskt med en pump. Varje ben var individuellt inställbart så att ramen kunde ställas in horisontellt även på ojämn mark.

All överföring av kraft, manöver- och signalfunktioner mellan lavett och kabin skedde genom ett släpringspaket.

Radarn matades med 3x230 V spänning.

Inne i kabinen omvandlades denna spänning genom en speciell omformare till den för stationen avsedda driftspänningen 180 V 500 Hz. Sändarens pulsfrekvens styrdes av 180 V 500 Hz nätet. För att inte

spanings- och höjdmättningsradarn skulle störa varandra måste de båda stationernas driftnät fasas ihop vid varje uppstartning.

Själva radarutrustningen bestod av styrenhet, modulator, magnetronbox, mottagarsystem och kontrollenhet.

Antennrotationen styrdes av en manöverenhet, servoförstärkare och en roterande amplitudgenerator, s k leonardsystem.

Sändaren hade en pulseffekt på 500 kW. Pulstiden var endera 1,9 eller 0,6 μ s. Pulsrepetitionsfrekvens 500 Hz.

Bäringsinformationen överfördes till indikatorvagnen genom elgonsystem. Radarsignalerna överfördes i form av MF (45 Mhz).

Mottagarna i spanings- och höjdmätarstationerna var inte störskyddade.

Det enda som fanns i störskyddsväg på PJ-21-stationen var en smalbandig MF-förstärkare, en korttidskonstantkrets (KTK) och ett lågpasfilter (LPF), placerade i respektive indikatorstation 15 och 16.

Smalbandsförstärkaren, LPF- och KTK-kretsarna kunde kopplas in var för sig eller tillsammans för att begränsa vissa typer av störningar, främst interferensstörningar.

Mottagarsystemets mellanfrekvens var 45 MHz, bandbredden 4 MHz. Den smalbandiga störskydds-förstärkaren hade bandbredden 500 kHz. Mittfrekvensen på den senare kunde avstämmas mellan 43-47 MHz för att erhålla maximal dämpning av störfrekvenser.

2.1.3 Höjdmätare PH-13/R

Höjdmättningsradarn PH-13/R var, med undantag av antennen, i stort sett helt identisk med spaningsradarn, PS-141/R.

Höjdmätaren var försedd med en på kabinen placerad 6 m hög, nickande antenn av typ slitsvågsledarmatad cylindrisk parabol. Men hjälp av en på kabintaket placerad motor gjorde antennen en vertikalt nickande rörelse mellan -1° till $+25^{\circ}$. Nickhastigheten var ca 10 svep per minut.

Antennen hade en lobbredd i vertikalplanet på $1,25^{\circ}$ och i horisontalplanet 5° .

Under transport var antennen upphängd utmed kabinens långsida.

2.1.4 Tre transportabla motorelverk

I radarstation PJ-21/R ingick 3 st fordonsbundna kraftaggregat.

Kraftaggregaten bestod av en 6-cylindrig bensindriven 4-taktsmotor på 45 hk vid 1500 varv/min, fabrikt PENTA.

Generatoren var en 3-fas synkrongenerator med matare för magnetiseringsringsspänning, fabrikat ELMEK. Generatorns uteffekt var på 25 kVA, spänning 3x/230/130 V 50 Hz. Aggregatet var inbyggt i ett DODGE-chassi 6x6, 1,5 ton.

Samtliga tre kraftaggregat var identiska. Ett aggregat klarade normalt radarns totala effektbehov. Det andra aggregatet skulle alltid vara driftklart och hopkopplat med det i drift varande aggregatet i händelse av eventuellt driftavbrott. Det tredje aggregatet stod som reserv.

2.1.5 Verkstads- och UH-vagn

Utöver ovanstående uppräknade fordon ingick i en radartropp även en stationsvagn innehållande reservdelar och verktygsutrustning för mindre reparationer. I denna vagn inrymdes även radartroppens radioanläggning (UK).

2.2 Radarstation PJ-21/F

PJ-21/F var en i bergrum fast installerad variant av PJ-21 bestående av en spaningsdel PS-144/F och en höjdmätardel PH-13/F. Samtliga PJ-21/F var placerade i anslutning till en luftförsvarscentral (Lfc) från vilken stationerna manövrerades och där indikatorutrustningen var placerad. Se bilaga 1.

Radarutrustningen, såsom sändare, mottagare, servosystem m m var helt identisk med, och demonterad ur den rörliga varianten PJ-21/R. Antennerna var monterade på tre i triangelform resta master och placerade rakt ovanför respektive radarstations apparatrum. Masthöjderna varierade mellan 6 och 20 meter beroende på omgivning och maskvinklar. Vågledarlängden mellan apparatrum och antenn kunde på grund av masthöjd och berggenomgång variera mellan 20 och 40 meter.

Som antennvridbord användes originalvridbordet med tillhörande växellåda, släpringsenhet och vridmotor från den rörliga varianten PJ-21/R.

Antenndimensionerna avvek från motsvarande antenner på den rörliga varianten.

PS-144/F-antennen var av samma typ, likahöjdsantenn, som på PJ-21/R men hade en längd på 14,4 m vilket resulterade i en lobvinkel i horisontalplanet på ca 0,8°.

Höjdmätaren PH-13/F hade en antennreflektor med dimensionerna

1,7x8,0 m (typ H80) vilket gav en lobvinkel i vertikallplanet på 1°.

Radarns ordinarie indikatorer, stativen 15 och 16, jämte stationernas manöverorgan var placerade i luftförsvarscentralens observationshytt.

Utöver dessa indikatorer fanns i centralen ytterligare indikatorer av typ PPI-802 för betjäning av olika operativa funktioner.

PPI-802 var en indikator typ som började utvecklas vid arméförvaltningens teletekniska laboratorium. Utvecklingsarbetet överfördes 1949 till SRF (Standard Radio Fabrik) som färdigutvecklade indikatorn. Indikatorn kom sedan att tillverkas i över 1000 exemplar i olika versioner till svenska försvaret.

Förutom radarbild från den egna stationen länkades i de större luftforsvarscentralerna även in planradarbild från ytterligare en eller två stationer. Bildöverföringen skedde på bredbandslänk, RL81, och presenterades på de i centralen installerade indikatorerna, PPI-802. Indikatorerna var försedda med bildvalsomkopplare. Bildvalsutrustningen var tillverkad av SRF.

Totalt fanns sju PJ-21/F anläggningar.

2.3 Radarhöjdmätare PH-133/F

Radarhöjdmätare PH-133/F var en höjdmätarvariant som ingick i Strilsystemet och som användes bl a som höjdmätare åt radarstation PS-16 och PS-65.

Stationen bestod av en roterande mastanläggning med slitsmatad, nickande antenn, typ H80, samt av en i bergum fast installerad elektronikutrustning (PJ-21-typ), alternativt ansluten till en i värn eller fritt uppställd rörlig, något modifierad radarkabin PH-13/R.

Den roterande mastanläggningen var försedd med vridbord, typ OV FR-0130, tillverkat av Oskarshamns varv. Alternativa vridbordsupphängningar förekom, se bilaga 2-5.

PH-133/F var försedd med utrustning för noggrannhetsmätning av bäring och elevationsvinkel (UFN-bär/PH, UFN-elev/PH).

Till skillnad från radarhöjdmätare PH-13/R och PH-13/F var PH-133/F försedd med ny LME-tillverkad mottagare typ 451. Mottagaren innehöll en lågbrusig förförstärkare, en linjär MF-kanal samt en dickefixförstärkare. Den sistnämnda hade viss störresistens mot interferensstörningar.

Variantexempel

Variant 1.

Tripoduppställd roterande mastanläggning med vridbordet hängande i tripoden. Radarutrustningen fast installerad i bergum. Se bilaga 2.

Variant 2.

Roterande mastanläggning med vridbordet hängande i betongvärntak. Radarkabin uppställd i betongvärn. Se bilaga 3.

Variant 3.

Tripoduppställd roterande mastanläggning med vridbordet hängande i tripoden. Radarkabin fritt uppställd. Se bilaga 4.

Variant 4.

Roterande mastanläggning med vridbordet hängande i betongvärntak. Radarutrustning fast installerad i betongvärn. Se bilaga 5.

2.4 Roterande mastanläggning

Den roterande mastanläggningen var en förberedd uppställningsplats eller mobplats för en rörlig radarstation PJ-21/R. Se bilaga 3 och 4.

Anläggningen bestod av ett antal värn för uppställning av de olika stationsenheterna. Antenner av roterande masttyp för både spaningsdel och höjdmätare var monterade i anslutning till respektive värn. All kabeldragning mellan de olika värnen och antennerna var fast installerad.

Spaningsdelens antenn var av typ 262 (likahöjdsantenn). Höjdmätarens antenn var av typ H80 (cylindrisk parabol).

Radarstationer och indikatorvagn var förberedda och försedda med separata uttag för anslutning till värnanläggningen.

Antennerna var försedda med separata vridbord typ OV FR-0130 monterade i värntaket.

Elkraft var framdragen varför stationernas kraftaggregat endast används som reserv.

2.5 Typbeteckningar

- AMES-21 Sammanfattande beteckning på den ursprungliga engelska radarstationen bestående av spaningsradar AMES-14 och höjdmätningradar AMES-13 samt indikatorvagn RV 437.
- PJ-21 Sammanfattande grund- eller tillhörighetsbeteckning för de svenska radarvarianterna.
- PJ-21/R Sammanfattande beteckning på den rörliga radarvarianten bestående av spaningsradar PS-141/R, höjdmätningradar PH-13/R, indikatorvagn DU5 samt 3 st motorelverk.
- PH-13/R Transportabel höjdmätningradar med 5,6 m hög antennreflektor.
- PH-132/R Samma som PH-13/R försedd med IK-utrustning (A-band). Endast vissa höjdmätare var försedda med IK.
- PS-141/R Beteckning på transportabel spaningsradar försedd med svensktillverkad likahöjdsantenn.
- PS-142/R Samma som PS-141/R försedd med IK-utrustning (G-band). Endast vissa stationer var utrustade med IK.

PJ-21/F	Sammanfattande beteckning på fast installerad radarvariant bestående av spaningsradar PS-144/F samt höjdmätningradar PH-13/F.
PH-13/F	Beteckning på fast installerad radarhöjdmätare med 8 m antennreflektor (H80).
PS-144/F	Beteckning på fast installerad spaningsradar med 14,4 m antennreflektor.

2.6 Tekniska data PJ-21/R/F

2.6.1 Kraftaggregat

(Monterat i DODGE-chassi 6x6 1,5 ton)

Motor:	PENTA 6 cylindrar, 4-takt 45 hk vid 1500 varv/min
Bensinförbrukning:	ca 20-25 liter/tim
Bensintankens rymd:	150 liter
Startbatteri:	(NIFE) 90 Ah 12 V
Generator:	3-fas synkrongenerator med matare för magnetiseringsspänning ELMEK GPS 9/4.
Effekt:	25 kVA
Spänning:	3x230/130 V
Frekvens:	50 Hz
Varvtal:	1500 varv/min

2.6.2 Gemensamma data för spaningsradar PS-14/141/PS-144 och radarhöjdmätare PH-13, PH-133

Effektbehov:	ca 10 kVA
Sändarfrekvens:	3000 MHz S-bandet
Sändartyp:	Magnetron (CV-76)
Pulseffekt:	ca 500 kW
Pulstid:	0,6 alt 1,9 μ s
Pulsrepetitionsfrekvens:	500 Hz
Brusfaktor:	≥ 11 dB
	≥ 5 dB med mottagare 451 (PH-133)
Räckvidd:	200 km
Mätområde (PS-14/141/144):	40, 120, 180 km
Mätområde (PH-13):	120, 180 km

Antenndrivanordning:

- För hand
- Med motor med- eller moturs rotation max 15 varv/minut

Sektorsökning 20-120° max 3 varv/min (gäller endast rörliga stationer).

