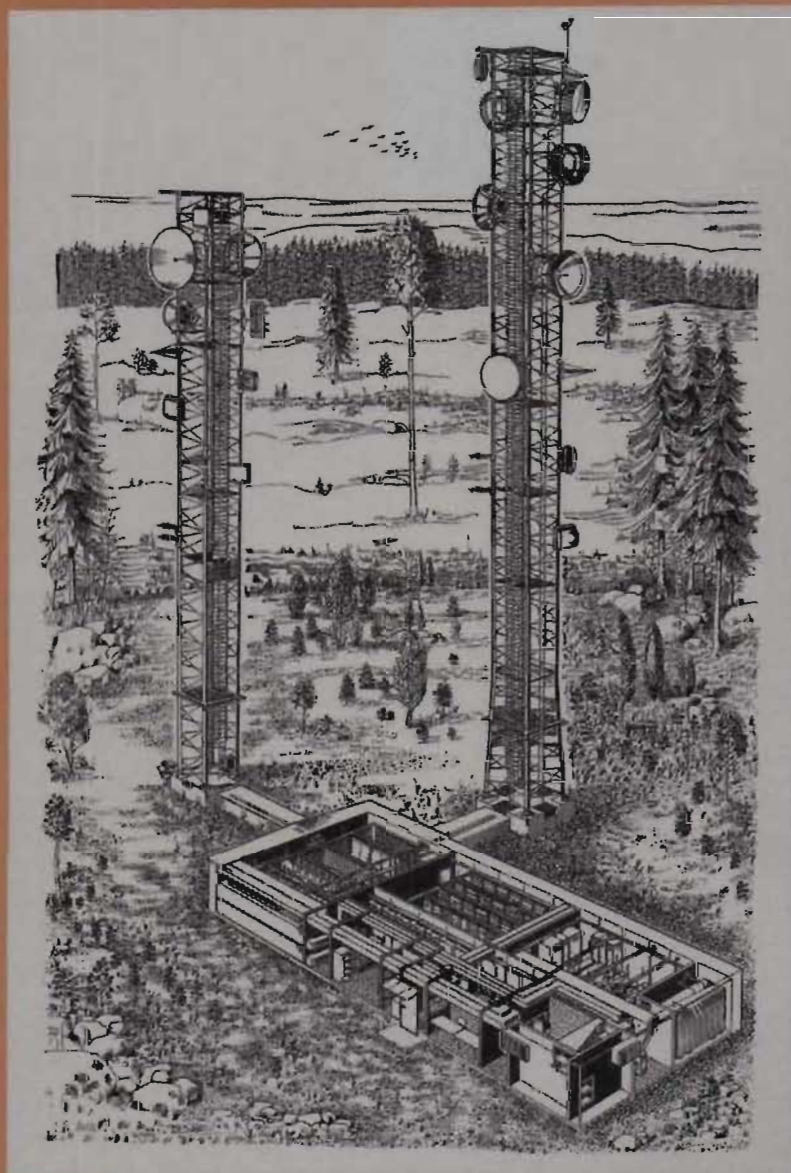




**FMV**



# Försvarets Fasta Radiolänknät

# Försvarets Telenät

ETT HISTORISKT PERSPEKTIV

**Försvarets Fasta Radiolänknät**  
**Försvarets Telenät**  
ETT HISTORISKT PERSPEKTIV

STOCKHOLM 1996

## FFRL/FTN i ett historiskt perspektiv

Försvarets Fasta RadioLänknät (FFRL) och dess fortsättning Försvarets TeleNät (FTN) har funnits till sedan början av 50-talet.

I denna skrift görs ett försök att dokumentera bakgrund till FFRL:s tillblivelse, utbyggnad och utveckling med tonvikt vid den tekniska systemutformningen och det materiella innehållet. Även vidareutvecklingen inom FTN skildras, dock med viss tonvikt på radiolänksdelarna.

En del av utrymmet ägnas åt människorna bakom FFRL/FTN d v s de entusiastiska ingenjörerna och teknikerna som förverkligade nätet.

Sambandssystemens (bl a FFRL:s) utveckling sett i ett operativt/taktiskt perspektiv har tidigare tecknats av överste Simmons i ett antal artiklar i FMV:s tidskrift TIFF.

# Innehåll

<b>Förord .....</b>	<b>4</b>	<b>Drift och underhåll .....</b>	<b>32</b>
<b>Bakgrund .....</b>	<b>5</b>	Inledning .....	32
Strilsystemet och dess utveckling .....	5	Drift och underhåll, Uh-planlösning .....	32
Telekommunikationer, behov och uppbyggnad .....	6	Organisation .....	33
Operativa krav, utvecklingen på 1970- och 80-talen 7		Underhållsutrustning och reservmateriel .....	33
<b>Systemutformning/struktur/teknikval .....</b>	<b>8</b>	Dokumentation .....	34
Studier, strukturell utformning .....	8	Utbildning/personal .....	34
Teknikval .....	10	Uppföljningssystem .....	35
Provnät .....	11	<b>Samverkan med leverantörer .....</b>	<b>35</b>
Förmedling och signalering .....	13	Radiolänkleverantörer .....	35
Stelt/förmedlat nät .....	13	Multiplexleverantörer .....	36
Nätförmedling .....	13	Växelleverantörer .....	37
Ändförmedling .....	14	Tjänste/konsultleverantörer .....	37
Routing .....	14	Televerket .....	38
Signalering .....	14	Bakgrund .....	38
Principer för anslutning av anläggningar .....	14	Förberedda förbindelser .....	38
Bakgrund .....	14	Bärfrekvensnäten .....	39
Utpektnät .....	15	Samarbetsavtal .....	39
<b>Planeringsmetoder .....</b>	<b>16</b>	<b>Utvecklingen under -80 och 90-talen .....</b>	<b>40</b>
Nätplanering, .....	16	Kapacitetsbehov, Data-fskr -75, FV-sbmål -79 .....	40
Stråklänning .....	16	Digitalisering av förmedlingsutrustningen .....	40
Förbindelseplanering .....	18	Nät driftledning .....	41
Registreringssystem .....	18	Utredningar om huvudmannaskap .....	41
<b>Anläggningsutformning och utbyggnad .....</b>	<b>18</b>	<b>Människorna bakom nätet .....</b>	<b>42</b>
Bakgrund .....	18	Hans Franzén, Mr. FFRL .....	42
Rekognosering .....	18	Personliga glimtar från de tidiga åren .....	42
Byggnadsutformning, provisoriska stationer .....	20	<b>Slutord .....</b>	<b>47</b>
Torn och master .....	21	<b>Bilageförteckning</b>	
Reguljär utbyggnad .....	21	Bilaga 1	FFRL/FTN UTVECKLING
Konkurrens etableras i anläggningsverksamheten ..	22	Bilaga 2	Leverantörer av radiolänkar
Exempel på problem i installationsverksamheten ..	23	Bilaga 3	Leverantörer av multiplexutrustningar
<b>Materielanskaffning och teknikutveckling .....</b>	<b>24</b>	Bilaga 4	Leverantörer av växlar
Inledning .....	24	Bilaga 5	Lista över använda förkortningar
RL-81, en tidig trotjänare i FFRL .....	24	Bilaga 6	Referenser
Scatterlänken .....	27		
Transportabla radiolänkar .....	28		
<b>Digitalisering av transmissionsnätet .....</b>	<b>30</b>		
Bakgrund .....	30		
Första digitala utbyggnaden i länknätet .....	30		
<b>Ekonomi .....</b>	<b>31</b>		
Investeringar .....	31		
Drift .....	31		

## Förord

Försvarets Fasta RadioLänknät (FFRL) med dess fortsättning Försvarets TeleNät (FTN) har funnits till sedan början av 50-talet.

Under de gångna 40 åren har nätet genomgått en successiv anpassning och utbyggnad för att kunna tillgodose förändringar i de operativa och taktiska krav som försvaret ställt på nätet.

Jag kom för första gången i kontakt med FFRL på slutet av 50-talet då jag arbetade vid Televerket. Sedan 1966 då jag började på milostab Ö har jag i olika befattningar haft kontakt och arbetet med FFRL/FTN fram till 1994.


För att få underlag till en skrift som beskriver tankarna runt den strukturella och tekniska utformningen, projekteringen och planeringen, anläggningsutformningen, materielanskaffningen samt drift- och underhållsstrategin samlades några kvällar under 1991-92 ett antal tidigare och nuvarande medarbetare vid FMV. Vid dessa träffar utbyttes minnen både i form av ord och i form av mellan träffarna nedtecknade minnesanteckningar.

Det material som på detta vis kom fram har tillsammans med en relativt stor mängd gamla handlingar i form av officiella arkiverade handlingar och sparade arbetshandlingar utgjort grund för den här presenterade skriften.

*Ett stort tack riktas till följande personer som aktivt och entusiastiskt bidragit med underlag:*

<i>Olle Holmqvist</i>	<i>Anställd vid Flygförvaltningen</i>	<i>1948-60</i>
<i>Åke Thorsson</i>	<i>Anställd vid Flygförvaltningen</i>	<i>1949-61</i>
<i>Karl-Emil Werner</i>	<i>Anställd vid Flygförvaltningen</i>	<i>1949-54</i>
<i>Bertil Nilsson</i>	<i>Anställd vid Flygförvaltningen</i>	<i>1950-64</i>
<i>Rudolf Forsberg</i>	<i>Anställd vid FMV</i>	<i>1948-82</i>
<i>Karl-Edvard Eriksson</i>	<i>Anställd vid FMV</i>	<i>1951-94</i>
<i>Bertil Lehman</i>	<i>Anställd vid FMV</i>	<i>1953-93</i>
<i>Sven Boqvist</i>	<i>Anställd vid FMV</i>	<i>1954-90</i>
<i>Lennart Kjelldorff</i>	<i>Anställd vid FMV</i>	<i>1949-87</i>
<i>Stig Dalsjö</i>	<i>Anställd vid Flygvapnet</i>	<i>1947-86</i>
<i>Olle Jeppsson</i>	<i>Anställd vid CVA/TELUB</i>	<i>1956-95</i>
<i>Allan Englund</i>	<i>Anställd vid SRA</i>	<i>1940-84</i>
<i>Holger Stegfeldt</i>	<i>Anställd vid SRA/TELEPLAN/FMV</i>	<i>1961-</i>
<i>Per Henriksson</i>	<i>Anställd vid Flygvapnet/CVA/SRA/TELEPLAN/TELUB/FMV</i>	<i>1952-94</i>

Stockholm december 1995



Göran Kihlström

## Strilsystemet och dess utveckling

Redan på 1920-talet bedrevs övningar med luftbevakning inom armén. I mitten av 30-talet organiserades landet i luftbevakningsområden (Lbo), vardera med en luftbevakningscentral (Lc), till vilken ett antal luftbevakningsstationer (Ls) rapporterade.



Luftbevakningsstation

Rapporteringen skedde över manuellt uppkopplade förbindelser i televerkets nät, genom så kallade luftförvarssamtal som hade företrädesrätt. Rapporterna ringdes in till Luftbevakningscentraler där de skrevs ned på blanketter. Dessa sändes via bandtransportör till kartritare/-markörer och tjänade som underlag för alarmering, luftvärnsberedskap etc. En flygofficer följde (från en position bakom kartritaren!) upp händelserna och rapporterade till sitt förband. Denna första optiska luftbevakning organiserades av armén, kompletterad av marinen inom de viktigaste marina basområdena. Först under beredskapsåren kom luftbevakningen att byggas ut till att vara rikstäckande.

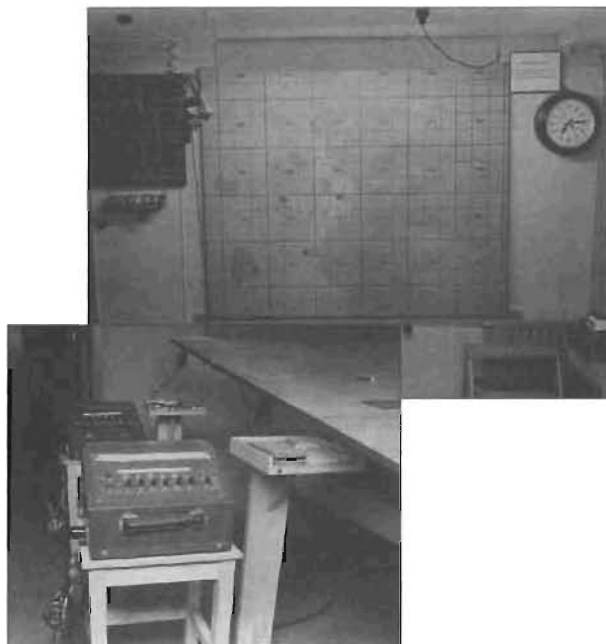
Luftbevakningens organisation, arbetsformer och tekniska hjälpmedel gav inte tillräckligt underlag för stridsledning av jakt, när jaktförsvaret byggdes ut för att skydda Stockholm, Göteborg och Malmö. Detta ledde till att man inom flygvapnet började bygga upp en egen luftbevakningsorganisation. Den bestod av så kallade jaktls som rapporterade via radio till jaktstridsledningscentraler (Jc), vilka successivt inrättades vid hemmaflottiljerna, som regel i kanslihusets källare.

När radarstationer i mitten av 40-talet tillkom inom Flygvapnet, accentuerades splittringen av luftbevakningsorganisationerna ytterligare.

Åtgärder vidtogs visserligen under beredskapsåren för att förbättra samverkan mellan jaktförband, luftbevakning och luftvärn, men övningserfarenheter, utredningar och så småningom studiebesök utomlands ledde successivt till att behovet av en samordnad, centraliserad stridslednings- och luftbevakningsorganisation klarades.

Efter omfattande studier och försök 1944-46, föreslog luftförvarskommittén (LFK) att en modern sådan organisation skulle byggas upp inom flygvapnet samt att den under beredskapsåren etablerade optiska luftbevakningsorganisationen skulle överföras från armén till flygvapnet. Riksdagen beslutade att så skulle ske den 1 juli 1948.

Enligt riksdagsbeslutet skulle, under CFV i flygledningen, inrättas en luftbevakningsinspektion (Li) för att leda uppbyggnaden av den nya verksamheten. Flygförvaltningen (KFF) skulle utökas och få det tekniska ansvaret för utbyggnaden. Luftbevakningen var i detta skede delvis

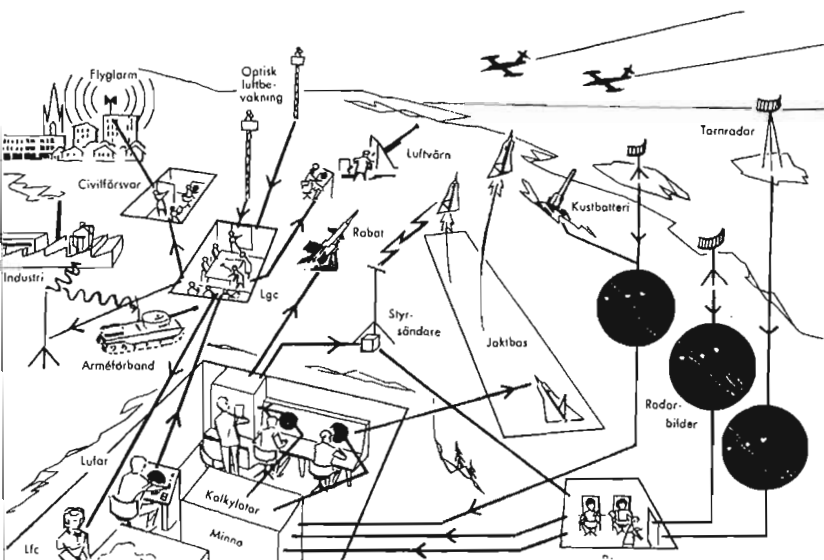


Telefonutrustning i Lgc m/48, telefoninsats för kartmarkör

utrustad med något modernare materiel, "m/48", med bl a en transportabel teleutrustning för luftbevakningsgruppcentraler.

För att fylla de utökade funktionskraven utformades ett nytt luftbevaknings- och stridsledningssystem, kallat Stril 50. För detta system utvecklades och utbyggdes bl a nya luftförsvarscentraler Lfc och luftbevakningsgruppcentraler Lgc. Dessa utrustades med modern teleutrustning (Lfc m/50 resp Lgc m/50), utformad för utnyttjande även av radiosamband.

Ännu medan Stril 50 befann sig under provisorisk uppbyggnad började tankar på ett nytt och modernare system att tränga fram. Utredningen Spaning och Stridsledning i luftförsvaret (SoS), 1953, blev en övergripande och mycket omfattande utredning, med alla frågeställningar om datainsamling (främst radar) samt framtagning och presentation av informationsunderlag för de olika vapensystemen (jakt, lv-robot). Särskilda studier gjordes över



Stril 60, starkt beroende av telesamband

möjligheterna att använda automatiska hjälpmedel för målföljnings- och stridsledningsberäkningar.

En särskild delutredning över principer för radarsystemets uppbyggnad startades inom SoS i slutet av 1954. Även luftlägespresentation på elektroniska indikatorer togs upp som komplement till de manuella "plottingbord" som användes i Stril 50 Lfc och Lgc.

Utredningen avrapporterades vid "Uppsala möte" i januari 1956 mellan flygledningen och FOA. Ett konkret handlingsprogram med materielplaner och upphandlingsspecifikationer för Stril 60 togs fram vid de följande så kallade "Saltsjöbadsmötena".

## Telekommunikationer, behov och uppbyggnad

Genom riksdagsbeslutet 1948 om en uppbyggnad av ett modernt luftbevakningssystem framstår det året också som ett födelseår för utformningen av flygvapnets moderna telekommunikationsstruktur. Behovet av snabb och säker landstäckande telekommunikation ökade starkt i samband med uppbyggnaden av luftbevakningssystemet.

Tidsfördröjningen vid den manuella förmedlingen i televerkets stationer kunde inte längre accepteras. 1948 påbörjades därför en övergång från vanliga abonnemang i televerkets nät till speciella exklusiva direktförbindelser mellan olika försvarsobjekt. Dessa förbindelser var antingen förhrydda i fred eller förberedda för snabb uppkoppling vid beredskapshöjning eller mobilisering. Uppkoppling skedde manuellt med hjälp av omkopplare på televerkets stationer (se bilaga 6, referens 3). Den under de senaste åren genomförda övergången från exklusiva till förmedlade förbindelser är alltså en återgång till ett gammalt koncept, även om förmedlingen nu sker automatiskt.

Till de prov och försök som utfördes för att få underlag till specificeringen av Stril 50 utnyttjades bl a utrustningar m/48 och från USA anskaffad "surplus"-materiel, främst en transportabel utrustning för flygledningscentral "AN/TTQ". Denna innehöll en helt komplett central med estrader, kartbord, markeringsutrustning och teleutrustning med växel, telefoninsatser etc. Med denna anordnades en försöks-Lfc vid F8. Med bl a de erfarenheter man fick vid dessa försök som grund, påbörjades i samarbete mellan KFF och Televerket ett konstruktionsarbete som ledde fram till speciella telefonutrustningar för Lgc och Lfc. Försvaret var här mycket tidigt ute med flera tekniska funktioner, bland annat fyrtrådsförmedling i Lfc m/50 växlarna. Denna typ av förmedling möjliggjorde att ett landsomfattande telefonnät snabbt kunde etableras.

Under slutet av den period då luftbevakningen låg kvar inom armén anskaffades en del radiolänkmateriel till den optiska luftbevakningen. En del prov med relativt långdistans radiolänkkommunikation genomfördes också i arméns regi. Bl a under manövern "HÖSTLÖVET" hösten 1949 genomfördes radiolänkprov mellan Skövde och Stockholm.

1950 tillsattes en utredning med uppgift att utarbeta förslag till hur man bäst skulle åstadkomma skadetåligen telekommunikationer för luftbevakning och stridsledning. Utredningen föreslog att ett landsomfattande nät baserat på radiolänk skulle byggas. Valet av radiolänk som transmissionsmedel var främst betingat av kraven på eko-

nomi och skadetålighet. I utredningen skisserades grunddragen för nätstruktur, transmission och förmedling.

Denna utredning avsåg ett nät för enbart FV, huvudsakligen för luftbevakning och stridsledning. Nätet skulle förbinda objekten i systemet (Lfc, radarstn, Lgc etc) och utgöra ett landsomfattande nät. Ledningscentralerna skulle utgöra noder i nätet och växlarna i dessa (enl ovan utrustade för 4-trådsförmedling) skulle fungera som förmedlingsorgan i nätet. Ett provnät planerades, geografiska planer upprättades, stationsplatser för provnätet utsågs, försök bedrevs och viss materielanskaffning förbereddes bl a genom infordran av offerter på radiolänk för provnätet m m.



Hans Franzén, 1954

Vid denna tid väcktes ÖB intresse för att utnyttja det planerade FV-nätet även för att säkerställa andra väsentliga samband inom det militära försvaret liksom för vissa organ inom totalförsvaret. Under 1953–54 gjordes mot denna bakgrund en ny utredning inom FV. Den grundades på reviderade FV-behov och på av Fst sammanställda behov från övriga tilltänkta användare och genomfördes av KFF genom Luftbevakningsbyråns radiolänksektion. Utredningen resulterade i en reviderad plan för det landsomfattande länknätet, med väsentligt utökad kapacitet, med flera anslutna anläggningar, en något tätare nätstruktur och med noder i separata anläggningar (knotstationer) försedda med automatiska växlar för förmedling av trafiken.

Under 1954 togs beslut om utbyggnad av ett nät enligt föreslagna linjer och under CFV ansvar. Kostnaderna

skulle fördelas mellan ÖB (Operativ ledning), FV och SJ enligt utredningens förslag.

Dessa studier, utredningar, planer och beslut är vad gäller nätstruktur, transmission och förmedling till stora delar fortfarande vägledande för arbetet med radiolänknätet, även om givetvis tekniska lösningar, kapaciteter och geografiska planer successivt reviderats. Naturligtvis har integrationen av radiolänk- och trådnäten även haft en stor påverkan.

### ***Operativa krav, utvecklingen på 1970- och 80-talen***

I och med att den nya, integrerade högre regionala ledningsorganisationen infördes 1966 påbörjades en omfattande integration av den operativa ledningens och stridsystemets samband. ÖB:s operativa målsättning för ledningsorganisationens samband utkom i en preliminär utgåva 1969 (POpM/Sb) och i en "slutlig" utgåva 1975 (OpM/Sb).

Häri fastlades och specificerades de operativa kraven beträffande exempelvis kapacitet, flexibilitet och uthållighet. Begreppet "FGS", försvarsmaktens gemensamma samband, myntades och begreppet "FTN", försvarets tele-nät, började användas. Samtidigt påbörjades en integrering av de tidigare separat uppbyggda tråd- och radiolänknäten.

Under 1974-75 genomfördes en omfattande utredning avseende försvarsmaktens data- och fjärrskrifttrafik. Denna utredning resulterade i ett antal målsättningar under senare delen av 70-talet och början av 80-talet, där bl a kraven på FTN utökades och tydliggjordes. Under senare delen av 70-talet genomfördes inom ramen för luftförsvarsstudien SUS-77 ett arbete med utarbetande av en systemmålsättning för FV samband. Denna målsättning medförde en förtätning av nätet, en utökning av antalet nätväxlar och en förändring av anläggningsutformningen.

