

# TIFF



Nr 2 1973



DET ÄR MÄNNEN PÅ  
MARKEN SOM HÅLLER  
PLANEN I LUFTEN

**TEKNISK INFORMATION  
FÖR FLYGMATERIELTJÄNSTEN  
UNDERHÅLL**



TIDSKRIFT FÖR TEKNISK INFORMATION FRÅN FÖRSVARETS MATERIELVERK  
HUVUDAVDELNINGEN FÖR FLYGMATERIEL, UNDERHÅLLSAVDELNINGEN, STOCKHOLM

## UTKOMMER

med 3 nr per år  
Distribueras till FV-instanser m.fl.

## ANSVARIG UTGIVARE

Chefen för underhållsavdelningen,  
tekn. dir J O Arman

## REDAKTÖR

K-G Wahlstedt  
**I REDAKTIONEN**  
J Österberg, FMV-F:UH  
R Hjärter, FMV-F:UH  
L Frennemo, FFV-U/CVA  
I Lindstrand, FFV-U/CVM  
S Nordin, F10

## MANUSKRIFT

adresseras Tidskriften TIFF  
FMV-F:UHD, Narvavägen 32  
104 50 Stockholm 80  
Redaktörens adress:  
FFV-U/CVM, 581 82 LINKÖPING  
Tel: 013-996 00, bostaden 17 19 18

## NÄSTA NUMMER

Nr 3/73 december 1973

## OMSLAGSBILDEN

Många presentationer av flygförsvarets slagkraft och framtid gavs vid årets internationella flygmässa i Paris, varom TIFF rapporterar i detta nummer. Bilden visar en monter i den franska idéutställningen, där publiken fick en mycket allsidig presentation av konkreta insatser på flygområdet.

Försvaret av idag kräver dessutom mera kraftfulla verktyg för förfinad underhållsplanering och optimering, där bland annat operationsanalys och andra tillämpningar av teoretiska modeller kommer till användning. Härom är föga känt, varför den svenska utvecklingen av sådana beslutsunderlag presenteras här och ger detta TIFF-nummer en speciell temakaraktär.

TIFF fortsätter att presentera artiklar om detta i kommande nummer.

## TRYCK

ZätaTryckerierna Linköping 1973

## UR INNEHÅLLET

Kostnad — Effektivitet . . . . .	4	Raka fåror . . . . .	33
Tanka snabbare . . . . .	6	Brutenkretsprov . . . . .	35
En eller två motorer . . . . .	8	Röde Hanen . . . . .	36
Planering en konst? . . . . .	11	Pascal . . . . .	38
METRIC . . . . .	13	Livstid, med övervakning . . . . .	40
Inbyggd underhållsbarhet . . . . .	16	F5:s nya verkstad . . . . .	42
La Vie Parisienne . . . . .	20	Spårning . . . . .	43
Kläckt . . . . .	30	Utrikes utflykt . . . . .	44
Förrådssystem . . . . .	31	Laser, vad är det . . . . .	46

# BESLUT

## på goda grunder

I föreliggande nummer av TIFF behandlas huvudsakligen temat PLANLÖSNING AV UNDERHÅLL och den UNDERHÅLLSBEREDNING som görs i samband med anskaffningen av de större vapensystemen. Problemen har tidigare berörts i olika artiklar i TIFF och är därför inte nyheter för läsarna.

Vad TIFF nu önskar är emellertid att mera samlat söka ge en information om de medel och metoder som används i beslutsprocessen. Vi har funnit det vara angeläget att göra detta av flera skäl. Främst är det därför att man på ansvarigt håll i hela vår organisation, där man är beroende av de centrala besluten, bör ha klart för sig de förutsättningar som gäller. Men det är även önskvärt, att man på skilda håll i övrigt genom en breddad information får upplysning om hur det går till, när vi söker finna de mest ekonomiska lösningarna och fylla de operativa kraven. Några av artiklarna förefaller måhända vid första anblicken teoretiska och svårlästa med det kan bero på en helt onödig respekt för "teori" och en del något tillkrånglade uttryckssätt.

Inom F:UH har vi funnit praktisk erfarenhet kombinerad med modern utvärderingsteknik vara fullt möjligt och numera nödvändig. Idag är således matematiska modeller realistiska och har blivit rutin. Det är bl.a. erfarenheter från praktisk tillämpning av operationsanalytiska metoder och användningen av datorer för räknearbetet, som gjort detta möjligt.

Som tidigare nämnts är förutsättningarna väsentliga. En räknemodells resultat t.ex. avseende en behovsberäkning av utbytesenheter eller fördelningen av underhållsutrustning på olika nivåer fordrar ju att ingångsvärdena är riktiga och hållfasta. I de nämnda exemplen bygger underlaget i modellerna således bl.a. på fasta reparationstider, transportkostnader, antagen fördelning av underhållsobjekt mellan de olika nivåerna, felintensitet etc, faktorer som i hög grad beror på förbandens handlande vid drift och underhåll av materielen. Risk för brister och låg tillgänglighet är stor om inte förutsättningarna kan innehållas. Naturligtvis kan felaktiga förutsättningar ha tagits in vid utvärderingen, vilket då visar sig vid utprovning eller vid förbandsdriften. Då får man söka felet och uppdatera modellen. Felintensiteten är kanske högre än beräknat. Detta kan resultera i kompletteringsköp, omfördelningar eller modifieringar för att sänka felintensiteten eller öka underhållsmässigheten. Om detta inte är möjligt, t.ex. av ekonomiska skäl, kan man tvingas att ändra på ingångsdata av organisatorisk eller operativ art. En stor fördel med användningen av den här typen av modeller är möjligheten att variera förutsättningarna och pröva olika alternativ. Man får en säkrare grund att stå på vid beslutsfattandet, som alltid baseras på en kombination av modellresultat och erfarenhet.

Som vanligt är vi intresserade av synpunkter och debatt. Välkommen kring dagens tema i TIFF. De här nu nämnda förutsättningarna, där beroendet ligger hos förband och verkstäder, det är de uppgifter som finns i underhållsplanerna.