2.6.3 Antenndata

PS-141 Antenntyp	Cosec ² typ 262 2x8 m
------------------	----------------------------------

Lobvinkel (horisontalplanet)	1°
PS-144/F Antenntyp	Cosec ² typ 262 2x14,4 m
Lobvinkel (horisontalplanet)	0,8°
PH-13/R Antenntyp	Cylindrisk parabol 1,65x6 m
Lobvinkel (horisontalplanet)	5°
(vertikalplanet)	1,25°
PH-13/F Antenntyp (H80)	Cylindrisk parabol 2x8 m
Lobvinkel (horisontalplanet)	5°
(vertikalplanet)	1°
PH-13/R/F. Vertikal avsökning	10 svep/min
Svepvinkel	-1° - +25°
Mått och vikter PJ-21/R	
PH-13/R	
Maximal längd vid transport:	1020 cm
Maximal bredd "-	245 cm
Maximal höjd "-	415 cm
Maximal längd uppställd:	500 cm
Maximal bredd "	435 cm
Maximal höjd "	740 cm
Totalvikt:	11,1 ton
PS-141/R	
Maximal längd vid transport:	965 cm
Maximal bredd "-	245 cm
Maximal höjd "-	360 cm
Maximal längd uppställd:	860 cm
Maximal bredd "	435 cm
Maximal höjd "	475 cm
Totalvikt:	11,0 ton
Indikatorvagn	
Maximal längd vid transport:	758 cm
Maximal bredd "-	247 cm
Maximal höjd "-	315 cm
Maximal längd uppställd:	892 cm
Maximal bredd "	347 cm
Maximal höjd "	315 cm
Totalvikt:	7,83 ton
Stationsvagn	
Maximal längd vid transport:	758 cm
Maximal bredd "-	247 cm
Maximal höjd "-	315 cm

Maximal längd uppställd:	892 cm
Maximal bredd "	347 cm
Maximal höjd "	315 cm
Totalvikt:	ca 6,0 ton

Kraftaggregat	
Maximal längd vid transport:	629 cm
Maximal bredd "-	224 cm
Maximal höjd "-	253 cm
Maximal längd uppställd:	690 cm
Maximal bredd "	255 cm
Maximal höjd "	253 cm
Totalvikt:	5,82 ton

3 Händelser inom projektet

3.1 Kontrakt med MARCONI

Den första juni 1948 undertecknades kontraktet mellan flygförvaltningen och den engelska firman MARCONI WIRELESS TELEGRAPH, Chelmsford rörande nedanstående radarmateriel (ref handling MA 357-0:17 1948).

- 35 st radarhöjdmätare AMES-13 bestående av komplett monterad radarkabin med modulator, sändare, mottagare, kontrollmottagare, komplett rörsats, omformare 230/180 V, vridbord, antensystem samt manöverapparat för antenmanöver med tillhörande anslutningskablar.
- 40 st spaningsstationer AMES-14 bestående av komplett monterad radarkabin med modulator, sändare, mottagare, kontrollmottagare, komplett rörsats, omformare 230/180 V, vridbord, antensystem samt manöverapparat för antenmanöver med tillhörande anslutningskablar.
- 35 st indikatorstativ HPI typ 15 för höjdmätning med komplett rörsats.
- 72 st indikatorstativ, PPI typ 16 med komplett rörsats.
- 60 st stativfläktar typ 77.

Kontraktet innefattade även option för tilläggsbeställning enligt nedanstående alternativ:

- minst 15 radarenheter och/eller 30 indikatorstativ inom 3 månader efter kontrakt datum.
- minst 25 radarenheter och/eller 50 indikatorstativ inom 3 till 6 månader.

Optionen blev aldrig utnyttjad.

3.1.1 Leverans

Den första radarn skulle enligt kontraktet levereras 17 till 22 månader efter kontraktets undertecknande. Därefter leverans av två radarenheter med tillhörande indikatorstativ per vecka.

3.1.2 Kostnad

Kostnaden för den beställda radarmaterielen inklusive transportförsäkring uppgick till £ 799.885.

Frakt- och tullkostnader samt provision för MARCONI:s svenska representant, Svenska Radiobolaget, Alströmergatan 12, Stockholm uppgick till Skr 2.081.624:-.

Totalkostnad i Skr 13.710.000:-.

3.1.3 Garanti

Ett år efter det att materielen godkänts av köparens representant.

3.1.4 Överlåtelse av stationer till Danska Krigs- och Marinministeriet

Enligt en i november 1949 ingången överenskommelse mellan flygvapnet och Danska Krigs- och Marinministeriet överläts från kontraktet med MARCONI två radarhöjdmätare och tre spaningsstationer med tillhörande indikatorutrustningar och manöverorgan till Danska Krigs- och Marinministeriet. Denna materiel annullerades således från flygvapnets kontrakt med MARCONI samtidigt som samma materiel beställdes av Danska Krigs- och Marinministeriet från MARCONI.

Flygvapnets beställning reducerades således till 37 spaningsstationer och 33 höjdmätningstationer. Totalkostnaden reducerades därmed med motsvarande belopp.

3.2 Lån av radarstationer

Leveransen av den beställda radarmaterielen beräknades komma igång omkring årsskiftet 1949-1950.

Nattjakten på F1 var under uppbyggnad och man var i stort behov av radarstationer både för jaktstridsledning och för utbildning av teknisk personal, i första hand instruktörer.

I avvaktan på leverans av radarmaterielen gjorde flygvapnet en framställan till Ministry of Supply i England om att få låna ett mindre antal radarstationer av typ AMES-21, samma radartyp som beställts från MARCONI. En station levererades sensommaren 1948 därefter stoppades leveransen på grund av det utrikespolitiska läget.

Den lånade AMES-21 stationen bestod av en spaningsdel AMES-14, en höjdmätare AMES-13 samt erforderliga indikatorer, manöverapparater och anslutningskablage.

Stationen placerades på F16 i Uppsala där den skulle användas för utbildning av jaktstridsledare. Spanings- och höjdmätardelen ställdes upp på en bergknalle i närheten av kanslihuset. Indikator- och manöverutrustningen placerades i bergrum under kanslihuset.

Spaningsdelen, AMES-14, var försedd med en antenn i form av en cylinderreflektor som med sin elliptiska lobform gav relativt dålig höjdtäckning.

Under övningarna inom 3:e flygeskadern hösten 1948 uppvisades dock mycket goda resultat med den nya stationen. Stationens användbarhet var dock under övningarna starkt begränsad på grund av att teknisk personal, utbildad på stationen, saknades. Så hade t ex, fastän i övrigt väl kvalificerade ingenjörer och tekniker avdelats för tekniskt underhåll av stationen, denna endast hjälpligt kunnat hållas igång. Detta berodde, förutom på att den tekniska personalen saknade specialutbildning, även på att stationen, tekniskt sett, ansågs vara mycket komplicerad. Efter hand kunde dock stationspersonalen tillägna sig viss nödörtigt utbildning genom praktisk erfarenhet.

Med den nya radarmaterielen kom också en ny teknik som mycket få personer i detta land kommit i kontakt med tidigare, exempelvis magnetroner, thyatroner, vågledare m m.

3.3 Transportfordon

Radarstationerna levererades utan transportfordon. Alla till radarstationerna ingående transportfordon upphandlades som överskottsmateriel från USA:s armé i Västtyskland. Samtliga transportfordon var av typ DODGE Chassi GMC 6x6 2,5 ton.

Ombyggnad av fordonen uppdrogs åt Firma Hägglund & Söner. I uppdraget ingick dels att tillverka och montera indikatorhytten till indikatorvagnarna, dels att anpassa transportfordonen till radarstationerna samt att bygga om fordonens förarhytt. Radarstationernas förarhytt fick kapas ca en halv meter på höger sida för att bereda plats för antennen i transportläge.

3.4 Kraftaggregat

Kraftaggregaten, bestående av bensindrivet motorelverk, levererades fullt driftklara och installerades i transportfordon av Oskarshamns varv.

Detta uppdrag var inledning till ett flertal beställningar i radarsammanhang vid Oskarshamns varv. Varvet kom senare att anlitas för konstruktion av antennvridbord, topp- och bottenlager för roterande mastanläggningar, m m.

3.5 Serieleverans

Den från MARCONI beställda radarmaterielen började levereras våren 1950. Därefter påbörjades den seriemässiga sammanställningen av radarstationer och kringutrustning.

All materiel samlades vid F2, Hägernäs, där den så småningom sammanställdes, provkördes och kompletterades med övrig kringutrustning. Sändardelarna var i stort sett helt klara att tas i bruk. Indikatorvagnarna utrustades av SRA. Kraftaggregaten levererades installerade och klara från Oskarshamns varv. Den kompletteringsmateriel som behövdes anskaffades genom KFF inköpsavdelning. All planering, driftsättning och utprovningens verksamhet utfördes helt av KFF och av KFF:s egen personal.

I samband med driftsättning infördes även de första modifieringarna för att förbättra stationens prestanda.

Totalt utrustades ett 30-tal PJ-21/R stationer under den tidiga delen av 1950-talet.

3.6 Utveckling av ny antenn (likahöjdsantenn 262)

Originalantennen till den engelska spaningsradarn AMES-14 var dimensionerad för att täcka de flyghöjder som normalt användes av 2:a världskrigets propellerflygplan, d v s upp till ca 5000-6000 meter. I och med jetålderns inträde efter kriget måste emellertid en stridsledningsradar kunna täcka betydligt högre höjder. Det nya jaktflygplanet J28 kunde utan vidare flyga upp till 10.000 meter och högre.

En ny antenn måste därför utvecklas. Utvecklingsuppdraget gick till FOA3 radarsektion, vars dåvarande chef var Hugo Larsson, sedermera GD FOA. Han delegerade uppdraget till Sven Hasselrot i februari 1948.

Specifikationen var enkel och meddelades muntligt. Den nya antennen skulle lätt kunna monteras på radarkabinen i stället för originalantennen och den skulle ge radarn en höjdtäckning mot jaktflygplan av minst 10.000 meter utan att räckvidden reducerades allt för mycket, i varje fall inte under 100 km.

Utvecklingsarbetet utfördes på FOA3 radarlaboratorium, som var samlokaliserat med KFF och KATF laboratorier på Bromma. Uppdraget bekostades av FOA ordinarie forskningsuppdrag. Detta torde ha varit det första svenska utvecklingsprojektet inom radarområdet av väsentlig betydelse för försvarets operativa förband.

3.6.1 Konstruktionsprincip

Enklaste sättet att uppfylla kravet på enkelt mekaniskt utbyte av originalantennen var att bibehålla grundkonstruktionen, d v s en lång slitsvågledarmatad parabolisk cylinderreflektor.

För att öka höjdtäckningen måste den vertikala lobvinkeln breddas. För att dessutom bibehålla den höga höjdtäckningen inom närområdet eftersträvades en cosec^2 -form på lobformen, där lobens överkant är i huvudsak rak och horisontell intill en höjdvinkel av $30-40^\circ$. Antennen kallades därför "likahöjdsantenn". Antennlobens underkant borde däremot vara så rak som möjligt för att inte i onödan bestråla marken.

Principen för att erhålla en sådan cosec^2 -form på loben var att utgå från en parabolreflektor samt att vika upp dennas undre del så att strålningen riktas uppåt i allt högre höjdvinkel.

För att kontrollmäta och finjustera den enligt ovanstående princip beräknade reflektorprofilen gjordes en ca 1 meter lång antennsektion som ställdes upp vertikalt på ett antennmätbord. Med hjälp av en polär skrivare och mätsändare fick man snart fram antenndiagrammet.

3.6.2 Prototyputveckling

Som så ofta är fallet vid konstruktion av ny och oprövad materiel gjordes ett antal mer eller mindre misslyckade försök innan man kom fram till den slutliga lösningen.

I den första konstruktionen försökte man nå målet med bara en cosec^2 -lob. En fullskaleantenn byggdes och anslöts till en radarstation uppställd på en av höjderna inom Bromma flygplatsområde.

I samverkan med KFF gjordes diagramflygningar mot denna provstation. Provet visade att de uppställda minikraven på täckning knappt innehölls. Höjdtäckningen kom i alltför hög grad att ske på bekostnad av räckvidden då endast en lob skulle täcka hela höjdsiktet från 0-10.000 meter.

I nästa försök föreslogs en uppdelning av loben i vertikalled på två smalare lober, en låglob och en höglob som kunde kopplas in växelvis.

För detta behövdes två över varandra liggande slitsvågledare. Samtidigt föreslogs den förändringen att reflektionen baserades bara på den övre halvan av parabelkurvan. De båda slitsvågledarna kunde då läggas under det utgående strålningsfältet så att det inte avskärmades. Dessutom kunde då reflektorn vara nedfälld under transport med slitsvågledarna på plats.

De föreslagna ändringarna accepterades av KFF.

