

## **FFI RAPPORT**

### **HÅNDBOK FOR KOSTNADSBEREGNINGER VED FORSVARETS FORSKNINGSINSTITUTT**

NILSSEN John Egil, REITAN Bård, PLØEN Sven Erik

**FFI/RAPPORT-2004/02969**



**HÅNDBOK FOR KOSTNADSBEREGNINGER VED  
FORSVARETS FORSKNINGSINSTITUTT**

NILSSEN John Egil, REITAN Bård, PLØEN Sven Erik

FFI/RAPPORT-2004/02969

**FORSVARETS FORSKNINGSINSTITUTT**  
**Norwegian Defence Research Establishment**  
Postboks 25, 2027 Kjeller, Norge



P O BOX 25  
 NO-2027 KJELLER, NORWAY  
**REPORT DOCUMENTATION PAGE**

**SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE**  
 (when data entered)

1) PUBL/REPORT NUMBER FFI/RAPPORT-2004/02969	2) SECURITY CLASSIFICATION UNCLASSIFIED	3) NUMBER OF PAGES 36
1a) PROJECT REFERENCE FFI-I/320701/119	2a) DECLASSIFICATION/DOWNGRADING SCHEDULE -	
4) TITLE HÅNDBOK FOR KOSTNADSBEREGNINGER VED FORSVARETS FORSKNING SINSTITUTT  Manual for cost estimation at Forsvaets Forskningsinstitut		
5) NAMES OF AUTHOR(S) IN FULL (surname first) NILSSEN John Egil, REITAN Bård, PLØEN Sven Erik		
6) DISTRIBUTION STATEMENT Approved for public release. Distribution unlimited. (Offentlig tilgjengelig)		
7) INDEXING TERMS IN ENGLISH: IN NORWEGIAN:		
a) <u>Cost calculation</u>	a) <u>Kostnadsberegning</u>	
b) <u>Cost analysis</u>	b) <u>Kostnadsanalyse</u>	
c) <u>Risk analysis</u>	c) <u>Risikoanalyse</u>	
d) <u>Economy</u>	d) <u>Økonomi</u>	
e) _____	e) _____	
THESAURUS REFERENCE:		
8) ABSTRACT This report describes and explains a methodology for the projects at FFI to base their work upon when calculating economical key figures. Cost estimates from the different projects at FFI are used as input to the overall cost calculations of total force structures using the FFI tool KOSTMOD.  The FFI projects should be responsible of providing certain key figures: the investment costs, operating costs, life span and two different cost escalation coefficients. New in this report is the method of using the Trapeze distribution as an aid to obtain the expected value of the key figures, as well as to represent the uncertainty and the related economical risk of the suggested investment. Using the Trapeze distribution the project should propose the absolute minimum value ( <i>a</i> ), the absolute maximum value ( <i>b</i> ), and a most probable interval ( <i>m</i> <sub>1</sub> , <i>m</i> <sub>2</sub> ).  When carrying out this work, it is necessary to divide responsibilities between the FFI projects and the Division of Analysis. The Division of Analysis is responsible for the development of a template spreadsheet and to execute the key figure calculations. In addition, the Division of Analysis will provide help and support to the projects. The projects' responsibilities are to provide a list of equipment asset separated into adequate parts and to provide appropriate cost data for these parts. In addition, the projects should document the process and the results.		
9) DATE 2005-06-16	AUTHORIZED BY This page only Espen Skjelland	POSITION Director of Research

ISBN 82-464-0947-6

**UNCLASSIFIED**

**SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE**  
 (when data entered)



## INNHOOLD

1	BAKGRUNN OG FORMÅL	7
2	BEHOVET FOR NØKKELTALL	8
2.1	Hva er KOSTMOD og hvordan fungerer den	8
2.2	Nøkkeltallenes egenskaper	10
2.3	Eksempel strukturkostnadsberegning	13
2.3.1	Eksempel 1, EK-fly	13
2.3.1.1	Ressurs: EK-fly	13
2.3.1.2	Ressurs: EK-fly, oppdatering	14
2.3.1.3	Life Cycle Cost, EK-fly	15
2.3.2	Eksempel 2, LOS-kommunikasjonssystemer	16
2.3.2.1	Life Cycle Cost, LOS-kommunikasjonssystem	17
3	METODE FOR ESTIMERING AV NØKKELTALL	17
3.1	Transformasjon av kostnadsdata	18
3.2	Usikkerhet i beregning av nøkkeltall	19
3.3	Beregning av nøkkeltall	20
3.4	Eksempel TRAPES	21
3.5	Nøkkeltall bestående av flere komponenter	22
4	ARBEIDSFORDELING	25
APPENDIKS		
A	TRAPESFORDELINGEN OG MONTE CARLO SIMULERING	27
B	EXCEL, TRAPESFORDELINGEN OG SIMULERING	29
C	SEKVENSIELL FREMDRIFT	31
	Litteratur	36





## HÅNDBOK FOR KOSTNADSBEREGNINGER VED FORSVARETS FORSKNINGSINSTITUTT

### 1 BAKGRUNN OG FORMÅL

FFI har en lang tradisjon for å gjennomføre økonomiske kostnadsberegninger av forsvarsstrukturer, såkalte strukturkostnadsberegninger. Verktøyet som benyttes i disse beregningene, heter KOSTMOD. Deler av den kostnadsinformasjon som benyttes i KOSTMOD, fremskaffes av instituttets teknologiske miljøer. Denne kostnadsinformasjonen er av noe varierende kvalitet. I hovedsak skyldes dette uklarhet om to forhold:

- Hvilke nøkkeltall det er behov for i KOSTMOD.
- Metodebruk og retningslinjer for å komme frem til nøkkeltallene.

Dette fører til stor variasjon i hvorledes FFI-prosjektene fremskaffer kostnadsinformasjon til så vel strukturkostnadsberegningens formål som til prosjektenes egne kostnadsberegninger. I tillegg brukes det ofte unødig store ressurser sett i forhold til den detaljeringsgrad og de behov som faktisk etterspørres i strukturkostnadsberegningene.

Når FFI kommuniserer sine resultater av strukturkostnadsberegningene til oppdragsgiver oppstår det, til tider, betydelig uenighet om kostnadsestimatene for enkelte våpensystemer og kapasiteter. Dette har flere årsaker, men en kilde er at det for et gitt våpensystem eller kapasitet oppstår avvikende kostnadsestimat mellom strukturkostnadsberegningen og FFI-prosjekters kostnadsberegning. I stedet for å synliggjøre reelle valg, er en slik situasjon med på å tåkelegge problemstillingen fordi oppdragsgiver mottar avvikende kostnadsinformasjon på samme kapasitet fra samme instans. FFI ønsker derfor konsistens mellom beregning av strukturkostnader og prosjektspesifikke beregninger.

Gjennom en god og konsistent forankring til de overordnede strukturkostnadsberegningene, legges det også et bedre grunnlag for detaljerte kostnadsberegninger i prosjektene. Det vil også bidra til at prosjektene i større grad inkluderer økonomiske vurderinger i arbeidet. Dette er i samsvar med erfaringene fra arbeidet med Forsvarssjefens militærfaglige utredning 2003 (MFU03), se for eksempel (1).

Formålet med rapporten er derfor tredelt:

- I. Synliggjøre og standardisere hvilke økonomiske nøkkeltall FFI-prosjekter skal fremskaffe. Dette gjøres ved å forklare behovet for, egenskapene ved og sammenhengen mellom de nøkkeltall KOSTMOD benytter i sine strukturkostnadsberegninger.
- II. Redusere prosjektenes ressursbruk for å fremskaffe økonomiske nøkkeltall. Dette gjøres ved å beskrive metoder for hvordan de oppgitte nøkkeltall (I) kan beregnes, synliggjøre usikkerheten i beregningene og legge ved en punktvis beskrivelse av fremgangsmåte.

- III. Bidra til å gi oppdragsgiver et mer konsistent og utfyllende bilde av grunnlagsdata. Dette oppnås ved at det etableres konsistens mellom de nevnte beregninger og etablere bruk av en metode som synliggjør usikkerheten i nøkkeltallene (I+II).

For å nå disse mål er rapporten bygd opp som følger. I kapittel 2 beskrives KOSTMOD, dens oppbygging og strukturkostnadsberegningenes behov for nøkkeltall. Ord og uttrykk samt nøkkeltallenes egenskaper forklares og kapitlet avsluttes med eksempler fra en strukturkostnadsberegning. Kapittel 3 beskriver en metode for estimering av nøkkeltall som også ivaretar og synliggjør usikkerheten i beregningen. Kapitlet avsluttes med to eksempler. Kapittel 4 beskriver en arbeids og ansvarsfordeling mellom FFI-prosjetene på den ene side og økonomimiljøet ved Analyseavdelingen på den andre.

## 2 BEHOVET FOR NØKKELTALL

Kapitlet beskriver hvordan KOSTMOD fungerer og hvilke ressurskategorier som ligger til grunn for en strukturkostnadsberegning. Videre forklares de nøkkeltall som knyttes opp til den enkelte ressurs. Kapitlet avsluttes med to eksempler fra en strukturkostnadsberegning.

### 2.1 Hva er KOSTMOD og hvordan fungerer den

KOSTMOD består av to hoveddeler. Del en er programvare for å utføre selve beregningene. I forbindelse med forsvarsanalyser og militærfaglige utredninger er hovedleveransen fra KOSTMOD forsvarsstrukturens total kostnad. Total kostnaden beregnes over ett gitt tidsrom, normalt 20 år. Del to består av databaser. Databasene inneholder kostnadsinformasjon om ca 500 enkeltkapasiteter eller *ressurser*. Ressursens kostnadsinformasjonen er delt opp i investeringskostnad, driftskostnader, levetid, anskaffelsestidspunkt, teknologisk fordyrelse og driftskostnadsvekst. Forsvarsstrukturens total kostnad er en funksjon av type og antall ressurser som inngår i strukturen. Kostnadene beregnes i form av en simulering som tar hensyn til hvilke ressurser som finnes ved periodens start og hvilke ressurser som må tilføres underveis for å opprettholde strukturen. Ressursenes kostnadsinformasjonen er gjenstand for planmessig oppdatering som utføres i forkant av for eksempel en forsvarsanalyse.

Når kostnadsinformasjon skal fordeles er en grunnleggende forutsetning at det finnes et entydig kostnadsobjekt som kostnadsbildet kan allokere i forhold til. Er kostnadsobjektet diffust eller uklart vil dette gjenspeiles i den kostnadsallokering som foretas, og det vil garantert oppstå diskusjoner rundt hva som er riktige og gale kostnader. Fordi KOSTMOD skal være konsistent med ytelsesvurderingene er det *avdeling* som i KOSTMOD er definert som kostnadsobjekt. Forsvarsstrukturens total kostnad kan brytes ned i investerings- og driftskostnader, pr. våpensystem eller kapasitet, pr. avdeling, pr. år. I denne kostnadsinformasjonen finnes levetidskostnader (LCC) for avdelinger og delvis for systemer.