*J O Arman*

# Kostnads-Effektivitetsanalys



Utveckling av ett system innebär en lång sekvens av beslut och val mellan olika alternativ. Betydelse och räckvidd av besluten varierar och så gör också principerna för beslutsfattandet. Man kan "göra som sist", kasta krona och klave, fråga chefen eller allmänt ta sig fram med tummen och pekfingeret. Man kan också på olika sätt utnyttja de

<sup>1)</sup> Det används väsentligen två typer av modeller:

- "räknande" modeller (t.ex. kostnadsmodeller och simuleringsmodeller) beräknar med inmatade förutsättningar konsekvenser vad gäller kostnader och värde-effektivitet för ett enskilt beslutsalternativ. Alternativen får sedan jämföras manuellt av beslutsfattaren
- "optimerande" modeller har en inbyggd "mätare" med vars hjälp alternativen automatiskt jämförs. Den i modellens mening bästa lösningen presenteras för beslutsfattaren.

## Modell - vad är det?

I dessa sammanhang används väsentligen två typer av modeller:

- "räknande" modeller (t.ex. kostnadsmodeller och simuleringsmodeller) beräknar med inmatade förutsättningar konsekvenser vad gäller kostnader och värde-effektivitet för ett enskilt beslutsalternativ. Alternativen får sedan jämföras manuellt av beslutsfattaren
- "optimerande" modeller har en inbyggd "mätare" med vars hjälp alternativen automatiskt jämförs. Den i modellens mening bästa lösningen presenteras för beslutsfattaren.

Som hjälpmedel vid planlösning av underhåll använder F:UH ofta någon form av operationsanalys, TIFF har tidigare och kommer i flera sammanhang i fortsättningen att beskriva olika former för denna teknik.

För den oinvidige kan operationsanalys verka svåröverskådlig.

Fil lic Hans Ebenfelt, SYSTECON förklarar här sammanhangen ur sin synvinkel, vilket bör lätta på slöjorna.

möjligheter som modern utvärderingsteknik tillsammans med beräkningsmodeller av olika slag givit upphov till. Det är mot bakgrund av denna senare utveckling jag har uppmanats presentera en artikel och ge en personligt färgad syn på modeller<sup>1)</sup> och deras användning i beslutsprocessen. Den kommer att följas upp och avsikten är att senare ge en kompletterande beskrivning av de besluts- och studieverktyg som idag utnyttjas inom F:UH och som till en del redan redovisats i detta och tidigare nummer av TIFF. Innan dess har det emellertid ansetts angeläget att först belysa de problem som måste beaktas vid utveckling av modeller och inte minst vid deras användning. Detta för att läsekreten inte skall bibringas uppfattningen att besluten fattas av datamaskiner.

Rubriken Kostnads-Effektivitetsanalys har inte valts för att den skulle stå för en speciell metodik som innebär en lösning på problemet att skapa beslutsunderlag. Begreppet har emellertid, i Sverige och internationellt, representerat en betydelsefull utveckling av principer för beslutsberedning med speciell inriktning på underhålls- och driftsäkerhetsfrågor. Ordsammansättningen antyder dessutom tre för all modellverksamhet väsentliga frågeställningar:

- Hur mäter man effektivitet och hur påverkar valet av sådant mått beslutsberedarens kompetens att ge råd i en beslutssituation?
- Hur mäter man kostnad och hur påverkas detta kostnadsbegrepp genom val av effektivitetsmått?
- Hur ställer man kostnad i relation till effektivitet och vad är i olika situationer en rimlig ambitionsnivå vad gäller denna relation?

Denna första artikel kommer i första hand att belysa dessa frågeställningar. Den lyhörde läsaren kan möjligen i detta sammanhang avslöja det genomgående temat:

- Matsedeln är ett förträffligt beslutshjälpmedel, men bör helst ej förtäras.

### Principer för kostnads-effektivitetsanalys

K/E analysens princip är mycket enkel. Den innebär:

*Värdet av den prestation eller nytta ett visst beslutsalternativ innebär skall vägas mot värdet av de resurser som behöver tillföras och/eller uppoffras om alternativet väljs.*

- Värdet av prestation eller nytta kallas effektivitet.
- Värdet av resurser kallas kostnad.

Även om principen som sådan inte upplevs som särskilt revolutionerande vid första anblicken, bör man kanske rannsaka sitt samvete inför den symmetri som uttrycks vad gäller bedömning och hänsynstagande till kostnad och effektivitet. Båda faktorerna anses här ha samma prioritet och behandlas kvantitativt på samma seriösa sätt. Det är här princip och verklighet har en tendens att skilja sig. Det är här modeller av olika slag: effektivitetsmodeller, kostnadsmodeller och optimeringsmodeller kommer in och det är här svårigheter med åtföljande fel och misstag tornar upp sig. Vi skall i det följande ge några exempel på problem som inte alltid ägnas den uppmärksamhet de förtjänar.

### Löser vi rätt problem?

Vi har alla någon gång skrattat åt historien om mannen som tappat nyckeln och letade under gatlyktan, eftersom det var ljusast där. Det lustigaste är väl kanske att han möjligen gör alldeles rätt. Den kan ju vara så mörkt för övrigt att det vore meningslöst att leta någon annanstans. Inom K/E analys förekommer det att man löser sina uppgifter utan att tillräckligt beakta nyanser i frågeställningen eller olikheter i förutsättningarna från ena gången till den andra. Därför gör man heller inte alltid klart för sig och beslutsfattaren hur frågan borde varit formulerad för att svaret skall bli rätt. Ofta pressar man in problemet i en modell som man redan har eller kanske särskilt förälskat sig i. Ibland löser man problemet på visst sätt, kanske därför att man är särskilt bra på en viss metodik, t.ex. linjärprogrammering. Som i fallet med mannen vid gatlyktan kan detta vara rätt ur t.ex. kostnadssynpunkt. Man borde emellertid göra klart för sig och andra, dels varför, dels hur modellvalet påverkar tolkningen av resultatet.

