JA 37: Pilot och system

Transkript av ett vittnesseminarium vid Tekniska museet i Stockholm den 11 december 2007

—

Johan Gribbe (red.)

Stockholm 2008

Avdelningen för teknik- och vetenskapshistoria
Skolan för arkitektur och samhällsbyggnad
Kungl. Tekniska högskolan
100 44 Stockholm

Working Papers from the Division of History of Science and Technology
TRITA/HST 2008/1
Redaktör: Helena Törnkvist
ISSN 1103-5277
ISRN KTH/HST/WP 2008/1-SE
ISBN 978-91-7178-877-1

Omslagsbilderna visar seminariets deltagare. Överst från vänster: Bengt Sjöberg, Lennart Alfredsson, Kim Bengtsson, Ulf Frieberg, Gunnar Lindqvist, Ingvar Sundström, Leif Åström, Ingemar M. Olsson, Dag Folkesson och Karl Johan Åström. Nederst till vänster: Gunnar Lindqvist och Ingvar Sundström. Nederst till höger: Bengt Sjöberg och Lennart Alfredsson.

Fotograf: Anna Gerdén

Tryck: Universitetsservice US-AB, Stockholm 2008

Abstract

The witness seminar ”JA 37 – Pilot och system” was held at the National Museum of Science and Technology in Stockholm on 11 December 2007 and was led by professor Karl Johan Åström. Different aspects of the use of Information Technology in the development of real time control systems in the fighter version of Viggen (JA 37) were discussed and debated, with special emphasis on integration of the systems surrounding the pilot. The critical importance of close cooperation between development engineers and test pilots, primarily at the customer FMV and the main contractor Saab, at LM Ericsson and Svenska Radiobolaget, and test pilots at Saab and the Swedish Air Force was underlined. This also included the emerging use of mission and task analysis, system simulators and early flying experimentation and test beds. The basic arcitechture of the airborne system with a central computer to which most of the major sub-systems and equipment was connected was carried over from the Attack Viggen System (AJ 37) with its single digital computer. The total system functionality and capability was vastly improved due to the introduction of digital computers in all major subsystems, an inertial platform, built-in test and data recording systems for maintenance, mission performance feedback and training purposes. A major undertaking was the development of an integrated Electronic Display System with three major displays: a Head-up Display (SI), a Tactical Situation Display (TI), including an all electronically generated map function, and a Radar/Target Display (MI). In particular the development of the Tactical Indicator (TI), made possible by new solid state technology, facilitated more autonomous fighter tactics than possible with previous radar based command and control system. The all important challenge for the JA 37 project was the development of the pulse dopper radar PS-46/A, a task carried out by LM Ericsson with support from Hughes Aircraft Company and guidance from FMV. Special attention was paid to the use of digital computers for high-speed signals processing. Moreover, the critical design choice of medium pulse repetition frequency was debated. Finally, software development tools and methodology were discussed.

Förord

Vittnesseminariet ”JA 37 – Pilot och system” ägde rum vid Tekniska museet i Stockholm den 11 december 2007, arrangerat inom ramen för dokumentationsprojektet ”Från matematikmaskin till IT” som är ett samarbete mellan Avdelningen för teknik- och vetenskapshistoria vid KTH, Dataföreningen i Sverige och Tekniska museet. Det spelades in med ljud och bild och transkriberades av Annette Wretman Eklenius. I samråd med seminariedeltagarna har Johan Gribbe vid Avdelningen för teknik och vetenskapshistoria vid KTH redigerat transkriptet. De redaktionella ingreppen har varit varsamma och har skett i syfte att öka tydlighet och läsbarhet. Vissa strykningar har gjorts. Dessutom har enstaka meningar och bisatser lagts till efter förslag från seminariedeltagarna i det fall där det varit nödvändigt för att göra resonemang och tankegångar fullständiga. Ingemar Carlsson har faktagranskat manuskriptet och bidragit med fotnoter. Eventuella kvarvarande fel är redaktörens ansvar. Originalinspelningen finns tillgänglig på Tekniska museet i Stockholm. Dokumentationsprojektet är finansierat med bidrag från Riksbankens Jubileumsfond och Stiftelsen Marcus och Amalia Wallenbergs minnesfond.

Deltagare: Karl Johan Åström (ordf.), Lennart Alfredsson, Kim Bengtsson, Dag Folkesson, Ulf Frieberg, Gunnar Lindqvist, Ingemar M. Olsson, Ingvar Sundström, Bengt Sjöberg, Leif Åström.

Övriga närvarande vid seminariet: Tomas Ahlberg, Jonas Andersson, Axel Axelsson, Nils Bruzelius, Erik Böttcher, Ingemar Carlsson, Dan Degerman, Ulf Edlund, Gösta Elg, Jerk Fehling, Bengt Fredricson, Johan Gribbe, Johan Hallén, Henrik Holmedal, Anders Kågström, Per Lundgren, Knut Modig, Jan-Allan Mårtensson, Jörgen Nilsson, Mikael Nilsson, Nils-Erik Nilsson, Per Nilsson, Stig Å. Nilsson, Hasse Olofsson, Göran Tode, Bertil Wennerholm, Christina Winblad.

JA 37 – Pilot och system

Karl Johan Åström:[1] Idag skall vi prata om ett IT-system som är väldigt speciellt, ett exempel på ett så kallat inbyggt system. Många dataloger säger att kanske redan om två, tre år så kommer 90–95 procent av all kod som skrivs att skrivas för inbyggda system. Det vi pratar om idag är något som kommer att penetrera hela datatekniken framöver. Samtidigt är det ett system med mycket extrema prestanda, för ytterst gäller det säkerheten för ett land, det är ett system som är utomordentligt kritiskt att det fungerar. Det är också system där datorer är inkopplade med många olika sensorer, och inte minst är det en människa-maskininteraktion i det här som är väldigt viktigt. För det är ju trots allt piloten som flyger flygplanet.

Det finns här alltså en väldigt intressant koppling av väldigt många olika tekniker. För flera av de här givarna vi ska prata om idag har det haft en stor inverkan att man har kunnat bygga in datorer tillsammans med givarna. Så det är alltså ett väldigt intressant och i hög grad intressant område som vi ska prata om idag. Jag tänkte att vi skulle ta upp en del teman. Först ska vi ge lite bakgrund och sedan tänkte jag att vi skulle prata om systemet. Vi ska prata om människa-maskinsystem. Därefter ska vi prata om radar som är en väldigt kritisk komponent och vi ska prata om utvecklingsmetodik och hjälpsystem. Sedan ska vi ta upp projektledning och lite annat om vi har tid till det. Det kommer att vara en paus när vi kommit halvvägs, och om det är någon bland åhörarna som har något ni gärna vill säga kan ni kontakta mig då. Och med det vill jag lämna över ordet till Gunnar Lindqvist som ska ge er lite bakgrund till systemet. Gunnar.

Gunnar Lindqvist:[2] Tack. Försvaret utvecklades väldigt starkt under 1950- och 60-talen och även in på 70-talet. Men samtidigt ökade naturligtvis hotet från luftburna främmande stridskrafter. Och det var inte bara flygplanen som utvecklades starkt utan också olika stridsrobotar – jaktrobotar och luftvärnsrobotar. I början av 1960-talet tillfördes flygvapnet J 35 Draken,[3] som var vårt första riktiga överljudsflygplan. Och den förseddes med jaktrobotar, både IR- och radarjaktrobotar. Ungefär samtidigt introducerade man två stora luftvärnsrobotsystem. Det var Robot 67 Hawk,[4] en amerikansk, och Robot 68 Bloodhound[5] från Storbritannien.

---

[1] Karl Johan Åström, f. 1934, reglerteoretiker och teknikforskare, professor i reglerteknik vid Lunds tekniska högskola. Efter doktorsexamen från KTH i Stockholm 1960 var han i några år verksam vid IBM Nordiska laboratorier. 1965 blev Åström professor i reglerteori vid Lunds tekniska högskola där han byggde upp en forskningsmiljö som med tiden kom att tillhöra de ledande i världen.

[2] Gunnar Lindqvist, f. 1926, svensk flygmilitär och flygingenjör, generamajor och chef för FMV huvudavdelning för flygmateriel 1980–89. Efter flygutbildning 1947–49 anställdes Lindqvist som ingenjör vid LM Ericsson och tog 1953 civilingenjörsexamen i flygteknik från KTH i Stockholm. Därefter rekryterades Lindqvist 1953 till flygförvaltningen där han snabbt fick flera viktiga uppdrag, projektledare för J 35 F (1959–65), tekniskt ansvarig för flygplan 37 (1965–68), chef för flygplansavdelningen och projektledare för flygplan 37 (1968–80). Sedan pensioneringen 1989 har Lindqvist varit verksam inom eget konsultbolag och innehar flera styrelseuppdrag.

[3] Flygplan 35 Draken, svenskt jakt- och spaningsplan utvecklat av Saab under 1950-talet. Draken var det svenska flygvapnets första överljudsplan, med en toppfart över Mach 2, och hade i förhållande till tidigare generationer jaktplan mycket goda fart- och stigprestanda. Dessutom var det som första svenska jaktplan beväpnat med jaktrobotar, de amerikanska Sidewinder och Falcon, den senare licenstillverkad i Sverige med Saab som huvudleverantör. Draken leverades till det svenska flygvapnet 1959–72 och kvarstod i tjänst till 1999. Under 1960-talet vidareutvecklades flygplanet i flera versioner med bland annat kraftfullare motorer, förbättrad beväpning, radar och siktesutrustning. Sammanlagt tillverkades 615 flygplan varav de flesta levererades till det svenska flygvapnet, men flygplanet användes dessutom av Danmark, Finland och Österrike.

[4] Hawk, amerikanskt luftvärnsrobotsystem utvecklat under 1950-talet, avsett för bekämpning av flygplan på medelstora avstånd. Systemet var rörligt vilket innebar att batterierna kunde följa med och skydda arméförband på nära håll. Introducerades i den amerikanska armén 1959 och var kvar i tjänst till 1994 då det ersattes av Patriot. Den svenska armén skaffade in systemet 1961 och använde det huvudsakligen för att skydda pansarförband i södra Sverige.

[5] Bloodhound, brittisk luftvärnsrobotsystem utvecklat under 1950-talet. Bloodhound, som hade en räckvidd på 85 kilometer, var avsett för att bekämpa snabba bombplan på stora höjder och hade en nyckelroll i det brittiska luftför-

Man diskuterade vid den här tiden väldigt mycket vem som skulle svara för luftförsvaret, om det var armén eller flygvapnet och hur man skulle fördela gracerna mellan dem, hur mycket den ena försvarsgrenen skulle ha i förhållande till den andra. 1967 tillsatte man en stor luftförsvarsutredning, LFU 67, för att reda ut de här bekymren. Den kom 1970 fram med ett betänkande som i stort utmynnade i att luftförsvarsrobotarna huvudsakligen skulle användas som skydd av arméförband, stridsfartyg och vissa punktmål. Undantaget var Robot 67 Hawk som även skulle försvara vissa delar av vårt territorium. Jaktflyget däremot skulle svara för det territoriella luftförsvaret.

Konkret innebar det att man förstärkte stridsledningen för jaktflyget och att man började med utvecklingen av den här Jaktviggen som vi talar om, JA 37.[6] Man tog fram en mörkerversion av Robot 70,[7] en närstridsrobot, och införde zonrör på automatkanonernas 40 mm ammunition. Och den här indelningen och ansvarsfördelningen håller faktiskt än idag. Det var alltså mycket framsynta resultat som utredningen kom fram till, vilket det inte är alla utredningar som gör. Men det senare kan ni glömma att jag sade.

Under 1950-talet var det största hotet från luften högtflygande överljudsbombflygplan. Men så småningom fick man klart för sig att även lågtflygande attackflygplan skulle vara effektiva som anfallsmedel. Då försköts hotet ner mot lägre höjder. Och 35-systemet, som hade en vanlig pulsradar, hade då svårigheter att upptäcka målen. Samtidigt hade radarjaktroboten en vanlig pulsradar-målföljare, varför man fick stora problem med markekon. Med vissa trick kunde man ändå vara ganska bra på att anfalla flygplan på låg höjd, men det var inget idealiskt system för 1970-talet och framåt.

I 1960-talets början introducerade man flygplan 37 som skulle bli ett enhetsflygplan. Det skulle alltså ha alla funktioner, precis som JAS 39 Gripen[8] har och egentligen också 35:an hade, fast i olika versioner av en grundversion. Av olika skäl, kanske främst på grund av att man hade F-versionen av Draken och försett den med bra robotar, blev attackuppgiften dominerande till en början. Och det var lite olyckligt, för det som ställer mest krav på ett stridsflygplan är faktiskt jaktuppgiften. Detta innebar att stora modifieringar måste göras på attackversionen AJ 37, för att överföra den till jaktversionen JA 37. Man var tvungen att ha ett helt annat målinmätningssystem med dopplerradar, man behövde öka flygplanets manöverförmåga och man måste introducera nya vapen, som när det gällde radarjaktrobot också byggde på dopplerradar. Och dessutom modifieringar eller moderniseringar av övriga utrustningar. Det blev mer komplicerat och ovanpå detta måste man dessutom öka tillförlitligheten hos flygplanet.

Av de här ändringarna innebar många utnyttjande av digitalteknik, först och främst målinmätningssystemet. Men även andra system i flygplanet ända ner till att man hade ett digitalt styrsystem för motorn. Detta var möjligt dels på grund av framsynt forskning inom en del av nyckelområdena inom elektroniken, dels naturligtvis på kunskapen inom vår flygindustri. Kanske också genom ett bra samarbete mellan kunden, FMV, och utländska myndigheter och leverantörer. Detta resulterade i ett flygplan som man kunde använda med delvis ny taktik och mer autonomt uppträdande, under en tid Europas bästa jaktplan.

Karl Johan Åström: Är det någon av er som vill komma med en snabb kommentar? Vi har två piloter med oss – ni kanske vill komma med en kvick kommentar om det som alltså var Europas bästa jaktplan? Vad säger du, Leif?

---

svaret under 1960-talet. Det svenska flygvapnet fick 1958 låna ett batteri Bloodhound I för utvärdering och test och skaffade 1961 in den uppgraderade versionen Bloodhound II. Kvarstod i tjänst till 1968 då systemet avvecklades.

[6] Flygplan 37 Viggen, svenskt stridsplan för attack, spaning och jakt, utvecklat under 1960- och 70-talen. Viggen, som finns i ett antal olika versioner, var i aktiv tjänst i det svenska flygvapnet från 1971 till 2005. Detta vittnesseminarium behandlar utvecklingen av jaktversionen, JA 37, som inleddes i slutet av 1960-talet. Det politiska spelet i samband med utvecklingen av Viggen finns skildrat i Ingemar Dörfer, *System 37 Viggen: Arms, Technology and the Domestication of Glory* (Oslo, 1973). Se även Sven Stridsberg, *Viggen* (Malmö, 2003).

[7] Robot 70, svenskt luftvärnsrobotsystem med kort räckvidd, utvecklat av Bofors och Ericsson under 1970-talet.

[8] JAS 39 Gripen, svenskt enhetsstridsplan för jakt, attack och spaning, utvecklat under 1980- och 90-talen. I aktiv tjänst i det svenska flygvapnet sedan 1996. Se Gunnar Lindqvist och Bo Widfeldt, *JAS 39 Gripen* (Nässjö, 2003).

Leif Åström:[9] Ja, tveklöst. Det håller jag med om. Och det var väldigt mycket tack vare den enorma systembalansen i flygvapnet, som du pekar på. Det gjorde att man hade en bredd. Ja, jag skriver under på det påståendet. Och jag har hört andra, från andra sidan Atlanten, som också har uttryckt sig på det viset.

Karl Johan Åström: Skojigt. Kan du elaborera det lite grann, det där från andra sidan Atlanten?

Leif Åström: Nej, det kan jag inte.

Karl Johan Åström: Vill Ulf säga någonting?

Ulf Frieberg:[10] Ja, men inte på den här punkten utan på nästa.

Karl Johan Åström: Okay, jättebra. Nej, men då får vi tacka dig för den här översikten som du har givit. Sedan tycker jag att vi ger oss in på att prata om själva systemet. Jag tänkte att Bengt skulle börja med att ge en liten översikt han också. Bengt Sjöberg.

Bengt Sjöberg:[11] Ja, jag ska försöka prata lite fritt ur hjärtat om avioniksystemet i flygplanen. Det är svårt att helt gå förbi arvet från AJ 37. För det var ändå i början av 1960-talet som vi bröt isen med att införa datorteknik i ett flygplan. Och det var en tid av storm och vånda, får man säga. Isen var väldigt tjock på vissa ställen, speciellt bland flygplanskonstruktörerna nere på Saab. De hade en grundmurad misstro mot elektronik. Jag tror att de hade haft några tråkiga erfarenheter längre tillbaka i tiden med flygplan som hade havererat just på grund av dålig tillförlitlighet hos elektroniska grejer. Och en dator, det var någonting i hästväg, det verkade synnerligen farligt och otrevligt.

Men vi hade en del entusiaster som förstod sig på teknikutvecklingen. Det fanns någon transistoriserad maskin, SANK,[12] som man hade förberett sig med i slutet av 1950-talet och som vi

---

[9] Leif Åström, f. 1949, stridsflygare. Efter officersexamen 1971 tjänstgjorde Åström vid F 6 i Karlsborg, först som ställföreträdande divisionschef 1972–80 och sedan med ett kortare avbrott som divisionschef 1980–93. Initierade 1987 modifieringen av Viggen till ”multirole”-flygplanet AJS 37, och var 1988–93 chef för taktikutvecklingsenheten vid F 6 med ansvar för taktik- och systemutveckling. Som ett led i detta arbete ledde han utvecklingen av lednings-, planerings- och utvärderingsverktyget FASA. Efter olika andra befattningar var Åström 2001–04 chef för Flygvapnets luftstridssimuleringscentrum vid FOI. Sedan 2004 är han verksam verksam som oberoende konsult med uppdrag för bland annat Saab och FOI. Åström har stor flygerfarenhet av framförallt A 32 Lansen och AJS/JA 37 Viggen, men har även flugit ett stort antal andra utländska och svenska stridsplan.

[10] Ulf Frieberg, f. 1932, provflygare. Efter officersexamen anställdes han 1958 som provflygare på Saab för att avsluta utprovningen av Lansen. Frieberg blev därefter provflygare för elektroniksystemen i AJ 37 Viggen och sedan ansvarig projektprovflygare för JA 37. I den egenskapen genomförde han den 15 december 1975 den första provflygningen med prototypen JA 37-8. Lämnade projektet 1979 för att under ett drygt år arbeta vid Boeing i Seattle, USA, och blev vid återkomsten till Sverige flygsäkerhetschef vid Saab där han blev kvar till pensioneringen 1992.

[11] Bengt Sjöberg, f. 1930, flygingenjör. Efter civilingenjörsexamen i teknisk fysik från KTH 1954 anställdes Sjöberg vid flygförvaltningens robotbyrå med placering vid matematikmaskinnämnden. Reste 1957 till USA där han arbetade med forskning och utveckling vid en elektronikavdelning vid Avco i Boston samtidigt som han läste kurser vid MIT. 1960 rekryterades Sjöberg till Saab för att arbeta med siktesfunktionerna i J 35 F men blev snart inblandad i utvecklingen av elektroniksystemen i AJ 37. Sjöberg utarbetade förslag och riktlinjer för elektroniksystemet med en central dator, CK 37, och ledde sedan utvecklingen av de datoriserade funktionerna, inklusive manövrering och presentation i kabinen. 1969 övergick Sjöberg till projektstudier för JA 37 och ledde sedan under 1970-talet utvecklingen av elektroniksystemfunktionerna i flygplanet, med utvecklingen av programvaran i den centrala datorn som en viktig uppgift. Under 1980- och 90-talen ledde han sedan motsvarande funktionsutveckling för de centrala, taktiska funktionerna i JAS 39 Gripen, inklusive man-maskinfunktionerna och systemintegrationen runt föraren. Efter pensioneringen 1995 har Sjöberg tilldelats flera utmärkelser för sitt arbete med utvecklingen av elektroniksystem i svenska stridsplan, bland annat IVA:s guldmedalj 1999.

[12] SANK, förkortning av Saabs Automatiska NavigeringsKalkylator, transistoriserad digital dator ursprungligen avsedd för styrning av Robot 330. SANK utvecklades vid Saab under ledning av Viggo Wentzel och stod färdig 1960.

mötte då i början, när jag 1960 kom till Saab. Den fick plats på ett bord i alla fall, inte som BESK som tog ett helt rum i anspråk. Och det fanns väl lite grundtankar då, men den gick ju fortfarande inte att stoppa in i ett flygplan. Men sedan kom utvecklingen av integrerade kretsar. Viggo Wentzel[13] och Bengt Jiewertz[14] på Saab hängde på låset och reste omkring i USA och plockade komponenterna direkt ur labben. Man började se gryningens ljus vad det gällde att kunna packa ihop en något så när kraftfull generell kalkylator, som man sade på den tiden, och få in den i ett flygplan.

Och vi hjälpte till på olika kanter. Jag höll på att tänka igenom hur man skulle använda en sådan pjäs på lämpligt sätt och skrev ihop något om detta. Jag pratade mycket med Olle Holme och Nils-Erik Iwar om uppdragsplaneringar och vad man behöver i ett flygplan.[15] Allmänt trodde man först att det mest gällde navigering och lite siktning kanske, för man hade hållit på med sikten. Men vi nosade upp en lång rad funktioner som vi tyckte verkade viktiga och väsentliga, i synnerhet i ett ensitsigt flygplan där man skulle bli av med navigatören. Och jag skrev ihop något där. Min chef satte ”B Sjöberg” på baksidan av A4-pärmen och chefen för flygplanskonstruktionen, som försökte förstå vad det stod där, han döpte det snabbt till ”Fridas visor”.

Det var olika åsikter om hur det här var möjligt att införa. NSK hette vår prototyp ett tag, det stod för ”numerisk sikteskalkylator”, tyckte många. Men jag tyckte att det var bättre att kalla den ”numerisk stridskalkylator”. Sedan blev den så småningom CK 37.[16] Och vi hade fullt sjå med att få in en enda generell dator i systemet. Det fanns vissa åsikter, särskilt på flygelektrobyrån[17] om jag minns rätt, att man skulle kunna ha två datorer – en för navigering, för flygelektrobyrån, och en för sikte och vapen till vapenbyrån – men det försökte jag motarbeta så mycket jag orkade.

För tekniken hade nämligen en stor svaghet, och det var in- och ut-systemen. Analog-digitalomvandling, det var ny mark och man fick konstruera från grunden. Vi tyckte att om man väl hade fått in signalerna i datorn fanns utmärkta kommunikationsmöjligheter där inne mellan olika funktioner. Däremot var det ett stort problem att ta sig in och ut. Och jag minns att när Dag Folkesson lyckades samköra en analog simulator nere hos oss med den här SANK-datorn var det stort. Vi visste inte om någon i världen hade gjort den här typen av samkörningar i realtid, men åtminstone i Europa tror jag inte att det fanns något. Men det lyckades och vi började tro på det, bara för att antyda hur trevande allting var. Allt var nytt.

Efter att robotprojektet lagts ned gjordes försök att sälja datorn till den civila marknaden med beteckningen D2. Datorn gick aldrig i produktion men blev grunden i Saabs datorsatsning under 1960- och 70-talen, både för de civila stordatorerna och de flygburna datorerna, bland annat CK 37.

[13] Viggo Wentzel, f. 1924, datoringenjör, teknologie licentiat i elektroteknik 1954. Anställdes 1957 vid Saab och blev sedermera utvecklingschef för D2 och D21.

[14] Bengt Jiewertz, f. 1925–2007, datoringenjör, teknologie licentiat i elektroteknik. Efter civilingenjörsexamen i elektroteknik från Chalmers 1948 blev Jiewertz forskningsassistent på Olof Rydbecks elektronikinstitution och deltog bland annat i uppbyggnaden av Råö-observatoriet. Han lämnade Chalmers som teknologie licentiat och anställdes 1955 på Saab i Linköping där han började arbeta med att sätta upp SEDA (Saabs elektroniska differentialanalysator), som var början till Saabs simulatorcentral. Han deltog i konstruktion och utprovning av försöksdatorn D2. Jiewertz blev 1959 ansvarig för utvecklingen av det som senare blev CK 37, landets första flygburna dator, och kvarstod som projektledare till 1969. Han var senare bland annat projektledare för Datasaabs uppdatering och licenstillverkning av den amerikanska datorn SKC 2000 som valdes till central dator (CD 107) i JA 37 samt ledde Datasaabs deltagande i den inledande utvecklingfasen i det industrigemensamma SDS80-projektet som tog fram en svensk standarddator för JAS 39. Jiewertz pensionerades 1990 men fortsatte med olika uppdrag för Ericsson som tagit över Datasaabs verksamhet.

