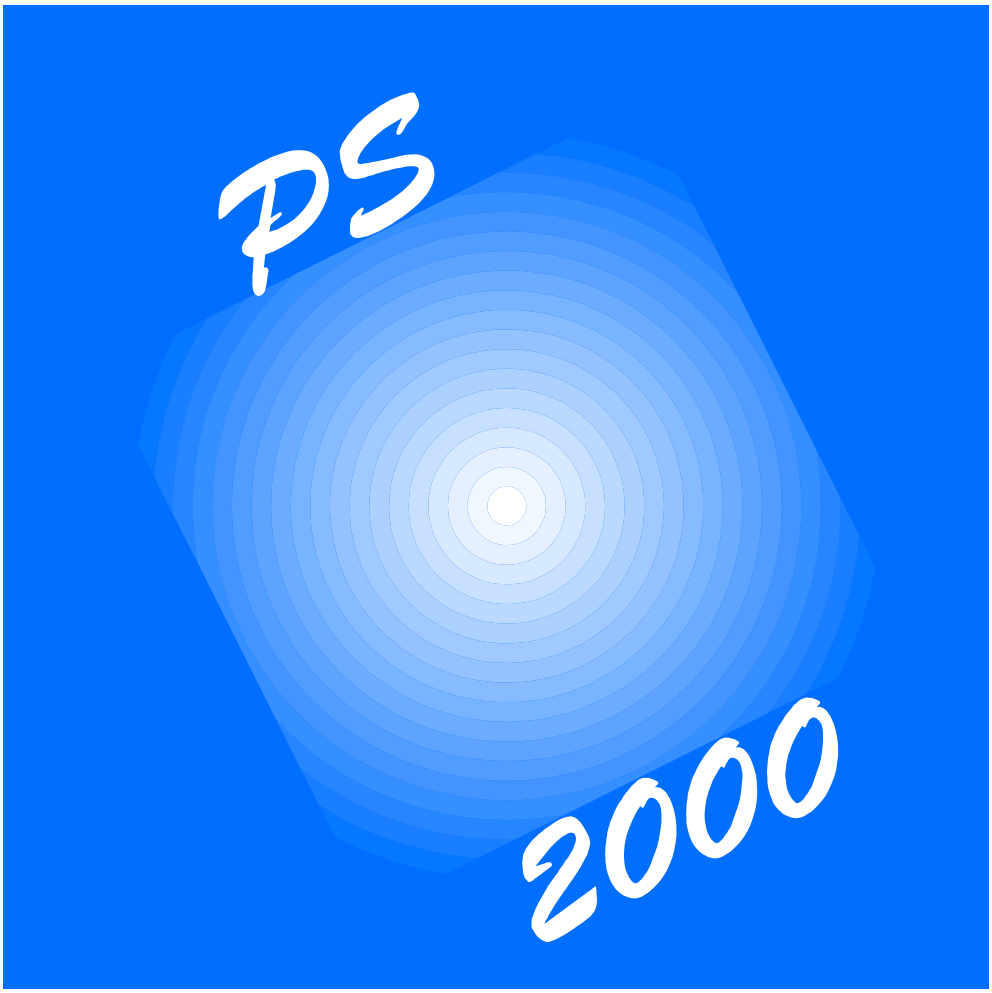
Optimalt førstegangs reservedelsopplegg

Et delprosjekt under forskningsprogrammet
Prosjektstyring år 2000



Dato: 13 oktober 1995
Åpen versjon

Prosjektstyring
år
2000

INSTITUTT FOR
OG
NORGES TEKNISKE
UNIVERSITETET I

Adresse: N-7034 Trondheim, Norway
Besøksadresse: Rich. Birkelands vei 2B
Telefon: +47 73 593800
Fax: +47 73 597117

RAPPORT

TITTEL

Optimalt førstegangs reservedelsopplegg

FORFATTER(E)

Øyvind Heien
Knut Øien
Per R. Hokstad

ARKIVNØKKEL	RAPPORT NR.	SIGNATUR	SIDER/APPEND
1803.95	NTH 95015		210

ISBN	DATO
82-7706-046-7	13.10.95

SAMMENDRAG

Førstegangs reservedelsanskaffelse, også forenklet kalt "provisioning", omfatter de reservedeler som anskaffes sammen med hovedmateriellet, dvs. initielt.
For store organisasjoner kan provisioning utgjøre betydelige beløp, og feilslått provisioning fører til store unødige kostnader.

Estimering av fremtidig forbruk av reservedeler har tradisjonelt for de fleste brukere begrenset seg til å vurdere leverandørens anbefalte reservedelsliste. Stadig flere tar imidlertid nå i bruk data-programmer for å optimalisere type, antall og lokalisering av reservedeler.
Årsakene til dette er:

- Stort potensiale for kostnadsbesparelser.
- Leverandørene har ikke nok kunnskap om brukerens driftsforhold og logistikkorganisasjon, og er heller ikke objektiv i det å estimere behovet for reservedeler.
- Programvaren kan også benyttes til andre analyser som f.eks reallokering av reservedeler ved endringer i organisasjonen. Behovet strekker seg altså utover kun provisioning.

Hovedproduktet i dette prosjektet er utarbeidelsen av forslag til prosedyrer for fremskaffelse av de mest sentrale inngangsparametrene til et optimaliseringsprogram for reservedeler.

I tillegg er grunnlaget for LCC og reservedeler beskrevet nokså grundig i denne rapporten.

Nøkkelord **NORSK**	Nøkkelord **ENGELSK**
Logistikk	Logistics
Analyse	Analysis
Reservedeler	Spare parts
Levetidskostnader	Life Cycle Costs
Prosjektstyring	Project Management

FORORD

Denne rapporten beskriver resultatet av delprosjektet "Optimalt førstegangs reservedelsopplegg".

Dette inngår i forskningsprogrammet prosjektstyring år 2000 (PS2000) ved NTH/SINTEF. Programmet er finansiert av:

- Forsvaret
- Norsk Hydro a.s.
- Saga Petroleum a.s.
- Statoil
- Statsbygg
- Telenor
- BA-gruppen (AS Anlegg, Berdal-Strømme, Statkraft Anlegg, IGP, Grøner, Selmer)
- Norges Forskningsråd

Optimal fastsettelse av type, antall og lokalisering av de reservedeler som anskaffes sammen med hovedmateriellet, som en del av investeringen, er av Forsvaret vurdert til å gi store kostnads-besparelser.

Problemstillingen har blitt diskutert i en rekke møter mellom PS2000 og Forsvaret, og hovedkontaktperson i Forsvaret har vært Major Gorm Jenssen, prosjektleder i CM/LCC-prosjektet i HFK (Hærens Forsyningskommando). Fra dette prosjektet har også Kapt Boye Tranum bidratt.

Bidragsytere har også Maj Svein Erik Nilsen og Lt Hoseth fra HFK avd. XIII vært. I tillegg har logistikkansvarlig i SPV-prosjektet avd.ing. Rogstad deltatt.

Svært nyttig var og besøket ved VSHVK på Helgelandsmoen som ble tilrettelagt av Maj Leif Otto Strand. Øvrige bidragsytere ved dette besøket var Kapt Gårder, Lt Brenden, Lt Grændsen og Lt Langen.

Erik Brekke, som har avtjent verneplikten ved CM/LCC-prosjektet i HFK, har fungert som det daglige bindeleddet mellom Forsvaret og PS2000, og har vært spesielt nyttig ved fremskaffelse av nødvendig dokumentasjon. Han har og bidratt direkte i prosjektet med delkapitler til rapporten.

Stud. techn. Øyvind Heien har tatt prosjektoppgave ved NTH Institutt for produksjon- og kvalitetsteknikk knyttet opp mot dette PS2000 prosjektet, og store deler av det teoretiske grunnlaget og analysemodellen for initiell provisioning (kapittel 4 og 5) er hans fortjeneste.

Førsteamanuensis Per Schjølberg, Institutt for produksjon- og kvalitetsteknikk ved NTH har vært prosjektansvarlig, mens seniorforsker Per R. Hokstad, SINTEF Sikkerhet og pålitelighet har vært prosjektmedarbeider.

Endel begrensninger i bruken av prosjektmedarbeidere har skyldtes behovet for tilgang på fortrolig informasjon fra Forsvaret, og dermed sikkerhetsklarering av prosjektdeltakere.

Trondheim, 13. oktober 1995

Knut Øien
Prosjektleder

SAMMENDRAG

Førstegangs reservedelsanskaffelse, også forenklet og noe unøyaktig kalt "provisioning", omfatter de reservedeler som anskaffes initielt sammen med hovedmateriellet. Dette utgjør en del av investeringskostnadene og skal håndteres av anskaffelsesprosjektet som en av aktivitetene i denne. Krav knyttet til provisioning kan og bør derfor også tas inn i spesifikasjoner i tilknytning til forespørsler og senere i kontrakten.

For store organisasjoner kan provisioning utgjøre betydelige beløp og "feilslått" provisioning følgelig store unødvendige kostnader.

Estimering av fremtidig forbruk av "tusenvis" av reservedeler, som et system kan bestå av, er ingen enkel sak. Tradisjonelt har derfor de fleste valgt å benytte leverandørens anbefalte reservedelsliste. Stadig flere brukere tar imidlertid nå i bruk dataprogrammer for å optimalisere type, antall og lokalisering av reservedeler. Årsakene til dette er flere:

- Stort potensiale for kostnadsbesparelser.
- Leverandørene har ikke nok kunnskap om brukerens driftsforhold og logistikkorganisasjon, og er heller ikke objektiv i det å estimere behovet for reservedeler.
- Programvaren kan også benyttes til andre analyser som f.eks reallokering av reservedeler ved endringer i organisasjonen. Behovet strekker seg altså utover kun provisioning.

Alle problemer er imidlertid ikke løst ved å kjøpe seg et dataprogram for optimalisering av initiell reservedelsbeholdning. Det er flere krav som må tilfredsstilles for at resultatet skal bli brukbart.

1. Det kreves store ressurser og god kunnskap/kompetanse av brukeren for å benytte et slikt program.

2. Fremskaffelse av noenlunde brukbare inngangsdata krever stor grad av samarbeid mellom leverandør og bruker av et materiellsystem.

3. Fremskaffelse av gode estimater for inngangsdataene krever gode prosedyrer, noe som i svært begrenset grad finnes i dokumentasjonen til programvaren.

4. Forutsetningene som modellene i optimaliseringsprogrammet bygger på må holde stikk i praksis. Mange av disse baserer seg på rasjonelle og ideelle betrakninger om hvordan logistikken fungerer, og det skal svært lite til for at en forutsetning brytes.

Hovedproduktet i dette prosjektet har vært rettet mot pkt. 3 ovenfor, nemlig utarbeidelse av forslag til prosedyrer for fremskaffelse av de mest sentrale inngangsparametrene til et optimaliserings-program for reservedeler.

I tillegg er teorien omkring dette beskrevet nokså grundig i denne rapporten, og kan være et nyttig

bidrag i oppbyggingen av den kunnskap og kompetanse som det henvises til i pkt. 1.

Dessuten inneholder rapporten en god del teori omkring LCC og LCP, som kan være et nyttig supplement til hovedprosjektet "LCP og usikkerhet" som dette delprosjektet hører innunder.

Bakgrunnen for dette delprosjektet skriver seg fra et forslag til prosjekt fra Forsvaret. Forsvaret har derfor vært den programdeltaker i PS2000 som har blitt trukket inn i dette prosjektet og følgelig er det i nokså stor grad fokusert på Forsvarets behov og nytte.

Både bakgrunnen for at problemstillingen var aktuell i Forsvaret og den delen av Forsvarets organisasjon som er berørt av dette, er nokså grundig beskrevet innledningsvis.

Teoridel, hovedprodukt og modellutvikling bør imidlertid kunne være av generell interesse og nytte for PS2000's programdeltakere, men de primære brukerne av optimaliseringsverktøy for førstegangs reservedelsanskaffelse er nok forholdsvis store organisasjoner.

SUMMARY

Initial spare parts procurement, somewhat simplified (and inaccurately) also termed "provisioning", deals with the procurement of those spare parts that are provided together with the main products. These spare parts are included in the investment costs and have to be taken care of in the procurement project. Requirements regarding provisioning should therefore be specified in calls for tender and in contracts.

For a large organization provisioning can represent a considerable amount of money, and a failed provisioning policy can lead to large unnecessary costs.

Estimation of the future demand for "thousands" of various spare parts which a system can comprise, is not a simple matter. Traditionally, therefore, most customers have relied on the manufacturers "recommended spare parts list" - RSPL. There is, however, an increasing number of large organizations taking advantage of dataprograms for LCC and spare parts analysis. They are then able to do their own assessments/optimization of the type, amount and allocation of spare parts. There may be several reasons for this:

- Large potensial for cost savings.
- The manufactorers have only vague knowledge of the customers operational conditions and logistic organization, and neither are the manufacturers totally objective in estimating demands for spare parts.
- The software-tool can be used to carry out other analyses as well, as for instance reallocation of spare parts due to changes in the logistic organization. Thus the need goes beyond just provisioning.

All problems are, however, not solved just by buying a software package for optimization of the initial spare parts stock. There are several requirements that have to be met in order to achieve a robust result.

1. A considerable amount of resources, skill and knowledge will be required by the users of these programs.

2. To establish reasonably good input data, it will be required to have a thight cooperation between manufacturer and purchaser of the equipment.

3. To establish these input data estimates, it will be required to have good procedures, which only to a rather small extent will be found in the documentation fram the manufacturer.

4. The optimization models will be based on some assumptions whichare not necessarily valid in practice. However several of these assumptions reflects rational and even idealistic considerations on how logistics operates in practice, and these may be rather unreliable.

The main product of this project is related to item 3 above, i.e. the development of proposed procedures for the establishment of the most vital input parametres to this kind of optimization program for spare parts.

In addition the basic theory for initial spare parts procurement, is quite thoroughly treated in this report, and will be potensially useful for the upgrading of basic knowledge concerning LCC and spare parts provisioning. This supports item 1 above.

The report also cantains a substantial amount of theory about LCC and LCP in general, which could prove to provide a useful supplement to the main project "LCP and uncertainty", which the present project is a part of.

The present provisioning project was initiated due to a suggestion by the Norwegian Defence. Thus, among the PS2000-members, it is essentially the Norwegian Defence that has been involved in the project, and consequently the focus has been on the Defence's demands and use.

Both the arguments for the Defence to suggest this project (i.e. their current problems), and the Defence logistic organization has been rather thoroughly described in the first chapters of this report.

The theoretical part, the procedure for obtaining main input data, as well as the development of a general spare parts optimization model, should be of general interest to the PS2000-members, although the prime users of software packages for spare parts provisioning may be restricted to the larger organizations.

INNHOLDSFORTEGNELSE

Forord 1
Sammendrag 3
Summary 5
Innholdsfortegnelse 7

1 INNLEDNING 12
1.1 Problembeskrivelse 12
1.2 Bakgrunn 12
1.3 Målsetning 13
1.4 Fremgangsmåte 13
1.5 Begrensninger 15
1.6 Rapportens innhold 17

2 FORSVARETS ORGANISERING OG STYRENDE DOKUMENTASJON 19
2.1 Forsvarets organisasjon 19
2.1.1 Prosjektorganisasjon 19
2.1.2 Prosjektstyring 22
2.1.3 Vedlikeholds- og forsyningsorganisasjon 24
2.1.4 Noen spesielle utviklingsprosjekter 35
2.2 Styrende dokumentasjon for materiellanskaffelser 38
2.2.1 PRINSIX 38
2.2.2 BAF 58
2.2.3 MIL-STD-1388 60

3 MATERIALADMINISTRASJONSSTUDIEN (For-Ma) 63
3.1 Innledning 63
3.2 Risiko og pålitelighetsanalyser 66
3.3 Grunnlagsdata 68
3.4 Logistikkpolicy 69
3.5 Ressurser og kompetanse 71
3.6 Kontrakter 73

4 TEORETISK GRUNNLAG 75
4.1 Terminologi 75
4.2 LCC og LCP 78
4.2.1 Definisjon av begrepet levetidskostnader - LCC 78
4.2.2 Bakgrunn for LCC 80
4.2.3 Anvendelser av LCC 81
4.2.4 LCC-analysen 81
4.2.5 LCC-modeller 82
4.2.6 Hovedtrinnene i LCC-analysen 84
4.2.7 Datagrunnlag for analysen 84

4.2.8 Levetidsoverskudd (LCP) 85
4.2.9 Levetidskostnader og vedlikeholdsstøtte 86
4.3 Vedlikeholdsplanlegging og logistikkstøtte 88
4.3.1 Planlegging av vedlikehold og vedlikeholdstøtte i designprosessen (overordnet) 88
4.3.2 Vedlikeholdsstøtteanalysen (MSA) 90
4.3.3 Spesifisering av ressurser til vedlikeholdsstøtte (overordnet) 91
4.3.4 Vurdering av vedlikeholdsstøtten 94
4.3.5 Dokumentasjon 94
4.3.6 Utarbeidelse av vedlikeholdsplan 94
4.3.7 Fastleggelse av ressurser til vedlikeholdstøtte (detaljert) 103
4.4 Reservedeler og lagerstyring 107
4.4.1 Behovet for reservedeler 107
4.4.2 Klassifisering av reservedeler 108
4.4.3 Størrelse og sammensetning av reservedelslageret 110
4.4.4 Lagrenes plassering i organisasjonen 112
4.4.5 Reservedelslagre i Hæren 113
4.4.6 Kostnadene ved lagerhold av reservedeler 113
4.4.7 Styring av reservedelsbeholdninger 115
4.4.8 Initielt reservedelslager 119
4.4.9 Vedlikeholdstilpasning og utvelgelse av reservedeler 119
4.4.10 Lagerstyringsmodeller og fastsettelse av Q_0 122
4.5 Systemeffektivitet og måltall 128
4.5.1 Generelt 128
4.5.2 Systemeffektivitet 130
4.5.3 Måltall ved anskaffelse av tekniske systemer 133
4.5.4 Viktige forhold ved anskaffelse av reservedelsopplegg. 135
4.5.5 Reduksjon av behovet for reservedeler 146
4.6 LCC, LCP og reservedeler 147
4.6.1 Kostnadene ved et førstegangs reservedelsopplegg (LCC) 147
4.6.2 Tap av fremtidig inntekt eller stridsevne (LCP) 150
4.6.3 Bruk av beslutningsstøtteverktøy 152
4.7 Standarder 154
4.7.1 MIL-STD-1388 154
4.7.2 AECMA 2000M 158

5 ANALYSEMODELL FOR INITIELL PROVISIONING 161
5.1 Modellbetraktninger - skisse til analysemodell 162
5.1.1 Krav til reservedelsmodellen 162
5.1.2 Nødvendige inngangsparametre til modellen 163
5.1.3 Modell for initielle reservedelsbeholdninger 164
5.1.4 Videre arbeid med modellen 172
5.2 Tilgjengelig programvare 172
5.2.1 Generelt 172
5.2.2 Krav til et moderne beslutningsstøtteprogram for reservedeler 173
5.2.3 Kategorier av programmer 174
5.2.4 Oversikt over programmer 174

6 PROSEDYRER FOR INNGANGSPARAMETRE TIL OPTIMALISERINGSVERKTØYET 181
6.1 Organisering og ansvar for utvikling av prosjektstøtteverktøy 181
6.1.1 CM/LCC-prosjektet og håndtering av provisioning 181
6.1.2 ILS-element forsyningsstøtte (inklusive provisioning) 182
6.2 Optimaliseringsverktøy OPUS10 185
6.2.1 Innledning 185
6.2.2 Generell beskrivelse 185
6.3 Inngangsdata til OPUS10 189
6.3.1 Innledning 189
6.3.2 Tabeller for inngangsdata 189
6.3.3 Utvalgte inngangsparametre 197
6.4 Prosedyrer for håndtering av inngangsparametre 199
6.4.1 Feilrate 200
6.4.2 Enhetspris 203
6.4.3 Transporttid fra støttestasjon 204
6.4.4 Transporttid til støttestasjon 205
6.4.5 Bruksfaktor/utnyttelsesfaktor 206
6.4.6 Direkte reparasjon omløpstid 207
6.4.7 Subenhets utskiftingstid 208
6.4.8 Ledetid 209
6.4.9 Prisøkningsfaktor 210
6.4.10 Lagerkostnad pr. enhet 211

7 KONKLUSJONER 213

8 REFERANSER 216

1 INNLEDNING

1.1 Problembeskrivelse

Ved anskaffelse av nytt materiell må det også anskaffes reservedeler (initielt, sammen med eller like etter leveransen av hovedmateriellet) for fremtidig vedlikehold.

Fastsettelsen av hvilke type deler det vil bli behov for i fremtiden og antallet av hver type er vanskelig å estimere korrekt. Spesielt komplisert er det når hovedmateriellet er nytt for denne organisasjonen og man dermed ikke har driftserfaring.

Dette kan på den ene siden føre til at man legger opp et for stort reservedelslager initielt, dvs behovet viser seg å bli mindre enn antatt og reservedelene ligger ubrukt på lager. Denne bundne kapitalen kunne f.eks vært benyttet til investering av hovedmateriell. I tillegg fører et for stort lager til unødig store lagerkostnader.
På den annen side kan man legge opp et for lite reservedelslager initielt, slik at man ikke har reservedeler når behovet melder seg, noe som fører til redusert tilgjengelighet av hovedmateriellet. Kostnadene knyttet til utilgjengelighet kan være vanskelig å beregne, spesielt gjelder dette for Forsvarets materiell i en fredssituasjon ved øvelse og opplæring.

Retningslinjer og prosedyrer for hvordan man fastsetter det mest mulig optimale omfang av reservedeler initielt, dvs som en del av investeringskostnadene, er hovedinnholdet i denne rapporten. Hovedfokus har vært på prosedyrer for håndtering av inngangsparametre.

1.2 Bakgrunn

Innenfor forskningsprosjektet "LCP og usikkerhet" i forskningsprogrammet PS2000 ble 3 av programdeltakerne (Forsvaret, Norsk Hydro og Saga Petroleum) kontaktet for å få mulige innspill til problemstillinger som var relevante i tilknytning til LCC/LCP (Life Cycle Cost/Life Cycle Profit).

Forsvaret kom da bl.a med én konkret problemstilling vedrørende førstegangs reservedelsanskaffelse, dvs de reservedeler som anskaffes sammen med nytt hovedmateriell og som dekkes over investeringsbudsjettet. Disse utgjør et ikke uvesentlig bidrag til de totale levetidskostnadene.

Bakgrunnen for Forsvarets interesse for dette knytter seg til Forsvarskommisjonen av 1990's (FK90) anbefaling til ny forsvarsstruktur. En realisering av denne krever at det må investeres betydelige beløp i nytt materiell. De nødvendige investeringsmidlene må delvis fremskaffes av Forsvaret selv, ved omfordeling mellom drifts- og investeringsmidler. Dvs at innsparingen på driftssiden av Forsvarsbudsjettet skal være med på å finansiere det økte behovet for investeringer.

I Langtidsmeldingens (LTM) planperiode 1994-1998 forutsettes det en innsparing på inntil 25% innen materielldrift- og vedlikehold i perioden frem til år 2002.

Som en følge av dette nedsatte Forsvaret en arbeidsgruppe for å se nærmere på materiellforvaltningen i Forsvaret for å identifisere potensielle innsparingsområder innenfor materielldrift og vedlikehold. Resultatet av dette arbeidet - materialadministrasjonsstudien - er beskrevet i For-Ma sluttrapporten.

Her har man identifisert initiell reservedelsanskaffelse ("provisioning") som 1 av 10 potensielle områder for kostnadsbesparelser.

Potensialet for kostnadsbesparelser innenfor dette området er beregnet til 110-136 mill. NOK fra et årlig budsjett på ca. 300 mill. NOK (ref. For-Ma).

I For-Ma studien oppfattes det som en kritisk suksessfaktor at de tiltak som iverksettes i størst mulig grad sees i sammenheng med det pågående CM/LCC-prosjektet (Configuration Management/Life Cycle Cost) i HFK (Hærens Forsyningskommando).

Etter henvendelse fra FTD (Forsvarets Tele- og Datatjeneste) angående PS2000 og aktuelle problemstillinger for prosjekt, foreslo HFK ved CM/LCC-prosjektet "førstegangsopplegg" som problemstilling inn mot PS2000. Kontakten mellom PS2000 og Forsvaret har derfor gått mellom PS2000 og CM/LCC-prosjektet. Se forøvrig forprosjektrapporten /1/.

1.3 Målsetning

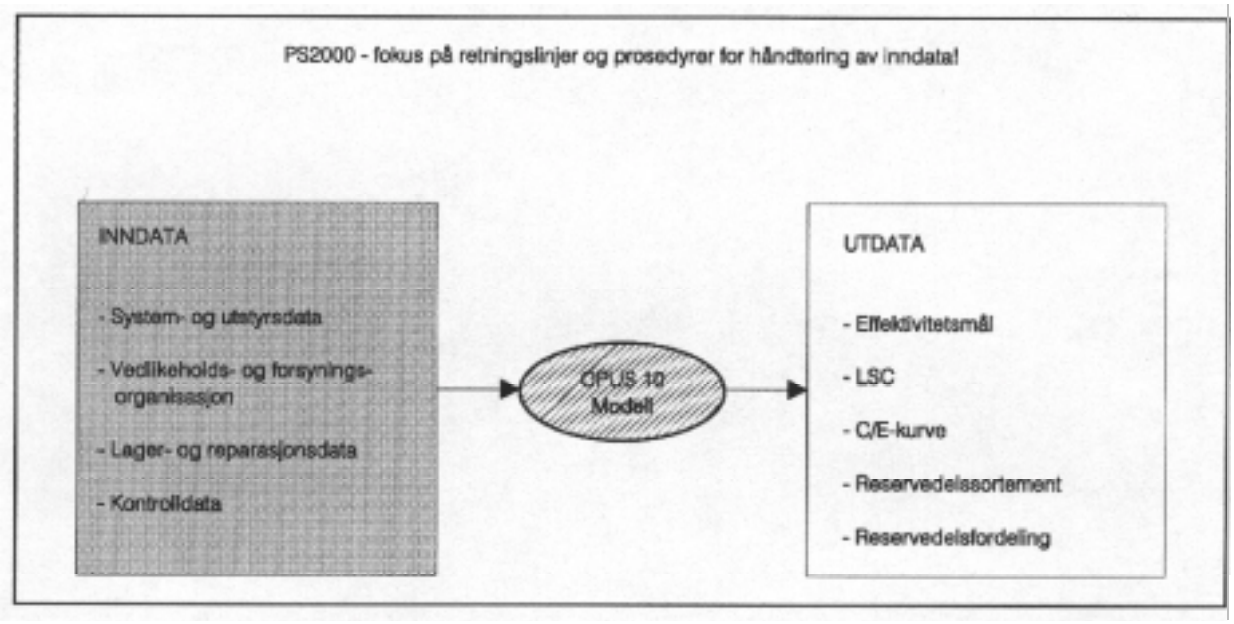
Den opprinnelige målsetningen var å utvikle en analysemetodikk for å finne optimal størrelse på førstegangs-reservedelslageret. Arbeidet skulle imidlertid også tilpasses etter Forsvarets behov. Hos Forsvaret har man i løpet av prosjekttiden valgt en modell (dataprogram) for optimalisering av type og antall reservedeler (OPUS 10 levert av Systecon AB).
Det har derfor ikke vært en del av dette prosjektets oppgave å bidra til utviklingen av en slik analysemodell. Slike modeller er da også kommersielt tilgjengelige.

Målsetningen er derfor blitt endret til å utarbeide retningslinjer og prosedyrer for håndtering av nødvendige inngangsdata til beregningsmodellen. Dette er illustrert i figur 1.1.

1.4 Fremgangsmåte

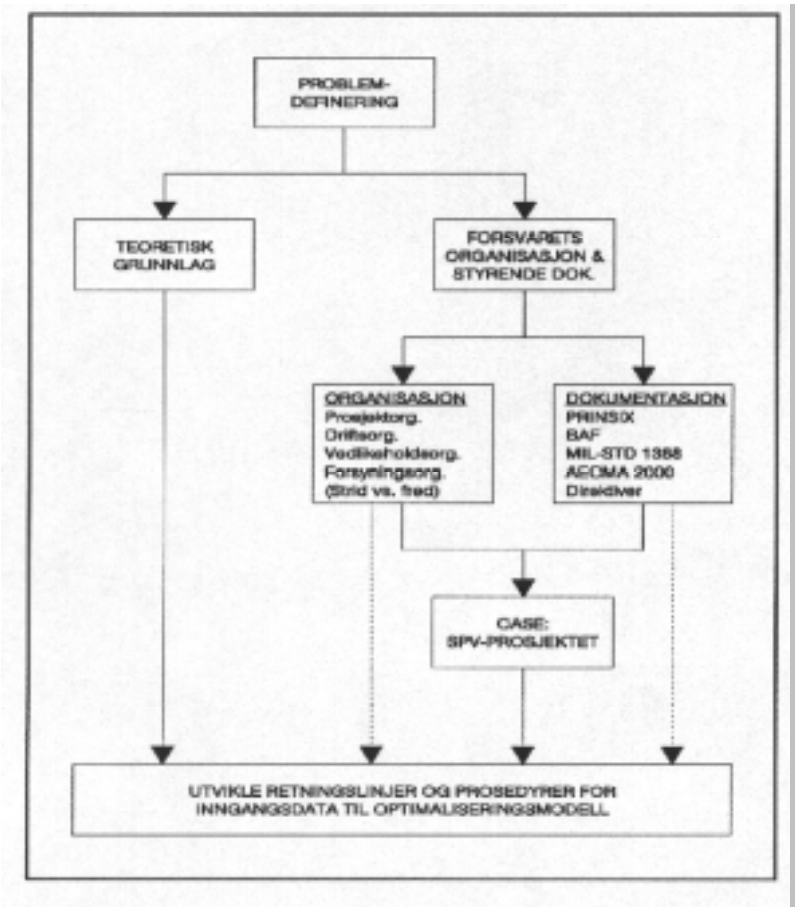
Fremgangsmåten har vært på den ene siden å sette seg inn i det teoretiske grunnlaget generelt, og på den annen side å sette seg inn i Forsvarets organisasjon og styrende dokumentasjon spesielt.

Dernest har det vært behov for å sette seg inn i et case, et pågående materiellanskaffelsesprosjekt i Forsvaret. Til dette ble SPV-prosjektet (nye stormpanservogner) ved HFK valgt.



Figur 1.1 Målsetningen er å utarbeide retningslinjer og prosedyrer for håndtering av inngangsdata til beregningsmodellen (OPUS 10)

På basis av dette er det utarbeidet forslag til retningslinjer og prosedyrer for håndtering av inngangsdata til beregningsmodellen. Dette er illustrert i figur 1.2.



Figur 1.2 Illustrasjon av fremgangsmåten i prosjektet

Mye tid har gått med til å sette seg inn i Forsvarets organisasjon og styrende dokumentasjon, noe som også ble understreket som svært nødvendig sett fra Forsvarets side.

1.5 Begrensninger

For det første så er prosjektet begrenset til å utvikle retningslinjer og prosedyrer for inngangsdata til optimaliseringsmodellen slik som beskrevet under pkt. 1.3, dernest er dette i størst mulig grad forsøkt tilpasset Forsvaret og dens organisasjon.

Begrensningene i den generelle vurderingen av førstegangsopplegget, sett i forhold til For-Ma studien, er diskutert i kap. 3.

For at prosjektet skulle være interessant for Forsvaret (CM/LCC-prosjektet), og at de skulle være villige til å avsette tid til dette, måtte prosjektet tilpasses Forsvarets behov. Som nevnt er dette knyttet opp mot en del av problemstillingene trukket frem i For-Ma studien, og som mange er av en nokså praktisk karakter.

I figur 1.3 er det illustrert (abstrakt modell) at den teoretiske innsikten i problemområdet først og fremst ble skaffet gjennom informasjon om:

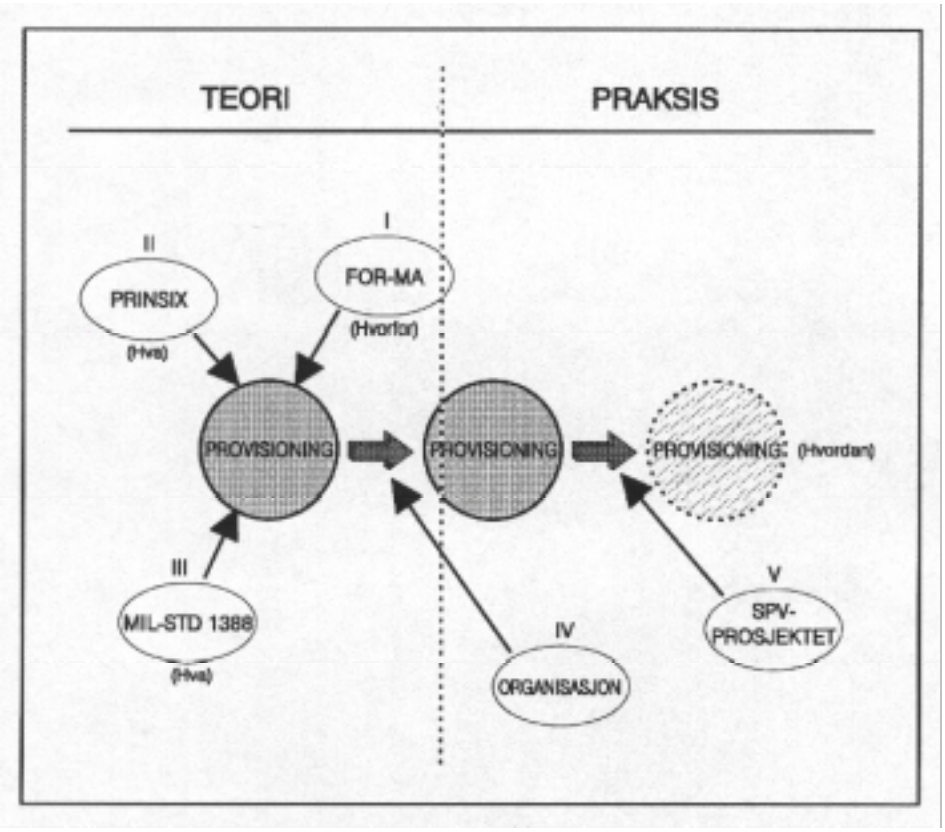
I.	For-Ma studien	(hvorfor det er problemer med provisioningen)
II.	PRINSIX	(retningslinjer for hva som skal gjøres bl.a i forbindelse med provisioning)
III.	MIL-STD 1388	(detaljerte retningslinjer for hva som skal gjøres ifm. bl.a provisioning i det amerikanske forsvaret, men som også det norske forsvaret ønsker å benytte)

En mer praktisk forståelse av problemet skulle fremskaffes gjennom informasjon om:

IV. Forsvarets org. (drifts-, vedlikeholds- og forsyningsorganisasjon)
V. SPV-prosjektet(hvordan provisioning i praksis blir håndtert i et anskaffelsesprosjekt)

Det å sette seg inn i Forsvarets organisasjon har som nevnt vært både tidkrevende og problematisk, ikke minst fordi organisasjonen er under omorganisering.

Informasjon om et konkret prosjekt har vist seg å være vanskelig. SPV-prosjektet ble valgt etter nøye vurdering nettopp fordi det av Forsvaret ble ansett for å være et godt drevet prosjekt både generelt og vedrørende provisioning spesielt. Selv Forsvarets egne folk har hatt problemer med å få ut den ønskede informasjon fra SPV-prosjektet.
Informasjon fra et konkret prosjekt var det lagt stor vekt på fra PS2000's side, slik at resultatene



Figur 1.3 Behovet for informasjon for å sikre en praktisk forståelse av problemene knyttet til provisioning

av dette prosjektet kunne vært bedre dersom det hadde vært mulig å knytte teorien opp mot et konkret case.

1.6 Rapportens innhold

Kapittel 2 i rapporten er en beskrivelse av Forsvarets organisering og styrende dokumentasjon, med tanke på det som er relevant i forbindelse med fastsettelse av førstegangs reservedelsopplegg.

Kapittel 3 er en gjennomgang av materialadministrasjonsstudien (For-Ma rapporten) vedrørende førstegangs reservedelsopplegg.

Kapittel 4 inneholder det teoretiske grunnlaget for fastsettelse av førstegangs reservedelsopplegg. Her er behandlingen av reservedeler satt inn i en faglig sammenheng, slik at tema som LCC og vedlikeholds-/logistikkstøtte også er behandlet.