Under 1970-talet kom milösambandsförbanden att bli en för hela försvarsmakten gemensam resurs för förstärknings- och reorganisationsåtgärder i de gemensamma näten. Förbanden hade tidigt lätt transportabel radiolänk. Efterhand tillkom också tung transportabel radiolänk som resurs för komplettering av, anslutning till och överbyggnad vid skador i stamnätet.



# Systemutformning–struktur–teknikval

Avsnittet är till stor del baserat på underlag som tecknats ned av Bertil Nilsson verksam vid KFF under perioden 1950–64 och på noteringar gjorda av S Boqvist verksam vid KFF/FMV under perioden 1954–90.

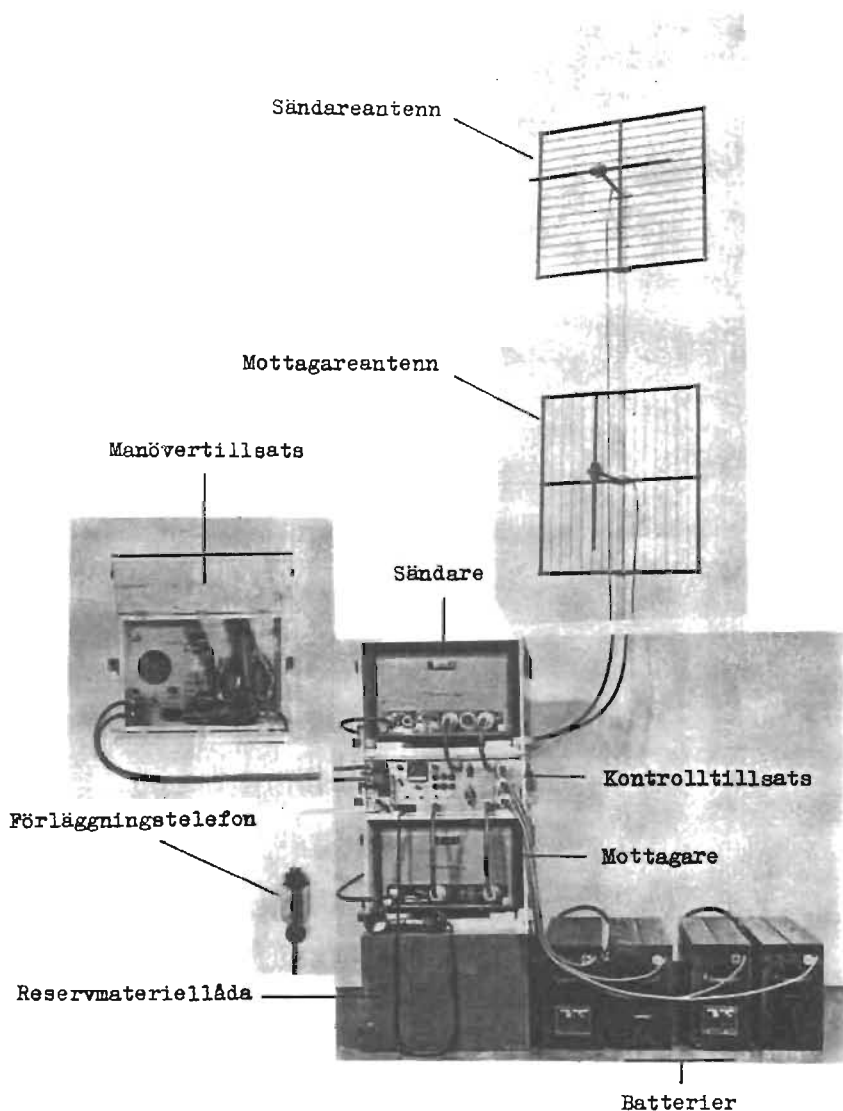
## Studier, strukturell utformning

För moderniseringen av luftbevakningssystemet var givetvis telekommunikationerna väsentliga. Redan i slutet av 40-talet gjordes som tidigare framgångsrika försök med radiolänkförbindelser Lgc-Ls (jfr även radioförbindelse



Bertil Nilsson

Sven Boqvist



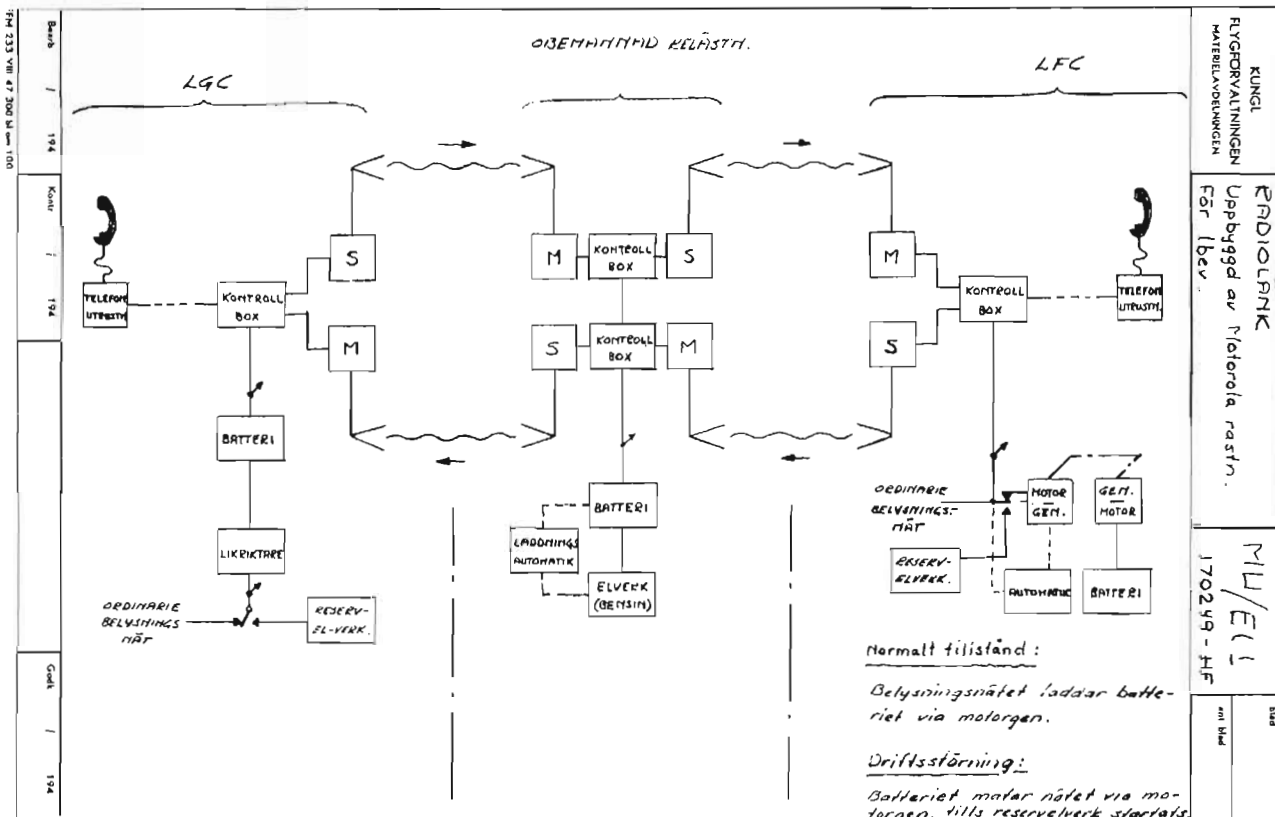
RL-01 (Motorola), transportabel utrustning för radio-ls

Lc-Jaktls under krigsåren). Försöken gav goda resultat och radio-ls utbyggdes under 50-talet i stor omfattning framför allt till öar i Stockholms skärgård. Dessa direkta förbindelser Lgc-Ls ersatte från Televerket förhyrda förbindelser (Ls-abonnemang). En för ändamålet ombyggd Motorola landmobil radio i 150-MHz-bandet, benämnd RL-01, utnyttjades för denna "Ls-radio". Mer om RL-01 återfinns i avsnittet "Människor bakom nätet".

De tekniska huvudkraven som skulle uppfyllas av dessa radiostationer var i anbudsinfordran angivna enligt följande:

- Räckvidd 5 mil.
- Trafiken skall så långt det kan säkerställas vara ostörd.
- Förbindelse skall etableras utan sökning.
- Vid luftförsvarsgruppcentral skall sändning till och mottagning från samtliga till Lgc knutna ls kunna ske samtidigt och inbördes ostört.
- Strömförsörjning skall kunna ske utan tillgång på elkraft från nät.
- Utrustningen skall trafiktekniskt kunna anpassas till trådtelefonmateriel på Lgc samt handhas av icke signalutbildad personal.

För säkerställande av samband för luftbevakningen i stort påbörjades planeringen av radiolänkförbindelser även för Lfc, Lgc och radiostationer etc. Dessa förbindelser avsågs komplettera från Televerket förhyrda trådförbindelser. En första plan för ett radiolänknät för luftbevakningen utarbetades 1950-51. Planen avsåg ett sammanhängande länknät för luftbevakningens behov täckande väsentliga delar av landet. Nätet planerades sammanbinda de viktigaste orga-



Blockschema från 1949 för 1-kanals radiolänk Lgc-Lfc utarbetat av Hans Franzén.

nen i luftbevakningssystemet. Inom flertalet luftbevakningssektorer (ca 15 av de totalt ca 20 sektorerna) planerades förbindelser mellan Lfc och radarstationer (ca 30 st), Lgc (ca 30 st) etc. Förbindelser planerades även mellan sektorerna inbördes. Huvudparten avsåg telefoniförbindelser, men mellan Lfc och vissa radarstationer planerades även förbindelser för bredbandig överföring av PPI-bilder.

Länknätet planerades med en stomme av huvudstråk förbindande Lfc i skilda sektorer (kapacitet 12-24 telefonikanaler) samt med bistråk anslutande objekt (kapacitet 2 till 6 telefonikanaler). Förmedling av trafik förutsågs ske i manuella växlar i Lfc.

Planen innefattande i en första etapp ett provnät inom dåvarande sektorerna O1, O2, W5. Provnätet planerades mera i detalj och offerter infordrades på utrustningar för detta (se bilaga 6, referens 1). Nätet skulle innefatta flerkanallänkar för telefoni, fjärrskrift och telefax. Även överföring av PPI-bilder förutsågs.

Förberedande prov utfördes under övningar bl a i Norrköping 1950. Ett mera omfattande prov planerades och genomfördes med en provsträcka Stockholm-Norrköping. Samtidigt med materielanskaffningen planerades den geografiska sträckningen. Ytterligare provnät planerades på

västkusten mellan Marstrand och Strömstad. En ny 1-kanals radiolänk, (RL-02), primärt utvecklad för radio- och utnyttjades även i provnätet.

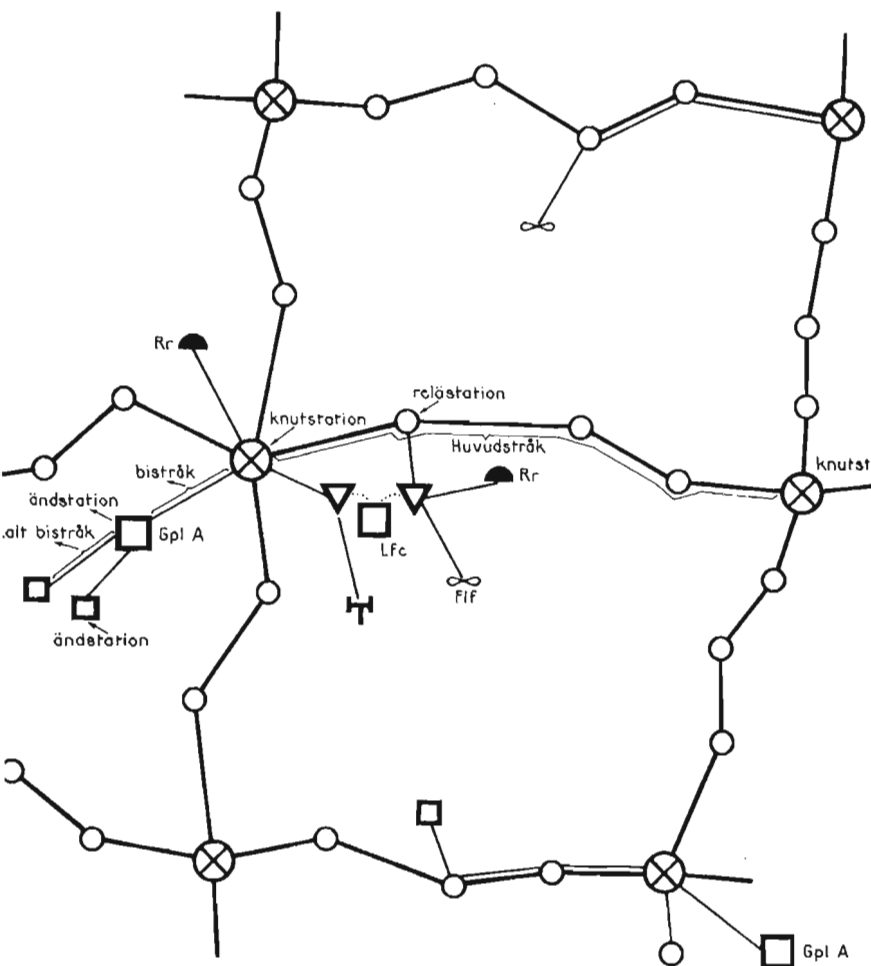


RL-02 i stativmontage

Efterhand som resultaten presenterades från dessa verksamheter väcktes intresset hos Fst att i ett länknät säkra sambandet även för andra funktioner inom försvaret. Under 1954 genomfördes ett omfattande utredningsarbete inom KFF beträffande ett sådant för försvaret gemensamt radiolänknät. Sambandsbehov för skilda intressenter utanför FV insamlades (i huvudsak via Fst). Bland intressenterna märktes ÖB (Hkv), MB, KKV, FRA, SJ m fl. FV behov uppdaterades till att innefatta även flygbaser.

Studien och planeringen utfördes inom KFF av Luftbevakningsbyråns radiolänksektion.

Studien resulterade i ett förslag ("Plan -54") till ett landsomfattande "försvarets fasta radiolänknät", FFRL och till principlösning beträffande nätstruktur samt geografisk, teknisk och trafikall utformning. Kostnadskalkyler gjordes med fördelning på intressenter.



FFRL principiell nätbild

Föreslagen utformning:

- Ett landsomfattande stamnät med ett 30-tal noder, inbördes förbundna med radiolänk i en maskformig struktur.
- Nätets utnyttjare ansluts med radiolänkar till noderna eller i vissa fall direkt till varandra.
- Nätet helt fristående från televerkets nät.
- Nätets anläggningar ges fortifikatoriskt skydd och förses med lokal energiförsörjning.
- Trafiken avverkas dels över i nätets fast anordnade förbindelser, dels över vid behov uppkopplade förbindelser.
- Uppkopplingar sker via i noderna anordnade automatväxlar.
- Förbindelser i nätets ansluts hos användarna i lokala växlar för access från skilda befattningshavare eller direkt i vissa befattningshavares terminaler.

Dessa principer avsåg att ge ett skadetåligt nät med möjlighet till såväl god ekonomi (genom trafikall samordning) som, där så erfordrades, snabba samband genom fasta punkt-till-punkt förbindelser.

## Teknikval

En grundläggande fråga vid den tekniska utformningen av nätet var valet av transmissionsmedium. De måttfulla kapacitetsbehoven, kravet på ett från televerkets nät fysiskt skilt nät, den begränsade ekonomiska ramen och kravet på en snabb utbyggnad, ledde till att radiolänk valdes för transmissionen. Detta gav som bonuseffekt att man för många av försvarets väsentliga samband kunde utnyttja två skilda media, tråd och radiolänk, vart och ett med sina för- och nackdelar. Televerket visade vid denna tid föga intresse för radiolänk.

Den tekniska utformningen i övriga avseenden bestämdes av de ställda kraven, av tillgänglig teknik och dess förväntade utveckling, av tillgängliga radiofrekvensband och av önskemålet att kunna utnyttja standards inom området (bl a CCITT rekommendationer). I "när-zonen" var kommersiellt tillgänglig, gärna beprövad utrustning av stor vikt. De utförda proven och erfarenheter från gjorda offertfrågningar var här av mycket stort värde.

Den valda tekniska lösningen innefattade:

- Transmission via radiolänkar av dm- och m-vågstyp med multiplexutnyttjande av överförda basband.
- Förmedling av trafik i nätets noder via helautomatiska växlar.

- Transmission och förmedling av transparent 4-tråds-typ ände till ände genom nätet.
- Nätets noder normalt obemannade.

Utredningen redovisade utförligt de behov på vilka dimensioneringar och geografisk utformning baserades.

En omfattande nätdimensionering och kostnadskalkyl utfördes liksom en fördelning av kostnader på de 15 intressenterna. Det föreslagna nätet omfattade ett 30-tal noder och berörde ca 150 anläggningar.

Kostnader för telekommunikationsutrustningar (inkl reservkraft) beräknades till ca 60 MSEK (varav ca 50 % avsåg radiolänkar) och de fortifikatoriska kostnaderna till ca 10 MSEK.

Nätets huvudelement föreslogs därmed utgöras av:

- Radiolänkar på m- och dm-vågländ
- Multiplexutrustningar med kapaciteten 5-23 telefoni-kanaler
- Förmedlingsutrustning (växlar) med kapaciteten 25-150 linjer
- Energiförsörjning såväl via elnätet som via egna motordrivna elaggregat
- Antennbärare i form av torn och master av fackverks-typ, 30-60 m höjd
- Byggnader av bunkertyp

Den fysiska utformningen av anläggningar och behovet av en autonom energiförsörjning var en naturlig följd av kraven på hög funktionssäkerhet och skydd mot bekämpning.

Utredningen, som godtogs av CFV och Fst, ledde till beslut att nätet skulle förverkligas inom en 15-årsperiod, att CFV skulle vara ansvarig instans och att genomförandet skulle ske av KFF med ELB som centralt organ.

En översyn av planerna för försvarets fasta radiolänknät gjordes 1957, varvid främst förbindelsebehov och fördelning fasta/förmedlade förbindelser reviderades, speciellt beträffande Flygvapnets behov. Nätets struktur bibehölls, kapaciteten ökades med ca 25%, materielkostnaderna ökade med ca 15% och de fortifikatoriska kostnaderna med ca 70%. Denna plan fastställdes av Fst 1958.

## Provnät

Det på ett tidigt stadium planerade provnätet realiserades i form av ett huvudstråk Stockholm- Norrköping, innefattande tre framtida noder och en relästation och med anslutningar till respektive Lfc i berörda sektorer. För detta

anskaffades provutrustningar av ett flertal fabrikat, Siemens, GEC, STC, Stomo. Dessa tidigare utrustningar betecknades med RLX (RLX-51 etc).



*RL-X12 (Siemens)*

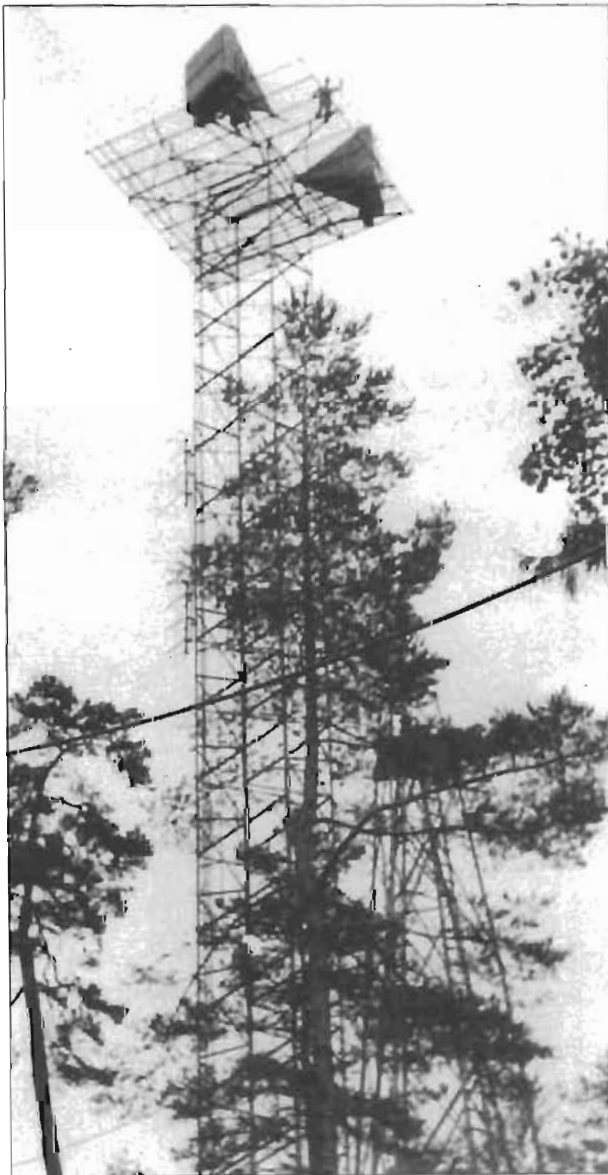
I ett första skede byggdes provnätet inklusive anslutningslänkar till Lfc i metervågsteknik (GEC frekvensmodulerad, 2- och 5-kanal FDM). Provisoriska byggnader uppfördes (hyddor) och antenner monterades i stagade master.



*Provisorisk länk-byggnad, "hydda"*

Provnätet kompletterades med Siemens decimetervågs-länk (RLX-51 och multiplex TM-3) till kapaciteten 23 kanaler (puls-tid-modulering och tidsdelningsmultiplex). Nu byggdes torn som antennbärare. Antennerna för denna Siemens dm-länk var av typ linsantenn, stora tunga antenner, där linsen var uppbyggd med profilerade metallskivor, ställda i ett horn med kvadratisk öppning. Denna länk byttes senare ut mot en liknande Siemenslänk RL-41, vilken med multiplex TM-4 gav en kapacitet på 60 kanaler.

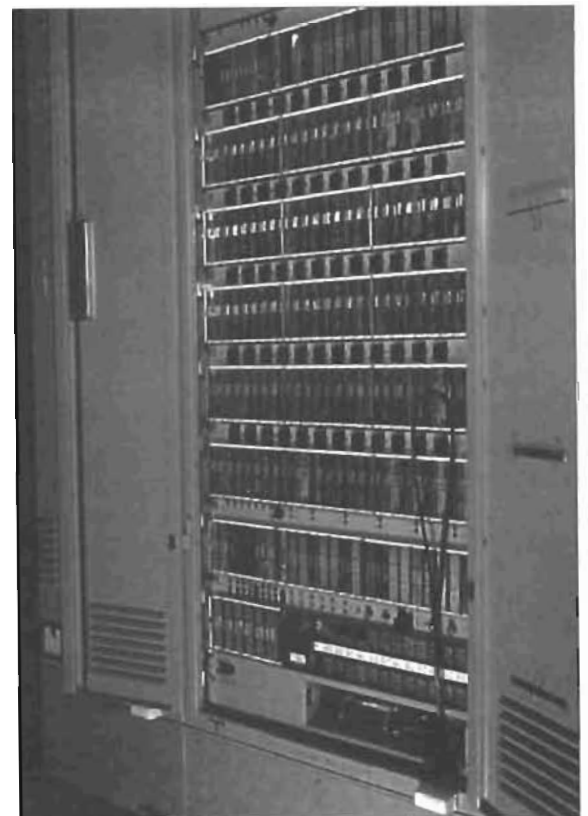
Ytterligare ett provnät anordnades senare, detta på västkusten. Här byggdes med STC 6-kanal i "dubbel-FM" teknik, d v s multiplex och radiomodulering med FM. En mycket bandbreddskrävande teknik.