[15] Olle Holme och Nils-Erik Iwar arbetade sedan 1950-talet med flygtekniska operationsanalytiska studier av flyguppdrag vid Saab. I början av 1970-talet tillkom Torbjörn Alm i gruppen.

[16] CK 37, förkortning av Central Kalkylator 37, flygburen elektronisk dator utvecklad i början av 1960-talet för AJ 37. Se Tord Jöran Hallberg (red.), *Tema flyg: Flygets datorpionjärer* (Linköping, 1995).

[17] Flygelektrobyrån, enhet vid flygförvaltningen som ansvarade för olika flygburna utrustningar och system (mekaniska, elektromekaniska, elektriska, elektroniska) och med dem nära förbundna marksystem. Byrån hade närmast sitt ursprung i navigeringssektionen vid elektroavdelningen, som ombildades till flygelektrobyrån 1954 och som 1964 överfördes till flygplanavdelningen. Senare tillkom centrala datorer, motmedel och telekrigföring i flygplan samt målinmätningssystem med flygburen radar och IR-utrustning. I mitten av 1980-talet hanterades i stort sett all elektronik i flygplan av flygelektrobyrån vid FMV.

Senare kom det som blev CK 37 med integrerade kretsar. Saab var världens största kund hos tillverkarna i USA under åren när CK 37 växte fram. Att det var en central dator, det var inte bara en apparatfråga utan också en filosofisk fråga. I och med att vi fick in så mycket information i en central enhet, som kunde skötas med programvara, fick man ett fast grepp om hela avioniksystemets viktigare funktioner.[18] Det växte fram en personalresurs i samma korridor där man, med bara några stegs kommunikationsavstånd, hade total kontroll på hela utvecklingen av systemen. Och det kom ju inte minst att bli viktigt framöver. Detta med en central dator ärvde vi liksom från AJ 37 till JA 37.

De som vill kan titta lite i de här utdelade bilderna. Jag börjar få dåligt minne och måste kika lite i bilden först.

Karl Johan Åström: Det är bilden på papperet som du talar om?

Bengt Sjöberg: Ja, det är ett litet blockschema med avioniksystemet som det såg ut när projektet drog igång [se bild 1 i appendix]. I mitten av bilden ser man en ganska stor central dator. Det beror inte på dess fysiska storlek utan på dess sammanhållande funktion i hela avioniksystemet. Och de centrala datorerna, i både AJ och JA, kom att fyllas med väldigt mycket av vad man kan kalla förarstödfunktioner. Samarbetet med föraren gick från instorheter via datorn och ut till presentation, från förarens manöverdon och ut till de presentationer som fanns ute i systemet. Trafiken samordnades. En sak som vi lärde oss på AJ 37 var vilken förvånande mängd logiska operationer som växte fram. Vi gjorde om operationslistan i CK 37 ett antal gånger på 60-talet. Utvecklingen gick via NSK 1, NSK 2, NSK 3, NSK 3B och så småningom fram till CK 37.

Detta växte fram under våldsamma men vänskapliga gräl mellan oss och datorkonstruktörerna. En detalj var att vi upptäckte den enorma betydelsen och belastningen av logiska operationer, modval, modstyrningar. Detta byggdes in i datorn som blev duktig på att klara logik med små minnesvolymer. Och denna centrala dator var förarens partner, man kan tänka sig förarens hjärna parallellt med den centrala datorn. Tittar vi i den lilla schemafiguren ser man en del dubbelritade konturer, det är den utökade datoranvändningen i JA 37. Inte bara den centrala datorn som vi i princip behöll utan exempelvis styrautomaten, som blev den första operativa digitala styrautomaten i världen till ett stridsplan. Styrautomaten var resultatet av ett samarbete mellan Saab och Honeywell.[19] Det var ett mekaniskt-hydrauliskt grundstyrsystem, lite av arvet från AJ 37, och ovanpå det en styrautomat som ingriper med tilläggssignaler på olika sätt. Sedan ser vi att luftdatan blev datoriserad, en stor vinst, för i synnerhet när man åker in och ut genom ljudvallen blir det en massa trassel. Man var trött på gamla mekaniska kamskivor och annat elände i de gamla luftdataapparaterna, här kunde man programmässigt göra bättre funktioner. Sedan ser vi lite andra sensorer och lite gamla mekaniska instrument i kabinen.

Dessutom kom en datoriserad eller digital tröghetsnavigeringsenhet[20] att föras in i JA 37, en välgärning som mycket berodde på att folket på flygelektrobyrån var på hugget. Man tyckte nere på Saab, att här gäller det att spara pengar, vi hade klarat oss bra i 35:orna med de gamla plattformarna. Men det här var ett stort lyft i kvalitet. Vi hade lyckats göra ett ”pseudoinertial”-system i AJ 37 genom datormässiga programvaror, filtreringar, komplementära filter och sådant. Och detta passade väldigt bra att överföra till den ökade kvaliteten när man fick en riktig plattform för tröghetsnavigeringen. Den kom att betyda mycket, både för positionsuppföljningen i jaktuppdragen och för detaljkvaliteten, den dynamiska kvaliteten på alla storheter i presentationen. Speciellt

[18] Avionik, förkortning av engelska ”Aviation Electronics”, vanlig benämning på flygelektronik.

[19] Honeywell, amerikanskt företag som bland annat utvecklade och tillverkade elektroniska styrsystem för flygplan och robotvapen.

[20] Tröghetsnavigering (TN), navigeringsmetod som bygger på noggranna mätningar av en farkosts acceleration med gyron, uppgifter som matematiskt omvandlas till position i flera dimensioner. Metoden är helt oberoende av yttre information och okänslig för störsändning vilket gör tröghetsnavigering användbar för militära ändamål, främst utnyttjad i ubåtar, robotvapen och stridsplan.

siktlinjesindikatorn[21] var extra känslig genom att symbolerna, exempelvis horisontlinjen, skulle vara stabila ut mot omvärlden.

Sedan ser vi den elektroniska presentationen, den hette EP 12 om jag inte minns fel. Där var digitala lösningar i en presentationsgenerator och en ”Digital Interface Unit” som pratade med radarn.[22] Även radarn förde in datorer, vilket ni kanske kommer att få höra mer om strax. Och detta betydde oerhört mycket, både signalbehandling och allmän styrning av funktioner via programvara. Siktlinjesindikatorn ärvde man från AJ 37 och förbättrade. Det var trassel med synfälten, men Ulf Frieberg och andra inblandade bankade på så att man fick dubbla reflexglas vilket ökade synfältet och gjorde det behändigt. Sedan hade vi förstås en radarindikator. Gossarna i Mölndal och Kista snodde ihop ny teknologi med någon form av digital behandling av radarinformationen, vilket gjorde det väldigt enkelt och trevligt att överlagra symbolik på samma villkor som man visade radarekon och följda mål på radarindikatorn.

Centralt nere på bilden av förarkabinen, bakom styrspaken, ser man radarindikatorn [se bild 2 i appendix]. Tittar man sedan längre upp till höger ser man att det har kommit in en indikator till jämfört med AJ 37, och det är den taktiska indikatorn.[23] Och det var mycket gurgel omkring den. Flygelektrobyrån och SRA hade pratat ihop sig om att det var fullt möjligt att sätta in en indikator till på samma villkor som man hade målindikatorn, MI. Men man visste inte riktigt vad man skulle ha den till. Man hade börjat rita kurskransar, ungefär som en kursindikator. Försökscentralens[24] provflygare var väldigt skeptiska och undrade vad sjutton man skulle med den till: ”Ge oss en vanlig mekanisk kursindikator!”

Men vi hade en kille på Saab som tidigare hade varit radarjaktledare och kom dit till Nils-Erik Iwars gäng, Torbjörn Alm. Och han blev eld och lågor när vi började prata om den taktiska indikatorn som kartindikator: ”Vad sjutton, den här borde ju kunna användas i uppdraget på något bättre sätt och kunna visa lite mål och grejer.” Han började tända på idén och ville kombinera målbilden med någon form av enkel karta. Han var stridsledare och lyckades övertala stridsledningsfolket också. Vi började ta fram förslag. SRA började fundera på elektronisk kartgenerering och gjorde det som senare skulle bli en ELKA, som man kallade den förkortat. När det kom fram till beslut fick vi ett dokument från försökscentralens provflygare, som sade att de förbanne mig inte ville ha någon taktisk indikator, den skulle ut ur systemet. De ville ha en större mekanisk

---

[21] Siktlinjesindikator (SI), elektronisk-mekanisk-optisk anordning där en bild från ett litet men mycket ljusstarkt katodstrålerör via kollimerande optik och ett spegelarrangemang projiceras på en halvgenomskinlig spegel placerad i förarens siktlinje. Flygföraren kan därigen få information och styrsignaler av olika slag från elektroniksystemet presenterade överlagrade på omgivningen framför flygplanet. Under kritiska lägen som lågflygning, vapeninsats och landning kan föraren få nödvändig information utan att behöva titta ner på instrumentsbrädans indikatorer, vilket kraftigt ökar prestationsförmåga och säkerhet. Siktlinjesindikatorer (en: Head-up Display) togs i sin ursprungliga form fram i Storbritannien under 1960-talet. Viggen hade engelsktillverkade siktlinjesindikatorer av två konventionella typer, Elliot i AJ 37 och Smiths i JA 37, medan JAS 39 fick en på helt ny teknik, bland annat holografisk teknik, baserad siktlinjesindikator, utvecklad i samarbete mellan Ericsson, Hughes Aircraft Company och FMV. Den holografiska siktlinjesindikatorn i Gripen, den första i sitt slag, hade väsentligt förbättrat synfält, genomsikt och kontrastegenskaper.

[22] Digital Interface Unit (DIU), en första generationens utrustning, tillverkad av Hughes Aircraft Company (av amerikanska exportskäl under beteckningen Display Interface Unit) efter specifikation av SRA. Utrustningen genomförde helt baserad på halvledarteknik formatomvandlingen av radarinformationen från polära till rektangulära koordinater. Apparaten benämndes även ”scan converter”.

[23] Taktisk indikator (TI), elektronisk indikator, liknande en TV-monitor, som tillfördes presentationssystemet för att underlätta förarens hantering av uppdraget. Ursprungligen diskuterades ett navigerings- och kartpresentationsorgan i AJ 37, men med dåtidens otympliga optiska presentationsmekanismer, exempelvis ”back-projection” av kartor på katodstrålerör, befanns detta vara omöjligt. Genombrottet för halvledarminnen och mikroprocessorer omkring 1970 ändrade emellertid radikalt förutsättningarna att realisera taktiska indikatorfunktioner baserade på situationskartor i horisontalplanet, med geografiska kartor, data från navigeringssystem och stridsledningsinformation.

[24] Försökscentralen (FC), flygvapnets enhet i Malmslätt för utprovning av flygplan och flygmateriel. FC bildades 1933 med uppdrag att genomföra leveranskontroll av flygplan och expanderade i takt med flygvapnets expansion till en personalstyrka som under andra världskriget omfattade drygt femhundra personer. 1974 överfördes FC till FMV. En viktig del av uppdraget har alltid varit att medverka i utvecklingen av svenska stridsplan i nära samarbete med industrin.

kursindikator. Men nere på Saab tyckte vi enhälligt att det skulle vara ett stort framsteg att få in en taktisk indikator och även FMV var av den åsikten.

Beslutet blev att den taktiska indikatorn skulle in, vilket visade sig vara ett av de stora lyften i presentationen. Det berodde bland annat på att man dittills hade kört vad man kallade direkt stridsledning i 35:an, all ledning och styrorder räknades ut på marken och skickades upp via datalänkar. Detta öppnade väldiga möjligheter att göra vad vi kallade indirekt stridsledning, dels genom ett bra tröghetsnavigeringssystem, dels genom den här taktiska indikatorn. Men chefen för flygstaben, jag tror att det var den koleriske mannen Gösta Tullsson, han förbjöd oss att över huvud taget syssla med indirekt stridsledning.[25] Men det struntade vi i.

Tillsammans med stridsledningsfolket lade vi in alla datameddelanden, alla förutsättningar för det här, så att man alltså förde över målets datapositioner till flygplanet. Där uppe fick vi all frihet att själva beräkna inflygningar och styrorder och sådant. Detta kom att bli en viktig funktion i JA 37 och man glömde allt bråk. Men som kapitulation för provflygarna på försökscentralen fick vi lov att höja brädan ovanför den taktiska indikatorn, vilket man ser på bilden av förarkabinen. Vi fick göra en buckla till höger och ta av det som tidigare varit heligt, nämligen synfältet över nos vid landningar och lågflygningar, för att få in en tretums mekanisk kursindikator som liknade vad man haft i 35. För 35:an var helig för våra jaktförare på den tiden. Men den där kursindikatorn var inte nödvändig. Den taktiska indikatorn innehöll en betydligt bättre överblick, kartbild, mål, egna förbandsmedlemmar och så vidare. Jag har stött på jaktpiloter från flygvapnet som undrade om den här kursindikatorn, de hade knappt tittat på den. Av symmetriska skäl fick man göra en bula på vänster sida också. Sikten över nosen var plötsligt inte så viktig längre!

Ja, det var en lång parentes om den taktiska indikatorn. Man kan säga en sak till om det här. Kommunikationen in och ut i den centrala datorn, mellan alla datorförsedda delsystem, skedde punkt till punkt över seriebinära överföringslänkar. Och det var ett väldigt framsteg, för de var programmerbara i båda ändar. Man kunde flexibelt utveckla sig allteftersom kunskapen växte, det behövdes inte ändrade hårdvaror för det. Det som kvarstod av analoga grejer, det gick ofta in via anpassningsenheter, omvandlades till digital form och gick sedan in till den digitala datorn. Datakommunikationen med stridsledningen var förstås av digital typ. Digitala bandspelare var viktiga funktioner som SRA utvecklade i anslutning till presentationsgeneratorn, vilket kom att användas mycket för utbildning. Man kunde spela in alla symboler som visades och spela upp dem efter landning för förarna, det lärde de sig väldigt mycket av. Detta kom att utvecklas mer och mer i den fortsatta utvecklingen av JA 37. Andra bandspelare användes för underhåll och test.

I och med de här systemen med all sin datorkraft, kunde man inte längre peka på en enkel burk och säga att där ligger den och den funktionen, som man gjorde förr. Man kunde till exempel i en 35:a eller en 32:a peka på en burk och säga att där är siktet, där är bombfällningsapparaten, och där är den och den navigeringsapparaten. Här började det bli mer knepigt, för funktionerna alstrades ofta genom funktionskedjor från sensorerna, genom systemet och den centrala datorn, och ut till exempelvis presentation, eller till och från radarn. Vi kom att prata mycket om detta och delade in våra specifikationer och systembeskrivningar efter något som vi kallade systemfunktioner. Då hade vi förstås en del grundflygplansfunktioner från tidigare flygplanssystem, för motor, bränslesystem, elförsörjning, kylluft, hydraulik, räddningssystem och så vidare. Sedan tillkom genom avioniksystemet funktioner för primär navigering och uppdrag, tidhållning, bränsleuppföljning, samband med alla datalänkar. En del funktioner för stridsledning, igenkänning och målinmätning, genererades i samarbete mellan systemdatorn, radarn och presentationsgeneratorn. Inflygning och siktning var viktigt för alla vapen. För vapenleveransfunktionerna hade man vapenanpassningsenheter och programvara i den centrala datorn. Och sedan övervakning och test med registreringar och funktionsövervakningar och sådant.

Sedan fanns en stor grupp funktioner som vi brukade kalla presentation och manövrering. Där dolde sig kontrollen av alla systemens ”huvudmoder” underordnade ”funktionsmoder”, med

[25] Gösta Tullson var aldrig chef för flygstaben, utan ansvarig och sammanhållande för flygplanssystemen vid flygstaben.

logik i den centrala datorn. Sedan ingick framställning av styrsignaler för all symbolik som skulle röra sig på siktlinjesindikatorn, den taktiska indikatorn och målindikatorn. Man genererade symbolernas utseende ute i EP:s presentationsgeneratorer, medan styrsignalerna bestämde vilken ”mod” som skulle gälla för tillfället och var symbolerna skulle ligga någonstans och hur de skulle röra sig styrdes från den centrala datorn.

Sedan har vi systemfunktionsmatrisen [se bild 3 i appendix]. Det är för att visa integrationen i systemet med en bild. Vi har byggstenar i form av hårdvaror och programvaror, de är i det här avseendet likvärdiga. Det är exempelvis styrsystem, luftdata, tröghetsnavigeringsapparaten, systemdatorn och så vidare. Här dyker också respektive programvaror upp, liggande i olika datorer. Sedan har vi satt upp systemfunktionerna vertikalt. Och kryss för att påminna om att varje funktion använder alla de här hårdvarorna och programvarorna i olika system. Uppdragsfunktioner likaså. Alla systemfunktioner har den karaktären. Och den som var ansvarig för en viss systemfunktion, han var skyldig att dels kunna systemdatorns roll och programvaran i den, men också all samverkan över hela kedjan från källan och ut till resultatet.

Sedan var föraren inblandad. Presentation och manövrering, det var liksom ett utsnitt ur varje sådan här systemfunktion. Och vissa centrala funktioner var unika, till exempel huvudlogiken för presentation och manövrering. Sedan har man samverkan via datalänkar och på annat sätt med markledningen och radarjaktledaren. Föraren jobbar i det här systemet via presentationer och manövreringar. När man har organiserat om arbetet vart femte, vart sjunde år i cykler, hittar man alltid nackdelarna med det som är. Och så gör man något nytt. Och så småningom hittar man nackdelarna med det, och så tillbaka igen. I alla de här förloppen har det varit väldigt svårt att få folk att förstå det som den här funktionsmatrisen försöker åskådliggöra. Jag kanske pratar för länge, jag kanske ska sluta där.

Karl Johan Åström: Bengt, jag har en konkret fråga till dig. Du antydde i början att det var svårt att få genomslag för det här med en central dator. Var det någon enstaka händelse som ledde till att ni fick igenom det, eller var det en serie av små grejer som gjorde att ni så småningom fick respons för idén? Och vad var det för personer som spelade nyckelrollen i att få igenom det?

Bengt Sjöberg: Det var ju några entusiaster nere på Saab. Sedan fanns det ett starkt support uppe på FMV på flygelektrobyrån och även vapenbyrån. Även om de två var lite, jag skall inte säga i luven på varandra, men konkurrenter var de nog i vissa avseenden. Det var exempelvis Fritz Hjelte[26] på vapenbyrån som grep in under vissa kritiska skeden, minns jag. En mycket förnuftig man. Sedan hade vi det här gänget på flygelektrobyrån, Ingemar Carlsson[27] med flera, som försökte ligga i teknikens framkant. För de var positiva. De stora skeptikerna fanns nere på Saab. Och ju närmare flygplankonstruktionen och plåtbockningen man kom, ju mer motsträviga var de. För de såg all avionik som en komplikation. De var vana vid att Saab själv gjorde flygplan och att FMV beställde tomma hyllor och utrymmen. Sedan hade man kommit tågande med sina svarta burkar och stoppat in i Saabs flygplan. Och vem fasen som hade ansvar för hela systemet, det undandrar sig mitt bedömande.

---

[26] Fritz Hjelte, f. 1926, flygingenjör, professor i flygteknik vid KTH 1972–91. Efter teknologie licentiatexamen från KTH innehade Hjelte olika befattningar vid flygförvaltningen och FMV, var bland annat chef för flygelektrobyrån och avdelningschef för flygmaterielförvlatningens planeringsavdelning 1966–72. Utnämndes 1972 till professor i flygteknik vid KTH där han stannade till pensioneringen 1991.

[27] Ingemar Carlsson, f. 1933, civilingenjör i elektroteknik vid KTH 1957. Anställd 1957 vid flygförvaltningens flygelektrobyrå, 1962 sektionschef för projektsektionen, 1968 chef för flygelektrobyrån. Carlsson blev 1980 chef för FMV stridsledningsavdelning och var 1983–94 sammanhållande för försvarets och försvarsindustrins medverkan i det Nationella mikroelektronikprogrammet (NMP4) och Nationella Informationsteknologiprogrammets industriella del (IT4). Sedan 2003 är Carlsson sekreterare i den nybildade intresseföreningen SME-D för små och medelstora företag med specialkompetenser inom försvars- och krisberedskapssektorn.

Hasse Olofsson:[28] Jag heter Hasse Olofsson och har jobbat med presentation vid flygelektrobyrån tillsammans med Ingemar Carlsson under Gunnar Lindqvist. Vi hade förmånen att arbeta med försök och provverksamhet på försökscentralen, titta på olika presentationer, ELKA och allting som var kopplat till något logiskt vettigt. Jag upplever inte att vi har haft något motstånd från provförare där. Utan allting som vi föredrog för Gunnar och fick hans sanktion, det gick vi vidare med. Men det var efter väldigt hårda verksamheter där provflygarna verkligen uttryckte sina krav och önskemål.

Karl Johan Åström: Det kanske är läge att vi stoppar in en riktig flygare här. Ulf!

Ulf Frieberg: Det har susat lite grann av kritik och sådant här. Om man tittar på vad det var för folk som kunde hjälpa till i utvecklingen, såg jag tydligare och tydligare med åren att det fanns allvarliga brister i hanteringen av provförarutbildningen, av de inriktningar som fanns. Det var de som kunde flygplanet och alla ergonomiska grejer väldigt bra. Och det fanns de som började treva sig fram inom system. Men inte ens på Saab möttes de riktigt bra. Och det lägger jag verkligen på minnet för nya generationer. Sedan hade jag förmånen att hamna bland dem som varit med från början av AJ och stegen upp. Sedan när man skulle börja med JA var man plötsligt på alerten från början. Ett jättehinder var faktiskt Jaktdraken, ett väldigt bra flygplan för sin tid. Men pratar man om utveckling var det ett förbluffande dåligt flygplan. Om piloten kommer ut i en stridssituation, där beslut fattade inom sekund bestämmer om han kommer att överleva eller inte, ställdes man inför val man skulle behöva tid för. En del av våra kollegor såg det, andra inte. Och det var det stora dilemmat i JA 37. De av våra kollegor som varit med i utvecklingen av AJ 37 var betydligt bättre förberedda för att titta på det här.

Men när vi såg Bengt Sjöbergs vision om system och förareffektivitetshöjning möttes det med stor entusiasm från båda sidor. Så småningom kunde vi få en väldig effektivitetshöjning, inte bara att man kunde göra saker och ting utan att man kunde göra dem under högsta potens av stress. Och, som sagt, det var alltför få som hade möjlighet att utvecklas genom överordnades insikt, utan det var enskilda individer som utbildade sig själva med följande konflikter naturligtvis. Men det var småsaker jämfört med det som faktiskt händer. Bengt kom med sin entusiasm och han behövde jag stötta. Tyvärr fanns det på försökscentralen en falang väldigt duktiga killar som kunde J 35 mycket väl och verkligen kunde utnyttja den på toppen, det vill säga långt över vad en förbandsförare någonsin kunde komma. Det resulterade i att det var ett jäkla jobb med att maka ihop det här. Man använde väl en del trick, men det må vara förlåtet idag.

Som exempel kan vi ta det där lilla instrumentet ovanför den taktiska indikatorn, som Bengt nämnde. Det var absolut ingenting ända till vi plötsligt insåg att SRA hade förbättrat den där kartan över en viss liten tröskel. Och plötsligt var alla överens om att den taktiska indikatorn skulle med in. Vi hade en försöksmodell installerad i simulatorn i ett tidigt skede och hela bilden av företaget var klar på en sekund. Jag menar allt låg klart direkt på sekunden! Men skulle man gå genom konventionella instrument måste man lagra samman allt det här. Det var ett stort steg för försökscentralen och den här falangen. Utan det utvecklingssteget skulle man ha behövt en kontinuerlig uppföljning av kommenderade styrorder. Men med den taktiska indikatorn behövdes det inte. Föraren låg långt, långt före styrordern och han låg eoner före radarjaktledaren och kunde se situationen kontinuerligt och korrekt. Jag har aldrig hört någon pilot som sagt att han har använt den här relativt dyra mekaniska kursindikatorn.