Kapittel 5 viser en skisse til fremgangsmåte ved utvikling av en analysemodell for optimalisering av førstegangs reservedelsopplegg med hensyn til typer, antall og allokering av reservedeler. Videre er det gitt en oversikt over tilgjengelig programvare for LCC-beregninger og reservedelsoptimalisering. Dette kan gi en forståelse for hva som ligger under en slik modell (optimaliseringsverktøy), samt hvordan ett slikt verktøy er sammenlignet med lignende program.

Kapittel 6 gir forslag til prosedyrer for fremskaffelse av de viktigste inngangsparametrene til optimaliseringsverktøyet. Utgangspunktet for dette er en kort beskrivelse av selve verktøyet med hovedvekt på inngangsparametrene. Det er og vist hvordan provisioning inngår i CM/LCC-prosjektet som skal utarbeide et sett med verktøy for bruk i fremtidige materiellanskaffelsesprosjekt, og hvor provisioning kun utgjør ett element.

Målgruppen for dette prosjektet var i utgangspunktet det personell som i materiellanskaffelses-prosjekt i Forsvaret har ansvaret for fastsettelsen av det initielle førstegangsopplegget.
Prosedyrene som er foreslått i kapittel 6 i rapporten vedrørende fremskaffelse av inngangsdata til det EDB-baserte optimaliseringsverktøyet er rettet mot den opprinnelige målgruppen, men disse prosedyrene må innarbeides i og tilpasses det arbeid som pågår i CM/LCC-prosjektet av Forsvaret selv. Slik som rapporten nå er blitt, retter den seg mot flere mulige "brukergrupper".

1. CM/LCC-prosjektet og utvikling/kravsetting til verktøy
2. Deltakere i vedlikeholds- og forsyningsstudier (VFS)
3. Personell som arbeider med logistikk, LCC (økt kompetanse innenfor provisioning)
4. Nytt personell som skal arbeide med vedlikehold og forsyning (opplæring)
5. Øvrige programdeltakere i PS2000 med interesse for:

5A. Provisioning (initielt reservedelsopplegg)
5B. LCC og reservedelsteori
5C. Forsvarets håndtering av prosjektstyring

5D. Forsvarets organisering av vedlikehold og forsyning

Tabell 1.1 indikerer hvilke kapitler som de ulike brukergrupper kan konsentrere seg om.

Tabell 1.1 Målgrupper/brukergrupper for de ulike deler av rapporten

Mål-gruppe	**KAPITTEL**					
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
1	x		x	(x)	(x)	x
2		x	x	x	x	x
3			x	x	x	x
4		x	x	(x)		
5A			x	x	x	x
5B				x		
5C		x				
5D		x				

2 FORSVARETS ORGANISERING OG STYRENDE DOKUMENTASJON

Dette utgjør nødvendig basisinformasjon for å forstå hvordan provisioning håndteres i en gitt organisasjon, her Forsvaret. Disse "rammefaktorene" vil være forskjellige for ulike organisasjoner.

2.1 Forsvarets organisasjon

En beskrivelse av Forsvarets organisasjon er her i hovedsak begrenset til det som har betydning for provisioning ifm. anskaffelsesprosjekter. Dette gjelder:

- Prosjektorganisasjon
- Prosjektstyring
- Vedlikeholds- og forsyningsorganisasjon
- Spesielle utviklingsprosjekter

2.1.1 Prosjektorganisasjon

Ansvarsforholdene vedrørende forvaltningstjenesten i Forsvaret er kort beskrevet som følger:

<u>Forsvarsdepartementet</u>
Forsvarsdepartementet godkjenner investeringsprosjektene for videreføring. Bevilgninger og bestillingsfullmakter fordeles av departementet ved de årlige iverksettelsesdirektivene, materiellplaner eller ved særlige tildelingsskriv.

<u>Forsvarets overkommando (FO)</u>
Forsvarssjefen styrer Forsvarets utvikling på lang sikt gjennom langtidsplanleggingen. Forsvarssjefen - normalt representert ved generalinspektørene og/eller ØKene (øverstkommanderene) - formulerer de militære krav (operative- eller brukerkrav) som stilles til det materiell som skal anskaffes.
Forsvarssjefen (FSJ) må ha et planverk som viser ledelse og styring mot de mål som den politiske ledelse har gitt. Dette planverket består av:

1. En PERSPEKTIVPLAN som angir forsvarskonseptet, planforutsetningene og forsvarsstrukturen 15-18 år frem i tiden (DOK 1).
2. En PROGRAMPLAN som gir målsetninger, prioriteringer og rammebetingelser for en 6 årsperiode (DOK 2).
3. PRODUKSJONSPLANER som angir hvordan målene skal nås innenfor de gitte rammer i en 4 årsperiode (DOK 3).

<u>Sentrale forvaltninger</u>

Forsvaret har følgende sentrale forvaltninger:

Hærens forsyningskommando (HFK)
Luftforsvarets forsyningskommando (LFK)
Sjøforsvarets forsyningskommando (SFK)
Forsvarets bygningstjeneste (FBT)
Forsvarets tele- og datatjeneste (FTD)
Forsvarets sanitet (FSAN)

Forvaltningenes oppgave er å forberede, planlegge og foreta innkjøp, gjennomføre kontraktsadministrasjon og foreta oppgjør på grunnlag av foreliggende planer, behovsoppgaver, budsjetter, operative krav og brukerkrav.

Hærens forsyningskommando (HFK) ivaretar de funksjoner som er nødvendig for å dekke materiell- og forsyningsbehovet i Hæren og Heimevernet såvel i fred som i krig. Tekniske materiellprosjekter administreres av Teknisk materiellseksjon, mens intendanturseksjonen ivaretar anskaffelse av intendanturmateriell (bekledning, telt, proviant osv.)
Ved HFK var det i 1991 ca. 60 løpende materiellanskaffelsesprosjekter. Disse hadde en samlet investeringsramme på ca. 2 mrd. kroner årlig. Det er ca. 120 personer som utfører prosjektrelatert arbeid ved HFK.

Innenfor Forsvaret er et prosjekt alltid knyttet til en etablert organisasjon, f.eks. HFK eller FBT. Fra denne linjeorganisasjonen henter prosjektet faglig, administrativ og økonomisk støtte. Men prosjektet er også en selvstendig organisasjon. Denne organisasjonen etableres ved prosjektoppstart og forsvinner ved prosjektavslutning. I organisasjonen er det en rekke funksjoner som skal fylles. Hvilke funksjoner som trengs, og hvordan forholdene mellom disse funksjonene skal være, er ikke gitt en gang for alle. De må planlegges for hvert enkelt prosjekt.

En prosjektleder vil gjerne ha en organisasjon som består av medarbeidere på heltid og med tilstrekkelig kompetanse og kapasitet til å løse alle prosjektoppgaver. På grunn av ressursmessige begrensninger er dette sjelden mulig å få til i Forsvaret. Man prøver istedet å løse prosjektoppgavene gjennom et samarbeid mellom prosjektorganisasjonen og funksjonsansvarlige ledd i linjen.

Denne formen for samarbeid kalles matriseorganisasjon. Den gir en god utnyttelse av organisasjonens faglige ressurser. Forsvarets forvaltninger må som regel basere seg på matriseorganisasjonen som arbeidsform ved gjennomføring av prosjekter.

I praksis er det ofte en form for kombinasjon ved at en del av prosjektgruppen er avsatt til prosjektet på heltid over lang tid (flere år), noen bidrar på deltid med basis i en linjeorganisasjon og i tillegg bemannes prosjektene opp med både vernepliktige soldater og eksterne konsulenter.

Valg av organisasjonsform kan få avgjørende betydning for om prosjektet lykkes eller ikke. Hvilken form man bør velge er dels avhengig av prosjektets art og størrelse og dels av hvordan linjeorganisasjonen er bygget opp. Man kan derfor ikke si at den eller den organisasjonsformen er den beste i alle situasjoner. Organisasjonen må fastsettes på grunnlag av prosjektets krav.

Etter beslutning om prosjektstart skal den utpekte prosjektlederen utarbeide et forslag til prosjektorganisasjon og forelegge denne for prosjektansvarlig. Prosjektlederens forslag skal være en nøktern oppstilling av behovet for medarbeidere på heltid og deltid. Behovet for de enkelte kategorier av medarbeidere skal tidfestes. Dette er spesielt viktig når det er tale om ekstern arbeidskraft (beordring, nye prosjektstillinger, bruk av konsulenter mm.).

Følgende funksjoner vil normalt måtte utføres i et prosjekt:

Teknisk medarbeider
Dette er medarbeidere som utfører det faglige arbeidet i prosjektet, f.eks. ingeniøren som konstruerer senderen i en radar.

Merkantil medarbeider
Dette er medarbeidere som står for forholdet til leverandør, utformer kontrakter, har ansvar for utbetalinger og ivaretar juridiske og formelle aspekter ved prosjektet.

Kvalitetssikring
Dette er personell som lager og kontrollerer regler og rutiner som skal sikre at vi når de spesifiserte mål på en skikkelig måte.

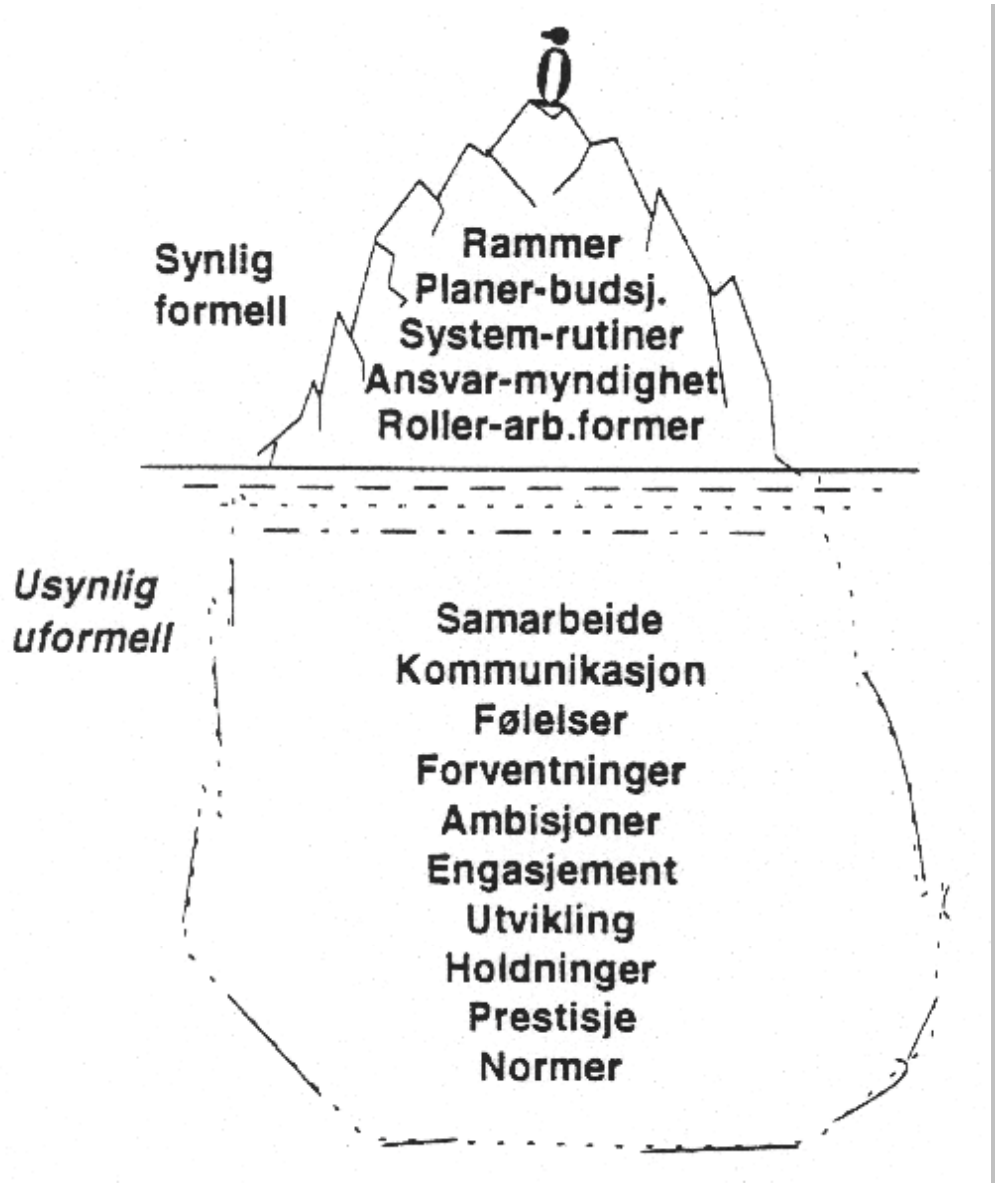
Konfigurasjonskontroll
Kontroll og evaluering av endringer og modifikasjoner.

Prosjektstyring
Denne funksjonen dekker oppfølging av prosjektplanen, rapportering o.l.

Prosjektadministrasjon
Organisering og utførelse av f.eks. arkivtjeneste, skrivetjeneste, post osv.

Teknisk støtte
Dette er medarbeidere som støtter prosjektet med f.eks. laboratorietjenester, EDB-brukerstøtte, teknisk tegning/DAK, tekniske og operative prøver m.m.

Begrepet prosjektstyring omhandler styringsfunksjonene i prosjektet, men det sier ingenting om hvem som utfører disse. Dette kommer inn som en del av organisasjonsbegrepet som innbefatter formell struktur og uformell struktur (arbeidskultur), se figur 2.1.



Figur 2.1 Formelle og uformelle sider ved en prosjektorganisasjon

Formell struktur
Fordeling av ansvar, myndighet og arbeidsoppgaver. Dette går både på prosjektets interne oppbygning og på forholdet mellom prosjektet og linjeorganisasjonen.

Uformell struktur (arbeidskultur)
Det organisasjonen (både prosjekt og linje) har til felles med tanke på verdigrunnlag, holdninger og normer, som igjen preger ledelsesformene og arbeidsmiljøet.

2.1.2 Prosjektstyring

Prosjektarbeid har etterhvert blitt en vanlig måte å løse ulike oppgaver på, både innenfor offentlig og privat virksomhet. I den hensikt å legge forholdene til rette for et dynamisk alternativ til fordel for den mere statiske linjeorganisasjonen, har det blitt vanlig å avgrense oppgavene og gjennomføre

dem som prosjekter.

Prosjekt

Prosjekt er en arbeidsoppgave rettet mot et klart definert mål. Den er av spesiell karakter, ikke en rutineoppgave. Den kan være komplisert og krever koordinert innsats fra flere fagområder. Oppgaven som er tidsbegrenset, har en kostnadsramme.

Prosjektstyring

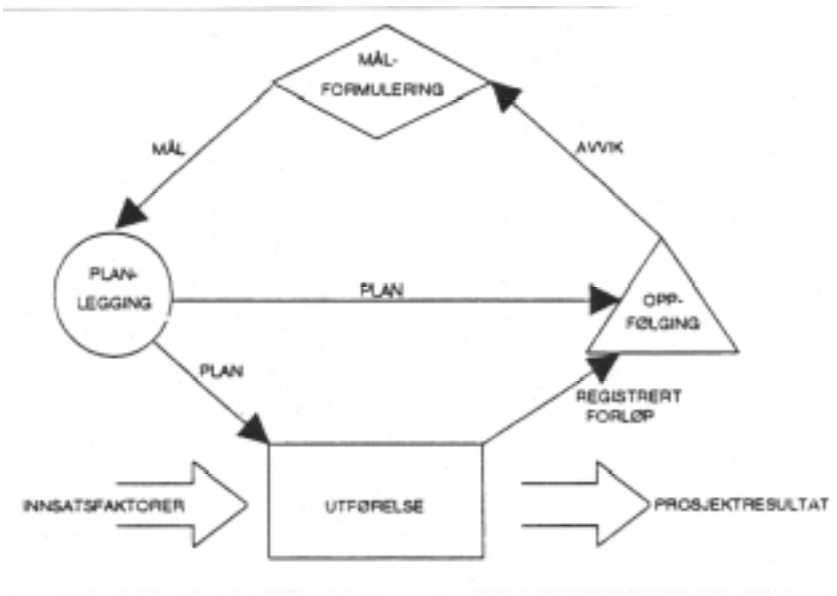
Begrepet prosjektstyring kan defineres som planlegging og oppfølging av et prosjekt, spesielt med henblikk på fremdrift, kostnader, kvalitet og ressurser (herunder personell, materiell, tjenester og ytelser).

For å få en effektiv prosjektstyring må en organisasjon velge én metode og ett sett prinsipper som anvendes på alle prosjekter. På denne måten oppnår man systematisk og rasjonell opplæring, og medarbeiderne får muligheten til å øke sin kompetanse fra prosjekt til prosjekt.

Forsvaret ønsker å være i samsvar med de vanligste prinsipper og metoder for prosjektstyring som benyttes i norsk næringsliv.

Gjennom deltakelse i forskningsprogrammet PS 2000 får Forsvaret muligheten til å utveksle erfaring med andre deler av norsk næringsliv, samt videreutvikle prosjektstyring som fagområde.

Styringssløyfen i figur 2.2 viser sammenhengen mellom de ulike styringsoppgavene.



Figur 2.2 Styringssløyfen

Disse oppgavene har følgende innhold:

- Målformulering: Fastlegge hva prosjektet skal resultere i.

- Planlegging: Fastlegge hvordan målene kan innfris innenfor gjeldende rammebetingelser.
- Utførelse: Dette er ingen styringsfunksjon, men den funksjonen der planene realiseres.
- Oppfølging: Registrere (måle) resultater, rapportere dette, sammenligne med plan, analysere evt. avvik og iverksette korrektive tiltak om nødvendig.

De forholdene som skal styres i et prosjekt (styringsfaktorene), er videre:

- Tid/fremdrift: Når resultater skal foreligge, eller når oppgaver skal være utført.
- Ressurser: Hvilke ressurser som trengs i de ulike perioder og i hvilket omfang.
- Økonomi: Kostnader i forbindelse med utførelsen.
- Kvalitet: Hvilke egenskaper resultatet skal ha.

2.1.3 Vedlikeholds- og forsyningsorganisasjon

Beskrivelsen av Forsvarets vedlikeholds- og forsyningsorganisasjon vil her i hovedsak rettes mot Hæren. For Hæren er vedlikeholds- og forsyningsorganisasjonen under omlegging, slik at beskrivelsen vil både berøre situasjonen slik den er i dag, og også slik den er tenkt i fremtiden.
For den mere overordnede bekrivelsen vil det her refereres til Stortingsproposisjon nr. 34 (1994-95), /31/, se kap. 2.1.3.1, mens en noe mer detaljert beskrivelse baseres på opplysninger gitt av Forsvaret i orienteringsmøter med PS2000.

2.1.3.1 Beskrivelse av organisasjonen basert på St.prp.nr.34 (1994-95)

<u>Hærens nåværende verksted- og lagerorganisasjon</u>

Hærens verksted- og lagerorganisasjon har tre virksomhetsnivåer - sentralt, regionalt og lokalt. Hærens forsyningskommando har det sentrale forvaltningsansvaret for Hærens materiell mht anskaffelser, vedlikehold og etterforsyning. Dette forvaltningsansvaret utøves i hovedsak gjennom det regionale ledd, dvs den enkelte distriktskommandoen, som igjen utøver sin ledelse gjennom de regionale verkstedene og lagrene. Disse installasjonene dekker materiellforsyning og vedlikehold.
Lokalt har garnisonene mindre verksteder og lagre tilpasset den lokale virksomheten og depoter som dekker det øvrige lokale materiellbehovet. Den lokale organisasjonen støtter seg til den regionale strukturen, og kan i visse tilfeller være integrert i et regionalt verksted/lager.

<u>Nåværende verkstedorganisasjon</u>
Dagens verkstedstruktur er basert på et system med ett større regionalt verksted i hver distriktskommando, og en rekke mellomstore verksteder (områdeverksteder) med ansvar for et bestemt område, f.eks. et forsvarsdistrikt. Ved alle avdelinger hvor det foregår daglig virksomhet, er det også etablert et eget avdelingsverksted.

Komplisert teknisk materiell kan ikke alltid vedlikeholdes fullt ut i alle distriktskommandoene. Av kompetansehensyn er spesielle vedlikeholdsfunksjoner lagt til ett eller to verksteder som derved får

et landsdels eller landsomfattede ansvar.
Regionale verksteder og områdeverksteder er i hovedsak bemannet av sivilt ansatte. Avdelingsverkstedene, som tar seg av enklere vedlikehold, er i hovedsak bemannet av militært personell.

Forsvaret har etablert en linjedelt klassifisering av vedlikeholdsbehovet. Behovet for vedlikehold og spesialkompetanse vil variere. Vedlikeholdsbehovet i Hæren er delt inn i 5 nivåer:

1. linje: Brukerens eget ansvar for vedlikehold av materiellet (brukervedlikehold).
2. linje: Brukende avdelings ansvar for vedlikehold av materiellet (avdelingsvedlikehold).
3. linje: Overordnet verksteds/avdelings ansvar for vedlikehold av materiell i form av økt kapasitet, utrustning og kompetanse for systemvedlikehold.
4. linje: Komponentoverhaling eller store reparasjoner der det er behov for kostbart spesialutstyr, spesielt utrustede lokaler eller utvidet kompetanse for å utføre reparasjonene.
5. linje: Full oppbygging av materiellet til ny status, eller produksjon av nye gjenstander.

Denne linjeinndelingen er basert på operative vurderinger. Når Hærens verkstedorganisasjon i fredstid skal dimensjoneres, må imidlertid også andre kriterier som økonomi, utdanning, arbeidsmiljø og vedlikeholdskompetanse legges til grunn. Derfor benyttes også nivåene avdelingsvedlikehold, systemvedlikehold og komponentvedlikehold.

- Avdelingsvedlikehold er samme nivå som 2. linje.
- Systemvedlikehold tilsvarer 3. linje, og omfatter feilsøking og bytting av utskiftbare komponenter i et sammensatt system. Systemverkstedet kan også bli tillagt ansvar for reparasjon av komponenter.
- Komponentvedlikehold tilsvarer 4. linje, og krever personell med spesiell kompetanse og verkstedutrustning innenfor spesielle tekniske fagfelt. De verkstedene som foretar komponentoverhaling har ansvar for å reparere komponenter som er utskiftet ved andre verksteder.

Definisjon på verkstedtyper:

- *Regionverksted*
  Hovedverksted i hver distriktskommando med generell 4. linje kompetanse. Verkstedet er dimensjonert med ressurser som kan settes inn som støtte til andre verksteder i distriktskommandoen. Regionverkstedene har ansvaret for overhaling av komponenter som etter overhaling skal inngå i forsyningssystemet.
- *Områdeverksted*
  Verksted som er dimensjonert til å gjennomføre vedlikehold på alt materiell i sitt område opp til 3. linje. Områdeverkstedet er overordnet avdelingsverkstedene og har kompetanse for systemvedlikehold. Verkstedet dekker området til et forsvarsdistrikt.
- *Avdelingsverksted*
  Verksted som i hovedsak gjennomfører vedlikehold av alt materiell i en avdeling opp til 2. linje.

- *Eksplosivverksted*
  Verksted som er dimensjonert for å gjennomføre 4. linjes vedlikehold på ammunisjon. Verkstedene gjennomfører oppdrag for hele landet uavhengig av distriktskommandogrenser.
- *Intendanturverksted*
  Verksted for vedlikehold av ikke-teknisk intendanturmateriell.

Et verksted kan i tillegg være tillagt funksjonen som referanseverksted eller merkeverksted. Referanseverksted, vil si et verksted som har kompetanse og nødvendige personellressurser til å gjennomføre den stabsmessige del av modifikasjonsvurderinger, utarbeide materielltekniske ordrer og gjennomføre enkle materiellprosjekter. Merkeverksted, vil si et verksted med spesialkompetanse for overhaling av komponenter til bestemte materielltyper. Referanseverkstedene skal bruke merkeverkstedenes kompetanse ved materiellprosjekter og andre referanseoppdrag.

Nåværende lagerorganisasjon

Hovedarsenalet på Lillehammer er idag Hærens sentrale lager. Hovedarsenalets hovedoppgaver er behovsberegning, anskaffelse og fordeling av reservedeler til teknisk materiell.
Hovedarsenalet mottar hovedtyngden av materiellet som kjøpes inn over Hærens investeringsbudsjett. Hovedarsenalet har også en sentral rolle innenfor etterforsyning av tekniske reservedeler, og da spesielt styring og måloppnåelse gjennom kostnadseffektiv materialadministrasjon. Hovedarsenalet ivaretar også den overordnede lagerstyringen, og rulleringen av krigsreserven for teknisk materiell. Hærens transittlager Oslo er en del av Hovedarsenalet.

De regionale lagrenes oppgave er å etterforsyne materiell til driftslagre/avdelinger, samt ivareta lagring av reservedeler og intendanturmateriell til den regionale krigsreserven. Regionalt er det ved hver distriktskommando etablert arsenaler for teknisk materiell og magasiner for intendanturmateriell.

Den lokale lagerorganisasjonen forvalter i hovedsak teknisk materiell. Dette materiellet er lagret ved driftslagre ved alle regionale verksteder og områdeverksteder, samt i materielltunge garnisoner. Driftslagrene lagerfører reservedeler og komponenter tilpasset det reparasjonsnivået som verkstedet/garnisonen er forutsatt å utføre.

Hærens fremtidige verksted- og lagerorganisasjon

Den fremtidige hærstrukturen tilsier en reduksjon av Hærens verksted- og lagerorganisasjon. Samtidig forutsetter de økonomiske innsparingsmålene at det legges vekt på rasjonell drift og effektiv forvaltning. Forsvaret er pålagt å tilstrebe en virksomhet i tråd med moderne materialadministrative prinsipper, og rasjonaliseringen av materiellforvaltningen i Forsvaret skal fortsette med høy prioritet.
I St prp nr 1 (1994-95) redegjør departementet for at det er blitt gjennomført en materialadministrativ forstudie kalt ForMA, hvor det påvises store innsparingsmuligheter ved effektivisering/rasjonalisering. Det påpekes et ytterligere innsparingspotensiale ved strukturelle og organisatoriske omstillinger/endringer, uten at ForMA har behandlet dette nærmere.

Hæren vil innen år 2000 gå over til regional mobiliseringslagring basert på containerlagring. Det mobiliseringslagrede materiellet vil bli overført fra ca 1000 mobiliseringslagre/telthus til ca 30 lagersteder. De framtidige containerlagrene skal etableres på militær eiendom og i størst mulig grad i nærheten av avdelinger med fredsvirksomhet. Dette vil gi bedre tilsyn og sikring av lagrene, og i en mobiliseringsfase vil tilsyn og sikring lett kunne utvides og styrkes.

Hærens framtidige verkstedorganisasjon skal i hovedsak tilpasses virksomheten i det enkelte område. Verkstedorganisasjonen skal lokaliseres i tilknytning til utdannings- og øvingsvirksomheten. Strukturen skal baseres på to større verksteder, ett i Nord-Norge og ett i Sør-Norge, lokalisert i Bjerkvik og på Trandum. Disse skal ha kompetanse og kapasitet som referanseverksteder og for gjenoppbygging av komponenter.
Til støtte for den regionale driften og vedlikehold av lagret materiell, skal det opprettholdes en verkstedstruktur i hver distriktskommando. Lokalt støttes utdanningsgarnisoner og kompetansesentre av tekniske verksteder som skal ivareta vedlikehold opp til og med systemvedlikeholdsnivået på utvalgt materiell.

Fremtidig verkstedorganisasjon

Endringer i aktivitetsnivået vil sammen med en reduksjon av antall lagrede enheter, medføre at både kompetansen ved verkstedene og dimensjoneringen av verkstendene må endres i Hæren. Verkstedorganisasjonen må derfor dimensjoneres og organiseres slik at den på en effektiv og økonomisk måte ivaretar vedlikeholdet av materiellet. Et hovedprinsipp i den nye organisasjonen har vært å få etablert gode kompetansemiljøer også innen vedlikeholdsområdet. Det er derfor viktig å samle kompetansen innenfor de enkelte fagområdene fremfor å beholde mange verksteder med liten bemanning og få kompetansefelt. De fremtidige verkstedene er forutsatt å ha kompetanse og kapasitet til å vedlikeholde hovedmateriellet innen sitt område opp til systemvedlikeholdsnivå.

Det må derfor etableres verksteder i områder med mye lagret materiell og der materiellet hyppig er i bruk. Regional mobiliseringslagring gjør det i tillegg mulig å lagre materiellet konsentrert og i de områdene som er preget av høy aktivitet. Verkstedenes organisasjon og kompetanse vil til en hver tid være tilpasset aktiviteten og materiellet i sitt område.
Alt vedlikehold av teknisk materiell skal utføres av tekniske verksteder. Ettersyn av mobiliseringslagret materiell vil bli foretatt i samtlige distriktskommandoer.

I den nye verkstedorganisasjonen vil det kun være 3 verkstedtyper: Teknisk verksted, eksplosivverksted og intendanturverksted. Teknisk verksted vil være et vedlikeholdssted for teknisk materiell, og vil kunne tildeles ulike funksjonsansvar etter hvilke oppgaver det skal løse og hvilken støtte det skal yte til brukeren. Et teknisk verksted kan være selvstendig administrert eller underlagt en annen enhet.

Fremtidig lagerorganisasjon

De sentrale funksjonene ivaretas av Hovedarsenalet og Forsyningslager Østlandet.
Forsyningslagrene vil utgjøre det regionale leddet i lagerorganisasjonen. Forsyningslagrene skal forvalte alle materielltyper og vil bli lokalisert innen hver distriktskommando. Forsyningslagrene vil ha en flerdelt oppgave. De skal forvalte mobiliseringslagret materiell, og skal være det utførende elementet innen materiellforvaltning og forsyningstjeneste. Et forsyningslager kan være moderlager for avdelingenes driftslagre, samt forsyningsledd mot avdelinger på intendanturmateriell, kjøretøyvæsker og proviant. Ved beredskap og i krig vil forsyningslagrene være distriktskommandoenes forsyningsressurs til krigsorganisasjonen.

Driftslagrene vil utgjøre det lokale nivået i lagerorganisasjonen. Driftslagrene skal være det lagret som etterforsyner verksteder og avdelinger, inklusert HV og andre forsvarsgrener med lagerførte forsyningsartikler, og vil som idag være etablert i tilknytning til tekniske verksteder eller i materielltunge garnisoner.
Etterforsyning til driftslagrene er et rent fredsmessig anliggende. Det betyr at materialadministrative prinsipper kan anvendes med hensyn til lagerstørrelse, omløpshastighet, distribusjon og anskaffelse. Etterforsyning av driftslagrene kan derfor utføres fra et fåtall lager.

Hensikten med den regionale mobiliseringslagringen av materiell til Hærens krigsstruktur er å redusere antall lagringssteder, sikre materiellet bedre enn i dag, minimalisere vedlikeholdet, bedre lagringsklimaet og effektivisere bruksrutinene. Materiellet skal lagres der hvor det skal nyttes så langt dette er operativt mulig, og der hvor ressurser for vedlikehold, lagring og håndtering kan samles til samme region. Materiellet vil bli lagret i containere etter ISO-standard uten spesielle tilpasninger til Forsvaret. Materiellet er således mobilt og kan håndteres i krig og fred med tilgjengelige militære og sivile transportressurser.

Ved mobilisering vil avdelingene bli satt opp på utvalgte oppsetningssteder ved hjelp av regionale ressurser støttet av mobiliserte støtteenheter. Den regionale verksted- og lagerorganisasjonen vil ved repitisjonsøvelser administrere materiellet ut av og inn til containerlagrene.
Materiell som er mobiliseringslagret regionalt, vil bli brukt som utdanningsmateriell, og det vil bli vedlikeholdt ved rutinemessig ettersyn eller ved repitisjonsøvelser. Den regionale verksted- og lagerorganisasjonen vil være organisert og utrustet for å kunne ta imot containere av mobiliseringslagret materiell eller brukt materiell for ettersyn, reparasjoner og preservering for ny langtidslagring i containere.

Samordning og krav til driftsreduksjon

Omstillingsprosessen i Forsvaret har til hensikt å redusere driftsutgiftene, slik at det frigjøres tilstrekkelige midler til investeringer i den nye krigsstrukturen. Forsvarets verksted- og lagerorganisasjon berøres av denne omstillingsprosessen først og fremst ved at verksted- og lagerkapasiteten blir tilpasset Forsvarets krigsstruktur og fredsorganisasjon.
En samordning av vedlikeholdstjenestene på tvers av forsvarsgrenene bidrar til en bedre ressursutnyttelse totalt sett. Det er derfor over år foretatt en samordning av vedlikeholdstjenesten i Forsvaret på enkelte likeartete materielltyper. Der det er hensiktsmessig og mulig, vedlikeholder verkstedene alt materiell for Forsvaret uansett tilhørighet. Dette gjelder spesielt våpenmateriell,

kjøretøymateriell, ingeniørmateriell og elektronisk materiell.

Hæren er største bruker av disse typer materiell. Det er derfor også ved Hærens verksteder at denne form for samordning er mest omfattende. Men kravet til driftsreduksjoner i Forsvaret tilsier likevel en kontinuerlig vurdering av mulighetene for en ytterligere samordning av verksted- og vedlikeholdstjenester, både innen hver forsvarsgren og på tvers av forsvarsgrenene.
Samordning av Forsvarets vedlikeholdskapasitet og kompetanse forsvarsgrenene imellom kan i mange tilfeller være vanskelig. For Hærens avdelinger er det viktig at drifts- og vedlikeholds-personellet utgjør en del av den daglige virksomheten. Det samme gjelder vedlikeholdsmannskapet på en flystasjon eller orlogsstasjon. Samordningsgevinsten er derfor først og fremst knyttet til de høyere linjes verkstedene (system- og komponentvedlikehold), som har kompetanse og kapasitet til å levere tjenester til andre forsvarsgrener.

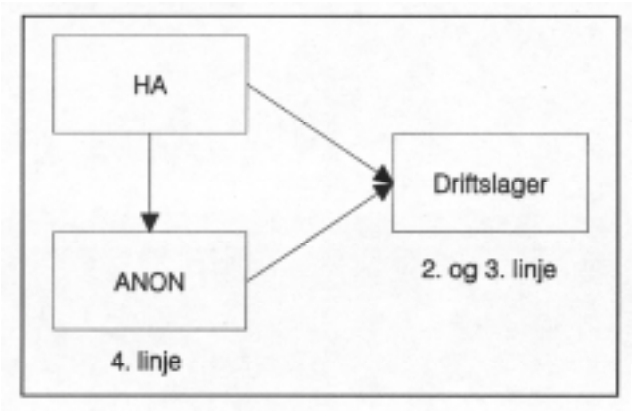
Forsvarets behov for verkstedtjenester har en klar kobling til framtidige krav til Forsvaret, slik de er angitt i Langtidsmeldingen for Forsvaret, St meld nr16 (1992-93). Verkstedene blir indirekte påvirket av krav til økt stridsevne gjennom modernisering av materiell, samt krav om en driftsreduksjon på 25% fram til år 2002. Samtidig som det stilles krav om driftsreduksjon, skal Forsvarets verksteder være istand til å opprettholde et støtteapparat som er større enn det fredsvirksomheten tilsier. Verkstedene kan finansiere en slik virksomhet gjennom kommersielt salg av verkstedtjenester. Det er derfor nødvendig å etablere styrings- og organisasjonsformer som sikrer overordnet styring og kontroll, og som samtidig ivaretar verkstedenes behov for handlefrihet, effektiv drift og rask tilpasning til Forsvarets behov.

2.1.3.2 Beskrivelse av organisasjonen basert på orienteringsmøter

Beskrivelsen som her er gitt av Forsvarets (Hærens) vedlikeholds- og forsyningsorganisasjon er basert på informasjon/orientering som ble gitt PS2000 under et besøk ved VSHVK (Våpenskolen Hærens våpentekniske korps) på Helgelandsmoen 20.-21.02.95.
Noe av informasjonen er erfaringer med hvordan organisasjonen fungerer idag, spesielt med tanke på fastsettelse av type og mengde reservedeler, og noe av informasjonen er rettet mot hvordan organiseringen vil bli i fremtiden. Noe av dette er til en viss grad overlappende med det som er beskrevet ovenfor.

<u>Forsyningsorganisasjon</u>

Forsyningsorganisasjonen i fred kan grovt illustreres som vist i figur 2.3.
HA er hovedarsenalet (Lillehammer) mens ANON er arsenalet i Nord-Norge (Bjerkvik).
Pr. idag eksisterer det også arsenaler i de enkelte DK'er, men i forbindelse med den omorganiserin-gen som pågår i Forsvaret mhp. forsyningsorganisasjonen kan denne funksjonen komme til å havne i HA.