Et viktig spørsmål er hvilke underliggende forhold påvirker kostnadsutviklingen i objektet? Økonomer kaller svaret på dette kostnadsdrivere. I KOSTMOD terminologien heter disse

kostnadsdriverne *ressurser*. En KOSTMOD-avdeling tildeles riktige ressurser, i riktig mengde, til rett tid. KOSTMOD-ressursene består av tre hovedkategorier:

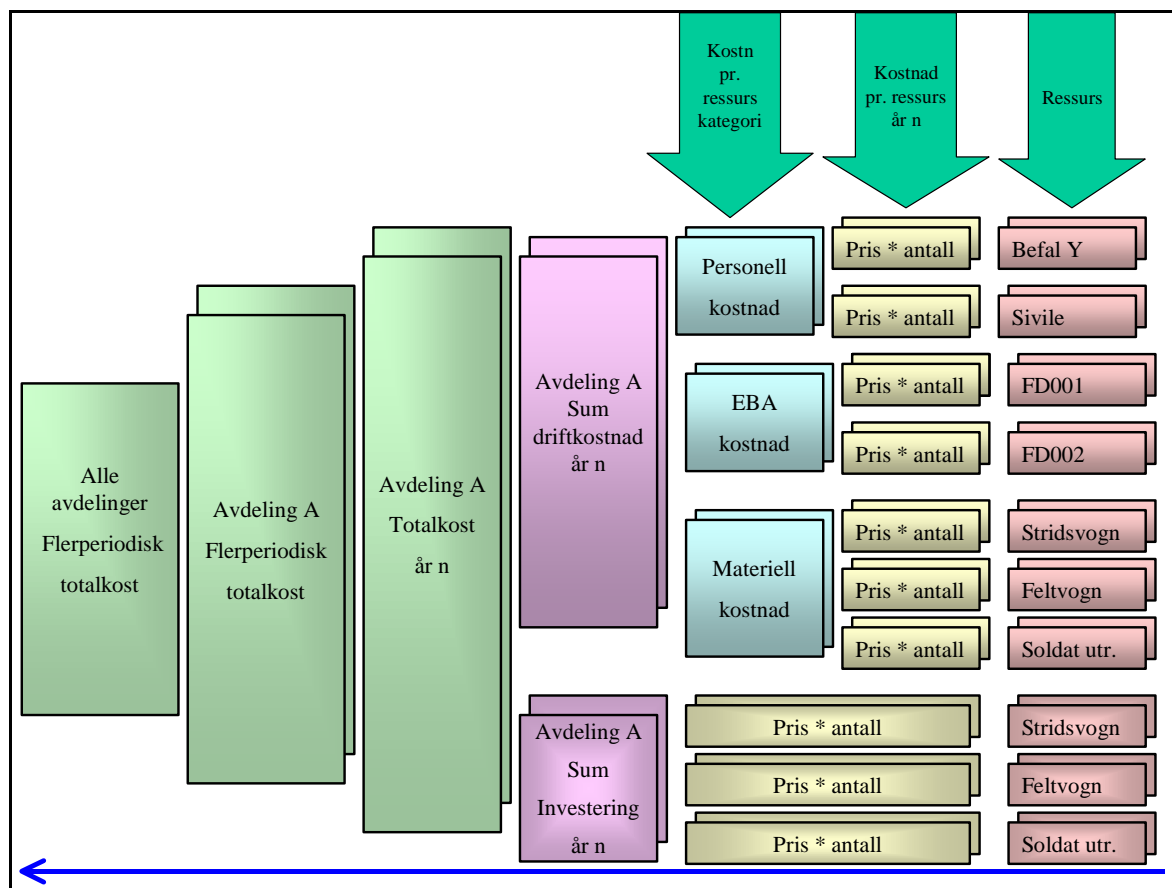
- Personell
- Eiendom, bygg og anlegg (EBA)
- *Materiell*

Det er på ressursnivå at KOSTMOD har behov for økonomiske nøkkeltall. Nøkkeltall for personell og EBA utledes fra Forsvarets regnskaper. I denne rapporten fokuseres det derfor på materiellet. Dette kan deles videre opp i tre underkategorier:

1. Eksisterende materiell og kapasiteter
2. Planlagt innkjøpt materiell og kapasiteter
3. *Fremtidig materiell og kapasiteter*

For underkategori 1 finnes regnskap og databaser med historiske data, og relativt gode nøkkeltallsestimater kan utledes fra disse. For underkategori 2 finnes totalprosjekt (TP) dokumenter som gir forholdsvis god innsikt. Underkategori 3 har den høyeste grad av usikkerhet og det finnes sjelden gode økonomiske estimater i Forsvarets databaser og plandokumenter. Men i deler av FFI sin prosjektportefølje vil det typisk bli gjennomført studier innenfor denne underkategorien. Dermed blir det avgjørende å utnytte denne kompetansen også for å fremskaffe best mulige økonomiske nøkkeltall.

Under vises en prinsippskisse for hvordan KOSTMOD fungerer. Som det fremkommer er nøkkeltallene kritiske i forhold til å beregne de riktige strukturkostnader. Gitt fast antall *ressurser* i beregningsperioden, øker kronebeløpet i skissens *pris \*antall* eksponentielt for hvert år i beregningsperioden. Dette som en følge av *TKF* og *DKV*. Resten er i prinsippet summering.



Figur 2.1. Prinsippskisse for KOSTMOD-beregninger

## 2.2 Nøkkeltallenes egenskaper

Over konkluderes det med at visse økonomiske nøkkeltall er knyttet opp til den enkelte ressurs, og at viktige deler av kunnskapen om fremtidens materiellressurser finnes i prosjekter og kompetansmiljøer ved FFI.

**Ressurs** representerer en kostnadsdriver i KOSTMOD. Det er på ressursnivå nøkkeltallene *investering*, *drift*, *TKF*, *DKV* og *levetid* tilknyttet (se under). Eksempler på ressurser er stridsvogn, kampfly og fregatt. En ressurs kan også være en sammensetting av flere forskjellige materielltyper eller enkeltkomponenter, for eksempel ”kommunikasjonssystemer” i luftovervåkning eller ”elektronisk krigføring”. Inndelingen i ressurser er et spørsmål om hva som er hensiktsmessig. Dette vil avhenge av kostnader og antall komponenter. På den ene side er det et mål å aggregere ulike materielltyper for å begrense detaljeringsgraden og sikre helhetsforståelse. På den annen side er det et mål å operere med tilstrekkelig spesifikke ressurser til at gode grunnlagsdata kan hentes inn. Ressursene er klassifisert til ressurskategorier. KOSTMOD operer med tre ressurskategorier: *personell*, *EBA* og *materiell* og har i dag totalt ca. 500 forskjellige ressurser fordelt på tre forsvarsgrener, Heimvernet og fellesinstitusjoner.

### Nøkkeltall:

Under presenteres og forklares de økonomiske nøkkeltall som knyttes opp til hver ressurs. I

den grad nøkkeltallene blir forskjellige avhengig av ressurskategori, setter forklaringen under fokus på materiellressursene.

**Investering** er det kronebeløp, i et gitt års kroneverdi, Forsvaret påtar seg når de går til innkjøp av nytt materiell/kapasitet. Kronebeløpet skal knyttes til en ressurs og synliggjør en enhetskostnad. I sammensettingen av ressursen, inngår simulatorsystemer og reservedeler og ammunisjon for operasjoner over et gitt tidsrom. Utgjør noen av disse delementene betydelige kronebeløp kan de skilles ut som egen ressurs (for eksempel SMART-ammunisjon) med egen investering, drift osv. Ved investering i nytt materiell skjer det at Forsvaret samtidig kjøper inn reservedeler og ammunisjon i større kvanta enn det som det er behov for med tanke på operasjoner over et gitt tidsrom, en såkalt krigsberedskap. Et slikt merkjøp skal *ikke* være en del av investeringssummen, men fordeles på ressursens årlige driftskostnad.

**Teknologisk fordyrelse** (TKF) er en reell størrelse som er tilknyttet investeringsbeløpet. TKF benyttes for å estimere investeringskostnad til en fremtidig kapasitet, hvor man mangler gode kostnadsdata og må basere seg på dagens kostnadsnivå i forhold til dagens kapasitet. Størrelsen reflekterer at over tid har militært materiell en konsekvent tendens til å bli mer komplekst og derfor dyrere. Dette henger blant annet sammen med militære organisasjoners krav om ytelse og kapasitet utover det en mulig motstander har eller kan antas å ha i fremtiden. TKF gjør det mulig å estimere en investeringspris for et gitt system etter  $n$  år, basert på følgende formel:

$$\text{Investeringspris år } n = \text{Investeringspris år } 0 \cdot (1 + \text{TKF})^n \quad (2.1)$$

For materiellet i det norske forsvaret ligger TKF-koeffisienten i intervallet 0-6 % pr år avhengig av ressurs. Ved fastsettelse av TKF kan en støtte seg til tabell 2.1, men denne bør sees som veiledende. Er det gode argumenter for å avvike fra størrelsene under, bør dette gjøres. En britisk undersøkelse viser at TKF kan overstige 12,5 % pr. år for enkelte materiellkategorier. For ytterligere detaljer se (2).

Rolle	Teknologisk nivå		
	Høy	Middels	Lav
Strid	6 %	4 %	2 %
Stridsstøtte	4 %	2 %	0 %
Støttende	2 %	0 %	0 %

Tabell 2.1 Beslutningsmatrise for fastsettelse av TKF-satser

**Levetid** viser den tid det tar fra det investeres i en *ressurs* til *ressursen* er utslitt og det må reinvesteres. Forsvaret opererer med operativ og teknisk levetid. Ved fastsettelsen av levetid i KOSTMOD velges den laveste av operasjonell og teknisk levetid. Dette for å sikre seg mot en underestimert behovet. Forutsetninger om bruksintensitet og oppgraderinger er her avgjørende for vurderingen av *ressursens* levetid.

**Driftskostnad** er det årlige kronebeløp Forsvaret bruker på løpende drift av en *ressurs*. For materiell inkluderer dette *ressursens* årlige gjennomsnittlige forbruk av reservedeler, treningsammunisjon og drivstoff. Dette inkluderer det forbruk av reservedeler og ammunisjon

som er kjøpt inn samtidig med en investering gitt at dette ikke spiser av det som er lagt til siden for krigsberedskap (se over). Dette er informasjon som for eksisterende materiell hentes fra Forsvarets databaser og regnskap. Personell- og EBA-kostnader skal ikke inngå i materiellressursens driftskostnad da disse er egne *ressurser* med egne driftskostnader som knyttes direkte til avdeling. For personell utledes driftskostnader fra pengeregnskap og personellregnskap. For EBA benyttes m<sup>2</sup>-satsen som er utledet av satsene FMO betaler til Forsvarsbygg (FB) og arealfordelingen i Forsvarets helhetlige eiendomsregister.

For nytt materiell må driftskostnadene estimeres etter beste skjønn. Det er en trend at vedlikeholdstjenester på materiell settes ut på anbud og utføres av private selskaper i stedet for hos Forsvarets logistikkorganisasjon (FLO). I slike tilfeller må det årlige kronebeløp som er tilstrekkelig for kjøp av vedlikeholdstjenester hos en leverandør estimeres. Dette reduserer imidlertid kostnader hos FLO. Derfor må det også vurderes hvor mange årsverk og m<sup>2</sup> EBA som FLO kan fjerne, eller unnlate å ansette/bygge, som en direkte konsekvens av at vedlikeholdstjenesten på kapasiteten utføres av en annen leverandør.