*Antenntorn med två Siemens linsantenner*



*RL-41 (Siemens)*



*TM-4 (Siemens)*

## Förmedling och signalering

### Stelt/förmedlat nät

En väsentlig fråga vid utformningen av nätet var valet av trafikal princip, d v s trafik via i nätet fast uppkopplade förbindelser eller via vid behov/per samtal uppkopplade förbindelser. Inom luftbevakningen hade utvecklingen gått från tidiga 40-talets trafik i televerkets publika nät med per samtal (oftast manuellt) uppkopplade förbindelser (prioriterade som luftförsvarsamtal) till fast arrangerade punkt till punkt förbindelser. Inför skapandet av ett separat nät kvarstod inom luftförsvaret kravet på omedelbar tillgång (utan fördröjning och utan risk för trafikal spärr). Mot detta ställdes ett förmedlat näts bättre ekonomi och möjlighet till alternativa samtalsvägar och därmed bättre skadetålighet. Länknätet utformades för att kunna ge både fasta och förmedlade förbindelser inom nätet.

### Nätförmedling

Under en första period anordnades förbindelser inom stornätet enbart som fasta. Förmedling kunde ske i vissa större anslutna anläggningar (främst Lfc m/50), vilka försågs med 4-tråds utrustningar för manuell förmedling. Detta förmedlingsnät har ibland benämnts "MT-nätet". Nätet utformades dock med målet att i hög grad kunna övergå till förmedlad trafik. Redan i utredningen Plan -54 planerades i nätets noder automatiska växlar med kapaciteter om 25-150 förbindelser.

Först under början av 60-talet kunde dessa planer förverkligas. Efter orienterande kontakter med teleindustrin utarbetades en teknisk specifikation ELT 2448 (totalt ca 40 sidor, klar-65). Se bilaga 6, referens 6. Specifikationen hänvisade i många avseenden till CCITT. En offertförfrå-



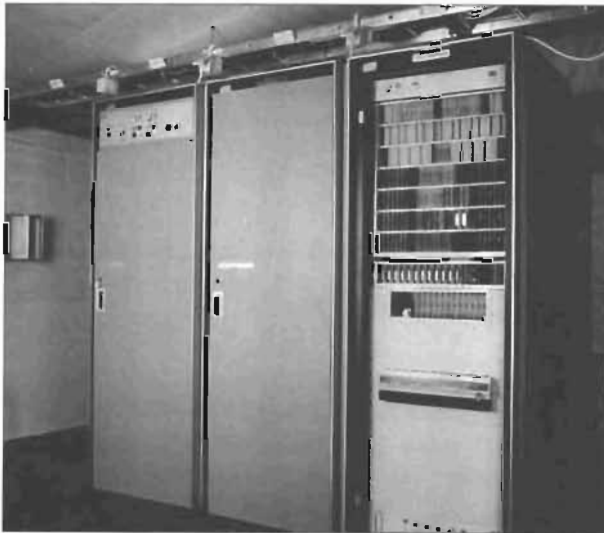
*AKE 129 (Ericsson)*

gan gjordes till bl a Televerket, L M Ericsson och SRT. Bland offererade lösningar fanns såväl helt traditionella elektromekaniska växlar som växlar av PMS- och helelektronisk typ. De förra dömdes snabbt ut som otillräckliga. Bland de senare fanns Ericsson och Northern Telecom som båda värderades ingående.

Efter en omfattande utvärdering av offererade växlar valdes en PMS-typ med elektromekaniska väljare, L M Ericssons AKE 129. Denna växel var en minivariant av Ericssons AKE-system beträffande linjekapacitet, men med avancerade funktioner och med i vissa avseenden speciell signalering. Efter ett intensivt arbete med definiering av i specifikationen "öppna" funktioner kunde tillverkning och leveranser påbörjas.

Ett flerårigt mycket omfattande provnings-/besiktningsskede följde. Proven utfördes i stor utsträckning på de två första i Mellansverige installerade växlarna.

I ett senare skede (i mitten av 70-talet) kompletterades nätet med ytterligare nodväxlar. Härvid valdes en växel från GTE, en PMS-växel med elektronisk, rumsuppdelad kopplingsmatris (ETSS).



*ETSS (GTE)*



*ÖB Lennart Ljung intresserad av ETSS switchingelement*

## Ändförmedling

Förbindelserna i FFRL anslöts i försvarsanläggningarna dels i rena terminalutrustningar (telefonapparater, modemer, fjärrskrivare etc), dels i manuella växlar såsom Lfc växlar m/50 och -60, Lgc, växelbord i AN/TTQ (transportabel Lfc-utrustning), Gpl-växlar av olika typer och i PABX (främst i anläggningar med fredsfunktioner, t ex flygflottiljer, MB-staber och andra centrala och regionala staber).

## Routing

En väsentlig systemfråga för nätets skadetålighet och verkningsgrad m m var frågan om hur trafiken skulle dirigeras i nätet. Ett helautomatiskt routingsystem var ett krav. I specifikationen för automatväxlar indikerades två alternativ, ett med succesiv routing nod för nod och ett med fullständigt vägval redan i ursprungsstationen efter analys av till noderna rapporterad nätstatus.

Principen med successivt vägval antogs, kompletterad med viss kontroll från ursprungsstation och med automatisk omvalsmöjlighet.

Vid utformningen av routingsystemet var den begränsade signaleringskapaciteten mellan noderna avgörande. MFC-tekniken var den enda då kommersiellt tillgängliga, vilket uteslöt routingmetoder av mättnadstyp.

## Signalering

En annan viktig teknikfråga vid utformningen av nätet gällde signalsystem, eller med militär nomenklatur: manöversignalering.

Den i enkla radiosystem traditionella bärvågssignaleringen kunde ej accepteras ens i 1-kanallänkar med hänsyn till anslutna terminaler och duplextrafiken. I för provnätet offererade länkar/multiplexer tillämpades olika signalsystem av inom- och utombandstyper. Med hänsyn till allmänna kvalitetskrav och den växande applikationen med dataöverföring i telefonkanal via modemer var utombandssignalering det naturliga valet för linjesignaler och gjordes i ett tidigt skede.

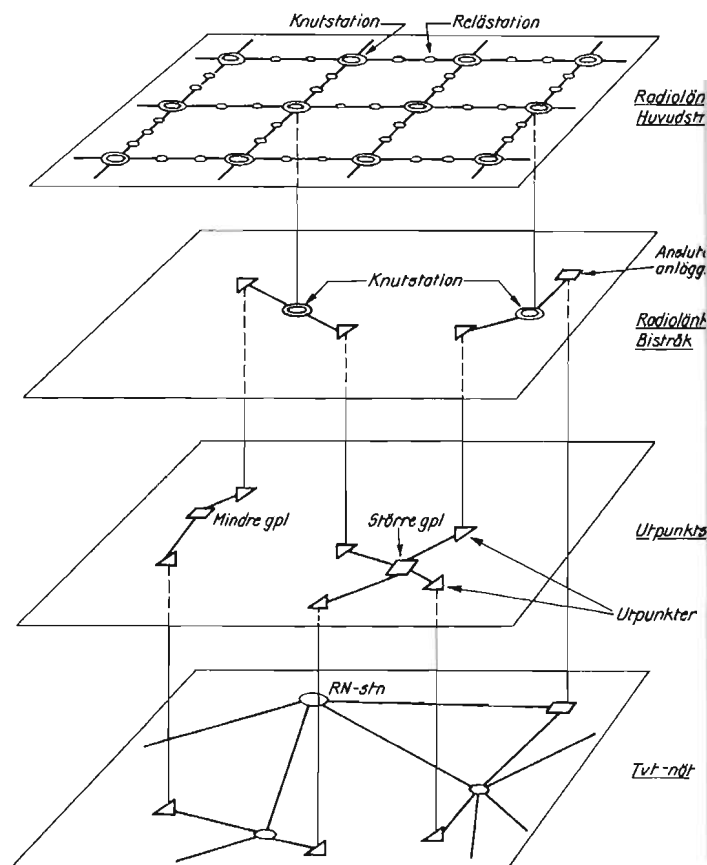
I traditionella (tråd-) nät var kontinuerliga (tillståndsindikerande) utombandssystem med ton i vila vid denna tid det vanliga (tillämpades exempelvis i televerkets bärfrekvensnät). Med hänsyn till bl a belastningen härav i basbanden och därmed modulationsutrymmet, valdes för länknätet en diskontinuerlig (förändringsindikerande) linjesignalering. Härigenom blev man emellertid tvingad till ett i stort sett unikt signalschema. Efter hand har skilda trafik-

typer framtvingat nya varianter av det ursprungligen (speciellt för LB trafik) enkla linjesignalschemat. Se bilaga 6, referens 8.

## Principer för anslutning av anläggningar

### Bakgrund

I såväl Stril 50 som Stril 60 fick ledningscentralerna mycket stor betydelse. De byggdes i bergtrum med hög skyddsnivå, de innehöll mycket elektronikmateriel och speciellt Stril 60 utrustades med ett omfattande datorstöd. EMP och en förväntad utveckling av elektroniskt styrda vapen sågs som hot mot centralerna. Detta påverkade starkt frågan hur dessa skulle anslutas till telenäten. Ett flertal utredningar studerade frågan. Dessa bedömde det olämpligt att ha radiostrålade källor i direkt anslutning till centralerna.



Anläggningars anslutning till olika transmissionsnät

## Utpunktsnät

Det var angeläget att öka skadetåligheten i telekommunikationssystemen. Det ansågs att centralen i sig utgjorde ett huvudmål, men eftersom denna genom placering i berg gjorts relativt säker fick inte effekten bli att telenäten skadades som buseffekt vid anfall mot centralen. För att öka skadetåligheten beslöts följande principiella målsättning för utbyggnaden av telenäten:

- Anslutningen till radiolänknätet sker via flera separata vägar
- Tråd nätet förbättras genom egen utbyggnad av kringgångskablar
- Förbindelserna (stela) framförs i det nät som är lämpligast. Viktigare förbindelser dubblas med en förbindelse i både tråd- och radiolänknätet.
- Inga strålande antenner får byggas på anläggningens "hjässa".
- Anslutningskablar från näten in till centralen skall byggas minst tre separata vägar.

Ovanstående ledde till att ett "utpunktsnät" byggdes med tre radiolänkutpunkter och två trådutpunkter.

Radiolänkutpunkterna var terminaler för anslutningsstråken från nätet och anslöts till centralen med jordförlagd kabel. Trådutpunkterna var förstärkarstationer för anslutningskablar från tråd nätet och anslöts på samma sätt till centralen. Utpunkterna placerades på 3-5 km:s avstånd

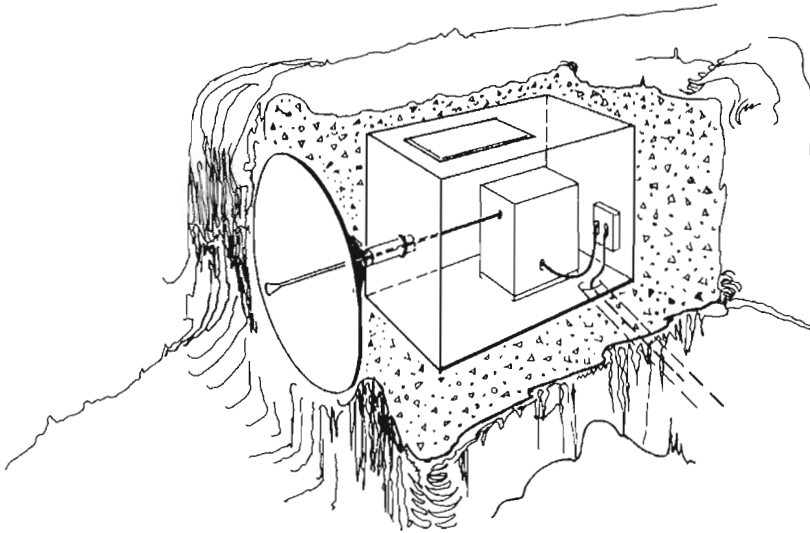
från huvudanläggningen för att erhålla eftersträvd säkerhet.

Utpunkterna sammanbands med en yttre ringkabel och försågs med omkopplingsanordningar så att skada på någon av anslutningskablar kunde överbryggas. Efterhand som kunskapen om EMP-effekten ökade reviderades delvis tidigare inriktning för utpunktsnätens utbyggnad enligt följande:

- Ringkabeln mellan utpunkterna utbyggdes ej, när denna skulle verka som antenn och förstärka den inducerade spänningen i inledningskablar.
- Nya effektivare och snabbare skydd för avledning till jord av överspänningar på kablaras innerledare konstruerades.
- Speciella EMP-kablar med mantlar som minskade den inducerade spänningen på innerledarna konstruerades.
- Erforderlig ersättning av ringkablar planerades ske med transportabel radiolänk.

Genom beskrivna åtgärder kunde relativt stora skador på nätet i anläggningarnas närhet överbryggas och erforderlig ledning uppehållas. Utpunkterna byggdes fortifikatoriskt som betongbunkrar och i några fall som mindre berganläggningar.

I några fall har anslutningskabeln mellan utpunkt och anläggning ersatts av "hårdgjord länk". Detta innebär att radiolänkutrustningen och antenn har skyddats på speciellt sätt genom fortifikatoriska åtgärder.



*Hårdgjord länkterminal*





de olika platserna. Kraven på kvalitet var "taluppfattbarhet under huvuddelen av dygnet".

Så kom successivt kraven att med radiolänk bygga ut även andra förbindelser för luftbevakningen. Nu var det ej längre enbart för Ls i havsbandet utan även för Lfc samband med Lgc, andra Lfc, flygbaser etc. Kraven på kvalitet och tillgänglighet växte. Se bilaga 6, referens 2. Man ställdes inför krav att kunna beräkna radiosträckors dämpning och variationer häri. Refraktion i atmosfären, diffraktion över "skarpa kanter", utbredning över jämn jordyta etc måste beaktas. Beräkningsmetoder och manuella hjälpmedel för detta togs fram. Se bilaga 6, referens 4. Fortfarande var praktiska mätningar på plats mycket väsentliga. Dessa byggde upp en betydande erfarenhetsbas för stöd och komplettering av de teoretiska beräkningarna.

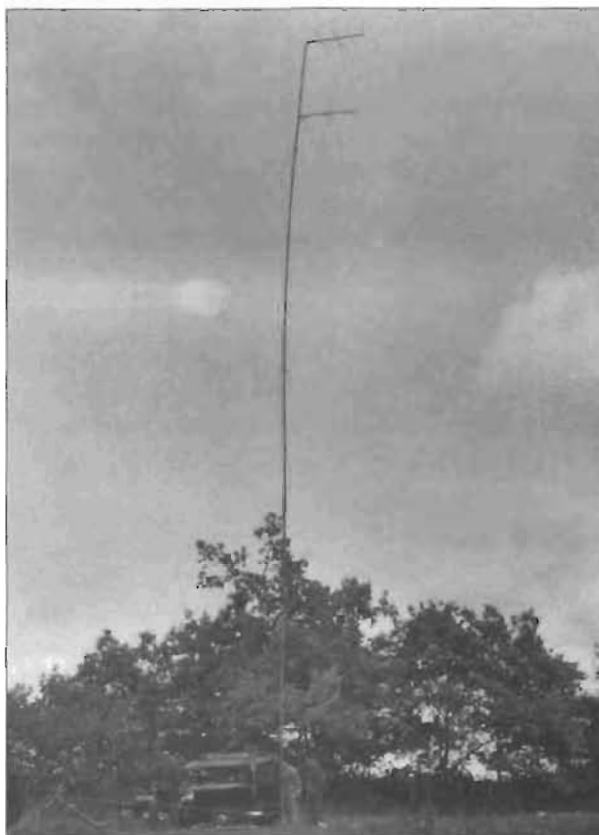
Så vidgades successivt omfattningen av det planerade flygvapennätet. Större kapacitet krävdes och länkar planerades även på högre frekvensområden och för större kapaciteter. Speciellt då nätet i mitten av 50-talet blev ett för försvaret gemensamt nät växte kapacitetsbehovet .

Ett landsomfattande nät med radiolänkar av mikrovågstyp planerades och den geografiska planeringen blev mer krävande. Man var hänvisad till befintligt kartmaterial. I vissa delar av landet fanns kartor med höjdkurvor, men i större delen av landet fanns endast den gamla "generalstabskartan" (skala 1:100 000 och 1:200 000) och denna var ibland rätt "fantasirikt" ritad!

Det var relativt ont om medel för utbyggnaden av skyddade anläggningar, varför man tvingades att söka sträckningar, som krävde få relästationer och använda relativt stora anten nhöjder över mark. Mätningar var då svåra att genomföra på aktuella frekvensband, varför markprofiler och metoderna att ur dessa beräkna utbredningsdämpning var mycket viktiga. För val av sträckningar för mikrovågs-länkar måste de markprofiler som manuellt gjordes upp från de bristfälliga kartorna verifieras.

Här kom de sk "ljusmätningsexpeditionerna" in i verksamheten som ett viktigt hjälpmedel. Över aktuella sträckor fastställdes från vardera ändpunkten ett antal frisiktlinjer mellan punkterna genom optiska observationer av en vid andra ändpunkten i ballong upphissad lampa. Med dessa frisiktlinjer kunde kritiska punkter på markprofilen bestämmas med god noggrannhet. De här beskrivna expeditionerna fick av naturliga skäl företagas under dygnets mörka timmar.

De manuella planeringsmetoderna var mycket arbetskrävande. Planeringen krävde ett stort antal markprofiler, speciellt som man även tvingades studera interna störning-



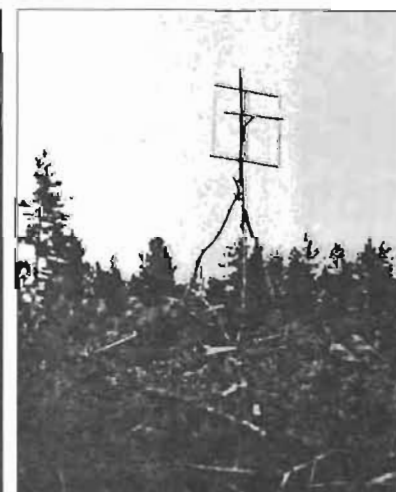
*Fältstyrkemätning för RL-02 förbindelse, mast med två yagi-antennor.*



*Åke Thorsson vid "fältmätstation".*



*Ljusmätning "Vi ser lampan under ballongen"*



*Provisorisk antenn för samband under ljusmätning.*

ar samt hotet från avsiktig störning och avlyssning etc. Det svenska försvaret var sett i ett internationellt sammanhang relativt tidiga med radiolänkutbyggnad. Tillgången till metoder och hjälpmedel var inte så stor. När intresset för radiolänk ökade nationellt och internationellt utvecklades successivt även intresset för utveckling av predikteringsmetoder.

När nätet under 60/70-talen växte snabbt, var det nödvändigt att finna mera rationella metoder. Tekniska hjälpmedel började bli tillgängliga i form av kalkylatorer och datorer, geografiskt underlag i digital form etc.

## Förbindelseplanering

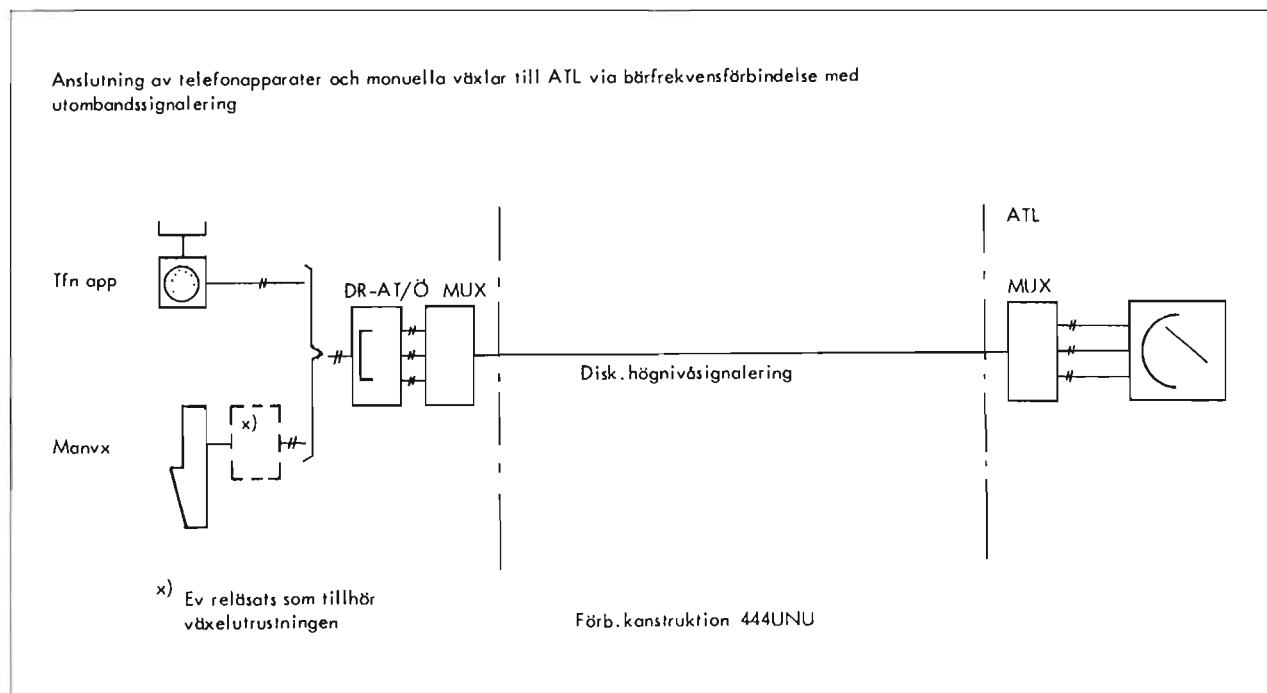
Väsentliga frågor vid planeringen av förbindelser i nätet var hur de av intressenterna uppgivna sambandsbehoven skulle översättas till konkreta förbindelser. Detta gällde såväl trafikala former och kapaciteter (direktrafik via permanent/semipermanent anordnade förbindelser kontra förmedlad trafik respektive trafikvolym, servisgrader etc), som geografiska och tekniska faktorer (val av väg genom nätet, fördelning på skilda utpunkter, signaleringstyper, transmissionskvalitet etc). Frågeställningarna vidgades ytterligare av den successiva integrationen mellan FFRL och trådnätet till att bli FTN. Mycket arbete krävdes här såväl för utarbetande av principer, som för att ta fram konkreta metoder för arbetet.