Figur 2.3 Forsyningsorganisasjon i fred

Forsyningmateriellet er i Forsvaret delt i 5 klasser:

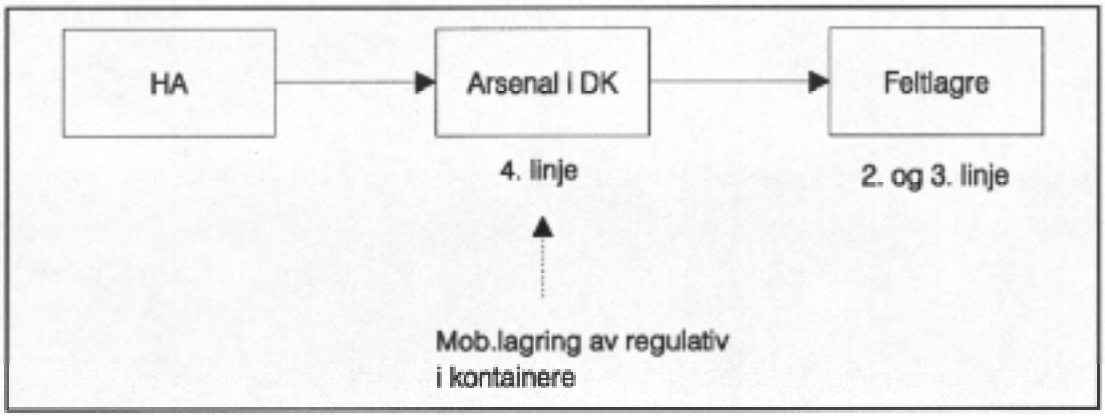
Klasse I	Proviant
Klasse II	Intendantur, verktøy, res.deler, kjøretøy (for oppsettende avd.)
Klasse III	Drivstoff og smøring
Klasse IV	Utstyr og materiell som ikke er hjemlet i KOP - krigsoppsettingsplan, dvs. utstyr som tildeles ved særskilte behov
Klasse V	Ammo. og sprengstoff

Alt i KOP er regulert i regulativ. Regulativene inneholder bl.a type og mengde/antall (bredde og dybde) av reservedeler for en gitt materielltype som man "har lov til" å sitte med på lager. Disse har hittil for ofte vært basert på kvalifisert synsing. S940 (lagerdriftsystem, se nedenfor) er et potensiale mhp. vurdering av regulativene. Det har ikke vært vanlig å justere regulativene basert på driftserfaring.

Et nytt begrep som påvirker type og antall reservedeler i regulativene er BDR - Battle Damage Repair - hvor man under strid i større grad skal benytte seg av midlertidige løsninger når skaden oppstår.

I regulativene skal det skilles mellom antall reservedeler for 2. linje og 3. linje. Antallet baserer seg på varighet i strid. Bestemmelser om dette er gitt i forsvarssjefens logistikk direktiv. Disse tallene må fastsettes i VFS1 (vedlikeholds- og forsyningsstudie nr.1).
Ut i fra den tilsvarende fredsdriftstiden (f.eks. 2 år) må leverandør sannsynliggjøre antallet reservedeler gjennom en WBS (Work Breakdown Structure) og erfarte/beregnede MTBF tall. (MTBF - Mean Time Between Failure, midlere tid mellom feil).

I figur 2.4 er forsyningsorganisasjonen i felt (Hæren) illustrert. (DK står for DistriktsKommando).



Figur 2.4 Forsyningsorganisasjon i felt

Også her er det omorganisering på gang, og en mulig lagerstruktur i fremtiden vil være:

5. linje	HA (Lillehammer)
4. linje	FLNN/FLSN
3. linje	Feltlagertropp/verksted (systemlager)
2. linje	Sublager

Feltlager består av reservedeler som er "kritiske". Ikke-kritiske deler ("kosmetikk") som ikke strengt tatt er nødvendig i strid, inngår ikke i feltlageret.

Feltlagrene kan ligge mellom 4-12 år før de blir tatt ut/brukt ifm. repitisjonsøvelser. I mellomtiden skal de etter faste intervall kontrolleres/vedlikeholdes.

Rundt 1980 ble feltlagrene gjennomgått for å få frem en total status. Resultatet av undersøkelsen var lite oppløftende (kjøretøyer startet ikke osv.) og resulterte bl.a i prosjekt 940 som startet i 1986. Dette var starten på prosjektet som resulterte i lagerdriftssystemet S940 som er et EDB-verktøy.

Når det gjaldt feltlagrene ble disse for en tid lagt på is, og 940 konsentrerte seg om fredsdriften fordi det var her det var størst potensiale. I 1991 hadde man installert S940 29 steder.

Målsettingen med S940 er:
- høy servicegrad på planlagt vedlikehold, dvs > 85%
- redusere adm. arbeid (automatisk etterforsyning)
- frigjøre 2. linje fra regnskapsføring
- redusere ledetiden
- bedre oversikt over forsyningssituasjonen (bl.a restordre)
- 4. linje server bare 3. linje (oppsamling av 2. linje-behov)
- muliggjør optimal lagerstyring (ORACEL database)

- gi statistikkgrunnlag
- effektivisere overgang fra garnison til felt
- enhetlige rutiner ved alle lagerenheter
- rutiner ved rep. øvelser

Tidligere ble materiell forsynt fra 3. linje til 2. linje ansett som forbrukt fordi man ikke hadde registrering av 2. linjes- (driftslager-) beholdningene.
Disse er i S940 registrert som sublager styrt fra 3. linje.

Ledetiden har gått betraktelig ned etter innføringen av S940 (ca. 50% reduksjon). F.eks. har den for Finnmark gått ned fra 14 dager til 7 dager ved etterforsyning fra Bjerkvik (4. linje).

I felt driver man nå å tester ut bruken av S940 og sublager på øvelser.

Typiske størrelser/mengder med reservedeler i felt for hhv. 3. og 2. linje kan være:

3. linje 6-7 20 fots containere med deler i skap og
ca. 10 lastevogner med bulkdeler
2. linje 1 10 fots container med deler i skap og
1 henger med bulkdeler

På Bardufoss fungerer bruken av sublager både i fred og i felt med 26 sublager for feltlagertroppen.

Hvor godt lagerfunksjonen fungerer blir målt vha. servicegraden. Hvordan denne beregnes er det delte meninger om. Noen ser på servicegraden som andelen av forespørsler (rekvisisjoner) som lageret klarer å betjene selv. Andre ser på servicegraden som andelen av forespørslene som man kan betjene i løpet av en øvelse.
En ny definisjon på servicegrad er at den består 50% av en effektueringsgrad og 50% av en betjeningsgrad, hvor;

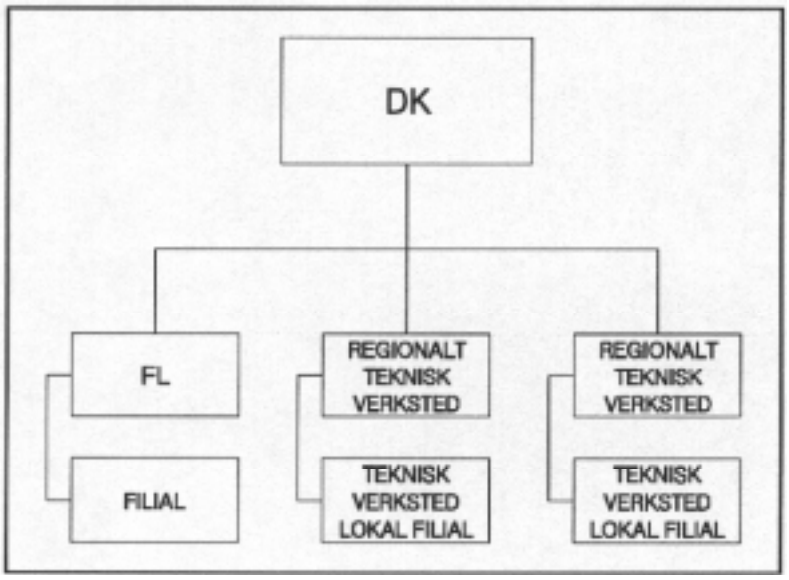
- effektueringsgrad er det som leveres i løpet av 3 dager
- betjeningsgrad er det som kan skaffes i løpet av 30 dager (fra arsenal)

Det skal en holdningsendring til for å få forståelse for at en servicegrad på 100% ikke bør være noe mål, men at det "optimale" kanskje er 75% når bl.a kostnadene til lagerhold, mobilitet etc. trekkes inn.

Det er idag enveiskommunikasjon mellom 3. linje og 4. linje via S940. EDBRM - EDB Regional Materiellforvaltning er et nytt prosjekt hvor det skal utvikles et verktøy hvor 3. linje bl.a kan lese lagerbeholdning på 4. linje.

Vedlikeholdsorganisasjon

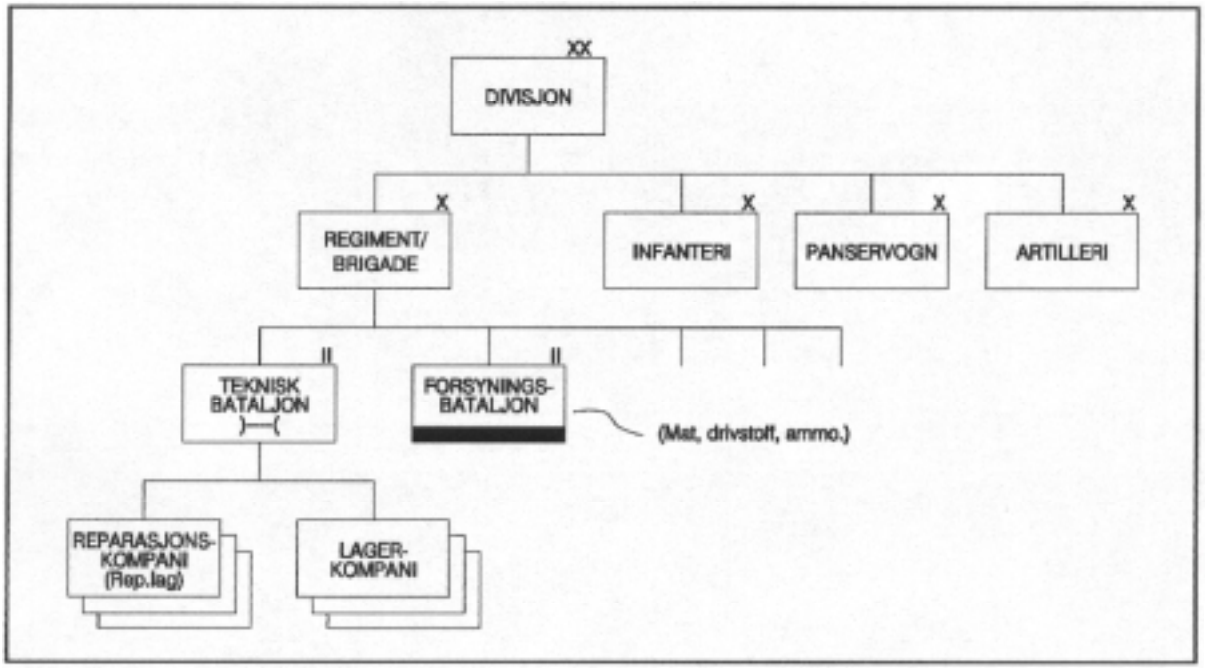
Vedlikeholdsorganisasjonen er under omorganisering og det vil bli færre lager og verksteder. Fig. 2.5 viser den generelle modellen for forslag til ny vedlikeholdsorg. i fred.
Totalt er det ca. 900 fast ansatte i verkstedene i Hæren (dvs. tekniske verksteder som dekker mer enn bare én avdeling). De største verkstedene er på ca. 130 mann (Bjerkvik og Trandum).



DK - Distriktskommando
FL - Forsyningslager

Figur 2.5 Ny vedlikeholdsorganisasjon i fred (forslag)

Figur 2.6 viser hva en divisjon består av.



Figur 2.6 Vedlikeholdsorganisasjon i felt (i en divisjon)

Hæren opererer med 5 linjers vedlikehold som følger:

1. linje	Bruker		(Service/ettersyn)
2. linje	Avd.vedlikehold	(bataljon)	Mindre rep./feilsøking
3. linje	Teknisk kompani	(brigadenivå)	Større rep./komponentskifte
4. linje	Komp.overhaling	(regionalt/DK)	Komponentoverhaling
5. linje	Produksjon		(Produksjon av deler/utstyr)

Det utføres svært lite 5. linjes vedlikehold (produksjon). 4. og 5. linje flyter noe i hverandre.

Tidligere var det markerte skiller mellom de ulike nivåene bl.a pga. ulik tilgjengelighet av verktøy og reservedeler.

Personellet har samme grunnutdanning med unntak av 4. linje hvor det er spesialister.

Avdelingsvedlikehold kan og være 3. linje når de er énbrukere av utstyret/materiellet.

Det er idag en nokså myk overgang mellom de ulike linjene og man er i ferd med å innføre nye betegnelser på vedlikeholdsnivåene, ref. stortingsmelding om Forsvaret. Dette er vist i tabell 2.1.

Tabell 2.1 Nye betegnelser på vedlikeholdsnivåene

TIDLIGERE	NYTT - FRED	NYTT - FELT
1. LINJE	Avdelingsvedlikehold	
2. LINJE		Små reparasjoner (i tid)
3. LINJE	Systemvedlikehold (2.-4. linje, mest 3. linje)	Middels rep.
4. LINJE		Store rep.
5. LINJE	Komponent (delvis 4. linje)	Produksjon

Systemvedlikehold skal man kun ha noen få steder. "System" på en stridsvogn kan være våpensystem (våpendelen) og fremdriftssystem (kjøretøy-delen).

Manøveravdelingene har begrenset mulighet til å få med seg reservedeler pga krav til mobilitet.

2. linjes vedlikehold i fred legges om fra områdeverksted til garnisonsverksted.

2.1.4 Noen spesielle utviklingsprosjekter

2.1.4.1 CM/LCC (Configuration Management/Life Cycle Cost)

Bakgrunn

Det norske forsvaret vil i årene fremover anskaffe tildels meget avanserte materiellsystemer. Dette skjer samtidig som driftsutgiftene skal ned. For å sikre en forsvarlig drift av det materiell som er og vil bli anskaffet er det en forutsetning at en har styring på dets konfigurasjon og levetidskostnader.

Med bakgrunn i en forstudie gjennomført ved Hærens forsyningskommando i perioden mai 91-mai 92 er det avdekket at:

- de undersøkte områdene Konfigurasjonsstyring (CM) og Levetidskostnader (LCC) ikke blir tilfredsstillende ivaretatt med de hjelpemidler som idag er ved HFK internt og eksternt.
- det er nødvendig å ruste opp HFKs organisasjon med CM/LCC-hjelpemidler bestående av en integrert sammensetning av personell, programvare, maskinvare og prosedyrer.

Målsetting

For å ivareta konfigurasjonsstyring og oppfølging av levetidskostnader, ble CM/LCC etablert som selvstendig prosjekt i 1994. Prosjektet har som målsetting å:

- styre materiellets konfigurasjon for å sikre dets operativitet og ved dette bidra til at komplekse systemer, etter at det er innført endringer ved et eller flere delsystemer, vil fungere enkeltvis og sammen under operativ bruk (CM).
- sikre at Hæren kan utføre konsekvensanalyser, hvor man beregner de økonomiske konsekvenser av å anskaffe og drifte et system (LCC).
- sikre at Hæren kan utføre alternativsanalyser, hvor man vurderer alternative systemers eller systemløsningers kostnader opp imot hverandre (LCC).
- sikre at Hæren kan følge opp driftskostnader i garantiperioden og senere (LCC).

Innhold

Prosjekt CM/LCC skal nå disse mål ved å utvikle og innføre et system med CALS (se kap. 2.1.4.2) innhold som er forankret i PRINSIX (se kap. 2.2.1) og som vil bestå av følgende komponenter:

- Retningslinjer som beskriver hva som skal utføres av CM/LCC-aktiviteter i alle materiellfaser.
- Prosedyrebeskrivelser som beskriver hvordan (inkl rutiner, maler og eksempler).
- Personell/organisasjon (brukere av CM/LCC-systemet i Hæren).
- EDB-støttesystem (HW og SW).
- Infrastruktur (her definert som eksisterende systemer og kommunikasjonskanaler).
- Opplæringsprogram (opplæring i bruken av CM/LCC-systemet).

- Forvaltningsopplegg (forvaltning, drift og vedlikehold av CM/LCC-systemet).
- Ekstern organisasjon (for å kunne utføre spesialistoppgaver innen CM/LCC).

CM/LCC-systemet skal primært være et system for bruk i fredstid i kontor- og verkstedmiljø og skal benyttes i hele materiellets levetid (fra idé til avhending).

Hovedleveranse og full skala innføring er planlagt fra primo 1998. Prosjektet avsluttes i år 1999/2000.

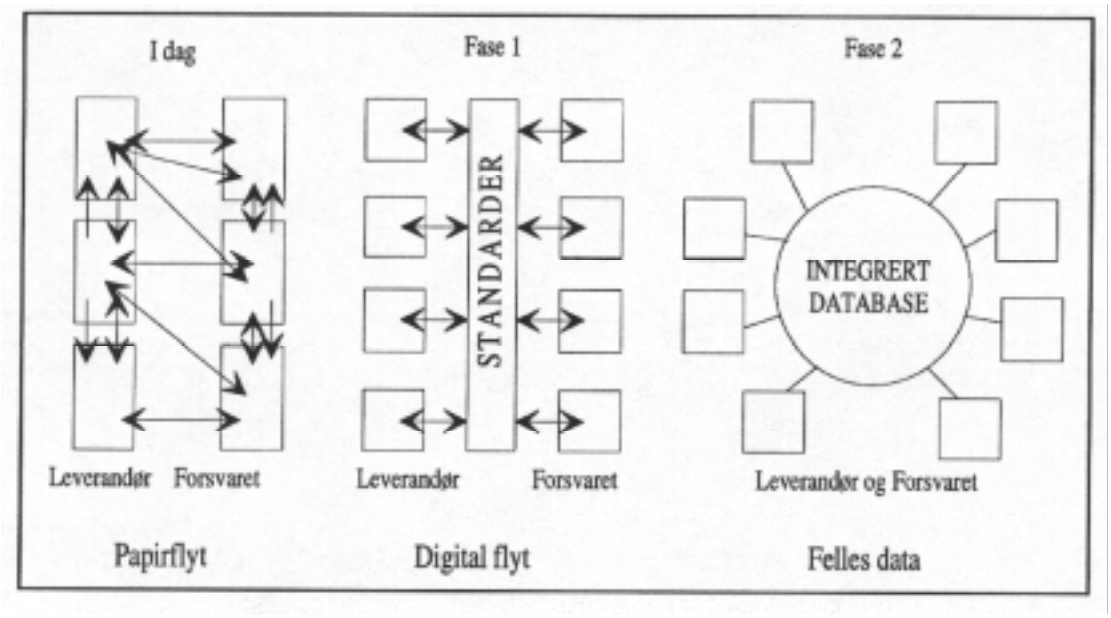
2.1.4.2 CALS (Continuous Acquisition and Life cycle Support)

Bakgrunn

Arbeidet med CALS ble startet i 1985, da det amerikanske forsvarsdepartementet la en strategi for en stadig tettere samhandling mellom forsvaret og dets leverandører gjennom bruk av datateknologi. Høsten 1991 besluttet FD (Forsvarsdepartementet) å innføre CALS i Forsvaret. CALS innføres som et program, CALSPRO, med underliggende CALS-prosjekter i forsvarsgrenene og forvaltningene.

CALS skal bidra til å eliminere manuelle, papirintensive arbeidsmetoder og innføre nye arbeidsformer hvor data genereres, oppdateres og distribueres digitalt.

For å innføre CALS i Forsvaret er det utformet en strategi i to faser, som vist i figur 2.7.



Figur 2.7 Strategi for innføring av CALS i Forsvaret

Fase 1 innebærer at overføring av informasjon på digitalt format skal følge definerte standarder.

Fase 2 innebærer at Forsvaret og leverandørene knyttes sammen slik at det blir enklere å samarbeide om utvikling av drift av materiell. Alle relevante data for et materiellsystem integreres i en logisk database, slik at alle aktører får tilgang til data i henhold til behov og rettigheter.

Målsetting

"*The CALS objectives are to dramatically reduce product development lead times, improve quality, and reduce acquisition and engineering costs by re-engineering acquisition and logistic business processes*"

Denne målsettingen tilsvarer Forsvarssjefens definisjon av mål ved innføring av CALS i Forsvaret. Den største forskjellen mellom de amerikanske og norske målene er at Forsvarssjefen eksplisitt har stilt krav knyttet til produksjonseffektivitet og operativitet. Ved innføring av CALS metoder og systemer er det viktig å ikke miste disse målsettingene av syne. Eksempler på hvordan disse målene kan nås kan være:

Kortere anskaffelsestid

Reduserte administrative ledetider ved bruk av EDI
Raskere gjennomføring av modifikasjoner ved bruk av elektonisk dokumentasjon
Raskere gjennomføring av aktiviteter ved bruk av felles dokumentasjon

Reduserte levetidskostnader

Eliminering av personellintensive arbeidsmetoder

Riktig kvalitet på materiellet med tilhørende dokumentasjon

Bedre kvalitet på data ved sammensetning av databaser
Færre feil ved design og produksjon ved sammenknytning av databaser

2.2 Styrende dokumentasjon for materiellanskaffelser

2.2.1 PRINSIX

2.2.1.1 Generelt

PRINSIX-håndboken fastsetter prosedyrer for å planlegge og gjennomføre prosjekter i Forsvaret. Retningslinjer for organisering og styring av prosjektene er inkludert. (Se forøvrig kap. 2.1.1 og 2.1.2 mht. prosjektorganisering og prosjektstyring).

Håndboken (del 2) /32/ består av følgende hovedkapitler:

1. Introduksjon
2. Forsvarets prosjektmodeller
3. Overordnet planverk
4. Forsvarets budsjettrutiner
5. Totalprosjektering
6. Prosjektstyring
7. Driftsmessig tilrettelegging
8. Kravspesifikasjoner
9. Kontrahering og innkjøp
10. Miljø- og vernetiltak
11. Samarbeide med andre forvaltninger og fellesinstitusjoner
12. Samarbeide med forskning, entreprenører og industriinternasjonalt samarbeide

De deler som vil bli behandlet her er i hovedsak prosjektstyring (kap. 2.1.1 og 2.1.2), driftsmessig tilrettelegging (kap. 2.2.1.3) og kravspesifikasjoner (kap. 5.4), i tillegg til noe generelt og noe i tilknytning til levetidskostnader.

Gjennomføringen av materiellprosjekter er beskrevet for hver av prosjektets faser med følgende milepæler (MP):

Konseptfasen

MP 1: Prosjektforslag
MP 2: Taktisk, Teknisk, Økonomisk Målsetting (TTØM)
MP 3: Foreløpig Totalprosjekt (FTP)/Foreløpig Taktisk, Teknisk, Økonomisk Kravformulering (FTTØK)
MP 4: Planleggingsdirektiv

Definisjonsfasen

MP 5: Forvaltningens gjennomføringsdirektiv
MP 6: Valg av systemløsning
MP 7: Totalprosjekt (TP)/Taktisk, Teknisk, Økonomisk Kravformulering (TTØK)

MP 8: Prosjektdirektiv

Utviklingsfasen

MP 9: Prosjektplan
MP 10: Kontrakt (utvikling og/eller anskaffelse av prøvemateriell)
MP 11: Iverksettelsesskriv

Anskaffelsesfasen

MP 12: Hovedkontrakt
MP 13: Overtakelsesprotokoll

Overføringsfasen

MP 14: Erfaringsrapport
MP 15: Termineringsrapport

Taktisk, teknisk og økonomisk kravformulering (MP 2, 3, 7)

En del av de krav som skal inngå er:

1. Innledning
- Beskrivelse av det miljøet materiellet skal anvendes i både i krig og i fred (trussel, geografi, værforhold osv.)

2. Taktiske krav
- Operativ tilgjengelighet
- Taktiske (operative) krav

3. Tekniske krav
- Logistiske krav
- Krav til yteevne og funksjonelle egenskaper
- Livslengde og forbruksrate i fred
- Krav til vedlikeholdsvennlighet på bakgrunn av vedlikeholds- og forsyningsstudie nr. 1 (herunder vedlikeholdskonsept)

4. Økonomiske krav
- Samlet og spesifisert kostnadsramme for materiellet, herunder:
  - Anskaffelsen som bl.a omfattes av reservedeler
- Drift og vedlikeholdskostnader

5. Andre krav
- Krav til mengde av tilleggsustyr, testutrustning, reservedeler, utdannings- og øvingsmateriell

Totalprosjektering (MP 3, 7)

Alle anskaffelser av hovedmateriell skal være gjenstand for TP. Alle elementer og konsekvenser av et investeringsprosjekt skal registreres og beregnes. TP skal gi en samlet oversikt over det totale omfang og den totale kostnadsramme som investeringen innebærer. Hensikten med TP er:

- Å gi totalkostnad (Life Cycle Cost - LCC) og aktivitetsinformasjon til beslutningstagerne før et prosjekt startes (foreløpig TP-FTP).

- Å gi grunnlag for valg av beste system - alle forhold tatt i betraktning.
- Klarlegge hvilke aktiviteter som er en nødvendig konsekvens av prosjektet, og fastslå når disse må starte.

Totalprosjektering innbefatter bl.a:

Fordeling av materiellet
Fordeling av materiell er den styrende virksomhet og kontroll. Den er nødvendig for å sikre at tilstrekkelige mengder materiell er lagret på slike steder og i slike mengder at de operative behov blir dekket. Videre at etterforsyning kan gjennomføres på den mest mulig hensiktsmessige måten. FO er ansvarlig for at fordeling av hovedmateriell blir foretatt.

Beregning av prosjektets totalkostnader
Første gjennomføring av TP for en anskaffelse vil være forbundet med stor usikkerhet, fordi både leverandør-, operative- og erfaringsdata ofte er forbundet med stor usikkerhet. TP vil ofte operere med maksimal- og minimalkostnader og statistiske sannsynligheter. Beregningen av prosjektets totalkostnad (LCC) vil være avhengig av hvor godt prosjektet er beskrevet. Prosjektleder skal sørge for at LCC-beregningen kontrolleres ved skifte av fase i prosjektet.

Levetidskostnadsanalyse av utstyr i drift
I de tilfeller en anskaffelse vurderes for utskiftning/erstatning av eksisterende utstyr, er det nødvendig å foreta en LCC-analyse. De erfaringsdata som fremskaffes fra utstyr i drift, vil være en del av grunnlaget for sammenligning med TP av evt. nyanskaffelse. Likeså vil det gi grunnlag for vurdering av modernisering/modifisering av det eksisterende utstyr.

2.2.1.2 Levetidskostnadsanalyser

Ved beregning av materiellsystemets levetidskostnader skal det tas hensyn til den teknologiske utvikling, funksjonell levetid og muligheter for fremtidige leveranser av reservedeler.

Kapitalkostnader og kostnader til lagring og administrasjon, dvs. drift, skal legges vekt på i vurderingen slik at alle kostnader over tid kan fremskaffes. Nåverdiberegninger skal legges til grunn.

Levetidskostnadsberegninger gjennomføres for å få oversikt over samtlige kostnader forbundet med anskaffelse, drift, vedlikehold og utrangering. Til dette formål finnes det en metodikk for å beregne levetidskostnadene i sammenheng med driftssikkerhet.

Arbeidet med å beregne levetidskostnadene (LCC) er meget ressurskrevende hvis fremgangsmåten skal benyttes på alle elementene i anskaffelsen. Valget av de områdene arbeidet med beregningene blir konsentrert, blir derfor avgjørende om innsatsen skal bli regningssvarende. På fagspråket benyttes som mål for dette netto nytteeffekt (NNE).
Denne avgrensningen mellom ressursforbruk i LCC-beregninger og det som tjenes inn på forbedret

teknologisk og funksjonell gevinst som et resultat av arbeidet, blir derfor avgjørende for å få til en nytteeffekt (NE) som er verdt innsatsen. Det er verdt å merke seg at netto nytteeffekt (NNE) endres med endret driftsprofil (bruksmønster).

Hensikten med DS/LCC-beregninger (driftssikkerhet/life cycle cost) er bl.a å:

- sette et mål for levetidskostnader tidlig i prosjektet og bidra til valg av leverandør
- kontraktsforplikte leverandør i målbare termer
- bidra til optimale konstruksjons- og forsyningsløsninger innen rammebetingelsene
- lette arbeidet og gi bakgrunn for en mer pålitelig planlegging og budsjettering for drift og vedlikehold
- dokumentere for ettertiden noe av grunnlaget for de beslutninger som ble tatt
- gi prosjektorganisasjonen mulighet til å systematisere og dokumentere netto nytteeffekt (NNE) på en formell og enhetlig måte

Det skal foretas DS/LCC-analyser for bl.a å evaluere:

- alternative systemer
- konstruksjonsløsninger
- vedlikeholdskonsepter
  - ved bl.a å planlegge vedlikeholdet fra starten av og hvor bl.a optimalisering av reservedeler er en vesentlig del
- forsyningsløsninger

Analysen utføres med de til enhver tid tilgjengelige data. Først etableres en initialmodell. Denne modellen utvikles og beregnes videre etterhvert som mer data blir tilgjengelig. Dette vil føre til at beregningene blir stadig grundigere inntil de får en akseptabel grad av nøyaktighet. Siste utførte beregning vil alltid være referanse for neste beregning.

DS/LCC-analyser gjennomføres ved terminering av anskaffelsesprosjektet og overføring til drift.

<u>Krav til gjennomføring av DS/LCC-analyser i prosjektfasene</u>

Konseptfasen
Følgende må fremskaffes:
- de økonomiske rammebetingelsene
- krav til tilgjengelighet (A) og pålitelighet (R(t))
- informasjon om det operative konseptet

Prosjektleder avgjør om det skal foretas DS/LCC-beregninger. Dersom dette skal gjøres bør det benyttes data fra tidligere anskaffelser (arven) i den grad det er hensiktsmessig.

Definisjonsfasen
Det skal foretas en fortsatt nedbryting av krav og utarbeides konfigurasjonsoversikt. En detaljert driftssikkerhetsanalyse skal utføres og referansealternativer defineres (teknisk og vedlikeholds-messig). På bakgrunn av dette foretas en LCC-analyse av referansealternativet. En tentativ prosjektplan og logistikkplan utarbeides.

Utviklingsfasen
Det stilles krav til driftssikkerhet og pålitelighet. Det gjennomføres overordnet LCC-beregning for anskaffesle av nytt utstyr. LCC-analyse for levetidsforlengelse eventuelt modernisering av eksisterende utstyr gjennomføres. I mangel av gode data for ny leveranse kan aktuelle data for eksisterende eller lignende utstyr nyttes.

Anskaffelsesfasen
Det skal gjennomføres DS/LCC-analyse før leverandør velges, og etter kontraktsinngåelse. Følgende punkter vektlegges:
- definere tilgjengelighet (A) og pålitelighet (R(t)) for tilbyder
- definere testmetode for kvalitetsfaktorer
- definere data som tilbyder skal levere
- definere driftsprofil for tilbyder
- definere DS/LCC-modell for tilbyder
- definere inputdata fra egen organisasjon
- gjennomføre analysen
- bruke analyseresultatet som valgkriterium for tilbyderne
- endelig modell når leverandør er valgt
- nytt analyseresultat til bruk overfor leverandør
- kontraktsfeste testmetode for MTBF-verifiseringstest med fordeling av risiko mellom forsvaret og leverandøren

Driftsfasen
Leverandøren gjennomfører MTBF-verifiseringstest med representanter fra Forsvaret til stede før garantiperioden begynner å løpe.
Det foretas en LCC-analyse med de data som foreligger ved terminering av prosjektet, og det foretas flere LCC-analyser gjennom levetiden for å optimalisere driften mhp direkte og indirekte kostnader. Ifm konfigurasjonsendringer må det foretas nye LCC-analyser.

2.2.1.3 Driftsmessig tilrettelegging

Driftsmessig tilrettelegging omhandler bestemmelser om:

- Vedlikeholdspolicy
- Forsyningspolicy
- Disponering av materiell som erstattes

- Bygningstekniske forhold
- Videreføring av levetidsberegninger
- Evt. bestemmelser om utarbeidelse og presentasjon av logistikkplan/kostnadsplan

Driftsmessig tilrettelegging for et materiellsystem eller bygg og anlegg (B/A) er brukt som samlebegrep for de prosjektaktiviteter som har til formål å sikre en forsvarlig drift. For materiell vil det dreie seg om å planlegge og gjennomføre tiltak knyttet til logistikk i videste forstand. For B/A vil det i hovedsak være knyttet til vedlikehold.

Behov

Erfaringen viser at det er nødvendig å utrede driftsutgiftene nøye i forbindelse med anskaffelser i Forsvaret. Levetidskostnadene består grovt sett av utviklingskostnader, anskaffelseskostnader og driftskostnader. I henhold til NATO-kilder vil det for våpensystem være slik at driftskostnadene utgjør 1,5 - 2,5 så mye som utviklings- og anskaffelseskostnadene til sammen.

Vedlikeholdskostnadene utgjør erfaringsmessig den største delen av driftskostnadene. Målet må derfor være å finne frem til et optimalt forhold mellom de tilleggskostnader man får (i anskaffelse) ved å øke materiellets pålitelighet og vedlikeholdsvennlighet, og de kostnader som derved kan spares på vedlikeholdet (driftskostnader).

Tidspunkt

Arbeidet bør starte så tidlig at det er mulig å påvirke materiellsystemets konstruksjon og sammensetning. Arbeidet er meget omfattende og skal som regel starte allerede i konseptfasen. På den måten blir krav til driftssikkerhet innarbeidet i FTTØK og tatt hensyn til når totalprosjektets økonomiske ramme skal beregnes.

Omfang og planer

Retningslinjer for driftsmessig tilrettelegging skal sikre at troverdige logistikkplaner blir utarbeidet, og at planene følges opp under alle fasene av et prosjekt. Dette inkluderer å:

- redegjøre for ansvarsforhold og prinsipper
- redegjøre for forutsetninger om policy og rammebetingelser
- gi retningslinjer for organisering og gjennomføring av vedlikeholds- og forsynings-studier
- gjennomgå forhold som angår det eksterne samarbeidet i forbindelse med vedlikehold og forsyning
- gi retningslinjer for overgang fra investeringsbudsjett til driftsbudsjett ved prosjektavslutning

Retningslinjene som trekkes opp for driftsmessig tilrettelegging er primært myntet på anskaffelser av store materiellsystemer og B/A. For slike prosjekter skal gjennomføringen av den driftsmessige tilretteleggingen i hovedsak baseres på de aktiviteter som finner sted under vedlikeholds- og forsyningsstudier (VFS).

Det er ikke uvanlig at utvikling og anskaffelse av store materiellsystemer strekker seg over en periode på 10-15 år. I denne perioden vil prosjektorganisasjonen ha varierende bemanning, og det vil til tider oppstå problemer med fremdrift og kontinuitet. Det er derfor av primær betydning for driftsmessig tilrettelegging at et basis planverk som fastlegger aktiviteter, tidsplan og ressursbehov for arbeidet, blir utarbeidet og godkjent tidligst mulig.

Den driftsmessige tilrettelegging må ivaretas på best mulig måte slik at de satte krav til operativ tilgjengelighet kan oppfylles innenfor de driftsrammer som settes.

Prinsipper for driftsmessig tilrettelegging

Noen av de prinsipper som planlegging, utførelse og kontroll av den driftsmessige tilretteleggingen skal bygge på er:

- tidlig start og gjennomføring som en integrert del av materiellprosjektet
- styrt medvirkning fra linjens fagpersonell innen funksjonsområdene vedlikehold, forsyning, kodifisering, dokumenstasjon og kvalitetssikring
- et godkjent drifts- og vedlikeholdskonsept skal legges til grunn for utarbeidelsen av kravspesifikasjoner
- nye materiellsystemer skal søkes tilpasset egen vedlikeholdsorganisasjon, og Forsvarets bestemmelser om preservering og lagring skal følges
- disponering av materiell og B/A som erstattes (Arven), skal inngå som en del av planleggingen

Før overlevering kan skje skal bl.a reservedelssatser for den enkelte hovedgjenstand og regulativopplegg i henhold til FOs pålegg være anskaffet.

De elementer (ILS-elementer) som må tas med og vurderes under enhver anskaffelse er i hovedsak som følger:

1. *Integrert konstruksjon/anskaffelse*

   Samhørigheten mellom de avgjørende logistikkparametre som pålitelighet (MTBF), vedlikeholdsvennlighet og den forutsatte drifts- og vedlikeholdsplan, må nøye iaktas under selve konstruksjonen/anskaffelsen og være en avgjørende faktor ved utformingen/valg av materiell.