När man definierat problemet och valt en utvärderingsmetodik, då har man också begränsat sig till visst effektivitetsmått, till viss typ av kostnad samt i s.k. optimerande modeller också till hur alternativen skall jämföras med varandra. Det är i detta sammanhang viktigt att fråga sig:

- Är metodiken rättvis mot alla jämförda alternativ? Ex.) Om man skulle försöka "totaloptimera" fördelning av underhållsresurser mot ett effektivitetsmått av typen genomsnittliga antalet tillgängliga flygplan

skulle man inte få rätt resurser för t.ex. tillsyner. Värdet av tillsyner avspeglas ej helt inom det valda effektivitetsmättet (hänsyn till bl.a. flygsäkerhet saknas). En sådan värdering skulle därför inte vara rättvis mot alternativet: investera i resurser för tillsyn. Fällan är i detta exempel medvetet uppenbar, men betänk alla de fall då den kanske inte upptäcks. Kan det möjligen också finnas fall då den beräknade kostnaden inte är fullständig och där felet belastar alternativen olika?

- Utvärderas genom metodiken de mest intressanta alternativen? Elaka tungor påstår att inte ens en optimering ger bättre resultat än det bästa alternativet av dem som är med i jämförelsen.

### Val av effektivitetsmått och kostnadsbegrepp

Frågan om val mellan olika effektivitetsmått och lämpliga kostnadsbegrepp är intressant. Den rymmer dock så många aspekter att den inte utförligt kan behandlas här. Följande påståenden kan dock förtjäna viss eftertanke.

- Genom att själv välja effektivitetsmått och metod att beräkna effektiviteten (modell) har beslutsberedaren eller modellbyggaren möjlighet att besluta om dels vad som är värt att investera i (sådant som ger bidrag till effektiviteten i modellens mening) dels det relativa värdet av olika egenskaper som påverkar effektiviteten.
- Även ett aldrig så "rationellt" effektivitetsmått kan vara helt meningslöst för beslutsfattaren. Med effektivitetsmättet "förväntad intäkt" borde t.ex. penninglotter vara omöjliga att sälja.
- Problem i samband med vad som är relevant kostnad och hur den skall beräknas är precis lika svår bemästrad som motsvarande problem på effektivitetssidan.

### Relation mellan kostnad och effektivitet

För att kunna besluta om hur mycket man totalt skall satsa på ett alternativ, t.ex. mängd underhållsresurser av visst slag, måste man ställa kostnad i relation till effektiviteten. När man bestämt sig för en viss investering har man omvänt också beslutat sig för en viss sådan relation. Relationen jag talar om är av typen: så mycket tillgänglig-



het är värt så mycket, medan så mycket mera tillgänglighet är värt så mycket mera.

En faktor av stor betydelse för möjligheten att med hjälp av modeller skapa rättvisande beslutsunderlag är hänsynstagande till osäkerhet i uppskattningar av kostnader och utbyte av investeringar i olika alternativ.

*Optimering förutsätter nämligen att beslutsfattaren har samma syn på värdet av effektivitet och dess relation till kostnad oberoende av vilket alternativ modellen väljer som optimal.*

Detta innebär att osäkerheten i uppskattningar av ingående faktorer måste bara ungefär lika stor eller liten för samtliga alternativ. Vi skall avsluta genom att se varför det bör vara så.

Vi börjar med ett Exempel:

En beslutsfattare A är beredd att betala 200.000 kr för ett nytt hus. Hur mycket är han beredd betala för en lott med 50% chans att vinna samma hus. "Värdet" av lotten är  $1/2 \cdot 200.000 + 1/2 \cdot 0 = 100.000$  kr. Detta är nämligen vad det i genomsnitt kommer att kosta lottförsäljaren att sälja en sådan lott. Uppenbarligen finns det inte många köpare av dessa lotter. Den vanlige beslutsfattaren kommer kanske att efter lång betänketid satsa några få tusenlappar i spelet. Man kan säga att beslutsfattaren oftare föredrar att satsa på en säker situation än på en osäker. Ju osäkrare den är desto mindre satsar han relativt det genomsnittliga värdet av situationen.

Låt oss nu se på en verklig beslutsfattare med problemet att få så många flygplan tillgängliga som möjligt inom viss kostnadsram.

Han är naturligtvis beredd att betala mer till den som kan garantera honom ett flygplan än till den som enligt predikteringar tror sig kunna tillhandahålla ytterligare ett flygplan (t.ex. genom investering i underhållsresurser). Det senare alternativet motsvarar för honom möjligheten att köpa en lott i tidigare exempel. Det väsentliga är att beslutsfattaren inte värderar effektiviteten lika i de två fallen och därför inte heller bör acceptera utfallet av en totaloptimering där dessa alternativ jämfördes på samma villkor. Samma resonemang gäller också för den beslutsfattare som fördelar pengar på olika underhållsresurser. Också här finns stora skillnader i osäkerhet. Effekten av otillräckliga klargöringsresurser eller resurser för service och översyner på antalet tillgängliga flygplan är t.ex. behäftad med osäkerhet av ett annat slag än effekten av otillräckliga resurser för reparationer. Vid en kostnadseffektivitetsanalys är det därför klokt att hålla isär delproblem med olika osäkerhet och redovisa dessa separat för beslutsfattaren. Möjligheten att "Optimera" för stora bitar i taget är bl.a. på grund av dessa faktorer begränsad.

De problem som diskuterats här påverkar självfallet utvecklingen av de modeller och beslutsverktyg som utnyttjas. Lika viktigt är att de även ger upphov till stora krav på den som använder modellerna och tolkar resultaten. Genom att föra samman praktisk erfarenhet och modern utvärderingsteknik har det som det konstateras i detta nummers ledare, varit möjligt att succesivt överbrygga problemen och tilldela kostnadseffektivitetsanalysen en roll som betydelsefyllt besluts-hjälpmiddel i underhållsplaneringen.

# TANKA

Som ett led i anpassningen av SK 60B och C för sina uppgifter i krigsorganisationen har snabbtanking provats ut vid praktiska övningar på FC och F 16.

För att föreskrifter och basmateriel skulle bli väl anpassade till befintliga rutiner och materiel hade F:UH ordnat ett snabbtänkingsprov i autentisk miljö, varvid representanter för FS, E1, sakbyråer, förband, Saab-Scania samt CVM deltog. Några solvarma junidagar genomfördes detta vid F16, som lämnade all tänkbar service.



*En dränerslang måste monteras – och då blåser det varmt, för motorerna måste vara igång.*

Eftersom många instanser har ansvar i detta sammanhang blev programuppläggningsen ganska omfattande. Deltagarna fick samtidigt tillfälle att gemensamt överlägga om varandras delar i processen. Men, en enkel tankning, skall den verkligen behöva bli en så stor affär?