Förbindelserna i FFRL anordnades fyrtrådigt fram till abonnent vilket gav låg dämpning. Det ställde dock speciella krav på anslutningsutrustningar, så att anslutning kunde ske till de för televerkets tvåtrådig nät anpassade abonnentutrustningarna. Dessa anslutningsutrustningar (benämnda SSO, stationsignalomformare) innehöll även signaleringsfunktioner. De kom med åren att bestå av ett stort antal typer. För att vid planeringen ange vilken typ av SSO som skulle användas utvecklades ett (som det skulle visa sig) ganska komplicerat kodschema. Efter ett antal års försök blev det nödvändigt att mer konkret beskriva vilket utrustningsuppbåd som erfordrades.

Vid planeringen togs också hänsyn till var någonstans i FDM-paketet förbindelserna placerades, eftersom signal/brusförhållandet var olika i olika delar av bandet. De förmedlingsbara förbindelserna placerades i de bästa delarna av bandet. Av den totalt tillgängliga kapaciteten i stornätet belades endast en viss andel med förbindelser. Den återstående delen var avsedd för omkopplingar vid skador i ett krigsskede.

## Registreringssystem

Efterhand som antalet stråk och förbindelser ökade i FFRL blev hanteringen av projekterings-, planerings-, utbyggnads-, mobiliserings- och driftsdokument mycket omfattande. Tankarna på att utnyttja den under 60-talets början påbörjade uppbyggnaden av ADB-system väcktes tidigt.



Linje- och stationssignalsystem, översikt

För FFRL utvecklades ett system "Förbindelseregistrering för Försvarets Fasta Radiolänknät", som med driftstart 1965 kördes i försvarets stordatormiljö. Se bilaga 6, referens 7. Under de år detta system var i drift svängde det ordentligt runt försvarets stordatorer. Ett antal konverteringar med åtföljande problem hanns med från IBM till DATASAAB och vidare till UNIVAC.

FFRL:s registreringssystem ersattes under 70-talet av ett för radiolänk- och trådnät gemensamt system FUN (Förbindelse-, Uppkopplings- och Nätregistrering). I systemet registrerades stråken och förbindelsernas framföringsväg, tekniska egenskaper, funktionella användning etc.

## Anläggningsutformning och utbyggnad



*Olle Holmqvist*

Avsnittet baserat på noteringar gjorda av Olle Holmqvist, verksam vid KFF under åren 1948-1960 samt Allan Englund och Holger Stegfeldt anställda vid SRA.

### **Bakgrund**

Arbetet inom anläggningsverksamheten omfattade i huvudsak följande aktiviteter:

- Rekognosering av lämpliga stationsplatser i samverkan mellan anläggningsdetaljen och nätplaneringsdetaljen.
- Planering och utformning av stationsbyggnader. Samarbete med FortF för att få byggnaderna utförda.
- Planering för antenntorn och master. Konsulter utnyttjades för beräkning och konstruktion av dessa.

- Planering och installation av teleteknisk utrustning i stationerna. Montaget skedde inledningsvis av bl a FFV:CVA som då tillhörde försvaret.

### **Rekognosering**

Rekognoseringarna byggde på nätplaneringsdetaljens beräkningar och kartstudier. En eller flera punkter besöktes för varje tänkt station och en preliminär bedömning gjordes av platsens tillgänglighet och lämplighet. Efter eventuellt kompletterande ljusmätningar beslutades vilken av de alternativa platserna som skulle väljas. Därefter inleddes ett samarbete med FortF för att i första hand ordna ett preliminärt markavtal och "säkra" platsen åt försvaret. Den här beskrivna modellen var den som i princip skulle gälla.



*Rekognosering med "länkjeep"*

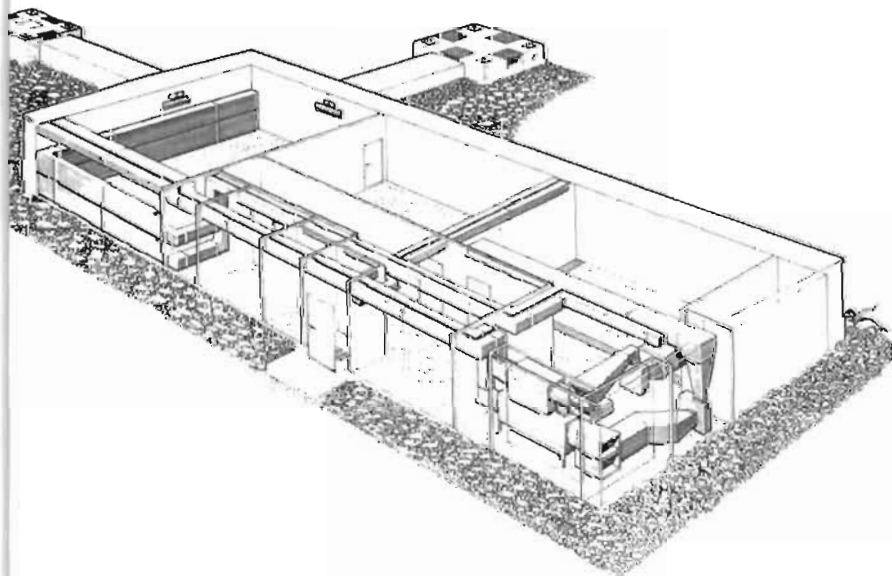
Som kuriositet kan nämnas att det ibland handlade om platser som var/varit attraktiva för andra. På en plats råkade t ex FortF vid byggnationen sprida en gammal fornborg runt i terrängen. En mindre glad och en ännu mindre vänlig länsarkivarie hördes av.

## ***Byggnadsutformning, provisoriska stationer***

Redan tidigt stod det klart att någon snabbleverans av ordinarie stationsbyggnader inte var att vänta. Ett försök att med hjälp av KFF ledning snabba på det hela båtade föga. Det var bara att inordna sig i gällande budgetrutiner och FortF arbetsrutiner och byggtider. Under en del av tiden var samarbetet med FortF lite tungt, även om KFF personal försökte hålla god min för att ej onödigtvis förhindra utbyggnaden.

För att innehålla tidplanerna fanns inget annat att göra än att med CVA:s hjälp ta fram provisoriska byggnader, så kallade radiolänkhyddor, ett slags dåtidens Friggebodar. Hyddorna var utrustade med ett enkelt och lättmonterat ventilationsaggregat. Provnätet 1953 installerades i sådana provisoriska byggnader.

Parallellt med ovanstående planerades och specificerades ordinarie byggnader. Hur kravspecifikationen för dessa byggnader växte fram och när beslut om utformningen togs har ej gått att få helt klarlagt. Mycket av utformningen växte helt enkelt fram undan för undan.



*Standardbunker för länkanläggning i FFRL stomdel*



*Provisorisk länkbyggnad, "hydda"*

Några av grundkraven var dock:

- De skulle vara skyddade (vara av bunkertyp)
- De skulle ha plats för reservkraftaggregat
- Knutstationerna skulle ha plats för förmedlingsväxlar



*Reservkraftaggregat*

En första fråga var hur mycket utrustning som skulle få plats i stationerna. Med hjälp av nätplaner kunde det översiktligt bedömas vad en knutstation respektive relästation måste ha för teleutrustning. Därigenom kunde också prognostiseras utrymmesbehov, effektbehov, ventilationsbehov m m. Från reservkraftexperterna erhöles utrymmesbehov m fl krav för en avbrottsfri reservkraftanläggning. Alla uppgifterna sammanställdes och efter en hel del diskuterande och skissande bestämde man sig för två hustyper, typ II för relä- respektive typ III för knutstation.

Slutliga skisser gjordes upp inklusive kravspecifikationer och överlämnades till FortF som efter "viss" tid gjorde konstruktionsritningar och kompletterade med erforderliga utrymmen för ventilation o d. Under denna period av arbetet skedde ett nära, löpande samarbete med FortF.

## Torn och master

Vad gällde torn och master så var ingångsvärdena i början inte mycket mer än att de skulle stå lodrätt och inte ramlade omkull när det blåste. Höjder på 20-40 m var aktuella och svajningen fick inte överskrida "halvvärdesbredden" (d vs 3-dB gräns i lobdiagrammet) för aktuella antenner för tornen (t ex Siemens linsantenner). För konstruktion och utformning fick KFF på rekommendation av Televerket kontakt med konsulten civing Einar Vahlberg. Tillsammans med honom utarbetades de krav och önskemål som skulle ställas på torn och master ur montagesynpunkt, underhållssynpunkt och krigsskadesynpunkt m m. Hänsyn måste också tas till att länkstationerna oftast låg otillgängligt till för tunga/skrymmmande transporter.

Vahlberg tog fram ett torn (med plattform för linsantenner) och en mast bägge av fackverkskonstruktion i L-järn. Tornet byggdes på plats medan masten monterades på marken och sedan restes. Tornet blev bra men masten konstruerades om till en lätt monteringsbar fackverksmast av rörprofiler. Den tillverkades i skarvbara mastsektioner, ett slags halvmobil konstruktion. Härigenom åstadkoms



Stagad antennmast

ett lättare och snabbare montage som även hade betydelse från krigsskadesynpunkt.

Tornen byggdes av tillverkaren medan mastresningen togs över av CVA. Arbetet var inte helt riskfritt, men endast ett olycksfall inträffade i de tidiga skedena. Vid en av CVA första mastresningar slog masten över och föll till marken. Ingen människa skadades men några hann undan först i sista sekunden. Det slutade lyckligt även för ortens skrot-handlare, som nog gjorde en oväntad affär.

## Reguljär utbyggnad

Ordinarie länkbyggnader uppfördes successivt av FortF genom dess lokala byggnadskontor och med utnyttjande av entreprenörer i den takt som budget och resurser tillät.

Redan från starten var inriktningen helt klar att montage- och uppbyggnadsarbeten skulle utföras av försvarets verkstäder och eventuellt även annan entreprenör. Personalen på KFF anläggningsdetalj skulle inriktas på utbyggnadsplanering, tekniskt montageunderlag samt konstruktion och framtagning av anläggningsmateriel som master, torn, antennbeslag, anslutningstrummor för ventilation, kabelstegar, antennkablar, kontakter m m. Som grundprincip gällde bygglådan. D v s allt som gick skulle vara byggbitar som man plockade ihop efter respektive stations specifikation. Förebilden var i viss mån televerkets utbyggnad av automatiska telefonstationer på landsbygden där man använde standardhus och standardmateriel i stor skala.

Som första entreprenör inkopplades CVA, som omgående ställde en ingenjör till KFF förfogande i Stockholm, dels för egen utbildning, dels för att biträda KFF med att göra planerna till realiteter och konstruktionerna mer installations- och verkstadsvänliga. Denne ingenjör hade också uppgiften att vara kontaktman mellan KFF och CVA och se till att erforderliga resurser successivt byggdes upp på CVA.

Arbetsfördelningen vid samarbetet med CVA var följande:

- KFF utförde planering, principunderlag och anläggnings-specifikationer.
- Konstruktion och anskaffning av standardmateriel sköttes också av KFF.
- CVA tog sedan över, gjorde montagedetaljplanering och montageunderlag, avropade erforderlig standardmateriel ur förråd och/eller hos tillverkaren, skaffade "installationsmateriel", utarbetade montageinstruktioner samt genomförde uppbyggnadsarbetet på plats.

Allt skedde i löpande samarbete med KFF.

Som sammanfattning kan sägas att en strävan hela tiden var att anläggningsidan vid KFF inte skulle utökas, utan i stället skulle flera och allt självständigare entreprenörer anlitas.

## *Konkurrens etableras i anläggningsverksamheten*

Under 50-talet var CVA ensam om alla installationer av radiolänkutrustningar. CVA tillhörde ju försvarsorganisationen och arbetena utfördes så att säga i egen regi. När CVA i början av 60-talet överfördes till Försvarets Fabriksverk (FFV) bedömdes det mera angeläget än tidigare att etablera konkurrens inom anläggningsverksamheten likaväl som inom övrig anskaffningsverksamhet. Särskilt som verksamheten nu utökades väsentligt med ett stort antal installationer som skulle utföras på kort tid. Svenska Radioaktiebolaget (SRA), som sedan tidigare hade en egen installationsverksamhet inom radioområdet, kontaktades och fick lämna offerter på ett antal installationer i ett sammanhängande länkstråk. SRA hade tidigare bland annat utfört installations- och inmätninguppdrag åt Vattenfall, åt polisen samt åt ett antal åkerier m m.

SRA visade stor kunnighet och affärsmässighet i installationsarbetet och en stark konkurrens växte under hand fram mellan CVA och SRA, vilket var till stor gagn för anläggningsverksamheten. På uppdrag från radiolänksektionen togs fram en riktidslista för olika moment i installationsverksamheten; t ex kabeldragning per meter, uppställning av torn och master, fastsättning av antenner, installation av en radiolänkstation etc. Riktidslistan baserades på omfattande tidsstudier där montörer från såväl CVA som SRA studerades och där tidsåtgången fastställdes med relativt stor noggrannhet. Med riktidslistan som grund fick de båda företagen konkurrera om uppdragen. Och på så sätt kunde man få fram "rätta" priser på installationsarbetet, eftersom det visade sig att det endast var marginella skiljaktigheter i offerterna.

Installationsarbetet delades upp geografiskt mellan företagen. Men upphandlingarna genomfördes alltid så att företagen hade anledning att tro att det dels var konkurrens dem emellan, dels att det fanns andra alternativa lösningar om priserna skulle öka mer än index. Genom detta konkurrensförfarande samt upprepade tidsstudier kunde installationskostnaderna dels hållas på en låg nivå, dels beräknas med stor noggrannhet inför den kommande utbyggnaden.

Installationsunderlagen som togs fram i början av 60-talet baserades i stor utsträckning på principunderlag. Det fanns sålunda principer och normer för såväl installationsmateriel som standardinstallationer. Installationsmaterielen anskaffades av eller på uppdrag av radiolänksektionen och kunde avropas av installationslagen direkt från förråden. Ett särskilt system utvecklades för materielens lagerhållning och återanskaffning och sålunda kunde utbyggnaden

genomföras mycket rationellt, utan onödiga "spill- och ställtider" för arbetslagen.

Hur stationsutrustningarna skulle byggas ut och bestyckas var föredömligt väl dokumenterat och principuppställningsplaner fanns för alla anläggningar. De individuella installationsunderlagen bestod i huvudsak av de ritningar etc, som skulle ingå i de signaltekniska mobhandlingarna.



*K E Andersson*

I samband med att arbetena på SRA fick en större omfattning ansågs det lämpligt att en person från KFF överfördes till SRA bland annat för att överbrygga skillnaderna i rutiner och tänkesätt. Denne person var K E Andersson. Vissa skillnader i tänkesätt fanns det utan tvivel. Från början detaljstyrdes verksamheten från förvaltningen som utarbetade detaljerade installationsunderlag. I takt med att verksamheten utökades, blev emellertid KFF resurser otillräckliga, eller också ansåg man det lämpligare att entreprenörerna själva upprättade installationsunderlagen och att förvaltningen ägnade sig åt den övergripande styrningen av verksamheten.

Under senare delen av 60-talet utökades SRA verksamhet till att även omfatta vågutbredningsberäkningar och viss form av stråkplanering. Detta innebar bl a val av antenntyper och bestämning av erforderliga antennhöjder. I många fall ingick också val av frekvenser.

Detta blev början till den frekvensplanering och de frekvenskonfliktundersökningar som SRA utförde på KFF uppdrag och som med tiden blev mycket omfattande. Verksamheten med vågutbredningsberäkningar och frek-

vensplanering innebar med tiden att SRA fick mycket goda erfarenheter på detta område. Det torde inte ligga någon överdrift i att påstå att dessa erfarenheter är *en* av de faktorer som möjliggjort att Ericsson idag har en så stor del av världsmarknaden på mobiltelefonområdet. Utan dessa erfarenheter hade Ericsson, enligt egen bedömning, inte kunnat åta sig att planera och genomföra de landsomfattande mobila telefonnät som företaget levererat till olika länder. Detta är ett exempel på den nytta som militära beställningar kan ha på industrins civila verksamhet.

### **Exempel på problem i installationsverksamheten**

RL-81 kräver ett särskilt kapitel ur installationssynpunkt. Utrustningen monterades nämligen i stora skåp som skulle direktventileras. När det gällde anslutning till telerummens ventilationssystem, fanns ingen befintlig materiel som passade utan man fick konstruera "egna" ventilationsstrumror som stativen skulle monteras mot. Det visade sig också att stationerna tog mycket mera luft än som beräknats, varför även RL-81-orna till viss del fick "byggas om" och förses med täckplåtar i "ryggen" för att styra lufttillförseln. Särskilda anslutningstrumror anskaffades med inställbara spjäll och i huvudventilationen sattes flödesmätare in för att kontrollera lufttillförseln.

Vågledardragningen var en annan mekanisk utvecklingsuppgift. De cirkulära vågledarna ställde nämligen speciella krav. De cirkulära "vågledarpiporna" var raka. Inga flexibla vågledare eller vågledarkrökar fanns som kunde medge avsteg från den "raka linjen". Avsteg från "rakheten" medförde nämligen minskad dämpning mellan polarisationsplanen, vilket inte kunde accepteras. För att lösa uppgiften togs fram flexibla fästen som fixerades vid mastens diagonaler.

Eftersom vågledarna inte kunde dras i de vanliga kabelskydden, måste speciella åtgärder vidtas vid tornfoten för att möjliggöra en skyddad placering av modkopplare. Modkopplaren utgjorde övergången från den cirkulära till den rektangulära vågledaren, vilket var nödvändigt vid tornfoten eftersom man inte kunde böja den cirkulära. Modkopplaren var en skrymmande anordning med två rektangulära utgångar placerade med ett axiellt avstånd emellan och pekande radiellt i var sin riktning med 90 grader emellan. De 90 gradernas skillnad betingades av behovet att särskilja sändar- och mottagarsignaler åt, vilka

i och med detta gavs var sin polarisation - horisontell respektive vertikal.

Nästa tekniska uppgift var att förse vågledarnas ömtåliga insida med en icke korrosiv atmosfär. För detta ändamål valdes kvävgas och ett speciellt skåp togs fram i vilket placerades kvävgastuber och tryckövervakningsutrustningar för 4 alternativt 8 vågledarsystem. Det visade sig vara stora problem med att få vågledarsystemen så täta att inte kvävgasen "läckte ut" med allt för täta tubbyten som följd. Ett problem som emellertid löstes efter diverse prov och försök.

Inte heller de då byggda hustyperna var anpassade för installation av de skrymmande RL-81-stativen, varför vi fick förhandla med FortF om vissa ändringar för nybyggda och kompletteringar av gamla anläggningar. Problem av den här typen uppkom ständigt, men med god vilja, viss förmåga till innovationer och ett glatt humör löstes alla uppkomna problem till full belåtenhet.



*Vågledare för RL-81*



## *Inledning*

Under de år FFRL/FTN planerats och byggts ut, har det skett en enorm teknisk utveckling på telekommunikationsområdet. Under tidigt 50-tal var tillgänglig materiel baserad på analog teknik, elektronikkretsar med diskreta komponenter, logikfunktioner till stor del i reläteknik, frekvensgenerering och förstärkning via elektronrör etc, vilket allt präglade den materiel som anskaffades i den första fasen av FFRL utbyggnad. Detta skall jämföras med dagens materiel präglad av digital teknik, elektronik i integrerade kretsar, halvledarelement även vid högre frekvenser och effekter. Arbetet med FFRL inriktades starkt mot att följa teknikutvecklingen och snabbt utnyttja framstegen. Tidigt valdes exempelvis för huvudstråkens utbyggnad ett radiolänk-multiplex-system med tidsdelningsmultiplex och pulstidmodulering, fortfarande dock i analog teknik. (RL-41 och TM-4 från Siemens). På växelnsidan valde man mycket tidigt en lösning med programminnesstyrning (AKE-129 från LM Ericsson). Logiken i signalöverdragen löstes tidigt med halvledarelement.

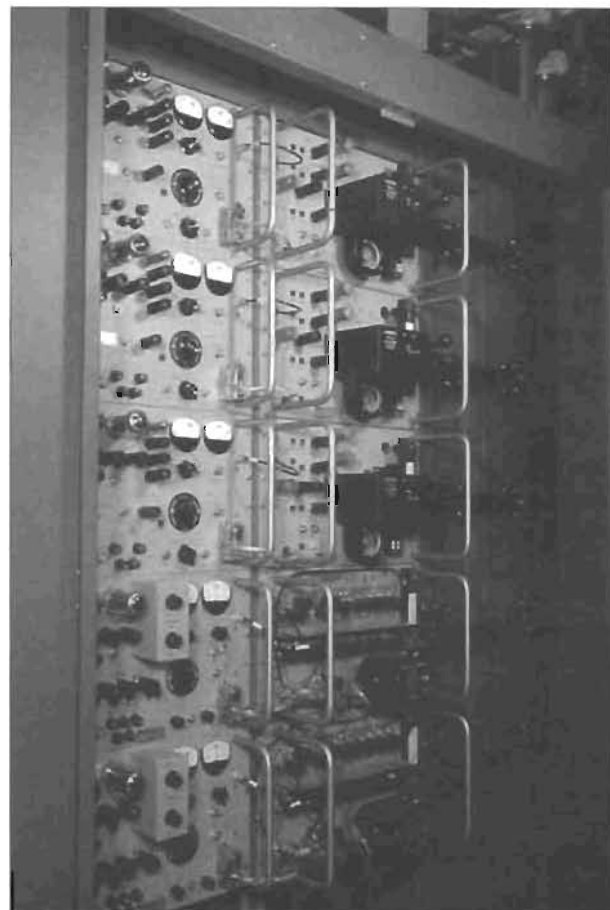
Dessa lösningar låg mycket väl i linje med vad som senare blev allmänt tillämpat. Vissa lösningar valda i provnätet blev dock återvändsgränder som exempelvis ett radiolänk-multiplexsystem av dubbel-FM typ. Det var alltför spektrumkrävande.

Nedan redovisas som exempel några utrustningar som utnyttjats i nätet. De belyser den ständiga strävan att tidigt utnyttja den tekniska utvecklingen utan att bedriva egen materielutveckling och utan att ta alltför stora risker i form av felinvesteringar.

## *RL-81, en tidig trotjänare i FFRL*

Under årens lopp har ett stort antal upphandlingar från olika leverantörer skett både inom och utom landet. För att exemplifiera en utrustnings livscykel inom FFRL har vi valt att här återge en artikel som skrivits av Karl-Edvard Eriksson (anställd vid FMV 1951-94) i samband med avstängningen av den sista RL-81:an.

Tidpunkten då RL-81 anskaffades våren-försommaren 1961 präglades av det kalla kriget. Kubakrisen pågick. Attacken i Grisbukten kom i april samma år.



*RL-81 (Raytheon/Selenia)*

Inom KFF pågick arbetet med att ta fram Lfc-delen i Stril 60. Under senare delen av 50-talet hade specifikationsarbetet drivits i samarbete med huvudleverantören Marconi.

FFRL stod inför en expansiv utbyggnad. Anskaffning av en verkligt bredbandig radiolänkutrustning var nödvändig, dels för att få upp kapaciteten i huvudstråken i FFRL, dels för att medge överföring av bredbandiga radarbilder inom strilsystemet. Med de 2 GHz-utrustningar (RL-41) som hittills hade använts hade antalet överförda talkanaler begränsats till maximalt 60. Nu behövde kapaciteten höjas rejält. RL-81 tillät maximalt 300 kanaler. Radarbilder hade överförts redan under Stril 50-tiden, men då med en specialkonstruerad länkutrustning RL-61, som inte kunde användas för talkanalöverföring. RL-81 kom att bli den syntes som tillfredställde båda behoven.