2. *Vedlikeholdsplaner*

   En vedlikeholdsplan skal utarbeides i henhold til de forutsetninger som blir nedlagt, basert på vedlikeholds- og forsyningsstudier. Den må integreres i forkant av prosjektets fremdrift gjennom de enkelte faser.

3. *Test- og måleutstyr, støttemateriell*

4. *Forsyningsstøtte*

   Følgende skal legges til grunn:

   - Teknologisk og funksjonell levetid
   - Førstegangsanskaffelse av reservedeler hvor spesielt kritiske og dyre komponenter underkastes nøye vurdering

- Behov for etterforsyning
- Lagerbehov/sted og administrasjon

5. Dokumentasjon
6. Personellbehov
7. Utdanning
8. Bygg og anlegg
9. Lagring, fordeling, transport, avhending

Forhold som skal legges til grunn og følges opp for å sikre en forsvarlig innføring av nytt utstyr og omdisponering/avhending av gammelt utstyr er:

- Behovet for en tidlig fordelings/disponeringsbeslutning for nytt og gammelt utstyr
- Lagringsbehovet i overgangsfasen fra gammelt til nytt utstyr
- Spesifikasjoner for behandling under lagring og transport
- Lagringsbehovet for nytt utstyr (endelig)
- Transportkapasitet

10. Databank for driftserfaringer

Det bør vurderes om EDB-støttende systemer er et behov for å kunne ivareta og bruke erfaringsdata fra drift. Slike systemer kan tidlig og på en strukturert måte varsle om logistikkproblemer som følge av dårlige tekniske løsninger.

11. Standardisering
12. Konfigurasjon/Materiellregnskap

Resultatoppfølging/rapportering

Det skal kontrolleres at:

- Kravene til vedlikeholdsvennlighet og driftssikkerhet blir verifisert så langt som råd er før kontrakt tegnes
- Alle initielle anskaffelser av reservedeler, verktøy og dokumentasjon er gjennomførte før materiellet settes i drift
- Så snart det foreligger erfaringsdata om materiellet som begynner å komme i drift, må disse analyseres for å verifisere at oppgitt MTBF fra leverandører holder som spesifisert

  Dette er meget viktig med tanke på å underbygge og dokumentere garantikrav overfor leverandør. Erfaringsdata vil være med på å fastslå behov for modifikasjoner og evt. endringer av dimensjoneringen til de planlagte levetidsanskaffelser. Utløsning av opsjoner i en hovedkontrakt må kun finne sted etter nøye vurdering av disse erfaringene.

Forutsetninger

Tilrettelegging av vedlikeholds- og forsyningstjenesten må bygge på klare forutsetninger om policy og rammebetingelser.

Konfigurasjonsoversikten vil være et nøkkeldokument for vedlikeholds- og forsyningsstudier.

Arbeidet må utføres i forbindelse med beskrivelsen av kravspesifikasjoner.

Forsvarssjefens direktiv for logistikk angir *målsetning for reservedelsopplegg,* uttrykt i antall dagers forsyning. Målsetningen er begrenset til oppbygging av krigsreserven. Utover dette skal størrelsen av driftsbeholdninger for fredsdrift vurderes og anskaffes. De beredskapsmessige krav til materiellsystemet er avgjørende for anskaffelsen. Disse er nedlagt i TTØK og primært basert på krav til operativ tilgjengelighet, som igjen stiller krav til driftssikkerheten.
I TTØK skal et logistikk-konsept være bestemt og basert på beredskap, mobilisering og evt. krav til autonomitet. De forutsetninger som skal legges til grunn for beregning av reservedelsopplegg, er beskrevet i Forsvarssjefens direktiv for logistikk.

I løpet av konseptfasen vil generalinspektørene/tilsv. utarbeide *behovstall og fordelingsplan* for hovedgjenstander på region og avdeling. Fra Planleggingsdirektivet, som utarbeides under konseptfasen, skal denne fordelingen fremgå. Opplysning om antall hovedgjenstander og fordeling av disse gir grunnlaget for beregning av reservedelsopplegg. Til planleggingsformål må minimums- og maksimumstall oppgis.
Bestemmelser om fordeling av materiell på region og avdeling er en nødvendig forutsetning for å fastsette vedlikeholdsordninger, beregne behov for instrumenter, verktøy og opplæring samt beregne bygningsmessige behov.

De beredskapsmessige krav, antall, fordeling av materiell og drifts- og logistikk-konseptet er nødvendig nøkkelinformasjon for å utarbeide kravspesifikasjoner og kostnadsberegne et totalprosjekt.

Materiellsystemets driftsprofil er en viktig faktor for planlegging av vedlikeholdsalternativer og fastsettelse av krav til systemets driftssikkerhet.
Driftsprofilen skal angi kravet til kontinuerlig bruk, målt i antall stridsdager. Den skal også angi driftsprofilen for et stridsdøgn, målt i antall timer for transport, klargjøring, i operasjon (påslått) og i hvile. Videre skal driftsprofilen for fredsbruk angis med hensyn til lagrings-, transport- og brukstider. Beskrivelsen bør dekke en periode som tilsvarer rulleringstiden.

Driftsprofilen tar sitt utgangspunkt i et operativt scenario for fredsdriften og en tenkt beredskaps-situasjon. Den skal beskrive hvordan materiellet tenkes brukt og hvor lenge. Dette må gjøres så detaljert og presist at dokumentet kan nyttes som grunnlag ved utarbeidelse av vedlikeholdskonsept og fastsettelse av driftssikkerhetskrav. Driftsprofilen skal beskrives i TTØK.
Dokumentet skal primært anvendes som et av grunnlagsdokumentene i forbindelse med vedlikeholds- og forsyningsstudier og av leverandøren i forbindelse med beregning av driftssikkerhetsdata. (Leverandøren må i tillegg ha opplysninger om aktuell vedlikeholdsorganisa-sjon, verkstedenes lokalisering og Forsvarets krav vedrørende sirkulasjonstider.)

Fra det tidspunkt leveransen er godkjent, bør *materiellets levetid* angis både teknologisk og funksjonelt. For hovedmateriell kan levetiden variere fra eksempelvis 20-40 år. Levetiden har stor betydning for beregning av levetidskostnadene.

En del av *vedlikeholdspolicyen* innebærer at:

- Konstruksjonen av materiellet skal søkes påvirket for å oppnå maksimal vedlikeholds-vennlighet. Innebygget feilsøkingssystem og opplegg av ombyttbare komponenter på avdelingsnivå skal bidra til redusert belastning på vedlikeholdsorganisasjonen.
- Materiell med stridsviktighetskode A og B skal minimum kunne vedlikeholdes med egne ressurser til og med 3. linje eller stasjon.

Forsyningspolicyen innebærer at den forsyningsmessige tilretteleggingen skal ha som mål å fylle kravene til logistisk sikkerhet i henhold til Forsvarssjefens direktiv for logistikk.

Vedrørende de *økonomiske rammebetingelsene* for drift og vedlikehold så er hovedregelen for materielldelen at utgiftene til den driftsmessige tilretteleggingen, inklusive anskaffelse av regulativ- og initialopplegg for fredsdrift, skal finansieres over investeringsbudsjettet.
Hovedgrupper av driftsrelaterte anskaffelser bør være identifisert som egne enheter innen prosjektet og tildeles egne rammer. Utvelgelsen og dimensjoneringen av reservedelsopplegget skal foregå i nært samarbeid med driftsorganisasjonen.

Samarbeid

NATO's felles organ for materiellforvaltning er NATO Maintenance and Supply Organization, (NAMSO). Det utøvende organ under NAMSO er NATO Maintenance and Supply Agency, (NAMSA). NAMSA yter direkte tjenester til NATO-landene i form av bl.a anskaffelser av hovedmateriell og reservedeler.

Et samarbeid med utenlandske myndigheter generelt og NATO-organisasjoner spesielt vil utvilsomt kunne gi stor grad av logistisk sikkerhet. Andre fordeler kan ligge i gunstig pris og mulighetene for oppdatering av egen kompetanse.

Kodifisering

Kodifisering er en fellesbetegnelse for materiellklassifisering og artikkelidentifisering. FFMT (Forsvarets Felles Materiell Tjeneste) er Forsvarets sentrale organ for kodifisering.

Det som skal kodifiseres er kun de deler/artikler som forvaltningen finner nødvendig å innføre som forsyningsartikler for å møte kravet til driftssikkerhet.

Forvaltningen er ansvarlig for utvelgelsen av forsyningsartikler. Dette arbeidet utføres i hovedsak i forbindelse med vedlikeholds- og forsyningsstudier og danner grunnlaget for kodifiseringskravet til leverandøren.

Målsetningen må være at hovedmateriell, tilleggsutrustning og reservedeler skal være kodifisert før bestilling iverksettes.

VEDLIKEHOLDS- OG FORSYNINGSSTUDIE (VFS)

Vedlikeholds- og forsyningsstudie (VFS) kan defineres som en organisert og systematisk analyse av et materiellsystems vedlikeholdsegenskaper og de behov som er knyttet til vedlikehold og forsyning av systemet.

Denne virksomheten er i engelsk terminologi kalt **"Provisioning"** og er i MIL-STD-1388-1A definert som (noe utvidet ift. VFS):

> *"The process of determining and acquiring the range and quantity (depth) of spares and repair parts, and support and test equipment required to operate and maintain an end item of material for an initial period of service".*

Hensikten med VFS er i første rekke å skaffe grunnlag for å utarbeide kravspesifikasjoner som angår materiellsystemets driftssikkerhet. Dette betyr at VFS må gjennomføres så tidlig at det er mulig å påvirke både konstruksjonens og anskaffelsens omfang.

Organisering

VFS er et typisk lagsarbeid hvor deltakerne jobber sammen over tid. Sammensetningen av arbeidsgruppen fastsettes på grunnlag av prosjektets størrelse og kompleksitet. Som minimum skal gruppen omfatte følgende kategorier:

- Prosjektmedarbeidere med ansvar for utarbeidelse av tekniske kravspesifikasjoner.
- Fagpersonell fra linjeorganisasjonen innen funksjonsområdene: Vedlikehold, forsyning, dokumentasjon og kodifisering.
- Instruktører på områdene vedlikehold og operativ bruk.

Tidsplan

Forberedelsene til VFS bør starte tidligst mulig i definisjonsfasen. Overordnede bestemmelser om personellstøtte og policy vedrørende vedlikehold og forsyning bør innarbeides i forvaltningenes gjennomføringsdirektiv og detaljeres i prosjektplanen.
Prosjektleder utarbeider tidsplan for gjennomføring av samtlige VFS. Det bør normalt planlegges med 4 studier av ca. 2-3 ukers varighet. I tillegg kan det i forbindelse med utviklingsprosjekter være behov for å gjennomføre vedlikeholdsprøver.

VFS 1-4 bør gjennomføres slik:

- VFS 1 koordineres med utarbeidelsen av kravspesifikasjoner
- VFS 2 gjennomføres i forbindelse med tilbudsevalueringen
- VFS 3 gjennomføres i anskaffelsesfasen en tid etter at kontrakt er inngått
- VFS 4 gjennomføres etter at materiellet har vært i drift i 2-3 år, men før prosjektavslutning

Tabellene 2.2-2.5 gir en detaljert oversikt over de aktiviteter som inngår i de ulike VFS'ene.

Figur 2.8 viser når de ulike VFS'ene skal gjennomføres i et prosjekt og hva som er input og output til disse.

Tabell 2.2 Aktiviteter under VFS nr. 1

VFS 1
Gjennomføres i den hensikt å definere logistiske behov, utarbeide grunnlaget for prosjektets logistikkplan og tentative kravspesifikasjoner.
Tidsmessig koordineres VFS 1 med utarbeidelsen av kravspesifikasjoner.

AKTIVITETER:

1. Gjennomgang av forutsetninger med hensyn til:
   a. Materiellsystemets konfigurasjon
   b. Beredskapsmessig målsetning
   c. Antall og fordeling av hovedgjenstander
   d. Disponering av "ARVEN"
   e. Tidspunkt for innfasing
   f. Miljøkrav
   g. Driftsprofil
   h. Materiellets levetid
   i. Forsyningspolicy
   j. Økonomiske rammebetingelser
2. Studere referansemateriell
3. Utarbeide krav til driftssikkerhet
4. Vurdere alternative vedlikeholdsordninger og krav til vedlikeholdsutrustning
5. Utarbeide forslag til vedlikeholdsfordeling basert på FOs fordelingsplan
6. Vurdere behov for:
   a. Endring i vedlikeholdsorganisasjonen
   b. Opplæring av vedlikeholdspersonell
7. Vurdere og angi bygningsmessige behov (i tilknytning til byggeprogram under planlegging)
8. Vurdere og foreslå standardisering av komponenter
9. Utarbeide organisasjonsoversikt for verksteder som inngår i vedlikeholdsordning samt krav vedrørende transporttider og sirkulasjonstider (opplysninger til anbyder/tilbyder)
10. Utarbeide plan for kodifisering
11. Utarbeide behov for teknisk dokumentasjon (håndbøker og tegningsunderlag) samt plan for anskaffelser av dokumentasjon
12. Vurdere behov og utarbeide tentativ anskaffelsesplan for:
    a. 1. linjes verktøy, tilleggsmateriell og reservedeler
    b. Undervisningsmateriell
13. Gjennomføre tentative LCC-beregninger

Tabell 2.3 Aktiviteter under VFS nr. 2

VFS 2
Gjennomføres med bistand fra anbydere/tilbydere.
Tidsmessig gjennomføres VFS 2 i forbindelse med tilbudsevalueringen.

AKTIVITETER:

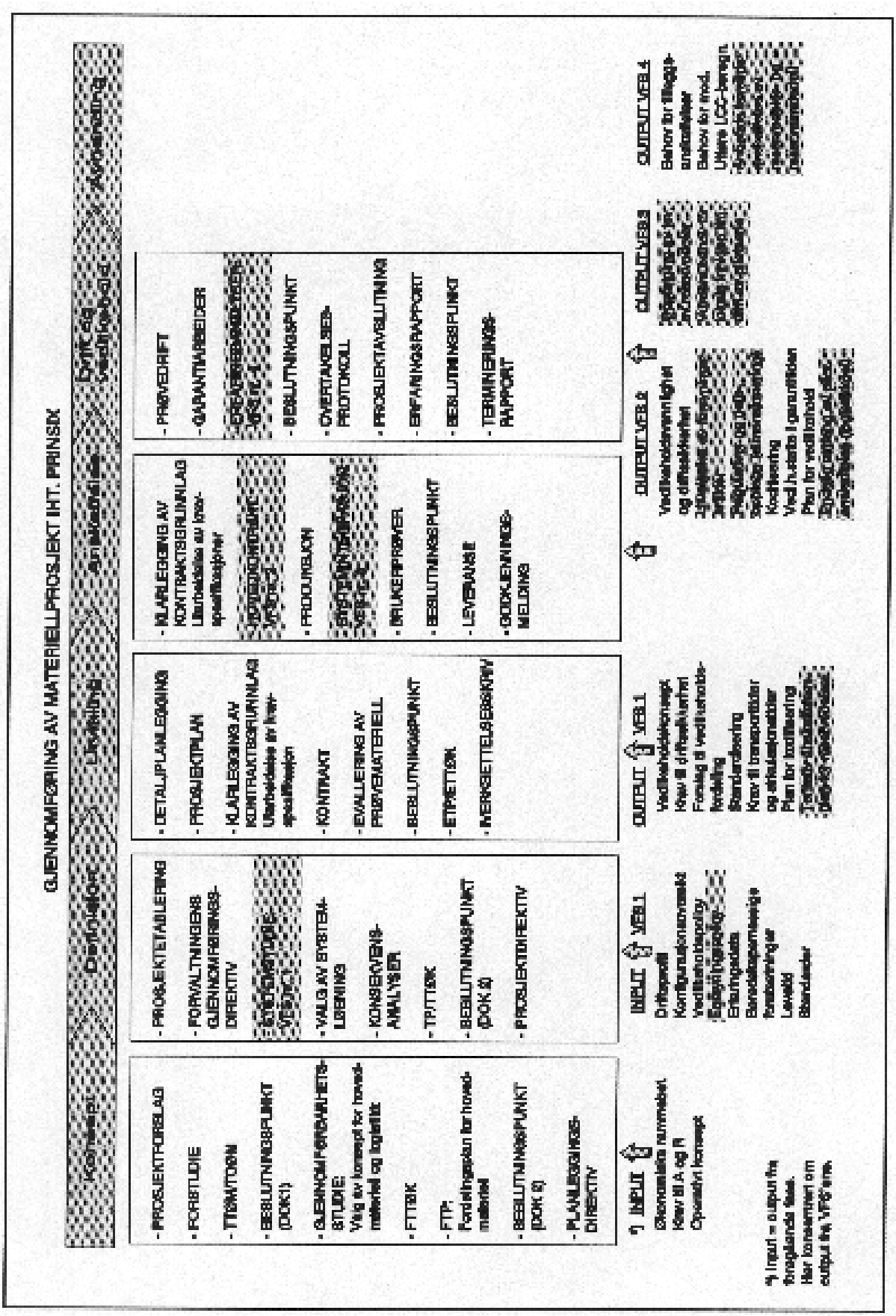
1. Følgende skal vektlegges:
   a. Vedlikeholdsvennlighet og driftssikkerhet
   b. Utvelgelse av forsyningsartikler
   c. Regulativer og deleopplegg (dimensjonering)
   d. Ettersynsforskrifter og seriedeler som skal skiftes i henhold til forskriftene
   e. 1. linjes verktøy
   f. 2.-5. linjes verktøy og instrumenter
   g. Spesialverktøy
   h. Tilleggsutrustning for installasjon i kjøretøy eller bygg og anlegg
   i. Dokumentasjon (type og leveringsplan)
   j. Undervisningsmateriell
   k. Kodifisering (hva skal utføres av leverandøren, til hvilken frist og pris)
   l. Forskrifter for materiellberedskapskontroll (MBK)
   m. Leverandørstøtte ved installasjon og idriftsetting
   n. Vedlikeholdsstøtte i garantitiden
   o. Plan for levering av materiell fra Forsvarets lagre (som skal inngå som komponent i materiellsystemet)
   p. Plan for vedlikehold av system og komponenter i systemet
   q. Fastlegge endelig omfang av pilotanskaffelse (logistikkdel)
   r. Fastlegge omfang av opsjoner
   s. Fastlegge miljøforhold
   t. Fastlegge endelig krav til merking, pakking, preservering og forsendelse
   u. Utføre LCC-beregninger på grunnlag av leverandørdata (opplysninger i anbud/tilbud)
2. Bistå ved forhandlinger om logistikkdelen og anbefale valg av leverandører
3. Justere logistikkplanen på grunnlag av forhandlet resultat

Tabell 2.4 Aktiviteter under VFS nr. 3

VFS 3
Tidsmessig gjennomføres VFS 3 i anskaffelsesfasen en tid etter at kontrakt er inngått.
AKTIVITETER: 1. Følge opp arbeidet med integrasjon i kjøretøy, evt. integrasjon i bygg og anlegg 2. Følge opp leveranser av reservedeler, verktøy, instrumenter og tilleggsutrustning 3. Kontrollere og godkjenne dokumentasjon 4. Følge opp arbeidet med kodifisering 5. Utarbeide retningslinjer for igangsetting 6. Vurdere behov for lokale innkjøp i forbindelse med drift av pilotserie

Tabell 2.5 Aktiviteter under VFS nr. 4

VFS 4
Tidsmessig gjennomføres VFS 4 etter at materiellet har vært i drift 2-3 år, men før prosjektavslutning.
AKTIVITETER: 1. Gjennomføre med vekt på: a. Vurdering av erfaringsdata b. Behov for tilleggsanskaffelser c. Behov for modifikasjoner d. Behov for tilleggsutdanning e. Behov for justering av dokumentasjon f. Behov for forlenget/utvidet vedlikeholdsavtale g. Utføre LCC-beregninger h. Anbefale levetidsanskaffelse av reservedeler- og reservemateriell



Figur 2.8 Gjennomføring av VFS'ene og input/output til disse

2.2.1.4 Forsyningspolicy

Generelt
Anskaffelse av reservedeler samtidig med hovedgjenstanden vil normalt være billigere enn anskaffelse på et senere tidspunkt, men ved å gjennomføre en tidlig anskaffelse risikerer man å kjøpe artikler som aldri kommer til anvendelse.
Unnlater man derimot å kjøpe reservedeler som det senere blir behov for, risikerer man både driftsavbrudd og prisøkning.

Det er neppe mulig å treffe den perfekte avgjørelsen om lagerføring av reservedeler, men man kan nå et langt stykke på vei ved stadig å forbedre grunnlaget for de beslutninger som treffes!

Alminnelige retningslinjer
Utvelgelse av reservedeler og fastsettelse av antall, som enten skal anskaffes initielt eller som senere behovskjøp, skal som hovedregel utføres av personell som har driftserfaring og er i stand til å innhente og vurdere nødvendige driftsdata.

Initielle reservedelsanskaffelser skal gjennomføres som en del av kontrakten på hovedmateriellet og finansieres over denne!

Utvelgelse av type reservedeler som skal lagerføres i forsyningssystemet skal som regel baseres på følgende forhold:
- behovet oppstår hyppig
- tidspunktet når behov oppstår er uforutsigbart
- reservedelen er lagringsdyktig
- driftsavbrudd på grunn av mangel på reservedeler er uakseptabelt (møter ikke kravet om operativ tilgjengelighet)
- delen er viktig for materiellets (systemets) funksjon
- delen er viktig for sikkerheten
- lang leveringstid
- usikker tilgang i krisesituasjoner
- gunstig pris
- usikkerhet med hensyn til leverandørens evne til å levere reservedeler over materiellets levetid
- det forventes ingen større modifikasjoner

Antall av hver artikkel skal fastsettes på grunnlag av en samlet vurdering av driftssikkerheten, artikkelens viktighet, forventet forbruk og pris.

Beslutning om ikke å anskaffe bestemte typer av reservedeler til det initielle opplegg, men heller vente til behov inntreffer, bør baseres på en vurdering av følgende momenter:
- behovet er usikkert
- prisen er høy i forhold til hovedgjenstanden
- reparasjon planlegges utført hos leverandøren (eventuelt hos annen myndighet som har sikker

tilgang på aktuelle reservedeler)

- reparasjon krever kostbart verktøy og testutstyr
- reparasjon krever at Forsvaret må opprettholde kompetanse på et spesielt og avgrenset område

Arbeidet med å velge ut og fastsette antall reservedeler skal gjennomføres etter bl.a følgende retningslinjer tilknyttet kodifiseringsarbeidet:

- Krav om anbefalt reservedelsliste, supplert med leverandørens priser. Listen skal settes opp og leveres slik at den uten videre kan behandles i forvaltningens EDB-verktøy. Tidsfrist skal angis i kontrakten.
- For å sikre forvaltningen et betryggende grunnlag for kodifisering, må det beskrives entydig i kontrakten hvilke data som skal leveres og når leveransen/tjenesten skal finne sted. Tidsfrister vil normalt være knyttet til følgende aktiviteter:
  - Tid for fremsending av anbefalt reservedelsliste - såkalt "Recommended Spare Parts List" (RSPL). Ved anskaffelse av ferdigutviklet materiell bør listen foreligge som en del av anbudet/tilbudet.
  - Tid og sted for møter med leverandøren vedrørende endelig utvelgelse av forsyningsartikler (Provision Conference). Tidspunktene koordineres med forvaltningens VFS og, etter behov, med FFMT og NBC i leverandørlandet.
  - Tid for fremsending av "liste over forsyningsartikler for kodifisering" (grunnlag for gransking av referansenummer og fabrikantkode).

Regulativopplegg - Initialopplegg

Forsvarssjefens direktiv for logistikk stiller krav til reservedelsforsyning med hensyn på:

- vedlikeholdsnivå
- krigsreserve og forsyningssikkerhet for krig
- behov for forsyninger til fredsvedlikehold som skal anskaffes, basert på lagerstyringstabeller, forventet tilgjengelighet og pris
- erfaringer fra 2-3 års drift, teknologisk utvikling, beredskapsmessige forhold og kostnader forbundet med kapitalbinding, lagring og administrasjon

2.2.1.5 Kravspesifikasjoner vedrørende driftssikkerhet og vedlikehold

Generelt

Kravspesifikasjonene skal legge vekt på forhold som angår levetidskostnadene (LCC). Tilbyderen skal derfor inkludere i sitt tilbud alle opplysninger som er nødvendige for å kalkulere drifts- og vedlikeholdskostnadene (LSC).

Forutsetninger

Miljø

Det skal være mulig å vedlikeholde materiellet i det miljø som er beskrevet under miljøkravene.

Materiellets levetid

Levetiden bør som regel settes til 20 år.

Driftsprofil

Driftsprofilen skal karakterisere bruken av materiellet under fredforhold og i beredskapssituasjoner.

Vedlikeholdsordning

Her beskrives hvilke vedlikeholdsordninger som kan bli aktuelle. Enten vedlikehold som helt og fullt baseres på Forsvarets egen organisasjon, eller en ordning hvor vedlikeholdet fordeles mellom Forsvaret og leverandøren.

Forsvarets vedlikeholdsorganisasjon

Under dette punktet skal man beskrive den vedlikeholdsorganisasjon som skal ta hånd om materiellet. Videre beskrives inndelingen i vedlikeholdsnivåer og hvilke vedlikeholdsfunksjoner som utføres på hvert nivå.

Transport- og sirkulasjonstider

For å kunne vurdere mulige vedlikeholdsløsninger skal det kreves at leverandøren gir forslag til et leverandørbasert vedlikehold, herunder organisering med hensyn til transport, reparasjonstider osv.
Leverandøren skal også beregne sirkulasjonstiden basert på at Forsvaret selv sørger for vedlikeholdet på alle nivåer, evt. at leverandøren får et begrenset vedlikeholdsansvar.
Grunnlaget for leverandørens beregninger skal være en modell som klart beskriver hvilke transport- og sirkulasjonstider som kan aksepteres.

Krav til driftssikkerhet

Krav til driftssikkerhet og garanterte data skal som regel være en del av kontrakten, og de skal kunne verifiseres. Følgende forhold skal vektlegges i forbindelse med kravet til driftssikkerhet:

Funksjonelle driftssikkerhetskrav

Her skal angis hvilken driftsforstyrrelse som kan aksepteres på systemet eller deler av dette.

Funksjonssikkerhet
Det skal angis hvor lenge de enkelte systemkomponenter skal være i drift uten at det er behov for tilsyn. Videre skal det kreves at leverandøren gir forpliktende opplysninger om hvor lenge de enkelte systemkomponentene skal være i drift før feil oppstår (MTBF).

Vedlikehold
Her angis kravet til middelreparasjonstid (MTTR) samt kravene vedrørende manuell og automatisk test på utstyr under drift.

Forsyning
Tilbyderen skal mot senere bestilling forplikte seg til å levere reservemateriell og reservedeler i materiellets levetid, evt. over et avtalt tidsrom.

Krav til vedlikehold
Avhjelpende vedlikehold (korrektivt vedlikehold) skal spesifiseres enten som maksimal tillatt reparasjonstid eller som MTTR. Kravet skal være tilstrekkelig spesifisert slik at det er kontrollerbart. Forebyggende vedlikehold skal spesifiseres som maksimale tidsintervaller for de nødvendige tiltak. F.eks som daglig ettersyn, periodisk ettersyn og teknisk ettersyn. Det dreier seg her om å få utarbeidet grunnlag for de vedlikeholdsforskrifter som skal utgis av forvaltningen.

Krav til vedlikeholdsutrustning
Tilbudet skal omfatte den spesialutrustningen som er nødvendig for å gjennomføre vedlikehold på materiellet. Det kan f.eks dreie seg om spesielle instrumenter, prøvebenker, adaptere og verktøy.

Krav til leveranse av reservemateriell
Anskaffelse av reservemateriell vil over tid utgjøre betydelige kostnader. Det er derfor meget viktig at man i forespørselen nøye redegjør for Forsvarets krav til den forestående anskaffelse.
De prinsipielle kravene kan være:

- At leverandøren ikke skal favorisere annen kunde foran Forsvaret i forbindelse med denne og senere leveranser.
- At leverandøren skal garantere fremtidige leveranser av erstatningsmateriell og reservedeler innenfor et bestemt tidsrom, regnet fra godkjent leveranse. her må man være realistisk ettersom tidskrav lett kan bli kostnadsdrivende.
- At Forsvaret betinger seg å anskaffe reservemateriell fra annen leverandør. En slik presisering kan være nødvendig i de tilfeller hvor norske underleverandører forutsettes å delta i prosjektet.

Grunnlaget for de detaljerte kravene utarbeides i forbindelse med vedlikeholds- og forsynings-studiene. Tilbyderen skal gi forslag til antall og type reservedeler, og hvordan disse skal fordeles på de forskjellige nivåene.

Spesielle krav til leverandøren
Hensynet til en betryggende materiellberedskap tilsier at forvaltningen bør legge stor vekt på å finne en leverandør som kan møte både kortsiktige og langsiktige krav. Det bør derfor ha betydning for

kontraktsforholdet at man får avdekket tilbydernes kompetanse og leveringsdyktighet.
Dette kan man best gjøre ved å gjennomføre vedlikeholds- og forsyningsstudie nr. 2 umiddelbart etter at man har mottatt tilbudene og deretter sørge for at eksperter på vedlikehold og forsyning deltar i forhandlingene. Dette vil sammen med de leverandørdata som FFMT innhenter, gi det beste grunnlaget for å bedømme om tilbyderen kan møte kravene til driftssikkerhet og vedlikehold.
Spesielle krav til leverandøren kan dreie seg om:

- Tidsplan for leveranse av varer og tjenester vedrørende driftssikkerhet og vedlikehold
- Leveranse av data nødvendig for beregning av levetidskostnader
- Deltakelse i vedlikeholds- og forsyningsstudier
- Bruk av reservedeler fra norsk leverandør, evt. reservedeler som allerede finnes i systemet
- Personellberedskap i forbindelse med store øvinger
- Forhold vedrørende sikkerhet

2.2.2 BAF

BAF - Bestemmelser vedrørende Anskaffelser til Forsvaret gjelder anskaffelser av teknisk materiell og ammunisjon, intendanturmateriell og proviant, og tjenester i forbindelse med dette.

Håndboken /33/ består av følgende 8 hovedkapitler:

Kap.1 Alminnelige bestemmelser om innkjøp og kontrahering
Kap.2 Anbudskjøp
Kap.3 Forhandlet kjøp
Kap.4 Direkte kjøp
Kap.5 Spesielle kjøp
Kap.6 Kjøpsvilkår
Kap.7 Kvalitetssikring
Kap.8 Kontraktsrevisjon

Det vil her kun bli trukket frem bestemmelser som er spesielt relevant i tilknytning til levetidskostnadsbetraktninger og provisioning. Disse er:

<u>Pkt. 1.510 Levetidskostnader</u>
Ved valg mellom leverandør eller hovedgjenstander skal det når det gjelder den prismessige sammenligning tas hensyn til levetidskostnadene, dvs en beregning av de totale kostnader forbundet med selve anskaffelsen og senere bruk (lagring, drift og vedlikehold) av materiellet inntil utrangering, herunder også kostnader til personellmessige og bygg- og anleggsmessige konsekvenser av anskaffelsen. Ved innhenting av anbud eller tilbud skal kreves medsendt de opplysninger som er nødvendige for dette formål.

<u>Pkt. 3.204 Spesielle vilkår i forespørselen</u>
.
.
b) Avhengig av leveransens art og omfang, medtas i forespørselen opplysninger og/eller bestemmelser om følgende forhold:

.
.
- *krav om forslag til reservedelsopplegg*
- *krav til tilbyderen om å opplyse hvorvidt han akter å bruke fabrikk-overhalte deler og komponenter*
- *levetidskostnadsanalyser (drift, pålitelighet, vedlikehold mv) som vil bli vurdert i sammenheng med tilbudet (se pkt. 1.510)*

.
.

Pkt. 6.211 Reservedeler

.
.

d) *Ved innkjøp av hovedgjenstand bør kontrakten inneholde vilkår som sikrer at reservedeler er tilgjengelige i et lengst mulig tidsrom av hovedgjenstandens levetid. Et slikt vilkår bør ikke hindre Forsvarets adgang til om mulig på basis av konkurranse å anskaffe reservedeler. Kontrakt for hovedgjenstand skal så vidt mulig omfatte leveranse av reservedeler, enten ved at reservedelene er en del av leveransen eller at opsjon medtas. Det er viktig at priser for reservedelene fastsettes i forbindelse med kontraktinngåelse.*

e) *Dersom det ikke allerede ved tilbud/anbud foreligger forslag til reservedelsopplegg, skal leverandøren snarest gi forslag til reservedelsliste (se pkt. 2.205 og 3.204) selv om man i første omgang bare anskaffer selve hovedgjenstanden. Dette skal man gjøre for bedre å kunne vurdere den økonomiske og vedlikeholdsmessige konsekvens av anskaffelsen og for å innhente kodifiseringsgrunnlag for materiellet.*

.
.

Pkt. 6.213 Kodifisering

a) *Forsvaret har inngått forpliktende avtale med øvrige NATO-land om regelverk for identifisering av forsyningsartikler. Hensikten er å gi forsyningsartikler et entydig NATO-katalognummer etter NATOs kodifiseringssystem slik at Forsvaret kan utøve en effektiv materiellforvaltning av sine ressurser.*

b) *I forbindelse med innhenting av anbud eller tilbud skal derfor anbudsinnbydelsen eller forespørselen inneholde hvilke krav som Forsvaret setter til identifisering av materiell. Avhengig av omfanget på anskaffelsen skal man innhente opplysninger for å forberede innføring av nytt materiell. Anbyder/tilbyder skal i den utstrekning det er mulig og nødvendig besvare de spørsmål som er listet i vedlegg C.*

c) *Ved førstegangsanskaffelse av materiell skal det forlanges av anbyder eller tilbyder at han gir tekniske data som er nødvendige for etablering av forsyningsartikler i Forsvaret. Dette er fastsatt som kodifiseringsvilkår i blankett 5004 som skal vedlegges bestilling eller kontrakt. Denne blankett er i samsvar med NATO kodifiseringsvilkår, Annex til STANAG 4177, som skal brukes i kontrakter med utenlandske leverandører. (Se vedlegg A, blankett 5054).*

.
.

BAF er forholdsvis greit oppbygd og lett å sette seg inn i, men henviser samtidig i stor utstrekning til annen dokumentasjon. Vedrørende reservedeler/provisioning så er dette kun nevnt generelt og gitt overordnete krav/bestemmelser til dette. Provisioning utdypes i betydelig grad i PRINSIX.

2.2.3 MIL-STD-1388

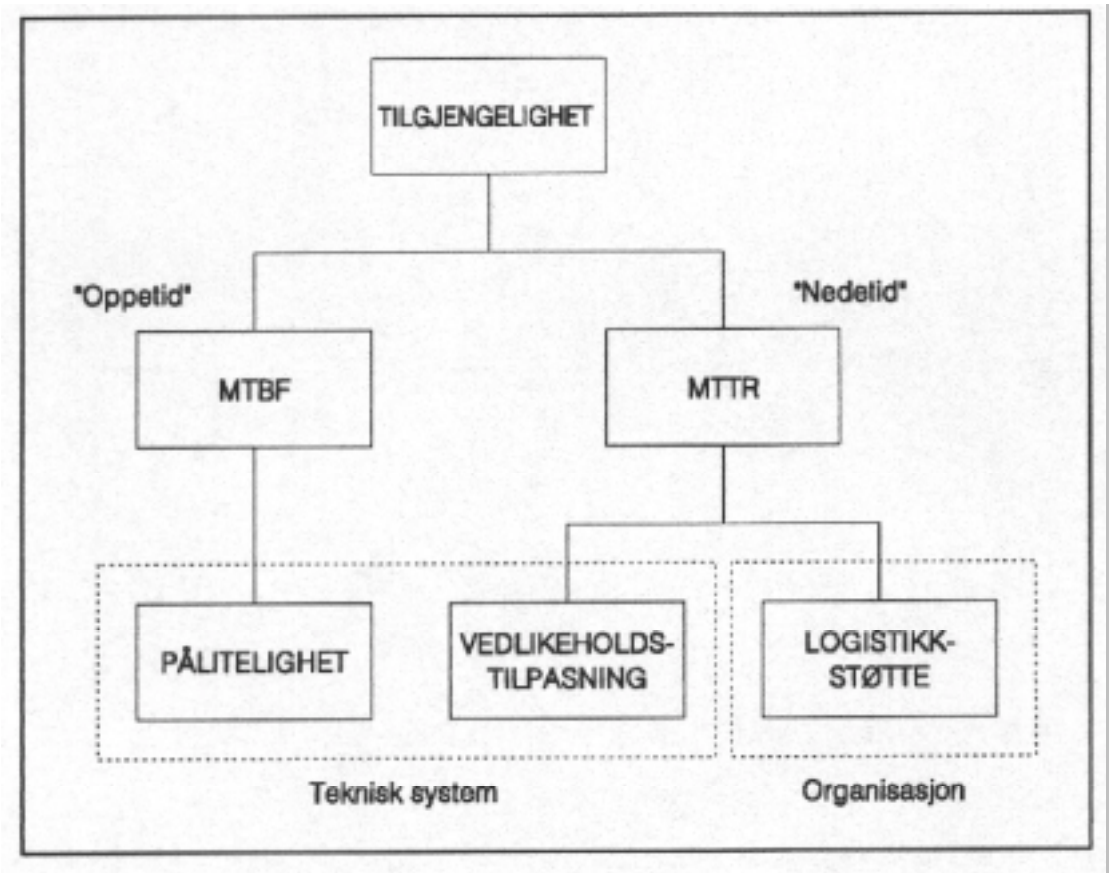
Se forøvrig nærmere beskrivelse i kapittel 4.7.1.