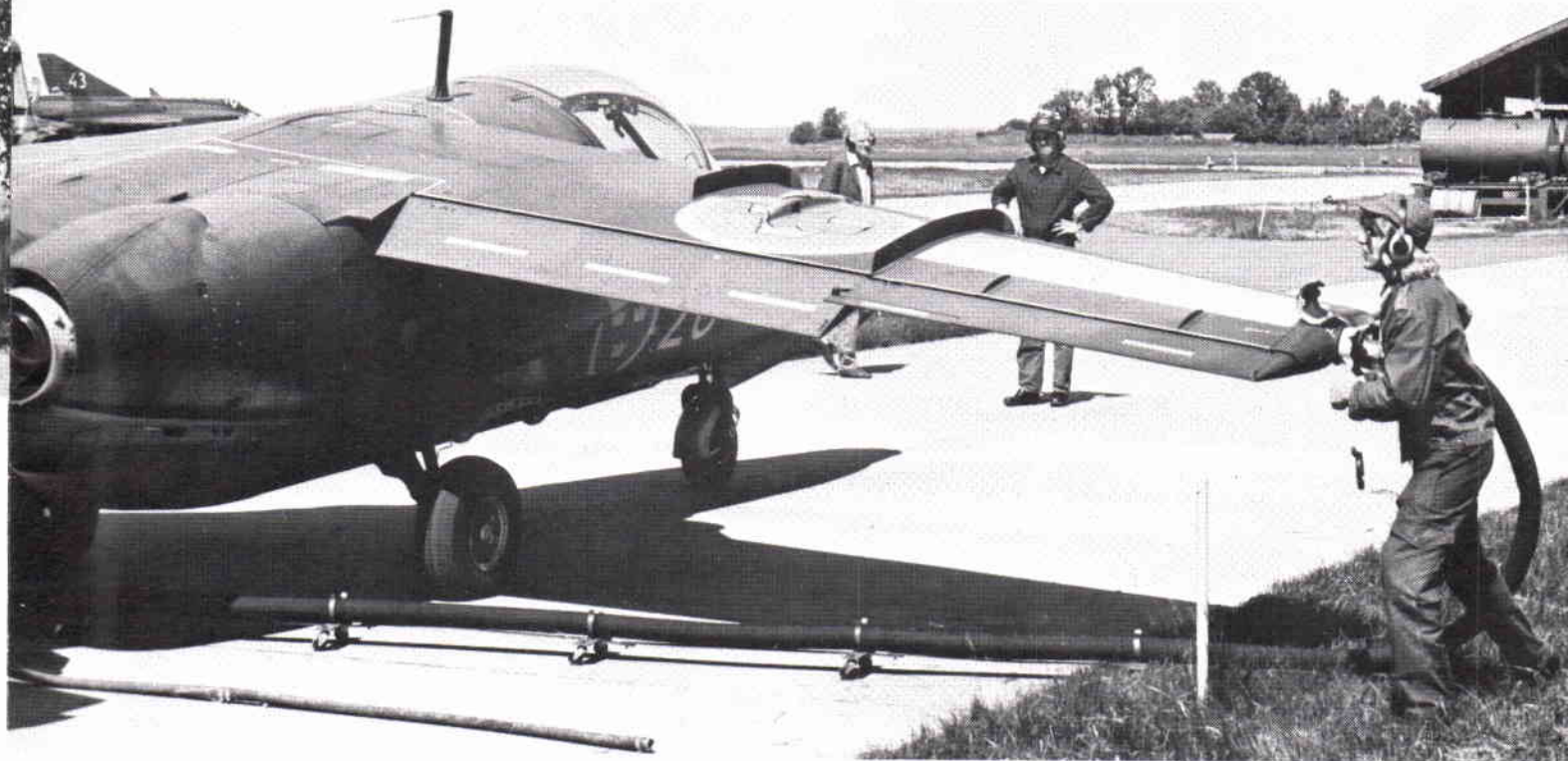
Efter genomgång av handlingsprogram och några markkörningar på 5:te kompaniets platta var det dags för en serie prov i FRAMOM. Alla förutsättningar för ett krigsfall gällde – från ordinarie utrustning till personal och flygplan. Därtill fanns viss speciellt anpassad materiel



*Utprovningens ledaren Alf Gullberg F:UH diskuterar proven med deltagarna.*

# SNABBARE – SNABBARE TANKARE

Fotograf: Tomas Adolfsson, vpl F16.



När planet tankas på klargöringsplatsen till höger om värnet måste slangen dras från puggen under planet.

samt provisoriska föreskrifter på plats när flygplanen började rulla in för övningarna.

Utöver den ordinarie markpersonalen var många aktiva observatörer inblandade med tersur och protokoll. Det var en fröjd att se herrar byrådirektörer krypa under flygplanen för att själva konstatera hur mekanikermiljön gestaltar sig i krig. Att det blåser varmt vid utloppsören, att det är trångt och luktar flygbensin under planet, att snabbheten kräver handlag och träning blev man snart överens om.

Sedan var det "bara" lite efterdiskussion om detaljerna. Föreskrifter och specialutrustning kan nu utformas för vidare ställningstagande i beslutande instanser.

TIFF frågade utprovningssledaren ing Alf Gullberg UHD, om detta arbetssätt var något nytt.

– Inte precis, men vår erfarenhet är att handläggningen och erforderliga samråd för en sådan här sak, som berör både tekniska och taktiska samt inte minst skyddsfrågor, kräver allsidig representation vid utprovningstillfället. Därmed vinner vi avsevärd tid och chansen till en bra slutprodukt ökar.

Alf Gullberg tillade:

– Det var särskilt nyttigt att flera förband hade representanter närvarande. Deras synpunkter kommer att beaktas så mycket som möjligt och detta betyder nog mest, för det är ju de som skall göra jobbet.

*Ingemar Lindstrand, CVM*

## Det finns olika tank(ning)ar

Tankning av fpl (hkp) är i de flesta fall den dimensionerande åtgärden i klargöringsarbetet.

De är alltså mycket väsentligt att utrustning och metoder är optimalt tillrättalagda.