---

[28] Hasse Olofsson, f. 1933, avdelningsdirektör vid flygelektrobyrån. Efter ingenjörsexamen från Örnsköldsviks Tekniska institut arbetade Olofsson under en tid med utvecklingen av Televerkets transmissionsavdelnings labb och senare Marinens telelabb. Olofsson började sin anställning vid flygförvaltningen 1959 med uppbyggnaden av ett flygelektrolabb. Han arbetade sedan med utveckling av bland annat det mekaniskt/servoelektriska presentationssystemet i fpl 35 och AJ 37 för att sedan bli ansvarig för förprojekarbeten inför JA 37 och för utveckling av EP-12 i JA 37. Olofsson ledde också utvecklings- och experimentverksamheten och senare anskaffningen av den holografiska siktlinjesindikatorn i JAS 39. Slutade vid FMV 1986 för arbete i eget konsultföretag.

Karl Johan Åström: Tack ska du ha. Jag har sett att Kim vinkade tidigt. Sedan vet jag det är fler som har vinkat, men vi tar Kim här till att börja med.

Kim Bengtsson:[29] Ja, jag kan ta en liten löjlig information som kan vara intressant ur IT-synpunkt. Bengt pratade om integrationen av tröghetsnavigeringsenheten. Ursprungligen var den rent analog, tröghetsnavigeringen, med programmet liggande i den centrala datorn. Det var FMV som köpte in tröghetsnavigeringsenheten och köpte programutvecklingen i USA. Ansvaret för tröghetsnavigeringsfunktionen låg i den centrala datorn, som Saab ansvarade för. Det fungerade väldigt bra. Sedan kom Kearfott[30] med en dator i sin nya tröghetsnavigeringsenhet, en ganska kraftfull apparat, så vi kunde lyfta över alla tröghetsnavigeringsberäkningarna till den datorn. Teoretiskt sett. Men då stötte vi på problemet hur vi skulle kunna byta ut dem i provflygplanen där programmet låg i den centrala datorn. För att klara den övergången lät vi datorn simulera den gamla analoga tröghetsnavigeringen så att vi behöll precis samma interface men utan att den nya tröghetsnavigeringsenheten drog nytta av sin dator. Så vitt jag vet var det fortfarande så när vi skrotade JA. Vi brukade prata om att eventuella forskare kommer att undra över vad fan vi egentligen pysslade med. För datorn i tröghetsnavigeringsenheten gör inget vettigt!

Sedan ska jag komplettera med en annan grej som jag tänkte på när Bengt pratade. Det var stora diskussioner om direkt eller indirekt stridsledning. Vi tvingades mer eller mindre från början att låta JA 37 simulera och bete sig som en 35:a. Och det var väldigt dumt, många var rasande. Men när jag har funderat i efterhand var det kanske trots allt inte så dumt för vi hade ett fast ben i marksystemet och anpassade flygplanet mot det. Sedan kunde vi göra den gemensamma utvecklingen mot ett mer omfattande stridsledningssystem. Då hade vi lärt känna varandra, insett varandras problem och så vidare. Så det kanske var en annan dålig lösning som blev av godo i alla fall.

Karl Johan Åström: Jag ser att Gunnar har flaggat också.

Gunnar Lindqvist: Draken hade ett komplicerat målinmätningssystem. Det bestod nämligen inte bara av en radar utan också av en IR-spanare[31] som hade en inte alltför hög tillförlitlighet tyvärr. Och det här gjorde att det blev ganska svårt att växla mellan olika arbetsmoder. Man tog information från den ena sensorn och kombinerade det med den andras och det blev en mängd olika fall som gjorde det ganska svårt för föraren. Men under inte alltför stressade förhållanden hävdar jag fortfarande att det nog inte var ett så tokigt system. Framförallt var det inte dåligt i förhållande till vad andra hade under den här tiden. Man ska inte jämföra 35:an från 1950-talets slut, början av 60-talet, med ett flygplan som har kommit tio år senare.

När det gäller centraldatorn är ursprunget längre tillbaka i tiden. Man diskuterade väldigt mycket, inte bara om flygplanen skulle vara en- eller tvåmotoriga utan också om de skulle vara en- eller tvåsitsiga. Och de flesta attackflygplan vi haft hade varit tvåsitsiga, nästan alla höll jag på att säga, men en del som hade modifierats från jaktflygplan till attackflygplan var ensitsiga. Det var en stor diskussion inför AJ 37 om man skulle ha en eller två förare, eller en förare och en

---

[29] Kim Bengtsson, f. 1939, datoringenjör. Efter civilingenjörsexamen i elektroteknik rekryterades han 1964 till flygförvaltningen. Under 1960-talet arbetade Bengtsson med utvecklingen av programvaran i CK 37 för att sedan spela en viktig roll i utformningen av programvara och anskaffningen av datoriserade system till JA 37. Under utvecklingen av JAS 39 ansvarade Bengtsson bland annat för kvaliteten i den flygburna programvaran.

[30] Kearfott, amerikansk försvarsindustri, grundad 1917. Kearfott var ledande inom tröghetsnavigering och utvecklade bland annat tröghetsnavigeringssystemet till Pershing II och ett antal amerikanska och utländska stridsplan. 1968 blev Kearfott en division inom Singer-koncernen.

[31] IR-spanare, utrustning för passiv detektering av infraröd strålning från varma ytor eller föremål, exempelvis jetavgasflammor. Används som komplement till radarns spanings- och målföljningsfunktioner för att möjliggöra exempelvis radartyst uppträdande. IR-detektorerna fordrade vanligen kylning för tillräcklig känslighet inom de önskade våglängdsområdena. I Drakens IR-spanare skedde detta med en inbyggd kylmaskin som producerade flytande luft för detektorkylningen.

operatör. Men till slut vann den falang som sade att vi ersätter navigatören med en central dator, CK 37 i det fallet. Det var ett risktagande som visade sig vara bra. Men jag vill påminna om att vi har flygplan som heter JAS 39 B och D, och det är tvåsitsiga flygplan. I vissa fall behöver man tvåsitsigt. Det är inte så underligt om man jämför med en korvett som ska göra samma jobb på tre, fyra timmar, som en jaktpilot ska göra på en halvtimme, och det med 22 mans besättning. Rationaliseringspotentialen ligger knappast på flygsidan skulle jag vilja påstå.

Sedan det här med den taktiska indikatorn. Jag kan bara tala om att vi skapade ganska bra projektledningar, både på Saab och hos de övriga leverantörerna. Framförallt kopplade man ihop SRA och LM Ericsson på ett bättre sätt i JA än man gjorde i AJ. Man hade bättre kommunikation än tidigare mellan projektledningarna. Och jag kan bara tala om att i den projektledning man hade på FMV fanns det ingen som helst tvekan om att den taktiska indikatorn skulle införas. Det var helt självklart att den skulle införas. Sedan måste man låta folk leka rommen ur sig, hålla diskussionen igång ända till man absolut måste fatta beslut och det gjorde vi vid rätt tidpunkter. Men nyheter har alltid sina risker. Man måste alltid göra en riskbedömning, en avvägning hur djärvt man ska satsa på nymodigheter. För det kan bli bakslag, inte bara ekonomiska utan även tidsfördröjningar. Vid den här tiden gällde det att få fram grejerna i tid, innan de blev omoderna. Den pressen har man inte inom försvaret idag. Man kan prata och prata och prata. Räknar man hur många nya och stora system som har utvecklats sedan 1990 kan de räknas på ena handens tumme. Tid och pengar måste man ha kontroll över som projektledare och naturligtvis även värdet av systemet, effekten och tillförlitligheten. Man måste hela tiden ha dessa faktorer klara för sig när man fattar beslut – det är inte alltid lätt att vara projektledare.

Göran Tode: Göran Tode heter jag. Jag har jobbat på första flygeskadern i högkvarteret med operativ ledning. Den här frågan om hur den taktiska indikatorn kom till tyckte jag var intressant. Om jag förstod det rätt kom den här Torbjörn Alm på att det skulle vara bra med en liten extra ruta, där man kunde titta på någonting, kanske till och med en karta. Kopplingen till den operativa förändringen som Gunnar Lindqvist var inne på är intressant, och det jag skulle vilja veta är om man var medveten om det och ställde krav från FMV:s sida. Från 50-talet, när man skulle göra höghöjdsintercept mot enstaka bombplan, förändrades bilden till mängder av flygplan på låg höjd som det var lite svårare att hitta, det skulle bli svårare att leda in alla och en mot varje mål. Min fråga är: Fanns det en koppling eller upptäckte man fördelen senare?

Ulf Frieberg: En kortis. Så fort den taktiska indikatorn kom upp i simulatorn kom vi aldrig att titta på ett mekaniskt instrument mer. Det var absolut självklart.

Karl Johan Åström: Okay. Sedan tror jag nästan att det var Bengt som stod på tur att säga något.

Bengt Sjöberg: Ja, apropå det här tror jag snarare att när den taktiska indikatorn hade kommit in och fungerade bra, och förarna såg det, började förändringarna av taktiken successivt komma smygande in i flygvapnet. Då hade många av oss för länge sedan lämnat JA 37 och höll på med JAS 39, men jag tror att inom flygvapnet värkte det fram under rätt många år. Man fick tänka om på många sätt och ha ett mer självständigt uppträdande. Sedan har man på sen tid rivit hela vårt stridsledningssystem som vi så vackert byggde upp, men det gäller JAS 39. Men vi hade en tid när det var ett bra svenskt system.

Karl Johan Åström: Ingemar Olsson tror jag står näst på talarlistan.

Ingemar Olsson:[32] Jag tror att vi ska prata om projektledning senare, men jag hade en tanke i samband med detta. När Bengt talar om motståndet mot elektronik på Saab är det inte sant. I

[32] Ingemar M. Olsson, f. 1926, flygingenjör. Efter civilingenjörsexamen i flygteknik från KTH i Stockholm anställdes Olsson vid flygförvaltningen 1955 med placering vid försökscentralen i Malmslätt. Sedan rekryterades han 1959 till

divisionsledningen hade vi ju Tore Gullstrand[33] och han var verkligen ingen motståndare till det här, men vi kan komma tillbaka till detta senare.

Karl Johan Åström: Sedan ville Leif säga något, jag har skrivit upp dig på listan.

Leif Åström: Jag tänkte gå tillbaka lite till det som Gunnar nämnde, steget från att flyga tvåsitsiga flygplan till att gå över till ensitsiga och farhågorna därikring. Under den perioden var jag i attackflyget och flög Lansen[34] och upplevde högst konkret den här omställningen. På Lansentiden var vi beroende av att ha en navigatör i baksits för att vara fullvärdiga som ledande flygplan. Det var inte självklart att man hade det i alla flygplan utan det var somliga som hade det. Man var också beroende av att ha radar, det satt inte heller i alla flygplan, utan det var bara vissa flygplan som kunde leda. Och var man ute med en division kunde det vara divisionschefen samtidigt som ställföreträdaren ledde den andra gruppen. Det var egentligen bara de som var fullt utrustade. Förlorade man någon, eller ännu värre bägge, stod man väldigt illa rustad att fortsätta. I praktiken var beslutskraften borta ur förbandet. Inträffade ofta. Det var den högst operativa konsekvensen.

Den påtagliga konsekvensen ur förarsynpunkt var att vi hade ett system som byggde på toppstyrning. Chefen ledde, vi andra bet oss fast i vingspetsen och hängde på. Och det var ett system som motiverade personalen därefter som ni förstår. När vi sedan gick över till 37:an, ensitsigt, där varje flygplan var fullt utrustat med radar, navigeringssystem och så vidare, hade vi plötsligt kompetensen att vem som helst i förbandet kunde ta över närsomhelst om det behövdes. Detta kunde ske på grund av att någon försvann eller på grund av att han just nu var den som hade bäst koll på läget, eller vad det nu var för incitament. Och där hade vi, vill jag påstå, en väldigt viktig målstolpe för oss. Där hade vi ett materielsystem som tillät oss att gå över till målstyrning istället för toppstyrning. Vi kunde utnyttja kompetensen i ett förband fullt ut på ett helt annat sätt. Så det här var ett mycket viktigt steg på flera sätt, det var inte bara tekniskt viktigt utan operativt viktigt.

Om man sedan omsätter det till JA och den taktiska indikatorn var det på ungefär samma sätt. Där var det tidigare stridsledaren som handfast styrde sina jaktplan med styrorder. I och med den taktiska indikatorn förändrades stridsledarens beteende. Han blev den som dukade upp information så att föraren fick ett bättre informationssläge, ett bättre beslutsläge. Och då blev han plötsligt inte den flaskhals han varit tidigare. Inte något negativt sagt om stridsledarna, men om du har en kapacitetskrävande styruppgift, kan du bara leda ett begränsat antal flygplan och där blev stridsledningen ofta begränsande. I och med att vi dukade upp på den taktiska indikatorn föll den begränsningen i stor utsträckning samtidigt som vi fick flygförare som var vana att fatta beslut. Förarens uppgift var att fatta beslut utifrån det han såg på den taktiska indikatorn och där skapade vi mer beslutskraftiga förare, förare som stod sig bättre när det började hända oväntade saker och man var tvungen att ta hand om plötsligt uppkommande situationer. Så jag vill påstå att det här var två utomordentligt lyckosamma steg.

Karl Johan Åström: Jag tycker att det här är väldigt intressant i en bredare bemärkelse. För det är ständigt en diskussion om det här när man har operatörer och datorsystem involverade. Men

---

Saab och var inblandad i utvecklingen av den teletekniska utrustningen i J 35 F och blev 1970 chef för systemavdelningen, vilket innebar ansvar för all elektronisk utrustning i företagets flygplan. 1980 utnämndes han till teknisk direktör vid Saab flygdivision med ansvar för forskning och utveckling samt tekniskt samarbete med utländska företag och institutioner.

[33] Tore Gullstrand, 1921–2000, flygingenjör och företagsledare. Efter civilingenjörsexamen i flygteknik tillträdde Gullstrand 1947 en tillförordnad professor i flygteknik vid KTH, endast 26 år gammal. 1953 anställdes Gullstrand vid Saab där han medverkade i utvecklingen av flera generationer svenska stridsplan. Gullstrand var från mitten av 1970-talet chef för flygdivisionen och ledde arbetet med utvecklingen av Viggen och kontraktsskrivningen för Gripen.

[34] Flygplan 32 Lansen, svenskt stridsplan utvecklat av Saab, i aktiv tjänst 1952–78. Lansen var huvudsakligen avsett som attackplan men fanns även i jakt- och spaningsversioner. Sammanlagt tillverkades 449 flygplan. Se Sven Stridsberg, *Lansen* (Stockholm, 1992).

om jag har förstått det rätt lyckades ni göra ett datorsystem som gjorde att operatören fick mycket större kraft och kunde utnyttja sin kunskap väldigt mycket bättre. Och det är ju sådana exempel som man ofta saknar i datorbranschen, så det är ett väldigt skojigt exempel tycker jag. Lennart har vinkat och vill säga något.

Lennart Alfredsson:[35] Jag kommer från industrin och var med i det här gänget. Ni snackar om den taktiska indikatorn, men jag kan garantera att när ni snackade fanns det ingen chans i världen att göra den. Vi hade ingen teknisk lösning. Det fanns visserligen kartinstrument i flygplanen, de var optiska. Ferranti[36] hade gjort ett system, det var en 35 millimeters film som åkte runt som en tok, snurrade och hade sig. Det fanns de som byggde små extra portar i baksidan på katodstrålerören och projicerade kartan bakpå fosforn, den var ju vit så man kunde se den, men den fick vara ganska tunn för att man skulle kunna se den. Eftersom vi inte hade någon aluminiumbackning skulle vi förlora halva ljusstyrkan om vi skulle göra på det sättet. Vi hade alltså inte något särskilt bra sätt att göra det på. Dessutom hade vi Ingemar Carlsson med oss som inte ville att den skulle bli alltför dyr.

Vi kom alltså fram till att vi skulle försöka med en bandspelare, och bandspelarna vi hade var ungefär 14 megabit oformaterade. Men det tog fem, sex minuter att spola från ena änden till den andra och det var svårt. Sverige är avlångt när man flyger och man fick därför göra segment av bandet. Möjligtvis skulle det gå med den här ”Raymond Tape Unit” som vi hade, den användes i flygplanen men inte till det här. Så vi hade faktiskt inte någon lösning på hur vi över huvud taget skulle kunna få in en ordentligt elektronisk karta. Vi höll på i över ett år med att försöka hitta lösningar som vi förkastade, vi gjorde nya som vi förkastade och så vidare. I stort sett i ett år. Jag hade en arbetskamrat som hette Stellan Nennerfelt[37] som många av er känner. En fredag gick vi hem och det klack till i Lennart och det klack till i Stellan. Och när vi kom tillbaka rusade vi in och sade: ”Jag har lösningen!” Vi hade samma lösning bägge två. Exakt samma lösning.

Enkel, men inte den man kommer underfund med allra först. Tiden för en presentation på den taktiska indikatorn är ungefär 20 millisekunder och så uppdateras den hela tiden, man måste göra allting under 20 millisekunder. Då knyckte vi rent rått två millisekunder, och sade att två millisekunder får kartan ta. Men inte längre. Man ville ju ha en massa annat på den också. Och då gjorde vi helt enkelt en enda lång kedja med segment, startande i Sundsvall. Ja, det var vanliga sjusegment och ibland kunde man hoppa lite längre och ibland lite kortare. Ibland var det tyst, vi

---

[35] Lennart Alfredsson, f. 1937, elektroingenjör. Efter civilingenjörsexamen i elektroteknik från KTH 1961 forskade Alfredsson i mikrovågsteknik och lade 1964 fram sin licentiatavhandling ”Investigation of backward-wave modes in plasma waveguides”. Anställdes vid SRA i Mölndal och blev 1966 chef för den nybildade systemsektionen som arbetade med all militär verksamhet vid SRA utom radio. Inledde 1967 arbetet med det elektroniska presentationssystemet (EP 12) och utvecklade ett nära samarbete med Hughes Aircraft Company i Los Angeles, vilket 1975–77 ledde till utvecklingen av den holografiska siktlinjesindikatorn i JA 37. Blev 1979 chef för militärverksamheten vid SRA och företagets tekniskt huvudansvarige för utvecklingen av JAS 39 Gripen. Under 1990-talet har Alfredsson haft olika forskningspolitiska uppdrag, utsågs 1993 till ledamot i regeringens forskningsberedning, satt 1994–97 i naturvetenskapliga forskningsrådet och var fram till 2006 ledamot i vetenskapsrådet.

[36] Ferranti, brittiskt elektroteknik, elektronik och datorföretag, grundat 1905. Utöver den tidigare kärnverksamheten inom elektroteknik, med utrustning för generering, överföring och användning av elektrisk kraft, utvecklades Ferranti efter andra världskriget till ett av Storbritanniens ledande försvarselektronikföretag. Ferranti blev med uppfinningen av lasern bland annat ledande inom den elektrooptiska industrin och utvecklade siktesutrustning och presentationssystem till flera brittiska stridsplan, bland andra Jaguar och Tornado. I samband med att Ferranti styckades upp övertogs försvarsverksamheten 1990 av GEC.

[37] Stellan Nennerfelt, 1943–2000, ingenjör och företagsledare. Efter civilingenjörsexamen i elektroteknik vid KTH 1966 anställdes Nennerfelt vid LM Ericsson där hans första uppgift blev konstruktion av kraftaggregat. 1968 började han vid SRA som systemingenjör och senare ansvarig för digitalteknik inom området elektronisk presentation. Nennerfelt spelade en avgörande roll i utvecklingen av Dator 80 och stod 1978 för den lösning som sedan implementerades i JAS 39. I mitten av 1980-talet övergick han till mobilsystemverksamheten inom Ericsson Radio (ERA) för att bli systemchef och i mitten av 1990-talet chef för personal- och verksamhetsutveckling. Nennerfelt var under denna tid en nära medarbetare till Kurt Hellström, senare koncernchef för Ericsson. Vid sin tidiga bortgång var Nennerfelt chef för Operational Development inom Ericsson-koncernen.

visade ingenting. Vi startade i Sundsvall och räknade, så fort vi över huvud taget kunde, med position och eventuella ritorder längs Sveriges kust upp i älvar och tillbaka längs älvar och upp till Umeå. Utmed hela den finska och norska gränsen och hela vägen ner, diverse öar ut och in och kors och tvärs. Och när vi kom till stället där vi var, innanför den taktiska indikatorns gränser, stoppade vi upp och räknade långsamt och gick segment för segment och lyste på det viset upp hela kartan inom indikatorns område. Och när vi hade kommit till andra änden satte vi full fart igen.

Detta lyckades, detta är alltså något som man kan göra med ett land som är litet. Hughes Aircraft Company, som vi jobbade ihop med, kunde inte göra det i USA, det blev för stort. Och vi försökte med Australien när vi skulle åka ner dit, det gick inte heller. Sverige var ganska lagom. Ni som var med på den tiden kommer ihåg att det fanns alltid en taktisk indikator som hade en ELKA[38] över Skåne: ELKA 1 och ELKA 2. Skåne är det mest perfekta stället i Sverige att rita en ELKA på. Ni kan försöka rita en ELKA uppe i övre Norrland ska ni se! Det finns en enda byggnad! Och det huset satte man in på kartan för att man i slutändan över huvud taget skulle kunna se var man var. Men ELKA:n blev billig. Faktiskt. Hela systemet blev 4 000 ord om fyra bitar, sammanlagt 16 000 bitar vilket täckte hela Sverige. Ni kan tänka er hur mycket det är. 16 000 bitar är 2 kilobyte ungefär. Saabs reseräkningsblankett är på 65 kilobyte idag. Och icke ifylld. Så det var inte lätt att få in denna ELKA faktiskt, utan det gick minst ett år innan vi över huvud taget hittade en lösning.

Ulf Frieberg: Men det är ingen tvekan om att när det här steget kom föll allt motstånd.

Lennart Alfredsson: Vi hade simulerat ELKA tidigare på enklare sätt i flygplan 35, eller var det 32 Gamma. Så vi hade resurser, det fanns grejer att flyga med. Vi kunde göra det i stridsflygplan till skillnad från jänkarna som bara fick flyga i transportkärror till att börja med.

Hasse Olofsson: Jag arbetade rätt direkt med presentationssystemet och utvecklingen. Det jag tycker var helt avgörande i de olika delbitarna, var faktiskt våra försöks- och provverksamheter parallellt med ordinarie utvecklingsprogram. Utan det hade vi aldrig tordats gå fram så hårt som vi gjorde. Du nämnde 32 Gamma och där gjordes den mesta verksamheten. Det var samma sak med siktlinjesindikatorn i JAS 39 som var den första i sitt slag i världen.[39] Vi har haft en otrolig försöks- och provverksamhet.

Karl Johan Åström: Bengt?

Bengt Sjöberg: Jag tänkte att eftersom vi är inne på användbarheten av den taktiska indikatorn borde jag hoppa tillbaka lite i tiden och påpeka den här pricken över i:et, om man kan kalla det. Nämligen jaktlänken som halkade in på ett bananskal någon gång. Man höll på med något som hette A 20[40] och hade inte råd att sätta radar i varje flygplan, man projekterade lite på känn och det blev sedan inget av det. Men en sak kom de fram till, att om bara några flygplan hade radar kunde man låta de radarförsedda flygplanen skicka data via en speciell radiolänk till sina förbandsmedlemmar som saknade radar. Man pressade fram en lösning i radiosystemet som innebar att man kunde skicka iväg data på mål under ledig tid. Det inmätande flygplanet kunde mäta in mållägen och annat och skicka runt till de övriga. Ur detta växte sedan den riktiga jaktlänken fram som senare kom in i JA 37. Man fick en suverän möjlighet att inom en fyrgrupp samarbeta bland

---

[38] ELKA, förkortning av elektronisk kartbild. Alfredsson syftar på den elektroniskt genererade kartbilden i bakgrunden för den taktiska indikatorn.

[39] Siktlinjesindikatorn byggde på holografisk teknik och var en av världens första i sitt slag. Olofsson ledde anskaffningen.