Kravet på bredbandighet aktualiserade en flyttning uppåt i frekvens. Aktuella RL-utrustningar för bredbandsöverföring av radar- eller TV-bilder hade alla bandbredder i radiokanalen på 25 MHz eller mer. Därför behövdes ett frekvensband som tillät ett bredbandigt raster som inte skulle få rum i det hittills utnyttjade 2 GHz-bandet. Ett nytt frekvensband, 6825- 7425 MHz, förhandlades fram. Halva detta frekvensband utnyttjas idag av försvaret. Den andra halvan användes sedermera i byteshandel med Televerket där försvaret i stället fick tillgång till ett stort frekvensområde på 5 GHz-bandet.

Även det faktum att huvudstråken i FFRL skulle byggas med reservdrift (hot standby), bidrog till att kravet på ett brett frekvensband blev uttalat. I många huvudstråk i FFRL skulle radarbilder överföras parallellt med den ordinarie transmissionen av talkanaler. Den maximala kombinationen för en enskild länk kom att bli fyra sändare plus fyra mottagare på samma antenn. I den knutstation i stornätet som hade flest RL-81, kom småningom antalet tillgängliga frekvenser (HF-kanaler) att utnyttjas till 150%! D v s att vissa frekvenser måste dubbelanvändas.

Bland annat för att undvika interna störningar mellan olika radiokanaler- men givetvis också för att minimera möjligheterna till störning/avlyssning- satsades det lite extra på att få fram en bra antenn. I USA var det vid den här tiden vanligt att man placerade den aktiva antennen på marken och lät signalen "studsa" på en passiv reflektor som satt i tornets/mastens topp. Man sparade in antenntilledningen, men fick istället ett uselt sido- och backlobsdiagram. Denna lösning var helt otänkbar för försvarsändamål. Endast en högkvalitativ antenn med placering i tornet/masten kunde komma ifråga.

Antennen blev helt naturligt en parabol. Storleken optimerades till 3 m. Lobbvidden blev då något under 0,3-0,4 grader. Endast i något extremfall med mycket kraftiga vindstyrkor kombinerade med en något vekare antennbärare har problem uppstått så att en RL-81-antenn temporärt vridits för mycket ur läge.

Parabolantennerna för radiolänk var inte främmande, eftersom sådana tidigare hade använts för RL-41 på 2 GHz-bandet. Det nya med RL-81-antennen var att den försågs med en "krage" för extra dämpning av sido- och backlober. Huvudsakligen hade kragen verkan i det bakre halvvarvet, där ett krav hade satts på 65 db dämpning relativt framriktningen. Ett provexemplar mättes på FOA:s försökssträcka i Frösunda och det höll specifikationen med god marginal. Rakt bakåt registrerades ca 75 db dämpning.

Ett av de viktigaste skälen till att få fram bra antenner var att avlyssning av länkterminalerna vid våra kustnära ra-

darstationer skulle försvåras. I praktiken var länkterminalerna som vidarebefordrade den bredbandiga radarbilden omöjlig att avlyssna vare sig från flygplan vid anflygning eller från mer kvalificerade signalspaningsenheter över Östersjön. Därmed undanröjdes möjligheten för en fiende att "tappa av" radarbilden för egen användning eller för utvärdering av eventuella störinsatser mot radarstationen.

Med hänsyn till det höga frekvensområdet fick radiolänkplanerna för första gången börja tänka i vågledarsystem. Det satsades ordentligt på kvalitet från början. De konventionella rektangulära vågledarna beräknades ge för mycket reflektioner och för hög dämpning för bredbandsöverföring. Därför infördes en speciell cirkulär vågledare, som drogs som en rak vertikal i antenntornet. Endast tillledningarna till vertikalen var av rektangulär typ.

Förfrågan på själva radiolänkutrustningen riktades till samtliga seriösa företag som var verksamma inom området. USA var av naturliga skäl väl representerat, eftersom amerikanerna hade kommit längre in i TV-åldern och därför hade en relativt utvecklad inhemsk marknad för bredbandslänkar. Vid en uppföljningsresa som företogs i mars-april 1961 av dåvarande byråchefen Ove Norell, Hans Franzén och författaren besöktes följande företag: Lenkurt, Collins, Motorola och Raytheon i USA, Selenia och Magneti Marelli i Italien och CSF i Frankrike.



Parabolantennerna med "krage" för RL-81

Slutuppgörelsen kom att stå mellan Raytheon och CSF. Vid aktuell tidpunkt företrädde Raytheon i Sverige av Salèn och Wicander, som annars var mest kända för att sälja Rolls Royce-bilar. CSF företrädde av den smått legendariske Hans Püttgen. Mannen som på 50-talet importerade Caravellerna till Sverige.

Matchen var hård, eftersom båda kombattanterna uppfyllde huvudkravet på att det skulle röra sig om en "beprövad konstruktion" med i drift bevisade egenskaper. Avgörandet kom då Raytheon i ett tillägg till grundofferten kom med ett förslag att förlägga tillverkningen till Europa istället för USA, som det ursprungligen var tänkt. Raytheon hade förvärvat halvparten i Selenia, som hade huvudkontor i Rom och tillverkningen förlagd till Neapel. De lägre lönerna i södra Italien gjorde att Raytheon kunde sänka sitt anbud påtagligt och därigenom lägga beslag på ordern.

Totalt anskaffades i första upphandlingen 200 sändar/mottagarkombinationer till en kostnad av ca 10 Mkr. Den första anskaffningen följdes senare av flera kompletteringar. Radiolänkutrustningar var förhållandevis dyra vid den tiden. Marknaden var mindre än nu. Kostnadsjämförelser som har gjorts vid historiska tillbakablickar, visar att prisutvecklingen för radiolänkutrustningar genom åren varit gynnsam och att prisindex klart legat under verkstadsindex. Detta konstaterande gäller dock inte för parabolantennor och viss annan kringutrustning.

Antennerna köptes från Andrews i Boston. En för företaget besvärande delkalkyl pekade inledningsvis på att det skulle bli mycket dyrt att transportera parabolerna över Atlanten, huvudsakligen beroende på att varje enskilt kolli skulle bli så skrymmande. Påslaget på enhetspriset skulle bli 30-40%! Problemet kringgicks genom att parabolerna före transport delades i fyra nittiograders sektorer, vilka sammanfogades på nytt vid ankomsten till Arboga. För att få tillräcklig ytnoggrannhet var man tvungen att utnyttja speciella mallar vid hopsvetsningen.

RL-81 kom att bli den sista radiolänkutrustningen som var helt rörbestyckad. Bland anbuden fanns faktiskt en nästan heltransistoriserad utrustning från Motorola i Chicago. Det var en rätt dyr historia helt på teknikens framkant, som definitivt inte utgjorde ett anständigt alternativ för en konservativ kund. Motorola hade fått en första beställning på en TV-länk i mer än 20 hopp från Alaska till Kalifornien. Det beredde oss ansvariga för RL-81-anvärfningen en viss tillfredsställelse när vi konstaterade att TV-överföringen inte fungerade under ett antal år.

Det skulle dröja mot slutet av 1960-talet, innan pålitliga halvledarutrustningar för 7 GHz började uppträda på

marknaden. Då hade för övrigt MTBF-beräkningar för elektronikutrustningar introducerats, så att man fick ett mått på konstruktionernas godhet. 1961 saknades sådana mätetal.

RL-81 konstruktion utgick från en länkutrustning för TV-överföring, som hade varit i praktiskt bruk några år. Ett nytt stativskåp togs fram på Selenia. Uppbyggnaden skulle vara funktionell och tilltalande för ögat. Det här var ju långt innan man började prata om EMC och skåpet försågs därför inte med några särskilda radiofrekventa filter. Under årens lopp har vi endast haft enstaka telekonflikter. Typfallet har varit VHF-radio som stört mellanfrekvensen i RL-81.

På Selenia fanns det en driftig man vid namn Andersson "importerad" från Raytheon som ansvarig för den mekaniska konstruktionen. Mr Andersson bestämde på ett tidigt stadium att stativskåpet skulle ha blå färg, därför att "utrustningar som skulle användas av svenska flygvapnet borde ha himmelsfärg". Det var ganska lätt att övertala oss. Bland allt grått och gråbrungrönt behövdes en upplättande färgklick.

Sedd ur dagens perspektiv och med erfarenheter från drift under flera decennier tror jag att vår underhållspersonal - tyvärr - mest kommer att minnas RL-81 som sturig att hålla igång och att det har gått åt alltför många timmar på att nivåtrimma alla våra bredbandiga videoöverföringar. Men det tillhörde ju analogteknikens avigsidor och vi ska naturligtvis vara glada åt att vi nu i god ordning lämnar denna gamla värld. I rättvisans namn ska vi också komma ihåg att den livslängd på 15 år som ansattes 1961 nu i verkligheten har utnyttjats till det dubbla för de sista utrustningarna. 81:an har faktiskt rätt att vara lite passé!

RL-81 kom fram vid en viktig brytpunkt i flygvapnets historia. Det moderna strilsystemet såg dagens ljus samti-



*Sista RL-81 tas ur drift av Chefen för flygstaben  
Bernt Östh och K-E Eriksson*

diget som radiolänknätet och andra kommunikationsmedia började byggas ut till fullödig kapacitet. När nu epoken RL-81 ändats – låt evolutionen av RL-81-systemet gå till historien som en av de viktigare etapperna i utvecklingen mot dagens telekommunikationsnät.

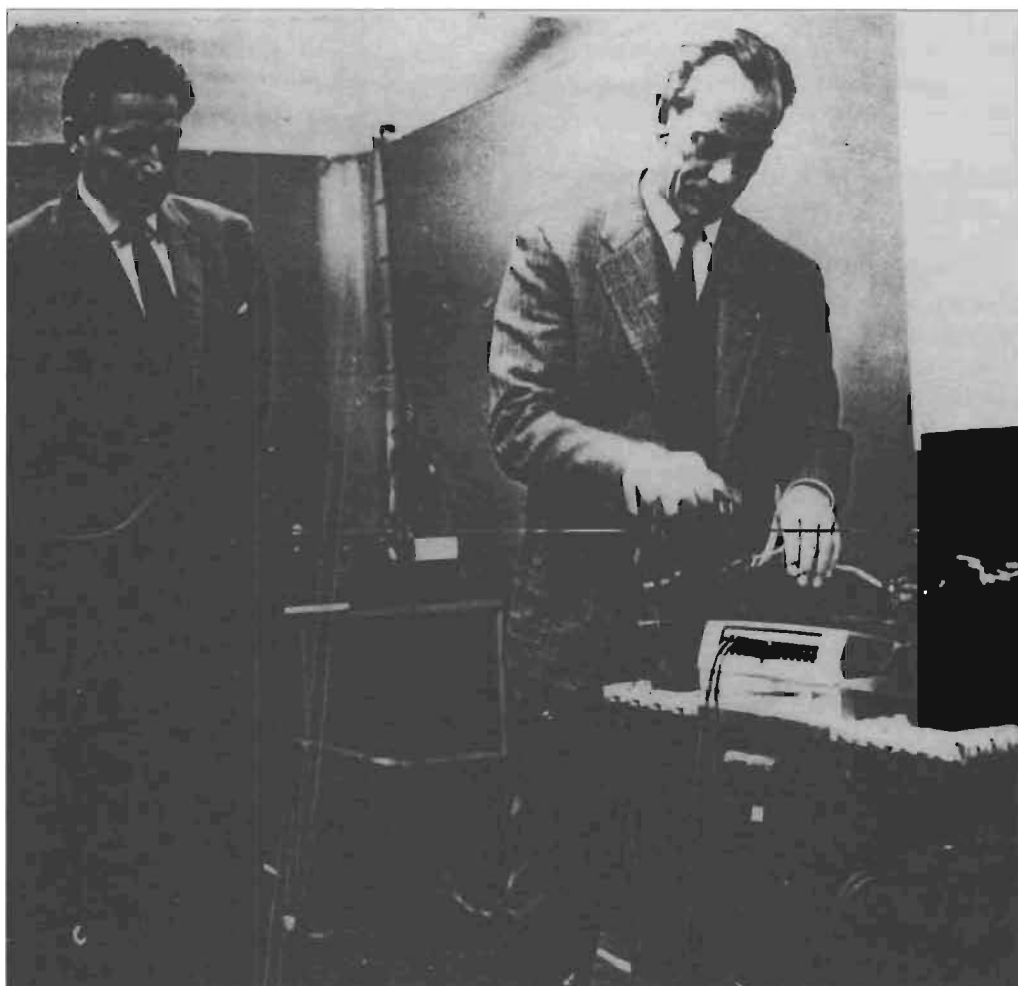
### *Scatterlänken*

Den ursprungliga planeringen av FFRL stornät innehöll parallella nord-syd-gående stråk i stornätet för att erhålla nödvändig redundans. För att minska framför allt de fortifikatoriska kostnaderna för relästationer, beslutades att ett av stråken från mellersta delen av landet (Östersund) till övre Norrland skulle byggas med troposcatterlänkar. Stråket byggdes med två hopp. Med denna utbyggnad fullbordades den landsomfattande täckningen för FFRL. Detta celebrerades i augusti 1962 med en ceremoni där generalmajor Greger Falk kopplade upp en förbindelse mellan MB ÖN i Boden och C MKS i Karlskrona



*RL-71 (Canadian Westinghouse)*

Länken (RL-71) som beställdes 1960 levererades av Canadian Westinghouse. Länken var i grunden en FM-länk i 5 GHz-bandet med en kapacitet på 120 kanaler. Efter modifiering placerades de 60-talkanalerna så långt ner i basbandet som möjligt för att förbättra överföringen. Överföringsbandet var 12-252 istället för "normala" 60-300 kHz.



*Hans Franzén och generalmajor Greger Falk inviger "nord-syd"-samband via FFRL*



RL-71 besiktning i Canada 1960. Fr v Karl-Emil Werner, L E G Andersson, Åke  
 rsson och John Wilder.

En ytterligare finess var att MF-bandbredden dynamiskt kunde anpassas, så att man fick en balanserad avvägning mellan termiskt brus- och intermodulationsbrus.

På HF-sidan fanns dubbla klystroner med hög uteffekt. Antennerna var från början 5 meters parabol, som sedermera ersattes av parabol med 10 meters diameter.

Multiplexutrustningen levererades av L M Ericsson. Den markerade i praktiken en övergång till "stormuxsystemet" TM-6, som skulle bli en hörnsten i den tidiga stornätsutbyggnaden.

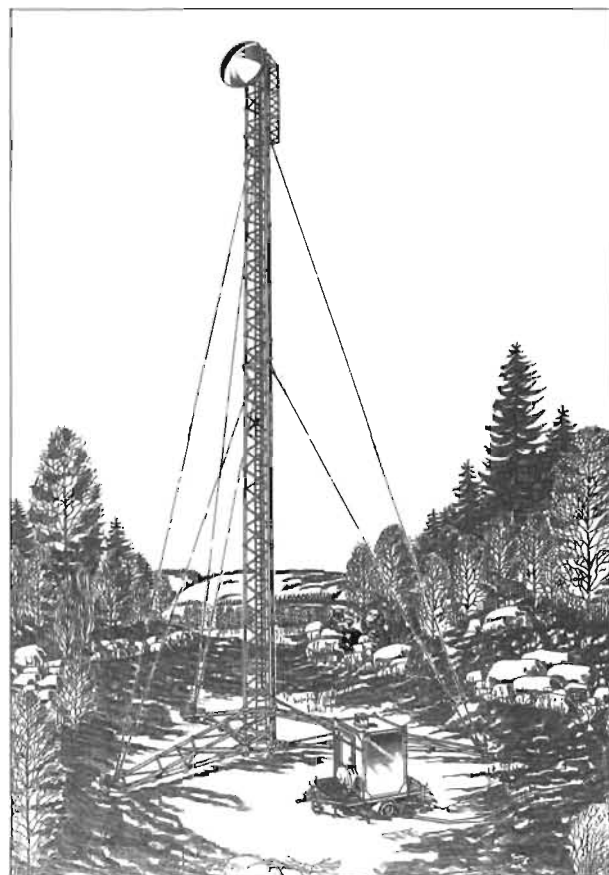


Parabolantenn för scatterlänk monterad i torn

Scatterlänken fungerade aldrig tillfredställande under de kallaste vintermånaderna. Det är tveksamt om vi någonsin kommer att få klarhet i varför det praktiska driftresultatet så markant avvek ifrån teoretiskt beräknade värden.

### *Transportabla radiolänkar*

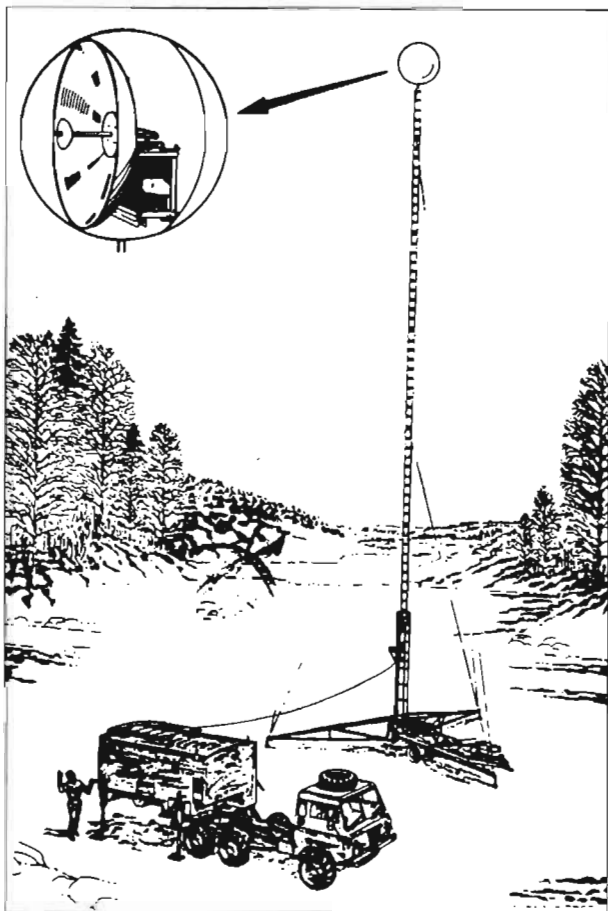
I samband med framtagning av ÖB operativa målsättning för försvarets samband (OpMSb) under 60-talet, föreslogs att FFRL skulle tillföras en transportabel komponent att användas för ersättning av utslagna delar av stornätet och för komplettering av ej utbyggda delar av FFRL.



Transportabel radiolänkstation i container

Att utforma transportabla radiolänksystem, som skulle upprättas och betjänas av värnpliktiga, medförde att ett nära samarbete mellan KFF:s radiolänkingenjörer och signaltrupperna som var ansvariga för förbandsuppsättningen etablerades. Bl a utarbetades ett kompendium avseende: "Radiovägens utbredning. Beräkning och kontroll av överföringens kvalitet." Detta kompendium användes vid utbildning av befäl inom signaltrupperna.

Valet av frekvensband för denna typ av radiolänkar blev ganska naturligt det internationellt för militära tillämp-



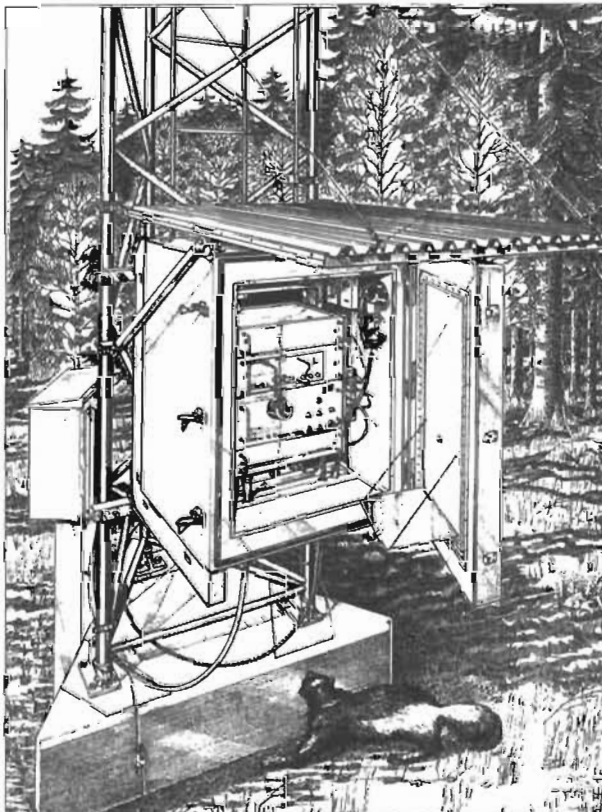
*Transportabel radiolänkstation i fordon*

ningar använda band 7 (4,4-5,2 GHz). Länkarna till de första stornätsplutonerna, RL-72 med 300 kanalers kapacitet, anskaffades 1973 från Marconi i Italien. För att med dessa analoga länkar klara av den påbörjade digitaliseringen av FFRL kompletterades RL-72 med en speciell datamodem DAV (Data-Above-Voice) med vars hjälp 2 MBit/s PCM grupper kunde överföras utöver de analoga kanalerna.

Den transportabla komponenten i FTN har under åren utökats och är nu en viktig del av nätets uthållighet och skadetålighet. I arrangemangen för transportabla enheter ingår också förberedda anslutningspunkter för fältförband.



*Resning av teleskopmast med monterade parabolantenner*



*Skåp för fältförbands anslutning till fasta länknätet*

# Digitalisering av transmissionsnätet

## Bakgrund

I början av 70-talet hade dels kapacitetsbehovet i FFRL ökat, dels de äldsta utrustningarna uppnått sin borte livstidsgräns. Utvecklingen av elektronikkomponenter lämpliga för digital funktionsrealisering i kombination med kostnadseffektiva tillverkningsmetoder för dessa komponenter, ledde till att tankarna på digital transmissionsteknik låg nära tillhands när det blev dags för materielomsättning av bl a RL-41.

Efter några studier där bl a olika digitala modulationsprinciper (PCM och deltamodulering), kostnadsbild på lång sikt, störhållfasthet etc belysts, fastställdes att materielomsättningen i FFRL skulle ske med PCM-teknik. Försvaret hade redan 1973 för prov på fysikaliska ledare inköpt ett antal PCM 30-kanalsystem från CIT-Alcatel Frankrike. För prov inköptes också ett deltamodulerat system från Philips.