Den vardagliga tankningen går ut på att fulltanka fpl, men genom åren har vi vid olika tillfällen tillämpat varianter på normalfallet.

Begreppen snabbtankning och beredskapstankning är definierade i OSM, och har sedan åtskilliga år tillbaka utförts på fpl 29 och 32.

Uttrycket deltankning som en variant på tankningsförfarandet är däremot inte klarlagt i någon definition. Fpl är i allmänhet konstruktionsmässigt inte anpassade för deltankning. Undantag finns, t.ex. 32B. För fpl försedda med fäll- eller extratankar bör uttrycket deltankning inte användas, såvida inte "inre systemet" är försett med anordningar för deltankning. Man talar lämpligen mera i klartext t.ex. "med fälltankar" eller "utan x-tank". I samband med uppvisningsflygningar är det populärt att inte fulltanka fpl. Detta förfarande kräver dock en speciell övervakning då automatiken i tankningssystemet normalt inte kan utnyttjas. Man kanske skulle kunna säga att förfarandet är en form av deltankning, dock en inte fullt kontrollerbar sådan.

*Börje Engström, CVM*



**En eller två motorer – medför detta några underhållstekniska aspekter? Sådana finnes och kan nog vara så aktuella att titta på även om underlaget härleder sig från 1969. Ing Claes Björnesjö TELEPLAN har på uppdrag av F:UH gjort översättningen.**

Problemet med en alternativt två motorer i jakt/at-tackflygplan har sysselsatt både konstruktörer och flygva-penpersonal under många år.

Människans inneboende känsla för säkerhet talar för två motorer men trots detta byggs de flesta flygplan idag med en motor.

De vägande argumenten för *en motor* är lägre initial-kostnad, högre underhållsmässighet och enklare under-håll.

Att ge en enhetlig bild av totalkostnaden genom att jämföra ett utförande med ett annat är ej möjligt. Trots detta kan man erhålla en klar indikation på hur de olika alternativen påverkar livslängdskostnaden.

En jämförelse förutsätter att alternativen sitter i likarta-de flygplansskrov och att uppdragsprofilen är densamma i båda fallen. På detta sätt är det möjligt att hålla båda planens effektivitet lika och jämföra kostnadsdifferensen för att uppnå denna effektivitet. Det svåraste problemet är att jämföra effektiviteten för de båda utförandena i tjänst. Detta utgör den odefinierbara eller icke i kostnader och intäkter mätbara delen av jämförelsen.

En analytisk jämförelse mellan en- eller tvåmotorut-förandet kräver att den göres på grunder som kan kost-nadsberäknas, och sedan presenteras som en ”operationell effektivitet”.

Genom att dela upp problemet i ett antal delar kan en totalbild erhållas.

- Anskaffningskostnad
- Underhållskostnader
- Kostnader för att ersätta totalhavererade flygplan

Dessa tre rubriker motsvaras av tre aspekter på flygpla-nets användning:

- Behov av prestanda
- Driftsäkerhet
- Förlustfrekvens

Med utgångspunkt från ovanstående aspekter kommer båda utförandena att studeras och kostnadsdifferenserna vid samma effektivitet att jämföras.

#### **Anskaffningskostnad**

För att uppnå samma prestanda behövs samma totala dragkraft för de båda utförandena. Det förefaller naturligt att tro att en stor motor blir billigare än två små, men då den större motorn blir mera komplicerad och då konstruktions- och utvecklingskostnaderna skall delas mellan halva antalet motorer blir totalkostnaden mycket lika. För de turbofläktmotorer vi här talar om stiger kost-naden exponentiellt med dragkraftbehovet vilket gör att det troligen är dyrare att uppnå en viss specificerad total dragkraft med en motor än med två mindre. (Två motorer betyder dock dubbla system runt motorn). En analys av den nuvarande kostnadstrenden, baserad på antagandet att motorerna i båda fallen är av samma klass beträffande utveckling och sammansättning, indikerar att två motorer kan bli ca 10% dyrare än motsvarande enkmotorutfö-rande.

Motorkostnaden för ett flygplan i prisklassen 7,5 Mkr är ca 1,5 Mkr varför den totala motorkostnaden, med en reservmotor inräknad, skulle vara 3 Mkr. Med en 10-procentig ökning för tvåmotoralternativet betyder detta en merkostnad på 300 kkr per flygplan vid anskaff-ningstillfället.

#### **Underhållskostnader**

Då de båda motorkonfigurationerna antages sitta i samma flygplansskrov kommer skillnaderna i underhåll att endast gälla motorer och motorapparater.

Grovt kan underhållet för ett flygplan delas upp i pla-nerat och icke planerat underhåll. Med utgångspunkt från denna uppdelning kan kostnadsbildens studeras.

Dubbla motorer tenderar att medföra dubbla antalet mantimmar varför tvåmotoralternativet kan debiteras den dubbla kostnaden. Men då många kontroller kan utföras simultant eller med högre hastighet i tvåmotorfallet kan den totala arbetsinsatsen uppskattas till 90% större i detta utförande. Med utgångspunkt från RAF-erfarenheter, från en typisk motor med 3000 timmars livslängd – mot-svarande 15 års operativ tjänst – underhållspersonalens arbetskostnad och underhållstiden per flygtimme (defini-erad enligt en av ministeriet fastlagd formel) kommer merkostnaden för tvåmotorutförandet att vara 480 kkr.

Under denna rubrik kan man också räkna in bränsle-kostnaden.

Nuvarande erfarenhet pekar på att det behövs 15% större bränsleförbrukning för att uppnå samma dragkraft i tvåmotoralternativet. Med dagens priser betyder detta en merkostnad på 300 kkr under flygplanets 15-åriga livs-tid. ►



## Oplanerat underhåll

Det oplanerade underhållet kan hänföras till två olika grundläggande orsaker.

- Underhåll orsakat av slumpartade fel.
- Underhåll orsakat av fientlig beskjutning.

För tvåmotorutförandet är sannolikheten för slumpartade fel dubbelt så stor som för enmotoralternativet, vilket betyder ytterligare 100% arbetstid.

Vid uppskattning av skador och därmed orsakade kostnader pga fientlig beskjutning krävs en analys av den fientliga vapenmiljön. Det flygplan som denna artikel avser att studera kan utföra tre grundläggande uppdragstyper.