[40] A 20, planeringsbeteckning använd under 1970-talet för ny version av JA 37 med möjlighet att bära fler och tyngre attackvapen. Gunnar Lindqvist och Bo Widfeldt, *JAS 39 Gripen* (Nässjö, 2003), s. 42 ff.

annat via den taktiska indikatorn, och då hade man fått ett överlägset bra jaktsystem. Den här typen av funktion har man ärvt även i JAS 39.

Karl Johan Åström: Jag ser att Leif har flaggat också.

Leif Åström: Jag tänkte göra ett påhopp på jaktlänken. Den kan vara värd att kommentera från användarsidan. Redan det första steget, att man gick över till en pulsdopplerradar, gjorde att det var slut på tiden när ärans och tystnadens män for fram mellan tall- och grantoppar och ingen kunde se oss med radar. Vi kunde gömma oss för 35:orna i stor utsträckning på den tiden, men med puls-dopplerradarn var det slut med det. Då grävde man upp oss. Man såg oss även där nere. Dessutom kom det en jaktlänk som gjorde att när jag fick radarvarning från en riktning kom det plötsligt en annan från en annan riktning, som hade björnkoll på mig, utan att jag hade upptäckt honom. Det var en mycket obehaglig utveckling för en attackflygare! Det var ett mycket stort steg framåt.

Inledningsvis var detta något vi var ganska rädda om. Det var hög sekretess förknippad med jaktlänken, den pratade man inte om hursomhelst, utan det dröjde ett par år innan vi visade upp den. Och det jag egentligen tänkte berätta om var när vi första gången visade upp den internationellt. Det ägde rum på F 6 och vi hade besök av en Jaguardivision från Storbritannien. Det var ett lite speciellt besök så till vida att när vi träffades på måndagen, när de kommit, samlades vi som man brukar uppe i flottiljens ordersal och presenterade oss för varandra. Vi berättade vad vi sysslade med, om våra flygplan och våra krigsuppgifter och sådant. Deras divisionschef gjorde motsvarande sak. De hade sina uppgifter uppe i Norge, visade det sig. Och det var intressant. Men sedan sade han något som var ganska överraskande och väldigt obrittiskt. Han sade: ”Vad sjutton, jag måste fråga er, det är en sak jag har funderat över. Varför i all sina dagar håller ni på, i det här lilla landet med en befolkning lika stor som London, och utvecklar egna flygplan för sanslösa kostnader när det finns färdiga att köpa, hos oss till exempel?” Och det var en fråga som var lite svår att svara på rätt upp och ner.

Men de fick följa med oss under en vecka. De fick flyga med i 37:an, uppleva prestandan som inte bara var reklamprestanda utan där flygplanen faktiskt visade upp reklamprestanda på riktigt. Och de fick se en del annat. Där visade vi, såvitt jag vet, upp jaktlänken för första gången. Man fick se den på F 13 i Norrköping via UTB:n och då märkte vi hur det blev väldigt tyst bland engelsmännen. De började tissla och tassla dem emellan, de pratade och pekade, och man märkte att det här berörde dem, att de var berörda. Och veckan fortsatte och det blev dags att åka hem. Samma divisionschef stod upp igen, han var lite besvärad, han stod och trampade lite, för han mindes vad han hade sagt i måndags. Han hade lite svårt att komma till skott, men till sist kom han fram till att han borde säga som det var: ”Jag minns precis vad jag sade i måndags och nu har vi tittat runt lite här.”

Sedan berättade han om upplevelserna jag just pratat om och sade: ”Ni ska veta vi just nu håller på att diskutera om vi har råd med ett motsvarande system i vårt nästa flygplan Eurofighter,[41] och hur många av flygplanen vi ska ha råd att sätta det i. Och så kommer vi hit och ser att ni redan har systemet operativt, till en bråkdel av kostnaden som vi ska lägga ner på det. Fortsätt att bygga flygplan, det verkar vara en bra idé!” Han sade faktiskt så. Jag tror att det kan vara någon slags värdemätare, för ibland kan det vara svårt att inom landet se var man står någonstans. Det här var 1985, tror jag, och först idag är man på väg att införa motsvarande system i omvärlden. Ibland har vi varit långt framme utan att veta om det.

Karl Johan Åström: Skojigt. Kim vill säga något mer om systemet.

---

[41] Eurofighter, tvåmotorigt jakt- och attackplan, utvecklat av ett konsortium av europeiska flygplanstillverkare, Eurofighter GmbH, under 1980- och 90-talen. Efter förseningar togs flygplanet i bruk 2003 och används av bland annat de brittiska, tyska, italienska och spanska flygvapnen.

Kim Bengtsson: Ja, man kan bara komplettera med hur länken upplevdes. Jag kommer ihåg första gången försökscentralens provflygare var uppe och flög länken och kom ner och rapporterade: ”Vad fan, det här var ju för djävla bra, nu kan vi stänga av de där killarna nere i grottan!”

Karl Johan Åström: Vad var killarna nere i grottan för någonting?

Kim Bengtsson: Stridsledarna. Men det kanske man inte får säga här.

Bengt Sjöberg: Att stänga av ”killarna nere i grottan”, det var kanske en liten överdrift.

Kim Bengtsson: Det var väl något överdrivet, men det var lite av upplevelsen.

Bengt Sjöberg: Ja, i moderna utrustningar ska det ingå kryptering och störskydd också, så då är det inte lika lätt att detektera och identifiera vad det är som rör sig i luften. Jag tänkte på det som Leif Åström antydde förut, att man avslöjar sig genom att sända ut en massa signaler.

Karl Johan Åström: Ja, de här temana griper i varandra lite grann. Vi har pratat om systemet nu, men jag tänkte att vi skulle fokusera något. Vi har redan nu kommit in på människa-maskinsystem, men det kanske finns ytterligare saker runt maskinsystem som vi vill belysa här. Lennart vinkar, jag lämnar över till dig.

Lennart Alfredsson: Ja, man kan inte undgå att prata man-maskin när man kommer från SRA och har hållit på med displayer en stor del av sitt liv. I de allra första lösningarna till JA använde vi självklart AJ:s olika bitar. Reflexglaset till siktlinjesindikatorn i AJ fällde man upp och ner, men det gillade inte Uffe Frieberg, han ville ha något annat. Och det blev något annat sedan. Och den centrala indikatorn hade en ytterdiameter på 110 millimeter och på den visade man ett vanligt PPI.[42] Man kunde använda omkring 100 millimeter av den. Vi kunde aldrig gå tillbaka till 35:ans system för där låg lagringen i elektroluminicens på en puls med efterlysning, som inte var så lätt att se. Så vi måste ha något man kunde se. Och då var ju AJ den lösning vi skulle ha från början och det blev så.

Först gjorde vi B-skop.[43] B-skopen har ganska stor distorsion längst nere i botten, saker och ting åker ut åt kanterna i systemet hur man än beter sig. Vi tog fram B-skop och visade dem på dåvarande centralindikatorn, som Hasse Olofsson säger hade vi ganska gott om pengar för utveckling runtikring. Men det var ingen höjdare, det var ingen som över huvud taget tyckte det var vettigt. Man fick återgå till den lösning som fanns i USA och det var ”scan convertrar”, det vill säga man kunde ta radarbilden, skriva in den i ena änden av ett katostrålerör, och i radarformat läsa ut i den andra änden och presentera informationen. Man behövde ha ytterligare ett glasrör som var ungefär 40 centimeter långt med en konstig dubbelanod i mitten och två kanoner och detta skulle flyga omkring.

Det vet jag att jänkarna gjorde. Vi hade ständig kontakt med Hughes Aircraft Company.[44] Deras lösning var till en början med i ett system som hette CORD, som några av er kanske

---

[42] PPI, förkortning av planpolär indikator, den vanligaste indikatorn för presentation av radarinformation. Antennens placering representerar indikatorns centrum och i takt med rotationen sveper en lysande radiell linje över skärmen. Avstånd och riktning till målen kan skalenligt utläsas direkt på skärmen. I flygradar utnyttjas ett sektor-PPI med egen antenn i underkant av indikatorn som visar föraren den sektor där han kan se mål.

[43] B-skop, indikator vanlig i flygburna radarsystem under 1950- och 60-talen. Bilden visar vad som hände i luftrummet framför flygplanet inom radarns avsökningsvinklar, vanligen representerade indikatorns vertikala axel avståndet och den horisontella vinkeln till målet.

[44] Hughes Aircraft Company (HAC), amerikanskt flyg- och försvarsindustri, grundat av Howard Hughes 1932. Under det kalla kriget tillhörde HAC de viktigaste amerikanska försvarselektronikindustrierna med en bred verksamhet som omfattade bland annat radarsystem, robotvapen, laser och andra avancerade teknologier. HAC utvecklade och tillverkade bland annat jaktroboten Falcon som skaffades in av det svenska flygvapnet under 1960-talet.

kommer ihåg.[45] Och det var ju inget bra. Det var ingenting. Det fanns ingen på materielverket, framför allt inte de på flygelektrobyrån med Hasse och Ingemar i spetsen, som tyckte det var särskilt kul. Då, den 8 maj 1968, på morgonen, ringde Acke Axelsson till mig och sade: ”Jag har kommit hem från HAC och jag har någonting att berätta.” Och han kom efter lunch. Vi startade efter lunch och Acke sade att det fanns en ny komponent, linjära skiftregister, som var 1 000 bitar långa.[46]

En tusenbitars komponent, lagringsmedia inom en enda kapsel var något som inte fanns tidigare. Vi satte igång, Acke och jag, och höll på till nio på kvällen och vi ritade och vi ritade och vi ritade. Vi byggde kedjor av de här skiftregistren. Det behövdes ungefär 100 000 bitar för att göra ett B-skop. Och vi ville väldigt gärna ha möjlighet till ”aging”.[47] Dessutom hade vi problem med att radarn hade en uppdateringshastighet på en hertz medan presentationssystemen hade ungefär 50 hertz. Vi måste alltså kunna presentera absolut kontinuerligt ur systemet samtidigt som vi läste in ny radar och tog bort information i systemet. Det tog oss faktiskt nio timmar till dess att vi bägge två var övertygade om att det skulle gå. Från den tiden, när Acke och jag gick hem klockan 21 ungefär, var den gamla lösningen för presentationssystemets del, med centralindikatorn och allt som låg bakom den, fullständigt död! Fanns inte en chans att över huvud taget tänkte sig att få tillbaka det.

Vi hade löst alla problem. I centralindikatorn ligger integrationen av radar puls för puls, det ligger ljusstyrkereglering, det ligger minneslagring, det ligger massor. Alltihop det var en ren kompromiss, en extrem fin balans med de potentialer som styrde galler och katoder i systemet. Det var borta, vi kunde söndra och härska. Radarn skötte sitt, den levererade en snyggt och prydligt behandlad video. Vi kunde göra symbolerna för sig, vi kunde lösa lagringen av radar för sig, vi kunde lösa synbarheten för sig. Alltihop kom på en enda kväll. Och det var inte ett snack om att man över huvud taget skulle gå tillbaka till någon annan lösning. Men det blev djävla dyrt. När vi började kostade den militära varianten av skiftregistren 10 spänn biten. 10 spänn per bit. Och vi behövde ett antal. Det blev miljoner, och det var det inte snack om för proverksamhet, utan när vi byggde dem som försöksutrustning kostade de två kronor biten. I slutänden när vi skulle offerera systemen kostade de också två kronor biten och det var 200 000 spänn för en enda komponent. Alltihop, hela systemet, fem burkar, kostade 250 000 spänn. Det var inte särskilt lätt att försöka övertyga ledningen om att man skulle satsa 200 000 spänn på en enda komponent.

Nåväl, vi byggde de här sakerna. Från den tiden var det inte snack om något analogt, det var helt och hållet digitalt. Det här vände på allting, vi kunde göra målbehandlingar, vi kunde göra saker och ting. Och då kom HAC med en annan snilleblixt. Vi ritade de här B-skopen, precis som man ritar ett fax, om du skickar en textsida med fax gör man en skannad bild. HAC föreslog att vi skulle gå över till att skriva målen tecken för tecken som ASCII-kod.[48] Det vi gjorde var att vi enbart tog ut målen och markerade dem, vilket innebar att minnesbehovet drastiskt gick ner. I systemet hade vi möjlighet att visa 128 mål. Det blev det hela. Minnesbehovet gick ner drastiskt. Vi gjorde ”aging” så att vi kunde se spåren efter målen, vi kunde spara två, tre, fyra eller fem eller sex, hur många sådana här radarsvep efter varandra vi ville. Då såg vi hur målen åkte. Vi kunde få ut deras fartvektorer rakt på displayerna. Men det är ju inte så hiskans lätt att tolka när man själv har en kanonfart och dessutom har B-skopsdistorsionen att ta hänsyn till. Då införde vi rörelsekompensering för vår egen rörelse och B-skopskomponenten. I stort sett var de spår man såg en ganska bra representation av hur målet flög i förhållande till flygplanets ”track-up” i systemet.

---

[45] CORD, förkortning av ”Coherent On Reception Detection”, föregångare till dagens helkoherenta system.

[46] Linjära skiftregister, rader av minnesceller, vanligen realiserade med halvledarteknik, vars innehåll med en klockpuls kan kopieras och flyttas stegvis från cell till cell. Skiftregistren kan användas för olika ändamål, exempelvis omvandling av data från ett format till ett annat vid svepomvandling.

[47] Aging, åldrande. Eftersom man ville kunna presentera flera träffar från samma mål i form av en ”svans” måste ekona lagras och åldras.

[48] ASCII, förkortning av ”American Standard Code for Information Interchange”, teckenkodning fastställd under 1960-talet för enhetlig representation av bokstäver och andra tecken i datorer. Koden baseras på engelskan och använder sju bitar vilket ger plats för 128 olika tecken.

Den 8 maj 1968 var den stora vändpunkten för oss på SRA. Symboler var inget stort problem, för symbolerna hade vi i datorer, vi gjorde fler försöksutrustningar, vi testade alla möjliga saker. Det var självklart att det skulle vara datorer och digitalt alltihop. För radarn var det den dagen som den förlösande informationen kom. Ibland har man tur. Faktiskt.

Göran Tode: Jag har en fråga, ska se om jag kan formulera den bra. Man blir rätt imponerad när man hör er berätta om allt det här, hur ni tog vara på nya idéer. Jag undrar om det är något särskilt i företagskulturen när det gäller just flygplan. Att man tar vara på alla möjligheter och att det är så dynamiskt hela tiden, att det förändrar sig över tiden. För många år sedan var jag med kustflottan när de jagade u-båtar och tittade på ledningssystemet och då förstod jag direkt varför man inte kunde träffa någonting. Det var mässingsrör och det ena och det femte. Nej, men jag menar att genom flygplanen, genom ”high-tech”, genom farligheten och allting, får man kvitto direkt om det går bra eller dåligt på ett annat sätt än man får på sjön. Om vi tar administrativa ledningssystem är det ännu värre, där ser man ingenting förrän det är för sent. Är det någon som kan kommentera det här?

Lennart Alfredsson: Det är en väldigt bra grej. I min värld har det alltid funnits positiva saker och negativa saker. Om vi på SRA hade några bra idéer som vi trodde på, som man skulle kunna göra – och det var alldeles säkert samma sak på LM Ericsson i Mölndal – ställde materielverket upp direkt. Ibland fick man förskottera lite pengar men de kom alltid tillbaka till slut. Vi hade möjligheter, vi hade det bättre än forskarna på vilket universitet som helst. Det som emellertid har varit lite tokigt, enligt min mening, var företagsledningarna, de ska man inte lita på. Faktiskt. När vi började med digitalteknik på SRA, vilket var i storleksordningen 1964, var det stora blaffor till kretskort man hade. Och då kom det ett direktiv från vår företagsledning att digitala kretsar fick bara vår utvecklingsavdelning handskas med och den satt på sex trappor någonstans långt borta. Och vi andra skulle inte använda integrerade kretsar. De förbjöd oss att använda de här sakerna, men det sket vi i, det tog vi inte riktigt på allvar.

Nästa stora grej var när Saab började med datorer, eller kalkylatorer som det hette på den tiden. Det kom direktiv från Marcus Wallenberg[49] till hela LM Ericsson och SRA, att man inte fick hålla på med datorer. Punkt. Men det gjorde vi inte heller, vi kallade dem för programenheter och på Mölndal hette de styrenheter. Men de var förvånansvärt lika datorer skulle jag vilja påstå! Faktiskt. Men det var alltså order, vi fick inte hålla på med kalkylatorer. När det kommer nya grejer måste företagsledningarna låta dem flyta ut över hela företaget och låta alla använda dem, inga restriktioner, kolla och titta. Det är alltid någon som har en idé någonstans.

Karl Johan Åström: Får jag skjuta in en kommentar där? Man tror ju att universiteten ligger i framkant och jag blev professor 1965. Om man skulle köpa en dator på universitetet måste den gå genom datorstyrelsen, datacentralen. Och de var alltså ungefär som företagsledare, sade att vi inte fick köpa en egen dator. Men då kallade vi det för processreglerare istället. Och då gick det bra att köpa den. Så det är alltså inte bara företagen som har sådana ledningar utan även den progressiva verksamhet som kallas universitet är drabbade av sådant. Förlåt, jag ska inte prata så mycket själv, det är flera som vill hoppa in. Gunnar har vinkat och sedan Ulf och Bengt.

Gunnar Lindqvist: Jo, det här med tveksamhet att införa elektronik. Man ska väl också ta fram den bakgrunden att för 32:an och 35:an blev det elektroniska systemet kraftigt försenat och kom inte i takt med flygplanleveranserna. Därför var flygplansteknikerna lite tveksamma till nymodigheter. Sedan fanns det på Saab en ny systemavdelning och de som knycklade med plåten, som någon sade lite mindre vördsamt, undrade vad de här systemmänniskorna gjorde. När det gällde

[49] Marcus Wallenberg, 1899–1982, företagsledare. Wallenberg var starkt engagerad i den svenska flygindustrin och var bland annat styrelseordförande för Saab 1968–1980. Se Ulf Olsson, *Att förvalta sitt pund: Marcus Wallenberg 1899–1982* (Stockholm, 2000).

leveranstider var inte flygelektroindustrin lika mogen som plåtskrynklarna. Men när vi skulle börja med 37 fick vi ett direktiv från chefen för flygvapnet, att vi inte fick sätta in en enda ny apparat i 37:an utan det skulle bara vara 35-utrustningar. Detta modifierades senare men igenkänningsutrustningen blev kvar. En av mina medarbetare sade att den bara var intressant för tekniska museer och souvenirjägare. Det var lite om bakgrunden till varför man var tveksam till elektronik. Som alltid gällde det att väga riskerna.

Jag höll på att glömma det viktigaste jag skulle säga, frågan om kundens kunskaper i förhållande till leverantören. Vi på materielverket hade inställningen att vi måste ha väldigt duktiga tekniker, med en vision om framtiden, och som kunde kommunicera med de som jobbade på företagen, leverantörerna. Ingenjörsvetenskapsakademien gjorde en utredning på 70-talet där man kom fram till att förhållandet mellan kund och leverantör var en av orsakerna till att svensk industri varit så lyckosam. Och det var inte bara när det gällde FMV och Saab och LM Ericsson. Utan det var minst lika viktigt mellan exempelvis Vattenfall och ASEA Atom, och mellan SJ och ASEA Traction. Och inte minst Televerket. Televerken i Norge, Finland och Sverige kom fram med en standard för mobiltelefoner. Det gjorde att Norden kom att ligga mer än 10 år före övriga länder. Men i dagens utredningar som gjorts inom försvaret konstaterar man att den tekniska personalen på FMV är en onödig dubbelkompetens som bara trissar upp kraven och som inte borde finnas till.

Karl Johan Åström: Jag tror att Bengt vill säga något.

Bengt Sjöberg: När det gäller arbetsmetoder borde man kanske rikta lite uppmärksamhet mot de arbetsgrupper som värkte fram redan under AJ 37-tiden. Just när det gällde exempelvis anpassning till förarna kom vi under JA 37 att mer formellt se till att det blev en arbetsgrupp. Den så kallade PM-gruppen bestod av representanter för Saab och FMV förstås. Provflygarna, försökscentralens provflygare och Saabs provflygare, hade alltid representanter med. Sedan var det förstås folk från Mölndal, radarsidan var viktig, och presentationen med SRA, som ofta var en eller två man från varje håll. Och vi sammanträdde mycket ivrigt. Vi hade dels arbetsmöten om varenda så kallad systemfunktion i mindre grupper och sedan hade vi de mer formella sammanträdena med jämna intervaller. Förutom PM-gruppen hade vi exempelvis en radarintegrationsgrupp, Målinmätningsgrupp 70, MIG 70.

Lennart Alfredsson: Vi fick inte heta 37. MIG 37.

Bengt Sjöberg: Nej, och det var under en period i början av 1970-talet. Jag tror att vi sammanträdde var fjortonde dag under flera år. Vi alternerade var vi träffades någonstans, här kom Sveriges begränsade storlek in, vi kunde alltid kalla till arbetsmöten med någon dags varsel i värsta fall. Man kunde samla den kunskap som fanns inom landet. Sedan hade vi en sambands- eller stridsledningsgrupp där motsvarande ansvariga på FMV var med. Förarna hade sin talan, det var alltid ett utmärkt samarbete med provförarna. Vissa av dem hade en utmärkt förmåga att förstå oss tekniker och kunde omväxlande beskriva detaljer som han iakttog under flygning. I ett ensitsigt flygplan är det inte lätt att följa med under flygning och titta föraren över axeln. Sedan fick vi bra simulatorer och där kunde diskussionen föras ivrigt.

När den här PM-gruppen hade kommit med en rekommendation var det ibland en nagel i ögat på projektledningen, för vem fasen hade ansvar för vad i den här gruppen? Vem svarade för ekonomin och så vidare? Men vi svarade alltid att vi bara tog fram rekommendationer. Sedan var det upp till varje projektledare att räkna sina pengar och projektledningen att besluta. Och det var väldigt knepigt för projektledningen att gå emot de här rekommendationerna, för det var en väldig kraft bakom om man tittar på representationen i grupperna. Sedan var kontraktsformerna på 37:an ganska bra för ett samarbete på områden där kunskapen ständigt växte. Eftersom materiel-

verkets representant kunde gå hem och prata med Gunnar här, och komma tillbaka med en liten påse pengar, löstes som regel knutarna. FMV hade vissa reservresurser avsatta.

I och med att vi kunde prata fritt mellan industrierna fungerade det väldigt bra. Om vi var kritiska till något kunde man alltid ringa Acke Axelsson eller någon annan ansvarig på FMV och säga: ”Nu är det problem med den här detaljen, ska du inte ta och prata med dem i Mölndal?” Efter ett tag hade sådant oftast löst sig. Ofta hade vederbörande FMV-man med sig en liten påse pengar för han såg den långsiktiga ekonomin i att få bättre funktion i systemet, medan industrin jobbade med ett mer begränsat perspektiv. Men det är klart, man vann ju inte direkt någon popularitetstävling hos sina chefer på Saab med alla förslag vi kom fram med. För det kostade pengar. Men det fanns en lösning på det under 37-tiden.

De lösningarna fanns inte under utvecklingen av JAS 39, där kunde vi inte sitta och kritisera varandra inför FMV. Jag kunde inte säga att nu är det skit på Ericsson i Kista, nu har de helt kört fast. Utan det teg vi med. Det sade vi inte till vännerna på flygelektrobyrån. Att det var en bra kontraktsform i grunden på 37:an tror jag verkligen, och de här arbetsgrupperna fungerade väldigt bra. Där växte det fram mycket lösningar och idéer. PM-gruppen fattade till exempel beslut om många, många, många hundra detaljer som vi helt enkelt bestämde. Ingen projektledare orkade ens sätta sig in i vad det var frågan om, utan det blev som vi beslutat om kostnaderna inte stack av alltför mycket.

Karl Johan Åström: Lennart.