**Driftskostnadsvekst (DKV)** er en spesifikk årlig økning i *driftskostnader* for materiell og personell utover vanlig generell prisstigning. DKV beregnes med utgangspunkt i blant annet analyser av Forsvarets regnskaper over tid. For ytterligere detaljer se (3). Tabell 2.2 oppsummerer de satsene som for tiden benyttes i KOSTMOD. Satsene gjelder for alle ressursene i KOSTMOD.

Ressurs kategori	År		
	2002-2005	2006-2008	2009 -
Personell	3,4 %	2,65 %	1,9 %
Materiell	2,3 %	1,15 %	0

Tabell 2.2 DKV satsen som for tiden brukes i KOSTMOD. Satsene forutsettes å variere over tid

DKV påvirker driftskostnadene over tid etter følgende formel:

$$\text{Driftskostnad år } n = \text{Driftskostnad år } 0 \cdot (1 + \text{DKV})^n \quad (2.2)$$

hvor  $n$  er antall år fra år 0.

For nytt materiell av kategori 3 kan det tenkes at DKV-utviklingen vil avvike fra mønsteret i tabell 2.2. Det er da nyttig å gjøre en vurdering av dette, selv om resultatet ikke implementeres direkte i KOSTMOD. Spesielle forhold som bør vurderes er:

- Graden av teknologisk kompleksitet i feilsøkingsverktøy samt behovet for eget avansert vedlikehold av disse verktøyene.
- Reservedelsbehov og- egenskaper. I hvilken grad er vedlikeholdet lagt opp til at det skiftes enkeltkomponenter, og hva inneholder enkeltkomponentene som skiftes ut? Foregår vedlikehold av enkeltkomponentene eksternt eller internt?
- Hvordan er behovet for nisjepreget spesialkompetanse ved vedlikehold av ressursen?

Et eksempel fra NORMAN (4) synliggjør reservedelsproblematikken. Levetiden på en av komponentene i utrustingen forventes å bli mindre enn tre år. Hele utrustingen har en forventet

levetid på 15 år, følgelig planlegges det med bytte av denne komponenten fem til seks ganger i løpet av utrustingens levetid. Komponentene vedlikeholdes ikke internt, men kjøpes ny hver gang den byttes. Forventet TKF på den type komponenter er 4 %. Fordi dette komponentbyttet er vurdert som en driftskostnad benytter KOSTMOD DKV satsen på materiell. Dette bidrar over tid til en underestimert driftskostnad på NORMANS-utrustningen. Skal dette unngås må komponentens TKF inngå i beregningen av DKV. Det er på bakgrunn av slike forhold vi finner det nyttig at det foretas en DKV-vurdering. En slik vurdering vil være nødvendig for å gjøre en realistisk økonomisk analyse for nytt materiell isolert sett, og den vil kunne gi verdifull kunnskap til det videre arbeidet med å utvikle bedre estimater og bedre forståelse av DKV i strukturkostnadssammenheng.

## 2.3 Eksempel strukturkostnadsberegning

I forbindelse med Forsvarssjefens militærfaglige utredning 2003 (MFU 03) beregnet FFI denne strukturens kostnader i KOSTMOD. For å gi en bedre forståelse av metode og terminologi, er det under vist to eksempler på materiellkostnader fra Luftforsvaret:

- EK-fly
- Luftovervåkning.

Hensiktsmessig inndeling av hva som inngår i en ressurs vil blant annet avhenge av kompleksiteten ved systemet og mulighetene for gode kostnadsestimater. Benyttet inndeling i eksemplene er derfor ikke nødvendigvis like hensiktsmessig i et annet tilfelle. Kostnadsdataene oppgitt i eksemplene er forventningsverdier som er beregnet etter Trapezfordelingen beskrevet i kapittel 3.3.

### 2.3.1 Eksempel 1, EK-fly

EK-fly er inndelt i 2 ressurser; selve flyene og oppdatering av flyene. Inndelingen er gjort for å synliggjøre oppdateringskostnader på EK-fly, noe som er en forutsetning for angitt levetid på flyene. For EK-fly er dette en regelmessig oppdatering, men i mange tilfeller vil det for eksempel være snakk om oppdatering hvert femte år eller en Mid Life Update (MLU).

#### 2.3.1.1 Ressurs: EK-fly

##### Består av:

Ny flymaskin som kan erstatte DA-20 "Jet Falcon", samt alle komponenter dertil.

##### Investeringskostnad:

Er beregnet til 600 mill kroner pr fly.

Investeringskostnaden er todelt. Ny flymaskin som kan erstatte DA-20, forventes å koste 350 mill kroner pr fly (pris 2002-kr). Det er da tatt utgangspunkt i en Grumman Gulfstream V som er et større fly og kan brukes som en flerbruksplattform. Å installere EK-utstyr i en Gulfstream forventes å koste 250 mill kroner pr fly (2002-kr). Det er naturlig å skifte ut begge deler hvis flymaskinen skal erstattes i 2015, ettersom EK-utstyret da vil være mer enn 15 år gammelt.

##### Teknologisk fordyrelsesfaktor (TKF):

Beregnes til 3 % pr år. Dette er basert på forventningsverdier på 2 % for flyet og 4,4% for EK-utstyret multiplisert med andelene av investeringskostnaden, og summert.

Driftskostnader:

Driftskostnadselementer	Kroner pr år
Vedlikehold, flyskrog	7.500.000
Vedlikehold, komponenter	5.000.000
Vedlikehold, motor	5.500.000
Nyanskaffelser	4.500.000
Diverse	6.500.000
Drivstoff <sup>1</sup>	6.500.000
Chaff/Flare	500.000
Sum driftskostnader (3 fly)	36.000.000
Driftskostnad pr. fly	12.000.000

Tabell 2.3 Driftskostnader EK-fly i 2002-kroner

Driftskostnadsvekst (DKV):

Basert på prosjektvurdering ved bruk av Trapezfordelingen i kapittel 3.3 er forventningsverdien 2 % pr år.

Levetid:

Er vurdert til 50 år. Dette er basert på produsentens anslag på levetid målt i antall flytimer pr år, fremtidig utvikling av EK-utstyr og muligheten for å opprettholde ønsket kapasitet på denne plattformen. Dette inkluderer som nevnt regelmessige oppdatering gjennom hele perioden. Oppdateringskostnadene er vist i kapittel 2.3.1.2

## 2.3.1.2 Ressurs: EK-fly, oppdatering

Består av:

Oppdateringer og nyinvesteringer som gjøres på EK-fly. Pågående prosjekter som omfattes av denne ressursen er bl.a:

- Oppdatering
- Ny avionikk til EK-flyet ifm ny luftromsbegrensning
- Fornyelse av Emitter Simulator Fasilitet
- Tilleggsutstyr EK

Oppdateringsprosjekter i tilsvarende størrelsesorden er forventet å fortsette så lenge vi har EK kapasitet ekvivalent med DA-20.

Investering:

Har en forventningsverdi på 30 mill kroner (2002-kr).

TKF:

Har en forventningsverdi på 4 % pr år.

<sup>1</sup> 6,5 mill kroner = 1100 liter drivstoff pr flytime\*3,50 kroner pr liter drivstoff \*1700 flytimer pr år



Levetid:

Har en forventningsverdi på 3 år (dvs oppdatering hvert 3. år).

	Investering	TKF	Drift	DKV	Levetid i år
EK-fly	600 000 000	3 %	12 000 000	2 %	50
EK-fly, oppdatering	30 000 000	4 %	0	0	3

Tabell 2.4 Oppsummering nøkkeltall EK-fly i 2002-kroner

### 2.3.1.3 Life Cycle Cost, EK-fly

Det anskaffes 3 stk EK-fly i 2009 og første oppdatering blir i 2012.

Sammen med de øvrige forutsetningene som er nevnt i ressursbeskrivelsen for henholdsvis "EK-fly" og "EK-fly, oppdatering", blir LCC for systemet som helhet som vist i Tabell 2.5.

	2004 -08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	2019-58	Sum LCC
Invest.		2.214											2.214
Drift		41	42	43	44	45	46	47	48	48	49	3.045	3.498
Oppdat.					44			50			56	1.831	1.981
Sum		2.255	42	43	88	45	46	97	48	48	106	4.875	7.692

Tabell 2.5 LCC, EK-fly i mill 2002-kroner

Kommentarer:

Inngangsverdiene for investering, drift og oppdatering er kjent i 2002-kroner. Likeså er TKF og DKV oppgitt. Selve kalkuleringen av kostnadene i Tabell 2.5 utføres av KOSTMOD på bakgrunn av inngangsverdiene. Kostnader til oppdatering vil kunne distribueres noe ulikt, for eksempel ved at kostnaden for hver 3. års oppdatering blir noe lavere og at det blir en noe større oppdatering midt i levetiden, men sum oppdateringskostnader over levetiden antas å være tilsvarende. For andre ressurser vil det kunne være mer hensiktsmessig å benytte en større kostnad tilknyttet en MLU, og behandle dette som en egen ressurs.

TKF er beregnet i 7 år for anskaffelse og 10 år for første oppdatering. TKF forutsetter å benyttes for senere års oppdateringer. Dette fordi grunnlagsprisene er i 2002 kroner og anskaffelse foregår i 2009 med første oppdatering i 2012. Beregning med TKF vil avhenge av hvilken prisinformasjon som er tilgjengelig. Dersom anskaffelsen er i nærtid og det eksisterer kontraktspriser for den kapasiteten man ønsker å investere i, benyttes ikke TKF for å beregne investeringssummen ved anskaffelse.

DKV er beregnet i 7 år for første året med driftskostnader. Også for driftskostnadene er grunnlagsprisene i 2002-kroner, og første året med vedlikehold kommer samtidig med anskaffelsen i 2009. Deretter foregår en fortløpende beregning etter som årene går.

Siden flyene antas å ha en forventet levetid på 50 år, gitt planlagte oppdateringer, beregnes LCC over tilsvarende periode fra anskaffelse av flyene. Teknisk levetid og operativ levetid bør vurderes og kommenteres. Dersom det er grunn til å tro at det vil komme helt nye plattformer som med betydelig bedre kapasitet enn "EK-fly", vil dette kunne medføre at reell levetid er lavere enn angitt. Man må da vurdere om anskaffelse faktisk er mulig og hensiktsmessig, eller om leie av kapasiteten er mer fornuftig inntil ny plattform er tilgjengelig.

### 2.3.2 Eksempel 2, LOS-kommunikasjonssystemer

Kommunikasjonssystemer inngår som en del av luftovervåkningssystemene (LOS) og er relativt uoversiktlig fordi systemet består av mange mindre komponenter. Utfordringen er å kategorisere komponenter i undergrupper som er mest mulig homogene og i hensiktsmessig størrelse. LOS består av følgende ressurser:

LOS – ACCS (Air Comand Control System)  
 LOS – Bakkeelektroniske systemer  
 LOS – Felles sambands- og informasjonssystemer  
 LOS – *Kommunikasjonssystemer*  
 LOS – Sensor – Sindre I  
 LOS – Sensor – Sindre II  
 LOS – Sensor – ubeskyttet radar  
 LOS – Passive sensorsystemer  
 LOS – Kontroll- og rapporteringssenter

LOS-kommunikasjon systemer består av 6 delsystemer som finnes ved Luftforsvarets installasjoner. Systemet representerer en samling sambandssystemer.