Den nya reflektorn täckte nu en betydligt mindre vinkel i vertikalplanet, sett från slitsvågledarna. Dessa försågs också med riktflänsar för att minska vertikala lobvinkeln så att reflektorn belystes på ett optimalt sätt.

Med utgångspunkt från en relativt grovt beräknad form varierades sedan reflektorformen systematiskt i ett stort antal steg och för varje steg registrerades lobdiagrammet. På så sätt kunde ett stort antal steg mätas igenom på kort tid. Så småningom kunde man sovra ut det diagram som

gav den bästa kompromissen för de bägge loberna. Detta diagram hade registreringsnummer 262, och av denna anledning fick antennen beteckningen "likahöjdsantenn 262".

Reflektorn byggdes nu i fullskaleprototyp. Antennens längd ökades från ursprungsvariantens 7,5 till 8 meter för att öka täckningen i avstånd och höjd.

För att växla mellan hög- och låglob utvecklades en vågledarväxel med vilken lobväxling kunde ske antingen manuellt alternativt automatiskt en gång per antennvarv.

3.6.3 Slutprov

De slutliga diagramflygningarna gjordes i samverkan med KFF och flygvapnet. Målflygplanen flög på höjder med 1000 meter intervall i banor tills målektet försvann. Upp till 6000 meters höjd användes J26 Mustang som målflygplan p g a dess långa aktionstid. Därefter användes J28 Vampire upp till nästan 12.000 meter. Högre kunde målflygplanen inte komma, men målekon indikerades fortfarande på radarn. KFF var mer än nöjd med resultatet av diagramflygningen och godkände prototypen som underlag för serietillverkning.

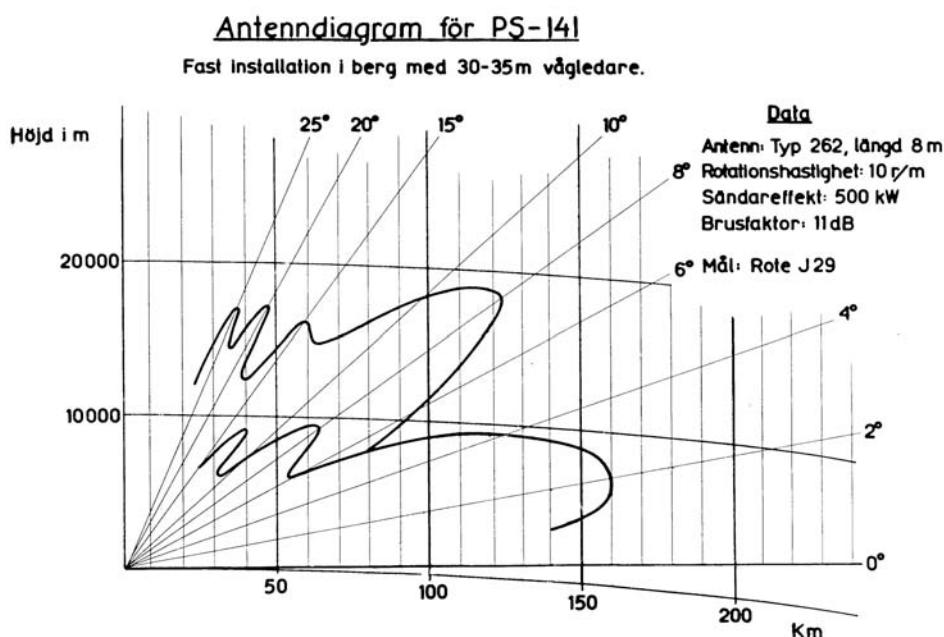


Bild 4. Typiskt lobdiagram för likahöjdsantenn 262

3.6.4 Serietillverkning

Radarreflektorerna serietillverkades av AB WIBE, Mora. Matarvågledarna sprutpressades i aluminium av Vedaverken, slitsarna frästes av Signalverkstäderna i Sundbyberg.

262-antennen kom sedan att ersätta den ursprungliga engelska antennen (typ 96) på samtliga rörliga spaningsstationer PS-14/R, som i samband

med antennbytet ändrade stationsbeteckning till PS-141/R. Denna antenn installerades även på samtliga roterande mastanläggningar för spaningsradar.

262-antennen kom dessutom att användas för kustartilleriets kustspaningsstationer, KSRR,

Senare uppdrogs åt Hasselrot att utveckla dels en 14,4 meter lång radarantenn av samma typ avsedd för den fast installerade spaningsradarn PS-144/F och dels en 8 meter lång antenn av typ cylinderreflektor (H80) avsedd för den fast installerade radarhöjdmätaren PH-13/F. Den senare användes även för samtliga radarhöjdmätare av roterande masttyp.

3.7 PJ-21/F

Den första fast installerade radarstationen sattes upp på F16, Uppsala, 1952. Stationen blev under det första året en försöksanläggning. Driften var från början inte helt problemfri. De långa kablarna mellan radarstation och Lfc medförde att extra förstärkare för signalöverföring måste tas fram för att kompensera för kabeldämpningen.

På grund av långa kabellängder samt att man i Lfc installerade ett antal extra radarindikatorer, typ PPI-802, var man nödsakad att införa separata förstärkare även för överföring av bäringsinformation. Denna typ av förstärkare togs fram av SRT.

Ett annat mycket stort problem var fuktbildning i vågledarna. Det gjordes åtskilliga försök att lösa fuktproblemet. Man satte t ex in avtappningskranar, man försökte med varmluftsgenomströmning och uppvärmning av vågledarna och man gjorde försök med isolering av vågledarna. Slutligen löstes problemet genom att man anskaffade torrluftsaggregat och trycksatte vågledarna med torrluft.

Under åren 1953-58 installerades de sex övriga PJ-21/F stationerna inom sektorerna 01, 02, S2, 03R, ÖN3 och S1. Installation och driftsättning utfördes av Centrala Flygverkstaden Arboga (CVA). Fortifikatoriska arbeten utfördes av FortF.

3.8 Roterande mastanläggningar

Uppbyggnaden av roterande mastanläggningarna (PJ-21) påbörjades 1955 och pågick successivt fram till 1962. Totalt iordningställdes ett 15-tal anläggningar. De fortifikatoriska arbetena såsom vägar, värn och fundament utfördes av FortF. All fast installerad materiel var svensktillverkad. Mastdelar och antenner för såväl spaningsdel som höjdmätare är tillverkade av AB WIBE, Mora. Antennlager och antennvridbord (OV FR-130) är konstruerade och serietillverkade av Oskarshamns varv. Installation, mast och antennresning har utfördes av CVA.

3.9 Radarhöjdmätare PH-133/F

Uppbyggnaden av radarhöjdmätarna PH-133/F skedde ungefär samtidigt med uppbyggnaden av de roterande mastanläggningarna. Antennen på PH-133/F, var med undantag av vissa detaljer för noggrannhetsmätning, helt identisk med höjdmätarantennen på en roterande mastanläggning. På vissa anläggningar modifierades roterande mastanläggningens höjdmätare om till radarhöjdmätare PH-133/F.

Fortifikatoriska arbeten utfördes av FortF. Radarinstallation och mastresning utfördes av CVA.

3.10 UFN (Utrustning för noggrannhetsmätning)

Kraven på radarstationernas noggrannhet i bärings- och höjdangivelse resulterade i att speciella utrustningar för kontroll av bäringsorientering och höjdläge började tas fram under den tidigare delen av 1960-talet.

För radarstationer med slitsvågledarmatade antenner, som t ex PJ-21, var kravet på sådan utrustning speciellt befogad eftersom dessa antenner är behäftigade med skelning. Med skelning menas att lobaxeln avviker från antennens geometriska symmetriaxel. Skelningsvinkeln är dessutom frekvensberoende, vilket innebär att man vid magnetron- eller frekvensbyte måste orientera om radarns bäringsinställning. Samma sak gäller för en slitsvågledarmatad nickande höjdmätarantenn. En frekvensändring medför ändrad skelningsvinkel och därmed ändrad höjdinformation.

Tre olika typer av UFN-utrustningar togs fram, var och en för sitt speciella ändamål: UFN-ELEV/PH, UFN-BÄR/PH och UFN-BÄR/PS.

UFN-ELEV/PH var avsedd för inställning och korrigerande av höjdmätarens skelningsvinkel. Utrustningen levererade även höjdvinkellinjer som presenterades tillsammans med videon på höjdmätningssindikatorn.

UFN-BÄR/PH var avsedd för snabbkontroll av höjdmätarens bäringsinställning.

UFN-BÄR/PS var avsedd för bäringsorientering av planradar. Med denna utrustning kunde radarn orienteras med en bäringsnoggrannhet på 8-12 minuter. Orienteringen gjordes mot känt referenseko, torn, mast eller dylikt, med exakt beräknad bäring från radarn. I avsaknad av lämpligt referenseko användes mätsändare.

3.11 Modifieringar

PJ-21-materielen har under årens lopp varit föremål för ett stort antal modifieringar.

Totalt har ett nittiotal ändringsorder, TOMÄ, utfärdats. Av de införda ändringarna har ca 65% berört elektronikutrustningen och ca 35% mekanikdelen.

Exempel på större modifieringar

– Införande av likahöjdsantenn på spaningsradar PS-14. Modifieringen infördes i samband med att stationerna utrustades vid F2.	1950-1954
– Införande av ny förstärkare med blandare MARCONI Typ A3691. För att förbättra såväl driftsäkerhet som signal/brusförhållande.	1954
– Införande av automatisk frekvensregleringsenhet (AFR) typ SR401	1954
– Införande av IK-utrustning på vissa stationer.	1954-1955
– Införande av brusfaktormeter MATIC-BFM-CH-5.	1957-1958
– Införande av uttag på för anslutning till roterande mastanläggning.	1950-1960
– Byte av magnetronfäste för att underlätta magnetronbyte.	1963
– Byte av oljepump i vridbord FR-0130.	1964
– Införande av torrluftsaggregat för avfuktning i vågledarsystem i vissa fast installerade stationer.	1963-1965
Införande av log-mottagare pulslängdsdiskriminator SM900 i PH-13/F och PS-144/F.	1967-1968
Införande av MF-videoförstärkare A3680i PS-144/F.	1968
Införande av tunneldiodförstärkare på vissa PH-13-stationer för att förbättra signal/brusförhållandet.	1968
Införande av störskyddad mottagare 451 av fabrikat LM på vissa anläggningar.	1968-1969
Införande av utrustning för noggrannhetsmätning UFN-ELEV/PH och UFN-BÄR/PH i radarhöjdmätare PH-133/F.	1968-1970

3.12 Avveckling

Avvecklingen av PJ-21 materielen påbörjades 1972 och pågick successivt till 1986.

Under 1972-1976 skrotades 16 stationer. De stationer som skrotades under det första skedet var till stor del spaningsstationen PS-141/R och PS-144/F som huvudsakligen användes för övervakning (SRE) och som ersattes av radar PS-810.

Under åren 1976-1985 utgick årligen 3-4 stationer ur krigsorganisationen. De flesta skrotades, vissa höjdmätare PH-133/F fick stå kvar som reserv till slutet av 1980-talet. Den sista stationen, en reservställd PH-133/F, skrotades så sent som i mars 1990.

4 Underhållsresurser

4.1 Personalutbildning

Som tidigare nämnts stoppades möjligheten att låna radarstationer från Ministry of Supply i England. Endast en station hann levereras innan leveranserna stoppades.

Situationen var besvärlig därför att den levererade stationen behövdes för övning i jaktstridsledning och att man således inte hade tillgång till någon utbildningsstation. Det gällde att så snart som möjligt utbilda tekniska instruktörer så att utbildning av teknisk personal, erforderlig för skötsel av beställda radarstationer, kunde anordnas i takt med leveransen av dessa.

Vid en eventuell inom landet anordnad teknikerutbildning måste F16-stationen tas ur drift under avsevärd tid. Detta skulle medföra stora olägenheter för utbildningen i jaktstridsledning vilket tidigare i avsaknad av kvalificerad teknisk personal inte kunde bedrivas på ett effektivt sätt.

Eftersom norska flygvapnet redan hade samma typ av stridsledningsradar, dock med någon variantavvikelse, samt hade utbildad teknisk personal, vände flygvapnet sig dit i fråga om hjälp med teknisk utbildning. Norska flygvapnet förklarade sig villigt att tillmötesgå denna begäran. Sålunda anordnades en kurs i Oslo för 18 tekniker ur svenska flygvapnet under tiden 25/10 -18/12 1948. Till kursen beordrades fyra ingenjörer, en verkmästare, två elektromästare samt elva elektrotekniker. Som en kuriositet kan nämnas att totala kursavgiften för 18 elever var 2.000:-.