Lennart Alfredsson: Det fanns en nackdel med kontraktsformen, att det var väldigt lätt att under utvecklingsarbetet ändra, lägga till och dra ifrån. Och det var ingen som tänkte på den kommande serieproduktionen. Vi lade till en liten kåpa här och en liten kåpa där, vi drog en liten tåt och det blev lite si och så. ELKA och de andra grejerna blev inte gratis. Det kom till en liten bit här och var. Och när man sedan skulle komma med offerten på serietillverkningen blev det ganska dyrt jämfört med vad man sagt tidigare, vi hade fått en stegvis eskalering av kostnaderna i systemet. Åtminstone gällde det SRA. Det ville man ta bort i den kommande diskussionen om JAS, vilket man gjorde ordentligt och tyvärr alldeles för mycket. Där kopplades utvecklingen ihop med en begränsad serietillverkning och sedan blev det stillestånd på ändringar under säkert sju, åtta år. Det var lite oturligt. Men det finns nackdelar med alla former av kontrakt.

Karl Johan Åström: Jag skulle vilja komma tillbaka till det här med människa-maskinsystemet. Är det några bitar i människa-maskinsystemet som vi har glömt bort eller borde ventilera ytterligare? Systemen griper i varandra. Jag börjar med Leif den här gången.

Leif Åström: Okay. Nu har vi tittat väldigt mycket på bakgrunden, hur apparaterna hängde ihop. Och kontentan för en flygförare, den kunde vara att du såg ett mål på din taktiska indikator, du fångade upp det med radarn. Du kunde med ytterligt enkla handgrepp, några knapptryckningar stega fram till rätt mål, välja ditt vapen, en radarrobot eller en IR-robot. Frigöra din målsökare, skjuta ditt vapen. Det var hisnande enkelt att hantera systemet. Om man jämför med en hel del andra utländska system, som jag haft förmånen att jämföra med, måste man välja radarfunktioner, ställa in vapenfunktioner och så vidare. Man inser plötsligt att vi hade kommit ganska långt redan på den här nivån.

Går man sedan in på korthållsmoderna, där du har snabbvalsfunktioner direkt på gasspaken, du måste inte ens släppa styrspaken och gashandtaget och du kan sitta med händerna där och både välja radarfunktioner och vapenfunktioner. Det är där vi har förklaringen, vill jag påstå, till att JA står sig så fruktansvärt bra. Användaranpassningen, att man inte bara har väldigt bra teknik utan att man gör det möjligt för människan att på ett enkelt sätt använda tekniken. Och det fungerar i utomordentligt stressade situationer som en tight luftstrid. Att JA stod sig väl ända fram till pension har just med användaranpassningen och systembalansen att göra.

Sedan skulle jag vilja koppla tillbaka. Du frågade inledningsvis om jag kunde ge något exempel på reaktioner i omvärlden och jag har faktiskt ett att nämna. Vi hade besök av en amerikansk general, jag tror att han var chef för deras motsvarighet till flygstaben, eller på den nivån. Och han sade till någon i sin närhet, jag tror det var till sin adjutant: ”Passa på och titta – där ser du Europas bästa jaktplan.” Han använde faktiskt precis de orden, och det var alltså en amerikansk general som hade den uppfattningen. Nu vet jag inte om de alltid har koll på allting men det var den respekt som vi ingav på andra sidan Atlanten.

Karl Johan Åström: Du nämnde att det var lättmanövrerat. Var det inga andra flygplan internationellt som var lika lätta att manövrera?

Ulf Frieberg: Jag hoppar in och svarar. Jag var med under det tidiga utvecklingsskedet. Min uppfattning är att de låg långt, långt efter. Man hade liksom inte fattat att det var föraren som primärt skulle bestämma vad som var möjligt att göra, och sedan se till att provflygarna lyckas se till att föra fram det till systemingenjörerna. Det var det primära och det förtroendet hade inte provflygarna på ett långt tag, många år, ute i världen. Men det har de idag.

Karl Johan Åström: Om man ska spetsa till det, kan man säga att JA 37 var flygets motsvarighet till Ipod, om man tittar på en maskin med interface?

Leif Åström: Ja, det tycker jag. Och jag som kom in ett par år senare och har sett resultatet har kunnat jämföra hur man gör i MiG 29, F 16, F 18 och andra.[50] Utan att peka på något speciellt flygplan har min återkommande reflektion varit hur man kan krångla till något så enkelt så in i baljan. Den vägen har jag konstaterat att vi ligger längre fram än jag hade en aning om.

Karl Johan Åström: Bengt vinkar där borta.

Bengt Sjöberg: Om jag får säga några korta ord om ytterligare en bild [se bild 4 i appendix]. Jag behöver inte säga mycket om den, bara illustrationen av att föraren stod i centrum som rubriken anger. Man ser rutorna med de olika systemfunktionerna där varje funktion har integrerad presentation och manövrering som leder in mot föraren, och som måste fungera mot allt detta. Man kan också notera sambandslänken med stridsledningen på marken. Man hade radarjaktledaren med sig i samarbetet i ett stridsuppdrag, och det jobbade vi med väldigt mycket. När vi började fanns det långa listor från våra gamla rävar som hade flugit 35:an, ända fram till 35 Filip, som sade: ”Här har vi en lång lista med problem. Gör aldrig, aldrig om dem.” Vi gick systematiskt igenom och kollade. Förarbelastningen i 35:an hade varit alldeles för hög vid stridsuppdrag. Jag vet en av våra provförare som sade: ”Kom ihåg grabbar, att så fort jag tar på mig flyghjälmen går min IQ ner med 50 procent.” I den andan försökte vi hela tiden arbeta och utrota varenda detalj som kunde vara i vägen. Den centrala programmerbara logiken var väldigt viktig. Att vi sorterade upp systemet i, som vi hoppades, enkla, raka funktionskedjor.

För att jobba och prova ut systemet fanns sedan olika simulatorstationer. Vi hade en ren PM-simulator,[51] där en av våra mest kända bioteknologer jobbade väldigt mycket med spakarna. Radarhandkontrollen och radarmanövreringen var under en period hans skötebarn och vi brottades mycket med den i MIG 70-gruppen. Det smälldes i dörrar och vi grälade. Men det växte fram en handkontroll som syns i kabinbilderna. Om man tittar rakt ner på vänstra sidopanelen kan man se ett gasreglage som sticker upp lite. Det syns också ett horisontellt sittande handtag, fullt med knappar och vred och under den fanns en radarpanel med andra knappar och vred. Och det där försökte man göra så enkelt som möjligt. Sedan tillkommer som Leif Åström nämnde en massa

[50] Sovjetiska och amerikanska jaktplan utvecklade under 1970-talet, parallellt med utvecklingen av JA 37.

[51] PM-simulatorn, vid Saab uppbyggd simulator för att speciellt studera och utveckla presentations- och manövreringsfunktioner i JA 37.

knappar på styrspaken, som vi försökte klämma in i gräl med grundflygplanmänniskorna som var vana att ha en massa funktioner där, flygradio och trimknappar och annat.

Förutom PM-simulatorn hade vi flera andra simulatorstationer. Huvudutvecklingsstationen, som växte fram i slutet av AJ-perioden och som sedan blev självklar under JA 37, var det vi kallade SYSIM, systemsimulatorn.[52] Och det lärde vi oss den hårda vägen från den dagen när vi i alfariggen för AJ 37 satte en vanlig stol och något oscilloskop som representerade instrumenten. Sedan satte vi Ulf Frieberg med en styrspak framför den där grejen. Och så upptäckte vi att vi måste koppla ur alla hårdvaruapparaterna, accelerometrar, luftdataenhet, anfallsvinkelgivare. De kunde man inte ha med, man simulerade lite enkelt.

Ulf underkände hela arrangemanget som oflygbart. Och vi insåg att det inte gick. Vi började grubbla och kom fram till att man måste satsa mer på simulering, att vi måste simulera med en rad modeller. Flygplanet och hela dess dynamik måste bli bra och början till det var att bygga upp en riktig kabin. Så småningom kom SRA in med typlika presentationsapparater som man kunde sätta in. Senare var det självklart att det måste ingå olika typ-apparater. Speciellt i alla datorförsedda system och via datorerna var det en väldig fördel.

Man jobbade väldigt mycket med att få vettiga insignaler till radargrejerna exempelvis, för att få dem att jobba typlikt även i simulatorn. Beträffande presentationen var det självklart precis samma apparater som i flygplanen. Och den centrala datorn och så vidare. Sedan körde vi upp allt det här i SYSIM med alla programvaror och försökte samköra. Sedan kom förarna in. Varenda knapp, varenda vred, varenda placering av ett instrument genomgick granskningar i simulatorerna samt i en kabinattrapp. Långa serier av granskningar, skriftligt redovisade, och sedan slutsatser och beslut i de här PM-mötena.

Sedan kom man så småningom till den dynamiska situationen i SYSIM att man på djupet kunde granska olika funktioner. Till sist kunde man sitta i SYSIM och göra hela jaktuppdrag. Simulatorerna blev bättre och bättre med åren vilket återspeglade flygplanets alla egenskaper på ett bra sätt. Styregenskaperna blev relativt bra, och kom sedan att bli mer och mer perfekta in i JAS 39-epoken. SYSIM var vår viktigaste utvecklingsstation. Sedan kan man säga att flygproven mer blev en verifiering, en bekräftelse av att SYSIM var vettig. Ibland hittade man väl defekter i den och fick rätta till modellerna. Men det var som sagt en av de viktigaste utvecklingsstationer vi hade och där utspann sig många diskussioner. Där kunde man stå och hänga över förarens axel och titta och se vad han pekade på.

Karl Johan Åström: Jag tror att vi börjar närma oss kaffepausen nu. Förlåt att jag avbröt dig Bengt, men du kanske kan fortsätta sedan.

– Kaffepaus –

Karl Johan Åström: Vi ska sätta igång igen. Jag vill tacka alla er som har hoppat in och tänkte att vi skulle ta en fråga från panelen som dök upp i pausen. Bertil Wennerholm.

---

[52] SYSIM, förkortning av Systemsimulator. I början av 1960-talet tog Saab fram en tidig systemsimulator som ett dynamiskt driftsfall av den normalt statiska alfariggen för AJ 37, huvudsakligen för att prova ut datorprogrammen i den centrala datorn CK 37. Flygplandynamik och dynamiska givarsignaler alstrades i analoga simulatormodeller och matades in via typlika A/D-omvandlare till CK 37. Utsignaler från CK 37 togs in i typlik EP-utrustning för presentation. Denna typ av simulatoruppkoppling utvecklades sedan vidare för JA 37 där alla datorförsedda delsystem såsom radar, elektronisk presentation, tröghetsnavigeringen, den digitala styrautomaten, kopplades samman med den centrala datorn. Andra delsystem återgavs genom digitala simulatormodeller där flygplan och omgivning simulerades. Denna SYSIM blev ett helt avgörande verktyg för samkörning och utveckling av hela avioniksystemet och speciellt all programvara. En helt flygplanslik förarkabin och en realistisk omvärldspresentation möjliggjorde mycket realistiska simulatorprov av alla delar av flyguppdrag. SYSIM blev den i särklass viktigaste utvecklingsstationen för hela systemet med flygproven som slutlig verifiering. Dessa principer har senare också dominerat utvecklingen av JAS 39.

Bertil Wennerholm: Jag har ett långt förflutet på FMV, var chef för flygelektrobyrån några i mitten av 1990-talet vilket säkert inte gjorde något större intryck på JA 37 utformning. Det var mer insatserna från mina kamrater och medarbetare som gjorde det. Efter pensioneringen har jag blivit historiker och då blir man en elak jävel. Efter att ha hört om att JA 37 var så bra skulle jag vilja fråga om den var tillräckligt bra? Bakgrunden till frågan är naturligtvis att de tidigare flygplangenerationerna förekom i betydligt högre antal. Vi hade under 50-talet ett jaktflyg som låg på ungefär 600 jaktplan, det toppade 1957 med 760 jaktplan. 1990 när huvudparten av jaktflyget var just JA 37 var vi nere i ungefär 200 flygplan. Samtidigt hade hotet ökat betydligt. Under 1950- och 60-talen förmådde sovjetiska attackplan knappast gå in över stora delar av Sverige. Men under 1980-talet hade vi en betydligt förändrad bild med en mycket förhöjd hotbild med MiG 23[53] och MiG 27[54] och då frågar jag mig hur det stod till med duellförhållandet med det här flyghotet?

Karl Johan Åström: Vem vågar svara på det?

Gunnar Lindqvist: Det är en svår fråga du ställer. Vi hade en gång 55 divisioner och nu som du sade 200 flygplan. Det var JA 37 du menade?

Bertil Wennerholm: Ja, och J 35 F.

Gunnar Lindqvist: Människan har svårt att lära sig av erfarenhet. Man kan inte lära sig av andras erfarenheter, ofta inte ens sin egen erfarenhet. Och det som hände 1939, det är rena sagor för de som är i beslutande ställning idag. Det är ett risktagande helt enkelt. Man tycker inte att det är nödvändigt att skaffa ett bra försvar. Nu ska man bara ha fyra divisioner jaktplan, det ska räcka. Räcka till vad, frågar sig naturligtvis den som har lite historisk bakgrund. Men det är ett större risktagande politiskt, det är andra prioriteringar.

Göran Tode: Det här med jaktflygplan och JA 37, det låter väldigt bra. Men inget flygplan är bra om det inte har en beväpning. Och har det inte kliat i fingrarna hos er att kunna påverka jaktbeväpningen? Det är en sak att välja bland befintliga saker, men har ni kunnat påverka radarrobotar, IR-robotar och deras förmåga och konstruktionssätt, så att ni har kunnat anpassa hela systemet? Eller har ni fått nöja er med att köpa grejer som finns redan?

Gunnar Lindqvist: Egentligen skulle du ställa den frågan till dig själv som stabsmänniska. Men jag anser att det finns vissa saker som man kanske skulle ha gjort på annat sätt när man kommer till vapensidan. Men vi har världens bästa kanon i flygplanet, i särklass bättre än den kanon som sitter i JAS 39. Kanonen fick en form av renässans har jag förstått. Sedan hade vi den bästa jaktroboten, radarjaktroboten som fanns på 1970-talet. I efterhand har man satt dit en ytterligare bättre radarjaktrobot. Så på den sidan är det också bra. Men vad gäller IR-jaktrobotar kanske vi skulle ha kunnat göra ett annat val. Men där kommer ekonomin in, det är ett dilemma. Ska man köpa en färdig produkt, som är något så när bra, för en rimlig kostnad? Eller skall vi starta en egen utveckling?

Valet stod mellan Sidewinder 9L[55] från USA och att utveckla en svensk robot som hette Robot 72-12. Skillnaden var att den senare skulle ha kunnat bli en bra robot om man hade lagt ner

---

[53] MiG 23 Flogger, sovjetiskt jaktplan utvecklat under 1960-talet, operativt 1970–94. Det första sovjetiska jaktplanet som i likhet med JA 37 var utrustat med ”look down” radar.

[54] MiG 27 Flogger, sovjetiskt attackplan baserat på MiG 23 men anpassat för att bekämpa markmål. Introducerat i det sovjetiska flygvapnet 1975 och fortfarande i tjänst.

[55] Sidewinder, amerikansk värmesökande (IR) jaktrobot, utvecklad för den amerikanska marinen vid Naval Air Weapons Station i China Lake. Efter introduktionen i den amerikanska marinen 1956 har Sidewinder exporterats i stor skala och är fortfarande i drift i flera länder. Se Ron Westrum, *Sidewinder – Creative missile development at China Lake* (Annapolis, 1999).

väldigt mycket pengar. Men vi tyckte att utvecklingstiden var för lång. Därför satsade man på Sidewinder. Till saken hör att vi käftade med amerikanerna i nio år innan vi fick köpa den, så den hann bli omodern. Det är ett typexempel där man fattade ett felaktigt beslut, det medger jag. Men i övrigt tycker jag inte att man kan anmärka på beväpningen hos 37:an.

Karl Johan Åström: Okay. Vi hade lite saker kvar på människa/maskin. Om Lennart ville börja inleda?

Lennart Alfredsson: Vi hade en annan funktion i 37:an som var världsunik i många, många, många år. Och det var den utbildningsregistrering som vi gjorde i flygplanet. Vi kunde spela in allt, alla variabler och allt som fanns i flygplanen från början. Och det kunde sedan spelas upp på basen och man kunde gå igenom uppdraget och se exakt var man hade flugit, vad man gjorde för någonting, vilka knappar man tryckt på och allt som gjordes i flygplanet. Detta var möjligt endast på grund av att vi hade en central dator. SRA försökte sälja den här idén med utbildningsregistrering på export, men vi lyckades inte hitta ett enda flygplan som man över huvud taget kunde stoppa in sakerna i. För man hade ett vapensystem, ett navigationssystem, ett siktesystem, man körde motorn för sig. Och alltihop, alla var olika. Det gick inte att få ihop dem till en enda punkt utan att bygga om halva flygplanet.

Men vi gjorde detta, och det fanns med från början. Det var förmodligen den enda apparat ute på förbanden som inte var grå, jag vill minnas att den var blå eller kanske orange. Ni som var ute och flög med den, jag hoppas att den kom till nytta ute på förbandet för jag har aldrig fått någon återmatning. Men det var ganska roligt att göra den. Skälet till att den kom via presentationsutrustningen var att av de ungefär 900 signaler som vi spelade in, allting som föraren gjorde och alla variabler som ändrade sig, användes ungefär 700 i det elektroniska presentationssystemet. Merparten av det som gjordes visades på EP i en eller annan form.

Jag gjorde en liten uträkning över hur många sådana signaler vi hade använt i olika flygplan. I 35 F var det sju stycken symboler som kunde röra på sig när man tittade i radarjaktströmmen. Det är möjligt att andra har en annan uppfattning, men det var vad jag fick fram, ungefär sju. I AJ 37 var det exakt 23 stycken symboler som ändrades. Och i JA 37 var det 700! Det var alltså en väldig tillväxt i stödfunktioner för föraren, han kunde göra väldigt mycket mer. Och det var helt och hållet beroende på att systemet blev digitalt, det var lätt att göra för man hade allt tillgängligt i systemen. Det här har fortsatt. När vi kom till JAS tänkte vi att det nog var bra att ta i från början – var och en av de fyra indikatorerna fick 1 000 variabler. Men det dröjde inte länge förrän Saab kom och klagade på att det var alldeles för lite på den taktiska indikatorn och vi fick öka upp den till 2 000. Den enda som egentligen står kvar på 1 000 är siktlinjesindikatorn. Och där är det väldigt svårt att rita mycket för det är hög ljusstyrka som sätter gränserna. Man kan i runda tal enbart rita och se ungefär 10 diametrar streck.

Göran Tode: Det fanns ett talesätt i flygvapnet att före UTB, före UTA, hade flera luftstrider vunnits i fikarummet än någon annanstans. Den som snackade bäst vann.[56]

Karl Johan Åström: Jag vill fråga dig, Lennart. Var inte detta en konsekvens av att man hade den här centrala datorn där all information fanns centralt tillgänglig? Var inte det en viktig förutsättning?

---

[56] UTB, registrerings och utvärderingsverktyg i JA 37, huvudsakligen avsett för utbildning. UTA är ett motsvarande system i JAS 39 men med utökad funktionalitet. UTB-utrustningen bestod av en databandspelare och datorprogram som registrerade i stort sett all information som fanns på presentationsorganen i kabinen samt de åtgärder som föraren gjorde under flygningen. Informationen, kompletterad med vissa taktiska data, spelades sedan av från bandspelarkasseten i en markstation och kunde sedan visas upp på i princip samma presentationsorgan som i kabinen. Avspelningen, som kunde frysas och backas, analyserades sedan av förare och instruktörer och visade i stort sett allt som hänt under flygningen. Efterhand fick UTB allt fler tillämpningsområden och användes även för taktikutveckling, simuleringsändamål och incidentundersökningar.

Lennart Alfredsson: Ja. Vi pratade med engelsmän, tyskar och amerikaner om detta, och det var ingen som kunde föra in den här funktionen i sina flygplan.

Karl Johan Åström: Gösta Elg, du ville kommentera det här?

Gösta Elg: Jag tänkte kommentera det som Lennart tog upp. För det här är en fråga om det här med ett integrerat system. Det finns två andra exempel på det som är väldigt påtagliga, och det är registrering generellt, inte bara utbildningsregistrering utan även registrering av resultat från test och funktionsövervakning, som fanns tillgängliga i centrala enheter och som gav god hjälp vid felsökning. Det här har varit en väldig styrka, tror jag. Jänkarna som jag pratade med vid olika tillfällen hade aldrig hört talas om något liknande heller. Och de kunde helt enkelt inte göra det, precis som Lennart påpekar. Där har vi en styrka.

Den andra styrkan som vi hade var att vi kände varandra allihopa. Jag gick ut KTH 1961. Lennart var min kurskompis. Man skulle hitta något trevligt ställe att jobba på där man kunde jobba med datorteknik och reglerteknik samtidigt, för det tyckte jag var roligt. Och då sade han: ”Jag har ett ställe, vi kan gå och kolla i alla fall va?” Och det var dåvarande radarbyrån på flygförvaltningen. Och de var väldigt tacksamma över att någon över huvud taget var intresserad av att komma dit. Man gick upp till Westergård och pratade med honom en stund och sedan var man anställd på flygförvaltningen. Konstigare var det inte. Man får kontakt med människor på ett helt annat sätt när man jobbar i integrerade system och det tycker jag är en praktisk erfarenhet att föra vidare till ingenjörer och teknologer. That’s it. Tack.

Karl Johan Åström: Kim, hade du velat kommentera?

Kim Bengtsson: Bara en komplettering på UTA, UTB. Det var ett väldigt kraftigt verktyg när man började flygprova nya editioner för att kvalificera dem och för att få ut dem på förband. Och det är ju samma sak. SYSIM var för programkontroll, en verifiering, ett godkännande, den helt nödvändiga apparaten eller utrustningen, som kompletterades bra av de här registreringssystemen.

Karl Johan Åström: Okay, vem var det mer? Leif?

Leif Åström: Ja, bara att instämma. Dessutom vill jag kroka på där Göran var nyss – innan UTB:n, innan UTA:n, avgjordes som sagt många luftstrider i fikarummen. Den som argumenterade bäst, talade högst och visade bäst med händerna, han vann luftstriden som man nyss hade gjort upp i verkligheten. I och med de här systemen kunde man gå in, verkligen konstatera att så här gick det. Och det var en vällovlig uppsträckning av disciplinen skulle jag vilja säga. Dessutom betydde det där oerhört mycket för vår taktikutveckling. Att faktiskt kunna se vad som gav utdelning och inte. Och därmed premiera bra beteenden och få bort mindre bra beteenden. Det här ska inte underskattas. Samtidigt är det lite förvånande att vi var förhållandevis ensamma om det. Intresset i våra led var stort. Efter passet gick man självklart till UTB:n för utvärdering, för att se hur det gick. Jättespännande. Men vi märkte att många andra flygvapen, de skyggade lite för det här. Otäcka kontrollfunktioner verkade man uppleva det som. Så det kanske är en liten speciell inställning hos oss som låg bakom detta. Men det förringar inte det hela. Oerhört värdefulla system.

Lennart Alfredsson: Jag vill bara klarlägga lite här. Det här går alltså till så att man spelar in navigeringssystemets information vid UTB/UTA för varje flygplan, som håller reda på var flygplanet har flugit i tre dimensioner. Sedan kan man presentera det tillsammans med andra flygplans motsvarande information för att få fram de relativa banorna. Alternativet till detta, det är att ha

en helsikes massa stora radarstationer på backen som mäter in flygplanen och sedan sätta ihop det i ett system. Om man har det som bakgrund förstår man att det inte var tokigt det vi gjorde. Det blev mycket billigare.

Karl Johan Åström: Det visar också det att om man bygger inbyggda system är kontrollfunktioner utomordentligt viktiga att bygga in. Nu är det många som har vinkat här. Jag tror Bengt är sugen på att prata?

Bengt Sjöberg: Jag vill bara säga en kort kommentar om SYSIM. Hela uppbyggnaden och satsningen på SYSIM fick en väldigt svensk profil, jag har aldrig sett eller hört talas om något motsvarande någonstans utomlands. Det kanske är någon annan som vet? Men jag har sett ett antal urtaskiga simulatorer, de få gånger jag har varit ute och tittade någonstans i Europa. Men de som har rest mycket kanske har sett fullständiga, detaljrika simulatorer, för det behövde man för att komma åt alla funktioner. Och det har jag bara sett att vi gjorde.