#### Investeringskostnad:

Har en forventningsverdi på 240 mill kroner (2002-kr)

Målsetningen for prosjektet er å dekke Luftforsvarets behov for bakke til luft radiokapasitet.

Dette innebærer at prosjektet skal anskaffe og installere radioer som gir :

- En landsomfattende radiodekning for LOS iht ACCS Criteria and Standards
- Lavdekning i operativt prioriterte områder
- Funksjonalitet mot SISAM for alle bakke til luft radioer i LOS systemet
- Dekke Luftforsvarets behov for tilgang til UHF-radioer for luftromkontroll

#### Teknologisk fordyrelsesfaktor (TKF):

Har en forventningsverdi på 4 % pr. år.

#### Driftskostnader:

Har en forventningsverdi på 6 mill kroner i drift av hele systemet (2002-kr). Dette inkluderer løpende utskiftninger. Separate oppdateringer er derfor ikke nødvendig.

#### Driftskostnadsvekst (DKV):

Har en forventningsverdi på 2 % pr år.

#### Levetid:

Har en forventningsverdi på 15 år.

	Investering	TKF	Drift	DKV	Levetid i år
LOS – Kommunikasjonssystem	240 000 000	4%	6 000 000	2%	15

Tabell 2.6 Oppsummering nøkkeltall, LOS-kommunikasjonssystemer i 2002-kroner

### 2.3.2.1 Life Cycle Cost, LOS-kommunikasjonssystem

Det anskaffes 1 stk LOS-kommunikasjonssystem i 2010. Sammen med de øvrige forutsetningene som er nevnt i ressursbeskrivelsen for ”LOS-kommunikasjonssystemer”, blir LCC for systemet som vist i Tabell 2.7

	2004-09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	2020-24	Sum LCC
Invest.		328											328
Drift		7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	45	122
Sum		335	7	7	7	8	8	8	8	8	8	45	450

Tabell 2.7 LCC, LOS-kommunikasjonssystem oppgitt i mill 2002-kroner

## 3 METODE FOR ESTIMERING AV NØKKELTALL

I de foregående kapitler er det forklart behovet for, og bruken av, økonomiske nøkkeltall. Dette kapittel vil ta for seg metoder for å beregne disse nøkkeltallene dersom de ikke er direkte tilgjengelig. I KOSTMOD vil nøkkeltallene alltid benyttes som punktestimater hentet fra en beregnet forventningsverdi. Usikkerheten rundt nøkkeltallenes punktestimater fremkommer ikke i KOSTMOD. Det er likevel ønskelig at usikkerheten synliggjøres når nøkkeltallene beregnes. I metodeforklaringen under legges det derfor vekt på nettopp dette. Kapitlet har både en teoretisk og en praktisk beskrivelse. Den praktiske følges opp av eksempler som er konsistente med eksemplene i foregående kapittel.

Før nøkkeltallene kan kalkuleres må det innhentes informasjon og data som gir input til den valgte metode. For å unngå overlappende og unødvendig arbeid kan det være nyttig å konferere med økonomimiljøet ved Analyseavdelingen tidlig i prosessen. Arbeidet med beregning av nøkkeltall bør følge en sekvensielle rekkefølge slik som vist i tabell 3.1. For ytterligere beskrivelse av den enkelte fase se appendiks C.

Fase	Oppgave	Kilde / ansvar
1	Konkretisere system som skal kostnadsberegnes	Prosjekt, konfererer med Analyse ved behov
2	Definere varianter / valgmuligheter / pakker av komponenter / konfigurasjoner	Prosjekt, konfererer med Analyse ved behov
3	Kartlegge eventuelle deler av systemet som eksisterer i dagens forsvar og/eller forsvarsplanlegging	Prosjekt i samarbeider med Analyse
4	Fremskaffer kostnadsdata og beregner nøkkeltall på materiell som ikke inngår i steg 3	Analyse og Prosjekt
5	Fremskaffe kostnadsdata for beregning av kostnader tilknyttet EBA, personell og DKV-satser	Analyse og Prosjekt
6	Beregne Levetidskostnader	Analyse og Prosjekt

*Tabell 3.1 Beregning av nøkkeltall – sekvensielle arbeidsoppgaver. De teknologiske ekspertmiljøene på FFI (FFI-prosjektene) har en viktig rolle i alle faser av arbeidet*

De fleste FFI-prosjekter behandler fremtidig materiell eller kapasiteter, og ofte er det ny teknologi og nye konsepter som skal kostnadsberegnes. Prosjektene må derfor i mange tilfeller selv skaffe til veie informasjon om de fleste nøkkeltall, og synliggjøre den usikkerhet som ligger i de spesifikke estimatene som prosjektet finner.

Det kan være både vanskelig og tidkrevende å skaffe til veie den nødvendige nøkkeltallsinformasjon. Vi skal forsøke å beskrive noen fremgangsmåter som kan gjøre dette arbeidet litt enklere.

### 3.1 Transformasjon av kostnadsdata

Ved innhenting av kostnadsdata som skal gi grunnlaget for beregning av nøkkeltallene, kan det forekomme at kildene for denne informasjonen finnes i forskjellige land, kilden kan operere med priser fra forskjellige år og kanskje med forskjellige valutaer. Før slike kostnadsdata kan brukes som input for beregning av nøkkeltall må de gjøres innbyrdes konsistente. Verdiene skal transformeres til norske kroner i ett gitt års kroneverdi. Transformasjonsprosessen kan ses som todelt. Først justeres gammel (oppgitt) pris i utenlandsk valuta til reell oppjustert pris i utenlandsk valuta. Neste steg er å transformere reell pris i utenlandsk valuta til norske kroner. I denne transformasjonsprosessen er det fire grupper av hovedparametere som det må tas hensyn til:

- Valutakurs
- Tidspunkt for oppgitt pris i valuta samt ønsket år for pris i norske kroner (NOK). Valutakurser finnes på: [www.norgesbank.no/stat/valutakurser/](http://www.norgesbank.no/stat/valutakurser/)
- Inflasjon i perioden jfr. foregående kulepunkt, målt for eksempel ved konsumprisindeks (KPI). KPI finnes på: [www.ssb.no/kt/](http://www.ssb.no/kt/). Statistisk sentralbyrå (SSB) har også lenker til tilsvarende institusjoner i andre land hvor informasjon om Consumer Price Index lett

kan fremskaffes.

- TKF og DKV

Uttrykk 3.1 viser sammenhengen som anbefales benyttet:

$$I_n^{NOK} = (I_0^{UtlValuta}) \cdot (1 + i_{Utl}) \cdot (1 + TKF)^n \cdot \left( \frac{NOK_n}{Valuta_n} \right) \quad (3.1)$$

hvor

$I_n^{NOK}$  = investering i NOK på tidspunkt n

$I_0^{UtlValuta}$  = investering i utenlandsk valuta på tidspunkt 0

$\frac{NOK_n}{Valuta_n}$  = valutakurs på tidspunkt n

$i_{Utl}$  = inflasjon i utland i perioden n-0

n = antall år fra tidspunkt 0

Et eksempel med transformasjon viser dette i praksis:

- Investeringsprisen på en innsatsfaktor er oppgitt til 1000 USD i år 2002 og det er ønskelig å transformere dette til 2004 NOK.
- Gjennomsnittlig valutakurs i 2004 er 7,97 NOK pr USD
- Inflasjon i USA målt i form av KPI i USA er estimert til å til være 3,2 % for perioden 2002–2004.
- TKF for innsatsfaktoren er 2 % pr år.

I dette eksemplet blir derved:

$$I_{2004}^{NOK} = (1000USD) \cdot (1,032) \cdot (1,02)^2 \cdot \left( 7,97 \frac{NOK}{USD} \right) = 8557 \text{ NOK}$$

### 3.2 Usikkerhet i beregning av nøkkeltall

Det er i hovedsak to kilder som gir usikkerhet i nøkkeltallene: 1) det er fortsatt uklarheter rundt en del detaljer i systemet, eller 2) kostnadsdataene er lite tilgjengelig, og det er tidkrevende og/eller kostbart å skaffe de til veie.

I det første tilfellet kan det være at man ikke har alle detaljer rundt design og operasjonskonsepter på plass i tilstrekkelig detalj til at man er i stand til å identifisere alle kostnader. Det kan også være at det er uklarhet rundt fremtidige valg; detaljer i systemet som det ikke er praktisk mulig å fastsette. Her er det viktig å skille mellom forskjellige konfigurasjoner som representerer reelle valg for de som kommer til å benytte disse beregningene og hva som kun er ”uklare” detaljer. Uklare detaljer kan uttrykkes som usikkerheter i nøkkeltallene, men forskjellige konfigurasjoner må kostnadsberegnes hver for seg slik at eventuelle beslutningstagerne kan sette de forskjellige konfigurasjonene opp mot hverandre. Dette gir beslutningstagerne best mulig grunnlag når de skal velge mellom de forskjellige konfigurasjonene. Forskjellige konfigurasjoner må også kunne legges inn som forskjellige ressurser i KOSTMOD.

Man ønsker selvfølgelig å gjøre innhenting av nøkkeltall så effektiv som mulig, og det er viktig å gjøre avveininger på hvor mye ressurser man skal legge ned i å skaffe til veie disse. I tilfeller hvor kostnadsdata ikke kan gjøres tilgjengelig eller innhenting er spesielt tidkrevende og kostbar kan det være hensiktsmessig å gjøre tilnærminger. Uansett hva opphavet til usikkerheten er, kan det være hensiktsmessig å gå veien om sannsynlighetsfordelingen til de enkelte nøkkeltallene. Basert på denne sannsynlighetsfordelingen kan man finne forventningsverdien som så kan benyttes som punkttestimat i de videre beregningene i KOSTMOD.

I KOSTMOD vil man alltid benytte punkttestimater for nøkkeltallene, slik som det også er beskrevet i eksemplene i kapittel 2.3. Usikkerheten i nøkkeltallene vil ikke komme til uttrykk i KOSTMOD og vil dessuten gi mindre utslag på strukturnivå, i det minste så lenge estimatene ikke er systematisk skjeve. Likevel er det ønskelig at usikkerhet i nøkkeltallene fremkommer i prosjektenes mer detaljerte kostnadsarbeider, særlig dersom disse tallene brukes videre i prosjektenes arbeid og anbefalinger.

### 3.3 Beregning av nøkkeltall

Der det er stor usikkerhet forbundet med nøkkeltall, kan man som nevnt gjøre jobben enklere ved å først gå veien om sannsynlighetsfordelingen til det aktuelle nøkkeltallet. Det kan i mange tilfeller være enklere å enes om en sannsynlighetsfordeling, enn å gå direkte på et punkttestimat. Når man så har sannsynlighetsfordelingen på plass kan man benytte forventningsverdien som punkttestimat i KOSTMOD.