I januari 1949 fick flygvapnet ytterligare hjälp från Norge då det norska luftförsvaret lånade ut en radarstation, AMES 21, för utbildningsändamål. Denna station ställdes upp på F9, Säve, där ett antal tekniskt operativa kurser anordnades.

Vid årsskiftet 1949-1950 påbörjades radarleveranserna från MARCONI så att utbildningsverksamheten vid FRAS (Flygvapnets Radar Skola) på F2 i Hägernäs kunde startas upp.

Under hela 1950-talet bedrevs PJ-21-utbildning vid FRAS. Kurslängden, som var nio månader, omfattade fyra månaders grundläggande radarutbildning och fem månaders speciell PJ-21-utbildning. Elevantalet var ca 30 st i varje kurs. Utbildningen var mycket gedigen och uppskattad. Totalt fick ca 300 tekniker PJ-21-utbildning under 1950-talet.

PJ-21-utbildningen fortsatte även under 1960-talet i form av kortare och mer koncentrerade kurser. Efter hand som radarn moderniserades ordnades även kompletteringskurser på den nya materielen.

4.2 Dokumentation

4.2.1 Framtagna apparatbeskrivningar

Provisorisk beskrivning över markradarstation PJ-21, Del 1-V. (Översättning av engelsk beskrivning AMES-21)Reg.nr 3-157. Utgiven sept 1949

- Del I Höjdmättningsdel PH-13
- Del II Sändare TR 3561
- Del III Indikator DU5, Sekt 1, kap 1-3
- Del IV Indikator DU5, sekt 1, kap 4-6
- Del V Vridanordning, kraftutrustning
- Del Vb Kraftutrustning. Utgiven okt 1959

Provisorisk beskrivningen över likahöjdsantenn 262. Utgiven 1951

Markradarstation PJ-21/R, del 1, beskrivning
Reg.nr 3-248. Utgiven sept 1954

Höjdlinjegenerator SM40. Beskrivning
Reg.nr: 3-530. Utgiven febr 1962

Log-mottagare SM915 och pulslängdsdiskriminator SM900. Beskrivning
Reg.nr: 3-672. Utgiven sept 1964

Vridbord FR-0130. Beskrivning
Reg.nr: Utgiven okt 1959.

Kristallskyddare SR500. Beskrivning
Reg.nr 3-453. Utgiven nov 1959

MF- och videoförstärkare A3680. Beskrivning
Reg.nr: 3-517. Utgiven dec 1960

UTRUSTNING FÖR AUTOMATISK FREKVENSSREGLERING
SR401. Beskrivning
Reg.nr: 3-472. Utgiven maj 1960

Radarmottagare 451, M3330-013118. Beskrivning
Reg.nr: 3-804. Utgiven juni 1969

4.3 Framtagen underhållsutrustning

Res- och fällningsutrustning för master bestående av motorspel och hjälpmast.

Sex satser framtagna.

Totalkostnad: ca 500.000:- (1954-1956)

Specialverktyg för vågledarbearbetning.

Sex satser anskaffade.

Totalkostnad: ca 400.000:- (1957)

Diverse specialverktyg för vridbordsöversyner.

Totalkostnad: ca 20.000:- (1953)

Provutrustningar för servosystem.

Totalkostnad ca 25.000:- (1962)

4.4 Reservdelar

I samband med beställning av radarstationerna beställdes även reservdelar till en kostnad av Skr 2.020.000:- vilket motsvarar ca 15% av kontraktspriset för radarstationerna.

Kompletteringsanskaffning av reservdelar har senare förekommit vid ett flertal tillfällen.

4.5 Framtagna reservdelskataloger

Reservdelskatalog Radarstation PJ-21. Del 1 och 2

Reg.nr: 3-226:7. Utgiven aug 1953

Kompletterande del Radarmateriel PJ-21

Utgiven 1959-60

4.6 Framtagna underhållsföreskrifter (Anläggningsbundna

Föreskrift för daglig och månatlig tillsyn PJ-21

Reg.nr 621.396.96. Utgiven jan 1953

Teleteknisk underhållsinstruktion TTI PJ-21/R

Reg.nr: 3-506. Utgiven dec 1961

Preliminär tillsynsföreskrift PJ-21/R

Reg.nr: 460-2:11. Utgiven sept 1968

Preliminär Tillsynsföreskrift PJ-21/R. E-tillsyn

Reg.nr: 3-934. Utgiven mars 1969

Radarstation PH-13/F. Tillsynsföreskrift

TOMT Radar 021-24. Utgiven sept 1974

Radarmottagare 451 M3330-013118 och blandarenhet F1281-204136.

Tillsynsföreskrift

TOMT Radar 021-25. Utgiven sept 1974

Vridstyrenhet F2250-011805. Tillsyn

Radar 013-3. Utgiven nov 1977

Roterande mast med vridbord. Tillsynsföreskrift
Radar 021-901. Utgiven 1968

4.7 Framtagna skyddsföreskrifter

Skyddsföreskrifter för undvikande av personskada genom mikro-
vågsstrålning.

RADAR 021-501	PS-141/R	Utgiven 1968
RADAR 021-502	PH-13/R	"-
RADAR 021-503	PS-141/F o PS-144/F	"-
RADAR 021-504	PH-13/F	"-
RADAR 013-2	PH-13/F o PH-133/F	Utgiven okt 1977
RADAR 013-2	PH-13/R o PH-133/R	"-

4.8 Underhåll

Underhållet av PJ-21-materielen har bedrivits efter samma policy som underhållet av övrig FMV tillhörig telemateriel.

Underhållsinsatser och arbetsvolym för förebyggande underhåll har dock varierat under materielens tjänstetid.

Erfarenheter från det första driftskedet resulterade i att vissa tidsbundna åtgärder av förebyggande underhåll kunde utföras med längre tidsintervall. Under årens lopp infördes även ett flertal modifieringar på materielen som inte bara ökade stationens prestanda utan även bidrog till reduktion av underhållsinsatser.

Under det första driftskedet fram till 1958 togs samtliga rörliga stationer in till central verkstad, CVA, för stor översyn vart annat år. Översynen resulterade i att stationen togs ur drift i två månader. Arbetsvolymen för varje översyn uppskattades till ca 2.300 arbetstimmar.

Av såväl taktiska som ekonomiska skäl beslöt FMV 1958 att tidsbunden översyn i fortsättningen skulle utföras vid behov.

Tidsintervallerna för årstillsyn av PJ-21 materielen ändrades från och med 1977 från ett- till två-årsintervall.

4.9 Underhållsnivåer

A-nivå

Förebyggande och avhjälpande underhåll utfört av teknisk stations- eller platspersonal.

B-nivå

Förebyggande och avhjälpande underhåll utfört av regional verkstad (TSB).

C-nivå

Översynsåtgärder, reparation av utbytesenheter m m.
Huvudverkstad CVA/FFV-U.

PJ-21/R. Underhållsgrad, arbetsvolym

<u>Åtgärd</u>	<u>Utförd av</u>	<u>Arbetsvolym</u>
Daglig tillsyn	Stn.personal	En man ca 30 min
Månadstillsyn	"-	En man ca 6-7 tim
Tremånaderstillsyn	"-	En man ca 10-12 tim
Årstillsyn	TSB	Två man ca 8-10 dagar

PJ-21/F. Underhållsgrad, arbetsvolym

<u>Åtgärd</u>	<u>Utförd av</u>	<u>Arbetsvolym</u>
Daglig tillsyn	Stn.personal	En man ca 30 min
Månadstillsyn	"-	En man ca 6-7 tim
Tremånaderstillsyn	"-	En man ca 10-12 tim
Halvårstillsyn	"-	En man ca 15-18 tim
Årstillsyn	TSB	Två man ca 8-10 dagar

Översyn

Översyn och större reparationer samt reparation av utbytesenheter har utförts av huvudverkstad, CVA/FFV-U.

5 Drifterfarenheter

Med radarstation PJ-21 inleddes en ny och revolutionerande epok med ett enormt lyft inom luftbevakning och luftstridsledning.

Med PJ-21-materielen hade man för första gången fått en radar med vilken man kunde leda den egna jakten mot ett fiendligt mål. Jaktpilots fria målspaning med ett mer eller mindre utvecklat sjätte sinne för att leta sig fram mot fiendligt mål var nu ett avslutat kapitel. Nu var såväl fiende som egen jakt övervakade genom radar med vars hjälp man kunde ge order om kurs och höjd mot ett mål som piloten inte kunde se. Radarstationerna var dessutom försedda med IK (Igenkänningsutrustning) så att man kunde skilja på egen jakt och fiendligt mål.

Begeistringen över radarns möjligheter vid stridsledning visade sig snart. Det dröjde inte länge förrän man var helt beroende av radarn och dess möjligheter. Den blev också till oerhörd hjälp vid dåligt väder och som hjälpmedel vid landning.

Radarstation PJ-21/R och PJ-21/F var under 1950-talet och ett gott stycke in på 1960-talet den dominerande markradarn inom Stril 50-systemet där luftbevakning och stridsledning byggde på data från PJ-21-kedjan.

Den rörliga varianten, PJ-21/R, fanns i ett 25-tal exemplar och var fördelad till samtliga flygflottiljer. Utöver dessa fanns ett antal rörliga stationer avsedda för utbildningsändamål vid F2 i Hägernäs. Den fast

installerade varianten, PJ-21/F, fanns i sju exemplar och var placerade i anslutning till Lfc modell 50.

Genom att all utrustning hos den rörliga varianten var koncentrerad till ett begränsat antal fordon var stationen relativt behändig ur mobiliseringssynpunkt. Totalt bestod stationen av sex radarfordon samt gemensam UK och verkstadsvagn. Samtliga fordon var terränggående och hade mycket god framkomlighet även på dåliga vägar.

Samtliga radarfordon utom indikatorvagnen var dessutom försedda med vinsk för att förbättra framkomligheten vid speciellt svåråtkomliga uppställningsplatser.

Såväl transportfordon som kraftaggregat var emellertid bensindrivna och oekonomiska. Kraftaggregaten förbrukade ca 20-25 liter bensin per driftimme.

Ur taktisk synpunkt motsvarande PJ-21-materielen väl de operativa krav som under 50- och 60-talen kunde ställas på en modern stridsledningsradar. Stationerna saknade dock utrustning för fastekoundertryckning, MTI.

Tack vare den svensktillverkade likahöjdsantennen erhöles höjdtäckning som svarade mot jetålderns flyghöjder. PS-141 antennens låglob täckte flyghöjder upp till 8.000-9.000 m, högloben 15.000-18.000 m. Hög- och låglob överlappade varandra upp till ett avstånd av ca 80-90 km. Med PS-144 antennen erhöles höjdtäckning upp till ca 20.000 m.

Indikatorernas bildpresentation var god med skarptecknad ekobild. Stationens ekoupplösningsförmåga i avstånd var ca 300 m. Bäringsnoggrannhet ca 1°.

Under 50 och 60-talen gjordes ett stort antal modifieringar på materielen i avsikt att förbättra driftsäkerhet och prestanda. Vid leveransen från MARCONI var stationerna försedda med ett mottagarsystem av äldre typ som ofta förorsakade driftstörningar. Det var speciellt SM-växlare, blandare och lokaloscillator som krävde ständigt återkommande justeringar och reparationer.

Det äldre mottagarsystemet byttes på 1950-talet ut mot en senare generation mottagare som anskaffades från MARCONI i form av modifieringssats. Samtidigt försågs mottagarna med automatisk frekvensregleringsutrustning, AFR, även den anskaffad som modifieringssats från MARCONI.

Utöver ovanstående ändringar i radarns mottagardel infördes även ett stort antal svenska modifieringar i sändare och mottagare i såväl driftsäkerhets- och prestandahöjande syfte.

PJ-21-materielen har aldrig varit föremål för vare sig driftsäkerhets- eller drifttidsuppföljning. De uppgifter som ligger till grund för bedömning av

materielens driftsäkerhet är subjektiva och hämtade från användare och stationstekniker.

Det allmänna omdömet är, kanske med undantag av det inledande driftskedet, att PJ-21-materielen, såväl den rörliga som den fast installerade, varit mycket tillförlitlig. Förekommande fel har i de flesta fall varit lätta att lokalisera och åtgärda utan längre driftavbrott.