Karl Johan Åström: Jag skulle faktiskt vilja halka in på några andra områden. Vi har kvar att hantera radarn, vi har kvar att hantera utvecklingsmetodik och programvara. Jag skulle faktiskt vilja halka över på radarn, om det inte är någon som har något angeläget att säga om de här tidigare bitarna? I så fall skall jag be att få lämna över till Ingvar för att ge en liten introduktion. Radarn var väldigt speciellt därför att den inkorporerade en dator. Det var en väldigt viktig sak i den, om jag har förstått det rätt.

Ingvar Sundström:[57] Jag tänkte prata lite om hur det var omkring 1968 och en bit in på 1970-talet. Som jag upplevde det. Jag arbetade på en konstruktionsavdelning vid LM Ericsson i Mölndal och ansvarade för servoteknik och en del signalbehandling. I produktionen pågick slutfasen av leveranserna till Draken. Det var både IR-spanaren, som vi licenstillverkade i Mölndal, och den egenutvecklade spaningsradarn. Och leveranserna av radar till AJ 37 hade just börjat i början av 1970-talet. Både Draken och AJ 37 hade helt analoga system för radar, det var pulsradar det handlade om, man använde bara informationen i pulsens amplitud. Och vi hade analogt samarbete med CK i AJ 37.

Det fanns datorverksamhet i närheten av mig, vi höll på med en dator till teletestbilen[58] som användes för AJ 37. LM Ericsson gjorde prototyparbete och levererade fem utrustningar för utvärdering till FMV, och det var väl den första datorverksamheten i Mölndal. Sedan fortsatte det med processtyrning, i närheten av oss fanns datorn UAC 1601 som användes för processtyrning, och senare blev det en dator som hette UAC 1610.[59] Man gav sig på en mängd olika områden: järnvägssignalering, sjukhus, banker och liknande tillämpningar. Och när det gällde radarfunktionerna i JA 37 hade det pågått intensiva studier under i stort sett hela 1960-talet. Tror att de hade kommit igång riktigt på allvar 1967. Stämmer det, Jörgen? Jörgen Nilsson här i publiken var systemavdelningschef vid den här tiden. Han var mycket lyhörd för olika idéer som kom upp och man ställde väldigt stora krav på radarn i JA 37. Jag tror att Gunnar vid något tillfälle sade att om man inte klarar räckvidden blir det inget projekt. Stämmer det?

Gunnar Lindqvist: Ja, radarn var en nyckelutrustning i JA 37 som gjorde att flygplanet var Europas bästa ett tag.

---

[57] Ingvar Sundström, f. 1937, elektroingenjör. Anställdes 1957 vid LM Ericsson i Mölndal och tog 1963 civilingenjörsexamen i elektroteknik från CTH. Ansvarig för den digitala signalbehandlingen i radarn PS-46 för JA 37 och ledde utvecklingen av både hårvara och mjukvara i systemet. Sundström blev därefter teknisk chef för utvecklingen av radar PS-05/A till JAS 39 Gripen.

[58] Teletestbilen (TTB), bil med utrustning för test av hela systemet, ursprungligen framtagen för AJ 37 men också använd en tid för JA 37.

[59] UAC 1600, realtidsdatorsystem för processtyrning, utvecklat vid LM Ericsson under ledning av Stig Larsson i början av 1970-talet.

Ingvar Sundström: Och det var helt klart att man skulle använda puls-dopplerteknik för att kunna uppträda på alla höjder. När man tittar ner mot marken med radar får man in väldigt mycket markekon av alla möjliga amplituder och frekvenser. Och det gör det mycket svårt att se flygmål. Men med doppler kan man separera ut flygande objekt från marken.[60] I radarsammanhang pratar man om något som heter vågform, hur man modulerar den utgående mikrovågssignalen för att få önskvärda egenskaper. Och det gjordes under flera år studier av hur en sådan här vågform skulle se ut. Efter mycket arbete och diskussioner med amerikanska experter här kom man fram till en viss lösning som skulle vara möjlig, ett arbete som finns beskrivet i historik om JA 37.[61]

Den enda möjliga realiseringen av signalbehandlingen i en sådan radar var att ha en digital signalbehandling. Man tar hand om de komplexa talen som kommer när man utnyttjar både fas och amplitud hos mikrovågssignalen. Dels behöver man extremt rena mikrovågssignaler för att det ska vara möjligt och dels, när man ska ta emot signalerna, måste man använda både real- och imaginärdel, eller om man så vill amplitud och fas, för att bearbeta signalerna. Och de måste stoppas in i det digitala systemet och då behöver man A/D-omvandlare och det var något som inte fanns lätt tillgängligt. Antingen måste man bygga dem själv eller låta någon utveckla det åt sig. Det var en stor sak. Och bara den komplexa behandlingen av signaler, tror jag att vi inom radarverksamheten var bland de första att göra. Nu är det standard inom i stort sett all kommunikationsutrustning: digitaltelevision, satellittelevision, mobiltelefoner och så vidare. Allting bygger på att man jobbar med de komplexa signalerna, men då var det väldigt nytt.

Digital signalbehandling blev möjlig eftersom man fick fram ”medium scale integration”, skiftregister som Lennart pratade om. De var aktuella även för digital signalbehandling. Det behövdes inte fullt lika många bitar som du talade om i radarn, men skiftregistren var bland de första komponenter som var intressanta. Sedan var det en följeradar där man skulle filtrera fram bra måldata. Och det gjordes tidigare genom att man satte gyron på antennen. Det satt tre stycken gyron i Drakensystemet och man byggde servosystem som höll antennen oberoende av hur man flög och riktade den i rymden. Det var ganska ”trickiga” system och det var inte särskilt trevligt att sätta känsliga gyron på en antenn som dunkade i ganska kraftigt ibland. Men man ville ju köra så fort som möjligt.

Under andra halvan av 1960-talet blev det plötsligt väldigt svårt att läsa tidskrifter om reglerteori, det dök upp en massa konstiga matriser. I mars 1969 kom Karl Johan Åström med en kurs i modern reglerteori som öppnade ögonen på oss nere i Mölndal. Man fick helt plötsligt en annan förståelse för reglerteori när man kunde använda sådana här tillståndsvariabler. För första gången

---

[60] Puls-dopplerradar, system som utnyttjar dopplereffekten för att skilja ut rörliga mål, ofta utnyttjad i flygburna radarsystem. Frekvensen hos de mottagna signalerna jämförs med sändarfrekvensen för att filtrera bort klotter och bestämma hastigheten hos målet, en process som ställer mycket stora krav på signalbehandlingen. En förutsättning för detta är att sändarens frekvens är tillräckligt stabil för att små frekvensförändringar ska kunna mätas. Eftersom pulsrepetitionsfrekvensen (PRF) dessutom måste vara hög uppstår osäkerhet om avståndet till målet vilket innebär att radarn i allmänhet måste utnyttja multipla PRF, vilket ytterligare komplicerar signalbehandlingen. Spaningsradarn PS-46/A i JA 37, som utvecklades av LM Ericsson i Mölndal, var troligen den första helkoherenta radarn med ”look down”-förmåga utanför USA.

[61] Den avancerade radar som utvecklades till JA 37 hade benämningen PS-46/A och var en puls-dopplerradar arbetande på X-bandet (3 centimeter) med programvarustyrda funktioner. Systemet hade ett antal jaktmoder som kunde väljas av piloten: spaning med samtidigt följning av flera mål, automatisk målföljning och inlåsning på mål, kontinuerlig följning med skydd mot störning, målbelysning för Rb 71 Skyflash, datasändning till Rb 99 AMRAAM samt inmätning av automatkanonsprojektiler. Dessutom hade radarn en attackmod för avståndsmätning till marken. Radarn bestod av en antennenhet med ett tvåaxligt hydraulstyrt vridbord och Cassegrainantenn med monopulskomparator, belysningsfunktion till Rb 71 Skyflash och igenkänning. Högfrekvensenheten kunde generera extremt rena signaler inom ett frekvensområde på 1000 MHz, en förutsättning för mätning av små frekvensförändringar. Signalbehandlingsenheten bestod av en A/D-omvandlare och digital maskinvara med olika signalbehandlingsfunktioner, där exempelvis dopplerfiltret var placerat. Styrenheten, en dator för alla systemfunktioner, hanterade styrningen av systemet med inbyggd testfunktion och fellolkalisering.

hörde man ordet Kalman-filtrering.[62] Det var en stabil teoretisk modell för hur man ska bygga filter, den var som gjord för att filtrera radarsignaler med.

Plötsligt kunde man använda de osäkerhetsmått som ingår i Kalman-filtrering och man begrep plötsligt vad man egentligen gjorde. Tidigare hade man jobbat mycket på intuition, med praktiska försök. Men för att kunna göra ett Kalman-filter i en radar behövdes en dator. Det går inte annars, och det var på det sättet som idén dök upp att det borde sitta en dator i radarn. Bengt Sjöberg var lite tveksam till en början. Han gjorde lite simuleringar och fick ett fel i programmet och det gick det inte bra, men sedan trodde du på idén du också. Jag föreslog för Jörgen att vi skulle ha en dator och det tyckte han också. När man började titta på vad radarn egentligen behövde blev datorn en självklarhet. För att klara av signalbehandlingen måste man hela tiden hålla reda på hur man flyger och man måste liksom räkna ut markekoklottret och kompensera för det och så vidare och så vidare.

En annan sak som var väldigt bra, det var att man kunde använda data från tröghetsnavigeringssystemet direkt in i radarn. Vi abonnerade direkt på roll-, tipp- och kursvinklar och kunde själva i radarn räkna ut hur antennen skulle peka. Och göra ett Kalman-filter. De koordinattransformationer som behövdes från radardata i polära koordinater var till ett markfast system där målflyget höll till. Det kunde vi sköta själva och några gyron behövdes inte. Vi jobbade med väldigt hög datatakt, de kortaste cyklerna i datorn var knappt tre millisekunder. Styrningen av signalbehandlingen gick i lite lägre takt.

Sedan kände FMV till riskerna med en komplicerad radar och ville ha med ett amerikanskt företag som kunde kontrollera systemet och vara med i utvecklingen. Det var så Hughes Aircraft Company kom med i bilden. 1972 hade båda parter kommit med förslag om hur radarns arkitektur skulle se ut. Det visade sig vid ett besök i USA i januari 1972 att vi hade samma tankar som Hughes om en dator och digital signalbehandling, och det gick ganska lätt att göra ett gemensamt basförslag om hur den här radarn egentligen skulle se ut. HAC var med och tog fram några prototyper till den första prototypgenerationen av signalbehandlingen. Vi byggde då en dator med ett kärnminne på åtta kiloord, 16 bitsord, till den första prototypgenerationen. Det var en assemblermaskin, ganska lik de minidatorer som fanns vid den tiden i strukturen. Sedan kom Ingemar Carlsson med expertis från Chalmers, Gunnar Carlstedt,[63] som kom och tittade på vår lösning. Han tyckte att det var alldeles för klumpigt, det vi hade gjort. Det var för mycket hårdvara.

Mikroprogrammering[64] av datorer hade blivit väldigt aktuellt. Det var egentligen det han förslog, att vi skulle mikroprogrammera och på det sättet minska hårdvaran kraftigt. Och det blev faktiskt så. Och när vi sedan gick in i serieproduktionen hade FAMOS-minnen kommit ut på

---

[62] Kalmanfilter, matematisk teknik använd inom reglertekniken för att utvinna en signal ur ett antal ofullständiga och brusiga mätningar. Metoden är uppkallad efter den ungerske matematikern Rudolf Kalman, som presenterade sina teorier i ett antal publikationer runt 1960, och har flera olika reglertekniska tillämpningar, bland annat behandling av radarsignaler.

[63] Gunnar Carlstedt, f. 1946, datorforskare. Efter civilingenjörsexamen i elektroteknik på Chalmers 1968 anställdes Carlstedt vid elektrosektionen på Chalmers och blev teknologie doktor 1973. Carlstedt, som drev företaget Hylab (övergick 1979 i Carlstedt Elektronik AB) inriktat mot konstruktions- och utredningsverksamhet inom elektronik och programvara, engagerades sommaren 1973 som kunsult av FMV för utvecklingsverksamhet i anslutning till presentationsutrustningen, radar och senare varnarsystemet JA 37. Detta blev startpunkten för ett långvarigt samarbete med FMV och Carlstedt fick året efter i uppdrag att ta fram en ansats till datorsystemkoncept för ett nytt flygplan. Detta koncept blev utgångspunkten för Standarddatorssytem 80, ett utvecklings- och experimentprojekt för att ta fram högpresterande standardmoduler för datorrealiseringar i kommande stridsplan, ett gemensamt programutvecklingssystem och ett programspråk med särskilda säkerhets- och realtidsegenskaper. Arbetet bedrevs i samarbete med Datasaab, LM Ericsson och SRA. I början av 1980-talet genomförde Carlstedt Elektronik AB utredningar för FMV:s räkning. Carlstedt bedrev parallellt med detta en akademisk karriär och var 1981–84 adjungerad professor vid CTH. Hans huvudsakliga forskningsområde var processornära arkitektur för multiprocessorer och realtidssystem. Området inkluderar VLSI-strukturer för processorer, kommunikation och aritmetik och minnen till realtid och dess abstrakta språk. Sammantaget har Carlstedt konstruerat omkring 20 datorarkitekturer.

[64] Mikroprogram, program som styr exekveringen av en processor av CISC-typ. Mikroprograminstruktionerna skräddarsys till de uppgifter som processorn ska utföra och kan göras mycket komplexa och därmed uträtta mycket arbete per instruktion.

marknaden. Alltså, det var e-prommar där man kunde skriva in ett program elektriskt och sedan radera det med ultraviolett ljus.[65] De första enheterna gick ut med detta och det varade under hela 1980-talet. Radarn levererades med 32 kiloords programminne och ett dataminne på två kiloord. Sedan fanns det programcykler från tre och upp till 72 millisekunder. Det var lite olika, med lite olika faktorer. Internationellt kallade man det här för ”software controlled radar”, ett namn som användes i marknadsföringen av den här typen av radar.

Som värddator köptes tidigt in en Honeywell H316 minidator. Den användes under i stort sett hela 1970-talet som värddator för programutvecklingen, tills vi fick vårt VAX-system under senare delen av 1970-talet. En viktig funktion i datorn var att vi hade trigonometri i tabelluppslagningen som gick väldigt snabbt med sinus och cosinus och sådant. Det gick på ett fåtal mikrosekunder och jag tror inte att någon annan dator efter det har haft en sådan hastighet på trigonometrin. I ett senare skede har datorn bytts ut mot en signalprocessor, TMS 320, från Texas Instruments med helt andra prestanda. Den kom in under 1990-talet. Plötsligt blev det väldigt enkelt med radarfunktionerna med den bakgrund man hade, plötsligt var det gott om minnesvolym och kapacitet. Det kanske finns frågor?

Karl Johan Åström: Jag har en uppföljningsfråga. Tror du att det här skulle ha blivit av om inte Ingemar hade kommit till er och sagt att ni skulle få prata med Carlstedt?

Ingvar Sundström: Du menar mikroprogrammeringen?

Karl Johan Åström: Ja, just det. Jag frågade så här: Tror du att det skulle ha blivit av om inte Ingemar hade kommit till er och bett er att tala med Carlstedt?

Ingvar Sundström: Nej, det tror jag inte.

Karl Johan Åström: Nej. Det här tror jag är ett annat väldigt intressant, konkret exempel på samverkan mellan FMV och industrin. Jag tänkte ge ordet till Jörgen, som var en välvillig chef, vi har ju hört talas om motvilliga chefer här i flera olika sammanhang. Men nu har vi en välvillig chef här och det kan vara kul att höra vad du har att säga, Jörgen.

Jörgen Nilsson:[66] Ja, det var väldigt trevligt att höra från Ingvar. Om man vill kan man vara lite kritisk eller ge en helt annan aspekt på det. Det var inte så hemskt lätt när man var projektledare, att hålla reda på vad allt folk gjorde. Utan ibland blev det de som kom och talade om vad man hade gjort. Och det gällde faktiskt ett par saker som var väldigt överraskande. Acke Axelsson var inblandad i luftkylning av sändaren, vilket innebar att vi måste skaffa ett helt nytt sändarrör. Och det var jag helt emot. Men vår man som höll på med det sade helt enkelt att han hade talat med Acke, så det fick bli luftkylning. Detta innebar sedan flera års bekymmer med att skaffa rör som klarade av luftkylning. Så enkelt var det ibland. Men det var vänligt av Ingvar att kalla mig välvillig chef – det var ett väldigt intressant jobb för mig.

För oss nere i Mölndal innebar detta ett verkligt stort steg i alla avseenden. Under 1950- och 60-talen var vi väldigt beroende, vi gjorde i princip vad FMV sade till oss. Men sedan kom vi att stå mer på egna ben och det tror jag hade mycket med JA 37-projektet att göra. Vi upptäckte att vi faktiskt var ganska bra på radar och vi började få fler kunder, exportera och så vidare. Och vi klarade oss mer och mer själva, vi hittade på vad vi skulle göra.

---

[65] E-prom, förkortning av ”Electrically alterable programmable read only memory”.

[66] Jörgen Nilsson, f. 1926, elektroingenjör. Efter civilingenjörsexamen i elektroteknik 1951 innehade Nilsson under några år en lärartjänst vid CTH. Studier utomlands vid bland annat Imperial College i London följdes 1960 av anställning vid LM Ericsson i Mölndal som beräkningsingenjör med ansvar för beväpningssystemet B3 i J 35 F. 1969 chef för systemavdelningen och projektchef för utvecklingen av radar PS-46/A till JA 37, teknisk chef 1979. Nilsson var ledamot av IEEE Radar Systems Panel 1985-92 och pensionerades 1992.

Karl Johan Åström: Tack skall du ha. Ulf.

Ulf Frieberg: För mig var det rena skräckdetektivhistorien att komma fram till MPD.[67] För utan MPD hade det inte blivit någonting. Kan ni berätta om det, den historien?

Karl Johan Åström: Ska du ta det, Jörgen?

Jörgen Nilsson: Ja, jag höll på med radarutveckling under 1960-talet. Och det var pulsradar, ganska enkla grejer kan man säga nu i efterhand. Kungliga flygförvaltningen lade ut studieuppdrag på puls-dopplerradar till oss, till SRA, Saab, AGA och till TUAB.[68] Vi fick en del av pengarna. Man tog och delade in uppdraget i delar, vi skulle syssla med puls-doppler och vissa andra skulle hålla på med CW, eller intermittent CW.[69] Andra skulle syssla med andra delar. Hos oss hamnade puls-doppler och det betraktades av många som varande ganska hopplöst med stora stabilitetsproblem. Vi brydde oss inte om det så hemskt mycket utan byggde en prototyp med egna pengar som vi testade stående på marken någon gång 1965. Och det visade sig att det faktiskt gick bra trots allt.

Det gav oss mod att ge oss på flygradar. Med flygradar var det stora problemet att radarn satt i ett flygplan som for fram över markekona med en viss hastighet. Det skakade, det var ett fruktansvärt oväsen där framme. Vi satt ju längst fram i nosen. Och det påverkade radarn, stabiliteten och allting och vi var väldigt oroliga för det. Jag bad en av mina ingenjörer att göra en studie och titta på rörelser mellan radomen och antennen, om detta på något sätt kunde påverka det hela. Han kom fram till det att det inte alls verkade bra, att det nog inte skulle gå. Men jag insåg att det måste gå helt enkelt och tog hans rapport och lade den längst ner i byrålådan. Sedan vet jag inte vad som hände med den, jag tror att den låg kvar där i många år.

Det stora problemet var markekona, det gällde att följa markekonas hastighet. Beskedet vi fick var att vi måste komma i närheten av 50 hertz med en bärvåg som låg på 9 gigahertz, vilket verkade ganska hopplöst. Men vi provade det hela i en flygande prototyp och till vår överraskning gick det faktiskt. Vi fick ett 1-sigmavärde på 50 hertz. I och med det var vi inte längre så hemskt rädda. Arbetet tog sedan fart och det var väldigt bra att vi fick träffa amerikanerna och komma underfund med att de visste ungefär samma saker som vi. Det hade provat lite mer, vilket var bra. Jag vet inte vad jag ska säga mer?

Ingvar Sundström: Sedan var det ju mycket diskussioner om det skulle vara låg-PRF eller hög-PRF?[70]

Jörgen Nilsson: Visst, det var det vi skulle snacka om. Att använda låg-PRF var väldigt attraktivt, eftersom man skulle kunna ta den radar man haft i AJ 37 och med några smärre ändringar, lägga till någon utrustning, göra om den till en pulsdopplerradar. Vi kom senare underfund med att det nog inte skulle gå så hemskt bra utan att vi borde gå över till vad man kallade för ett sändarkoherent system. Men många talade för att vi skulle ha kvar idén med låg-PRF ungefär som en vanlig pulsradar, men med en koherent sändare som var ren och bra. Men det visade sig att en sådan radar skulle ge bekymmer med rörliga mål på marken, som till exempel bilar, tåg och andra fordon. Vi gjorde en del studier på det, jag tror till och med att vi provflög med någonting. Volkswagen ”bubblor” resulterade i stora mål och det var inte de vi var intresserade av.

---

[67] MPD, förkortning av vågformen medium PRF i en puls-dopplerradar.

[68] Teleutredningar AB (TUAB), gemensam utredningsorganisation inom den svenska elektronikindustrin bildad 1958 med amerikanska RAND Corporation som förebild. TUAB arbetade tidigt med utvecklingen av STRIL-60 men kom under 1960-talet att vidga sin verksamhet till andra militära utvecklingsprojekt.

[69] Continous Wave (CW), elektromagnetisk våg med konstant amplitud och frekvens.

[70] Pulsrepetionsfrekvens (PRF), term inom radartekniken som anger det antal radarpulser som sänds ut under en sekund.

Så småningom visade det sig att man för att kunna använda låg-PRF på dopplerradar var tvungen att flyga in på ett väldigt speciellt sätt för man kunde hamna i för radarn blinda zoner. Och det diskuterades en hel del i de här grupperna om att man skulle ha vissa inflygningsbanor och så. Men om man idag ser på det hela får man nog säga att det var väldigt orealistiskt med tanke på föraren. Föraren vill ju ha så lite bekymmer som möjligt och stor taktisk frihet. Detta ledde oss fram till det som kallas för medium puls-dopplerradar (MPD), där man har stor taktiskt frihet. Man kan närma sig bakifrån, framifrån och så vidare. Det fanns bara en nackdel, att räckvidden gick ner något, men det accepterades. Sedan har räckvidden under arbetets gång gått upp ganska kraftigt, så det var ett lyckat val. Och taktisk frihet har väl föraren fått?

Leif Åström: Det har han definitivt fått.

Karl Johan Åström: Gunnar vinkade.

Gunnar Lindqvist: Ja, detta har delvis redan belysts av Jörgen. Men det fanns ju hög-PRF under den här tiden i F 4 Phantom,[71] jag tror det var en Westinghouse-radar som satt där. Och vi valde, bland annat på grund av den taktiska friheten, en MPD. Men det kanske vore bra att klarlägga två saker ytterligare. Sedan när vi går till JAS 39 har vi en multimod-radar, där man kan blanda både hög-PRF och medium-PRF. Första frågan är alltså: Varför kunde man inte göra det på JA 37:s tid? Sedan tycker jag att ni något bör belysa vikten av de antennstudier ni har gjort. Att bygga en antenn med små sidlober och en sändare med rent sändarspektrum är de två grundläggande faktorerna för en dopplerradar.

Ingvar Sundström: När det gäller multimod-radar är det ju så att om man har en hög PRF behöver man kortare pulslängd. Det finns olika typer av vandringsvågrör man kan använda. Och de är ofta konstruerade för en viss arbetsfaktor, det vill säga förhållandet mellan pulslängd och pulsrepetitionstid. I JAS 39 löste man problemet med pulskompression i mottagaren och sändaren, pulsexpansion när man skickar ut signalerna och pulskompression när man tar emot dem. Och detta var en teknik som inte var särskilt utvecklad vid 70-talets början, det hade nog varit väldigt svårt att åstadkomma det. Senare kom det också sändarrör med dubbla möjligheter till arbetsfaktorer, ”dual mode”-rör kallades de, och de hade också löst problemet. Men de fanns inte heller på 70-talet. Det var helt enkelt väldigt svårt, man fick välja det ena eller det andra.