I følge Zwissler & Toole /34/ så baserer det amerikanske forsvaret seg på følgende standarder/-retningslinjer vedrørende logistikk og engineering analyser:

MIL-STD-785B	"Reliability Program for Systems and Equipment"
MIL-STD-470A	"Maintainability Program Requirement for Systems and Equipment"
MIL-STD-1388-1A	"Logistics Support Analysis", /35/

Stikkordene er altså pålitelighet, vedlikeholdsvennlighet (vedlikeholdstilpasning) og logistikkstøtte.

Figur 2.9 illustrerer sammenhengen mellom disse 3 begrepene.



Figur 2.9 Sammenhengen mellom pålitelighet, vedlikeholdsvennlighet og logistikkstøtte

Høy driftssikkerhet (tilgjengelighet) oppnås enten ved at det går lang tid mellom hver gang systemet feiler (MTBF-Mean Time Between Failure) noe som igjen styres av systemets pålitelighet, eller ved at når systemet feiler så tar det kort tid å reparere det (MTTR-Mean Time To Repair) som påvirkes av vedlikeholdstilpasningen (hvor enkelt systemet lar seg reparere) og logistikkstøtten (hvor god organisasjonen er til å utføre reparasjon).

Påliteligheten og vedlikeholdstilpasningen påvirkes av designet, mens logistikkstøtten er knyttet til organisasjonen.

Logistikkstøtten "logistics support" er et innarbeidet begrep i tilknytning til det militære, men et forholdsvis lite benyttet begrep sivilt. En tilsvarende "sivil" figur som figur 2.9 benytter begrepet vedlikeholdsstøtte ("maintenance support") istedetfor logistikkstøtte, ellers er figuren identisk.
Betydningen av begrepene vil være lik, og logistikkstøtte skal sørge for å opprettholde høy driftssikkerhet på materiellet gjennom redusert nedetid gitt behov for vedlikehold/reparasjon. Logistikkorganisasjonen skal være riktig dimensjonert for å møte kravene til driftssikkerhet (effektivitet), noe som blir en trade-off i forhold til påliteligheten og vedlikeholdsvennligheten til systemet.
Det er derfor essensielt å se disse i sammenheng. (Tradisjonelt har ikke dette blitt gjort fordi det har vært mangelfull kommunikasjon mellom logistikk- og engineeringfunksjonene.)

Logistikkprogram i tilknytning til anskaffelsesprosjekt er i det amerikanske forsvaret vanligvis strukturert slik at det overenstemmer med planleggings- og analyse rammeverket som gis i:

MIL-STD-1388-1	"Logistics Support Analysis" (LSA), og
MIL-STD-1388-2	"DoD requirements for a Logistics Support Analysis Record" (LSAR), /36/

Disse er utarbeidet for å imøtekomme DoD's direktiv 5000.39 "Aquisition and management of Integrated Logistics Support for Systems and Equipment".

Hovedfunksjonen (logistikk-funksjonen) som ivaretas i MIL-STD-1388 er:

- Repair Level Analysis (RLA) (Reparasjonsnivå-analyse)
- Provisioning (Førstegangs reservedelsanskaffelse)
- Maintenance Task Analysis (Vedlikeholds oppgaveanalyse)

Øvrige logistikkfunksjoner er:

- Reliability Centered Maintenance (RCM)(Pålitelighetsstyrt vedlikehold)
- Life Cycle Cost Analysis (LCC) (Levetidskostnadsanalyse)

Det er som nevnt viktig at disse logistikkfunksjonene ses i sammenheng med og utføres parallelt med de aktivitetene som er knyttet til pålitelighet og vedlikeholdsvennlighet og som dekkes av følgende engineering-funksjoner:

- Operational Effectiveness Modeling (Availability)
- R&M Allocation & Prediction
- Failure Modes, Effects & Criticality Analysis (FMECA)
- Support Equipment Requirements

- Preliminary & Final Design

Oppsummering

I dette kapitlet er alle "rammefaktorene" som påvirker provisioningen i Forsvaret beskrevet. Hvordan beregning av et optimalt førstegangs reservedelsopplegg håndteres i et gitt materiell-anskaffelsesprosjekt er ikke uavhengig av den organisasjon som skal gjennomføre det, men tvertimot i svært stor grad påvirket av den aktuelle organisasjonen.

Dette gjelder både måten den aktuelle organisasjonen gjennomfører anskaffelsesprosjekter på (prosjektstyring og prosjektorganisering) for en gitt driftsorganisasjon som igjen understøttes av en gitt vedlikeholds- og forsyningsorganisasjon (logistikkorganisasjon), og hvilke rammer den jobber innenfor (bl.a styrende dokumentasjon).

Dette danner basiskunnskap for videreutvikling av håndteringen av provisioning, bl.a for hvordan gode estimater for inngangsdata til et optimaliseringsverktøy for beregning av reservedeler fremskaffes, som beskrevet i kapittel 6.

Konklusjon

PRINSIX-håndboken (del 2) beskriver hvordan prosjekter i Forsvaret skal organiseres og styres, og inneholder en god del retningslinjer for hvordan driftsmessig tilrettelegging og VFS'ene (vedlikeholds- og forsyningsstudiene) skal gjennomføres. Håndboken er forholdsvis godt strukturert og har en tiltalende layout som gjør at den er lettlest. Den oppfattes nok noe "ideell" ved at det i stor grad er gitt retningslinjer uten tilhørende prosedyrer for hvordan punktene kan utføres.

CM/LCC-prosjektet skal utvikle prosedyrer for bl.a håndtering av provisioning, og dette skal gjøres med CALS-innhold og være forankret i PRINSIX. CM/LCC-prosjektet vil dermed kunne tilføre PRINSIX den nødvendige beskrivelse for hvordan f.eks punktene under VFS'ene skal gjennomføres, dvs prosedyrer i tillegg til bare retningslinjer. Det vil derfor også bli behov for å justere PRINSIX noe på basis av resultatene fra CM/LCC. Bl.a annet viste også erfaringer fra SPV-prosjektet at endel av punktene under VFS'ene var vanskelig å tolke, samt at timingen av VFS'ene ift. totalprosjektet ikke var helt riktig.

PRINSIX er et godt utgangspunkt, men også den pågående omorganiseringen i Hæren vil påvirke håndteringen av provisioningen, og kanskje også medføre korrigeringer i PRINSIX.

3 MATERIALADMINISTRASJONSSTUDIEN (For-Ma)

3.1 Innledning

Denne studien /37/ er bakgrunnen for at dette prosjektet i PS2000-regi ble startet. Den danner også utgangspunktet for det arbeidet som er gjort i dette prosjektet som bygger videre på anbefalingene i For-Ma studien. Det er derfor viktig at denne blir nokså grundig behandlet her.

Førstegangsopplegget er som tidligere nevnt 1 av 10 områder med potensiale for kostnads-besparelser som er behandlet i For-Ma studien.

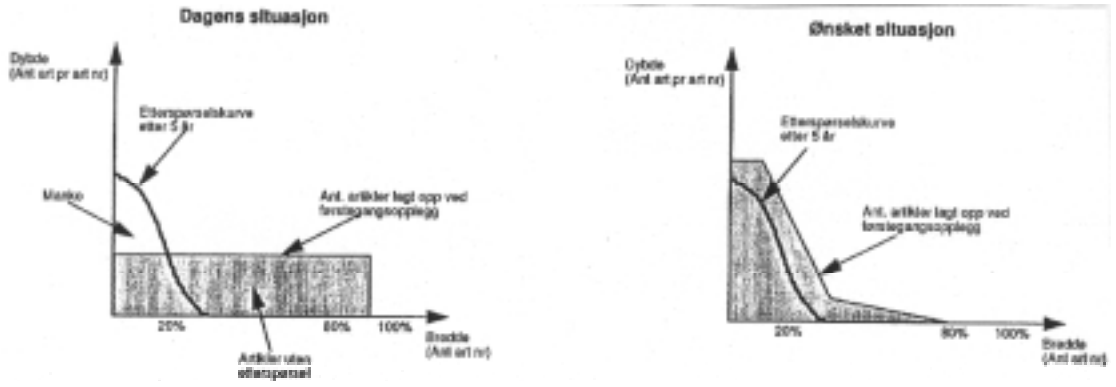
Innenfor førstegangsopplegg har man fokusert på 5 hovedområder hvor det eksisterer "store hindringer for effektiv provisioning". Disse er:

- Risiko og pålitelighetsanalyser (ref. kap. 3.2)
- Grunnlagsdata (ref. kap. 3.3)
- Policy (ref. kap. 3.4)
- Ressurser og kompetanse (ref. kap. 3.5)
- Kontrakter (ref. kap. 3.6)

Førstegangsopplegget er beskrevet (gitt retningslinjer for) i PRINSIX under avsnittet om vedlikeholds- og forsyningsstudie. Provisioning/vedlikeholds- og forsyningsstudie er i følge PRINSIX definert som en organisert og systematisk analyse av et materiellsystems vedlike-holdsegenskaper og de behov som er knyttet til vedlikehold og forsyning av systemet.

Begrepet "provisioning" er i For-Ma studien begrenset til å betegne den prosess som fører frem til etablering av et førstegangsopplegg for reservedeler.

Problemet idag er at det er en tendens til overkjøp av dyre deler, og anskaffelse i bredde fremfor dybde (se figur 3.1).



Figur 3.1 Tendens til anskaffelse i bredde istedetfor dybde

Dette resulterer i et det raskt oppstår manko, mens store deler av opplegget, såvel verdi som bredde,

blir liggende uten etterspørsel/dødt. Hvor mye som skal ligge dødt (beredskap) er i liten grad spesifisert.

Innsparingspotensiale

Det investeres årlig for ca. 6 mrd NOK i materiell, og denne skal ihht. langtidsmeldingen økes til over 7 mrd NOK. Initiell logistikk belastes prosjektene og utgjør i henhold til direktivene ca. 10%. Av dette beløpet utgjør reservedeler ca. 5%, dvs. 300 mill. NOK (1992). Dette skal dekke initiell drift 2-3 år, samt krigsreserve.

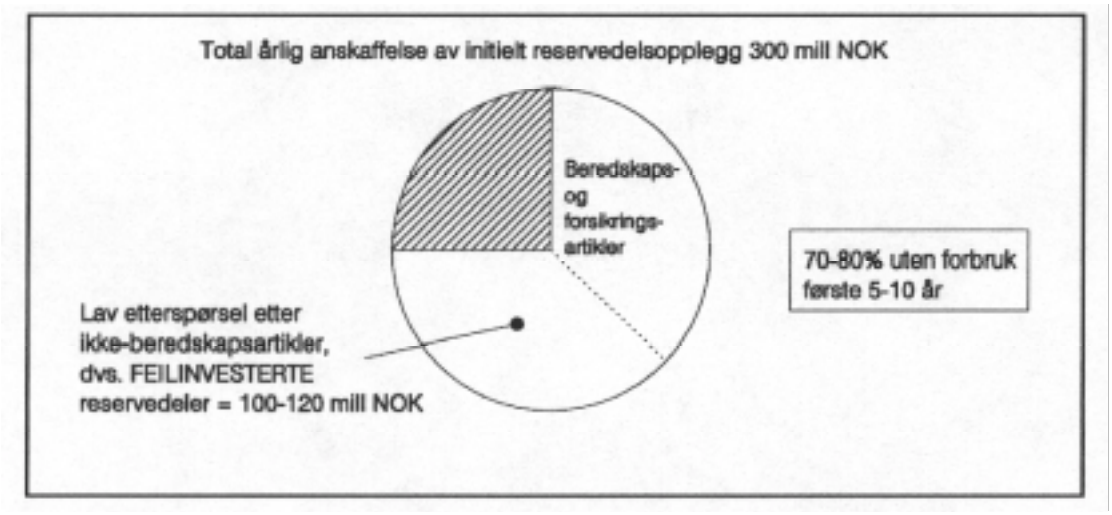
Estimerte potensialer forbundet med en mer optimal provisioning kan deles i fire kategorier:

Tabell 3.1 Innsparingspotensiale vedrørende provisioning

Nr	Kategori	Potensial
1	Investeringsmidler knyttet til feil provisioning	100-120 mill.
2	Lagerkostnader knyttet til dødt materiell	10-16 mill.
3	Kostnader ved manko og restordre	Ikke spesifisert
4	Ikke-kvantifiserbare potensialer	Ikke spesifisert
	SUM	110-136 mill.

1. Investeringsmidler knyttet til feil provisioning

Av de initielt anskaffede reservedelene (ca. 300 mill. årlig) er det ca. 70-80% som ikke har forbruk i løpet av de 5-10 første årene. Det er rimelig å anta at ca. halvparten av disse artiklene er beredskap og forsikringsartikler. De resterende 30-40% er materiell der sannsynligheten for etterspørsel er meget lav. Disse feilinvesterte reservedelene er estimert til en verdi av ca. 100-120 mill. kr pr år. Dette er illustrert i figur 3.2 nedenfor.



Figur 3.2 Omfang av feilinvesterte reservedeler (førstegangsopplegg)

2. Lagerkostnad knyttet til dødt materiell
Lagerkostnaden er beregnet til 2% pr år på feilinvestert/dødt materiell som et potensiale, selv om deler av dette materiellet vil bli erstattet av materiell med etterspørsel og dermed oppta lagerplass. Denne besparelsen kan regnes pr år inntil materiellet blir klassifisert som ukurant, og modent for utfasing (5-8 år), hvilket utgjør 10-16 mill. i driftsmidler.

3. Kostnader ved manko og restordre
Kostnader knyttet til manko og restordre av reservedeler utgjør en mindre del av potensialet. Undersøkelser fra LFK tyder også på at manko på reservedeler og restordre er et mindre problem, da kun 3% av den tiden hovedmateriellet ikke var operativt skyldtes mangel på reservedeler.

4. Ikke-kvantifiserbare potensialer
En optimal provisioning vil kunne gi følgende ikke-kvantifiserbare potensialer:
- Overføring til drift vil bli mindre belastende. Unngår kostbare kjøp for driftsmidler, samt at driftspersonell ikke belastes med å rette opp feilslått provisioning.
- Kvalitativt og kvantitativt bedre og raskere prosjektgjennomføring
- Lettere å få aksept for nye prosjekter og behov for driftsmidler
- Mer systematisk utvikling og overføring av kompetanse (organisasjonen lærer)
- Pålitelighetsmål gjør det mulig å analysere rasjonelt logistiske konsekvenser ved endringer av organisasjon/organisasjonskonsept og/eller endring av kapitaltilgang
- Bedre kontroll og utnyttelse av leverandørmarkedet

PS2000-kommentar:

> På tross av Forsvarets spesielle behov knyttet til beredskapslager/beredskapsmateriell, så er nok problemstillingen vedrørende provisioning og problemene/dagens situasjon gjenkjennelig også hos andre forvaltninger og bedrifter, f.eks i olje-selskapene.

3.2 Risiko og pålitelighetsanalyser

Erfaringer viser at materiell lagt opp ved førstegangsopplegg ikke har vært optimalt. Det har oppstått manko og mangler samtidig som det er et stort antall artikler som det ikke har vært etterspørsel etter. Dette har sammenheng med at risiko og pålitelighetsanalyser i meget varierende grad blir gjennomført. En undersøkelse gjennomført av HFK viser at de nødvendige LCC-funksjoner ikke er ivaretatt i tilstrekkelig grad. Grunnlaget for et optimalt førstegangsopplegg er derfor ikke til stede.

For-Ma konklusjon:

- En tilfredsstillende provisioning krever at det utføres pålitelighetsberegninger og LCC analyser for å fastsette det riktige og mest optimale reservedelsopplegget.

Mulige løsninger og tiltak er:
- Utvikle rutiner og dataverktøy for å optimalisere førstegangsopplegget
- Utarbeide standardiserte dokumentasjonskrav til leverandør knyttet til LCC beregninger
- Bygge opp kompetansen og etablere spesialistsentra for Forsvaret som helhet

Kritiske suksessfaktorer er:
- De rutiner og verktøy som tas frem må kunne benyttes på prosjekter av forskjellig omfang og kompleksitet innen Forsvarets ulike forvaltninger
- De rutiner og verktøy som tas frem må være enkle å benytte og må kunne brukes under hele materiellets livssyklus
- De rutiner og verktøy som tas frem må kunne benyttes for å belyse ulike logistiske problemstillinger under hele materiellets livssyklus
- De tiltak som iverksettes bør i størst mulig grad sees i sammenheng med det pågående CM/LCC prosjektet i HFK

PS2000 kommentarer:

K1 Dataverktøy for å optimalisere førstegangsopplegget er valgt - OPUS10.

K2 Med hensyn til behov for reservedeler har dokumentasjonskrav i kontrakter blitt overstyrt av politiske forhold som bl.a gjenkjøpsavtaler.

K3 Rutinene og verktøyene skal kunne benyttes til prosjekter av ulik omfang. Dette er det samme som med bruken av PRINSIX, og må nok også fastsettes av det enkelte prosjekt (hva som er behovet for det enkelte prosjekt).

K4 Henvisningen om å kople dette opp mot CM/LCC-prosjektet er bakgrunnen for at kontaktpunktet til PS2000 inn mot Forsvaret nettopp er CM/LCC-prosjektet i HFK.

3.3 Grunnlagsdata

Konfigurasjonsstyring og klassifisering som etablerer datagrunnlag for effektiv logistikk, er en forutsetning for et vellykket initielt reservedelsopplegg. En undersøkelse gjennomført av HFK viser at de nødvendige CM-funksjoner ikke er ivaretatt i tilstrekkelig grad.

For-Ma konklusjon:

- Mangelfull konfigurasjonsstyring vanskeliggjør etablering av et velfundamentert initielt reservedelsopplegg.

Mulige løsninger og tiltak er:

- Etablere rutiner for initiell klassifisering av materiell i flere grupper som f.eks beredskap-smateriell, forsikringsmateriell, forsyningsmateriell og behovsmateriell
- Identifisere de komponenter som gir størst utslag for systemets pålitelighet/rangere komponenter etter sannsynligheten for at disse blir årsak til systemsvikt
- Utvikle rutiner og dataverktøy som sikrer en tilfredsstillende konfigurasjonsstyring av materiellet under prosjektet og senere i driftsfasen
- Utarbeide standardiserte krav til leverandør om å utvikle en konfigurasjonsstyringsplan og konfigurasjonsstyre materiellet under utviklingsfasen
- Bygge opp kompetansen og etablere spesialistsentra innen konfigurasjonsstyring for Forsvaret som helhet

PS2000-kommentarer:

K1 PS2000 vil i første rekke fokusere på de forhold vedrørende provisioning som er knyttet til LCC-delen av CM/LCC-prosjektet, og i begrenset grad se på forhold som vedrører konfigurasjonsstyring. Et unntak vil være initiell klassifisering i ulike typer materiell/reservedeler. (Se kap. 4.4.10 for nærmere drøfting av dette.)

K2 Identifisering av komponenter som gir størst utslag for systemets pålitelighet gjennom kritikalitetsvurderinger/kritikalitetsmål (f.eks Birnbaum) bør være et krav som inngår i kontraktene, og som også er et grunnlag for å bedømme behovet for initielle reservedeler.

3.4 Logistikkpolicy

Det er en rekke forhold knyttet til policy som hindrer effektiv provisioning. Eksempler på slike forhold er:

- Antagelse om at dyre deler ikke kan/bør anskaffes for driftsmidler
- Materiell disponeres ikke som først fastsatt, eller disponering ikke er fastsatt
- Logistikkpolicy endres etter at materiellet er tatt i bruk
- Logistikkpolicy er ikke fastsatt når provisioning gjennomføres
- Prosjekter har fastsatt egen policy med svak relasjon til eksisterende logistikksystem
- Krav til operativitet er ikke avstemt mot beredskapskrav

For-Ma konklusjon:

- Førstegangsopplegget av reservedeler må utføres innenfor rammene gitt i gjeldende logistikkpolicy

Mulige løsninger og tiltak er:

- Økt fokus på logistikkfunksjonen i materiellprosjekter
- Utarbeide en overordnet logistikkpolicy for den enkelte forvaltning som alle prosjekter skal forholde seg til ved utarbeidelse av den respektive policy. Den overordnede logistikkpolicy bør inneholde momenter som standardisering av design, materiell, utstyr, metoder, prosesser og andre rammebetingelser
- Den initielle provisioning bør være minst mulig, slik at erfaringsdata kan etableres før hovedprovisioningen iverksettes
- Vurdere krav til operativitet sett i forhold til beredskap
- Økt bruk av erfaringsdata fra andre land og bransjer. Knytte til seg eksisterende erfaringsdatabaser
- Sikre en bedre integrering mellom prosjekt og driftsfasen

Kritiske suksessfaktorer er:

- Tilstrekkelige personellressurser, kompetanse og styringsverktøy/IT til logistikkfunksjonen i materiellprosjekt og senere til bruk i de berørte instanser

PS2000 kommentarer:

K1 Antagelse om at dyre deler ikke kan/bør anskaffes for driftsmidler hindrer optimal provisioning. Det fører til at dyre komponenter med svært lav sannsynlighet for forbruk blir liggende på lager (bredde istedetfor dybde). På den andre siden så er det klart at i mange tilfeller vil slike deler (f.eks rammer til kjøretøy) være vesentlig rimeligere i anskaffelse dersom dette skjer samtidig som hovedmateriellet produseres (montering av jigger etc.). Dessuten er det ikke rom for å ta slike anskaffelser over driftsbudsjettene dersom ikke materiell med reservedelskostnader i tilsvarende omfang samtidig fases ut.

K2 En endring i disponering eller en utsettelse i beslutningen om disponeringen av hovedmateriellet vil være svært kostbar, fordi det da ikke er mulig å foreta en optimal provisioning. Dette er et prosjektstyringsproblem som det kan fokuseres på ved å fremlegge kostnadene for slik mangelfull fastsettelse av rammebetingelser for effektiv provisioning.

K3 For endring i logistikkpolicy gjelder samme kommentar som for endring i disponeringen (se K2).

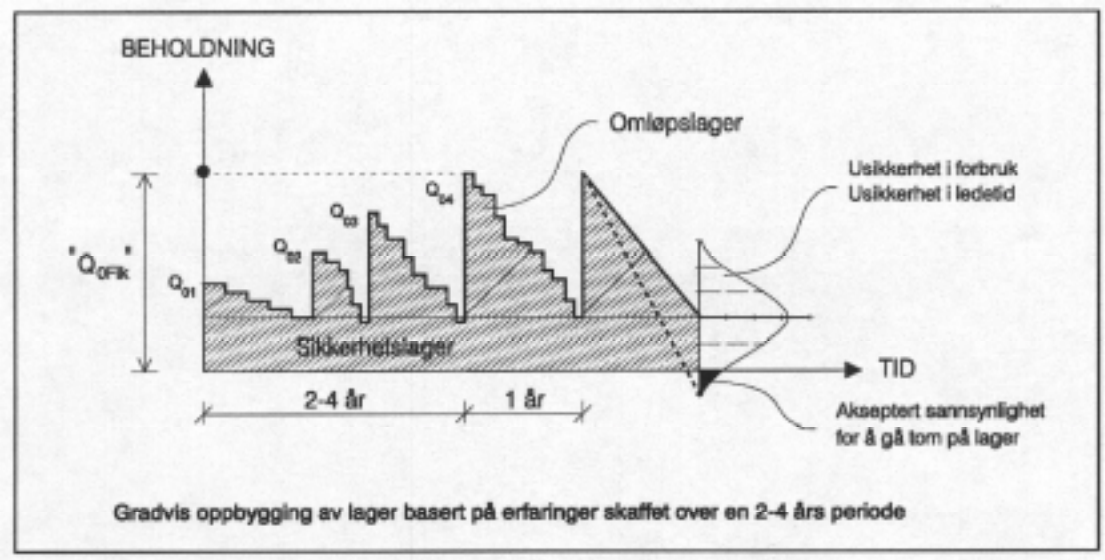
For den mere overordnede logistikkpolicy (for hver forvaltning) som igjen må bygge på direktivene er det viktig at denne utarbeides/oppdateres bl.a med hensyn til endel prinsipielle anbefalinger fra For-Ma studien (muligheten for å "låne" fra beredskaps-lageret, krav til tilgjengelighet av materiell i fredstid, initiell provisioning "posjonsvis" over flere år etc.).

K4 Eksempel på anbefaling til forvaltningens logistikkpolicy er at den initielle provisioningen er minst mulig, slik at erfaringsdata kan etableres før hovedprovisioningen iverksettes. Dette er illustrert i figur 3.3, og er svært fornuftig fordi det kan betraktes som et konsekvensreduserende tiltak for feilestimert behov for reservedeler.

K5 Aktiv medvirkning fra driftspersonell ifm. vedlikeholds- og forsyningsstudiene og derigjennom også beregningene av førstegangsopplegget er svært viktig og bidrar til en bedre integrering mellom prosjekt og driftsfasen. (Ref. også kap. 3.5).

3.5 Ressurser og kompetanse

Erfaringer viser:
- Ressurser til logistikkaktiviteter og provisioning er nedprioritert (tid, personell, hjelpemidler)
- Lav bemanning av prosjektene
- Kompetansen varierer fra prosjekt til prosjekt og er individavhengig. Generelt lav kompetanse
- Hyppige rulleringer blant Forsvarets personell medfører at kompetansen er ustabil
- Lite kompetanseoverføring mellom prosjekter. Nye personer på hvert prosjekt
- Mangelfull overføring av kompetanse mellom prosjekt og drift



Figur 3.3 Gradvis oppbygging av initielt førstegangsopplegg

For-Ma konklusjon:

- Kompetanse innen logistikk/materialadministrasjon er en forutsetning for å kunne gjennomføre et optimalt førstegangsopplegg. Videre må ressursene knyttet til logistikkstudier prioriteres på lik linje med selve anskaffelsen av materiellet.

Mulige løsninger og tiltak er:
- Logistikk bør kjøres som egne delprosjekter parallelt med selve materiellanskaffelsen
- Sikre at tilstrekkelige ressurser blir avsatt til logistikkstudier
- Øke kompetansen innen logistikk og spesielt innen initielt førstegangsopplegg
- Etablere rutiner som sikrer kompetanseoppbygging og kompetanseoverføring fra prosjekt til drift
- Etablere rutiner som sikrer kompetanseoppbygging og overføring mellom prosjektene

Kritisk suksessfaktor er:

- Evne og vilje til å etablere kompetanseprofil og kompetansekart over Forsvarets personell for å dekke Forsvarets behov

PS2000 kommentarer:

K1 Avsetting av tilstrekkelige ressurser til logistikkstudier må skje gjennom retningslinjer/krav til hvor mye ressurser som kreves i forhold til størrelsen på prosjektet (dette kan selvsagt også variere avhengig av type prosjekt).

K2 Kompetansen er veldig individavhengig som bl.a skyldes hyppige rulleringer, men aller mest svikt i kompetanseoverføring fra pågående prosjekt til nye prosjekt. Det enkelte prosjekt har "nok med seg selv" og ser ikke nødvendigheten av å overføre erfaringene til nye prosjekt. Det er svært vanskelig å komme i inngrep med et pågående prosjekt for å trekke ut erfaringer/informasjon fra dette til bruk for anskaffelsesprosjekt generelt.

K3 Kompetanseoverføring fra prosjekt til drift skjer best ved at driftspersonell inngår så tidlig som mulig i prosjektgruppen, spesielt i tilknytning til vedlikeholds- og forsyningsstudiene.

K4 Økt kompetanse innen initielt førstegangsopplegg er forhåpentligvis denne rapporten med å bidrar til.

3.6 Kontrakter

Logistikk er kun omtalt på et overordnet nivå i kontrakter. Det er vanskelig å definere kriterier som kan utløse erstatning fra leverandør og samtidig lar seg følge opp/dokumenteres i driftssituasjonen.

For-Ma konklusjon:

- Driften av hovedmateriellet som helhet kan rasjonaliseres ved å spesifisere krav til logistikk i kontrakten. Kontrakten med leverandør påvirker hvor mye materiell som bør legges opp initielt, og setter rammebetingelser for etterforsyning av res.deler.

Mulige løsninger og tiltak er:

- Vurdere muligheten for økt juridisk kompetanse i kontraktsforhandlinger
- Etablere juridiske kompetansesentre som kan gi bistand under kontraktsforhandlingene
- Utvikle rutiner og retningslinjer for kontraktsinngåelse som omfatter bl.a:
  - Logistikk/materialadministrasjon (etterforsyning av materiell, mm)
  - Muligheten for bruk av alternative leverandører ved etterforsyning
  - Krav til teknisk dokumentasjon, underlagstegninger og eierforhold
  - Garantier ang. etterforsyning og vedlikehold som er praktisk mulig å følge opp
  - Refusjon ved signifikant avvik mellom leverandørs anbefaling og reelt forbruk
- Leverandørsamarbeid mht. lagring av reservedeler, spesielt før driftserfaring er etablert
- Etablere styringssystemer som muliggjør effektiv driftsoppfølging

PS2000 kommentarer:

K1 Rene kontraktsmessige forhold ved provisioningen vil ikke være hovedfokus for PS2000.

K2 Rutiner og retningslinjer for kontraktsinngåelse bør kunne inngå i f.eks BAF.

K3 Det er nokså vanlig at leverandør sitter med reservedelslager i garantitiden, men at kunden kjøper opp dette eller deler av dette etter garantitiden basert på driftserfaringen som er vunnet i denne tiden.

Oppsummering av anbefalinger

A1. Identifisering av komponenter som gir størst utslag for systemets pålitelighet gjennom kritikalitetsvurderinger/kritikalitetsmål (f.eks Birnbaum) bør være et krav som inngår i kontraktene, og som også er et grunnlag for å bedømme behovet for initielle reservedeler.

A2. En endring i disponering eller en utsettelse i beslutningen om disponeringen av hovedmateriellet vil være svært kostbar, fordi det da ikke er mulig å foreta en optimal provisioning. Dette er et prosjektstyringsproblem som det kan fokuseres på ved å fremlegge kostnadene for slik mangelfull fastsettelse av rammebetingelser for effektiv provisioning.

A3. For endring i logistikkpolicy gjelder samme kommentar som for endring i disponeringen. For den mere overordnede logistikkpolicy (for hver forvaltning) som igjen må bygge på direktivene er det viktig at denne utarbeides/oppdateres bl.a med hensyn til endel prinsipielle anbefalinger fra For-Ma studien (muligheten for å "låne" fra beredskapslageret, krav til tilgjengelighet av materiell i fredstid, initiell provisioning "posjonsvis" over flere år etc.).

A4. Avsetting av tilstrekkelige ressurser til logistikkstudier må skje gjennom retningslinjer/krav til hvor mye ressurser som kreves i forhold til størrelsen på prosjektet (dette kan selvsagt også variere avhengig av type prosjekt).

A5. Kompetansen er veldig individavhengig som bl.a skyldes hyppige rulleringer, men aller mest svikt i kompetanseoverføring fra pågående prosjekt til nye prosjekt. Det enkelte prosjekt har "nok med seg selv" og ser ikke nødvendigheten av å overføre erfaringene til nye prosjekt. Det er svært vanskelig å komme i inngrep med et pågående prosjekt for å trekke ut erfaringer/informasjon fra dette til bruk for anskaffelsesprosjekt generelt.

A6. Kompetanseoverføring fra prosjekt til drift skjer best ved at driftspersonell inngår så tidlig som mulig i prosjektgruppen, spesielt i tilknytning til vedlikeholds- og forsyningsstudiene.

4 TEORETISK GRUNNLAG

Dette kapitlet er et basis-kapittel som beskriver teorien omkring LCC og reservedeler. Beregning av et optimalt førstegangs reservedelsopplegg gjøres på grunnlag av kostnadsbetraktninger (levetidskostnader) og den nytte systemet/materiellet representerer, gitt ved et effektivitetsmål (f.eks tilgjengelighet).

Kostnadsbetraktninger må skje i et levetidsperspektiv fordi reservedeler må tilføres "kontinuerlig" under hele levetiden frem til utfasing av systemet. Teori omkring LCC er derfor nødvendig basisinformasjon (kap. 4.2).

Tilførsel av reservedeler er én av ressursene i det som betegnes vedlikeholdsstøtte (logistikkstøtte) til systemet, og fastsettelse av alle nødvendige ressurser til vedlikeholdsstøtte gjøres under en og samme analyse - vedlikeholdsstøtteanalysen, som igjen ideelt sett skal skje som en integrert del av design-prosessen. Det er derfor også viktig å beskrive hvordan denne vedlikeholdsstøtteanalysen gjennomføres, i og med at behovet for reservedeler fastsettes i denne analysen (kap. 4.3).

Hovedfokus i dette prosjektet er reservedelene som vedlikeholdsstøtte-ressurs, og da spesielt de som anskaffes initielt. Det er derfor nødvendig å beskrive teorien omkring reservedeler, som f.eks klassifisering, kostnader, styring etc., og også betrakte det initielle reservedelsopplegget i sammenheng med den i drift påfølgende lagerstyringen. Det initielle reservedelslageret er tross alt bare "startbeholdningen" for det som skal gå over i en kontinuerlig lagerstyring med etterforsyning. Det er imidlertid viktig at utgangspunktet er godt for at lagerstyringen skal bli optimal. Feilinnkjøp initielt vil man måtte slite med i mange år inn i driftsfasen. Teori omkring dette er grunnleggende for beregning av et optimalt initielt reservedelsopplegg (kap. 4.4).

Nytten et system/materiell representerer for eierne vil i like stor grad som kostnadene (levetidskostnadene) påvirke fastsettelsen av de nødvendige støtteressursene inklusive reservedeler. En beskrivelse av nytte i form av systemeffektivitet og måltall for dette er derfor også grunnleggende (kap. 4.5).
Det samme gjelder den totale LCP enten den kan måles i profitt (kroner og øre) eller med utgangspunkt i f.eks stridsevne (kap. 4.6).

Innledningsvis er det tatt med noen definisjoner av begreper fordi dette er grunnleggende og viktig bl.a for å forhindre at ulike parter (kunde/leverandør) skal missforstå hverandre (kap. 4.1).

Avslutningsvis beskrives et par sentrale standarder innenfor det militære området, som bl.a inneholder måter å håndtere provisioning på (kap. 4.7).

4.1 Terminologi

De tilstøtende fagområdene til provisioning (LCC, logistikk, lagerstyring, pålitelighet, vedlikeholdsvennlighet etc.) inneholder en mengde begreper, og det eksisterer et utall av terminologistandarder på området. I tillegg gis det definisjoner av begreper også i andre metode-standarder som f.eks /35/.
Det er her kun listet et utvalg av de viktigste begrepene innenfor RAM-området (Reliability, Availability, Maintainability) basert på den internasjonale standarden IEC 50(191). Den kommende europeiske CEN-standard (guideline) innenfor vedlikeholdsterminologien vil også bygge på denne internasjonale standarden.

CEN (Comité Européen de Normalisation) har ansvar for standardiseringsarbeidet på alle fagfelt utenom elektroteknikk og telekommunikasjon. CEN har et formelt samarbeid med den internasjonale standardiseringsorganisasjonen ISO.

Driftssikkerhet:
Et samle-begrep (term) som benyttes for å beskrive tilgjengelighet og de faktorer som påvirker denne (pålitelighet, vedlikeholdstilpasning og vedlikeholdsevne).
Kommentar: Driftssikkerhet blir bare brukt som en kvalitativ (generell) beskrivelse.