Ur mekanisk synpunkt var materielen mycket robust. Enheter som vridbord, växellådor, omformare, pådrag m m syntes vara tilltagna i överkant beträffande dimensioner och vikt. Fel på den mekaniska utrustningen var mycket sällsynt.

Transformatorer, pulsformande nät och övriga kapslade, oljefyllda komponenter visade en nästan oslagbar driftsäkerhet.

Radarns svagaste punkt var utan tvivel elektronrören, vilka svarade för övervägande delen av antalet driftstörningar.

Ur underhållssynpunkt var sändarvagnarna inte speciellt servicevänliga. Kabinerna var trånga och obekväma och rymde knappast mer än en person, vilken inte heller kunde stå rak inne i kabinen.

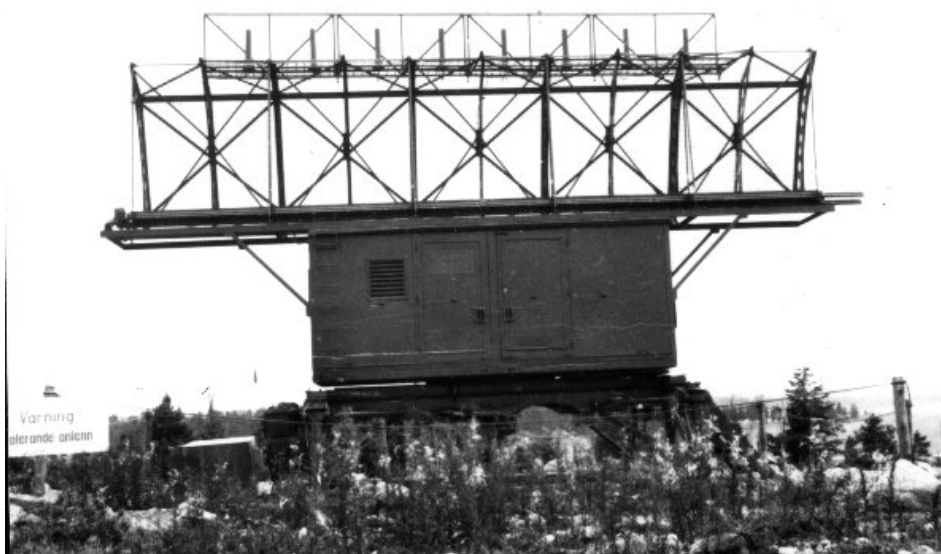
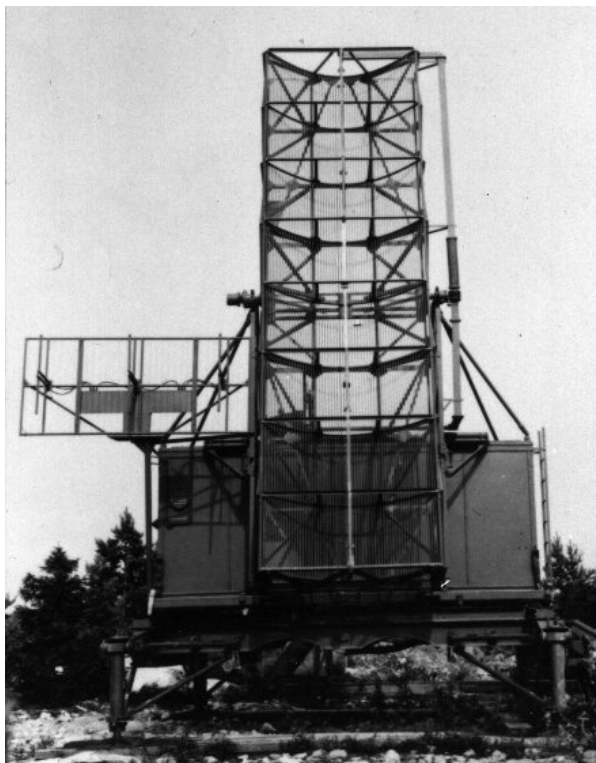


Bild 5. Spaningsradar PS-142/R
Observera IK-antennen



*Bild 6. Höjdmätare PH-132/R
Observera IK-antennen*

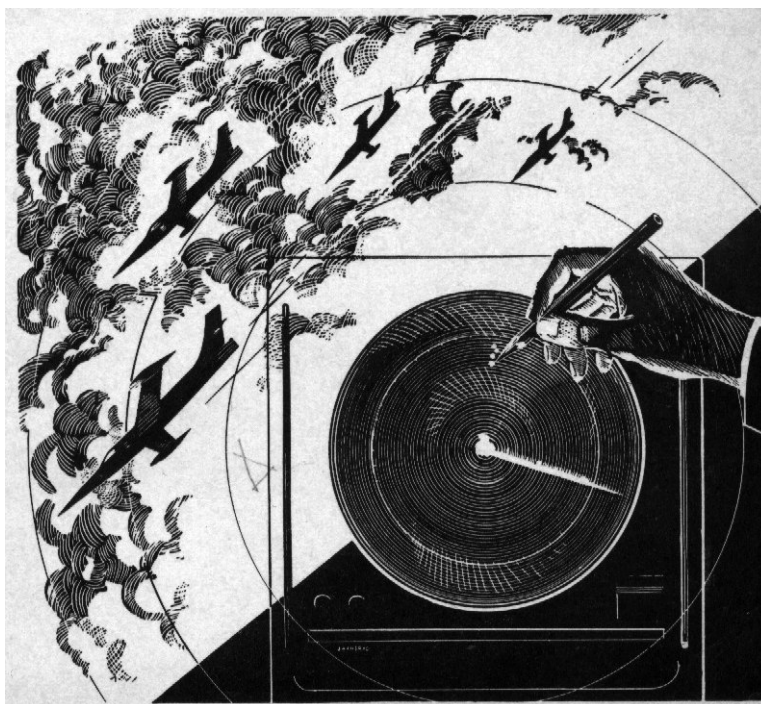


Bild 7. Interiörbild indikatorvagn PJ-21



Bild 8. Exteriörbild indikatorvagn PJ-21

Del 2. Taktisk användning, organisation



Innehåll

1	Bakgrund	3
2	Målsättning för PJ-21	4
3	Organisation	4
4	Materielens anpassning	6
5	Skydd.....	8
6	Användning	10
7	Personal, utbildning.....	12
7.1	Allmänt	12
7.2	Stabsofficerare	12
7.3	Troppchefer.....	12
7.4	Radarobservatörer.....	13
7.5	Radarjaktledare	13
7.6	Radartechniker.....	14
8	Förkortningar.....	15
9	Referenslista	17

1 Bakgrund

Under andra världskriget ingick den svenska luftbevakningen i arméns organisation och utgjordes av ett stort antal luftbevakningsstationer (ls) utplacerade med 10-15 km lucka i bevakningslinjer över landet. Ls var bemannade med värnpliktiga (vpl) eller frivilliga (lottor m fl) och rapporterade genom att "luftförsvarsamtal" med hög företrädesrätt beställdes och uppkopplades på det allmänna telefonnätet. Rapporteringen togs emot i luftbevakningscentraler (lc) där rapporten skrevs ner på en blankett, som på transportband matades fram till vakthavande befäl. Där gjordes det taktiska beslutet, som kunde resultera i flyglarm samt vidarebefordran till jaktflyget och luftvärnet. Organisationen kompletterades i vissa fall med sambandspersonal i lc från jaktflyget och luftvärnet.

Systemet var osäkert och tiden från upptäckt till rapportens mottagande vid jaktbasen eller luftvärnsbatteriet varierade mellan 3 och 10 minuter, ofta t o m längre.

Denna luftbevakning tillgodosåg inte jaktflygets behov av förvarning och stridsledning. Vid jaktflottiljerna organiserades därför särskilda optiska jaktluftbevakningsstationer (jls), utrustade med markmonterade flygradiostationer av Typ III, samma kortvågsstationer som i jaktflygplanen. Exempelvis utplacerades sådana jls längs Skånes kust och rapporterade till en radiostation. Tmr VIII eller IX på F10-basen Bulltofta i Malmö, varifrån jaktflyget leddes. Jls kunde även kommunicera direkt med jaktflygplanen (J20 och senare J22) i luften och leda dem mot främmande flygplan, som närmade sig eller flög in över Skåne. Mest nödländade allierade flygplan efter anfall mot Tyskland.

Markradiostationerna för mottagning av rapporter från jls och sambandsofficerarna vid arméns optiska luftbevakning (lc) samt ledningen av jaktflyget utvecklades till jaktcentraler (jc). När de första radarstationerna (då "ekoradio...") ERIIB under 1944 tillfördes FV, rapporterade dessa på direkta telefonförbindelser till jc. De första jc med mottagning från radar gjordes 1944 i en barack på F8 Barkarby (södra sidan av flygfältet) och i kanslihusets källare på F13 Norrköping.

Efter kriget beslöts, efter omfattande utredningsarbete (luftförvarsutredningen), att arméns optiska luftbevakning skulle överföras till FV och samordnas med FV luftbevakning och stridsledning. FV skulle även förvarna arméns och marinens luftvärn samt ge underlag för civilförsvarets alarmering. Inom flygledningen tillkom fr o m 1948-07-01 (ref 2) Luftbevakningsinspektionen (LI). LI var direkt underställd CFV och hade till uppgift att stabsmässigt leda luftbevakningens och stridsledningens utbyggnad. Som inspektör (CLI) utnämndes en luftvärnsregementschef, översten Rickard Åkerman (senare C Fst och Genlt). Som stabschef vid LI och major vid FV utnämndes generalstabskaptenen Gerdt Stangenberg. Ytterligare personal överfördes för luftbevakningen från armén till FV.

2 Målsättning för PJ-21

Vid upphandlingen av PJ-21 den 1 juni 1948 torde behovet för luftbevakning, stridsledning och även för flygsäkerhet vara relativt klart. Där emot fanns ingen Taktisk Teknisk/Organisatorisk/Ekonomisk Målsättning (TTEM respektive TOEM) fastställd, som på något sätt motsvarade senare ställda krav av ÖB/Regeringen (ref 3). Det blev därför LI uppgift att formulera målsättningar samt utarbeta planer och anvisningar för materielens slutliga utformning, gruppering, användning i krig och fred, skydd, bemanning och säkerhet.

Ansvar för radarjaktledning med taktik, personal och utbildning låg däremot hos FS och jakteskaderna (E2 med stab i Göteborg och E3 med stab i Stockholm).

3 Organisation

Med LI tillkomst 1948 startade ett omfattande arbete att klarlägga den nya organisationen för stridsledning och luftbevakning, vilket blev "Stril 50". Givetvis studerades erfarenheter från andra världskriget. Bl a utnyttjades en f d tysk överste och chef för luftbevakningsförband. Denne, som hade svenskt påbrå, fick sitta utanför flygledningens lokaler och skriva ner erfarenheter samt utfrågades (ref 4).

Ursprungligen planerades att landet skulle indelas i 21 luftförvarssektorer (ref 5). Emellertid begränsades antalet efter hand genom sammanslagningar p g a kostnader samt rationalisering. De då existerande jakteskadernerna (C E2, C E3 och även C E4) förde befälet över flera sektorer. Territoriellt var strilförbanden underställda flygbasområdescheferna (S, W, O, NN och ÖN), vilka motsvarade arméns försvarsområdeschefer.

Den optiska luftbevakningen bibehölls som ett komplement till radarluftbevakningen, särskilt på låg höjd. Ls-linjerna ersattes av ett s k "hexagonalt ytgittersystem" varigenom olägenheten av en missad upptäckt, och därigenom passerad bevakningslinje, minskade och sannolikheten för upptäckt ökade med samma antal ls. Rapportering skedde till luftförvarscentraler (lgc), över direkta förbindelser, som var förberedda för snabb uppkoppling vid krig och även övning.

Radarstationerna ingick i radartroppar, som sammanhölls i åtta radar-kompanier, vilka svarade för hela landet. Radartropparna rapporterade liksom lgc på direkta telefonförbindelser till luftförvarscentralen (lfc) i en eller flera sektorer. Till en början bestämdes att två radarövervakare (off eller uoff) skulle ingå i radarkompaniet för att tillsammans med kompanichefen operativt leda radartropparnas luftbevakning från lfc (ref 6 och 7).