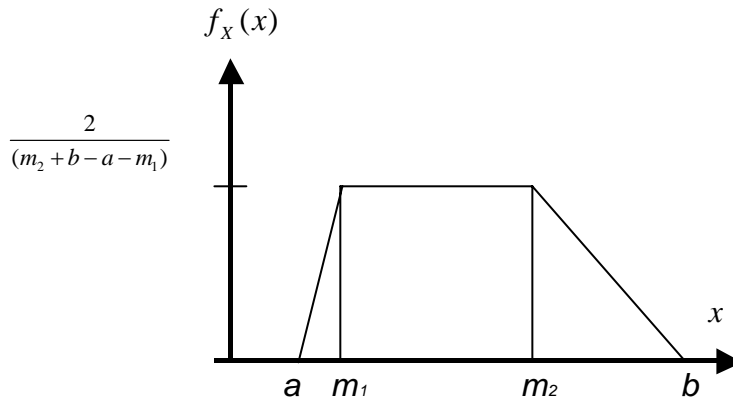
Trapesfordelingen er spesielt anvendelig til dette formålet siden denne fordelingen kan gis en tolkning som er intuitiv og som i de fleste tilfeller gir en meget god forenkling. Trapesfordelingen er gitt ved fire parametere,  $X \sim \text{Trap}(a, m_1, m_2, b)$ . Tetthetsfunksjonene for trapesfordelingen er vist i Figur 3.1. Tetthetsfunksjonen stiger lineært fra 0 fra  $a$  til  $m_1$ , fra  $m_1$  til  $m_2$  er funksjonen konstant, mens den synker lineært tilbake til 0 fra  $m_2$  til  $b$ .

Tolkningen vi benytter er at  $a$  og  $b$  er absolutte minimums- og maksimumsverdier, mens intervallet  $(m_1, m_2)$  er det mest sannsynlige området for den aktuelle verdien. Dette er data som kan være lettere tilgjengelig og gir et mer korrekt kostnadsbilde enn bare et punkttestimat.

For eksempel, dersom man skal finne en investeringskostnad trenger man nå å finne:

- absolutt minimumsinvesteringskostnad på en ressurs eller enkeltkomponenter i ressursen ( $a$ )
- absolutt maksimumsinvesteringskostnad på en ressurs eller enkeltkomponenter i ressursen ( $b$ )
- mest sannsynlige kostnadsintervall for ressursinvesteringen eller enkeltkomponenter i ressursen ( $m_1$  og  $m_2$ )

Med andre ord trenger man svar på følgende spørsmål: Hva er absolutt minste mulige kostnad for denne komponenten i den aktuelle konfigurasjonen? Hva er absolutte høyeste kostnad? Hva er det mest sannsynlige kostnadsintervallet? Selvfølgelig må svarene begrunnes på samme måte som et hvilket som helst punkttestimat.



Figur 3.1 Trapesfordelingen

Forventningsverdi og varians til trapesfordelingen er gitt ved:

$$\begin{aligned}
 E(X) &= \frac{((m_2 + b)^2 - m_2 b) - ((a + m_1)^2 - a m_1)}{3(m_2 + b - a - m_1)} \\
 \text{Var}(X) &= \frac{(m_2^2 + b^2)(m_2 + b) - (a^2 + m_1^2)(a + m_1)}{6(m_2 + b - a - m_1)} - [E(x)]^2
 \end{aligned} \tag{3.2}$$

Legg også merke til at i spesialtilfellet der  $m_1 = m_2 = m$  får vi en trekantfordeling, hvor  $m$  blir den mest sannsynlige verdien.

Dersom vi ikke har en symmetrisk fordeling, slik som er tilfelle i Figur 3.1, trenger ikke den mest sannsynlige verdien (mode) og forventningsverdien,  $E(x)$ , være sammenfallende. Det kan vi se i Figur 3.1 siden trekanten på høyresiden har større areal enn den på venstresiden. Det er generelt bedre å benytte forventningsverdien enn den mest sannsynlige verdien når verdiene skal benyttes for videre beregninger, slik nøkkeltallene vi finner skal benyttes videre i KOSTMOD.

Kostnadsdata vil ofte ha en sannsynlighetsfordeling med en form som ligner på den i Figur 3.1. Det vil si at fordelingen har mye masse på lave verdier og en lang hale opp mot høye verdier. For fordelinger med denne formen vil den mest sannsynlige verdien være lavere enn forventningsverdien. Om man i disse tilfellene benytter den mest sannsynlige verdien i stedet for forventningsverdien, vil man systematisk underestimere forventede kostnader.

En opplagt fordel med å benytte en sannsynlighetsfordeling for å uttrykke nøkkeltallene er at man "favner" flere alternativer og tar høyde for usikkerheten. Slik vil beregningene bli mye mer robust.

### 3.4 Eksempel TRAPES

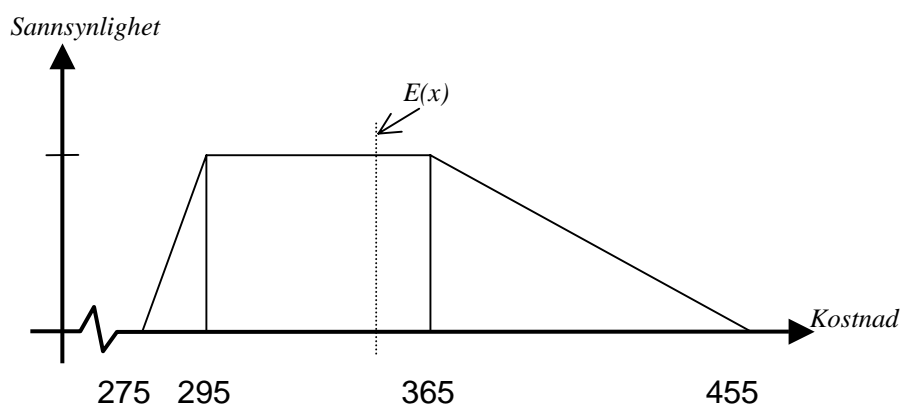
Vi skal igjen se på eksemplet med EK-fly som ble presentert tidligere og vise hvordan investeringssummen kan beregnes. Her hadde vi to investeringer, en for flyet og en for EK-utstyret. Vi vil kun se på investeringskostnadene for flyet i dette eksemplet.

Det er en del usikkerhet rundt hva flyet koster. Spesielt er man usikker på hvilken pris man er i stand til å forhandle seg frem til.

Med en god kontrakt mener man at absolutt beste pris er 275 mill kroner. På den annen side, med en dårlig kontrakt risikerer man å havne på maks 455 mill kroner. Dette er ekstremverdiene. Det mest sannsynlige intervallet antar man at er 295 – 365 mill kroner. Da får man:

$$\begin{aligned} a &= 275 \text{ mill kroner} \\ m_1 &= 295 \text{ mill kroner} \\ m_2 &= 365 \text{ mill kroner} \\ b &= 455 \text{ mill kroner} \end{aligned}$$

som med vår tolkning gir en trapesfordeling med sannsynlighetsfordelingen som er vist i Figur 3.2. Denne sannsynlighetsfordelingen har en forventningsverdi på 350 mill kroner. Dette er også den verdien vi kjenner igjen som punkttestimatet som ble brukt i eksemplet på side 13. Denne forventningsverdien brukes altså som punkttestimat for nøkkeltallet investeringskostnad i de videre beregningene som gjøres i KOSTMOD.



Figur 3.2 Sannsynlighetsfordelingen til investeringskostnaden for flyet. Verdier i mill kroner

Vi kan også benytte samme fremgangsmåte for TKF, DKV, driftskostnader og levetid.

### 3.5 Nøkkeltall bestående av flere komponenter

Noen ganger må nøkkeltall aggregeres fra flere komponenter. Om vi ser tilbake på Tabell 2.3, så består driftskostnadene for EK-fly av flere kostnadselementer. I Tabell 3.2 under viser vi parametrene til trapesfordelingene som gir disse verdiene.

Kostnadselement	Kr pr år	Min	Maks	$m_1$	$m_2$	E	Var
Vedlikehold, flyskrog	7.500	6.500	9.000	6.900	7.350	7.509	296.166
Vedlikehold, komponenter	5.000	4.500	5.500	4.700	5.300	5.000	566.666
Vedlikehold, motor	5.500	5.000	6.300	5.100	5.450	5.498	85.944
Nyanskaffelser	4.500	2.000	9.000	2.200	3.700	4.500	2.601.666
Diverse	6.500	4.000	11.000	4.200	5.700	6.500	2.601.666
Drivstoff	6.500	4.000	11.000	4.200	5.700	6.500	2.601.666
Chaff/Flare	500	400	600	450	550	500	2083
Sum driftskostnader (3 fly)	36.000					36.008	8.245.861
Driftskostnad pr. fly	12.000						

Tabell 3.2 Kostnadselementer EK-fly, tall i 1000 kroner, med unntak av Var kolonne



Forventningsverdien til driftskostnaden til ressursen vil være lik summen av forventningsverdiene av kostnadselementene. Vi trenger derfor bare å legge sammen forventningsverdiene:

$$E(Kostnad_{Ressurs}) = E(Kost_{element\_1}) + E(Kost_{element\_2}) + \dots + E(Kost_{element\_N}).$$

Slik finner vi her forventningsverdien til driftskostnadene (her: 12 mill kroner per fly) for å få nøkkeltallet som vi kan benytte i KOSTMOD.

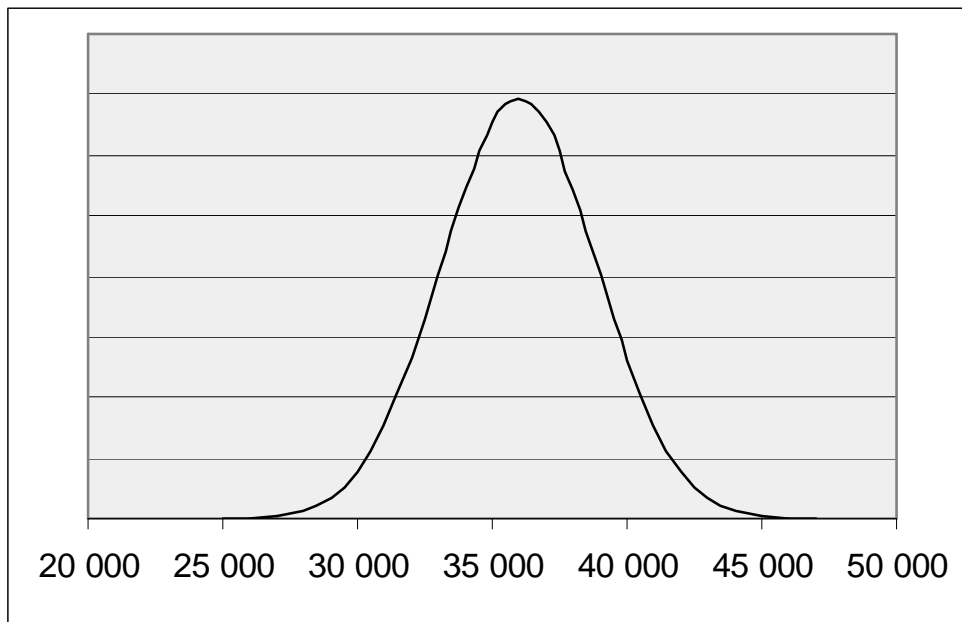
Selv om vi har funnet forventningsverdien og således nøkkeltallet som skal benyttes i KOSTMOD, kan det være interessant også å finne sannsynlighetsfordelingen til nøkkeltallet, i dette tilfellet driftskostnaden. Hvilken økonomisk risiko man løper kan i enkelte tilfeller være en betydelig del av kostnadsbildet. For eksempel, dersom det er fare for at det kan dukke opp betydelige uforutsette kostnader, er det ønskelig at dette kommer tydelig frem. Et mer omfattende bilde av kostnadsdataene kan være spesielt nyttig dersom man skal sammenligne forskjellige konfigurasjoner av et system hvor konfigurasjonene har forskjellig økonomisk risiko. For eksempel, om man har en konfigurasjon med utprøvd og velkjent teknologi med et relativt kjent kostnadsbilde, og en annen med ny teknologi med et mer usikkert kostnadsbilde, kan forskjeller i sannsynlighetsfordelingene uttrykke disse forskjellene.