Sedan när det gäller antennen tittar sidoloberna rakt ner i marken när man flyger rakt. De är ofta väldigt kraftiga och man kan inte filtrera bort dem som man kan med huvudlobsklottret. Utan det gäller att göra en antenn som har så små sidolober som möjligt helt enkelt, och det lades ner ett fantastiskt arbete på att göra en Cassegrain-antenn med små sidolober. Och det var Olle Dahlsjö som ledde den verksamheten. Dessutom gjorde man åtgärder i radomen, den så kallade slipsen. Man lade in ett mönster av radarabsorberande material i nederdelen av radomen för att minimera sidoloberna. I JAS 39 har man en annan typ av antenn, en gruppantenn med ett fast mönster med 1000 strålningselement ungefär, vilket också ger ett väldigt bra sidolobsförhållande.

---

[71] F 4 Phantom, amerikanskt attack- och jaktflygplan utvecklat av MacDonnel Douglas, operativt 1960–96. Phantom utvecklades ursprungligen av den amerikanska marinen som jaktplan för skydd av hangarfartyg men kom senare att införas även av flygvapnet. Sammanlagt tillverkades drygt 5000 flygplan åren 1958–81, vilket gör Phantom till det mest tillverkade amerikanska överljudsflygplanet genom tiderna.

Axel Axelsson:[72] Ni har förmodligen redan sagt det jag tänker säga, jag hör lite dåligt och kan inte riktigt hänga med. Men just valet av medium-PRF skulle jag vilja säga något om. Och det vi valde var att använda en magnetron vid försöken.[73] Man tar sändarsignalen som just skickats ut, tar fasriktningen hos mikrovågssignalen och gör en referenssignal av den. Referenssignalen används vid mottagningen. Då får man alla ekon från målet inom entydighetsavstånd så att de kan dopplerbehandlas. Men då det gäller andra gången runt, tredje gången runt och fjärde gången runt, alltså mångtydiga, de kan vi inte göra något åt. Det skippade vi direkt. Annars gjorde Hughes Aircraft signalbehandling på det sättet vi provade på försökscentralen.

Sedan var det frågan om vi skulle ha medium-PRF eller hög-PRF. Anfallsmetoderna var antingen kanonen eller att stridsledningen ledde till ett avstånd på 10 eller 15 kilometer från målet varifrån man flög in för att sedan anfalla med radar- eller IR-robotar. För det passade inte hög-PRF utan man valde medium-PRF som sedan kunde användas som en låg-PRF om det behövdes. Och det var väl i stort sett bakgrunden till valet av medium-PRF. Jag vet inte om det har varit en nackdel egentligen, jag tror att det har gått ganska bra.

Sedan var det en faktor till, och det var resultatet av Luftförsvarsutredning 1967 (LFU 67) med möjlighet att skicka robotar från marken. I den styrande radarn för en sådan radar kom allt klotter, allt sidolobsklotter, att ha frekvensen noll. Det var lätt att få bort dem. Satte man däremot radarn i ett flygplan kom allt klotter att sprida ut sig över i stort sett hela dopplerspektrat. Eftersom det är omöjligt att filtrera bort allt klotter måste man försöka välja en antenn som prioriterar de riktningar där målet finns. Och det är väldigt knepigt att både få en bra antenn och välja signalbehandlingen på rätt sätt.

När vi var på Hughes Aircraft i januari 1972 presenterade Ericsson sin radar och Hughes presenterade sitt förslag till signalbehandling. Man försökte få fram ett PRF-mönster, standarden var att välja tre huvud-PRF som vardera hade två del-PRF, för att kunna söka igenom mönstret av markklotter. Och det mönstret höll man på och körde med lite variationer. Men så småningom kom man fram till att det egentligen bara är en PRF som upptäckter målet, eller högst två. Sedan offrar man massa tid på att skicka de andra PRF:erna! I sista skedet av JA 37 omkring 2 000 kom man fram till att man skulle köra en PRF tills man upptäckte målet och därefter sätta in en del-PRF för att upptäcka avståndet. Det baserade sig mest på att målet fluktuerade väldigt mycket i amplitud, beroende på målets rörelse genom luftströmmar och sådant. Teorin gick ut på att om målet råkade vara i ett läge som gav ett väldigt kraftigt eko, kraftig målyta, skulle det bibehållas de närmaste millisekundrarna, eller kanske till och med ett tiotal millisekundrar. Hade man en PRF som upptäckte målet skulle man kvickt passa på att välja del-PRF för att bestämma avståndet. Och detta var en av de sista modifikationerna rent programmässigt som gjordes på Ericsson i 37-systemet.

Ingvar Sundström: Ja, det är inte länge sedan.

Axel Axelsson: Nej. Och det tillsammans med några andra grejer gjorde att man ungefär fördubblade upptäcktsavståndet. En fördubbling av upptäcktsavståndet, det är mycket det, det är 12 decibel. Men det var en del andra saker, det var mikrovågsförstärkare och så vidare man använde där. Ja, det var vad jag ville säga.

---

[72] Axel Axelsson, f. 1922, radaringenjör. Efter korrespondeskurser i matematik och militärtjänstgöring anställdes Axelsson 1945 vid FOA 3 för att sedan 1949 gå över till flygförvaltningen där han blev kvar till pensioneringen 1986. Genomgick fem månaders radarkurs vid Marconi College i Chelmsford 1950. Axelsson medverkade under sin tid vid flygförvaltningen och senare FMV i utvecklingen av flera generationer svenska flygradarsystem i nära samarbete med LM Ericsson i Mölndal. Efter pensioneringen 1987 var Axelsson till 1996 verksam som konsult med olika uppdrag för FMV.

[73] Axelsson refererar till ett försök med att bygga en puls-dopplerradar med en magnetronsändare. Detta försök genomfördes tidigt i ett flygplan 35 Draken på försökscentralen med en ombyggd radar av typ PS-011/A. Avsikten var att kunna modifiera radar PS-37/A i AJ 37 till en puls-dopplerradar.

Karl Johan Åström: Tack. Kim?

Kim Bengtsson: Ja, jag tänkte på radarn och dess inkoppling i SYSIM. Från början hade vi bara en modell som gav radaroutput. Men med datorutvecklingen kunde vi senare bygga en radarsimulator, RADSIM, som simulerade insignaler till radarns styrenhet och gav möjligheten att använda det verkliga radarprogrammet i korrekt omgivning, som fick de typenliga programmen gående mot varandra, vilket var ganska värdefullt. Dessutom kunde ingenjörerna sitta och diskutera med föraren vad som hände.

Ingvar Sundström: Ja, det var när det kom ut multiplikatorer i TTL-serien som det blev möjligt att göra en radargenerator som kunde alstra de signalvektorer som behövdes inne i radarn. Och då kunde man placera riktiga enheter inne i SYSIM och testa med riktig programvara, ihop med hela systemet.

Kim Bengtsson: Det var i mitten av 70-talet?

Ingvar Sundström: Ja, i slutet tror jag. Och det var ett stort steg.

Karl Johan Åström: Tiden ilar och vi har några saker kvar!

Lennart Alfredsson: En liten grunka?

Karl Johan Åström: En kort grej.

Lennart Alfredsson: Jag hörde att ni nämnde Gunnar Carlstedt. Att materielverket skickade honom till oss var den bästa snilleblixt de haft. Han var ett fullständigt datageni, han var fullständigt fantastisk när det gällde datorer! Vi skulle ha två processorer i våra grejer, en som höll på med symbolerna och en som höll på med radarn, presentationen. De som vi hade gjort kastade han i papperskorgen, det tog inte många sekunder innan de var ute ur systemet.

Sedan gjorde vi processorer som var stackorienterade, vi visste inte om ordet men det visade sig efter en stund att de var stackorienterade. Vi ”pushade” på stackar och grejer och alltihop. Dessutom var det en RISC-processor, för det behövde vi.[74] Om man gör ”loopar” i systemet ska man använda ”for” och ”until” och ”while”. Den ”loop” vi använde mest gjordes i hårdvara, alla andra fick vi ta och göra på andra sätt. Och detaljerad datorkunskap var alltså något som kom in i företaget på detta vis. Vi lärde oss otroligt mycket om datorer. Efter det vi hade gjort de här systemen hade vi killar som var duktigt på att bygga det som idag heter datorsystemarkitektur. Alltså, hur det ser ut inuti. Vi hade också mikroprogram, de var 64 bitar breda och två kiloord långa, som styrde alltihop. Vi lärde oss otroligt mycket.

Och det som sedan hände i slutet på 70-talet och 80-talet, var att det började komma mobiltelefoner. Mobiltelefonerna började också få datorer och signalprocessorer, helt plötsligt var det ett relativt frekvent hopp från militärsidan till civilsidan med killar som faktiskt var utbildade på datorsystem och signalprocessorer. Detta innebar att helt plötsligt kunde de på mobiltelefoni också snacka signalprocessorer. Då blev det ett samarbete mellan våra mobiltelefongubbar och Löwens universitet i Belgien. Och helt plötsligt började de här killarna, som kom från vår verksamhet med datorerna i JA 37, göra systemarkitekturen i mobiltelefonerna. Stellan Nennerfelt blev till exempel chef där borta, och Jöran Hoff[75] blev strateg. Det var faktiskt väldigt många som kom över från

[74] RISC, förkortning av ”Reduced Instruction Set Computer”, processorarkitektur utvecklad under 1970-talet och som bygger på enklare och mer regelbundna instruktioner.

[75] Jöran Hoff, f. 1943, ingenjör och företagsledare, civilingenjör i elektroteknik vid CTH 1966. Hoff anställdes vid SRA i slutet av 1960-talet som systemingenjör vid militäravdelningen där han fram till 1980 huvudsakligen arbetade med presentationssystemet till Viggen och dess efterföljare. Efter detta ledde han under en tid SRA:s verksamhet

militärverksamheten via datorkunskapen och in i mobiltelefoniverksamheten. Och detta hade inte gått om inte Gunnar Carlstedt kommit, jag misstänker att vi fortfarande hade ”jockat” med de gamla registerarkitekturerna. Det hade väl gått det med men det här var ju elegant!

Karl Johan Åström: Väldigt skojigt tycker jag. Det här är en tråd som historikerna borde ta upp. Men nu skulle jag vilja gå över till utvecklingsmetodik och programvara, för det ska vi också prata lite om. Vi har en dryg halvtimme på oss. Vi ska också växla några ord om projektledning och sedan är vi färdiga. Jag tänkte be Dag börja prata lite om programvara och utvecklingsmetodik, som jag tycker hör ihop.

Dag Folkesson: Ja, det är ett ganska brett spektrum. Vi har hört lite axplock från radar och så vidare. När vi kom till JA 37 hade vi AJ 37 bakom ryggen och hade lärt oss olika områden den hårda vägen. Det var programutvecklingssystem, eller utvecklingsmiljöer som det heter nu. Programspråk, som på den tiden i stort sett var assembler, utvecklingsregler som man måste ha för att åstadkomma ett system, och även ganska mycket datorteknik, eller i varje fall datorinstruktionsanvändning på olika sätt. Och datorkapacitet för att klara den realtidsbelastning som blir och man måste också hantera programsystemen i måldatorn, alltså den dator man sätter i flygplanet. Och kommunikation för att hantera dom övriga delarna i det som vi senare kom att kalla avionikdatorsystem. I JA 37 var det ju faktiskt fyra, fem rätt stora datorer och några lite mindre. Man måste också hantera utvecklingen av program, dokumentationen, felhanteringen och så vidare.

Om vi utgår från AJ 37 gjorde man några ändringar i uppläggningar, jag hoppar direkt på dem, några ändringar där man hade haft besvärligt. Bland annat försökte vi få ett bättre stöd i programstrukturen för realtidshanteringen och begynnelsevärdessättningen. AJ 37 hade en huvudräkningscykel, ungefär 10 hertz eller 105 millisekunder, som man hade tänkt sig skulle klara det mesta. Och den klarade ganska mycket, men för att exempelvis hantera horisonten i siktlinjesindikatorn räckte det inte alls. Så det blev att utnyttja avbrottssystemet med avbrottsprogrammet i 34 millisekunder, A34 som vi kallade det, för att göra mellanliggande uppdateringar och extrapoleringar av data, speciellt sådant som hörde ihop med flygplanens attitydvinklar och, kanske mest tydligt, hanteringen av horisonten i siktlinjesindikatorn.

Eftersom vi har en figur med bland bilderna kan vi titta på strukturen [se bild 5 i appendix]. I AJ 37 delade man upp programvaran i olika delprogram som sysslade med olika funktionella saker. Och i stort sett alla bestod av en procedur som man exekverade i 10 hertz, vilket ledde till att man behövde de här avbrottsprogrammen, främst nämnda A34. Detta i sin tur ledde till att dokumentationen blev väldigt splittrad eftersom tidsuppdateringarna för de olika delprogrammens grundfunktioner hamnade i ett helt annat delprogram, A34, som sköttes av en annan person. Därför gjorde man i JA 37 en ny programstruktur som syns på bilden. Man gjorde ett antal procedurkedjor, senare kallade processer, som gick med olika frekvens. Man hade 8 hertz i grunden och dessutom 16 hertz och 48 hertz. (I principbilden ska således de aktuella frekvenserna vara 8, 16 och 48 hertz för procedurkedjorna P1, P2 och P4.)

Man gjorde tre procedurkedjor, kedjor av procedurer, som man anropade från en exekutiv som väcktes till liv av en realtidsklocka. Med användning av datorns avbrottssystem, som var prioritetsbaserat, kunde man till exempel låta den lågfrekventa (8 hertz) procedurkedjan, P1 i bilden, avbrytas av den mellanfrekventa P2 (16 hertz) och båda i sin tur avbrytas av den högfrekventa P4 (48 hertz). Allt för att den högre frekvensen ska ha en chans att komma med på de ställen i tiden där det behövs. Jag tror inte vi ska gå in och titta på detaljer i tidsförloppen, det är svårt utan bild att peka i. Att detta är ett ”Rate Monotonic-Scheduling”-system var något vi lärde oss

---

inom vägtrafikssystem innan han 1982 blev ansvarig för utveckling av Mobila System och Telefoner inom Ericsson. De senare framgångarna inom detta område baserades till stor del på personal skolad inom försvarssystem sidan, i första hand flyget. Hoff var från slutet av 1980-talet ansvarig för olika delar av framtidsinriktade och nyskapande verksamheter, senast som VD för Ericsson Business Innovation AB. Sedan 2003 arbetar Hoff med egen affärsverksamhet.

senare av de akademiska realtidsteoretikerna. Lite lustiga ordval. Det presenterades, jag tror det var 1973 av ett par akademiker, Liu och Leyland, som hade ett generellt sätt att beräkna belastningen. Detta kallade vi ”harmonic RMS”. Här hade vi synkrona programcykler som gjorde att det faktiskt blev mycket enklare.

Hur som helst, att vi införde flera procedurkedjor underlättade programmeringsarbetet väldigt. För då kunde man göra program, eller skall vi säga programvaruenheter, som hanterade allting som hörde ihop med en viss funktion. Både långsamma och snabba delar av funktionen hörde till samma programvaruenhet. Det blev olika procedurer, varje procedur placerades i en procedurkedja som exekverade i sin respektive frekvens. Det var en förbättring, ett administrativt enklare sätt att åstadkomma vad vi på ett besvärligare sätt hade gjort i AJ 37. Sedan, om vi håller oss till realtiden, synkroniserade vi också exekveringen, speciellt i den högre frekvensen 48 hertz, till den elektroniska presentationen. Jag vill minnas att det var Folke Andersson hos SRA och jag som kom fram till det. Det fungerade bra och gjorde det mycket enklare för då visste man hur lång tid det tog innan en ny attitydvinkel gick igenom systemdatorn och genom den elektroniska presentationen och kom ut på siktlinjesindikatorn.

Kim Bengtsson: Hade du inte i stort sett hela systemet synkat?

Dag Folkesson: Ja, det är riktigt. Synkroniseringen i avioniksystemet gjorde det hela mycket enklare och mycket effektivare. Problemet med horisonten löste vi i stort sett i AJ 37, men det var en besvärlig lösning med AGA:s gyroplattform med kardaner och så kallade kopierservon. Dessutom hade man i AJ 37 då inga rategyron inkopplade utan vi blev tvungna att prediktera signalerna genom att titta bakåt på differenser. Och det var inte särskilt lyckat med hänsyn till kvantiseringssprång. Det var ett väldigt kompromissande mellan prediktering och filtrering, eller om man lite finare vill kalla det optimering, som inte var så lätt att göra på matematisk väg. Utan man fick gå via flygförarna som fick tycka det ena och det andra, vi körde i SYSIM och provflygplan. Men det gick bra till slut.

Alla testprogram för prestandakoll och fellokalisering på marken låg utanför datorn, som bara hade reserverat en liten överläggsarea, och vi hörde förut att i AJ 37 hade man bland annat en teletestbil som LM Ericsson var inblandad i, och som innehöll alla program för successiv inladdning. Den blev senare ersatt med ett yttre minne, en bandspelare, som var lättare att bära. Och med högre funktionssäkerhet. Annars var det hela en slags fortsättning på AJ 37 med några egna karaktäristika, om man så vill.

Vi hade ett antal olika programvaruenheter och procedurer, och gränssnitten mellan dem kallade vi systemvariabler. Det var globala variabler som man producerade i en procedur och använde i en senare, om man inte ville ha en som var en hel period gammal. I schemaläggningen måste man hålla reda på i vilken ordning de skulle uppdateras. För att hantera systemvariablerna skaffade man redan på AJ 37-tiden en databas ur vilken man kunde få listor med indata och utdata för varje programvaruenhet och all information om dem, inklusive om de var tidskritiska. Systemvariabelhanteraren kallades den. Det skaffades en sådan för JA 37 också och det visade sig att det var nästan det enda hjälpmedel som vi hade för att strukturera systemet. Det fanns inte så mycket programmeringshjälpmedel på den tiden.

Dokumentationen, som ibland kallades för programunderlag, förbättrades också en del från AJ 37. Förutom den generella huvudspecifikationen – det fanns en projektspecifikation och en systemfunktionsbeskrivning – kom man sedan ner till programvaruenheten som hade en specifikation, en slags beskrivning och ett programflödesschema med vidhängande in- och utlistor. Innan man kunde skriva några programsatser måste man bestämma sig för vad en viss programdel skulle göra, och det gjorde man med in- och utdatalistorna. Där definierade man de variabler som man använde. Och vi upptäckte att vi måste bestämma hur vi skulle göra för att inte alla skulle göra olika, exempelvis beträffande variabelnamn.

Vi fick redan i AJ 37 skriva vissa regler för det. För att kunna använda variabler i formler får de inte vara för långa. Vi bestämde oss för att använda ett vanlig tekniskt, vetenskapligt upplägg med en huvudbokstav, till exempel ”V” när det var en hastighet, och ”A” för acceleration. Sedan använde man XYZ för koordinater i ett undre index och ett övre index som bestämde vad det var, eller var den kom ifrån. Man måste ha klart för sig – det mesta är geometriskt betonat med vektorer – vilka koordinatsystem det är. Det är egentligen flygmekanikens koordinataxlar framåt längs flygkroppen, Y längs högervingen och Z ned genom landställen. Och sedan ett antal upprollade system, något pekande mot norr, som heter X1, X2 och så vidare. Det var basen i det hela. Sedan fanns det attitydvinklar psi, theta, fi och alfa/beta, alltså anfallsvinkel och snedanblåsning, och det skrevs i flödesplanen med grekiska bokstäver. Sedan fick vi en regel om hur man skulle skriva det som variabel, man skrev huvudbeteckningen följt av övre och undre index.

Karl Johan Åström: Kort sagt införde ni en stark disciplin för hur ni egentligen dokumenterade allting?

Dag Folkesson: Jag kanske ska fylla på med några russin här. Förutom den här koordinatinformationen upptäckte vi att det var en förfärlig massa logik. Bland annat var det olika switchar i flygplanet som gick in i binära inkanalregister – knappar och vred som ofta blev vad vi definierade som enbitslogikvaribler. Dessa betecknades med L. Eventuellt fanns det sådana med tre bitar, då stod det L3 och så vidare och med ytterligare index på. Jag minns mycket väl hur det gick till. När det hade gått några månader när man hade börjat skriva underlag stod det ”BI” och ”bit?” på flera ställen i flödesplanen, därför att insignalerna inte var allokerade än. Då bestämde jag att vi måste ha namn på dem.

Vi fick in dem i assemblern, som assemblermakron. I CK 37 fick vi in dem som hårdvaruinstruktioner, för att hantera enstaka bitar i speciellt in- och utdataord, som man kunde sätta och man kunde hoppa på. Och som assemblern, översättaren alltså, kunde ta till när vi använde de här L-variablerna. Det fick vi också in i JA 37. Ja, det finns mycket historia. Det blev en amerikansk dator där, Singer Kearfott SKC 2000, senare omdöpt till SKC 2037. Sedan kallades den i Sverige för Dator 107.[76] Och de hade ett assemblersystem som hette FOCAP och efter lite kämpande fick vi faktiskt in makron i det som hette put och speciella hoppinstruktioner. Ja, som ni förstår finns det en hel del att prata om, jag kanske ska släppa in någon annan.

Karl Johan Åström: Vi kanske ska göra det. Jag tackar dig för det här och vi kanske ska låta Kim komma med några korta kommentarer. Sedan vill jag faktiskt ha 10 minuter kvar för att prata lite grann om projektledning.

Kim Bengtsson: Ett av de stora problemen med alla de här datorsystemen var att man bytte värddatorer hela tiden. Och vi flyttade. När vi tog hem assemblersystemet för centraldatorn var det förutsatt för en IBM 360[77] och det fanns varken på materielverket eller i Linköping. Vi hittade en på Sparbanken i Linköping, en IBM 360/40, som det tog ungefär en halv dag att köra en del av ett litet program på. Sedan åkte man upp till Skandia i Stockholm där de hade en IBM 360/70, om jag minns rätt, och då gick det över natten. Så småningom hade vi lagt över det här till den maskin som Saab hade. Men sedan bytte de och vi slutade på en SUN-maskin.[78]

---

[76] Dator 107, beteckning på den centrala datorn i JA 37. Datorn, utvecklad av Singer-Kearfott med beteckningen SKC2000, var mycket avancerad och i princip av samma konstruktion som levererades i prototyper till det amerikanska B1-bombplanet. Upphandlingen skedde i konkurrens mellan IBM, Singer-Kearfott och Datasaab. Dator 107 kom senare, efter vissa modifikationer, att licenstillverkas av Datasaab för JA 37.

[77] IBM 360, datorserie utvecklad under 1960-talet för att ersätta IBM 7000-serien. Avsikten var att introducera en gemensam dator för både kommersiellt och vetenskapligt bruk och IBM 360 fanns i olika storlekar beroende användarens behov av beräkningskapacitet. Paul Ceruzzi, *A History of Modern Computing* (Cambridge, Mass., 1998).

[78] SUN Microsystems, amerikanskt datorföretag grundat 1982.

Men ännu värre var egentligen det vi köpte från USA. En gång inträffade ett fel och man skickade en offertförfrågan, att de borde korrigera något. Vi fick en offert, skickade en beställning och sedan hände det ingenting. Vi skickade över en man från Saab och en från FMV, och det visade sig att A-laget som hade gjort vår ursprungliga grej, de höll ju på med nästnästa edition och B-laget, som skulle underhålla vår, de höll på med nästa edition och något C-lag hade de inte. Det höll de på att anställa. Då gjorde Saab och FMV det gemensamt och sedan lyfte vi noggrant hem systemet till Sverige. Sedan behövde vi visst aldrig uppdatera det mer. Det här var problem som vi över huvud taget inte var medvetna om från början.

Dag Folkesson: Jag kanske skall sticka in en med grej för att ge lite miljö åt det hela. De här värddatorerna producerade i stort sett hålremsor med maskinkod. De körde man in i provstationen, vi hade en enkel systemsimulator, och hittade man fel rättade man med ”patchar”. Alla delprogrammen fick sin ”patch-remsa” som man skarvade ihop. Under den här editionen tog man grundremsan, den hopskarvade ”patch-remsan” och en speciell provstationsanpassningsremsa och gick till provflygplanet med. Det lärde oss att det var väldigt noga med checksummor och sådant.

Karl Johan Åström: Det visar hur jobbigt programmering var på den tiden. Nu ser jag att Kim är sugen att bygga på.