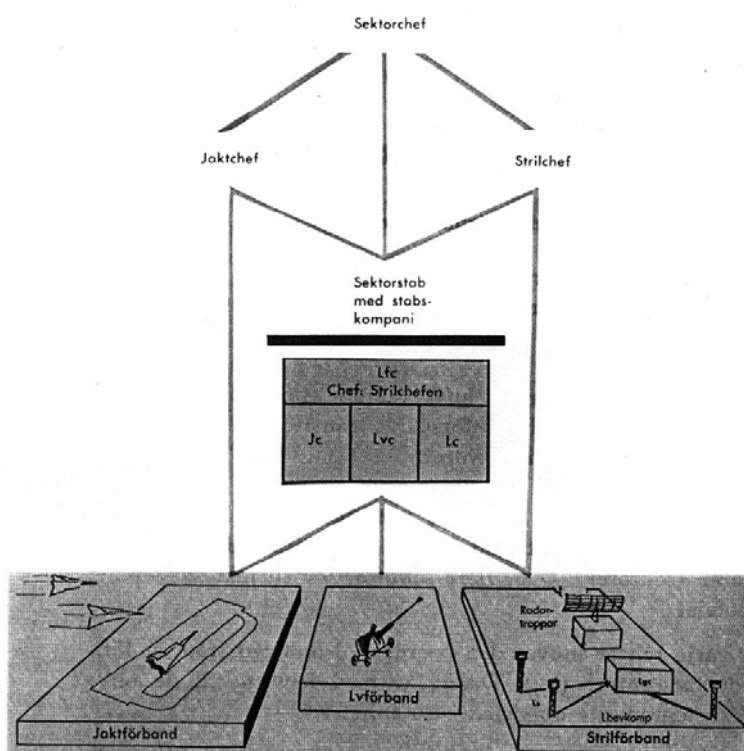


Bild 1. Luftförvarssektor i Stril 50

PJ-21-tropparnas sammansättning varierade beroende på gruppering och till hur många centraler rapportering skedde. En rörlig radartropp PJ-21 kunde exempelvis personalstyrkan vara följande (ref 8):

Ant	Befattning	Kallas	Anm
1	Radartroppchef	Troppch	Resoff alt uoff
1	Chefsobservatör	Ch obs	Furir alt vpl ubef
3	Elektrotekniker	Rrte	Stam + elte res
2	Radarmekaniker	Rrmek	Vpl
15	Radaroobservatör för luftbevakning, sjösparing, höjdmätning, igenkänning, rapportering av vår jakts läge och ritande av protokollkarta.	PPI-obs Sjö-obs HPI-obs IK-obs Rapp-jakt K-rit	Vpl
6	Optisk luftbevakningspost (flygvarnare, markbevakning)	Ls-post	Vpl
1	Kock		Vpl
3	Motorskötare tillika bilförare		Vpl

Sa: 32

Radarjaktledarna (rrjal), som per radio genom tal ledde jaktflygplanen i luften, ingick inte i radartropparnas personalstyrka. De tillhörde jaktförbanden och detacherades till PJ-21-tropparna för längre eller kortare perioder, beroende på behovet av jaktstridsledning. Befälsförhållandena i ett indikatorrum åskådliggörs av nedanstående bild (ref 7).

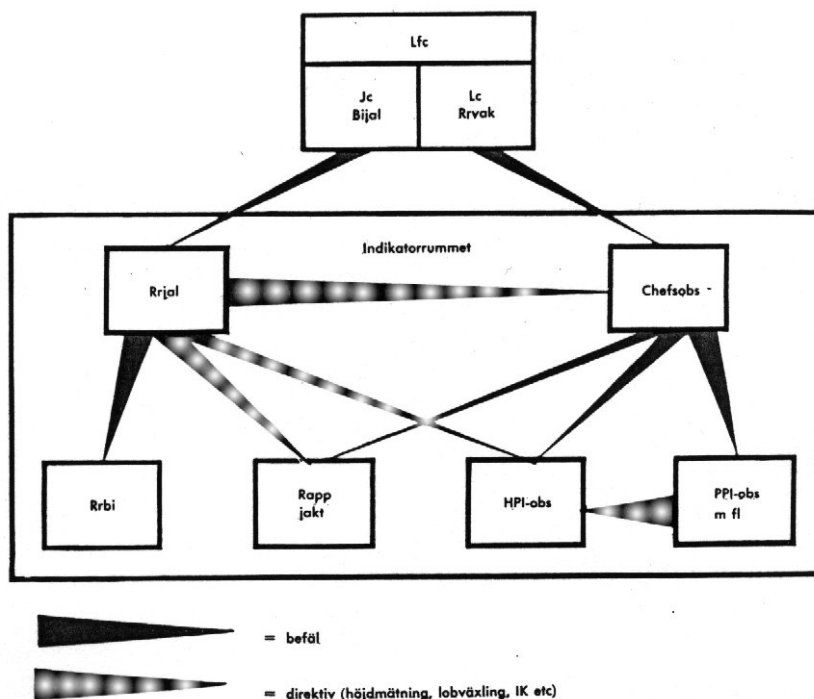


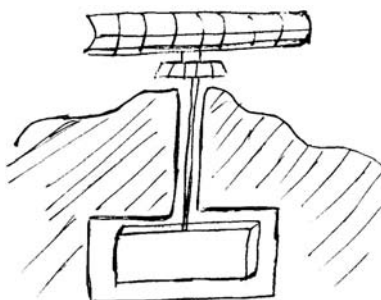
Bild 2. Befälsförhållande i ett indikatorrum PJ-21

4 Materielens anpassning

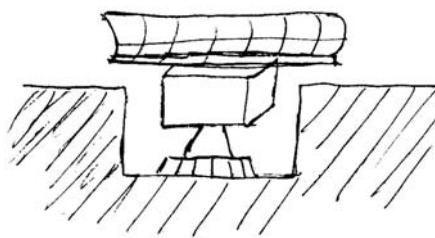
Redan i ett tidigt skede konstaterades vid LI att de beställda radarstationerna PJ-21 var dåligt anpassade för gruppering i svensk terräng samt mycket svåra att skydda eller skyla mot exempelvis flyganfall. För att få godtagbar radartäckning måste radarstationerna placeras antingen på öppna plana fält eller på en över omgivande terräng uppskjutande kulle utan träd. Skymmande terräng eller byggnader ("masker") kunde endast tillåtas i riktningar, där man kunde avstå från radartäckning. Samtidigt fick radarstationerna inte placeras för högt, eftersom markekon omöjliggjorde upptäckt av flygplan. – Moving Target Indication (MTI) fanns inte!

Grupperingsplatser som uppfyllde dessa krav kunde endast sparsamt hittas i Skåne samt på de stora slättområdena i Östergötland, Västergötland och Uppland. Redan i oktober 1948, långt före leverans, begärdes därför CLI (ref 9) att Flygförvaltningen (FF) skulle undersöka möjligheterna att före leverans modifiera PJ-21-materiel enligt tre skilda alternativ.

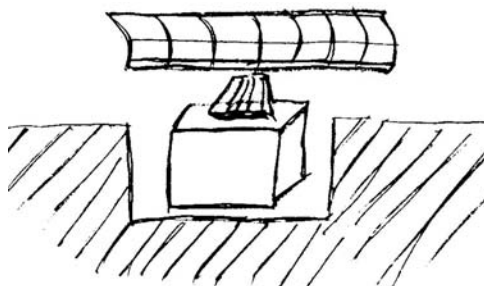
- Alt A. Relativt fast. Sändarkabin i skyddsrum, vågledare till vridbord och antenn över skyddet.



- Alt B. Flyttbar. Sändarkabin nedsänkt i värn med antennen på taket och bibehållet vridbord under sändarkabin.



- Alt C. Flyttbar. Sändarkabinen nedsänkt i värn med vridbord och antenn flyttade till sändarkabinens tak.



FF konstaterade i stort att man inte kunde förorda ändring i den gjorda beställningen hos leverantören Marconi. Ombyggnad måste göras i Sverige och skulle innebära betydande svårigheter och kostnader samt försening 1,5-2 år.

Radarstationernas känslighet för sprängverkan samt möjligheterna att maskera antennerna undersöktes av FF, FortF och FOA (ref 10).

Som framgår av del 1 skedde efter leverans från England omfattande modifiering och ombyggnad av utrustningen. Detta kom att innebära försenad och störd driftsättning samt att allt större del av utrustningen blev fast och den ursprungligen avsedda taktiska rörligheten (d v s möjlighet att omgruppera med egna fordon) förlorades.

Av del 1 (sida 17) framgår att fordon och kraftaggregat var bensindrivna, vilket var oekonomiskt. Dessutom var kraftaggregatens driftsäkerhet

dålig. Motivet för beslut om bensindrif var den avsedda rörligheten och att PJ-21-förbanden i krig var hänvisade till arméns drivmedelsförsörjning, i vilken endast bensin ingick vid den tiden.

5 Skydd

Redan i juli 1948 erhöll CLI uppdrag av CFV ”att leda en utredning angående principerna för radarstationernas skydd mot flyganfall, kuppanfall från marken och sjön samt sabotage”. Efter omfattande studier samt förhandlingar och remissomgångar med främst FF och FortF överlämnades utredningen till CFV i november 1950 (ref 11).

Utredningen föreslog bl a att krigsgrupperingsplatserna skulle hemlighållas och företrädesvis väljas inom av armén eller kustartilleriet försvarade områden samt vara indragna 40 km innanför landsgränsen eller kusten. Nio fasta PJ-21-anläggningar skulle byggas i säkra skyddsrum. För var och en av de rörliga radartropparna skulle tre alternativa grupperingsplatser förberedas. Dessa skulle ha antenner och master, som kunde resas, t ex inne i ett flackt skogsområde med antennerna strax över trädtopparna. Radartropparnas personal skulle utbildas bättre för markstrid än vad som skett inom FV samt utrustas härför, t ex med kulsprutepistoler, handgranater, hjälmar. För maskering och strid lämplig uniform borde införas. – Det fanns inom FV endast blå uniform.

I kostnads kalkylen angavs:

Ca	1 Mkr	Personalens utrustning
	6 Mkr	117 flyttbara antennmaster för PH-13 och PS-14
	2,3 Mkr	”fullträffsäkra” värn för PJ-21/F
	1 Mkr	14 skyddsvärn och maskering för PS-14/R
	0,5 Mkr	8 skyddsvärn och maskering för PS-14/R
	1,5 Mkr	88 förberedda grupperingsplatser för PJ-21/R och PS-14/R

I mars 1949 lämnade CLI på uppdrag av CFV ”närmare anvisningar för Fortifikationsförvaltningens utarbetande av principförslag till skyddsanordningar för FV nya radarstationer och verkställande av kostnadsberäkningar härför” (ref 12).

Anvisningarna angav maskering av anläggningarna, skyddsrum för fasta radarstationer samt värn för de rörliga. För en PJ-21/R-tropp innebar det värn för de två sändarenheterna (PS-14/R och PH-13/R), indikatorvagn och tre kraftaggregat. Det skisserade utförandet enligt anvisningarna återfinns nedan.