## Första digitala utbyggnaden i länknätet

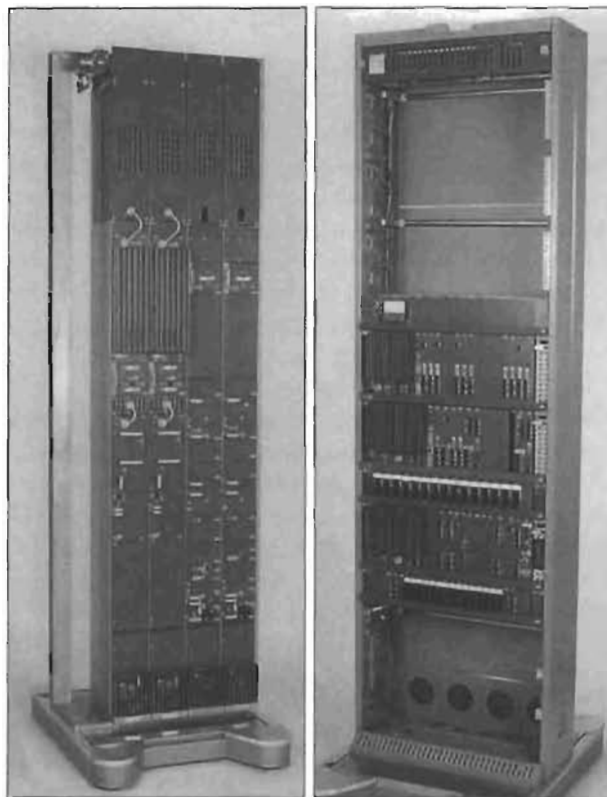
Vid tidpunkten för den första digitaliseringen av stornätet var det, i syfte att effektivisera verksamheten inom FMV, påbjudit att genomföra upphandlingar som "paketköp" (huvud-leverantörsansvar). Detta innebar att leverantören av radiolänkutrustningarna också skulle svara för erforderliga vågutbredningsberäkningar och därmed stråkdimensionering ur kvalitativ och tillgänglighetssynpunkt. Avhemligade markprofiler ställdes till leverantörens förfogande och den normala nätplaneringsverksamheten vid FMV medverkade ej inledningsvis.

Två "paket" beställdes 1974 efter en utvärdering av ett antal anbudsgivare. Beställningen gick till Telettra i Italien. Det ena "paketet" omfattade ett stråk med 9 radiolänkhopp varav några var nära 80 km långa. Det andra "paketet" omfattade också 9 hopp. Båda stråken gällde radiolänkar i 2 GHz-bandet. Efter en första planeringsomgång presenterade Telettra sina beräkningar beträffande stråkdimensionering. Nätplaneringsdetaljen vid transmissionsbyrån var skeptisk till det presenterade materialet och genomförde egna beräkningar, som visade att ett antal nödvändiga kompletteringar erfordrades för att en godtagbar tillgänglighet skulle uppnås.

Bl a föreslogs:

- Pulsregenerering i samtliga mellanstationer
- Höjning av några torn
- Nya torn i vissa fall och införande av rymddiversitet för de tre längsta hoppen.

Frekvensplanering i efterhand gav också problem, som bl a resulterade i att ett radiolänkhopp måste bytas till 7 GHz-bandet. Den nya digitala tekniken medförde även en del förändrade krav på installationsteknik, vilka (tillsammans med redovisade dimensioneringsproblem och vissa tillverkningsproblem från fabrik) resulterade i att driftsättningen av de två första digitala stråken skedde först i mars 1979, två år senare än planerat. Efter dessa försök med "paketköp" enligt huvudleverantörsprincipen, återgick FMV till tidigare tillämpade anskaffningsrutiner för nätutbyggnad.



RL-44 (Telettra)

TM-24 (Telettra)

Digitaliseringen av FTN skedde därefter i relativt snabb takt. Metoder för stråkdimensionering av digitala stråk, med hänsyn till våra svenska radiometerologiska förhållanden och den frekvensselektiva fädningen, utarbetades.

Fenomenet med frekvensselektiv fädning och dess konsekvenser för denna typ av överföring (34 MBit/s) började successivt att beskrivas i litteraturen vid denna tidpunkt.

## Ekonomi

### *Investeringar*

Den utredning som överlämnades från KFF till ÖB 1954 (Plan 54) innehöll förutom en relativt detaljerad beskrivning av de funktionella och tekniska egenskaperna även en omfattande kostnadsberäkning. Till grund för kostnadsberäkningarna låg bl a à-prislistor för ingående utrustningar och byggnader. En stamnätslänk på dm-bandet med 24 kanalers kapacitet beräknades kosta 180 000 kr, en multiplexutrustning till denna 110 000 kr, en 150 linjers automatväxel 250 000 kr, ett stagat 80 m torn 75 000 kr och en byggnad hustyp IV (den större av FFRL-byggnaderna) 250 000 kr.

Den totala planerade teletekniska kostnaden för uppbyggnaden av det skisserade nätet i 1954 års priser var ca 59 milj kr. För en utökning av nätet att även innefatta fjärrskriftsförbindelser beräknades kostnaden till 3 milj kr och för den fortifikatoriska utbyggnaden beräknades kostnaden till 9,5 milj kr. I utredningen angavs att tiden för utbyggnaden, under förutsättning att den befintliga personalorganisationen successivt förstärktes, beräknades till 12 à 13 år.

Med beaktande av penningvärdet 1954 så var det ett relativt stort beslut som fattades att FFRL skulle byggas. För att få en uppfattning om beslutets storleksordning jämfört med dagens kostnadsläge kan nämnas att årslönen för en ingenjör (inklusive "egenavgifter") år 1954 var 12 000 kr. 59 milj kr motsvarar alltså lönekostnaden för ca 5 000 ingenjörer. Lönekostnaden för 5 000 ingenjörer år 1995 är ca 1 500 milj kr.

Vid en beräkning av det "nyanskaffningsvärde" för FTN som utfördes under 1994 uppskattades detta till 2 830 milj kr i 1994-års priser.

1958 genomfördes en överarbetning av planerna dels beroende på kapacitetsökning, dels beroende på kostnadsförändringar. Kostnaden för den teletekniska delen angavs 1958 till 70 milj kr. Ökningen med 11 milj kr fördelade sig på 3,6 milj kr för kapacitetsökning och resten på prisstegring.

I takt med att kraven på större kapacitet och nya funktioner tillkom, har under åren successiva investeringsökningar skett i FFRL/FTN. Bland de tidpunkter då beslut om ökade satsningar på FTN skett, kan nämnas år 1975 i samband med "Data-fjärrskrift utredningen" och år 1980 i samband med CFV sambandsstudie.

### *Drift*

Driftskostnaderna för FFRL blev inledningsvis, med den då tillgängliga tekniken med stor andel elektronrör, relativt höga.

Underhållsavdelningen kom tidigt att införa uppföljningssystem för de i nätet ingående utrustningarnas delkostnader. Systemen DIDAS och ESYM utvecklades varigenom en effektiv uppföljning kunde ske. Med hjälp av dessa system identifierades speciellt underhållskostnadskrävande utrustningar.

Efter hand som de underhållsintensiva utrustningarna ersatts har underhållsorganisationen och kostnaderna minskat. Behovet av underhållspersonal för fredsdrift har med åren kommit att bli så litet att personalbehoven för krigsorganisationen är svårt att uppfylla.



## Drift och underhåll

Avsnittet baserat på noteringar gjorda av Olle Jeppsson som sedan 1956 varit verksam vid CVA.



*Olle Jeppsson*

### **Inledning**

Under uppbyggnad och utprovning av radiolänkarna för den moderniserade luftbevakningstjänsten (de s k provnäten) under första halvan av 50-talet förekom ingen särskild underhållsorganisation. De underhållsinsatser som måste göras utfördes av utprovningsspersonalen från KFF.

Först i december 1956 beslutade Underhållsavdelningen i samarbete med Luftbevakningsbyrån formellt att flygvapnets sedan 1950 befintliga underhållsorganisation skulle utnyttjas för underhåll av det framväxande radiolänknätet.

För det aktuella provnätet inom sektor O1, O2 och O3 ansågs då behov finnas att snarast på försök etablera två radiolänkunderhållsgrupper. Den ena gruppen skulle organiseras inom RTV1 vid den Centrala flygverkstaden i Arboga (CVA), medan den andra skulle ingå i RTV2 vid F 2 Hägernäs. Organisationsuppdragen från underhållsavdelningen lämnades i december 1956 och blev således den formella starten för drift- och underhållsverksamheten i försvarets fasta radiolänknät (FFRL).

Rent praktiskt började dock inte verksamheten förrän i november 1957 genom att Luftbevakningsbyrån underhand utbildade en ingenjör från vardera av de aktuella verkstäderna genom att låta dem medverka i förekommande driftsättningsaktiviteter.

På grund av personalbrist vid F 2 startade emellertid verksamheten med två män från CVA (PM Henriksson och O Jeppsson). Som underlag för underhållsverksamheten användes respektive leverantörs (Siemens, Philips, GEC, STC m fl) originalbeskrivningar samt av KFF utarbetade tekniska beskrivningar och installationsunderlag.



*Per Henriksson*

### **Drift och underhåll, Uh-planlösning**

Flygvapnets underhållskoncept var uppbyggt i en 3-skiktad organisation med A-, B- och C-nivå där:

A-nivån	utgjordes av 20 st flottiljverkstäder (fljvst)
B-nivån	” 5 st regionala televerkstäder (RTV)
C-nivån	” 3 st centrala verkstäder (CVA, CVM och CVV)

För underhåll av FFRL beslutades följande ansvars/uppgiftsfördelning:

- RTV ansvarade självständigt för drift och underhållsarbete av huvudstråken.  
Arbetet innefattade förebyggande tillsyner, felavhjälpning genom byte av felaktig enhet (UE) samt reparation av UE med tilldelade resurser.
- sektoringenjör vid luftförsvarssektor svarade för tillsyn och drift av bistråk med direkt Lfc-anknytning och för radiolänk- och terminalutrustningar i Lfc
- flottilj med RTV hade all huvudstråksmateriel inom regionen till uppörd
- flottilj med RTV tillsatte tillsynsmän vid obemannade anläggningar

- uppborndsmyndigheten svarade för vägtillsyn
- CVA skulle vara huvudverkstad för radiolänkmaterielen

## Organisation

Uh-organisationen skulle baseras på de befintliga regionala televerkstäderna (RTV). Dessa svarade sedan tidigare för underhåll av markbunden radio-, radar- och telefonmateriel samt diverse telemateriel inom de existerande luftförsvarssektorerna.

Verkstäderna hade följande lokalisering och organisatoriska ansvarsgränser:

Reg verkstad	Lokalisering	Sektor	Flottilj
RTV (TV1)	CVA	W5, N3, O1, G1	F1, F4, F15, FCS, F3, F11, F13
RTV (TV2)	F2	O2, O3	F2, F8, F16, F18
RTV (TV3)	F17	S1, S2	F5, F10, F12, F14, F17
RTV (TV4)	F21	ÖN1, ÖN3	F21
RTV (TV5)	F9	W2	F6, F7, F9

1958 avknoppades från RTV1 ett nytt televerkstadsområde, RTV6 som skulle svara för verksamheten inom sektorerna O1 och G1. Det lokaliseras till CVM i Linköping.

Samtidigt ändrades också benämningarna från RTV till TV med samma numrering som tidigare. TV5 i Göteborg övergick 1960 i den första regionala försvarsgemensamma verkstaden Försvarets Televerkstad i Göteborg (FTG).

I flygvapnets underhållsorganisation fanns sedan krigsåren tre centrala flygverkstäder. Verkstäder fanns således i:

- Arboga (CVA) för underhåll av motorer, radio, radar, telefon samt teleinstrument
- Västerås (CVV) för underhåll av elverk m m
- Malmslätt (CVM) för underhåll av flygplanskrov och -instrument m m

De centrala verkstäderna påverkades under 60-talet organisatoriskt av flera verkstadsutredningar.

FATU-utredningen 1962 resulterade i att Telub bildades i Växjö 1963 och CVÖ i Östersund 1969 samtidigt som CVV lades ner.

Som ett resultat av V66-utredningen övergick CVA, CVV och CVM 1967 från att ha varit underställda flygförvaltningen till att ingå i Försvarets Fabriksverk (FFV) med i stort bibehållna uppgifter.

FATU utredningen tillämpade för första gången inom telematerielområdet beräkningar av underhållsvolymen med hjälp av funktionssäkerhetsdata (MTBF-värden).

## Underhållsutrustning och reservmateriel

Den första underhållsgruppens mycket knappa resurser utgjordes i dec 1957 av:

- 1 st Signalgenerator General Radio mod 80
- 1 st Rörvoltmeter Philips
- 1 st Universalinstrumen AV07

Avsaknad av resurser kompenseras vid denna tidpunkt med ambition, improvisation och gott humör.

KFF och CVA utarbetade i februari -58 ett förslag till hur behovet av underhållshjälpmedel skulle tillgodoses med utgångspunkt från den planerade utbyggnaden. Antalet instrument dimensionerades efter de regionala behoven för RTV fasta verkstad, rörliga servicelag samt antal knutstationer. Grundidén var att ca 90 % av förekommande reparationer skulle klaras av den regionala organisationen. De resterande ca 10 % var av så arbetskrävande och komplicerad art att de var lämpligast att utföras av central verkstad.

Förutom instrument anskaffades också en RL-utrustning av varje typ till varje verkstad för att användas som provstativ vid reparationer. Genom denna ganska massiva resurssatsning och genom att tillämpa ett utrustningsinriktat förebyggande underhåll kunde en acceptabel tillgänglighet upprätthållas trots en förhållandevis hög felintensitet. För att underlätta underhållsverksamheten försågs länkuppunkterna även med verktyg, arbetsbord och beträffande knutstationerna även med visst personalutrymme.

Reservmateriel i form av utbytesenheter och reservdelar existerade inte vad beträffar den utrustning som användes i provnäten. För den reguljära utbyggnadsmaterielen anskaffades för det initiala behovet UE och reservdelar i samband med första anskaffningen. Rutiner för komplettering och återfyllning utarbetades successivt. Reservdelar satspackades och utplacerades på anläggningar och verkstäder.

## *Dokumentation*

En viktig grund för underhållet var att personalen hade tillgång till riktig dokumentation för sitt arbete. Det utvecklades därför olika dokumentationsstrukturer för detta ändamål, en utrustningsinriktad och en anläggningsorienterad. I den utrustningsinriktade ingick t ex:

- Beskrivning( funktionsbeskrivning på svenska samt scheman)
- Inställningsföreskrift (driftsättningsanvisning på svenska)
- Översynsföreskrift (för reparation på verkstad)
- Tillsynsföreskrift (för tillsyn av utrustningar i drift)
- Underhållsdirektiv (beskrev NÄR, VAR och VEM som skulle utföra uh-åtgärder)
- Reservdelskatalog (sprängskisser och detaljupplösning)
- Installationsunderlag (underlag för installationsplanering)

All utrustningsdokumentation innehöll endast öppen information.

De öppna anläggningsdokumenten beskrev schemamässigt miljö-, elektro- och teleteknisk installation

Beträffande anläggningsdokumentationen innehöll denna också hemlig del i form av signalteknisk mobhandling t ex frekvensuppgifter för utrustningen samt uppgift om motstation m m.

## *Utbildning/personal*

Radiolänkutbyggnaden gav upphov till mycket stort utbildningsbehov på alla nivåer. Därför uppdrogs åt flygvapnets centrala skolor (FCS) i Västerås att svara för denna viktiga del. Skolan benämndes senare FFTS (flygförvaltningens tekniska skola). På FFTS byggdes verklighetslika anläggningar i form av knutstationer och relästationer. Anläggningarna bestyckades med alla aktuella utrustningar, försågs med instrument och testutrustning och en handfull nya lärare anställdes.

Utbildningsbehovet var sammantaget för alla nivåer ca 200 man fördelade på för A-nivån ca 100 man, för B-nivån ca 80 man och för C-nivån ca 20 man. Skolan flyttade 1972 till F 18 och senare till F 14.

Eftersom radiolänk- och transmissionsteknik inte normalt ingick i utbildningen vid tekniska gymnasier och institut fanns behov av någon form av grundläggande radiolänk-utbildning. KFF tekniska handläggare hade under prov-



*Personal ur FMV, CVA och Telub på ETSS-utbildning hos GTE*

och försöksperioden tillägnat sig stora och djupa kunskaper inom teknikområdet och fick därför initialt svara för denna viktiga systemtekniska utbildning. Dessa kurser kallades skämtsamt för "länkstudenten". Se bilaga 6, referens 5.

En av de viktigaste delarna i utbildningen, förutom det rent tekniska kunnandet, var att lära sig hantera decibel-begreppet fram- och baklänges. Radiolänk- och transmissionsfolk i allmänhet har nämligen en svaghet att i alla möjliga och omöjliga sammanhang använda decibel. Vi kallades därför ofta "decibelbögar", främst av telefon-sidan som då allmänt använde Neper-begreppet.

## Uppföljningssystem

Eftersom radiolänktekniken var ett inom flygvapnet okänt teknikområde fanns redan från början starka önskemål att

på olika sätt följa upp felhändelser och problem för att vid behov kunna vidtaga modifieringar så att förbindelse-tillgängligheten hela tiden motsvarande de högt ställda kraven. Ungefär samtidigt som radiolänknätet byggdes upp höll underhållsavdelningen på att ta fram ett generellt driftuppföljningssystem som kallades DIDAS. Systemet byggde på att var och en som observerade någon avvikelse i ett systems eller apparats funktion samt när det inträffade, skulle rapportera detta på en särskild blankett som sedan databehandlades för presentation och analys.

KFF beslutade att DIDAS skulle användas för FFRL. Förutom detta protokollfördes alla driftsättningar och tillsyner så att man skulle kunna följa åldringen av tekniska data. De i materieln dominerande elektronrören var nämligen jämfört med dagens teknik mycket åldringsutsatta. Man kunde på detta sätt i god tid byta rör innan de förorsakade funktionshinder.

## Samverkan med leverantörer

### Radiolänkleverantörer

Valet av radiolänk som transmissionsmedel i försvarets eget landsomfattande telekommunikationsnät gjordes under tidigt 50-tal. Användningen av radiolänk var vid denna tidpunkt relativt begränsad. Tekniken hade börjat användas under andra världskriget från vilket en del erfarenheter fanns. Under perioden 1950-1970 kom användningen av radiolänk bland telenätoperörer i hela världen att öka mycket snabbt. Inom landet var televerkets intresse för radiolänk dock relativt svagt beroende på en stor satsning på utbyggnad av ett omfattande koaxialkabelnät. Det var först i samband med utbyggnaden av distributionsnätet för TV som Televerket på allvar intresserade sig för radiolänk.

De angivna förhållandena medförde att intresset för radiolänk hos vår inhemska stora telekommunikationsindustri på 50-talet inte var så stort. Det fanns således inte någon svensk leverantör som var aktuell för de första anskaffningarna. Det var därför nödvändigt att vända blickarna ut på den internationella marknaden när materiel till provnät och därefter följande reguljär utbyggnad skulle anskaffas.

Radiolänkmateriel till FFRL har under åren levererats från ett relativt stort antal företag i Europa, USA, Canada och Japan. Upphandlingarna har kunnat ske i konkurrens vilket medfört att ekonomiskt gynnsamma kontrakt kunnat

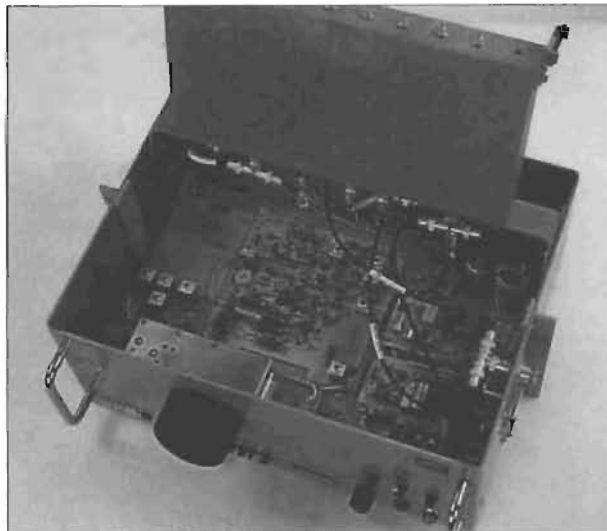


RL-14 (SRA)

teknas. Så småningom har även svenska företag i form av SRA (nuvarande Ericsson Radio Systems) varit med och levererat främst lågkapacitetslänkar till FFRL.



*RL-21 (SRA)*



*RL-23 (SRA)*

Samarbetet med företagen har i flera fall varit mångårigt och eftersom försvaret haft relativt väl genomarbetade tekniska krav som i vissa fall varit lite större än publika teleförvaltningars, så har det tekniska samarbetet varit intensivt och utvecklande både för kund och leverantör. Försvarets krav på frekvens- och EMC-egenskaper har ofta legat några år före de publika förvaltningarnas krav

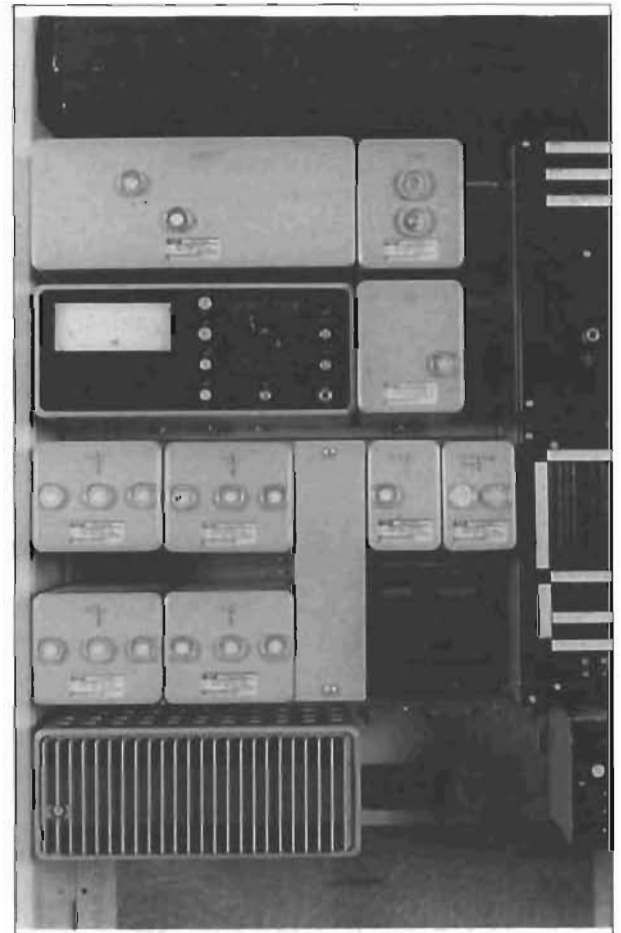
beroende på den täta samgruppering som skett med annan elektronisk utrustning och på tidigt väl genomarbetade frekvens- och stråckplaneringsmetoder. Flera leverantörer har under åren framfört att de genom leveranser till det svenska försvaret "tvingats" till nya tekniska lösningar som de sedan har haft stor nytta av för sin fortsatta verksamhet.

Exempel på en upphandling av radiolänk framgår mer i detalj av avsnittet RL-81 – en tidig trotjänare i FFRL."

En förteckning över radiolänkar och leverantörer under perioden 1950-76 framgår av bilaga 2.

### ***Multiplexleverantörer***

Utöver radiolänkar är multiplexorer en av de viktigaste byggstenarna i FFRL. Även inom detta område har anskaffningar skett från både utländska och svenska leverantörer. I motsats till vad som gällde för radiolänk fanns det dock, beroende på televerkets stora utbyggnad av sitt bredbandsnät, två stora tillverkare av FDM inom landet,



*TM-22 (Philips)*



*TM-6 (Ericsson)*



*TM-13 (SRT)*

nämligen Ericsson och Standard Radio och Telefon (SRT) vilka under många år kom att vara dominerande som leverantörer till FFRL. Även inom multiplexområdet förekom ett nära samarbete med industrin. Exempelvis så utvecklade Ericsson i nära samarbete med försvaret en speciell multiplexutrustning för överföring av bredbandig radarinformation.