Tilgjengelighet:
En enhets evne til å bli i en tilstand som muliggjør utførelse av en krevd funksjon, under gitte betingelser og ved et gitt tidspunkt eller over en spesifisert tidperiode, forutsatt at nødvendige eksterne ressurser er tilgjengelig.
Kommentar: Denne evnen er avhengig av pålitelighet, vedlikeholdstilpasning og vedlikeholdsevne.
Nødvendige eksterne ressurser som ikke betraktes som vedlikeholdsressurser påvirker ikke en enhets tilgjengelighet.

Momentan tilgjengelighet: [A(t)]
Sannsynligheten for at en enhet, ved et gitt tidspunkt og under gitte betingelser, er i en tilstand som gjør det mulig å utføre en krevd funksjon. Det forutsettes at nødvendige eksterne ressurser er tilgjengelig.

Asymptotisk tilgjengelighet:
Grensen, hvis den eksisterer, av momentan tilgjengelighet når tiden går mot uendelig. Benyttes ofte til modelleringsformål.
Kommentar: Under visse betingelser, f.eks ved konstant sviktintensitet og konstant reparasjonsintensitet, kan asymptotisk tilgjengelighet uttrykkes som forholdet mellom midlere oppetid (MUT) og summen av midlere oppetid og midlere nedetid (MDT).

$$A = \frac{MUT}{MUT + MDT} 1$$

Pålitelighet:
En enhets evne til å utføre en krevd funksjon over en gitt tidsperiode under spesifiserte betingelser.
Kommentar: Det forutsettes at enheten er i en tilstand som gjør det mulig å utføre den krevde funksjonen ved begynnelsen av tidsperioden.

Vedlikeholdstilpasning (tidl. vedlikeholdsvennlighet):
En enhets evne, under gitte driftsbetingelser, til å bli vedlikeholdt (opprettholde eller gjenvinne) til en tilstand som gjør det mulig å utføre en krevd funksjon, når vedlikeholdet utføres under gitte betingelser og med bruk av gitte prosedyrer og ressurser.

Vedlikeholdsevne:
En vedlikeholdsorganisasjons evne, under gitte betingelser og ved behov, til å skaffe tilveie nødvendige ressurser til å vedlikeholde en enhet etter en gitt vedlikeholdspolicy.
Kommentar: Med gitte betingelser menes under hvilke betingelser enheten brukes og vedlikeholdes.

Vedlikehold:
En kombinasjon av alle tekniske og administrative aktiviteter, inkludert ledelsesaktiviteter, som har til hensikt å opprettholde eller gjenvinne en tilstand som gjør en enhet i stand til å utføre en krevd funksjon.

Forebyggende vedlikehold:
Vedlikehold som utføres etter forutbestemte intervaller eller ifølge forutbestemte kriterier, og som har til hensikt å redusere sannsynligheten for svikt eller funksjonsnedsetting (degradering).

Korrigerende vedlikehold:
Vedlikehold som utføres etter at en feil (tilstand) er oppdaget, og som har til hensikt å bringe en enhet tilbake i en tilstand som gjør det mulig å utføre en krevd funksjon.

Tidsfastsatt vedlikehold:
Forebyggende vedlikehold utført i overenstemmelse med en fastsatt tidsplan.

Ikke tidsfastsatt vedlikehold:
Vedlikehold som blir utført etter at det foreligger en indikasjon med hensyn til tilstandsendring for en enhet (dvs ikke i henhold til en fastsatt tidsplan).

Utsatt vedlikehold:
Korrigerende vedlikehold som ikke igangsettes umiddelbart etter at en feiltilstand er identifisert, men som er utsatt i henhold til gitte vedlikeholdsregler.

4.2 LCC og LCP

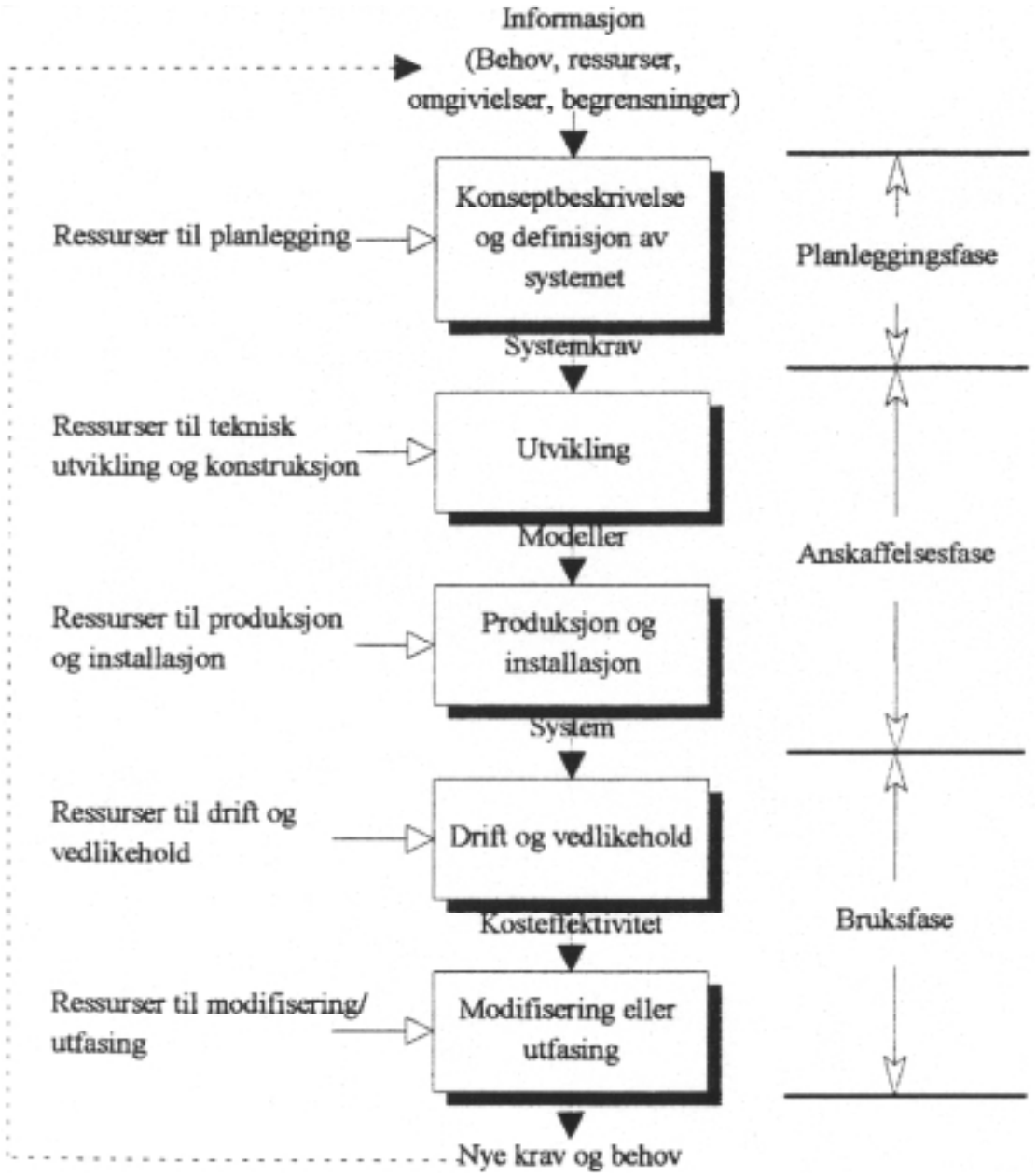
Hensikten med dette kapitlet er å beskrive hva man forbinder med begrepene levetidskostnader (Life Cycle Cost) og levetidsoverskudd (Life Cycle Profit) og å angi hovedprinsippene i en LCC/LCP-analyse. Litteraturen i dette kapitlet er hentet fra /1/, /4/, /5/, /6/, /8/, /12/, /13/ og /14/.

4.2.1 Definisjon av begrepet levetidskostnader - LCC

En definisjon av LCC finnes i /19/ og lyder:

> *"I LCC er de totale kostnader som påløper et produkt/system over levetiden, om nødvendig omregnet til nåverdi".*

Levetidskostnader er derfor alle kostnader som fremkommer av aktiviteter og ressurser i de ulike levetidsfasene, f.eks delt inn slik, se figur 4.1:



Figur 4.1 Systemets levetidsfaser /23/.

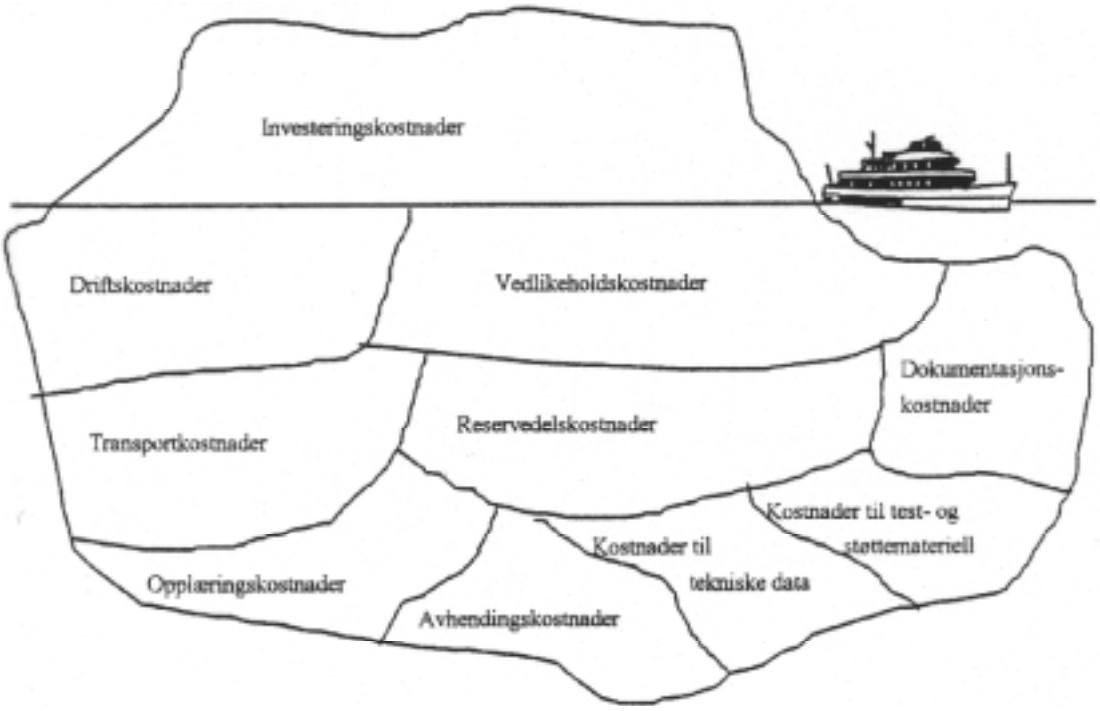
Det største bidraget til LCC skriver seg for mange tekniske systemer fra kostnader forbundet med normal drift og alle kostnader som følger av vedlikeholdsstøtte. Disse kostnadene påløper så lenge systemet nyttes og kan derfor bli mange ganger større enn anskaffelseskostnadene.

Levetidskostnader kan deles inn i kategorier på mange måter, avhengig av type system og ønsket følsomhet i målinger av kostnadseffektivitet. LCC-analyse er å integrere teknisk vurdering i en økonomisk evaluering. Summen av krav og spesifikasjoner for et system samles i en felles målbar enhet - kroner og øre.

4.2.2 Bakgrunn for LCC

Betraktninger av de totale kostnader ved valg mellom ulike innkjøps-alternativer har tradisjoner i militær sammenheng tilbake til rett etter andre verdenskrig /24/. Fra midten av 60-tallet har teknikkene knyttet til LCC blitt utvidet, raffinert og standardisert gjennom arbeide utført av og for United States Department of Defence (DoD). Teknikken har siden fått større sivil anvendelse, og blir i dag dokumentert i internasjonale standarder.

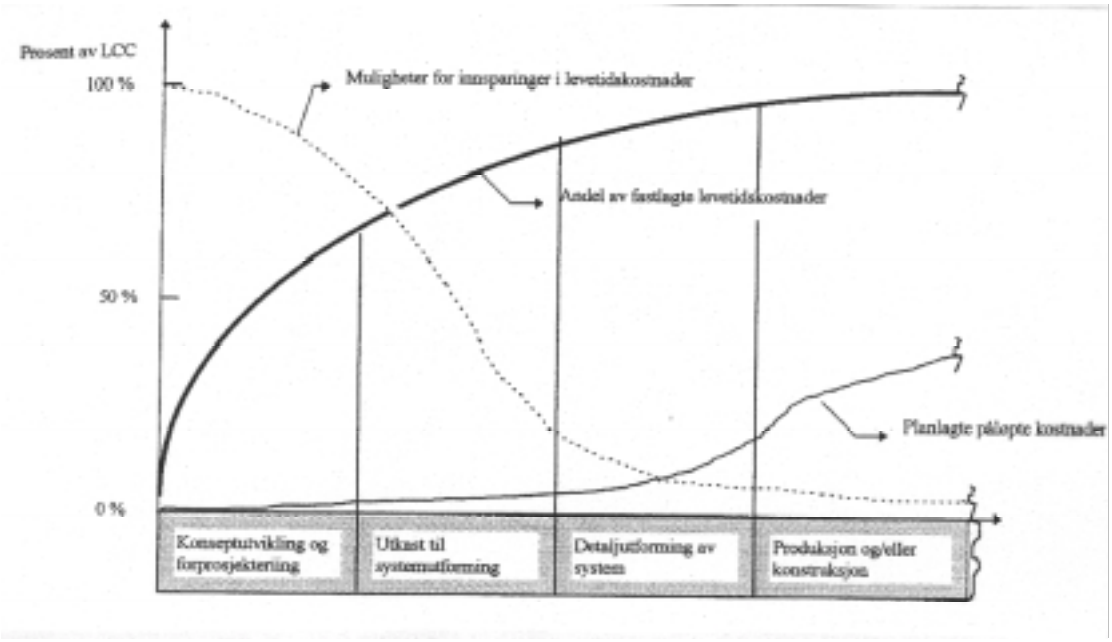
I Norge har LCC likevel ikke fått så stor oppmerksomhet før de siste årene. Grunnene til dette kan være mange. Trolig har dette en sammenheng med at det under de store investeringene i olje- og samferdselssektoren ikke har blitt stilt krav til levetidskostnader fra myndighetene sin side, og at slike analyser derfor ikke har blitt prioritert. Kortsiktig resultatorientert og økonomisk tenkning har heller ikke gitt grobunn for LCC-tankegang. I dag, etter en periode med lavere konjunktur og hardere konkurranse-forhold, er det naturlig at man ønsker å utnytte de ressurser man bruker til investeringer på en best mulig måte. Man har i dag erkjent at selve investeringskostnaden bare utgjør en mindre del av de totale kostnadene. Det er her LCC-analysen kommer inn som et nyttig redskap for å avdekke de mer skjulte kostnadene (fig. 4.2)



Figur 4.2 De totale kostnadenes synbarhet /6/.

4.2.3 Anvendelser av LCC

Analyse av levetidskostnader er ett av mange verktøy som er tilgjengelig i forbindelse med utvikling, anskaffelse og drift av systemer. En LCC-analyse kan utføres i en hvilken som helst fase av systemet/produktets levetid (fig. 4.3). Som det går frem av figuren fastlegges den største delen av levetidskostnadene allerede under systemplanlegging- og konseptutviklingsstadiet. Det er derfor viktig å utføre LCC-analyser i de tidlige fasene, selv om usikkerheten til datagrunnlaget kan være høy.



Figur 4.3 Fastleggelse av levetidskostnadene /6/.

LCC er godt egnet som grunnlag for beslutningsstøtte ved valg mellom alternative konsepter i de ulike fasene, også i anskaffelsessituasjoner. LCC for ett alternativ alene forteller ikke noe om hvor gunstig dette er, men det kan f.eks benyttes for å stille krav i kontrakter om at drifts- og vedlikeholdskostnadene ikke overskrider gitte grenser.

På grunn av LCC-analysens kostnadsoptimaliserende egenskaper, inngår LCC-analysen ofte som en del av logistikkstøtte-analysen (LSA) til et system. I motsetning til andre analytiske verktøy innen logistikk, er LCC-analyser ikke begrenset til design- og utviklingsfasene av produktets levetid, men kan fremskaffe informasjon om produktets eierkostnader fra et hvilket som helst tidspunkt og fremover i tid.

4.2.4 LCC-analysen

Levetidskostnadsanalysen er et godt egnet verktøy til bruk i fastleggelsen av det totale

ressursbehovet til et produkt. Den blir brukt i sammenheng med andre systemparametre som f.eks effektivitet og teknisk ytelse for å fastlegge kost-effektiviteten til systemet. LCC gir det økonomiske element som er nødvendig for en sammenligning mellom de ulike alternativ innen systemdesign og -støtte. LCC tillater også en vurdering av risikoelementene i beslutningstakingsprosessen.

4.2.4.1 Hensikten med LCC-analysen

Det kan være ulike motiver for å gjennomføre en analyse. Det de fleste har til felles er at man søker det beste av to eller flere alternativer sett fra et kostnadsmessig synspunkt. For å bli istand til å gjøre dette må man kartlegge hvilke faktorer som påvirker systemets kostnader. Analysen skal utgjøre en del av det endelige beslutningsgrunnlaget. Beslutningene som skal tas kan være:

- Systemvalg (alternativsvurderinger)
- Anbudsvurderinger
- Kostnadsminimeringer
- Modifiseringer
- Budsjettprognoser
- Valg av vedlikeholdskonsept
- Valg av vedlikeholdsnivå
- Valg av reservedeler

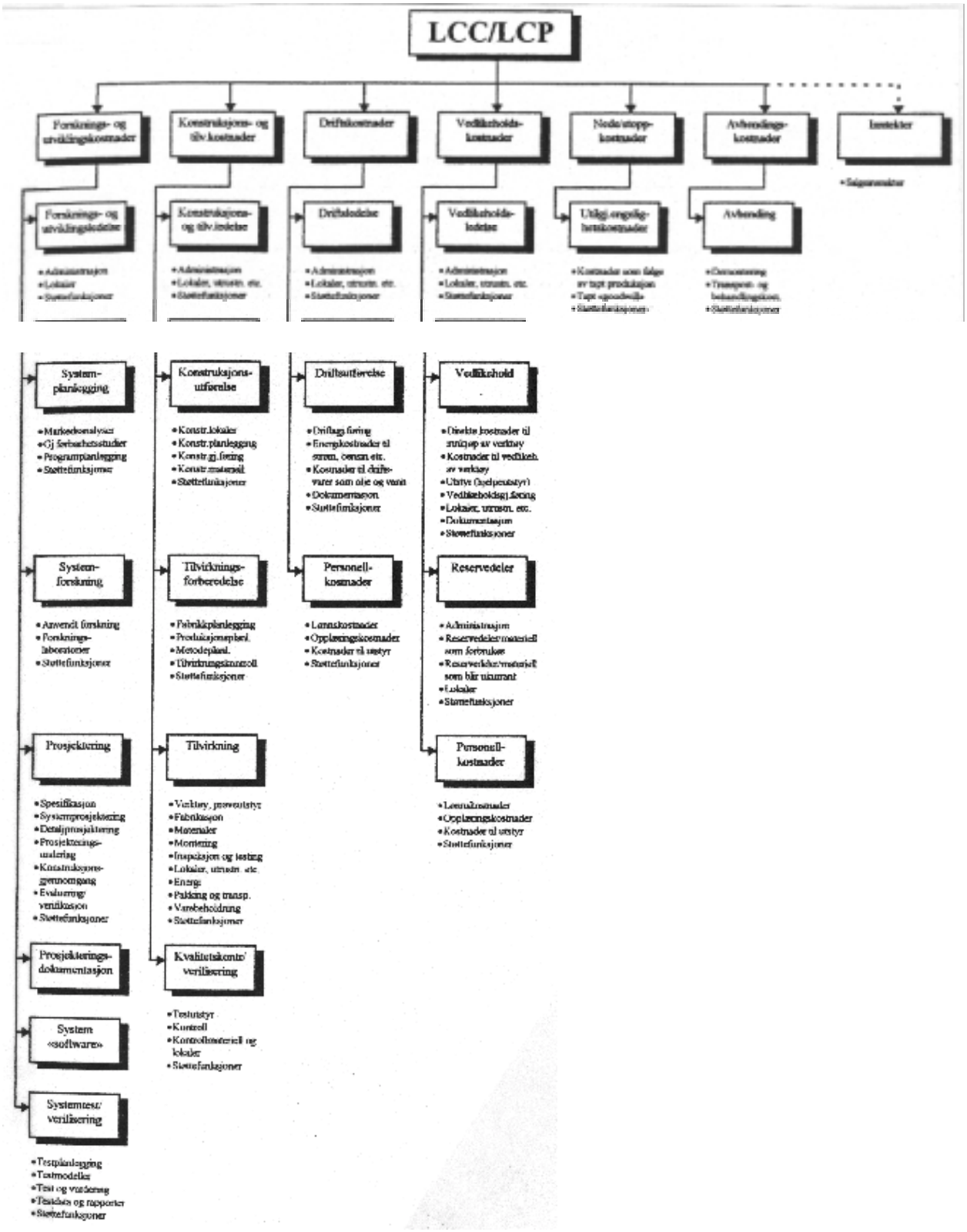
4.2.5 LCC-modeller

En LCC-modell er en kvantitativ modell for beregning av alle kostnadselementer som inngår i analysen, basert på gitte elementverdier og/eller parameterverdier. Modellene baserer seg generelt på en nedbryting av de totale kostnadene til håndterbare kostnadselementer, for deretter å summere kostnadselementene (se figur 4.4). Ofte vil det imidlertid finnes sammenhenger mellom de ulike kostelementene som kan komplisere modellene i stor grad.

Det finnes mange ulike modeller for LCC-analyse, hver med sine fordeler og begrensninger (over 1000 modeller allerede i 1970 /8/). Noen håndterer totalkostnader, andre kun vedlikeholdskostnader eller reparasjonskostnader. Før man velger modell må man derfor bestemme hva man forventer modellen skal gjøre og hvilken type og mengde informasjon som kreves.

Modellene kan deles inn i ulike kategorier:

- Regnskapsmodeller (sjekkliste for og summering av kostnadselementer)
- Analytiske modeller (ingeniørmessige modeller)
- Simuleringsmodeller
- Modeller basert på analogier
- Parametriske modeller (kostnader som funksjon av design og ytelsesparametre)



Figur 4.4 Kostnadsnedbrytningsstruktur CBS /26/.

4.2.6 Hovedtrinnene i LCC-analysen

En LCC-analyse er en omfattende prosess. Analysen består av en mengde aktiviteter der selve bruken av LCC-modellen ofte bare utgjør en fjerde- eller femtedel av arbeidsomfanget.
De grunnleggende aktivitetene som utføres under en analyse er listet opp under. Denne prosessen skal kunne utføres på en iterativ måte dersom det på et tidspunkt blir nødvendig å gå tilbake for å modifisere tidligere utført arbeide. Alle antakelser som blir gjort på de forskjellige stegene i prosessen må dokumenteres grundig for å gjøre iterasjoner mulig, og for å kunne tolke resultatene av analysen på en korrekt måte.

1. Bestem formålet med LCC-analysen.
2. Definer og avgrens systemet/støttesystemet.
3. Velg de passende estimeringsteknikker/LCC-modeller.
4. Samle inn data og anvend de passende input i teknikker/modeller.
5. Utfør kontroll av gyldighet for input og output.
6. Utfør følsomhetsanalyser og risikovurderinger.
7. Formuler resultatene av LCC-analysen.
8 Dokumenter LCC-analysen.
9 Presenter LCC-analysen.
10. Oppdater LCC-analysens basis.

LCC-analysen er dynamisk av natur. Det er derfor viktig at det siste punktet i analysen følges opp slik at det legges til rette for at en tilsvarende analyse kan utføres på senere stadier i systemets levetid, med utgangspunkt i de samme systemrammene.

4.2.7 Datagrunnlag for analysen

LCC-analysen krever utvikling og innsamling av spesielle input-data. For å få tak i nødvendige data er det nødvendig å planlegge hvilke data man behøver og hvordan man kan skaffe de til veie. Kvaliteten på analysens output er ikke bedre enn kvaliteten på de data som legges inn. LCC-analysens største begrensning er ofte tilgjengelighet, gyldighet og kvalitet på de nødvendige data.

Ofte opplever man at LCC-modellen er for ambisiøs med hensyn til antall inngangsparametre (kostnadselement), slik at organisasjonen som skal benytte den ikke er istand til å gi inn de nødvendige inngangsparametre.

I analysen anvendes data fra et bredt spekter av informasjonskilder (fig. 4.5):

Figur 4.5 Datakilder for LCC-analysen /6/.

En viktig potensiell gevinst ved bruk av LCC-metodikk er at den fremskynder en konstruktiv dialog mellom anskaffer og leverandør.

4.2.8 Levetidsoverskudd (LCP)

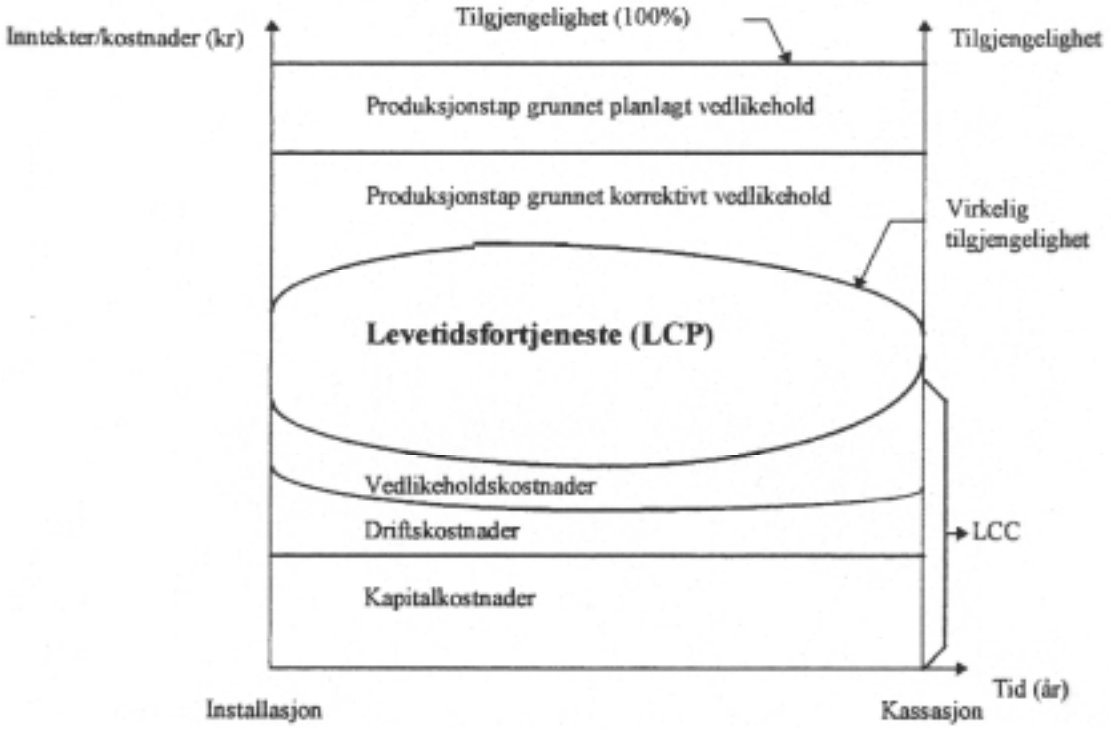
LCP (Life cycle profit) skiller seg fra LCC ved at man tar hensyn til inntektssiden til et system/prosjekt, i tillegg til kostnadssiden. Tradisjonelt skjer dette ved at høyeste oppnåelige inntekt og bortfall av inntekt pga. utilgjengelighet i systemet bestemmes. Man kan tenke seg dette som en nåverdibetraktning der fremtidige inntekter er justert for de tap som man tror vil følge av senere uregelmessigheter i driften. LCP-analysen bidrar til at man identifiserer hvilke faktorer som påvirker kostnader og inntekter slik at man i de tidlige fasene av et prosjekt ser hva som kan gjøres for å påvirke faktorene. I disse fasene er også potensialet for forbedringer størst.

Inntekt, og tap av denne, påvirkes imidlertid av langt flere forhold enn bortfall av funksjon. Først og fremst vil valg mellom ulike alternativer påvirke utstyrets eller systemets mulige inntekt, dernest innvirker de beslutninger som tas gjennom levetiden på den totale lønnsomheten.

Med optimal nytte som mål vil det være riktigere å bruke LCP framfor LCC som indikator på lønnsomhet. Det vesentlige vil være å optimalisere for å øke f.eks fortjenesten, ikke å redusere

kostnadene ensidig. Et lite tillegg i kostnad kan medføre en større økning i fortjeneste.

LCP er summen av høyeste oppnåelige inntekt fratrukket frafalte inntekter og levetidskostnadene. Sammenhengen mellom LCC og LCP er vist i figur 4.6.



Figur 4.6 LCP-levetidsfortjeneste /1/.

LCP har en klar sammenheng med systemets pålitelighet. For store og kompliserte systemer kan det være praktisk umulig å beregne LCP analytisk. I slike tilfeller vil anvendelse av simuleringsteknikker som f.eks Monte Carlo-simulering, være et hjelpemiddel.

4.2.9 Levetidskostnader og vedlikeholdsstøtte

Vedlikeholdsstøtte (eller logistikkstøtte) blir sett på som en samling av alle faktorer som er nødvendige for å sikre en effektiv og økonomisk støtte til et system gjennom hele dets levetid. Slike faktorer kan være:

- Vedlikeholdsplanlegging
- Vedlikeholdsgjennomføring
- Forsyningsstøtte
- Test- og støttemateriell
- Pakking, behandling, lagring og transport
- Personell og opplæring
- Bygningsmasse/infrastruktur

- Informasjon/data
- Datakraft

Vedlikeholdsstøtte-analysen (MSA/LSA - Maintenance/Logistics Support Analysis) er en aktivitet som har til hensikt å hente frem og anvende data om disse faktorene. Kostnadene som er forbundet med de ulike faktorene vil inngå i LCC-analysen.

Konklusjon

LCC-analysen er ikke noe nytt konsept, og i utgangspunktet et svært enkelt konsept, men det har hittil ikke fått særlig stor anvendelse i Norge. Nå er det imidlertid flere forhold som gjør at LCC-analyser blir mer og mer aktuelt også her i Norge.

Enkelte virksomheter, som f.eks Forsvaret, stiller krav til at det for store materiellanskaffelser skal legges levetidskostnader til grunn (fordi man skal betrakte hele levetiden under prosjekteringen - totalprosjektering) ved valg av alternativ, og ikke bare investeringskostnadene. Det å ikke ta hensyn til de totale levetidskostnadene, men kun basere en beslutning om anskaffelse på basis av investeringskostnadene, er kortsiktig økonomisk tenkning.

Stadig større krav til bruk av funksjonsspesifikasjoner istedetfor detaljspesifikasjoner gjør behovet for LCC-analyser "påtrengende", fordi ved at leverandøren velger teknisk løsning sålenge denne tilfredstiller funksjonskravet, så må brukeren sikre seg styring med drifts- og vedlikeholds-kostnadene gjennom å få stilt garantier til disse i kontrakten. (Ved detaljspesifikasjoner tar brukeren selv ansvaret for drifts- og vedlikeholdskostnadene ved å spesifisere teknisk løsning.)

LCP-analyser er ennå midre brukt enn LCC-analyser og vil være aktuelle når nytten av de ulike alternativer som vurderes varierer, enten nytten er i form av inntekter, stridsevne eller annet. I tidlig konseptfase hvor alternativene kan være svært ulike vil LCP-analyser være aktuelle.

4.3 Vedlikeholdsplanlegging og logistikkstøtte

Hensikten med dette kapitlet er å vise hovedtrinnene i prosessen der man fremskaffer datagrunnlaget for vedlikeholdsbehovet og dermed også reservedelsbehovet. Det vil bli gitt en oversikt over de viktigste aktivitetene ved planlegging av vedlikehold og vedlikeholdstøtte (logistikkstøtte). Dette tilsvarer omtrent det som i CM/LCC-prosjektet innbefattes i LSA.

Med vedlikeholdsplanlegging menes her en kontinuerlig planleggingsprosess med tanke på optimalt vedlikehold fra prosjektets konseptfase til systemet er satt i normal og stabil drift. Delkapitlene 4.3.1 til 4.3.5 beskriver vedlikeholdsplanleggingen på et overordnet nivå. Kapitlene 4.3.6 og 4.3.7 inneholder noe mer detaljer om hvordan man fastlegger systemets ressursbehov. Litteraturen til dette kapitlet er i hovedsak hentet fra /7/, men også fra /5/, /6/, /10/, /17/, /18/ og /24/.

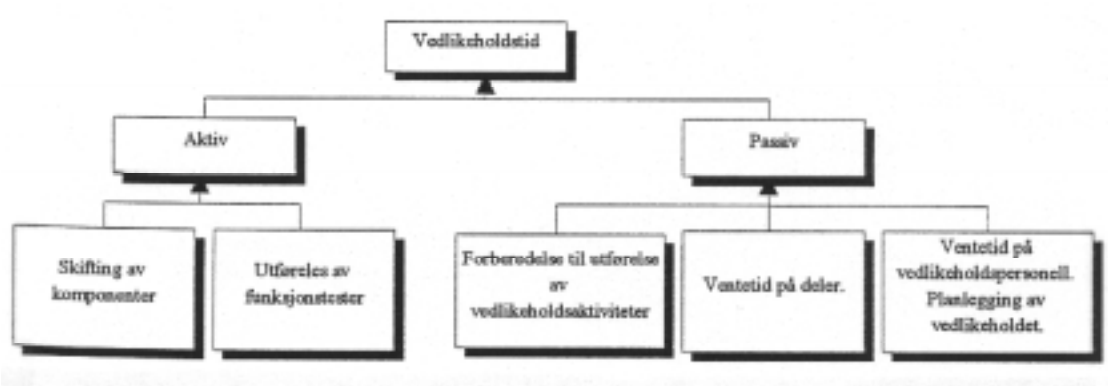
4.3.1 Planlegging av vedlikehold og vedlikeholdstøtte i designprosessen (overordnet)

4.3.1.1 Generelt

For å sette et system i effektiv drift og holde det ved like gjennom hele levetiden til en optimal levetidskostnad, er man avhengig av å planlegge vedlikehold og vedlikeholdstøtte, og å skaffe tilveie de nødvendige vedlikeholdsressursene. Disse aktivitetene starter tidlig i konsept- og utviklingsfasen og fortsetter gjennom de påfølgende levetidsfasene. Vedlikehold og ressurser til vedlikeholdstøtte har stor innvirkning på levetidskostnadene til et system. Dette må det tas hensyn til under hele planleggings-prosessen, bl.a ved å avsette nødvendige ressurser til dette.

Tiden som medgår til vedlikehold kan deles i to klasser, se figur 4.7:

- Aktiv vedlikeholdstid
- Passiv vedlikeholdstid



Figur 4.7 Total vedlikeholdstid

Aktiv vedlikeholdstid er den faktiske tiden som brukes til å utføre vedlikeholdsaktiviteter på en gjenstand. Denne tiden forsøker man å minimere ved hjelp av aktiviteter under programmer for vedlikeholdstilpasning, rettet mot det tekniske systemet (se fig. 2.9).

Passiv vedlikeholdstid er tiden som går med til venting pga. tekniske, logistiske og administrative forsinkelser. Man forsøker å redusere den passive vedlikeholdstiden gjennom riktig innsats under planleggingen av vedlikeholdet og vedlikeholdstøtten, rettet mot vedlikeholdsorganisasjonen.

Målene for vedlikeholdsplanleggingen i designfasen er som følger:

- Utvikle et vedlikeholdskonsept, og innføre krav til vedlikehold og vedlikeholdsstøtte i systembetingelsene.
- Bestemme hvilken innvirkning systemets vedlikeholdstilpasning har på kravene til vedlikeholdsstøtte, og optimalisere vedlikeholdskonseptet.
- Definere krav til ressurser for vedlikeholdsstøtte og utarbeide en vedlikeholdsplan.
- Spesifisere de nødvendige ressursene.

Dette er aktiviteter som er aktuelle å utføre for større prosjekter, f.eks ved utvikling av nye kjøretøyer eller våpensystemer.