Kim Bengtsson: Jo, man kan konstatera vilken tavla vi gjorde. Vi hade ingen erfarenhet av att föra in program ute på förband – de trodde man kom med flygplanet. Sedan behövde vi uppdatera programmen. Jag kommer ihåg att när någon av de första kärrorna levererades upptäckte man under kontrollflygningarna ett problem. Saab fixade det omedelbart med en ändringsremsa som sedan skickades ut till förband där de skulle kolla programmet. Inte fan hade de fått någon ändringsremsa, det kunde de inte läsa, och vi hade inte genererat något totalprogram. Det blev lite panik innan vi upptäckte att vi var tvungna att hålla en viss konfigurationshantering.[79]

Karl Johan Åström: Då får jag tacka er för det här om programvara. Vi har inte många minuter kvar men jag tänkte vi skulle säga någonting om projektledning. Jag tänkte låta Magnus Ingmar, som representerar Saab, säga lite grann. Sedan tänkte jag att Ingemar Carlsson skulle få säga lite grann som avslutning.

Ingemar Olsson: Ja, jag tror att jag kan vara ganska kort. När vi började med 37:an på Saab jobbade jag med 35 F. Hela systemavdelningen för 35 Filip på Saab, det var 30 man. Det var en mycket enkel projektledning på den tiden. Sedan blev det betydligt svårare med 37. Men vi hade ”Central beredning 37” och det blev givetvis rätt mycket byråkrati. Men det är väldigt viktigt att det hela tiden finns några kärnstarka killar som kan driva utvecklingen oberoende av de byråkratiska problem som alltid uppstår i stora organisationer. Och det har vi, tycker jag, lyckats ganska väl med. Centralfiguren för oss är Bengt Sjöberg.

Karl Johan Åström: Efter dagens presentation torde det vara ganska klart att Bengt har spelat en viktig roll.

---

[79] Kommentar av Kim Bengtsson: ”Detta visar att vi inte hade erforderliga rutiner för programhantering i början av AJ 37, utan att rutinerna växte fram med tiden och blev till slut ganska bra. Vi hade inga strikta regler för programkvalitet som knappast var uppfunnet då. Själv lyckades jag, genom bantningar och smartkodning försvåra möjligheterna till vidareutveckling i AJ 37, men programmet rymdes med skohorn inom existerande minnesvolym. Det var med gedigen bakgrund som jag senare blev ansvarig för kvaliteten hos flygplanets programvara vid FMV. Man kan säga att utvecklingen har gått från AJ 37, där funktionen helt prioriterades, via JA 37 där funktionen fortfarande var det primära men där vissa kvalitetskrav fanns, till JAS 39 där programkvalitet plötsligt blev det allt överskuggande, medan intresset för funktionerna tycktes minska på flera håll.” Brev från Kim Bengtsson, 9 januari 2008.

Ingemar Olsson: Det är inte så mycket mer jag kan säga.

Karl Johan Åström: Tack så mycket. Ska vi ta och lämna över slutordet till Ingemar Carlsson. Vi har ju hört förut att Ingemar var den som skickade runt Gunnar Carlstedt. Han har säkert mycket mer på sitt samvete också. Jag tycker att det är riktigt att du får sluta.

Ingemar Carlsson: Ja, men då valde vi fel ämne för seminariet. Vi hade ett särskilt förslag omkring det, men det handlade om datorer, eller digitalisering och datorer. Nej, jag tänkte ta chansen och säga något om faktorer som går över hela området. Varför har man kunnat åstadkomma de här sakerna? Vad är det som har inverkat? Den första faktorn är kontinuiteten. Vi får komma ihåg att det finns folk med här i seminariet som har varit med och utvecklat alla flygplan sedan flygplan 32 och har erfarenheter från användning och så vidare. Det tror jag är någonting som är rätt unikt. Detta gör att man naturligtvis undviker tidigare kända problem, tabbar och liknande. Det tror jag är en absolut väsentlig grej.

Det andra faktorn är utlandssamarbetet och den tredje de försöksprogram vi hade, som Hasse Olofsson försökte föra in här lite mera. Vi hade ett nära samarbete med flera stora leverantörer i USA, det var främst Hughes Aircraft och Honeywell. Men vi hade även andra kontakter i England och USA. Vi lärde oss en hel del, framförallt fick vi en uppfattning om vad som var på gång utomlands så att man fick lite råg i ryggen för att göra vissa saker. Om vi tar presentationssidan som exempel fanns det redan från 35-tiden en viss känsla hos folk för presentationsfrågans betydelse. Gunnar, som var projektledare, har givit de som jobbade med detta ett gott betyg. Att det fanns ett för sin tid väldigt väl avvägt presentationssystem som inte innehöll mycket IT, men mycket elektronik och elektromekanik. Och det byggdes sedan på genom kontakterna med SRA och Saab som vi hade på SI-tiden, och med USA längre fram. Vi hade till exempel det här ANIP-programmets folk. Det fanns ett stort program i Amerika, ”Army Navy Instrumentation Program”, som var här med hela sin ledningsgrupp och flög runt i en Pembroke någon gång i slutet på 60-talet. De jobbade exempelvis med helikoptrar där rutorna, ja rutorna runt omkring, bestod av genomskinliga katodstrålerör, hade idéer om en ”Highway in the Sky” och alla möjliga sådana saker. Så vi var exponerade för alla möjliga idéer från olika håll.

Vi hade vår egen teknik- och marknadsuppföljning, som en del kanske tycker var lite onödig, men som andra har haft stor nytta av. Vi jobbade på det sättet. Och det fanns en kontinuitet i detta, saker och ting har inte bara hänt av sig självt utan de har kommit fram genom det här långvariga och intensiva jobbet. Sedan var det en god korsbefruktning mellan olika verksamheter inom den relativt lilla krets av folk som det trots allt var frågan om i Sverige. Och jag kan ta två exempel från vårt eget område på FMV. Vi jobbade med flygträningssimulatorer, därifrån kom idéerna att göra någonting som så småningom blev UTB, som också hade med utbildning att göra. Andra saker hinner vi inte gå in på här. Underhållssidan hade en korsbefruktning av erfarenheter och idéer och folk som gjorde att vi kunde utveckla RUF-systemet.[80] Henrik Holmedal,[81]

---

[80] RUF (Registrering Underhåll och Flygsäkerhet), hjälpmedel för att styrt med den centrala datorn samla in och på en bandspelarkassett i flygplanet registrera driftdata från de flesta system och utrustningar i flygplanet, inklusive motorn. Systemet samlade totalt in omkring 1600 variabler. Efter flygningen sattes kassetten in i en datorstyrd markutrustning som automatiskt analyserade det inspelade materialet med avseende på felindikationer och varningssignaler från flygplanets olika inbyggda testsystem. Dessutom skedde en mängd lastberäkningar och kontroller av motorn, exempelvis trendanalyser mot tidigare registreringar. Databaser med intressant information lagrades och följde varje flygplan under hela dess livslängd. RUF banade vägen för en övergång från tidsstyrt till behovsstyrt underhåll för varje flygplan, vilket ledde till stora kostnadsbesparingar. Elektroniksystemets uppbyggnad med en central dator som via databussar hade kontakt med de flesta utrustningar i flygplanet medförde att i huvudsak endast programvaruändringar behövdes för att introducera RUF. Det visade sig efterhand att RUF-systemet var användbart även för många andra ändamål, bland annat utredningar av tillbud och haverier.

[81] Henrik Holmedal, f. 1943, elektroingenjör. Efter civilingenjörsexamen i elektroteknik från CTH anställdes Holmedal som flygingenjör i flygvapnet med placering på F9 Säve under ett år och därefter vid FMV-F underhållsavdelning. Holmedal övergick 1972 till flygelektrobyråns systemsektion, där han arbetade med systemutformnings- och systemintegrationsfrågor. Med sin bakgrund från underhållssidan och sina systemkunskaper ledde han dessutom specifice-

som sitter här, gjorde på egen hand en stor del av utvecklingen av RUF-systemet, som också var en sådan där revolutionerande grej som knappast hade gått att göra i någon annan typ av system än de som vi utvecklade.

För övrigt kan vi nämna att det var likadant på datorsystemsidan. Det var den tidiga verksamheten på CK 37 som gav råg i ryggen till vissa att fundera vidare. Sedan var det ett visst tillbakasteg på JA genom att vi inte fick fram en svensk dator där. Men det var förmodligen rätt i den tiden att göra på det sättet. Vi kom igång igen, bland annat genom Gunnar Carlstedt. Och på B3LA-tiden lades en stor del av grunden till utvecklingen i JAS, till exempel vad gäller datorsystem och presentationssystem.[82] Även där var det kontinuiteten, att vi successivt har byggt vidare på erfarenheter, som har varit det viktiga. En grej som vi inte har sagt någonting om är hårdvarukvaliteten, tillförlitligheten hos systemen. När det blev alltmer omfattande elektronik gällde det att verkligen försöka hålla koll på kvaliteten, och det gjorde man på olika sätt. Dels genom åtgärder med att välja ut komponenter och inbränning och ordentliga prov av olika slag vad. Dels genom rationaliseringarna av underhållshjälpmedel och annat, som gjorde att man kunde få återmatning exempelvis via RUF-systemet. Fel som hände i verkligheten, med den vibrationsmiljö och de§ temperaturer som var i verkligheten, kunde man inte återskapa i marktestutrustningar.

Slutligen får man inte vara feg i den här branschen, då blir det ingenting. Vi hörde Magnus Ingemar säga att man har fått kämpa ner många, både företagsledningar och projektledningar. På FMV har vi varit ovanligt lyckligt lottade med chefer som har förstått att man måste kunna förnya sig. Trots diktat från högsta ort att inte föra in någonting nytt över huvud taget har vi gjort det. Det är en läxa som man kan dra – var inte feg. Man skall inte vara dumdristig, men ännu viktigare är att inte vara feg. Tack.

Karl Johan Åström: Tack skall du ha. Jag tycker det var väldigt bra slutord. Jag vill passa på att tacka er alla i panelen som har lagt ner väldigt mycket tid, dels att genomföra det här projektet och sedan för att ni har haft lust att ställa upp. Och jag vill tacka er som har varit med i publiken, som har suttit och kommit med väldigt intressanta bidrag. Vi skulle gott kunna sitta här en dag till, men det var nu vi skulle sluta. Tack skall ni ha.

---

ring och uppbyggnad av RUF-systemet. Han utvecklade och programmerade själv RUF markutvärderingsstation med analys, presentations- och registreringsfunkioner. Holmedal flyttade 1989 till FMV projektledning för JAS 39 som teknisk expert, senare delprojektledare Avionik. Därefter arbetade han som systemingenjör för system_av_system inom FV 2000 på flygmaterielledningen och senare vid FMV Systemledning som ansvarig för Modellering och Simulering inkl Sveriges deltagande i WEAG-samarbetet inom modellerings- och simuleringsområdet, med bl a framtagning av verktyg för storskaliga samverkanssimuleringar. Med dessa demonstrerade Sverige först i Europa i ett simuleringsprojekt funktionen hos en stor luftförsvarssystemfederation med flyg- och marinstridskrafter samt ledningssystem.

[82] B3LA, svenskt stridsplanskoncept utvecklat under senare delen av 1970-talet, tänkt som attack- och skolflygplan. 1979 lades projektet ned till förmån för utvecklingen av JAS 39 Gripen. Gunnar Lindqvist och Bo Widfeldt, *JAS 39 Gripen* (Nässjö, 2003), s. 42 ff.

Bild 1: Avioniksystemet i JA 37

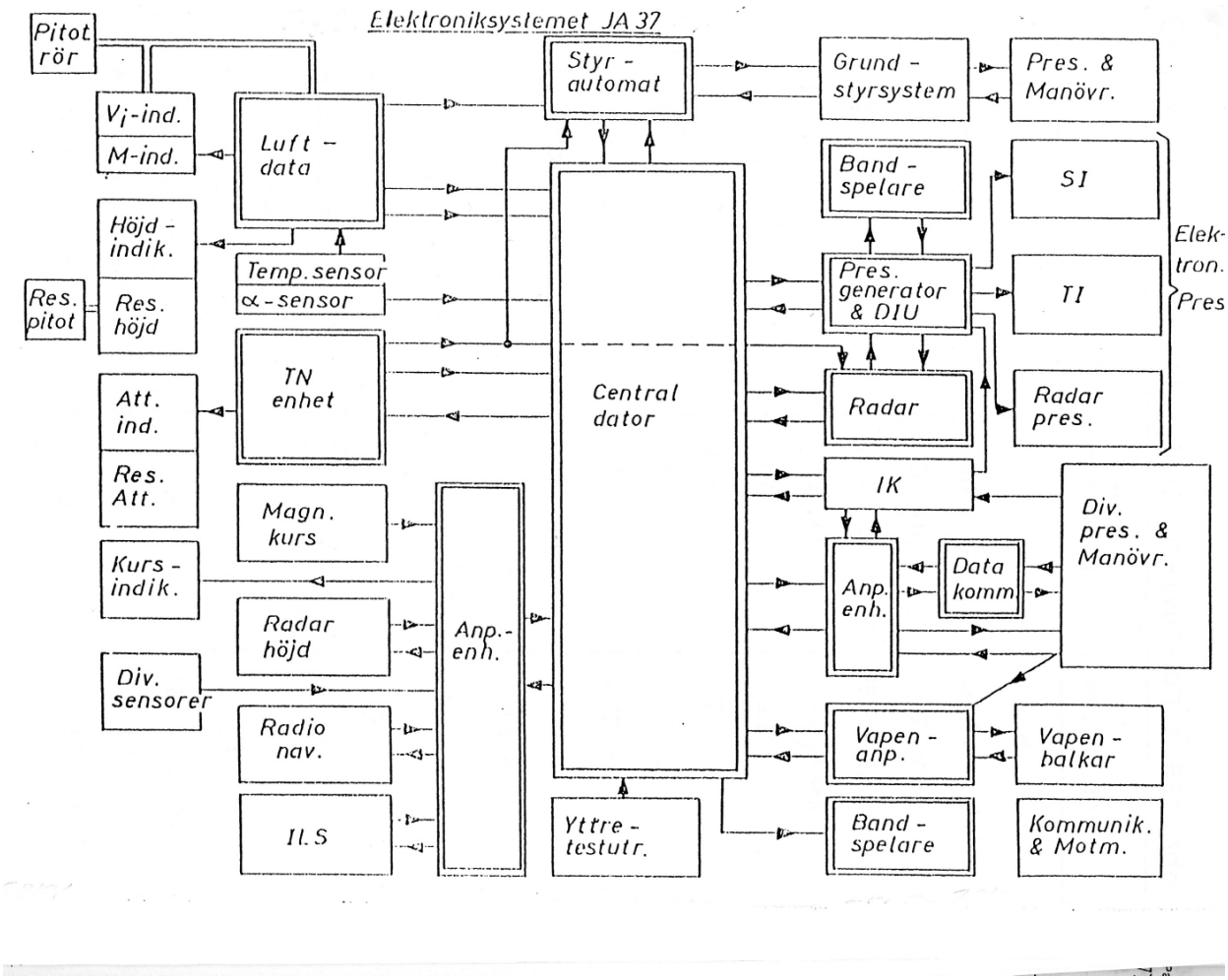
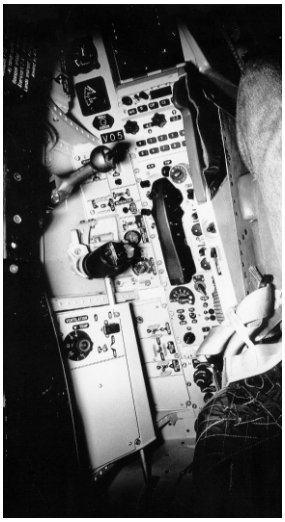


Bild 2: Förarens arbetsplats i kabinen



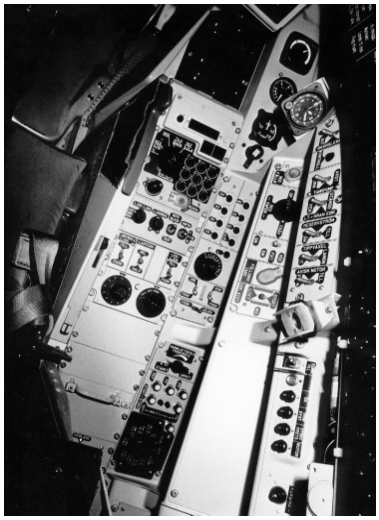
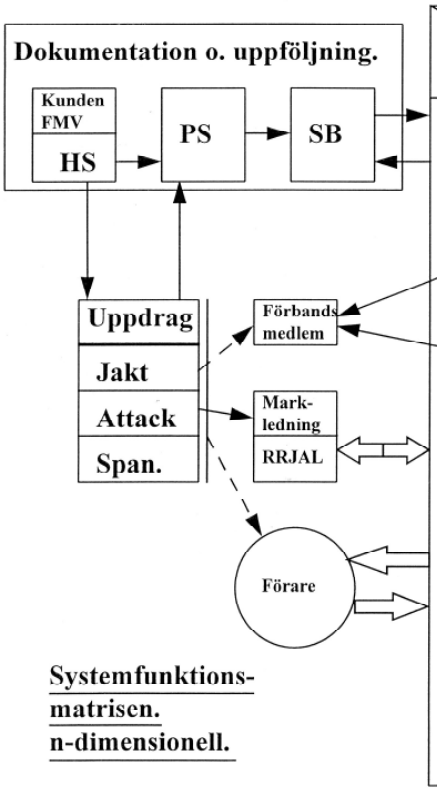


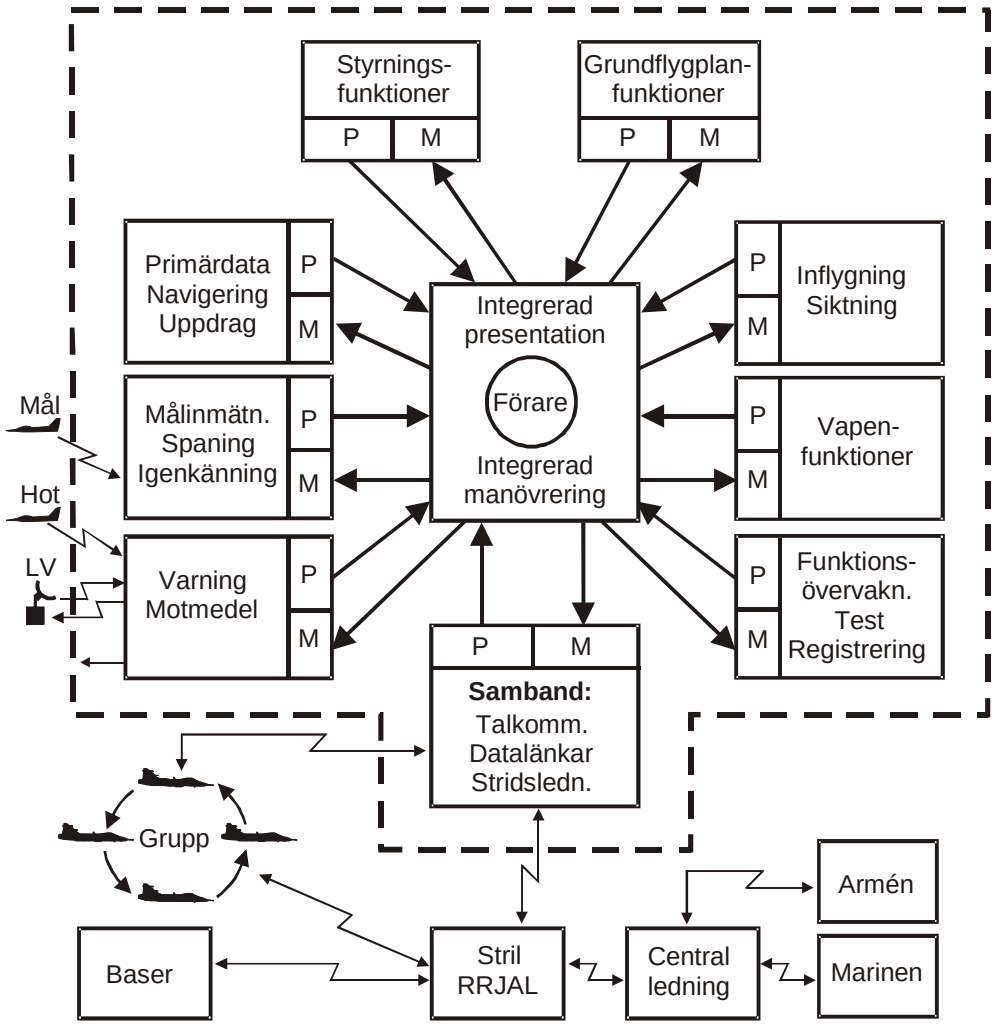
Bild 3: Systemfunktionsmatrisen



Systemfunktioner	”Byggstenar”: Hårdvara o Programvara									
	Flyg o grunds.	Styr-system	LD	TNS	SD	AFPL AVAP	EP	RR	Komm utr.	o.s.v
Flygfkn	X	X								
Primärfkn	X	X	X	X	X	X	X			X
Uppdragf.	X		X	X	X	X	X			X
Talsambf.	X								X	X
Strilfkn	X			X	X		X		X	X
F/TD-länk	X			X	X		X		X	X
IK-fkn	X			X	X				X	X
Målinm.f.	X		X	X	X		X	X	X	X
Infl/siktn	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Vapenfkn	X		X	X	X	X	X	X	X	X
VMS-fkn	X			X	X	X	X	X	X	X
Registr.f.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Övervakn.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Testfkn.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
o.s.v										

Presentation och Manövrering

Bild 4: Föraren i centrum



P = Presentationsfunktioner
M = Manövreringsfunktioner

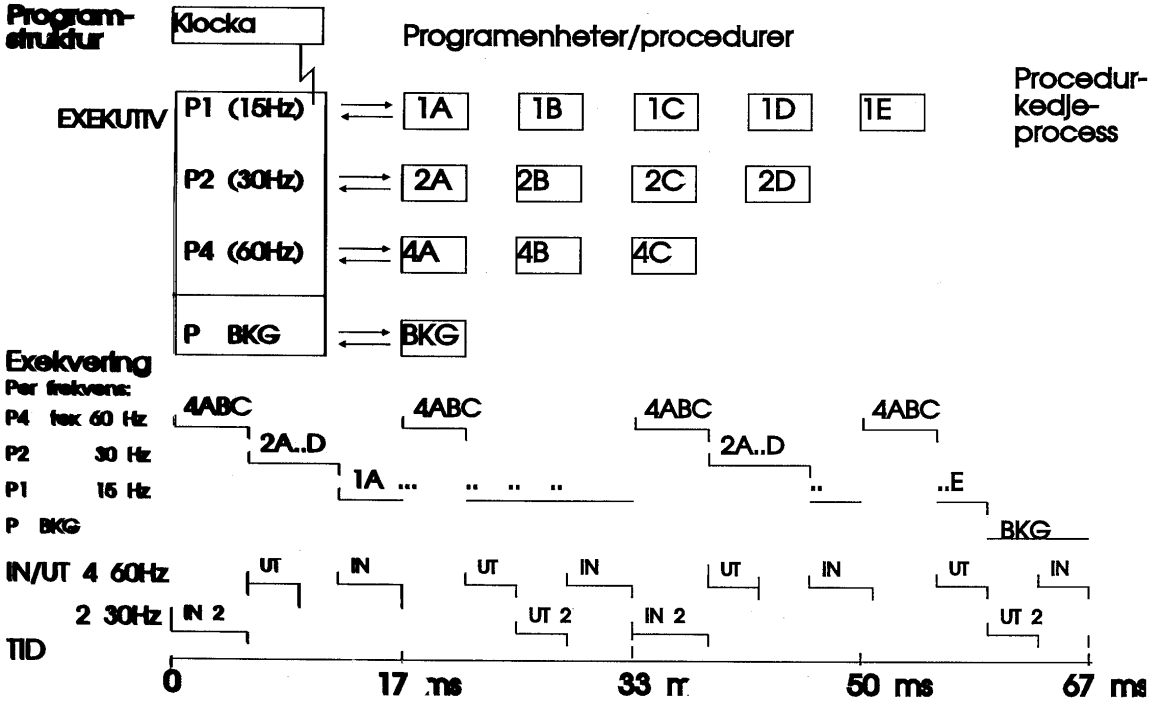



Bild 5: Exekveringsarkitektur för centraldatorn i JA 37