Efter bytet från analog till digital teknik i början av 70-talet har dock även inom detta område utländska leverantörer kommit att bli ledande.

En förteckning över multiplexutrustningar och leverantörer under perioden 1950-75 framgår av bilaga 3.

### ***Växelleverantörer***

Den tredje huvudbyggstenen i FFRL är nätväxlarna. Redan vid den planering som gjordes vid utredningarna under 50-talet skisserades en automatisk förmedlingsfunktion. Det kom dock att dröja till mitten av 60-talet innan specificering och upphandling av växlar var genomförd. Den vid denna tidpunkt nya tekniken med PMS valdes. Genom detta val kom det svenska försvaret under en period i början av 70-talet att vara en av de teleförvaltningar i världen som hade flest PMS-växlar i drift. Växlarna levererades av Ericsson. Utformningen av systemet och dess funktioner skedde i mycket nära samarbete med svenska försvaret. Den kompetens Ericsson härvid byggde upp beträffande militär telekommunikation, har starkt bidragit till att Ericsson kunnat leverera växlar till strategiska och taktiska telenät i många länder världen över.

Vid en kompletterande nätväxelanskaffning i mitten av 70-talet kom det amerikanska företaget GTE in som leverantör. Växeln som levererades (ETSS) var ursprungligen en militärt specificerad och utvecklad produkt som i ett "civiliserat" utförande kom att ingå i FFRL. Normalt brukar förhållandet vara tvärtom att civila produkter så säga "militäriseras".

En förteckning över växlar och leverantörer under perioden 1960-75 framgår av bilaga 4.

### ***Tjänste/konsultleverantörer***

Det landsomfattande länknätet byggdes från mitten av 50-talet upp under en relativt kort tid och var i slutet av 60-talet till sina övervägande delar utbyggt. Behovet av kompetent personal var stort och parallellt med rekrytering och uppbyggnad av egna personella resurser utnyttjades tidigt industrin som leverantör av både materiel och "konsult-

tjänster". CVA och så småningom SRA kom att anlitas i arbetet med planering, utbyggnad och uppbyggnad av en effektiv underhållsorganisation.

I samband med den mycket omfattande Stril 60 utbyggnaden och i takt med minskande personalramar inom KFF ökade behovet av konsultinsatser, vilket bl a innebar att TUAB och TALAB etablerades och efterhand engagerades i FFRL-arbetet. Genom ingripande från statsmakterna kom under början av 70-talet en styrning av försvarets konsultutnyttjande att innebära att Telub i ökande grad engagerades även inom FFRL-området.

De insatser som gjorts från konsultföretagen har varit av relativt stor omfattning och har haft en avgörande påverkan på uppbyggnaden av FFRL. Inom konsultföretagen liksom inom försvarets egen organisation finns ett flertal individer som haft och har ett mycket starkt engagemang och visat stor entusiasm för arbetet inom FFRL. Den kunskap om kvalificerade telekommunikationssystem som anställda inom försvaret och konsultföretag fått genom arbete med FFRL, har varit attraktiv på arbetsmarknaden, vilket medfört att ett flertal av dessa under åren kommit att arbeta på ledande befattningar inom bl a Televerket och teleindustrin.

## **Televerket**

### **Bakgrund**

Televerket har haft en mångfacetterad roll avseende försvarets telekommunikationer. En myndighetsroll, en leverantörsroll av utrustning och slutligen en roll som leverantör av förbindelser.

Försvaret har alltsedan det publika telekommunikationsnätet etablerades varit en stor kund i detta nät. Inom luftförsvaret användes fram till i slutet på 40-talet det då manuella nätet för etablering av förbindelser mellan ls och central. Förbindelserna upprättades av telefonister som så kallade luftförsvarsamtal, vilket innebar förtur eller t o m brytning av pågående samtal om ledig förbindelse inte fanns. När automatiseringen gjorde sitt intåg konstruerades en reläbaserad funktion som efter en signal med en kortare fördröjning kopplade upp en förbindelse ls-central under så lång tid som ansågs nödvändig för en ls-rapport. Konstruktionen kom inte till någon större användning bl a beroende på stor fördröjning och låg tillförlitlighet.

## **Förberedda förbindelser**

I takt med att förvarningstiderna minskade, beroende på allt snabbare flygplan, blev fördröjningen vid telefonistförmedlingen alltför lång. Erforderlig snabbhet kunde endast tillgodoses med fast kopplade direkta förbindelser. Fast kopplade förbindelser för att täcka det totala behovet för krigsbruk blev emellertid dyrt och ett slöseri med resurser som i fredstid kunde användas för annan trafik. Detta gjorde att en teknik med "förberedda förbindelser" för uppkoppling vid övningar, kris eller krig utvecklades i samråd mellan Televerket, Fst och KFF.

Principen var att förbindelsen planerades och förbereddes i televerkets transmissionsnät från punkt till punkt för uppkoppling på televerkets stationer med hjälp av manuella omkopplare. Manövreringen av dessa omkopplare reglerades i speciella uppkopplingsplaner. För dessa förberedda förbindelser användes trafikledning eller reserver i televerkets transmissionsnät. Detta var början till ett funktionellt/tekniskt samarbete mellan Televerket och försvaret, för att med hjälp av televerkets transmissionsnät anordna förbindelser i ett trafikalt försvarsnät.

Den sålunda etablerade principen, med förberedda förbindelser för anordnande av försvarsförbindelser på "tråd", användes sedermera även för flygvapnets övriga objekt i Stril 50 och Stril 60 samt inom det operativa ledningssystemet. En klar nackdel med denna princip var den minskande trafikkapaciteten i televerkets trafiknät, vilket ökade risken för spärr för övrig totalförsvarsviktig trafik. En tumregel infördes som angav att högst 20 % av en trafikvia i televerkets nät fick ianspråktagas. Vid större behov fick försvaret avstå, omplanera eller investera i nya linjeanläggningar.

Signaleringen på de förberedda förbindelserna var inledningsvis 20 Hz. I samband med införande av transmissionsutrustningar, som endast medgav det nominella bandet 300-3400 Hz (vilket ofta på grund av pupinisering var begränsat till ca 2600 Hz), kompletterades försvarets signalering med utrustningar som arbetade med 1225 Hz, 1425 Hz och så småningom 2400/2700 Hz.

Tillgängligheten hos de förberedda förbindelserna har under hela tidsperioden varit ett problem. Orsaken är bland annat att televerkets nät över tiden successivt förändras genom omkopplingar, utrustningsbyte etc. Övervakningen av tillgängligheten har varit svår och utfördes med ibland flera års intervaller.

När Stril 60 och det högre och lägre regionala ledningssystemet var utbyggt under slutet av 60-talet, omfattade försvarsnätet på tråd ca 10 000 - 12 000 förbindelser, varav

huvuddelen var anordnade i televerkets nät som förberedda förbindelser.

Kvalitén på förbindelserna var varierande beroende på att någon mellan Televerket och försvaret överenskommen transmissionsnorm ej fanns. 1968 utarbetades på initiativ från KFF "Transmissionstekniska riktlinjer för krigsmaktens telefonförbindelser". Se bilaga 6, referens 9. Arbetet med normen föregicks av ett omfattande mätningsarbete där bl a transmissionsprestanda i televerkets nät och FFRL kartlades. Kvalitén på de förberedda förbindelserna steg markant efter normens införande.

### Bärfrekvensnäten

I slutet av 50-talet och början av 60-talet infördes i snabb takt bärfrekvenstekniken i televerkets transmissionsnät. På äldre kopparkablar infördes exempelvis 8-kanalsystem. Den helt dominerande utbyggnaden skedde dock med koaxialkabel. Först byggdes 960-kanalsystem på "normalkoax" för att därefter snabbt följas av 300-kanalsystem på "klenkoax". Kapaciteten ökade sedan med åren för att på "normalkoax" avslutas med s k 60 MHz-system som gav mer än 10 000 kanaler. Det kan för övrigt noteras att försvaret var före Televerket med att bygga ut "klenkoax", bl a beroende på att systemstorleken passade försvaret och dessutom var ekonomiskt fördelaktig i många tillämpningar.

Under 60-talet började allt fler försvarsägda kabelresurser att byggas ut. Kabelutbyggnad i direkt samarbete med Televerket blev också allt vanligare. Kanalgrupper i tele-

verkets BF-system inköptes och förbereddes för uppkoppling i krig. Samarbetet med Televerket fördjupades. Från att tidigare ha varit hänvisade till en relativt avvisande försvarsenhet inom Televerket, fick FMV (och dess föregångare) nu kontakt med nätplanerare och transmissions-tekniker inom Televerket. Ett väl fungerande samarbete mellan Mattias Grönberg vid Televerket och Hans Franzén bidrog starkt till denna positiva utveckling. FMV blev "erkänd" och accepterad av Televerket som en tekniskt kunnig nätanordnare.

### Samarbetsavtal

Samarbetet mellan Televerket och försvaret blev med tiden så omfattande, att behov av enhetliga regler och riktlinjer förelåg för kostnader, ägande, gränsytor, teknik, utrustningsval m m. Under 70-talet utarbetades fyra avtal varav avtalet om BF-samarbetet kan sägas vara banbrytande för det fördjupade, tekniska samarbete som etablerades.

De fyra avtalen var:

- Driftunderhållsavtalet okt 1969
- ATN-F utredningen april 1972
- Kabelavtalet aug 1976
- Beta-avtalet (samverkan BF-system) okt 1976

Dessa avtal möjliggjorde även att anslutningar till televerkets nät kunde anordnas till s k tryckpunkter/samverkanspunkter mellan televerkets och försvarets nät. I dessa förbereddes reservomkopplingar av kanalgrupper i televerkets nät i händelse av skador i försvarets nät.



## Utvecklingen under -80 och 90-talen

### ***Kapacitetsbehov, Data-fskr -75, FV-sbmål -79***

Efter det omfattande arbetet med en behovsanalys som underlag för FFRL dimensionering, som genomfördes inför 1954:års beslut senare reviderat 1958, växte successivt behovet av förbindelser i nätet. Från att de första delarna i stornätet byggts ut med 60 kanaler fortsatte sedan utbyggnaden med 300 kanaler. I samband med att beslut fattades om digitaliseringen av FFRL 1974 ökades kapaciteten i stornätet till 34 MBit/s.

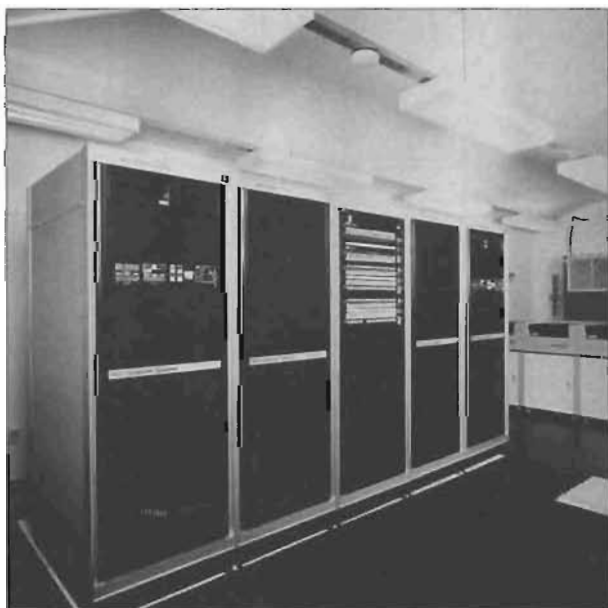
FMV fick 1974 i uppdrag av Fst att genomföra en omfattande utredning om försvarets data- och fjärrskrifttrafik. I utredningen som leddes av dåvarande FMV:A deltog förutom FMV:F och FMV:M även företrädare för de administrativa delarna av FMV. Under den här tiden fanns en i vissa lägen ganska öppen motsättning inom FMV främst mellan FMV:A och FMV:F, men även inom FMV:F (främst i fjärrskriftfrågan). I det nära samarbete som erfordrades i denna utredning grundlades dock ett samarbete mellan en del av företrädarna för respektive enhet. Detta lade grunden för att den genomgripande omorganisationen av FMV 1982 gick ganska friktionsfritt.

I den av FMV presenterade utredningen Data-fskr-75, drogs riktlinjerna upp dels för moderniseringen av fjärrskriftnäten med MILTEX och MFC och dels för det som kom att bli försvarets datanät MILPAK.

Flygvapnet genomförde med medverkan från FMV en speciell sambandsstudie i anslutning till luftförsvarsstudien (SUS-77). I den efter denna studie följande systemmålsättningen fastlades att antalet nätväxlar skulle utökas, att en övergång från stelt kopplade förbindelser till förmedlade förbindelser skulle ske och att anläggningsutformningen skulle ses över mot bakgrunden av förändrad hotbild.

### ***Digitalisering av förmedlingsutrustningen***

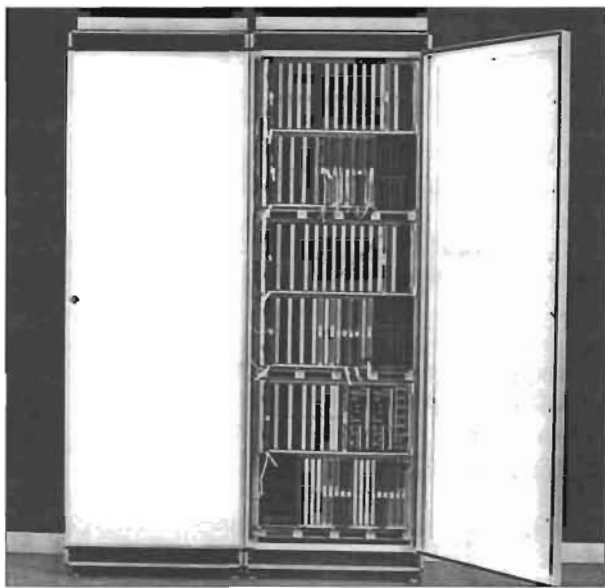
I mitten av 80-talet var det så dags att börja fundera på materielomsättning av nätets förmedlingsväxlar. Efter den omfattande digitalisering som skett av transmissionsnätet var det ganska klart att det skulle bli digitala växlar. Genom att införa digital förmedling kunde rationaliserings-effekter uppnås genom ett avsevärt minskat utrustningsuppbåd per förbindelse.



*Meddelandeförmedlingscentral (Norsk Data)*



*Dataförmedlare MILPAK (Amnet)*



AXT-121 (Ericsson)

Efter upphandling i konkurrens beställdes de nya digitala växlar (AXT 121) från Ericsson 1985. Genom att senare utnyttja option på denna beställning har nätet nu en homogen uppsättning nätväxlar.

## Nät driftledning

I samband med förändring av underhållsorganisationen och den ökade användningen av FFRL/FTN, ökade behovet av en strukturerad nät driftledning. Efter ett antal utredningar beträffande nomenklatur, redovisning, ansvarsformer, lydnadslinjer etc etablerades under 1980-81 en central nät driftledning med placering vid Fst. Regionala nät driftledningar knöts till sektorflottiljerna.

Eftersom nätets noder redan i 1954-års utredning förutsattes kunna vara obemannade, hade under åren ett antal fjärrövervaknings- och styrsystem utvecklats. Betjäningsterminaler för dessa system lokaliserades till nät driftcentralerna. Under 80-talet har ett omfattande arbete med att förfina och effektivisera hjälpmedlen för nät driftledningen bedrivits.

## Utredningar om huvudmannaskap

Under åren har man från tid till annan ifrågasatt det effektiva och rationella i att försvaret bygger och driver ett eget telekommunikationsnät. Hittills har följande utredningar genomförts:

- **Mitten av 70-talet**  
Skrivelse från facklig organisation om rationaliteten i att försvaret har ett eget landsomfattande nät, föranledde en skriftväxling mellan Televerket, ÖB och berörd personalorganisation. Skrivelsen drev på arbetet med att upprätta avtal om hur försvarsmakten skulle utnyttja televerkets tjänster.
- **1982**  
En omfattande utredning ledd av Televerket med deltagare från: ÖB, CFV, FMV "Kartläggning av förutsättningar för att föra över vissa telekommunikationsresurser från försvarsmakten till televerket".  
Förslag: Ingen förändring. Ökad samverkan.
- **1991**  
Utredning ledd av ÖB och ÖCB med deltagare från: ÖB, ÖCB, SRV, Banverket, ElsamKraftberedskap, Televerket och FMV. "Rapporten avseende totalförsvarets telekommunikationer" underskriven av ÖB och GD ÖCB föreslog ingen förändring i huvudmannaskap.
- **1993-95**  
Utredning om försvarets telekommunikationer FTK och utveckling av försvarets telekommunikationer FTKU. Ett omfattande arbete beträffande alternativa nät och nätanordnare för försvarets telekommunikationsbehov har genomförts. En avdömning av fortsatt inriktning kommer att ske senast i samband med försvarsbeslutet 1996.



*Hans Franzén*

## *Hans Franzén, Mr. FFRL*

Hans Franzén ledde under ett kvarts sekel den tekniska utvecklingen och utbyggnaden av FFRL. Hans var en visionär av naturen men visade också djärvhet och handlingskraft vid iscensättandet av expansiva och tekniskt avancerade utbyggnadsplaner. Idéer och riktlinjer som utformades under hans ledarskap har lagt grunden till att göra försvarets telekommunikationer till det moderna livskraftiga kommunikationsnät som det är idag.

I en föränderlig värld fortlever ännu FTN och ger osökt en påminnelse om Hans Franzéns livsgärning. I vid bemärkelse är nätets historia också Hans Franzéns.

## *Personliga glimtar från de tidiga åren*

Nedan återges några av de anteckningar som lämnats av Rudolf Forsberg (verksam inom KFF/FMV under tiden 1949-1982), av Åke Thorsson (1949-1961) och av Bertil Nilsson (1950-1964).

FFRL:s historia bör ju också innehålla något om den personal som varit med och skapat nätet. Här ges några korta glimtar från den första "rallartiden" 1948 fram till 1970-talet från några som var med.



*Rudolf Forsberg*



*Åke Thorsson*



*Personal vid KFF Lbv-sektion 1949. Sittande fr v Knut Egeland, Henning Brand, Sven Keyser, Carlström, Söderdahl, Noaksson, Olle Hörberg, Jan-Henrik Kyhlberg, Svensson (konsult). Sittande på golvet: Stig Digrell. Stående fr v Hans Franzén, Karl-Emil Werner, Rudolf Forsberg, Åke Thorsson, Gunnar Elfving, Nils Lindblom och Erik Arnell.*

1948 överfördes luftbevakningen från armén till flygvapnet. I samband därmed överlämnade armén viss materiel, bl a ett antal bilradiostationer som inköpts från Motorola i USA.

Verksamheten organiserades i en Luftbevakningssektion inom Kungliga Flygförvaltningens Elektrobyrå. Chef för sektionen blev flygdirektör Jan-Henrik Kyhlberg. Bland de först anställda fanns Olle Hörberg och Hans Franzén, båda vid radiodetaljen.

Det kalla kriget hade börjat och man kan mycket väl förstå det starka tryck som fanns från främst militär sida, att snabbt få fram ett effektivt luftförsvar. För detta behövdes förutom flygplan även en lednings- och sambandsfunktion. Nästan ingen materiel och endast en rudimentär organisation fanns att utgå ifrån. En av de första konkreta arbetsuppgifterna för de nyanställda var att bygga ut tråd- och radioförbindelser till luftförsvarscentraler. Franzén med några medhjälpare fick t ex 1948 i uppgift att mycket snabbt ta fram en provisorisk utrustning för att vid en övning demonstrera hur man kunde koppla ihop flera ls-

förbindelser i en klase, så att en stabsmedlem (markör) på Lgc kunde betjäna flera ls.

I en andra våg 1949 anställdes ytterligare personal bl a Rudolf Forsberg, Åke Thorsson, Karl-Emil Werner och Olle Holmqvist. Dessa kom tillsammans med Franzén att hamna på en nybildad radiolänkdetalj. De nya medarbetarna påbörjade omgående framtagandet av ls-utrustningen RL-01, baserad på de av armén inköpta Motorola-stationerna. Budgeten var mycket liten. Scheman och konstruktionsritningar togs fram av egen personal, efter Franzéns grundidéer och tillverkning skedde på en liten källarfirma. Hans Franzéns erfarenhet från LM Ericsson fick stor betydelse för hur utrustningen utformades. Kyhlberg som var chef tyckte vid något tillfälle att det var onödigt många reläer i bland annat en kontrollenhet. Franzén försvarade sig med att man måste konstruera utrustningen så att tjänsten för användarna på luftbevakningsstationerna (ls) underlättades. Utrustningen skulle sedan den färdigställdes transporteras i båtar ut till öar i skärgården, vilket delvis förklarar Kyhlbergs farhågor om antalet reläer, vilka kunde skadas bl a under transporten.

Det första egentliga provet som vi utförde var i samband med en FV-övning våren-51. Då i samband med att Lgc inom Stril 50 kördes igång på Dalarö. Provet höll för vår del på att bli ett riktigt kaos. Det var korsmodulering och interferenser så det stod härliga till. Stativen såg ut som flipperspel i full fart. Alla sändare och mottagare fick transporteras tillbaka till provrummet, som då låg på Riddargatan, för omtrimning till en ny frekvensplan. Mycket kvällsarbete och många resor till Dalarö Lgc löste dock problemet.

Så kom den stora dagen då RL-01 systemet skulle provas vid övningen. Franzén och Thorsson snabbutbildade värnpliktiga under ett par dagar. Då övningen började var jag (R Forsberg) på ett Lgc där både radio- och tråd-ls terminerade. Och under över alla under. Alla radio-ls ”droppade in” den ena efter den andra. Det kunde man se på de lampor i kontrollpanelen som tändes när bärvågen kom in...! Reläerna hade alltså klarat sig och de värnpliktiga hade lyckats montera upp antenner, kablar, radioutrustning, batterier och fått igång laddningsaggregatet. Vi noterade med stor tillfredsställelse att tråd-ls behövde längre tid än radio-ls för att komma igång vid Lgc. Höstövningen 1951 med en ledningscentral utrustad med AN/TTQ och med såväl radio- som tråd-ls gav liknande erfarenheter.

Arbetsätt och -anda vid dessa ”eld-dop” för den nya verksamheten var karaktäristiska för perioden. Merparten av radiolänkdetaljens personal deltog i fältarbetet. Vi mötte verklighetens alla överraskningar. Lösningar improviserades och alla kände del i de goda resultaten. En viss konkurrens fanns relativt den något mer etablerade ”trådsidan”, som då leddes av Sven Keyser och Knut Egeland.

Utbyggnad av ett luftbevakningssystem i vid bemärkelse var naturligtvis en mycket omfattande arbetsuppgift och det tog tid innan konturerna av hela systemet kunde skönjas. Och hur skulle arbetet gå till? Hur skulle det styras?



*Bror Lars Fosselius*

Kungliga Flygförvaltningen fick ju inte framstå och uppträda som en oprofessionell småhandlare. I det här sammanhanget kom de starka personligheterna Hörberg och Franzén att spela en stor roll. Franzén ansåg bl a att radiolänkdetaljen skulle syssla med betydligt större saker än radio-ls. Speciellt då det blev allt mer klart att luftbevakningssystemet skulle behöva ett omfattande teleförbindelsenät.