- Arméunderstöd – Understöd av markstridskrafter i strid med fientliga markstyrkor, anfall mot broar osv.
- Attackuppdrag – Längre uppdrag eller taktiska anfall för att förstöra ett visst mål som radarstationer, flygfält osv. Anflygning sker här på optimal marschfartshöjd.
- Jaktuppdrag – Uppdrag för att varna eller anfalla oidentifierade flygplan. Bevapningen utgöres här av jaktrobotar.

Markunderstödsuppdragen flygs på upp till 450 meters höjd där den fientliga beskjutningen sker med lätta och tunga handeldvapen och där flygplanets planprojektion är viktig. För radarstyrda luftvärnsrobotar och luftvärnskanoner är radarmålarean i frontriktningen lika väsentlig.

I planprojektion ger ett dubbelmotorutförande med motorerna sida-vid-sida en total areaökning på ca 6% eller en 10%-ig ökning av flygkroppens projicerade area. På motsvarande sätt fås en ökning av radarmålarean i frontriktningen med 10% och detta motsvaras av ca 7% ökad träffsannolikhet vid beskjutning från flygplan med kanoner eller robotar.

Således kan det oplanerade underhållet anses öka med 7% för tvåmotoriga flygplan med markunderstödsuppdrag, vilket även gäller för jakt och avvisningsuppdrag på medelhöga och höga höjder.

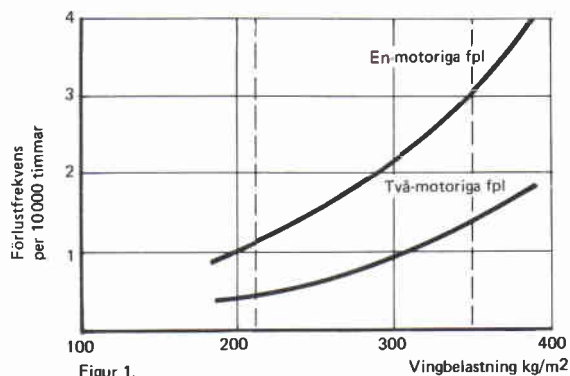
På hög höjd kommer man att vara utsatt för både IR-robotar och radarstyrda luftvärnsrobotar, men då det inte finns någon skillnad i sårbarhet mellan en och tvåmotorutförandet vad gäller IR-robotar kan man säga att tvåmotorutförandet är ca 4% dyrare i både jakt och avvisningsfallen.

Genom att bilda ett medelvärde kommer tvåmotorutförandet att erhålla 5% större träffsannolikhet för fientlig beskjutning.

Den totala extra motorunderhållskostnaden kommer således att vara ca 105% motsvarande en summa av 250 kkr enligt de källor som angivits tidigare. Under en tidsperiod av 15 år kommer detta att betyda en extra underhållskostnad av 1,05 Mkr för tvåmotoralternativet.

## Utbyteskostnaden

En viktig post för ett flygvapen är kostnaderna för ersättning av förlorade flygplan så att den operativa styrkan bibehålles på en konstant nivå. Det är sedan länge känt att det finns ett samband mellan antalet motorer hos ett flygplan och dess förlustfrekvens, men inte förrän under senare år har tillräckligt statistiskt underlag varit tillgängligt för att bevisa detta förhållande. Analysens grund-



Figur 1.

material utgöres av underlaget till figuren. För de av oss här diskuterade flygplanen visar kurvorna i det skuggade området att det för varje förlorat tvåmotorigt flygplan förloras 2,5 enmotoriga. Kurvorna har tagits fram med underlag från olika flygplanstyper i bruk i Europa och USA och inkluderar siffror från både Vietnam- och Algerietkrigen.

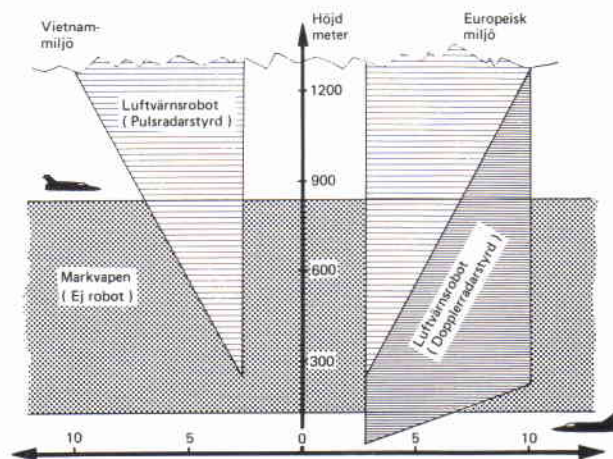
Kurvorna är väl dokumenterade och autentiska men grundkällorna måste pga säkerhetsskäl förbli okända.

Innebörden av kurvorna är att då man köper ett enmotorigt flygplan riskerar man att förlora detta 2,5 ggr fortare än om man köpt ett tvåmotorigt. Utnyttjande en låg förlustfrekvens som är jämförbar med erfarenheterna från Tyskland, Frankrike, Kanada m m i fredstid (och således lägre än de amerikanska förlustfrekvenserna) samt antagandet att ett land endast ersätter förlorade flygplan under de första tio åren kan följande siffror gälla.

- För varje under en tio-års-period inköpt enmotorigt flygplan kommer 0,63 att förloras.
- För varje under en tio-års-period inköpt tvåmotorigt flygplan kommer 0,25 att förloras.

Detta betyder att för varje inköpt enmotorigt flygplan kommer ytterligare 0,63 att inköpas under en tio-års-period. Motsvarande siffra för det tvåmotoriga alternativet är således 0,25.

Genom ett grovt överslag kommer således ett 7,5 Mkr enmotorigt flygplan att belastas med en utbyteskostnad



Figur 2.

av 4,7 Mkr under en 10-års-period medan samma siffror för ett tvåmotorigt flygplan blir 1,8 Mkr vilket betyder en kostnadsdifferens på 2,9 Mkr till tvåmotoralternativets fördel.

#### Slutsatser

Med utgångspunkt från ett 7,5 Mkr flygplan kan följande siffror gälla.

- Tvåmotorutförandet är 300.000 kr dyrare i anskaffningskostnad.
- Tvåmotorutförandet är 1,05 Mkr dyrare att underhålla.
- Tvåmotoralternativet är 2,9 Mkr billigare i utbyteskostnad.