4.3.1.2 Vedlikeholdskonseptet

Utviklingen av et nytt system/utstyr begynner med å definere de driftsmessige betingelsene. Deretter følger utviklingen av vedlikeholdskonseptet. Utviklingen av vedlikeholdskonseptet er et av de viktigste trinnene i systemets anskaffelsesprosess, fordi det danner grunnlaget for planleggingen av vedlikehold og vedlikeholdsstøtte. Vedlikeholdskonseptet beskriver en plan for systemets vedlikehold og vedlikeholdsstøtte under gitte driftsforhold i form av:

- Leverandør kontra brukervedlikehold (vedlikeholdsordning)
- Kriterier for valg av linjer og vedlikeholdsnivåer.
- Retningslinjer og krav til grunnleggende vedlikeholdstøtte (logistikk).
- Kriterier for tilstandsovervåkning og testmateriell (innbygd, automatisk, overvåkende).

For å optimalisere et design og oppnå lavest mulig levetidskostnad, bør vedlikeholdskonseptet og betingelsene for vedlikeholdstilpasning utvikles parallelt.

4.3.1.3 Planlegging av vedlikeholdsstøtte

Hensikten med denne aktiviteten er å etablere programplaner for vedlikeholdsstøtten og rammene for kontroll og oppfølging av programmet. Planen for vedlikeholdsstøtte bør beskrive følgende:

- Ledelsesstruktur og ansvar for vedlikeholdsstøtteprogrammet.
- Koblinger til andre programmer og aktiviteter inkludert koblinger til data fra disse aktivitetene: konstruksjon, driftssikkerhet, vedlikeholdstilpasning, standardisering, sikkerhet

og brukertilpasning.

- Metoder for konstruksjonsgjennomgang fra et vedlikeholdssynspunkt.
- Beskrivelse av hver enkelt aktivitet, i omfang og utstrekning, og hvordan den skal utføres.
- Metoder for hvordan krav knyttet til vedlikeholdsstøtte skal fremlegges for konstruktører, kontraktører og underleverandører.
- Metoder og prosedyrer for oppfølging og kontroll av program- og konstruksjonsgjennomgang.

4.3.1.4 Konsekvenser for reservedeler

Gjennom utarbeidelse av vedlikeholdskonseptet gis det retningslinjer for hvor i organisasjonen vedlikeholdet skal utføres. På grunnlag av dette skal reservedelene utformes og tilpasses det kunnskapsnivå og ressurser som er tilgjengelig på det aktuelle nivået i organisasjonen.

4.3.1.5 Konsekvenser for Hæren

Ved nyutvikling av systemer vil det være en fordel å komme med konkrete innspill til leverandørene på et tidlig tidspunkt. Dette forutsetter at det blir gjort et grundig forarbeide med å dokumentere konsepter rundt fremtidig bruk og vedlikehold av systemene (se og pkt. 2.2.1.5).

4.3.2 Vedlikeholdsstøtteanalysen (MSA)

Vedlikeholdsstøtteanalysen ("Maintenance Support Analysis" - MSA, eller "Logistic Support Analysis" - LSA) er en prosess som på en iterativ måte anvendes gjennom systemets design og utviklingsfase. Den medfører bruk av ulike analytiske metoder for å løse et mangfold av problemer av ulike størrelser. Analysen kan raskt bli svært arbeidskrevende, så grundigheten i anvendelsen av analysen må være avpasset i forhold til hva det er behov for i hvert enkelt program. Én spesifikk LSA-fremgangsmåte er beskrevet i MIL-STD-1388 beregnet på det amerikanske Forsvaret, se pkt. 4.7.1.

Med vedlikeholdsstøtte menes her *alle aktiviteter og ressurser av ulike typer som kreves for å holde et system i normal drift.*

Aktivitetene i analysen kan i hovedsak deles inn i to grupper:

- studie av driftsvilkår og definisjon av system for vedlikeholdsstøtte
- utarbeidelse og evaluering av alternativer for vedlikeholdsstøtte

Det er viktig at alle resultater av analysen blir dokumenterte da disse skal utgjøre data for utformingen av vedlikeholdsstøtten, beskrive rammene for beslutninger innen vedlikeholdsstøtte og

danne basis for anskaffelse av ressurser.

Hovedtrinnene i MSA-prosessen er listet nedenfor.

4.3.2.1 Studie av driftsvilkår og definisjon av system for vedlikeholdsstøtte

Følgende aktiviteter vil høre med til denne delen av analyseprosessen:

- Studie av driftsvilkår
- Gjennomgang av driftsmessig erfaring og analyse basert på sammenligninger
- Kartlegging og standardisering av vedlikeholdsstøttesystemet
- Mål for design med tanke på vedlikehold og vedlikeholdsstøtte

4.3.2.2 Utarbeidelse og evaluering av alternativer for vedlikeholdsstøtte

Følgende aktiviteter vil inngå i denne andre delen av MSA:

- Kartlegging av krav til vedlikehold og vedlikeholdsstøtte
- Alternative vedlikeholdsstøttesystemer
- Evaluering av alternativer og bruk av avveiingsanalyser

4.3.2.3 Konsekvenser for reservedeler

Analysen vil gi generelle signaler om hvilke typer reservedeler som trengs og hvor i organisasjonen de bør befinne seg. Ønsker om en eventuell standardisering av reservedeler vil fremgå av analysen.

4.3.2.4 Konsekvenser for Hæren

Denne analysen tilsvarer omtrent det som i Forsvaret kalles vedlikeholds- og forsyningsstudie nr. 1 (VFS 1), se tab. 2.2. Det er viktig at det settes av nok ressurser til å gjennomføre studien. Utarbeides det grundige retningslinjer, krav og alternativer, vil det bli enklere å håndtere de endringer som oppstår etter hvert som prosjektet drives fremover.

4.3.3 Spesifisering av ressurser til vedlikeholdsstøtte (overordnet)

Med utgangspunkt i det vedlikeholdsstøttesystemet som ble valgt under analysen i 4.3.2.2, fastlegges de nødvendige ressursene til vedlikeholdstøtten. Kravene til disse ressursene kartlegges og justeres etter hvert som systemet utvikler seg. Slike krav fremkommer gjennom analyse av data fra mange ulike ingeniøraktiviteter. Dette arbeidet må koordineres godt for å sikre at nødvendige data er

tilgjengelige når de trenges og for å unngå dobbeltarbeid.

4.3.3.1 Analyse av vedlikeholdsaktiviteter og kartlegging av ressurser til vedlikeholdstøtte

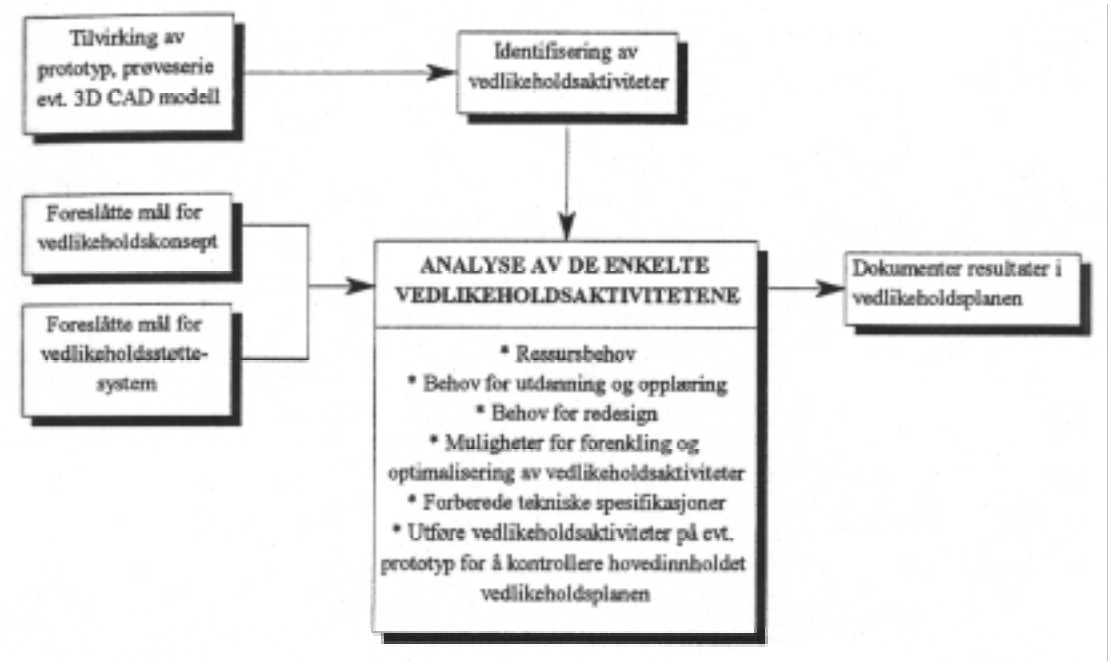
I analysen av vedlikeholdsaktivitetene kartlegges de nødvendige aktivitetene i systemet for å kunne:

- beskrive ressurser til vedlikeholdsstøtte, spesielt de som er nye og som er kritiske for systemets kostnad og tilgjengelighet.
- skaffe tilveie nødvendige data for å utvikle konstruksjonsdetaljer i den hensikt å redusere vedlikehold og kostnader, og for å optimalisere krav til vedlikeholdsressurser.
- skaffe tilveie kildedata for utarbeidelsen av nødvendig dokumentasjon av vedlikeholds-støtten.

Analysen utføres under konstruksjon og utviklingsfasen for et produkt, gjerne etter at det foreligger en prototyp eller prøveserie. Trinnene i analysen er (se også figur 4.8):

- utfør en detaljert analyse av hver enkelt vedlikeholdsaktivitet som er kartlagt i systemet. Analysen beskriver trinnene som kreves for å utføre aktiviteten og definerer de ressursene som er nødvendige for den enkelte aktivitet, spesielt for nye eller kritiske aktiviteter.
- bestem krav til utdanning og anbefal den beste formen for opplæring.
- analyser de totale ressursene til vedlikeholdstøtte som kreves for hver enkelt aktivitet og bestem hvilke oppgaver som ikke oppfyller de målene som er satt for vedlikeholdsstøtte og tilhørende design, eller ligger utenfor det nye systemets begrensninger.
- kartlegg de aktivitetene som kan forenkles eller optimaliseres, eller foreslå andre konstruksjonsdetaljer for å bringe aktivitetenes krav innen rimelige grenser.
- forbered tekniske spesifikasjoner for de vedlikeholdsressursene som kreves.
- kontroller vedlikeholdsplanens hovedinnhold ved å utføre vedlikeholdsaktiviteter på prototyper av utstyret.

Resultatet av denne analysen bør dokumenteres i vedlikeholdsplanen.



Figur 4.8 Analyse av vedlikeholdsaktiviteter.

4.3.3.2 Feltanalyse

Feltanalysen vurderer effekten av å innføre det nye systemet/utstyret i eksisterende vedlikeholds-systemer og tilhørende bygningsstruktur. Den kartlegger også den arbeidskraft og det personell som kreves i det nye systemet. Analysen estimerer resultatet av at en feil oppstår for å bestemme de nødvendige forsyningsressursene, og bestemmer ressursenes type og minimumsnivå for spesifiserte omgivelser.

4.3.3.3 Konsekvenser for reservedeler

Ved å utføre vedlikeholdsaktiviteter på prototyper av utstyret avgjøres tidsforbruk, hvilken type reservedeler som trengs og hva slags personell som kan foreta utskiftninger av de ulike reservedelene.

4.3.3.4 Konsekvenser for Hæren

Denne delen av analysen inngår i vedlikeholds- og forsyningsstudie nr. 2 (VFS 2), se tab. 2.3. Dette arbeidet konsenterer seg om utvalgte aktiviteter og nyttes ofte for å skille mellom ulike alternative materiellsystemer i anbudsfasen.

4.3.4 Vurdering av vedlikeholdsstøtten

Hensikten med vurderingen er å sikre at de spesifiserte kravene til vedlikeholdsstøtte er imøtekommet og for å bestemme metoder for å rette opp svakheter og forbedre effektiviteten i vedlikeholdsstøtten. Problemområder kartlegges og passende tiltak iverksettes. Realistiske testomgivelser bør opprettes for å oppnå mest mulig samsvar med planlagte ressurser og driftsmiljø.

4.3.5 Dokumentasjon

Alle aktiviteter med planlegging av vedlikeholdsstøtte bør dokumenteres for å gi en oversikt over de analysene som er utførte og beslutningene som er fattet. Dokumentasjonen vil representere:

- input til analyser som utføres senere i systemets levetid.
- hjelp til å unngå dobbeltarbeid med aktiviteter og analyser.
- database over ressurser til vedlikeholdsstøtte til bruk i anskaffelsesdokumentasjon.
- database over systemets vedlikeholdsstøtte og erfaringsdatabase for fremtidige prosjekter.

Følgende dokumentasjon bør utarbeides:

- definisjon av vedlikeholdskonseptet og rammevilkårene
- plan for vedlikeholdsstøtteanalysen
- sammendrag av driftsstudie og definisjon av system for vedlikeholdsstøtte
- analyse av alternativer for vedlikeholdsstøtte og deres evaluering
- definisjon av valgt vedlikeholdsstøttesystem
- spesifikasjon av ressurser til vedlikeholdsstøtte

    1. personell og opplæring
    2. tekniske håndbøker og software
    3. test- og støttemateriell
    4. reservedeler
    5. bygningsmasse

- utfyllende data etter behov

Når kunden ber om det skal denne dokumentasjonen legges ved som en del av kontrakten.

4.3.6 Utarbeidelse av vedlikeholdsplan

For å bestemme behovet for reservedeler, må man kartlegge innholdet og omfanget av de samlede vedlikeholdsoppgavene for systemet i detalj. Tidligere i dette kapitlet er vedlikeholdsplanleggingen beskrevet på et generelt nivå. Dette kapitlet vil gå litt nærmere inn på hvordan man i detalj

bestemmer de ressursene som er nødvendig for å utføre vedlikeholdet.

4.3.6.1 Reparasjonspolicy

Reparasjonspolicyen spesifiserer i hvilken grad utstyret forventes å bli reparert dersom det svikter. En eller flere slike retningslinjer kan nedfelles i det initielle vedlikeholdskonseptet. Hver retningslinje blir utredet med tanke på dens innvirkning på design av utstyr og vedlikeholdstøtte, kriterier etableres og utstyret konstrueres innenfor rammene av den valgte reparasjonspolicyen. Policyen vil avgjøre om en del skal konstrueres som ikke reparerbar, delvis reparerbar eller fullt reparerbar.

a) Ikke reparerbar del.

En ikke reparerbar del, som regel en modul med relativt lav utskiftningskostnad, blir kassert når en feil oppstår. Det utføres ingen reparasjon og delen erstattes av en reservedel. Enten blir delen kastet eller får en ny anvendelse (f.eks brukes i mindre kritisk utstyr, evt. til undervisningsformål).

Nytten av slike deler er størst dersom svikt kan detekteres på brukernivå og når delen kan skiftes ut på stedet. Dette krever at det bygges inn tilfredsstillende testegenskaper i delene, slik at man unngår å kaste deler som er godt brukbare. Eneste aktivitet på mellomliggende vedlikeholdsnivå blir da å etterforsyne med reservedeler.

Kravene til vedlikeholdstøtte blir minimale. Man trenger bare reservedelslagre på mellomliggende nivå. Utførelsen av vedlikeholdet er ikke spesielt krevende, siden vedlikeholdet er begrenset til å skifte ut deler. Målet er å veie kostnadene av reservedeler og kassasjon av ikke reparerbare enheter opp mot kravene for vedlikeholdstøtte dersom enhetene var reparerbare.

b) Delvis reparerbart system.

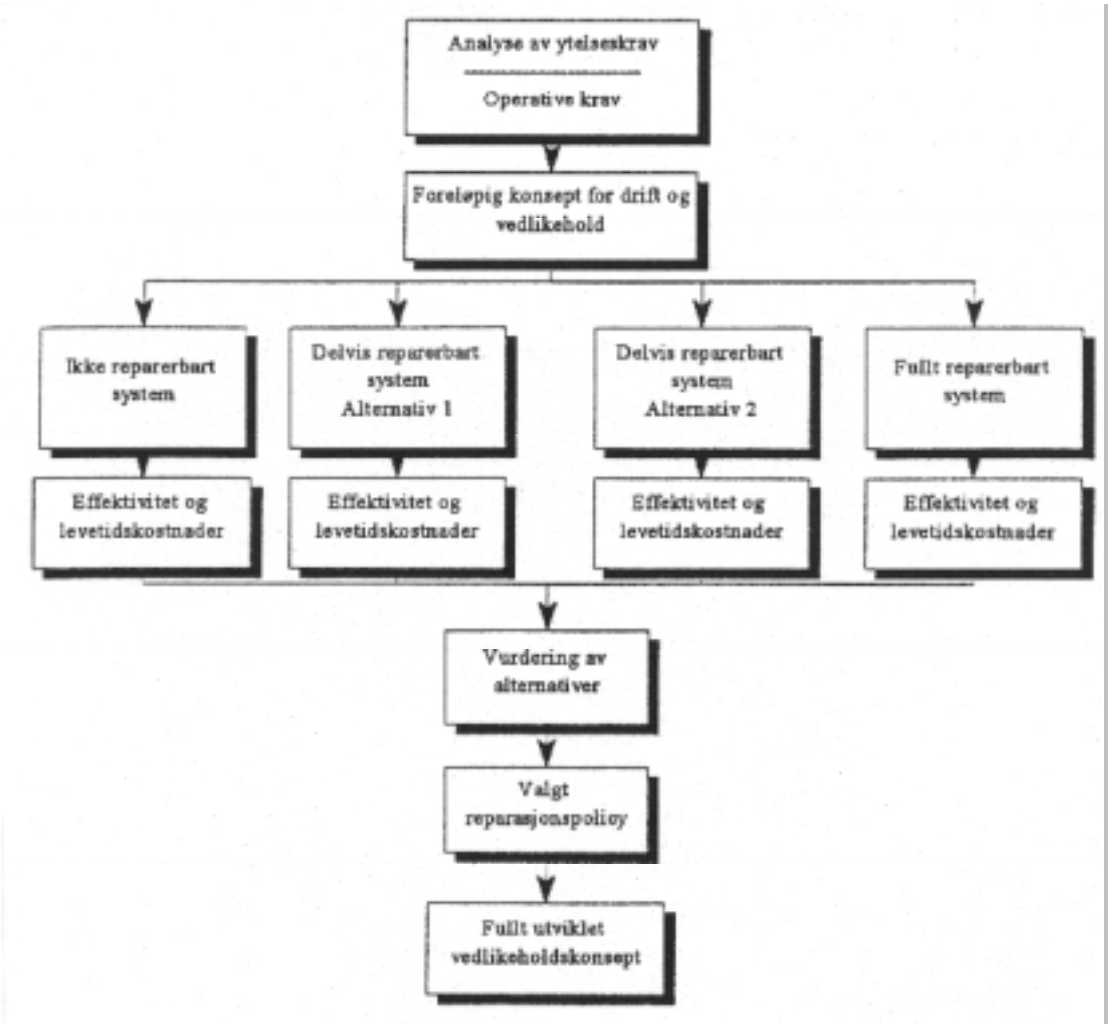
Et delvis reparerbart system vil bestå av enheter der enkelte deler i sammenstillingen kasseres dersom de svikter, mens andre deler vil bli reparerte.

Valg av reparasjonspolicy er i stor grad avhengig av systemets operative krav. Systemets krav til tilgjengelighet kan sette krav til så korte nedetider at dette bare kan møtes av raske tiltak på brukernivå. Siden personellets ferdigheter og tilgjengelig materiell er begrenset på dette nivået må systemet utvikles med tanke på dette.

c) Fullt reparerbart system.

De enkelte delene i hver enhet betraktes som reparerbare. Denne policyen krever størst andel av vedlikeholdstøtte i form av testmateriell, verktøy, reservedeler, personell, dekning av tekniske data og verkstedlokaler.

Det kan kartlegges krav til vedlikeholdsstøtte for hver alternativ policy. Det blir således et optimaliseringsspørsmål å definere den riktige reparasjonspolicyen for systemet. Figur 4.9 viser valg av reparasjonspolicy og utvikling av vedlikeholdskonseptet.



Figur 4.9 Reparasjonspolicy og utvikling av vedlikeholdskonseptet /6/.

4.3.6.2 Analyse av vedlikeholdsnivå (Level of Repair Analysis - LORA)

Når man skal fastlegge et detaljert vedlikeholdskonsept og gi kriterier for utforming av utstyret, er det nødvendig å avgjøre på hvilket nivå i organisasjonen delene skal repareres, eller om de skal kasseres når feil oppstår. Målet med denne analysen er å definere passende vedlikeholdsnivåer for å minimere kostnadene ut i fra gitte begrensninger for tilgjengelighet. (Ofte stilles det krav til hvilke maksimale nedetider som er akseptable for de ulike nivåene.)

Analysen starter opp i systemets konseptfase og blir mer detaljert etter hvert som prosessen går videre.

Vedlikeholdsnivå-analysen er en prosess som legger til rette for:

- Systematisk beslutningstaking
  - spesifiserer hva som skal gjøres med deler som feiler
  - anvender samme kriterier på alle deler
  - forhindrer strakarmsløsninger

- Sammenligning av ulike reparasjonspolicyer
  - utskiftning ved feil
  - reparasjon på stedet eller på lokalt verksted
  - reparasjon på sentrale lokasjoner
  - blanding av lokal og sentralisert reparasjon

- Bruk av LCC-analyser
  - komplett LCC, økonomisk sammenligning av reparasjonsalternativer med betraktning av alle økonomiske faktorer.
  - delvis LCC, der bare enkelte kategorier betraktes.

- Betraktninger av ikke-økonomiske forhold
  - sikkerhetsgarantier
  - driftsmiljø

Analysen bør utføres på nøye utvalgte gjenstander, og kan begrenses til de gjenstandene som har størst betydning for omfang og ressursbruk i vedlikeholdet.

Følgende informasjon utgjør input til vedlikeholdsnivåanalysen:

- utstyrets driftsdata, antall, lokalisering, levetid m.m.
- mulige reparasjonsalternativer
- kostnadsfaktorer
- vedlikeholdspersonell og ressurser
- data for utstyrets pålitelighet og vedlikeholdstilpasning
- reparasjonstid og transporttid til og fra vedlikeholdslokasjoner

Resultatet av analysen på konseptnivå utgjør input til utviklingen av vedlikeholdskonseptet og reparasjonspolicyen til systemet.
Resultatet av analysen på detaljnivå gjør det mulig å bestemme vedlikeholdsnivået for hver enkelt gjenstand, og bidrar med input til analysen av vedlikeholdsaktivitetene og til utarbeidelsen av vedlikeholdsplanen.

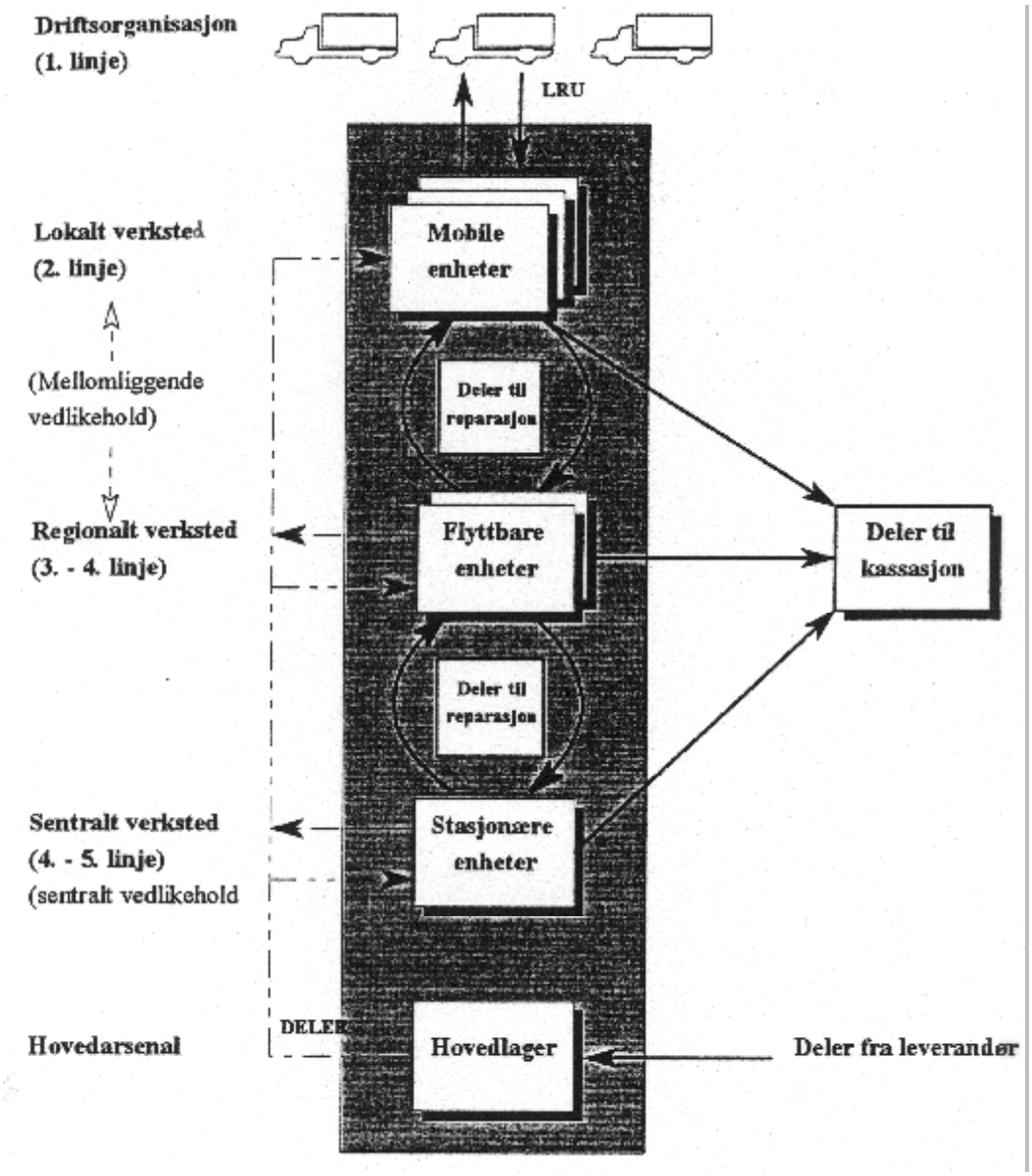
Når man vet hvor det lønner seg å reparere en gjenstand, vet man også hvor reservedelene må lagres for å sikre en høyest mulig tilgjengelighet.

4.3.6.3 Vedlikeholdsnivåer

Man kan skille mellom tre ulike kategorier når man snakker om vedlikeholdsnivåer:

- Driftsorganisasjonens vedlikehold (1. linje)
- Mellomliggende vedlikehold (2. og 3. linje)
- Sentralt vedlikehold (4. og 5. linje)

For Hærens vedkommende vil de ulike nivåene pr. i dag fordele seg omtrent slik som vist i parantesene (fredsdrift). Antall nivåer vil generelt avhenge av kostnader og andre systemkrav, og må defineres ut fra det enkelte system. Selvsagt vil dette også påvirkes av en eksisterende vedlikeholdsorganisasjon. Figur 4.10 viser prinsippet med vedlikeholdsnivåer og materiellflyt. Hærens organisering er skissert til venstre i figuren.



Figur 4.10 Organisering i vedlikeholdsnivåer

Driftsorganisasjonens vedlikehold.

Dette vedlikeholdet utføres av brukerorganisasjonen på deres eget materiell, der utstyret er i drift (f.eks ved kjøretøyet eller våpenet). På dette nivået har personellet minimalt med tid til å utføre vedlikehold, så aktivitetene begrenses normalt til periodiske funksjonstester, visuelle inspeksjoner, rengjøring, noe service, utvendig justering og fjerning og bytting av enkelte komponenter. Personellet utfører ikke reparasjon av deler som blir fjernet, men sender dem videre til neste vedlikeholdsnivå.

Mellomliggende vedlikehold

Aktivitetene på dette nivået blir utført av mobile, flyttbare og/eller fast plasserte organisasjoner og installasjoner. Her kan gjenstander repareres ved å fjerne og erstatte store moduler, sammenstillinger eller enkeltdeler. Planlagt vedlikehold som innebærer demontering av utstyr kan også gjennomføres. Personellet har vanligvis bedre utdanning og bedre utstyr enn de på driftsnivået, og har ansvaret for mer detaljert vedlikehold.

Mobile eller flyttbare enheter blir ofte brukt for å gi vedlikeholdsstøtte nær opptil utstyr som kan være spredt omkring. Disse enhetene bærer med seg nødvendige reservedeler, test og støttemateriell.

Faste installasjoner er til for å støtte både aktiviteter på driftsnivå og de mobile og flyttbare enhetene. Her utføres vedlikeholdsaktiviteter som ikke kan utføres på et lavere nivå. Høye ferdigheter, godt testutstyr, mer reservedeler og bedre lokaler gjør det mulig å utføre reparasjoner av utstyr på modul og komponentnivå. Slike verksted blir vanligvis plassert innenfor bestemte geografiske områder.

Sentralt vedlikehold

På dette nivået utføres det mest krevende vedlikeholdet. Aktivitetene her utgjør oppgaver som krever mer spesialisert utstyr og kompetanse enn hva som er tilgjengelig på det mellomliggende nivået. Vedlikeholdet utføres ved faste verksteder (ofte spesialverksteder) og omfatter en mengde ulike utstyrstyper. Verkstedene kan ofte tilby store mengder reservedeler, avansert og plasskrevende utstyr, og klimakontrollerte omgivelser.

Sentralt vedlikehold innebærer komplett overhaling, gjenoppbygging og kalibrering av utstyr, foruten å utføre meget kompliserte vedlikeholdsaktiviteter. I tillegg tilbyr dette nivået distrubusjon av reservedeler til lavere nivåer. Sentrale verksteder skal tilby sine tjenester innenfor geografiske bestemte områder. Tabell 4.1 viser en oversikt over de tre vedlikeholdsnivåene.

Tabell 4.1 Vedlikeholdsnivåer /6/.

Kriterium	*Driftsorganisasjonenes vedlikehold*	*Mellomliggende vedlikehold*		*Sentralt vedlikehold*
Utføres hvor?	På stedet der driften foregår eller der hovedutstyret måtte befinne seg.	Mobile eller flyttbare enheter.	Fast plasserte enheter.	Sentralt verksted eller depot.
		Lastebiler, kassebiler, telt eller lignende.	Faste område-verksteder.	
Utføres av hvem?	Systemets brukere (lave kunnskaper om vedlikehold).	Personell som er tilknyttet mobile, flyttbare eller fast plasserte enheter. (Vedlikeholdskunnskaper på mellomliggende nivå).		Verkstedspersonell eller produksjonspersonell. (Høye vedlikeholdskunnskaper)
På utstyret til hvem?	Driftsorganisasjonens utstyr.	Utstyr som eies av driftsorganisasjonen.		
Type arbeid som utføres?	Visuell inspeksjon. Operativ testing. Mindre service. Ytre justeringer. Fjerning og erstattning av enkelte deler.	Detaljert inspeksjon og test av system. Tunge serviceaktiviteter. Omfattende reparasjoner og modifikasjoner av utstyr. Kompliserte justeringer. Begrenset kalibrering. Aktiviteter overført fra driftsorganisasjonens nivå.		Kompliserte fabrikkinnstillinger. Kompliserte reparasjoner og modifikasjoner. Overhalinger og gjenoppbygginger. Detaljert kalibrering. Forsyningsstøtte. Aktiviteter overført fra mellomliggende nivå.

Når man skal fastlegge antall og typer av vedlikeholdsnivåer for et system, vil følgende faktorer ha betydning:

- Driftsorganisasjonens størrelse
- Driftsorganisasjonens geografiske spredning
- Systemets tekniske vanskelighetsgrad
- Systemets grad av behov for vedlikehold
- Kostnader

4.3.6.4 Kartlegging av vedlikeholdsoppgaver

Dette er en mer detaljert kartlegging enn den som er beskrevet i kap 4.3.3. Med de følgende teknikkene kan man kartlegge både de korrigerende og forebyggende vedlikeholdsoppgavene:

- Feilmode og effekt analyse (FMEA), /38/
- Pålitelighetsstyrt vedlikehold (reliability centred maintenance - RCM), /39/
- Detaljert gjennomgang av kravene til systemets funksjon og ytelse

FMEA kartlegger feilmodene (dvs. hva som kan feile/svikte) til systemet og systemets komponenter,

samt hvilke tiltak som kan iverksettes ved svikt, og dermed også de korrigerende vedlikeholds-oppgavene.

RCM-analysen, som bl.a baserer seg på resultater fra FMEA, kartlegger best egnede forebyggende vedlikeholdsoppgaver (og evt. vedlikeholdsintervaller) for å bli i stand til å:

- oppdage og utbedre feil, enten før de oppstår eller før de utvikler seg til alvorlige defekter.
- redusere sannsynligheten for feil (tap av funksjon).
- oppdage skjulte feil som har oppstått.
- øke kosteffektiviteten til systemets vedlikeholdsprogram.

4.3.6.5 Analyse av vedlikeholdsoppgaver

Det bør utføres en analyse av hver enkelt av de kartlagte vedlikeholdsoppgavene som er av betydning. Denne analysen utføres på et senere tidspunkt enn analysen av vedlikeholdsaktivitene i kap 4.3.3. Man bør skaffe følgende informasjon:

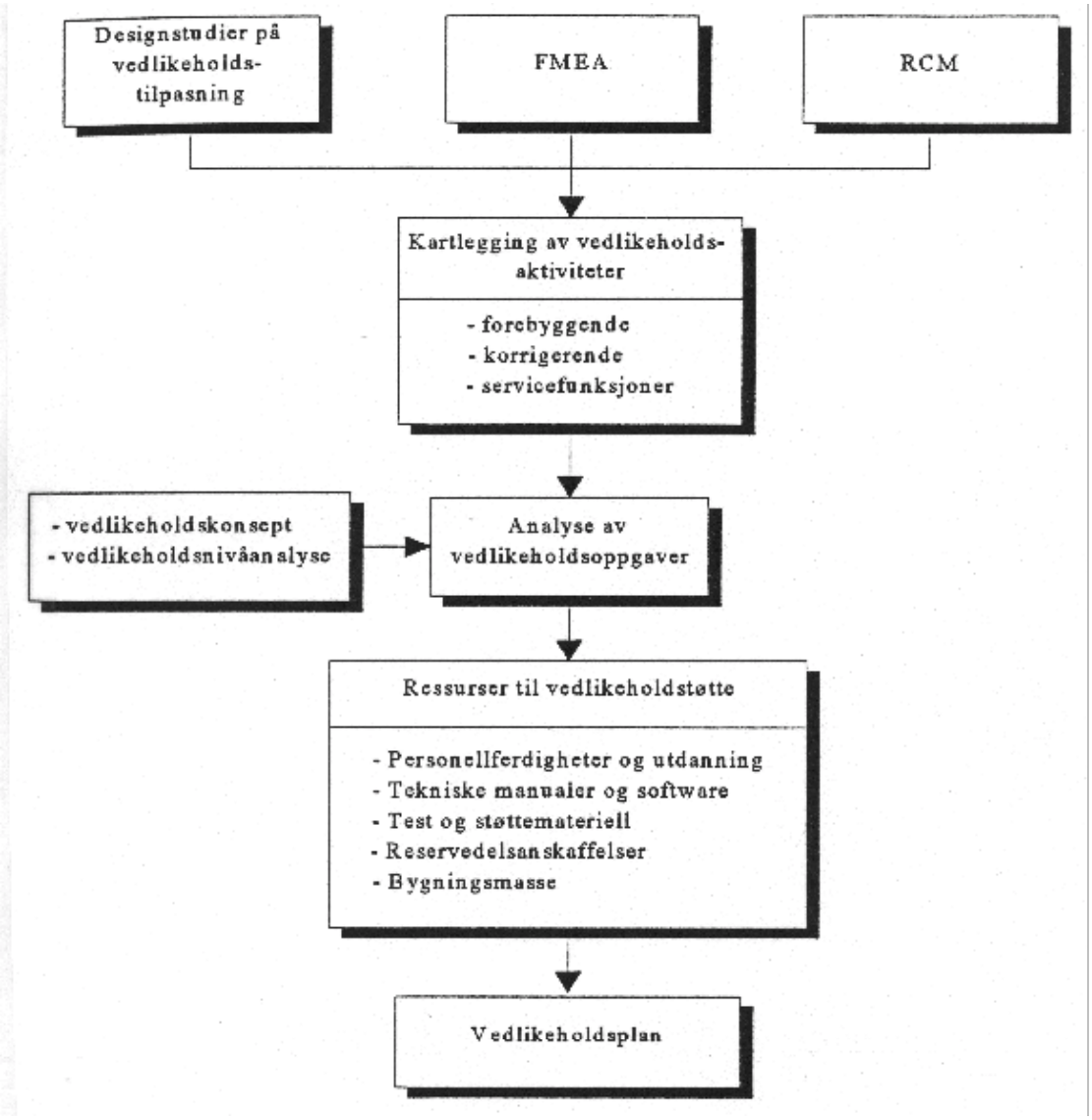
- vedlikeholdsbehov med tanke på hovedhensikten med vedlikeholdshandlingen.
- forventet eller anbefalt vedlikeholdsfrekvens.
- personellantall, spesialiseringsgrad og kunnskapsnivå som er nødvendig for å utføre hver aktivitet.
- de lokaler eller bygninger som er nødvendige for å utføre de beskrevne vedlikeholds-aktivitetene.
- hvordan aktiviteten skal utføres trinn for trinn, hvert trinn beskrevet tilstrekkelig teknisk detaljert.
- de verktøy og testmateriell som trengs for å utføre aktiviteten, nevnt i rekkefølge.
- de reservedeler og forbruksmateriell som trengs for å utføre aktiviteten.
- tidsestimat for å utføre de enkelte oppgavene og total tid for hele aktiviteten.