Variansen er en parameter som kan si noe om kostnadsrisikoen. Høy varians uttrykker stor usikkerhet og større økonomisk risiko enn liten varians. Om vi antar at kostnadselementene er uavhengige tilfeldige variable, kan vi enkelt legge sammen variansen for kostnadselementene for å finne variansen til nøkkeltallet:

$$\text{Var}(Kostnad_{Ressurs}) = \text{Var}(Kost_{element\_1}) + \text{Var}(Kost_{element\_2}) + \dots + \text{Var}(Kost_{element\_N}).$$

I Tabell 3.2 har vi lagt sammen variansen til kostnadselementene, men variansen er et lite intuitivt begrep. Da kan det være bedre med en grafisk fremstilling av sannsynlighetsfordelingen. Å finne sannsynlighetsfordelingen analytisk blir fort veldig vanskelig, spesielt om man har mange komponenter og forskjellige fordelinger. Da har vi to alternativer: vi kan enten gjøre en grov forenkling og bruke normalfordelingen eller vi kan bruke Monte Carlo-simulering for å fremstille sannsynlighetsfordelingen.

Normalfordelingen er entydig gitt ved forventningsverdien og variansen. Dette er en grov forenkling som egner seg best når man har mange kostnadselementer, og

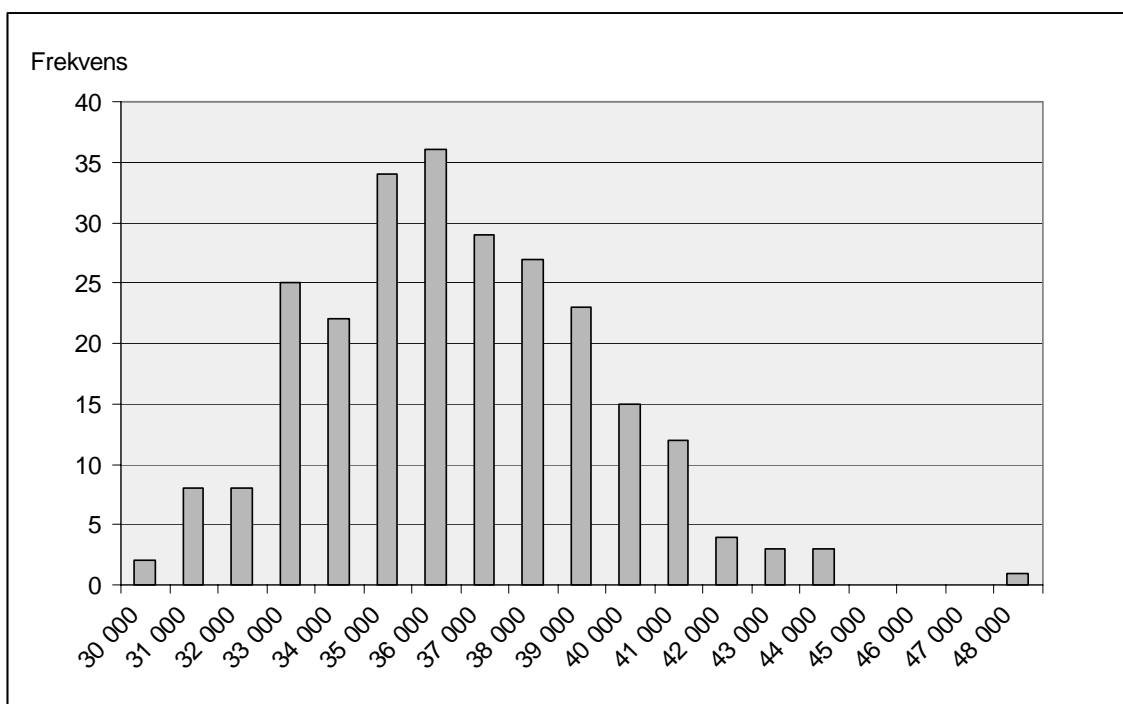


Figur 3.3 Normalfordelte driftskostnader i 1000 kr, EK fly

symmetriske fordelinger. Figur 3.3 viser normalfordelingen gitt ved forventningsverdien og variansen til driftskostnadene i eksemplet, se Tabell 3.2.

Det kan være en grov forenkling å anta at nøkkeltallet er normalfordelt. En Monte Carlo-simulering kan gi et bedre resultat. I simuleringen kan man trekke kostnader fra de forskjellige fordelingene for å få enkeltverdier som så kan benyttes for å få frem anslag på de samlede systemkostnadene. Ved å gjenta dette kan man bygge opp et sett med "empiriske data" og så konstruere tetthetsfunksjonen fra dette settet av data.

Monte Carlo-simulering gir et godt bilde av sannsynlighetsfordelingen til sammensatte verdier. I de fleste tilfeller kan vi også anta at kostnadselementene er uavhengige. Det har den fordel at man kan gjøre trekningene uavhengige. Figur 3.4 viser tetthetsfunksjonen til driftskostnadene i eksemplet fremstilt ved Monte Carlo-simulering. Som figurene viser, blir formen på fordelingen forskjellig i de to tilfellene. I dette tilfellet har vi fått en fordeling som ikke er symmetrisk slik normalfordelingen er. Formen er ganske typisk for kostnadsestimater; relativt mye masse konsentrert rundt forventningsverdien, nesten ingen hale på nedsiden, men en relativt lang og tykk hale på oversiden.



Figur 3.4 Monte Carlo-simulerte driftskostnader EK-fly, i 1000 kroner

Monte Carlo-simulering, spesielt med trapesfordelingen er beskrevet nærmere i appendiks A.

I NORMANs-prosjektet (4) benyttes Monte Carlo-simulering i kostnadsberegningene. Dette notatet (4) kan være nyttig dersom man ønsker flere eksempler.

#### 4 ARBEIDSFORDELING

For å minimere instituttets ressursbruk og trekke på instituttets samlede innsikt ved utarbeidelse av de økonomiske nøkkeltall er det behov for en mer strukturert arbeidsfordeling mellom FFI-prosjektene på den ene side og økonomimiljøet ved Analyse avdelingen på den andre. En hensiktsmessig arbeidsfordeling vil også bidra til tettere dialog og et godt samarbeidsklima som også kan komme til nytte i andre sammenhenger. Med bakgrunn i samtaler og erfaringer fra blant annet NORMANs-prosjektet skisseres følgende arbeidsfordeling:

1. Økonomimiljøet ved Analyseavdelingen har ansvar for å utarbeide dataverktøy og gjennomføre de tekniske beregningene av nøkkeltallenes forventningsverdi samt varians. Ved hjelp av KOSTMOD utledes i tillegg:

- Langsiktige strukturkostnadsberegninger.
- Avdelingskostnader pr år og over tid.
- Totale systemkostnader pr år og over tid (kan kreve tilleggsberegning utenfor KOSTMOD).

Økonomimiljøet støtter øvrige FFI-prosjekter når de skal segmentere og gruppere enkeltkomponenter og kostnadsdata slik at de blir egnet for beregning av nøkkeltall og varians.

2. FFI-prosjekter med hovedinnretning mot utvikling eller anskaffelse av fremtidig materiell

og kapasiteter, får ansvar for innhenting av informasjon samt segmentering og gruppering av enkeltkomponenter slik at de blir egnet for beregning av nøkkeltall og varians. Dette inkluderer å fremskaffe de nødvendige kostnadsdata samt dokumentering av arbeidet og dets resultater.

Denne arbeidsfordelingen skal føre frem til at følgende kostnadsinformasjon presenteres med forventningsverdier, standardavvik og sannsynlighetsfordelingsskisse:

- Investeringskostnader i et gitt års kronebeløp
- Driftskostnader i et gitt års kronebeløp
- Levetid i antall år
- TKF i % pr år
- DKV i % pr år

I tillegg volumbehov for:

- Personellbehov (antall og type)
- EBA (antall m<sup>2</sup>)

For nærmere beskrivelse av opplegget for beregning av nøkkeltall se appendiks C Sekvensiell fremdrift.

En slik arbeidsfordeling, basert på de forutsetninger og metoder som er beskrevet i denne rapporten, vil styrke både instituttets strukturkostnadsberegninger for Forsvaret og de mer detaljerte og avgrensede økonomiske vurderinger i de respektive prosjekter.

## APPENDIKS

### A TRAPESFORDELINGEN OG MONTE CARLO SIMULERING

I denne delen er det samlet litt informasjon som kan være nyttig dersom man skal gjøre Monte Carlo simuleringer. Det meste av informasjonen er relatert til trapesfordelingen.

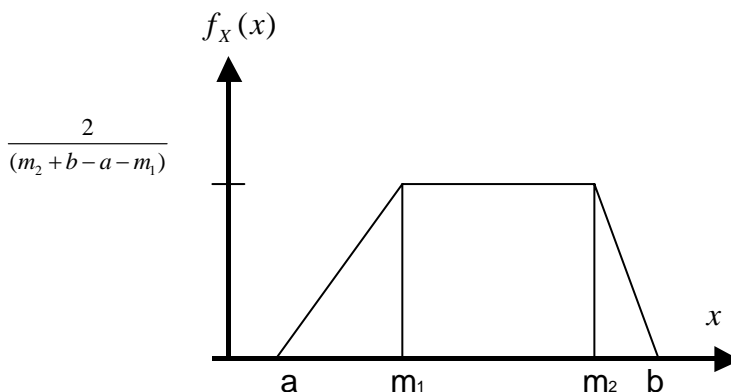
Når vi skal simulere trekker vi tilfeldige verdier fra de aktuelle fordelingene for å få verdier som kan benyttes som en simulert realisasjon fra den aktuelle fordelingen. Ved å gjenta dette kan man bygge opp et sett med "empiriske data" og så konstruere tetthetsfunksjonen etter dette settet.

Tetthetsfunksjonen,  $f_X(x)$ , til trapesfordelingen har formelen:

$$f_X(x) = \begin{cases} \frac{\delta}{m_1 - a}(x - a) & x \in [a, m_1) \\ \delta & x \in [m_1, m_2) \\ \frac{\delta}{b - m_2}(b - x) & x \in [m_2, b] \\ 0 & x \notin [a, b] \end{cases} \quad (\text{A.1})$$

$$\text{der } \delta = \frac{2}{(m_2 + b - a - m_1)}$$

et eksempel på en trapesfordeling er vist i Figur A.1.