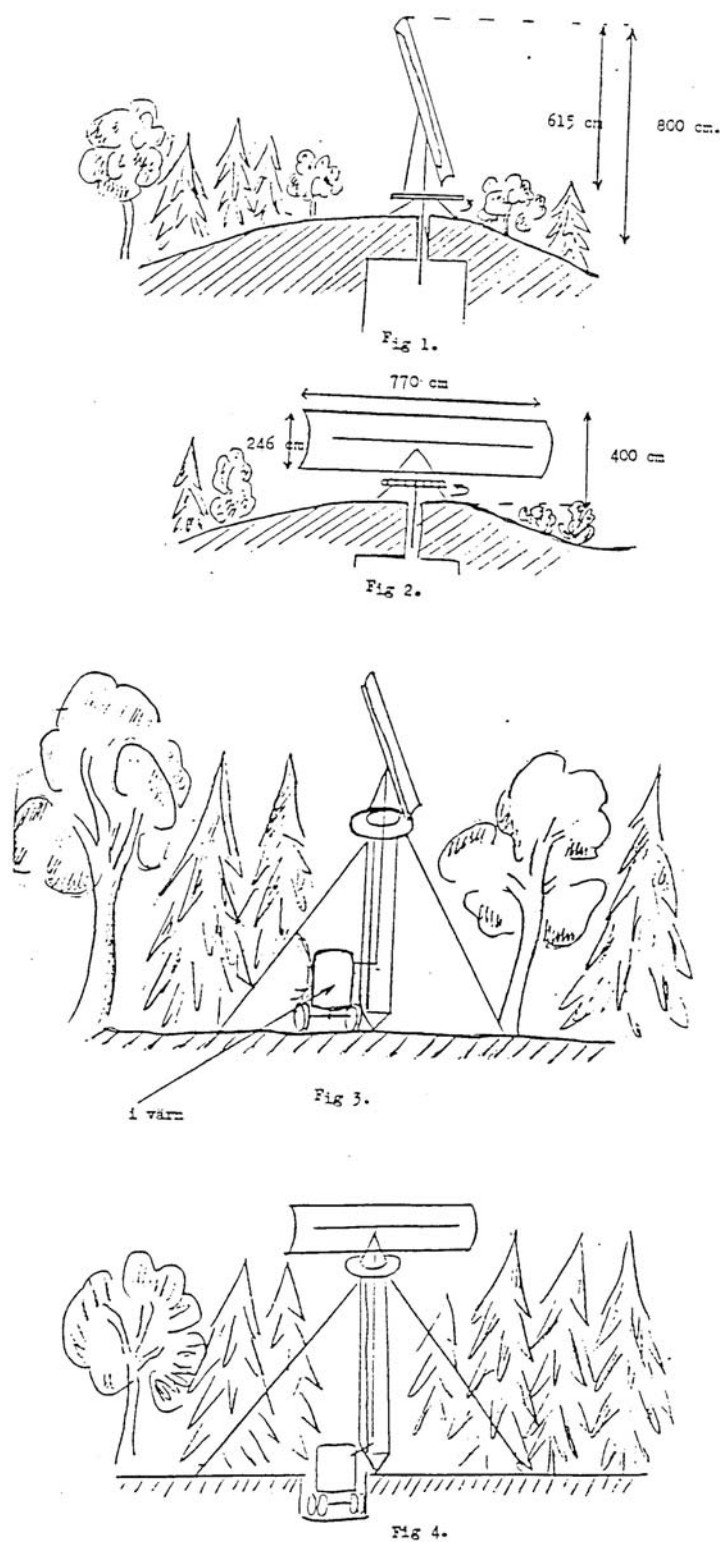


Bild 4.

Anvisningarna kom att bli grunddokument för utbyggnaden av PJ-21-anläggningar, vilken pågick till slutet av 1950-talet. Värnens ingångar skyddades genom betongbalkar, som uppifrån staplades i stående rännor på vardera sidan om infarten. För PJ-21/R monterades radarantennerna

på roterande master med vridborden i värnen. I början uppstod betydande problem med vågledaravfuktning.

Anläggningarna byggdes på flertalet krigsgrupperingsplatser för PJ-21/R och blev dyrbara samt innebar avkall på den ursprungligen avsedda rörligheten/flyttbarheten och den förordade inskränkningen i sändning från krigsgrupperingsplats. Dessutom kom alternativa grupperingsplatser i egentlig mening aldrig till utförande.

I krigsförberedelsearbetet ingick att ett stort antal krigsgrupperingsplatser för PJ-21 skulle bevakas och luftvärnsförsvaras av arméförband.

Se bilaga 1-5.

6 Användning

Utöver den från England 1948 lånade radarstationen AMES-21 (föregångare till PJ-21, ref del 1 sida 24) lånades en station av samma typ från Norge, vilken placerades vid F9 (Säve, Göteborg) Därigenom kunde utbildning och användning komma igång redan från hösten 1948.

Leverans till förbanden av PJ-21/R började 1950 och firades den 22 maj 1951 med genomgång på Svenska Radiobolaget (SRA, Alströmergatan, Kungsholmen) och tillämpad förevisning på F8 (Barkarby), avslutat med SRA gästbud på Djurgårdsbrunns Vårdshus. Flygvapnets och Marconi's toppar samt i projektet medverkande var inbjudna med damer.

Radartropparna tillfördes successivt krigsorganisationen så att i slutet av 1952 ingick 23 PJ-21-troppar, varav fyra fasta och åtta PS-14/R-troppar. Mobiliseringsberedskapen var 48-72 timmar, för fasta anläggningar senare 24 timmar (ref 13).

Samtidigt utnyttjades PJ-21-materielen, trots stora personalproblem, för jaktstridsledning och flygsäkerhet under den dagliga tjänsten vid förbanden. Under de tillämpade övningarna hade den tillsammans med nya luftförsvarscentraler (lfc, Stril 50) en central roll. Därvid var svårigheterna påtagliga att finna lämpliga grupperingsplatser med godtagbar radartäckning 380°. Dessutom överraskades man ofta av radarvågornas onormala utbredning (anomali) över Östersjön. Exempelvis kom Baltiska kusten vid vissa tillfällen in på radarskärorna (PPI) och Gotland mättes in på flera tusen meters höjd.

I avvaktan på den slutliga fortifikatoriska utbyggnaden och materielens modifiering med roterande master med antennerna på toppen och över skymmande masker, iordningsställdes provisoriska grupperingsplatser för fred och krig. Detta skedde på 5-10 platser genom att bygga armerade betongplintar med intag eller steg på en sida ("stående kammar") på vilka sändarkabinerna "själva stegvis kunde klättra" några meter (ref 14).

Eftersom ritningar eller foton inte kunna uppbringas beskrivs den unika anordningen enligt följande.

För att horisontellt avväga sändarkabinen fanns i vardera av de fyra benen en domkraft som centralt kunde manövreras så att benens längd individuellt kunde variera 55 cm. Sändarkabinen ställdes upp mellan de fyra plintarna med maximal benlängd. På vardera sidan placerades en järnbalk (I-balk) under infästningen för benen och på plintarnas andra steg. Benen trycktes in och sändarenheten vilade på de två I-balkarna. Två andra I-balkar placerades på plintarnas första steg och under foten på benen. Pumpning till maximal benlängd och de två första I-balkarna flyttades upp 50 cm o s v. På så sätt kunde sändarkabinen lyftas 50 cm i taget till en höjd av 3-4 m.

Inverkan av den anomala utbredningen som uppstår genom inversions-skikt i atmosfären, föranledde omfattande studier och försök. Man eftersträvade metod att förutspå anomali, att kompensera missvisning samt att motverka olägenheterna genom att använda radarstationer på olika våglängdområden. Bl a genomfördes omfattande prov 1951-10-09—18 med radarstationer uppställda på Listers huvud i västra Blekinge (ref 15). Deltagande radarstationer var PS-14/R och marin PS-27/T på 10 cm-bandet, PS-41/T på 25 cm-bandet och ERIIB på 140 cm-bandet. Personal ur FS, FF, MF och FOA medverkade. Proven utfördes i bäring 90° mot flygplan Sk16, T18 och rote J28 samt vedettbåt från marinen. Omfattande meteorologiska observationer gjordes, med bl a vattentemperaturmätningar och andra mätningar längs flygvägen. Under sådan diagramflygning mötte en rote J28 rysk jakt söder om Hoburgen på Gotland. Detta inträffade sålunda ca 8 månader innan den svenska DC-3ans nedskjutning den 13 juni 1952 och incidentberedskapens påbörjande. Under de följande diagramflygningarna var flygplanen laddade.

Resultaten av proven och den omfattande utvärderingen framgår av stabsmeteorolog J Holmströms sammanfattning: ”... De faktorer som förorsaka den anomala vågutbredningen äro mycket svåra att bedöma. Området synes ännu alltför outforskat för att man inom de närmaste åren med god säkerhet skall kunna förutspå vilken radartäckning, som kommer att erhållas vid viss tidpunkt då anomal vågutbredning råder”.

Vid användningen av PJ-21 erhålls målets läge genom att man på PPI placerade en genomskinlig kartbild, s k raster, med det geografiska referenssystemet (georef) intaget (ref 7). I senare indikatorutrustningar åstadkoms kartbilden elektroniskt.

För att utföra godtagbar radarjaktledning med PJ-21 var införandet av likahöjdsantennen 262 (ref del 1 sid 18) helt avgörande. Tidigare hade man ofta förlorat målen eftersom de snabbt passerade igenom den i höjddled smala loben. Genom att i indikatorrummet ha en särskild rapportör för jaktstridsledningen (rappjakt) lyckades man även starta jakten tidigare och få kontakten innan målet passerade in i den annars mycket besvärande fasta markekobilden.

Vid flottiljerna tog man fram genomskinliga plastmallar med anfallskurvor för skilda jaktflygplan och mål. Dessa placerades över PPI-et och blev en bra hjälp för radarjaktledaren, t ex vid ”U- eller T-anfall”. I senare indikatorutrustningar åstadkoms detta elektroniskt.

Användningen av PJ-21 möjliggjorde även att man kunde börja ta fram taktik för framifrånfall (mötande). Detta framtvingades av de ökade farterna och hade tidigare inte varit praktiskt genomförbart samt ansetts alltför farligt.

För flygsäkerhet används PJ-21 vid flottiljerna för att leda in flygplanen till flygfälten för landning. Dessutom uppställdes under senare delen av 50-talet en PS-14 på F2 Hägernäs. Den hade en mindre antenn med vridbord på toppen av en fast mast. Genom den första praktiskt använda PPI-länken inom landet överfördes radarbilden till trafikledningen på Bromma flygplats (Arlanda var ännu inte i bruk). Arrangemanget blev det första inom landet för gemensam civil – militär flygtrafikledning (SRE) och kallades ”Svea Kontroll”.

Olika metoder för radarlandning med PJ-21 utprovades och användes vid flottiljerna.

7 Personal, utbildning

7.1 Allmänt

Såsom framhållits under kap 2 var, vid anskaffningen av PJ-21, målsättningen inte klart beskriven. Därför skedde från 1948 ett omfattande och utdraget arbete inom flygledningen att specificera personalbehov och krav på skilda kategorier (ref 6 och 16).

7.2 Stabsofficerare

För att tillgodose behovet av officerare vid staber och förband fick vissa signalofficerare en påbyggnadskurs. 1947 och 1948 genomfördes utbildning vardera året med ca 13 officerare (varav några flygingenjörer). Kursen bestod av fyra veckors förberedande utbildning vid FV radarskola, F2 Hägernäs (FRAS) samt sex veckor i England (ref 17). Utbildningen omfattade främst radarstationernas teleteknik. Användarsynpunkter samt krav på personal och underhåll saknades nästan helt. Under de följande åren skedde motsvarande utbildning helt i Sverige (ref 18).

7.3 Troppchefer

Radartropparna utgjorde självständiga enheter, som ofta var grupperade långt från sin överordnade chef, radarkompanichefen. Radartroppchefen måste därför vara ett befäl, som kunde arbeta självständigt och ta ansvar för personal, underhåll, fältmässig förflyttning, maskering, markförsvär, radarobservationer, rapportering och teknisk tjänst. Dessutom måste han lokalt samarbeta med andra militära och civila chefer. Därför fastställdes

att radartroppcheferna skulle vara reservofficerare eller underofficerare, bl a skulle en del resoff i bastjänst samt några signaluoff omskolas. Den första radartroppchefskursen för PJ-21 genomfördes vid FRAS hösten 1950 med tio reservofficerare och fyra fanjunkare på stat (ref 19). I utbildningen ingick en tillämpningsövning med rekognosering och förberedelser för gruppering av en PS-14/R tropp. Därefter följde fältmässig (flygskyddad) omgruppering från F2 till den rekognoserade platsen. Stationens upprättande, signalförbindelsers anordnade, förläggning, försvar och maskering skedde fältmässigt. Tyvärr fungerade radarstationen och rapporteringen endast under en timme – av en händelse just när CLI inspekterade. Det var dock första gången man i vårt land inom FV försökte sig på att fältmässigt förflytta och upprätta en radarstation.

7.4 Radarobservatörer

För att leda observationstjänsten i PJ-21 indikatorrum krävdes ett kvalificerat befäl, chefsobservatör. På grund av ombeväpning inom FV till proportionsvis fler ensitsiga flygplan samt minskad användning av radiotelegrafi fanns ett visst överskott av signalunderbefäl på aktiva stat. Denna personalkategori var väl lämpad och hade bra bakgrundkunskaper för att omskolas till chefsobservatör. Signalfurirer på stat uttogs därför för tjänsten och fick sex veckors kompletterande utbildning vid FRAS (ref 20). Den fortsatta praktiska utbildningen och tjänsten skedde vid respektive flottiljs radartropp.