I början av denna artikel pekades på problemet med jämförelser av effektiviteten för de båda utförandena. I detta kan man se två grundläggande aspekter.

- a) I enmotorfallet måste uppdraget avbrytas om dragkraften är lägre än normalt vid start eller under uppkörning före start. I tvåmotorfallet kan uppdraget i många fall fullföljas med lägre dragkraft hos en motor.
- b) I händelse av att en motor träffas av fientlig eld är det troligt att det tvåmotoriga flygplanet kan fortsätta sitt uppdrag eller återvända till basen. Detta förutsätter att konstruktionen är sådan att en motorskada inte påverkar den andra motorn samt att flygplanet kan behålla höjden med endast en motor.

Med detta som bakgrund samt från diskussioner med NATO-personal förefaller det behövas ett extra flygplan per 30 enmotoriga för att göra en och tvåmotoriga förband lika operationellt tillgängliga.

Detta betyder att för varje inköpt enmotorigt flygplan skall ett tillägg göras med en summa som motsvarar 1/30 flygplan eller ca 250.000 kr. Om man nu gör en summering kan följande konstateras.

Enmotoralternativet är

1. 300.000 kr billigare i anskaffning
2. 1,05 Mkr billigare att underhålla.
3. 2,9 Mkr dyrare i utbyte av förlorade flygplan
4. 250.000 kr dyrare ur effektivitetssynvinkel.

Totalt betyder detta att för varje inköpt flygplan är tvåmotoralternativet 1,7 Mkr mindre kostnadskrävande under en 15-års period inkluderande inköp, underhåll och ersättningskostnader under en 10-års period. Om vikten av den bättre effektiviteten försummas är detta alternativ ändå 10% mindre kostnadskrävande vid samma effektivitet. Detta kan även tydas som att tvåmotoralternativet är 10% kostnadseffektivare. Läggs därtill vikten av den högre effektiviteten betyder detta totalt 11,5% till tvåmotoralternativets fördel.

#### Anmärkningar

1. Det finns många faktorer som ej kan värderas i ekonomiska termer. Man kan inte värdera förlusten av piloter på grund av den högre förlustfrekvensen för enmotoriga flygplan eller dess effekt på stridsmoralen. Man kan inte värdera de enklare transporterna för små lätta motorer till spridda och avlägsna flygfält osv. Det

## TRE(Ä)-BLADIG propeller för SK 61

FMV avser att vid F:FC prova ut en trebladig propeller — med träblad — för fpl SK61.

Det är särskilt vid Arméns Artilleriflygskola som krav på kortare startsträcka har framkommit. Man är även intresserad av bättre stigfart i låghastighetsområdet. Träbladen innebär minskad risk för utmattningsbrott i jämförelse med metallbladen.

Den trebladiga propellern tillverkas av Propellerwerk Hoffman, Rosenheim, Tyskland. Firman är tidigare väl känd, kanske mest för sin tillverkning av träblad av hög kvalitet för ställbara propellar i olika effektklasser. För närvarande används inom FV Hoffman-tillverkade träblad på propeller HC 21, fpl SK50. Med den trebladiga propellern kan man i jämförelse med nu, använd tvåbladig propeller få en ej oväsentlig ökning av dragkraften, särskilt under starten.

*Per Säberg F:MO*

## FÖR LÅNGT SÖDERUT ...

CVM IF ordnade en klubborientering på 30-talet, där bl.a. Bengt Wassgren och C-A Nilsson deltog. Dessa tävlande träffades i skogen och konstaterade att båda hade gått vilse, så de slog följe fram till ett torp och frågade var de befann sig.

Torparen svarade med stället namn: — Nain. Wassgren: — Jaha, tack, då vet vi var vi är. Efter en stunds irrande i skogen kom de till ett annat torp, där en gumma upplyste om dess namn: — Betlehem. Wassgren: — Nej Du C-A, Du har fel kartblad, vi är ju ända nere i Palestina.

betyder ingenting ur ekonomisk synvinkel att dessa punkter pekar mot tvåmotoralternativet.

2. Huvudargumentet för tvåmotorutförandet är den längre ersättningskostnaden som bygger på förlustfrekvensen enligt kurva 2, fig 1. Dessa siffror visades för ett NATO-auditorium vid en presentation av flygplanet Jaguar i Tyskland, och var inte bara accepterande utan dess inverkan på valet mellan en och två motorer ansågs som kritiska på samma sätt som visats här.

Fotnot:

Denna artikel är en översättning av *The Choice Between One or Two Engines for Tactical Strike/Close Support Aircraft*, publicerad i *The Aeronautical Journal of the Royal Aeronautical Society*, vol 73, July 1969, författad av R.W. Higgins.

Artikeln bygger på statistik från Europa, Vietnam, Algeriet och USA.

# PLANERING



Ett av våra mest kostnadskrävande underhållsobjekt är motor RM8 vilken svarar för närmare 50% av de totala driftkostnaderna för fpl 37. Kunskaper omkring dess underhållsbehov är därför av stor vikt.

Motor RM8 i fpl 37 är en av VOLVO-Flygmotor AB (VFA) vidareutvecklad version av Pratt & Whitney Aircraft's motor JT8D. Denna motor bedömdes vid anskaffningen ha goda förutsättningar att uppfylla kraven på prestanda och funktionsssäkerhet till acceptabla kostnader. Ur underhållssynpunkt bedömdes, trots detta, att motorn med sin avancerade, komplexa konstruktion kommer att kräva en större del av flygplanets totala underhållskostnad. Motorn har därför ägnats särskild uppmärksamhet i detta avseende. Mot denna bakgrund och då förutsättningarna delvis förändrats, har FMV-F:UH funnit nödvändigt att ta fram en underhållsanalys i syfte att bl.a. finna möjligheterna till kostnadesbesparande åtgärder.