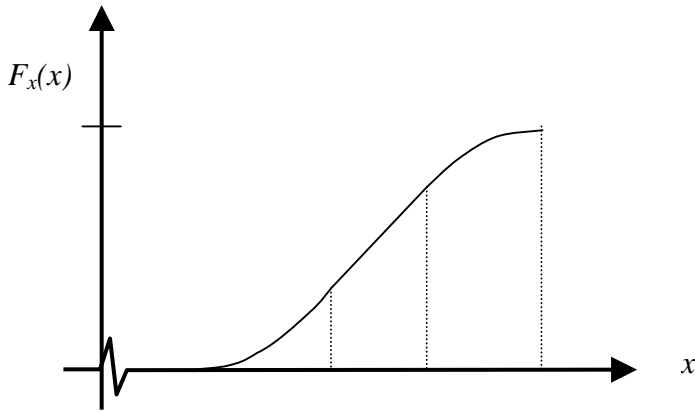


Figur A.1, Tetthetsfunksjonen til trapesfordelingen.

Den kumulative tetthetsfunksjonen,  $F_x(x)$ , har formelen:

$$F_x(x) = \begin{cases} \frac{\delta}{2(m_1 - a)}(x - a)^2 & x \in [a, m_1) \\ \frac{\delta}{2}(2x - a - m_1) & x \in [m_1, m_2) \\ 1 - \frac{\delta}{2(b - m_2)}(b - x)^2 & x \in [m_2, b] \\ 0 & x \notin [a, b] \end{cases} \quad (\text{A.2})$$

En typisk form på den kumulative tetthetsfunksjonen til trapesfordelingen er:



Figur A.2, Typisk eksempel på den kumulative tetthetsfunksjonen til trapesfordelingen.

En mye brukt metode for å gjøre trekninger fra sannsynlighetsfordelinger er å trekke en verdi mellom 0 og 1 fra en uniformfordeling (alle verdier mellom 0 og 1 er like sannsynlig). Og så benytte den inverse av den kumulative tetthetsfunksjonen for å få en verdi fra den aktuelle fordelingen. Om vi løser ligning A.2 med hensyn på  $x$  får vi:

$$x = \begin{cases} a + \sqrt{\frac{2F_x(m_1 - a)}{\delta}} & F_x \in \left[0, \frac{\delta}{2}(m_1 - a)\right) \\ \left(\frac{F_x}{\delta} + \frac{a + m_1}{2}\right) & F_x \in \left[\frac{\delta}{2}(m_1 - a), \delta\left(m_2 - \frac{a + m_1}{2}\right)\right) \\ b - \sqrt{(1 - F_x)\frac{2(b - m_2)}{\delta}} & F_x \in \left[\delta\left(m_2 - \frac{a + m_1}{2}\right), 1\right] \\ \emptyset & F_x \notin [0, 1] \end{cases} \quad (\text{A.3})$$

Om vi nå, for eksempel, bruker Excel funksjonen =RAND() til å gi oss et tall mellom 0 og 1, og setter dette tallet inn for  $F_x$  i formelen over, får vi en  $x$  som er en trekning fra den aktuelle trapesfordelingen.

## B EXCEL, TRAPESFORDELINGEN OG SIMULERING

De fleste benytter MS Excel som verktøy for kostnadsberegninger. Excel har ikke støtte for trapesfordelingen og funksjonene i Appendiks A er ikke implementert i Excel. Det finnes åpenbart andre verktøy som kan benyttes som for eksempel Crystal Ball eller MATLAB. Et annet alternativ er selv å legge til funksjonene i Excels makrospråk VBA. Under følger Excel VBA koden til noen funksjoner som kan være nyttige. Excelark hvor disse funksjonene er lagt inn er også tilgjengelig fra økonomimiljøet ved Analyse:

TRAPDIST(x, a, b, m <sub>1</sub> , m <sub>2</sub> )	returnerer fra tetthetsfunksjonen til en trapesfordeling med parametre <i>a</i> , <i>b</i> og <i>m</i> <sub>1</sub> og <i>m</i> <sub>2</sub> .
TRAPINV (F, a, b, m <sub>1</sub> , m <sub>2</sub> )	returnerer fra den inverse til den kumulative tetthetsfunksjonen til en trapesfordeling med parametre <i>a</i> , <i>b</i> og <i>m</i> <sub>1</sub> og <i>m</i> <sub>2</sub> .
TRAPE (a, b, m <sub>1</sub> , m <sub>2</sub> )	gir forventningsverdien til en trapesfordeling med parametre <i>a</i> , <i>b</i> og <i>m</i> <sub>1</sub> og <i>m</i> <sub>2</sub> .
TRAPVAR(a, b, m <sub>1</sub> , m <sub>2</sub> )	gir variansen til en trapesfordeling med parametre <i>a</i> , <i>b</i> og <i>m</i> <sub>1</sub> og <i>m</i> <sub>2</sub> .

```
Public Function TRAPDIST(x, a, b, Optional m1, Optional m2)
'Funksjonen returnerer fra tetthetsfunksjonen til en trapesfordeling med
parametre a, b og m1 og m2.
'Funksjonen håndterer også spesialtilfellene unifromfordeling og
trekantfordeling.
  If m1 = Empty Then
    m1 = a
    m2 = b
  End If
  If m2 = Empty Then m2 = m1

  'sjekk for gyldige parametre.. if a <= m1 <= m2 <= b...
  If a <= m1 And m1 <= m2 And m2 <= b Then

    y = 2 / (b + m2 - m1 - a)

    If x < a Or x > b Then TRAPDIST = 0 'utenfor b og a
    If x > a And x <= m1 Then TRAPDIST = y * (x - a) / (m1 - a)
    If x > m1 And x <= m2 Then TRAPDIST = y
    If x > m2 And x <= b Then TRAPDIST = y * (b - x) / (b - m2)
  Else
    TRAPDIST = CVErr(xlErrValue)
  End If

End Function

Public Function TRAPINV(F, a, b, Optional m1, Optional m2)
'Funksjonen returnerer fra den inverse til den kumulative tetthetsfunksjonen
til en trapesfordeling med parametre a, b og m1 og m2.
'Funksjonen håndterer også spesialtilfellene unifromfordeling og
trekantfordeling.
  If m1 = Empty Then
    m1 = a
    m2 = b
  End If
  If m2 = Empty Then m2 = m1
```

```

If a <= m1 And m1 <= m2 And m2 <= b Then

    y = 2 / (b + m2 - m1 - a)

    If F < a Or F > b Then TRAPINV = CVErr(xlErrValue)
    If F >= 0 And F <= (y * (m1 - a) / 2) Then TRAPINV = a + Sqr((2 * F
* (m1 - a) / y))
    If F > (y * (m1 - a) / 2) And F <= (y * (m2 - ((m1 + a) / 2))) Then
TRAPINV = F / y + (m1 + a) / 2
    If F > (y * (m2 - (m1 + a) / 2)) And F <= 1 Then TRAPINV = b - Sqr(2
* (1 - F) * (b - m2) / y)
    Else
        TRAPINV = CVErr(xlErrValue)
    End If

```

```
End Function
```

```

Public Function TRAPE(a, b, Optional m1, Optional m2)
'Funksjonen beregner forventningsverdien av en RV som er trapesfordelt med
parametre a, b og m1 og m2 som angir området som er det mest sannsynlige.
    If m1 = Empty Then
        m1 = a
        m2 = b
    End If
    If m2 = Empty Then m2 = m1

    TRAPE = (((m2 + b) ^ 2) - (m2 * b)) - (((a + m1) ^ 2) - (a * m1)) / (3
* (m2 + b - a - m1))
End Function

```

```

Public Function TRAPVAR(a, b, Optional m1, Optional m2)
'Funksjonen beregner variansen av en RV som er trapesfordelt med parametre
a, b og m1 og m2 som angir området som er det mest sannsynlige.
    If m1 = Empty Then
        m1 = a
        m2 = b
        TRAPVAR = (((b - a) ^ 2) / 12)
    Else
        If m2 = Empty Then m2 = m1
        TRAPVAR = (((((m2 ^ 2) + (b ^ 2)) * (m2 + b)) - ((a ^ 2) + (m1 ^
2)) * (a + m1))) / (6 * (m2 + b - a - m1))) - (TRAPE(a, b, m1, m2) ^ 2)
    End If
End Function

```

Excel har også et verktøy: "Histogram analysis tool", som kan være nyttig for å vise en simulert fordeling. Dette er en del av "Analysis ToolPak". Denne pakken må installeres før histogramverktøyet kan benyttes.



## C SEKVENSIELL FREMDRIFT

Fase	Oppgave	Kilde / ansvar
1	Konkretisere system som skal kostnadsberegnes	Prosjekt, konfererer med Analyse ved behov
2	Definere varianter / valgmuligheter / pakker av komponenter / konfigurasjoner	Prosjekt, konfererer med Analyse ved behov
3	Kartlegge eventuelle deler av systemet som eksisterer i dagens forsvar og/eller forsvarsplanlegging	Prosjekt i samarbeider med Analyse
4	Fremskaffer kostnadsdata og beregner nøkkeltall på materiell som ikke inngår i steg 3	Analyse og Prosjekt
5	Fremskaffe kostnadsdata for beregning av kostnader tilknyttet EBA, personell og DKV-satser	Analyse og Prosjekt
6	Beregne Levetidskostnader	Analyse og Prosjekt

Nærmere beskrivelse av den enkelte fase:

### **Fase 1: Prosjektet konkretiserer systemet som skal kostnadsberegnes og konfererer med økonomimiljøet ved Analyse ved behov**

Et system kan generisk inndeles i tre hovedkategorier av systemkomponenter som er relevant for kostnadsberegningen; *Materiell*, *EBA* og *Personell*

Alle systemer vil ikke omfatte kostnader innefor alle de tre kategoriene, men normalt vil hver av disse være mer eller mindre relevante. Det vil alltid være behov for en avgrensning av hvilke kostnader som kan anses å relateres til det konkrete systemet som vurderes. For materiellet vil denne avgrensningen være gitt ved definisjon av systemet. EBA og Personell er derimot mer komplisert. Grovt sett kan man si at skillet går der hvor systemet ikke lenger har en vesentlig innvirkning på kostnadene på den basen eller avdelingen hvor systemet er tenkt å operere. Dette skillet vil alltid være noe uklart, siden summen av systemer krever en del indirekte kostnader gjennom for eksempel administrasjon, ledelse, forpleining osv.

For å ikke komplisere beregningene ved å prøve å ta med alle direkte og indirekte kostnader, noe som gjerne kan medføre redusert kvalitet på resultatet, anbefales det at omfanget av indirekte kostnader begrenses. Dette kan delvis forsvares ved at store deler av disse kostnadene vil være der uansett, gitt et visst antall operative systemer, samt at de mest relevante overhead-kostnader for personell er inkludert i de personellsatsene som beregnes av økonomimiljøet ved Analyse.

Avgrensningen som da gjenstår omfatter materiell og personell. Her må man for eksempel ta stilling til hvor mye av ledelsesapparatet og bygninger som kan sies å være direkte relatert til det aktuelle systemet. Konkret vil dette kunne omfatte for eksempel ledelse av flygere og vedlikeholdspersonell, men ikke ledelse av diverse bakkepersonell. For EBA vil skillet kunne være at man inkluderer kostnadene ved å bygge og drifte en hangar (med mindre man allerede har hangar med ledig kapasitet), mens rullebane og kontrolltårn ikke inngår (basekostnader

uavhengig av systemet).