Franzén ansåg att radiolänkdetaljen borde bli en fristående enhet och slitningar uppstod mellan Franzén och Hörberg. En del av spänningarna mellan Hörberg och Franzén kom att bestå under lång tid. De här spänningarna hade kanske i alla fall en positiv inverkan på utvecklingen av Stril, beroende på inslaget av konkurrens som ofta är välgörande.

Verksamheten växte och en radiolänkdetalj under Franzéns ledning organiserades inom Luftbevakningssektionen. Här arbetade nu ”Kalle” Werner dels med planer för ett radiolänknät, dels tillsammans med ”Rulle” Forsberg på specificering av teknisk utrustning. Olle Holmqvist arbetade med utformning av anläggningarna och Åke Thorsson hade ansvaret för ”labbet”, inrymt i separata lokaler, först på Riddargatan och senare på Fleminggatan. Bl a för arbetet med ”Plan 54” förstärktes detaljen med ytterligare resurser. I nätplaneringen, för vilken Bertil Nilsson nu hade ansvaret, deltog bl a Bertil Lehman och Åke Stenhardt. På utrustningsidan hos ”Rulle” Forsberg fanns nu även Karl-Edvard Eriksson. LEG Andersson och Sören Edin och anläggningssidan hade utökats med K E Andersson, Olle Sterning och Emil Backlund.

Ett nära samarbete utvecklades med andra enheter inom KFF, med CVA och med externa organ som FortF. Av stor



*Bertil Lehman*

*Åke Stenhardt*

*Olof Sterning*

vikt var givetvis det förtroendefulla samarbete som etablerades med Flygstaben och Försvarsstaben, främst signalavdelningarna, vars chefer (C-G Simmons respektive Harald Werneman) var entusiastiska supportrar till länknätet.

Hans Franzén var lidelsefullt tekniskt intresserad och konstruerade själv många utrustningar speciellt sådana med reläer i. Han hade också förmågan att snabbt sätta sig in i alla nya tekniker vi under åren kom i kontakt med. I möten med industrin var han alltid väl förberedd och insatt i tekniska frågor, vilket medförde att hans förtroende inom industrin med åren blev stort. Franzén var också en mästare i att krångla sig fram i det omfattande regelverkets labyrinter. Han ville snabbt ha resultat och tyckte inte om onödigt inblandning från mellannivåer och byråkrater. Han hade relativt lätt att få gehör för sina idéer hos högre chefer. Han var inte rädd av sig och det tycktes uppskattas av cheferna. Att han dessutom var väl förberedd i sina föredragningar förstärkte hans ställning.

Man bör komma ihåg att Hans Franzén vid den här tiden var relativt ung, med hänsyn till det stora ansvar han tog på sig (ca 30 år).

Franzén med sin bakgrund inom LME förstod tidigt betydelsen av att systemmässigt utforma de enskilda telefonkanalerna i riktning mot ett kommande integrerat nät. Franzéns chef Kyhlberg hade det säkert inte lätt alla gånger att hantera optimismen och otåligheten hos sina medarbetare. Även han var dock en talför och bestämd herre med klar vilja.

När Franzén vid ett tillfälle beklagade sig över att han inte hade så bra grepp om priser på t ex radiolänkar då han skulle göra en kostnadsberäkning fick han svaret av Kyhlberg: "Beräkna vad du tror att det kostar, multiplicera sedan med tre!" Kyhlberg lämnade KFF och gick över till civil verksamhet efter att vid en tillsättning blivit förbigång av Hugo Larsson (sedermera chef för FOA).

Vid den här tiden var kraven från KFF ledning ganska höga när det gällde att chefer skulle vara civilingenjörer. Avsaknaden av en sådan examen låg Franzén under lång tid mycket i fatet. Det var till hinder vid samarbetet med jämställda kollegor och beträffande löneutvecklingen. Franzéns kunskaper och förmåga att få något gjort väckte dock så småningom stor respekt inom både förvaltning och militära staber.

Olle Hörberg var mindre tekniskt inriktad än Hans Franzén och tänkte mer på hur man skulle leda, organisera och utföra det jättelika arbetet med att bygga ut luftbevaknings- och stridsledningssystemet. Han var en av initiativ-

tagarna till att bilda konsultföretag som skulle utnyttjas av KFF. Att vid den tidpunkten anställa erforderligt antal personal vid KFF var inte möjligt. Tanken att utnyttja konsulter var säkert bra, men följderna blev att konsultföretagen mer eller mindre "dränerade" sakbyråerna i sin jakt efter kompetent personal, vilket medförde att det så småningom blev svårt för KFF att med egen personal styra verksamheten.

Olle Hörberg ansågs av många uppträda yvigt och med stora gester, vilket var hans stil. Egentligen var han en godmodig och optimistisk man, som friskt tog sig an den svåra uppgiften att konkretisera och planera realisering av alla i många fall vilda planer som framkastades. Långt senare erkände Franzén att Hörberg insatser inte hade värderats efter förtjänst på ett korrekt sätt.

Problemen med att hålla tidplanerna vid utbyggnaden av Stril 60 var ganska stora. På radiolänksidan "gladde" vi oss åt att förseningarna på radar- och centralsidan maskerade våra egna förseningar med utbyggnaden av förbindelserna. Det var under den här tiden full fart inom industrin, vilket medförde att försvarets personal lockades till industrin och slutade i stor omfattning. Tidvis var radiolänksektionen nästan totalt avfolkad. Försöket att höja kompetensen inom sektionen genom att anställa civilingenjörer misslyckades till att börja med. De slutade snart och tog anställning inom industrin eller konsultföretag. De få som tillsammans med Hans Franzén stannade på sina poster hade en besvärlig och jobbig tid. Bl a måste ny personal utbildas efter alla som slutat. Det var inte lätt att hålla verksamheten igång.

Mitt under all turbulens skulle vi bygga upp nätet. Därför kan det vara passande med några ord om den vid en lunch framspånade idén, att använda ljusmätningar som komplement till det osäkra kartmaterialet vi hade vid planeringen av stationsplatser. De på kontoret utförda beräkningsmetoderna utarbetades ursprungligen av Karl-Emil Werner, för att sedermera kompletteras och förfinas av Bertil Nilsson och Bertil Lehman. De kompletterande ljusmätningarna utfördes under ledning av Åke Thorsson. Det var roliga och intressanta expeditioner med många oförutsedda inslag. Vi var storkunder hos Syrgasverken i Örebro på vätgas. Väderleksballonger köptes från Adamssons och raketer beställdes från ett pyrotekniskt labb på Lidingö. Dessa nattliga "ljusmätningsexpeditioner" genomfördes under första åren helt av sektionens egen personal. Här deltog ibland med stor entusiasm även sektionens kvinnliga medarbetare!

För placering av länkstationerna var naturligtvis högt belägna punkter intressanta, vanligen var de dock även svårtillgängliga. Det blev mycket bärande av krafttag-

regat, gastuber, ballonger, kabel etc. Vinternätter var bra. De gav vanligen goda siktförhållanden och pulkföre för transporter. Men kylan blev ibland svår under de långa passen för att upptäcka signallampan vid horisonten 40-70 km bort. Det gick bättre sedan vi ordnade provisoriskt radiosamband mellan punkterna och kommit på att markera positioner genom att sända upp signalraketer. Vi glömde i början dock att underrätta polisen om våra förehavanden, vilket ledde till vissa komplikationer. Längre fram bemannades dessa expeditioner, som kunde vara flera veckor, även med personal från CVA och regionala organ.

När televerkets intresse för radiolänk vaknade fann de metoden så bra att de anammade den som *sin* med en stor artikel i televerkets personaltidning "Verket och Vi".

Ett annat intressant konstaterande är att vi, d v s radiolänkfolket, vid några tillfällen hjälpte Sveriges Radio med länköverföring av TV-program bl a från Strängnäs domkyrka. Några bilder från fotbolls VM-58 från Göteborg hade det inte heeller blivit utan vår medverkan. En händelse som belyser televerkets dåvarande tveksamhet till radiolänkars möjlighet. Radiotjänst såg det som mycket viktigt att kunna direktsända matchen över det spirande TV-nätet. Detta krävde en bredbandsförbindelse Göteborg - Stockholm. Televerket ansåg inte detta möjligt att arrangera. Inte ens en radiolänk vore möjlig att bygga ut på den korta tid som stod till buds och den ansågs dessutom av Televerket att bli alltför opålitlig. Radiotjänsts ledning ville då bygga ut en "reportagelänk" i egen regi. Tekniska chefen Johan von Utfall vände sig till FMV och bad om teknisk hjälp från Hans Franzén och hans team med studie och planering av en tillfällig radiolänklinje, primärt mellan Chalmers och KTH. Studien visade möjligheterna och Televerket såg sig därför tvingade att upprätta radiolänkförbindelserna.

Hans Franzén har kommit att stå som den personifierade skaparen av FFRL och det är nog riktigt. Han ledde verksamheten under de viktiga första 25 åren. Under en period engagerades han sedan för ett jättelikt telekommunikationsprojekt i Saudi-Arabien. Juhana Kaaman ledde då som chef verksamheten under några år.



*Juhan Kaaman*

1984 övertog Göran Kihlström ansvaret för att FTN utvecklades vidare och bibehöll sin ställning som ett livskraftigt, mycket modernt och funktionellt landsomfattande militärt telekommunikationsnät.



*Göran Kihlström*

Men också alla de andra som under åren varit anställda vid förvaltningen har utfört ett stort arbete. Här har endast några av de i tidiga faser anställda ingenjörerna omnämnts. Viktiga var givetvis även de, som i denna period med dess täta förändringar i personalsammansättning, lokalisering och organisation "höll reda på" ärenden, personal och papper. Inte minst Franzéns sekreterare under många år, Maud Lagevald (då fröken Björk) hade där en viktig roll.



*Maud Lagevald*

Viktiga för den tekniska utvecklingen har givetvis varit många personer inom svensk och utländsk teleindustri och inom konsultföretag. Bland dessa minns vi från tidiga skeden på radioområdet kanske främst Dr Schultheiss, Siemens Tyskland, SO Öhrvik, SRA och Sid Topbol, Selenia Italien samt på signalerings- och växelområdet Anders Ahlberg, L M Ericsson.

Numera finns det allt fler pensionärer som med glädje och kanske visst vemod tänker tillbaka på tiden vid telekommunikationsbyrån och dess tidigare organisationsformer. Vi glömmer inte heller det fina samarbete vi hade med andra byråer och med våra många vänner på den militära sidan.

Till sist "Att jobba med telenät är en fascinerande uppgift"!

## Slutord

När man nu, med ett ca 50 årigt bakåtblickande perspektiv, ser på resultatet av utvecklings- och uppbyggnadsarbetet; nämligen det kompletta landstäckande telekommunikationsnätet som FTN idag är, så blir man imponerad. Man blir imponerad av den framsynthet som framgår av dokumentet "Plan -54". Det relativt lilla team som arbetade med denna plan hade en mycket hög teknisk kreativitet. De vågade pröva nya då oetablerade tekniker och arbetsmetoder. De är värda all beundran.

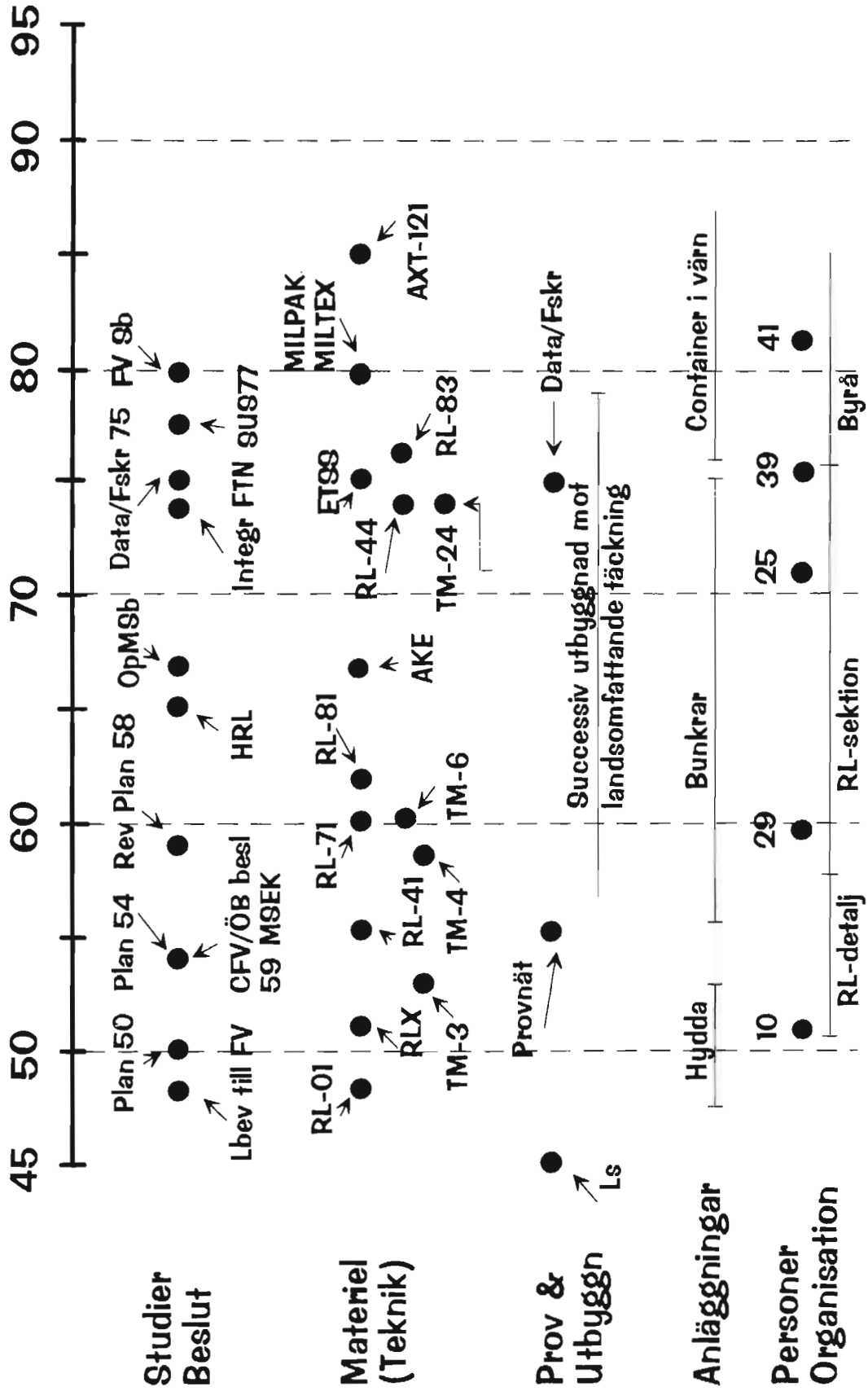
Det har under åren ibland påståtts att FTN, som innehåller i stort sett alla delar som ett allmänt publikt nät gör, skapats av ett "miniteleverk" med "mikroresurser". Detta påstående innehåller kanske en viss överdrift, men det kan konstateras att nätet under snart 50 år varit och fortfarande är den

väl fungerande sambandsryggraden för flygvapnets förbandsproduktion, incidentberedskap och krigsplanläggning.

Inför den för försvaret ekonomiskt och strukturellt föränderliga framtiden har även FTN:s framtid diskuterats. Man kan dock utan tvekan påstå att det, speciellt i en Försvarsmakt av liten omfattning, är nödvändigt att i kris och krig ha tillgång till ett väl fungerande sambandssystem. Detta medför att den kunskap och den kompetens som byggts upp runt FTN kommer att vara efterfrågad även i framtiden. Det pionjärbete som påbörjades under 50-talet kommer att vara till nytta för försvaret även under de kommande 50 åren.



# FFRL/FTN UTVECKLING



*Leverantörer av radiolänkar till FFRL under perioden 1950 – 1976*

RL-beteckning	Kapacitet kanaler	Leverantör	Anskaff- ningsår
RL-01	1	Motorola	1948
RLX-11	2	GEC	1951
RLX-12	3	Siemens	1951
RLX-13	6	STC	1951
RLX-51		Siemens	1951
RL-02	1	Motorola/Philips	1951
		Motorola/Standard Radio och Telefon	1952
RL-14	4 alt 24	Svenska Radio AB	1956
RL-21A	1	Svenska Radio AB	1961
RL-21B	4	Svenska Radio AB	1961
RL-21C	24	Svenska Radio AB	1961
RL-22	6	Telettra Italien	1966
RL-23A	1	Svenska Radio AB	1967
RL-23DE	1	Svenska Radio AB	1972
RL-24	6 alt 24	GTE Italien	1973
RL-41	60	Siemens Tyskland	1956 ←
RL-42A	24	Selenia Italien	1964
RL-42B	120	Selenia Italien	1964
RL-42C	300	Selenia Italien	1964
RL-43A	24	Lenkurt Canada	1969
RL-43B	120	Lenkurt Canada	1969
RL-43C	300	Lenkurt Canada	1969
RL-44	300	Telettra	1975
RL-45	30	Nera	1976
RL-46	60	Farinon	1976
RL-61	Radarbild	Decca	1951
RL-71	60	Westinghouse/Canada	1960
RL-72	300	Marconi Italien	1973
RL-81	300 alt 2 video	Selenia Italien	1961
RL-82	300 alt 2 video	Farinon USA	1970
RL-83	480	Farinon Canada	1976

*Leverantörer av multiplexutrustningar till FFRL 1950 – 1975*

<b>MUX-be- teckning</b>	<b>Kapacitet kanaler</b>	<b>Leverantör</b>	<b>Anskaff- ningsår</b>
TMX-11	5	GEC	1951
TM-1	16	Philips	1954
TM-2	Max 12	Pintch/Telefunken	1957
TM-3	Max 23	Siemens	1956
TM-4	Max 60	Siemens	1956
TM-6	Max 300	Ericsson	1961
TM-7	2-3 video	Ericsson	1963
TM-8	2 video	Raytheon	1962
TM-9	Bäringsmux	Raytheon	1962
TM-10	Datamux FÖ	Magnetic	1963
TM-11	Datamux FÖ	Magnetic	1966
TM-12	Max 24	Philips	1966
TM-13	Max 300	Standard Radio och Telefon	1966
TM-14	Bäringsmux	Standard Radio och Telefon	1968
TM-15	Max 60	Lenkurt Canada	1972
TM-16	Max 300	Ericsson	1969
TM-19	Datamux FÖ	Magnetic	1974
TM-20	Datamux FÖ	Magnetic	1974
TM-21	Datamux FÖ	Magnetic	1972
TM-22	Max 24	Philips	1973
TM-23	Max 300	Standard Radio och Telefon	1969
TM-24	Max 480	Telettra	1975

*Leverantörer av automatiska växlar till FFRL 1960 – 1975*

<b>Beteckning</b>	<b>Kapacitet</b>	<b>Leverantör</b>	<b>Anskaffningsår</b>
AKE-129	Max 400	Ericsson	1966
ETSS	Max 360	GTE USA	1975

***Lista över använda förkortningar***

ATN	=	Allmänna Telefonnätet
ATN-F	=	Allmänna Telefonnätet Fjärrnätssdel
BF	=	Bärfrekvens
CFV	=	Chefen för Flygvapnet
CVA	=	Centrala Verkstaden i Arboga
CVM	=	Centrala Verkstaden i Malmslätt
CVV	=	Centrala Verkstaden i Västerås
CVÖ	=	Centrala Verkstaden i Östersund
DIDAS	=	Driftdatasystem
ELB	=	Elektroavdelningen Luftbevakningsbyrån
ELT	=	Elektroavdelningen Telebyrå
EMP	=	Elektroagnetisk Puls
ESYM	=	Ekonomisystem Marktele
FATU	=	Försvarets Teleunderhållsutredning
FDM	=	Frekvensdelningsmultiplex
FFRL	=	Försvarets Fasta Radiolänknät
FFV	=	Försvarets Fabriksverk
FGS	=	Försvarets Gemensamma Samband
fm	=	Frekvensmodulering
FMV-A	=	Försvarets Materielverk, Huvudavdelning Armémateriel
FMV-F	=	Försvarets Materielverk, Huvudavdelning Flygmateriel
FortF	=	Fortifikationsförvaltningen
FRA	=	Försvarets Radioanstalt
Fst	=	Försvarsstaben
FTN	=	Försvarets Telenät
FUN	=	Förbindelse-, Uppkopplings- och Nätregistrering
FV	=	Flygvapnet
HKV	=	Högkvarteret
HRL	=	Högre Regional Ledning
jc	=	Jakt-/stridsledningscentraler
KFF	=	Kungliga Flygförvaltningen
KKV	=	Kungliga Krigsmaterielverket
LB	=	Lokalbatteri
lbv	=	Luftbevakning
Lbo	=	Luftbevakningsområde
lc	=	Luftbevakningscentral
Lfc	=	Luftförsvarscentral
LFK	=	Luftförsvarskommittén
Lgc	=	Luftförsvarsgruppcentral
Li	=	Luftbevakningsinspektionen
ls	=	Luftbevakningsstation

MB	=	Militärbefälhavare
MFC	=	Meddelandeförmedlingscentral
MILPAK	=	Militär Paketförmedling
MILTEX	=	Militär textöverföring
MT	=	Manuella Telenätet
OpM/Sb	=	Operativ Målsättning Samband
PMS	=	Programminnesstyrd
PPI	=	Planpolär Indikator
RTV	=	Regionala Televerkstäder
SoS	=	Spanings- och Stridsledning i luftförsvaret
SRV	=	Statens Räddningsverk
SSO	=	Stationssignalomformare
STRIL	=	Stridslednings- och Luftbevakningssystem
SUS 77	=	Luftförsvarsstudien 77
V66	=	Verkstadsutredningen 1966
ÖB	=	Överbefälhavaren
ÖCB	=	Överstyrelsen för Civil Beredskap

**Referenser**

<b>Nr Dokumentnamn</b>	<b>Beteckning</b>
1. Prel program för anskaffning av länkradio- utrustning för flygvapnet	Lbv/HF/lan 500418
2. Signalbrusförhållande och förbindelsesäkerhet för talförbindelser i radiolänknätet Norm	KFF RI-sekt, CELB 41, Länk 86, 58 02 12
3. Beskrivning av luftförsvarets trådnät	Flygvapnet -59
4. Orientering	KFF RI-sekt. Länk 128, aug -59
5. FTN uppbyggnad, Kompendium Försvarets Telenät	Försvarets Bok- och blankettförråd M7730-400410
6. Automatic Telephone Exchanges for The Royal Swedish Air Force Board. Technical specific.	FMV ELT 2448 65 11 24
7. Förbindelseregistrering för försvarets fasta radkolänknät Systembeskrivning	FMV Flygmaterieförvaltningen telebyråns radio- länksektion. Rev maj -72 .
8. Anvisningar för manöversignalering på av FMV-F anordnade telefonförbindelser. Instruktion	Försvaret Bok- och blankettförråd M7788-400010
9. Transmissionstekniska riktlinjer för krigs- maktens telefonförbindelser	Försvarets Bok- och blankettförråd



Utgiven av Försvarets materielverk, Elektronisksystemavdelningen  
Grafisk utformning: Enator Försvarsmedia AB