## Målsättning

Den övergripande målsättningen för underhållsanalysen formulerades på följande sätt:

- att kartlägga och avstämma underhållsbehovet
- att ta fram underlag till UHP-S (Underhållsplan System)
- att ta fram underlag för pågående arbete med aktuella objektprogram

Bland annat uppställdes följande delmål:

- Kartlägga de underhållsobjekt i motorn som orsakar de största underhållskostnaderna
- Utnyttja kvarvarande flexibilitet för att nå lägsta möjliga underhållskostnad
- Skapa förutsättningar för VFA att ytterligare påverka motorkonstruktionen i en underhållsvänlig riktning
- Skapa underlag för bedömning av vilka åtgärder som kan leda till sänkning av predikterade drift- och underhållskostnader

## UH-analys

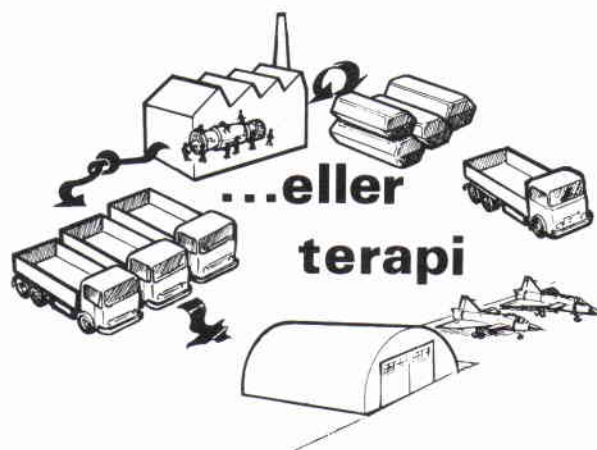
Underhållsanalysen har bland annat inneburit:

- Klassificering av underhållsobjekten, bl.a. omfattningen av de begränsat reparabla enheterna
- Lokalisering av stor motortillsyn (SMT) regionalt eller centralt

- Kravsättning av utbildningskvalitet och kvantitet
- Beläggning på olika underhållsnivåer i organisationen
- Avvägning av reservmotorbehov och åtgärdstider
- Beräkning av tid mellan motoröversyner (MÖ)
- Tillståndskontroll, läget idag och inför RM8B (JA37)

Ett första steg i arbetet var att bryta ned motorn till "underhållsobjektnivå", dvs. till sådana objekt som i större eller mindre omfattning utsätts för underhåll. Genom att i analysen ta med ca 100 prioriterade objekt beräknas minst 95% av underhållskostnaderna täckas in.

Det bör nämnas att motorn i sig själv är ett underhållsobjekt, eftersom den utsätts för service, översyn eller omfattande reparation på central verkstad.



Varje enskilt underhållsobjekt "varudeklarerades" därefter genom att till dessa knyta valda underhållsdata som t.ex.:

- Benämning och beteckning
- Klassificering i utbytesenhet och reservdel
- Underhållsnivå för olika åtgärder
- Antal åtgärder per flygtimme
- Antal erforderliga man per underhållstillfälle
- Antal mantimmar per underhållstillfälle
- Reservdelskostnad per flygtimme
- MTBF (medeltid mellan fel)
- MTBM (medeltid mellan underhåll)
- MTBR (medeltid mellan utbyten)
- MTTR (medelreparationstid)
- Erfordras motorurmontering eller ej
- Pris per objekt
- Etc.

Medelreparationstiden har beräknats för varje objekt som summan av de åtgärder som utförs från det att fel indikerats till att fpl är återställt igen.

## Beräkningsverktyg

För att kunna omhänderta alla dessa grunddata och beräkna totalt reservmaterielbehov, kostnader m.m. användes parallellt med analysen ett antal datorbaserade beräkningsmodeller,

- OPUS, för beräkning av utbytesenhetsbehov och reservmotorer

- BALET, för avstämning av redan anskaffade utbytesenheter
  - BALAS, för reparations/kassationsanalys
  - MANTIC, för kostnadsberäkningar och känslighetsanalyser  
varav BALAS och MANTIC utvecklades speciellt för denna analys.
- Dessutom har manuella kostnads/effektivitetsanalyser utförts.

### Resultat underhållsanalys RM8

#### Begränsat reparable enheter (bre)

En analys av materielens reparerbarhet (BALAS) visade att flera av de nuvarande reservdelarna (rd) bör klassificeras om till utbytesenheter (ue) eller till begränsat reparable enheter och därmed repareras för alla eller vissa uppträdande fel. Totalkostnader kan därmed minska även om ytterligare reparationsutrustning behöver anskaffas. Skillnaden i flödena mellan de tre olika objekten illustreras av figuren.

För beräkning av ue-behovet användes optimeringsmodellen OPUS. Erfarenheten visar att optimering i datorbaserade modeller ger 20-40% bättre resultat än en manuell beräkning.

Genom att klassa reservenheterna i 3 klasser i stället för bara i ue och rd, bedöms användningen av de mer realistiska beräkningsmetoderna som skisserats ovan ge en besparing på 5-10 Mkr.

### Lokalisering av stor motortillsyn (SMT)

- Möjligheterna av att göra inbesparingar i reservmateriel och utrustning om SMT förläggs till central verkstad eller av att vissa förbands B-verkstäder slås ihop har undersökts. Resultatet utvisar att någon lönsamhet ej kan uppnås med centralisering av SMT. Centralt utförd SMT beräknas t.ex. kosta ca. 5 milj. kr mer under en 15-årsperiod. De främsta anledningarna till att sammanslagningseffekterna ej slår igenom på totalkostnaderna är,
- Beläggning på personal. Om SMT tas bort från förbanden kan endast ca. 20% beläggning på B-nivåpersonalen erhållas, eftersom flera arbetsmoment periodvis kräver fler än genomsnittsbeläggningen.
  - Transportkostnader till central verkstad och investering i motorbehållare.
  - Ökat reservmotorbehov pga. transporttider.
  - Eftersom SMT utgör ca. 80% av arbetsinsatsen på B-nivå bedömdes det föreligga svårigheter att upprätthålla kunskapsnivån om SMT förläggs centralt.

Ytterligare axplock ur analysen framgår av följande:

### Utbildning

Tidplan för VFA kurser om motorer RM 8 har utarbetats och koordinerats med överföringen av SMT till förbanden för att bl.a. undvika beläggningssvårigheter.

Sid. 30 →

### UNDERHÅLLSOBJEKT MOTOR RM8

Inloppsdel med kåpa

- 1 Kåpa
- 2 Stativ
- 3 Inloppsdel
- 4 Tapp