**Leveranse fra denne fasen skal være;**

- Materiell – definisjon av materiellkomponenter, eller grupper av mindre komponenter, aktuelle for systemet
- EBA – antall kvadratmeter fordelt på EBA-typer
- Personell – antall personell fordelt på personellkategorier

**Fase 2: Prosjektet definerer varianter/valgmuligheter/pakker av komponenter/konfigurasjoner og konfererer med økonomimiljøet ved Analyse ved behov**

Denne fasen omfatter avklaring av mulige alternative løsninger for systemet. Ulike konfigurasjoner for samme system vil også påvirke kapasiteten i større eller mindre grad, og dette må klargjøres. Dette skal gi klart definerte alternative løsninger som blir vurdert og som kan være valgmuligheter for beslutningstaker

**Leveranse fra denne fasen skal være;**

- Alternativer med tilhørende sammensetning av materiell, samt hvilken kapasitet alternativet representerer

**Fase 3: Prosjektet foretar i samarbeid med økonomimiljøet ved Analyse kartlegging om deler av systemet eksisterer i dagens forsvar og/eller forsvarsplanlegging**

Definerte behov for materiell og EBA fra fase 1 må ses i sammenheng med hva som eksisterer i dagens forsvar og/ eller inngår i planlagte anskaffelser. Dersom kapasiteten til deler av systemet allerede eksisterer og/ eller dette inngår i en planlagt anskaffelse vil dette ha konsekvenser for marginalbetraktningen av kostnader for det systemet som vurderes. Forutsetningen er at det er ledig kapasitet på eksisterende delsystem, slik at en eventuell anskaffelse av det systemet som prosjektet vurderer ikke medfører ekstrakostnader. Slike kostnader skal normalt ikke inngå i beregningen av systemkostnader.

**Leveranse fra denne fasen skal være;**

- Identifisere eventuelle overlapp av deler av systemet som prosjektet vurderer

**Fase 4: Prosjektet fremskaffer kostnadsdata og økonomimiljøet ved Analyse beregner nøkkeltall på materiell som ikke inngår i fase 3**

Denne fasen er normalt den mest tidkrevende og består av arbeidet med å beregne nøkkeltallene til alternativene som er konkretisert i fase 1, 2 og 3.

Utarbeidelsen av nøkkeltall for kostnadsberegningen kan inndeles i to avhengig av hva som skal beregnes og tilgjengeligheten av data:

1. Innhenting av informasjon og data for investering, drift, levetid og TKF på materiell som eksisterer og hvor det er mulig å fremskaffe en indikasjon på markedspris.
2. Estimering av informasjon og data for investering, drift, levetid og TKF på materiell hvor teknologi ikke eksisterer og/ eller data ikke er tilgjengelig

Kostnadsberegning av et større system vil ofte medføre en kombinasjon av disse to fremgangsmåtene. Mangelfull datainnsamling fra del 1 vil også gjøre at det er behov for bruk av begge metodene.

### **Del 1 – Innhenting av informasjon og data**

Del 1 omfatter innsamling av informasjon og data fra diverse relevante kilder, noe som vil variere fra prosjekt til prosjekt. Internettkilder som [www.fas.org](http://www.fas.org), [www.janes.com](http://www.janes.com) og [www.globalsecurity.org](http://www.globalsecurity.org) er blant de mest omfattende kildene, men også her mangler det ofte data og kvaliteten varierer mye.

All informasjon bør innhentes fra minst to kilder for å sikre at vesentlige forhold ikke er uteglemt. Kilder som konkretiserer omfang og forutsetninger for oppgitte tall bør vektlegges.

Ved innhenting av informasjon på åpne kilder som Internett er det en rekke forhold som man bør være oppmerksom på. "Fallgruvene" kan grupperes i to; 1) de som er relatert til omfang av data og 2) de som er relatert til hvordan dataene er beregnet. Ulike tall fra ulike kilder betyr ikke nødvendigvis at noen av disse er feil, men snarere at dataene har ulikt innhold og/ eller at informasjonen er beregnet på ulik måte. Det er med andre ord risikabelt å benytte data som man ikke kjenner forutsetningene for, da disse lett kan tas ut av sin sammenheng.

Forhold knyttet til omfang relaterer seg til hvorvidt oppgitte data omfatter ting som:

- reservedeler
- logistikk
- utviklingskostnader eller kun produksjonskostnader
- opplæring
- spesialtilpasninger (nasjonale behov)
- ammunisjon/missiler
- integrert software til våpen

Forhold knyttet til beregningsmetodikk relaterer seg til hvorvidt oppgitte data har like forutsetninger om ting som:

- reelle eller nominelle tall
- valuta
- opplæring
- finansieringskostnader

Selv om man får tilgang på data som tilsynelatende er basert på de samme forutsetningene, vil det vanligvis oppstå avvik mellom ulike kilder og det vil derfor fortsatt være usikkerhet knyttet til innhentet datagrunnlag. Det vises her til trapesmetoden i rapporten for håndtering av denne usikkerhet, slik at man kan komme frem til en forventningsverdi og en synliggjøring av usikkerheten ved dette anslaget.

### **Del 2 – Estimering av informasjon og data**

Del 2 omfatter altså estimering av grunnlagsdata som inngår i beregningen av nøkkeltall (investering, drift, levetid og TKF) på materiell hvor teknologi ikke eksisterer og/ eller pålitelige data ikke er tilgjengelig slik beskrevet i del 1.

Metoden som anbefales i slike tilfeller er å basere seg på det tallgrunnlaget som er tilgjengelig. Dette medfører at det ikke er samsvar mellom data og teknologinivå på det systemet som er definert i prosjektet. For å gi et bedre kostnadsestimat i prosjektet må tilgjengelige data korrigeres i forhold til teknologigapet mellom det systemet som man kjenner dataene til og det man ikke har data på. Det vises for øvrig til FFI's TKF-rapport (5). Ulike systemer er her inndelt i kategorier og historiske TKF-satser pr år er oppgitt. Dette kan benyttes veiledende for prosjektet i arbeidet med å oppjustere "gamle" priser. Prosjektet bør imidlertid gjøre seg en oppfatning om hvilke TKF-satser man mener er beste estimat på fremtidig årlig prisutvikling for det aktuelle systemet.

En slik estimering som beskrevet ovenfor, vil naturlig nok innebære økt usikkerhet sammenlignet med materiell som eksisterer og hvor man finner indikasjon på markedspris. Det er likevel en metode for å komme frem til det beste estimatet gitt tilgjengelig informasjon. Også her vises det til trapesmetoden i rapporten for håndtering av usikkerhet.

**Leveranse fra denne fasen skal være;**

- Forventningsverdier på nøkkeltallene; investering, drift, levetid og TKF på alle materiellkomponenter, eller grupper av mindre komponenter, slik definert i fase 1.
- Samlede forventningsverdier på nøkkeltallene investering, drift, levetid og TKF på hvert av alternativene definert i fase 2.
- Synliggjøring av usikkerheten i forventningsverdiene ved bruk av trapesmetoden

**Fase 5: Prosjektet innhenter grunnlagsdata fra økonomimiljøet ved Analyse for beregning av kostnader tilknyttet EBA og personell**

GFØ har over flere år utviklet metoder for beregning av relevante personell- og EBA-satser fordelt ulike kategorier. Satsene baserer seg på historiske regnskaper for Forsvaret og oppdateres jevnlig. Beregnede personell- og EBA-satser benyttes i KOSTMOD og langtidsplanlegging i FD.

Kategorier som i dag benyttes på personell er:

- Kontrakts Befal
- Yrkes Befal
- Sivile
- Vervede
- Verkstedsoverenskomstlønte (VOK)

Personellkostnadene omfatter alle lønnskostnader (post 01) inklusiv diverse tillegg. Videre er personellrelaterte materiellkostnader (post 11) inkludert i satsene, noe som utgjør kostnader vurdert som variable med personell og omfatter blant annet kostnader til innkvartering, reiser, kantiner, pc (ulikt for hver personellkategori). Personell satsene er kostnader pr. årsverk.

For EBA benyttes driftskostnader pr kvadratmeter innenfor følgende kategorisering:

- FD001 Strids- og forsvarsanlegg
- FD002 Utdannings- og øvingsanlegg
- FD003 Lager- og vedlikeholdsanlegg
- FD004 Administrasjon- og stabsanlegg
- FD005 Forlegninger og messer
- FD006 Velferds- og fritidsanlegg
- FD008 Boliger
- FD009 Andre EBA
- FFI009 Spesielle objekter

EBA-satsene omfatter gjennomsnittlig kostnader til drift og vedlikehold pr m<sup>2</sup>. Investering i EBA er ikke inkludert, men på sikt er det tenkt at husleiesatsene Forsvarsbygg krever av Forsvaret skal dekke alle kostnader. I kostnadsberegning av et system vil det uansett være påkrevd å ha med alle større EBA-investeringer for å gi et best mulig kostnadsbilde for beslutningstaker

For beregning av levetidskostnader er det nødvendig å vurdere utviklingen i de driftskostnadene som er innhentet eller estimert for et gitt år. Kostnadsvekst utover årlig inflasjon kaller vi driftskostnadsvekst (DKV), og det vises her til FFIs DKV-rapport (3). Historisk har det vært en slik vekst både for materiell og personell. For personell benytter GFØ historiske DKV-satser som grunnlag ved estimering av fremtidige kostnader, men med en nedtrappende årlig vekst. For

materiellkostnader er det ønskelig at prosjektet har en oppfatning av hvordan driftskostnadene for det aktuelle systemet vil utvikle seg fremover.

**Leveranse fra denne fasen skal være;**

- Personell- og EBA- volum pr kategori
- Forventningsverdi(er) på DKV koeffisient(er) for beregning av fremtidige Materiell kostnad(er)
- Synliggjøring av usikkerheten i forventningsverdi(ene) ved bruk av trapesmetoden

**Fase 6: Økonomimiljøet ved Analyse beregner levetidskostnader. Porsjektene dokumenterer resultat.**

Denne fasen innebærer en sammenstilling av enhetspriser, antall og vekstfaktorer fra fase 1-5. Dette gir grunnlag for å beregne en samlet levetidskostnad for systemet og de ulike alternativene som definert i fase 2.

Beregning av levetidskostnader gjøres i KOSTMOD av GFØ. Ønsker prosjektet selv å beregne levetidskostnader gjøres dette i samarbeid med GFØ.

**Leveranse fra denne fasen skal være:**

- Sum levetidskostnader for hvert alternativ av systemet
- Dokumentering av resultater

**Litteratur**

- (1) Tony Kråkenes og Terje Wahl (2003): (U) TEK14: TEKNOLOGIINNSPILL FRA FFI TIL MFU-03 - Oppsummering og erfaringer, 2003/01523, Begrenset
- (2) Roger Dalseg (2002): TEKNOLOGISK FORDYRELSE I FORSVARET, 2002/01050
- (3) Steinar Gulichsen (2002): DRIFTSKOSTNADSVEKST I FORSVARET, 2002/02999
- (4) Svein Martinussen (2003): KOSTNADSESTIMAT FOR NORMANS-Soldatutrustingens kostnader i en 20 års periode, 2003/02389, Unntatt offentlighet
- (5) Paul R.Garvey og Marcel Dekker (2000): Probability Methods for Cost Uncertainty Analysis, A Systems Engineering Perspective, New York.