Vid PJ-21-tropparna varierade antalet radarobservatörer beroende på troppens utrustning, uppgift och gruppering, t ex fast, rörlig, endast PS-14 samt rapportering till flera lfc och för jaktstridsledare. För tjänsten uttogs värnpliktiga, vilka ryckte in till FRAS upp till sex gånger om året i omgångar om ca 40. Där fick de tio veckors grundläggande radarobservatörsutbildning (ref 20). Den fortsatta praktiska utbildningen och tjänstgöringen skedde vid flottiljernas radartroppar. Vid flottilj utbildades en del av dessa vpl radarobservatörer för att även kunna tjänstgöra i krig som förare på de många motorfordon som ingick i en rörlig PJ-21-tropp. Åren närmast efter andra världskriget var det inte så många 20-åringar som hade körkort. Körkortsutbildning under värnpliktstjänstgöringen blev därför populär.

7.5 Radarjaktledare

Inför leverans av PJ-21 fanns ingen erfarenhet i Sverige av att en radarjaktledare (Rrjal) med indikatorbildern (PPI) framför sig direkt per radio leder jaktflygplanen till och under anfall. PJ-21 blev den första och till slutet av 50-talet den enda radarstation i landet för sådan radarjaktledning. Eftersom ursprungsmaterielen var brittisk, studerades förfaringssätt och taktik för radarjaktledning främst i England (ref 21).

Utbildningen av rrjal skedde i jakteskadernas (E2 och E3) regi och kom igång innan PJ-21 började levereras 1950, tack vare de från Storbritannien och Norge inlånade ursprungsstationerna AMES-21. Den brittiska utnyttjades av E3 med uppställning i regel på F16 medan den norska

utnyttjades av E2 med uppställning på F9. Vid stationen på F9 tjänstgjorde en norsk officer (löjtnant Aasberg, med rrjalutbildning i England och officersutbildning i Sverige) som instruktör.

Till en början ansåg man att rrjal måste vara flygande personal. Eftersom flygutbildning redan då var mycket dyrbar gjorde man 1952 försök med att utbilda markofficerare i luftbevakningstjänst i rrjal. Dessutom infördes rrjalutbildning i kurserna för reservofficerare vid FV kadettskola.

Den normala tiden för grundutbildning av rrjal med flygtjänst som bakgrund var tre veckor (ref 22 och 23). För icke flygutbildad rrjal var utbildningstiden längre, men resultatet blev bra och jaktförarna lärde sig lita på den ledning de fick, även om rrjal inte hade flygutbildning.

För uppföljning av rrjalledningen och som ett hjälpmedel vid utbildningen byggde man om en kulsprutekamera från flygplan J28 för synkroniserad avfotografering av PPI-bilden varje antennvarv (dåvarande löjtnanten C von Koch F16).

7.6 Radartekniker

Vid 1948 års försvarsbeslut saknade man ännu erfarenheter av modern luftbevaknings- och jaktstridsledningsorganisation.

När PJ-21-materielen anskaffades fanns därför endast ofullständiga planer för hur den tekniska bemanningen skulle ske. Ett fåtal elektroverkmästare och elektrotekniker skulle omskolas för fredstjänsten. Det centrala underhållet skulle i fred ske vid Centrala Flygverkstäderna i Arboga (CVA). Tanken var att man i krig skulle erhålla en förstärkning av teknisk personal genom att krigsplacera CVA:s kollektivavtalsanställda civila radarmontörer på de krigsgrupperade radarstationerna.

Efter hand konstaterades emellertid att behovet av teknisk personal var betydligt större samt att civila montörer inte utan omfattande teknisk och militär specialutbildning var lämpade att i krig bemanna radartropperna (ref 6, 11 och 16).

För att få fram radartekniker rekryterades svagströms- och även starkströmmontörer från den civila marknaden. Dessa erhöll ca 8 månaders grundutbildning vid FRAS. Under utbildningstiden var de kollektivavtalsanställda vid F2, för att därefter anställas som civilmilitära hjälptekniker eller tekniker vid flygflottilj. Eleverna lämnade ”förbindelse att icke under de två första åren begagna sig av eljest författningsenlig uppsägningsrätt”. Den första kursen med ca 30 elever ägde rum maj-december 1950 (ref 24).

Antalet väl kvalificerade sökande till utbildningen var mycket stort. En del hade t o m alltför hög kompetens (ingenjörer och någon civilingenjör). Orsaken var televisionens förestående utbyggnad. Det förekom även att välrenommerade företag uppmanade sina anställda montörer eller

ingenjörer att söka till FV radarkurs för att efter genomgången utbildning återkomma och få väsentligt högre lön. Detta märktes senare på mycket stora avgångar, så att FV radarstationer tidvis inte kunde hållas igång för utbildning och incidentberedskap. FV har på detta sätt väsentligt bidragit till TV-utbyggnaden i Sverige.

Årligen utbildades omkring 40 särskilt utvalda värnpliktiga under ca 10 månader vid FRAS till värnpliktiga radarmekaniker, som skulle ingå i PJ-21-tropparnas krigsorganisation (ref 18 och 20). En del av dessa fick ca 6 månaders påbyggnadskurs vid FRAS för att bli elektrotekniker (radar) på stat eller i reserven.

I början på 50-talet begärde CFV efter hand personalstater för radartekniker. Vissa befattningar erhöles, men inför beslut av 1954 års riksdag presenterade CFV en allmän redovisning av behovet, som grundades på omfattande erfarenheter (ref 25). För att förstärka argumenteringen angavs i CFV budgetunderlag effekterna, antalet elektronrör, ledningslängder m m för PJ-21. Dessutom skickade flygstabens organisationsavdelning upp beskrivningarna på PJ-21, med kopplingsscheman och allt, till handläggaren i försvarsdepartementet. Därifrån uppsnappade man förvåning över att tekniker i begärd lönegrad kunde klara så invecklad utrustning. CFV fick begärda tjänster!

8 Förkortningar

CFV	Chefen för flygvapnet
Ch	Chef
CLI	Inspektör för luftbevakningen
CVA	Centrala flygverkstaden i Arboga
E2	Andra flygeskadern (jakt, stab Göteborg)
E3	Tredje flygeskadern (jakt, stab Stockholm)
E4	Fjärde flygeskadern (jakt, stab Luleå)
Elte	Elektrotekniker
Esk	Eskader
F2	Kungl. Roslagens flygkår, Hägernäs
F8	Kungl. Svea flygflottilj, Barkarby
F9	Kungl. Göte flygflottilj, Säve
F10	Kungl. Skånska flygflottiljen, Bulltofta Malmö 1940-45
F13	Kung. Bråvalla flygflottilj, Norrköping
F16	Kung. Upplands flygflottilj, Uppsala
FF	Kungl. Flygförvaltningen
flj	Flygflottilj
FOA	Försvarets forskningsanstalt
fobef	Försvarsområdesbefälhavare
FortF	Kungl. Fortifikationsförvaltningen
fpl	Flygplan
FRAS	Flygvapnets radarskola, F2
FS	Flygstaben
Fst	Försvarsstaben
FV	Flygvapnet

Genlt	Generallöjtnant
HPI	Höjdmättningsindikator (höjd polär indikator)
IK	Igenkänningsradar
jc	Jaktcentral
jal	Sektorjaktstridsledare i lfc
kam	Kartmarkrö i lfc
komp	Kompani
krit	Ritare av protokollkarta
lbev	Luftbevakning
lbeved	Luftbevakningsledare i lfc
lc	Luftbevakningscnetral
lfc	Luftförsvarscentral
lgc	Luftförsarsgruppcentral
LI	Luftbevakningsinspektionen
ls	Luftbevakningsstaiton, optisk
lspost	Luftbevakningspost
lv	Luftvärn
MF	Kungl. Marinförvaltningen
mtrl	Materiel
obs	Observatör
off	Officer
PPI	Plan polar indicator
rappjakt	Rapportör vår jakt
rr	Radar
rrbi	Biträde åt rrjal
rrjal	Radarjaktstridsledare
rrobs	Radarobservatör
rrstn	Radarstation (materielen)
rrvak	Radarövervakare i lfc
rrvakbi	Biträde åt rrvak
stril	Stridsledning och luftbevakning
strilch	Stridslednings- och luftbevakningschef i sektorledning
strioff	Stridsledningsofficer
ubef	Underbefäl
uoff	Underofficer
vpl	Värnpliktig
ÖB	Överbefälhavare

9 Referenslista

- Ref 1 Författaren till detta dokument, framlidne överstelöjtnanten vid FV, Bo Ruben, var handläggare av radarfrågor vid dåvarande Luftbvakningsinspektionen och efter dess upplösning 1957 vid Flygstabens Operationsavdelning: 1948-07-01—1953-09-30 och 1956-10-01—1960-09-15.
- Ref 2. LI/FS ank nr 4 1948-07-16.
Luftbevakningens överförande till FV.
- Ref 3. ÖB, Fst/Plan 1979-11-09 nr 500.
”Direktiv för utarbetande av målsättningar för förbandstyper och materiel samt för stabsmässig handläggning och samordning av materielanskaffningsärenden”.
- Ref 4. LI/FS avg nr H 76 1948-12-17 (FS/Per H1:6 15/12).
Anställning av förre tyske översten
- Ref 5. Flygvapenorder nr AH9, A1:1-11/10 1949.
- Ref 6 LI/FS avg nr H 114 1950-06-14.
Radarorganisation i krig för luftbevakning och jaktstridsledning.
- Ref 7. Instruktion och anvisningar för radartropp. I rrtropp, 1957 års upplaga, fastställd ro nr B 81/1957.
- Ref 8. Flygvapenorder nr B H 5/1952.
- Ref 9. LI/FS avg nr H 13 1948-10-19.
PM betr uppställning av AMES 13-14.
- Ref 10. LI/F avg nr H 27 1948-11-19 till FF.
Sprängverkan mot radarstationer.
LI/FS avg H 29 1948-12-09 till FF.
Maskering av radarstationer.
- Ref 11. LI/FS avg nr H 175. 1950-11-17
Utredning om skydd av radarstationer. Enl CFV 23 HR
1948-07-31.
- Ref 12. LI/FS avg nr H 7 1949-03-18.
Befästningar för FV nya radarstationer..
- Ref 13. LI/FS avg nr H 54 1952-04-29.
Orientering om planerad utbyggnad av FV radarorganisation
- Ref 14. LI/FS skr nr 30 1951-04-20.
Rapport över prov på F8 den 18/4 1951 med betongplintar för PS-14/R.
- Ref 15. LI/FS skr nr H 118 1952-10-15.
Rapport över lågspaningsprov med olika radarstationer i Blekinge 9-18/10 1951.

- Ref 16. LI/FS skr nr H 44 1949-10-05.
Personalbehov i krig för radarluftbevakning och jaktstridsledare (utom jaktstridsledare med specialutbildade biträden).
- Pos 17. Flygvapenorder nr B74 1948-08-10.
I England: Signal Officers Radar Familiarisation Course, Empire Radio School, R.A.F Debden, Hertfordshire.
- Ref 18. Flygvapenorder nr B 85 1951-09-14.
Bestämmelser för utbildningen – 1/10 1951 – 30/4 1952 - vid F2 (FRAS).
- Ref 19. LI/FS skr nr 1950-12-14.
Rapport över radartroppchefskurs vid F2 17/10-30/11 jml fo nr B86 och 40/1950 samt CLI skr nr 69 1950-10-06.
- Ref 20. Flygvapenorder nr B 30 1951-04-05.
Bestämmelser för utbildningen – 1/5-30/9 1951 – vid F2 (FRAS).
- Ref 21. LI/FS ank skr nr H 122 1949-12-08.
Kaptenen J Jacobis rapport över studiebesök vid Royal Air Force. Utbildning av jaktstridsledare vid RAF.
- Ref 22. CE3 skr nr 1, 1951-01-10, Stridsledningsutbildning.
- Ref 23. Flygvapenorder nr B 22, 1953-04-02 pkt 22.
Bestämmelser för utbildningen 1/5-30/9 1953 - Kurs i stridsledningstjänst vid F18.
- Ref 24. CFV skr nr 748 1950-10-14
”Den utbildning av blivande flygtekniker (elektro-), som f n pågår vid FRAS (jfr fo nr B 32/1950 p 23 a) och som är avsedd att tillgodose flj (motsv) förstahandsbehov av teknisk personal för markradarmateriel –”:
- Ref 25. CFV skr nr 370 1953-06-01.
CFV militärorganisatoriska underlag för – 1954/55.