Analysen er bestemmende for hvilke reservedeler det faktisk er behov for.

4.3.6.6 Vedlikeholdsplanen

Arbeidsbeskrivelsene fra analysen av den enkelte vedlikeholdsaktivitet samles i systemets vedlikeholdsplan. Denne planen definerer de totale vedlikeholdsressursene som må til for å nå driftsmessige krav til en optimal levetidskostnad. Den samlede planen inneholder informasjon om de spesifiserte målene for vedlikeholdtilpasning er oppfylte og om flere aktiviteter er nødvendige for å oppfylle kravene til prosjektet.

Figur 4.11 viser prosessen med å utarbeide vedlikeholdsplanen.



Figur 4.11 Utarbeidelsen av en vedlikeholdsplan /7/

Analysene øverst på figuren angir analyser av det tekniske systemet (hva og hvordan), mens de i boksen til venstre representerer analyser av organiseringen (hvor) av vedlikeholdet. Begge deler er viktig og ender ut i en plan som beskriver hva som skal gjøres, hvordan, hvor, når og av hvem.

4.3.6.7 Konsekvenser for reservedeler

Valg av vedlikeholdsnivå (hvor) og reparasjonspolicy (hvordan) er bestemmende for hvordan man velger å behandle reservedelene i organisasjonen. Man har fastlagt om reservedelene skal kasseres eller repareres og hvor de bør oppbevares for å sikre høyest mulig tilgjengelighet. Hvor mange deler som skal lagres på hvert nivå må bestemmes ut fra både krav til kostnader og tilgjengelighet.

4.3.6.8 Konsekvenser for Hæren

Hæren har en fast vedlikeholdsorganisasjon. Oppgaven blir å bestemme hvor i denne organisasjonen de enkelte vedlikeholdsoppgavene skal utføres og hvor reservedelene skal lagres i riktig antall. Dette gjøres ut fra både et beredskapsmessig og kostnadsmessig synspunkt.

4.3.7 Fastleggelse av ressurser til vedlikeholdstøtte (detaljert)

Vedlikeholdsressurser som skal gjøre det mulig å imøtekomme de driftsmessige kravene på en sikker og kostnadseffektiv måte må identifiseres, defineres, spesifiseres, anskaffes og kontrolleres. Det vil pågå en rekke aktiviteter for å fastslå behovet for disse vedlikeholdsressursene:

- personellferdigheter og utdanning
- tekniske manualer og software
- test og støttemateriell
- reservedelsanskaffelse
- lokaliteter og bygningsmasse

Av disse ressursene er det reservedelene som det fokuseres på i dette prosjektet.

4.3.7.1 Anskaffelse av reservedeler

Alle reservedeler, forbruksgjenstander, spesialforsyninger og tilhørende lager som trengs for å støtte korrigerende og forebyggende vedlikeholdsaktiviteter er elementer i *vedlikeholdsstøtten*. De kan tilhøre hovedmateriellet, test- og støttemateriellet, bygninger eller undervisningsmateriellet. På hvert vedlikeholdsnivå hvor det utføres korrigerende vedlikehold, må man bestemme type og antall av reservedeler som skal forsynes og lagres. Man må også kjenne til etterforsyningshastigheten. Estimering og beordring av reservedeler kan deles inn i tre ulike faser:

- initiell eller pre-operativ fase
- stabil operativ fase
- forlenget bruksfase (f.eks etter omfattende modifiseringer)

Reservedelsbehovet beregnes på grunnlag av feilrater, forventet skade og flere organisasjons-spesifikke faktorer, f.eks transporttider. I utgangspunket blir disse faktorene estimerte, men når systemet er stabilt og har vært i drift en stund justeres estimatene med erfaringsverdier.

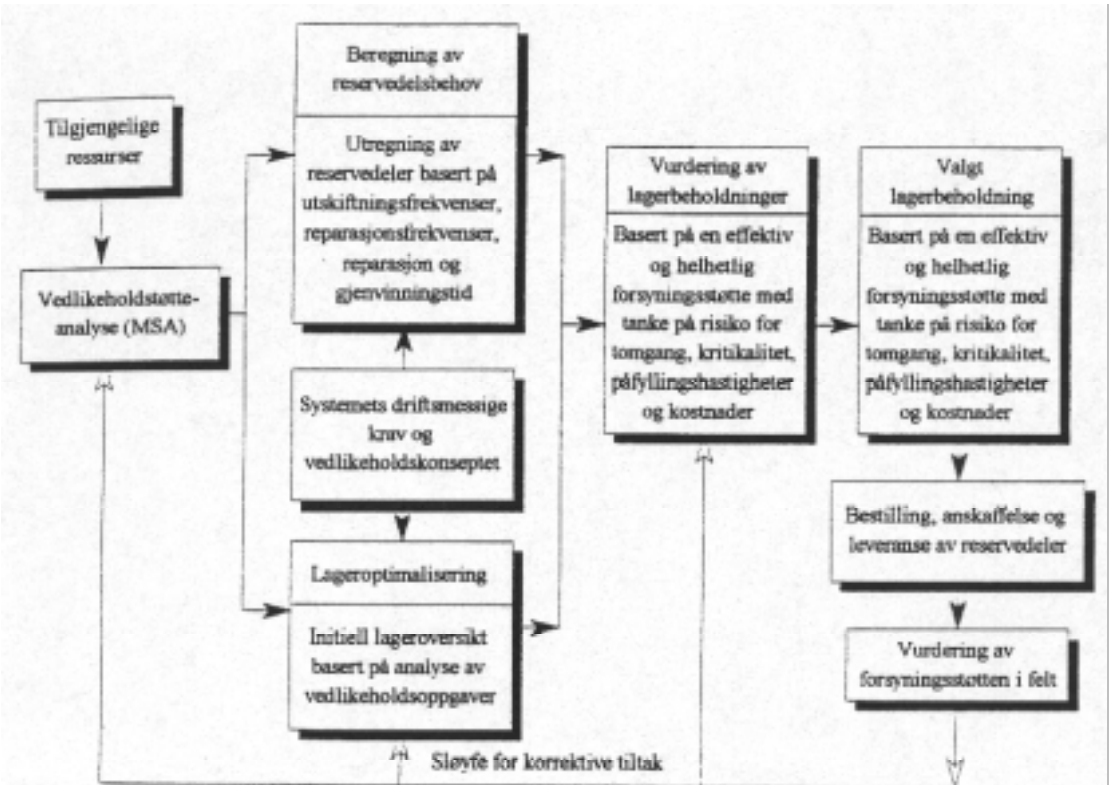
Utarbeidelse av reservedelslister

Reservedelenes art er basert på vedlikeholdsplanen og analysen av vedlikeholdsoppgavene, som viser til hvilke gjenstander som skal fjernes og erstattes på hver vedlikeholdslinje og lokasjon.

Antallet reservedeler baseres på følgende:

- Reservedeler som er nødvendige for å utføre forebyggende vedlikehold (deler som etterfylles periodisk).
- Reservedeler som er nødvendige for å kompansere for forbruket ved reparasjoner og for ledetider ved etterforsyning.
- Reservedeler som er nødvendige for å erstatte reparerbare deler som er blitt kasserte.

Figur 4.12 viser prosessen ved utvelgelse av reservedeler.



Figur 4.12 Prosessen for reservedelsutvelgelse /7/

Som vist på figuren, blir først MSA-data brukt til å beregne reservedelene og optimale beholdninger basert på vedlikeholdsplanen og analysen av vedlikeholdsaktivitetene. De foreslåtte beholdningene blir så vurdert med tanke på risiko for tomgang, etterfyllingshastigheter og kostnader. Det utarbeides en plan for forsyningsstøtte som dekker både fasene pre-operativ og fullt operativ vedlikeholdstøtte. Dette arbeidet er et ganske sammensatt problem med mange faktorer på hver side av "vektskålen".

Det er ofte mulig å oppnå kostnads- og garantifordeler ved bestilling av reservedeler sammen med hovedmateriellet. Slike forhold må vurderes nøye ved gjennomgang av de foreslåtte reservedels-beholdningene. Reservedeler og utvelgelse omtales videre i kapitlene 4.4 og 4.5.

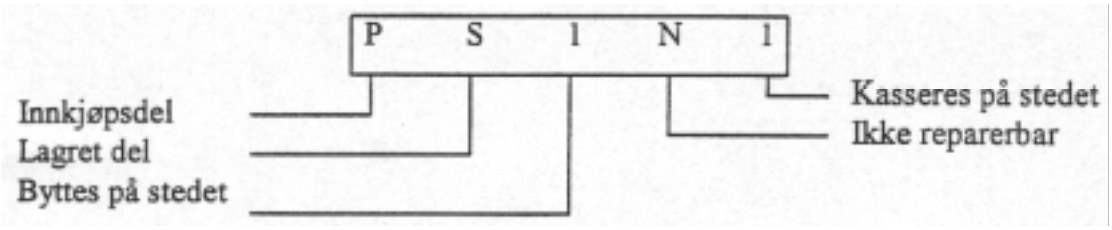
Alle reservedeler skal være utstyrt med en unik identifikasjon (konfigurasjonskoder) som klart og tydelig viser hva slags utstyr, sammenstilling og delsammenstilling de tilhører.

Kilde, vedlikeholds og gjenbrukskoder (SMR-codes)

Under anskaffelsesprosessen bør en SMR-kode (Source, Maintenance and Recoverability) utarbeides og tildeles hver enkelt del. SMR-koden er koblingen mellom vedlikeholdstøtteanalysen (MSA) og brukeren av systemet. Koden beskriver den vedtatte vedlikeholdsplanen og inneholder 5 eller 6 sifre eller bokstaver. Bruk av SMR-koding er utbredt i USA /11/. Et eksempel hentet fra /7/ (figur 4.13) viser en femdelt kode der:

- 1. og 2. tegn
  Kilde og rammefaktorer når delen skal anskaffes, slik som lagret eller innkjøpsdel, standarddel eller spesielt tilvirket lokalt.
- 3. og 4. tegn
  Vedlikeholdsidentifikasjon og det laveste vedlikeholdsnivå som har myndighet til å fjerne, bytte og bruke delen, og hvem som skal reparere den.
- 5. tegn
  Delens gjenbruksmuligheter, om den kan kastes, er brukbar i mindre kritisk utstyr eller er reparerbar.

Eksempel på SMR-kode:



Figur 4.13 Eksempel på SMR-kode /7/.

Fordelene med en slik koding er åpenbare. Dette er informasjon på en kompakt form som sikrer at innholdet i vedlikeholdsplanen kan tas til følge når materiellet tas i bruk. Brukeren av materiellet kan på stedet ta avgjørelser om hva som kreves av ressurser og kompetanse for å utføre vedlikeholdet, hvor delen eventuelt skal forsendes og hvor nye deler kan skaffes.

Materiellet må merkes synlig og tydelig og på en slik måte at koden ikke uten videre kan fjernes.

4.3.7.2 Test og støttemateriell

Alt materiell som kreves for vedlikehold, service og inspeksjon av et system, men som ikke er avgjørende for selve systemets drift, kalles støttemateriell. Type og antall av slikt materiell er avhengig av støttearbeidets art. Dette materiellet er nødvendig for å overvåke driften av systemet, utføre spesielle tester for å kontrollere om driftsparametrene er innenfor gitte grenser og for å påvise

og lokalisere feil i deler og komponenter. Støttemateriell kan være alt fra svært avansert elektronisk testutstyr til standard verktøy.

Dette materiellet må merkes på samme måte som hovedmateriellet.

4.3.7.3 Konsekvenser for reservedeler

Støttemateriellet trenger selv etterforsyning og vedlikehold. Behovet for reservedeler til støttemateriellet må tas med når reservedeler skal anskaffes. Behovet dokumenteres i MSA og anskaffes etter samme retningslinjer som reservedeler til hovedmateriellet.

4.3.7.4 Konsekvenser for Hæren

Hæren nytter pr. i dag ikke SMR-koder på delemateriellet, men det arbeides med innføring av lignende koding på materiellet. Dette bør innføres for å koble vedlikeholdsplanen direkte opp mot brukeravdelingene. SMR-koder vil forenkle identifisering av vedlikeholdshandlinger og flyt av materiell.

Oppsummering

I dette kapittelet er det beskrevet hvordan en vedlikeholdsplan utarbeides. I denne inngår de nødvendige ressurser til vedlikeholdsstøtte, deriblant reservedeler som det er lagt vekt på å se konsekvensene for.
Beskrivelsen som her er gitt er på et nokså overordnet nivå (sammenliknet med f.eks MIL-STD-1388) og er i hovedsak basert på sivile standarder (IEC).

CM/LCC-prosjektet i Forsvaret vil gå langt mer detaljert inn i dette og fremskaffe verktøy samt utvikle nødvendige prosedyrer for dette.

4.4 Reservedeler og lagerstyring

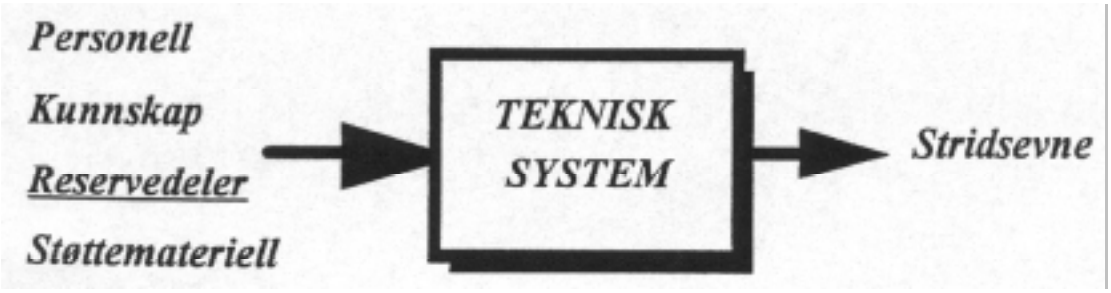
Hensikten med dette kapitlet er å belyse emnet om reservedeler på en måte som setter det i et riktig perspektiv i forhold til en LCC/LCP-analyse. Innholdet i dette kapitlet er i hovedsak hentet fra /2/, /3/, /5/, /6/, /15/, /16/, /21/ og /23/.

4.4.1 Behovet for reservedeler

Reservedelen er det viktigste forsyningselementet i logistikksystemet. Uten reservedeler for å erstatte deler som har sviktet eller som trolig vil svikte, blir en gjenstand raskt ute av operativ stand. Svikt skaper behovet for reservedeler, men svikt er vilkårlige hendelser, dermed blir også behovet for reservedeler vilkårlig. Reservedelsprosessens vilkårlige natur forhindrer ikke behovet for anskaffelse og distribusjon av diskrete antall deler.

De aller fleste tekniske systemer som er i drift over et "lengre" tidsrom, vil bli utsatt for en eller annen form for svikt. Svikt kan i alvorlige tilfeller føre til nedsatt eller bortfall av systemfunksjon. I andre tilfeller kan enkle komponenter eller delsystemer svikte uten at dette direkte påvirker systemets ytelse. Dette vil være aktuelt når slike delsystemer har redundans. Systemets totale funksjonssannsynlighet vil likevel avta når enkeltkomponenter svikter.

For å rette opp svikt trenger man å reparere eller skifte ut komponenter. Dette betyr at nye deler må ta plassen til de som har sviktet. Man ønsker som regel at systemet skal være "nede" så kort tid som mulig av økonomiske eller sikkerhetsmessige hensyn. Dette vil ofte rettferdiggjøre at man legger opp lager av visse deler i tilknytning til det tekniske systemet (figur 4.14).



Figur 4.14 Eksempel på input og output av et teknisk system.

Det er klart at uten tilgang på reservedeler så vil systemer som før eller siden bryter sammen ikke kunne repareres, med økonomiske tap, tap av stridsevne eller tap av menneskeliv som resultat. Reservedelene er således en meget viktig del av det tekniske systemet og krever omtenksom planlegging. Kostnadene med å anskaffe og lagre reservedeler er store. Det vil derfor være lønnsomt å planlegge for at man lagrer en passelig mengde av de nødvendige reservedelene på de riktige stedene.

Reservedelsbehovet er i utgangspunktet bestemt av systemets vedlikeholdskonsept og blir således

definert og rettferdiggjort gjennom vedlikeholdsstøtte-analysen (MSA/LSA).

Reservedeler kan være både reparerbare og ikke-reparerbare deler, samt forbruksvarer som f.eks olje og drivstoff. Utfordringen blir altså å avgjøre:

- Hvilke reservedeler skal lagerføres? (**Type**)
- Hva er den optimale lagerstørrelsen for de enkelte reservedelene? (**Antall**)
- Hvor i organisasjonen skal de enkelte reservedelene plasseres? (**Allokering**)

Reservedelsbeholdninger er funksjoner av etterspørsel og er bestemt av behov som oppstår:

- Reservedeler som dekker behov ved at en virkelig gjenstand byttes som følge av korrigerende eller forebyggende vedlikehold.

- En ekstra reservedelsbeholdning som kompensasjon for reparerbare deler som er til vedlikehold og en eventuell kø av slike deler på vedlikeholdslokasjonene.

- En ekstra reservedelsbeholdning som kompensasjon for nødvendig ledetid ved bestilling og anskaffelse av deler på ulike vedlikeholdsnivå.

- En ekstra reservedelsbeholdning som kompensasjon for kondemnering og skraping av reparerbare deler.

- En ekstra reservedelsbeholdning som skal sikre mot tomgang når etterspørselen er av usikker størrelse.

Spesielt viktig er det å bestemme reservedelsbehovet som oppstår som følge av utskiftninger under utførelsen av korrektivt vedlikehold. Hovedfaktorene i denne prosessen vil være:

- Påliteligheten til den aktuelle delen som skal lagres/skiftes.
- Antallet av slike deler som er i bruk.
- Krav til tilgjengelighet for den aktuelle delen.
- Hvor kritisk delen er med tanke på at systemet skal kunne utføre sine oppgaver tilfredsstillende (kritikalitet).
- Miljøet delen skal operere i.

4.4.2 Klassifisering av reservedeler

Det finnes en rekke måter å skille mellom ulike kategorier av reservedeler. Reservedeler er ikke noen ensartet gruppe materiell. Enkelte deler er svært kostbare, andre er metervare. Dette fører til at ulike deler må behandles på ulike måter, kanskje etter ulike lagermodeller og anskaffelseskriterier. Hvilken måte som skal nyttes i hvert tilfelle vil avhenge av det aktuelle systemets driftsvilkår, krav

til driftsregularitet, miljø, sikkerhet, kvalitet og økonomi.

Klassifiseringer:

1. **Reservedelens verdi:** Man bestemmer en kroneverdi som skiller mellom deler av høy og lav verdi. Filosofien er å holde rikelig med deler av lav verdi på lageret, mens deler av høy verdi behandles restriktivt. Anvendelse av 20/80-regelen vil være vanlig, men å skille mellom flere verdigrupper kan i spesielle tilfeller være aktuelt (A-, B- og C-deler).

2. **Reservedelens levetid:** Det er vanlig å skille mellom deler som har levetid minst like lang som utstyret og deler med levetid vesentlig kortere enn utstyrets. I de fleste tilfeller, ved normale driftsforhold, vil det kun være aktuelt å lagre deler fra den sistnevnte kategorien. I sammenhenger der utstyret utsettes for ekstreme påkjenninger vil man av beredskapsgrunner også kunne forsvare å holde enkelte deler av den første kategorien.

3. **Delens kritikalitet for systemet den opererer i:** Normalt vil man skille mellom følgende kategorier. Deler som ved å feile:

   - vil medføre en sikkerhetsrisiko for systemet/omgivelsene
   - vil medføre en miljørisiko for systemet/omgivelsene
   - vil påvirke systemets tilgjengelighet
   - vil nedsette funksjonsevnen til systemet
   - ikke vil påvirke funksjonsevnen til systemet

   En slik inndeling vil si noe om den relative viktigheten av at delen er tilgjengelig for vedlikeholdspersonellet.

4. **Statistisk regelmessighet i delens forbruk:** Man skiller mellom deler med regelmessig forbruk og deler med tilfeldig forbruk. Det finnes gode lagerstyringsmodeller ved regelmessig forbruk, mens tilfeldig forbruk ofte fører til lagerhold basert på skjønn og erfaringsverdier.

5. **Reservedelens karakter og spesialitet:** Man kan skille mellom tre kategorier:

   - Spesielle reservedeler
   - Generelle reservedeler
   - Forbruksmateriell

   Spesielle deler er deler tilvirket for kun en bestemt utstyrstype, mens generelle deler er standarddeler. Behovet for lager er bestemt av flere forhold avhengig av organisasjonens innkjøpsfilosofi. Generelle reservedeler og forbruksmateriell kan være lett å anskaffe, slik at lagrene kan begrenses i stor grad. Lager av spesielle reservedeler vil komme an på leverandørgarantier og om produksjon av delene er et engangsforetak. Er det siste tilfelle kan

det være aktuelt å anskaffe slike deler for å dekke forbruket over hele produktets levetid.

6. **Om reservedelen er reparerbar eller ikke reparerbar:** I slike tilfeller vil det ligge en økonomisk vurdering til grunn for om delen skal repareres eller kasseres når det har oppstått svikt. Dersom en del kan skiftes ut og kasseres ved svikt, vil dette kreve mindre kunnskaper om vedlikehold og reparasjonen kan utføres på et så lavt nivå som mulig.

4.4.3 Størrelse og sammensetning av reservedelslageret

Det er en rekke faktorer som vil kunne påvirke type og antall av reservedeler, som skal være til stede på de ulike reservedelslagrene. I /2/ nevnes følgende faktorer:

Tidsrelaterte faktorer

- **Leveringstid** - (eller ledetid) den tiden det tar fra delen bestilles til den er bestilleren i hende. Lang leveringstid krever større reservedelsbeholdning.

- **Reparasjonstid** - tiden det tar å utføre reparasjon av en del som har sviktet (forutsatt at den er reparerbar). Lang reparasjonstid krever flere reservedeler i systemet.

- **Tid fra feil oppstår til svikt inntreffer** - delens degraderingshastighet, om delen må skiftes straks eller om feilen er mindre kritisk. Dersom svikt inntreffer raskt krever dette høy tilgjengelighet på reservedeler.

- **Maskinens restlevetid** - hvor mange deler vil forbrukes i den gjenstående levetiden (forbruket kan øke mot slutten, men man ønsker ikke å sitte igjen med deler man ikke får brukt).

- **Driftstid pr. døgn og uke** - påvirker delens levetid i forhold til kalendertid.

- **Mulig nedetid uten produksjonstap** - dersom delen ikke er direkte kritisk for produksjonen (tap av ytelse), men må skiftes pga. at systemets tilgjengelighet er redusert (vil være tilfelle i systemer med redundans). Kortest mulig nedetid krever høy tilgjengelighet på reservedeler.

Kostnadsrelaterte faktorer

- **Kostnader ved stopp uten produksjonstap** - kostnader forbundet med reparasjon i tilfeller som i punktet over (kan haste). Kan reduseres ved høy tilgjengelighet på reservedeler.

- **Kostnader ved produksjonstap pr. tidsenhet** - kostnader forbundet med reparasjon og tap

av inntekter ved at produksjonen er redusert eller nede. Kan reduseres ved høy tilgjengelighet på reservedeler.

- **Kostnader ved ulykker og miljøskader -** det kan oppstå store kostnader som følge av ulykker og miljøutslipp. Sannsynligheten for at dette skal skje reduseres ved riktig vedlikehold, gjerne ved skifting av kritiske komponenter (forebyggende vedlikehold).

- **Reparasjonskostnad** - kostnad ved reparasjon av den aktuelle delen som er sviktet. Kan reduseres gjennom vedlikeholdstilpasning av reservedeler i konstruksjonsfasen, og gjennom valg av riktig reparasjonspolicy.

- **Lagerkostnad** - kostnader forbundet med å oppbevare deler og kostnader som oppstår som følge av at deler forringes med tiden. Minimaliseres ved å lagre riktig mengde av de riktige reservedelene på riktig sted.

- **Anskaffelsespris** - hvor mye det koster å kjøpe en ny del. Kan påvirkes gjennom kvantums-rabatter og ved å kjøpe reservedeler samtidig med hovedmateriellet.

Kontrollrelaterte faktorer

- **Bruk av tilstandskontroll** - metoder for kontroll av om delen eller systemet fungerer tilfredsstillende. Kan redusere vedlikeholdskostnadene ved at delene skiftes ut rett før feil antas å kunne oppstå. Påvirker reservedelsforbruket. Nyttes i hovedsak på deler som anses kritiske for systemet.

- **Kontrollfrekvens** - hvor ofte delens tilstand kontrolleres. Hyppige kontroller reduserer sannsynligheten for at en del skal svikte mellom to kontrolltidspunkt.

Mengderelaterte faktorer

- **Antall identiske deler på utstyret -** vil påvirke forbruket av samme type deler.

- **Antall like maskiner i drift -** vil påvirke forbruket av samme type deler.

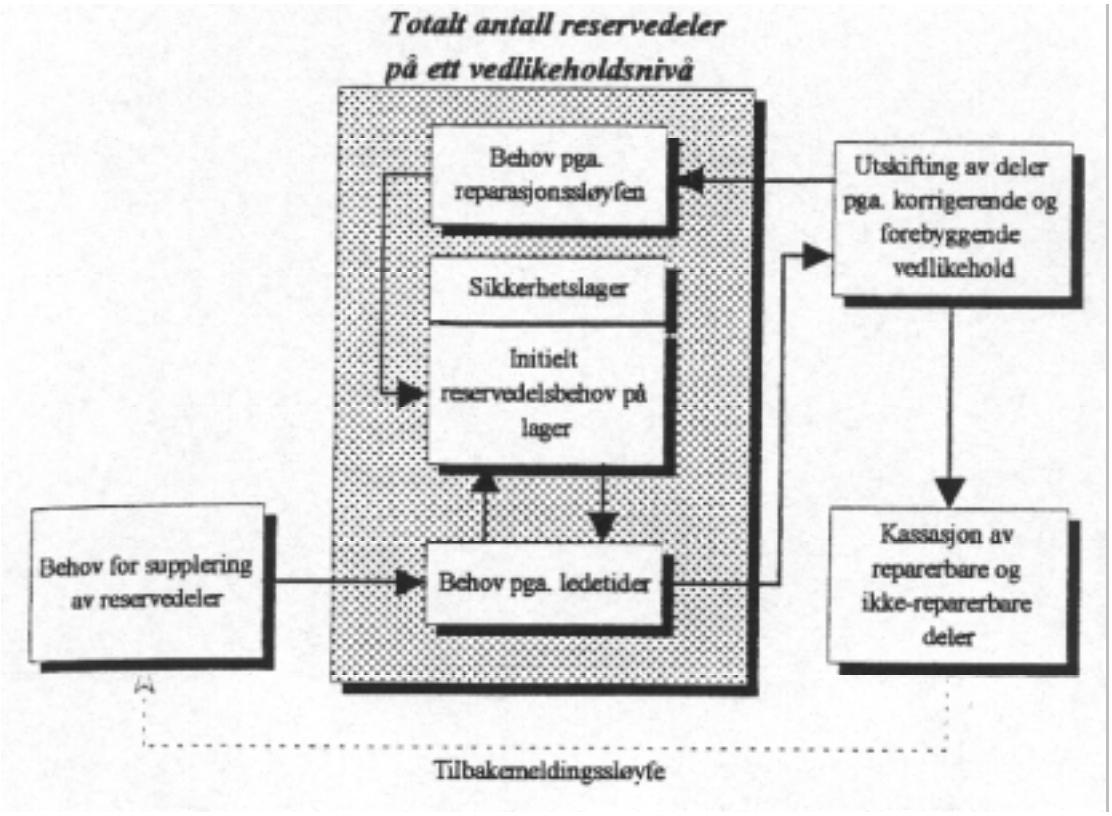
Driftssikkerhetsfaktorer

- **Reparasjonsmuligheter** - om det lar seg gjøre å reparere delen eller om den må kasseres.

- **Sannsynlighet for skade som funksjon av driftstid -** vil typisk øke for deler utsatt for slitasje.

Slike data vil være output av analysene som bør gjennomføres i forbindelse med vedlikeholds-

planleggingen. For å komme videre trenger man modeller for å estimere reservedelsbehovet, se figur 4.15.



Figur 4.15 Totalt reservedelsbehov på et reservedelslager

4.4.4 Lagrenes plassering i organisasjonen

I de fleste organisasjoner vil det være en avveining mellom ønsket om størst mulig tilgjengelighet på deler og ønsket om å redusere kostnadene ved lagerhold. Man må derfor finne en balanse mellom disse ønskene ved å foreta en fullstendig kostnadsanalyse av situasjonen. I praksis må lagrene optimaliseres for å tilby en så god service som mulig innenfor den nedetid som kan tillates og det kostnadsnivå som er akseptabelt.

Vanligvis blir reservedelslagre lagt på de stedene der vedlikeholdet utføres, men kan også være selvstendige enheter:

1. Driftslager

- Sammen med utstyret til bruk for brukeren eller forbeholdt vedlikeholdspersonellet avhengig av vedlikeholdspolicyen i organisasjonen.

2. Mellomliggende lager

- Sammen med vedlikeholdspersonellet i egne skap eller i et kjøretøy dersom vedkommende er mobil.

- På et lokalt lager tilgjengelig for et antall ulike vedlikeholdere (ved verksted).

3. Sentralt lager (depot, arsenal)

- På et sentralt lager der delene enten distribueres direkte til vedlikeholderens arbeidssted eller via et lokalt lager.

4. Ekstern leverandør

- Delene kjøpes inn direkte fra lokal leverandør dersom dette er lønnsomt. Det er viktig at leverandørens lager stilles de samme krav til som ens egne.

På hvert nivå bør det settes et mål som effektiviteten i forsyningen kan måles opp mot. En metode som brukes er en såkalt LOLOS-faktor (LOgistics Level Of Service). En LOLOS på 98% betyr at etterspørsel etter deler kan tilfredsstilles i 98 av 100 tilfeller. De to gjenværende delene må forsynes fra et høyere nivå. (Se kapittel 4.5.3).

Det overordnede målet for lagerhold må derfor være å minimalisere de direkte og indirekte lagerkostnadene, mens vedlikeholderen tilbys det høyest mulige nivå av forsyningstjeneste. Dette kan bare oppnås ved oppmerksomhet på alle kostnadselementer, veloverveid valg av reservedeler, lagernivåer og ordrestørrelser.

4.4.5 Reservedelslagre i Hæren

I Hæren opererer man med to adskilte typer reservedelslagre. Den ene lagertypen kalles regulativ, den andre kalles driftslager.

- **Regulativet** er deler som er lagret av beredskapsmessige grunner - et mobiliseringslager. Dette lageret styres ikke etter bedriftsøkonomiske prinsipper. Lageret er sammensatt med tanke på stridsmessige forhold og forutsettes å kunne være i stand til å forsyne avdelingene med deler i et visst antall dager.

- **Driftslageret** er lagre som betjener den daglige fredsdriften av materiellet i Hæren. Dette lageret skal drives etter bedriftsøkonomiske prinsipper. Lagrene er fordelt utover i store og mindre enheter i regioner og ved avdelinger over hele landet.

Dette vil si at lagrene ikke har noen tilknytning til hverandre. Driftslageret inngår ikke i regulativet ved mobilisering pr. i dag. Dette er imidlertid noe som burde vært tatt opp til vurdering.

4.4.6 Kostnadene ved lagerhold av reservedeler

Bevegelsene til beholdningene i lagersystemet kan enten skje til en standard kostnad eller, dersom systemet sees på som et profittsenter, vil en prisøkning på delene bli lagt til for å ta hensyn til

overføringskostnader. Kostnadene forbundet ved innkjøp og lagring av reservedeler kan deles inn i følgende grupper:

1. Beordringskostnader

- Ordre- og administrasjonskostnader
- Transportkostnader

2. Lagerholdskostnader

- Den avkastning av beløpet investert i beholdninger som kan oppnås på det frie kapitalmarkedet
- Kostnadene ved å eie/leie lagerlokaler
- Forsikringskostnader
- Lagersystemets drifts- og vedlikeholdskostnader

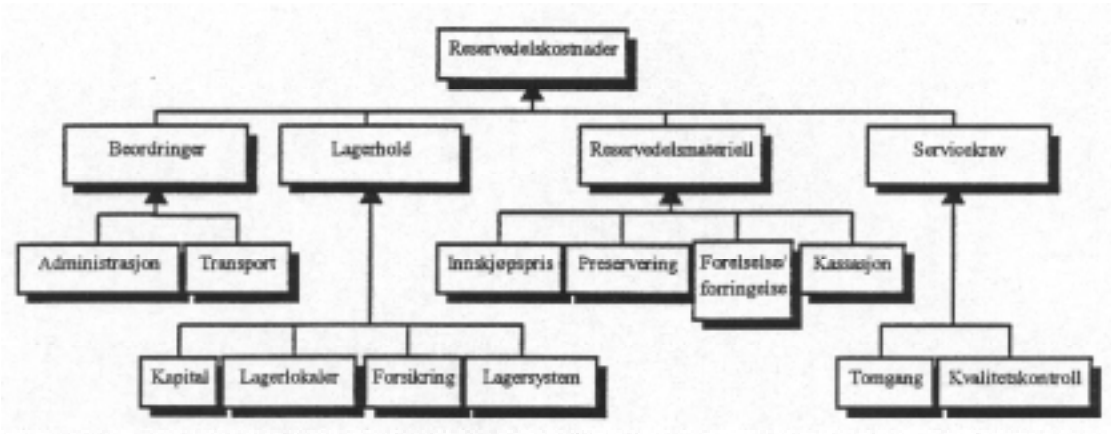
3. Materiellkostnader

- Reservedelenes innkjøpskostnad
- Kostnader til preservering av reservedeler
- Kostnader forbundet med forringelse og foreldelse av beholdninger
- Kassasjonskostnader

4. Tomgangskostnader eller servicekrav

- Kostnader som oppstår som følge av at deler ikke finnes på lageret når de etterspørres (f.eks kostnader ved spesialbestilling av en manglende del)
- Kostnader til kvalitetskontroll

Tomgangskostnadene kan bli omfattende, men er ofte vanskelige å bestemme da kostnader som følge av tomgang kan oppstå på mange ulike steder i systemet. I stedet kan man bestemme et servicenivå for lageret og bestemme tomgangskostnader ut i fra kostnad av sannsynlig tomgang. Se figur 4.16 for kostnader ved lagerhold av reservedeler.



Figur 4.16 Nedbryting av reservedelskostnader

En tommelfingerregel sier at årlige kostnader til lagerhold tilsvarer 25% av verdien til hver enkelt del /5/. (Jfr. For-Ma hvor det benyttes 2% som lagerkostnad, se pkt. 3.1).

4.4.7 Styring av reservedelsbeholdninger

Det finnes i dag en rekke ulike beordringssystemer i bruk og disse er godt dokumenterte i tilgjengelig litteratur. Reservedelslagre er typiske distribusjonslagre. De beordringssystemene som tradisjonelt betraktes som best egnet for styring av reservedelsbeholdninger er de lagerstyrte systemene.

Det finnes to hovedgrupper av beordringssystemer - konvensjonelle og spesielle. En oversikt over tilgjengelige systemer kan være som følger:

A. Konvensjonelle beordringssystemer:

1. Lagerstyrte systemer

- Bestillingspunktsystemet, (R,Q)-system, kontinuerlig inspeksjon.
- Bestillingspunktsystemet, (s,S)-system, periodisk inspeksjon.
- Etterfyllingssystemet, S-systemet, periodisk inspeksjon.

2. Programstyrte systemer:

- Individuell komponentbeordring
- Periodisk partibeordring
- Periodisk partibeordring - kort planleggingshorisont
- Standard partibeordring
- Max-min beordring

3. Kundeordrestyrte systemer:

- Prosjektstyring
- Jobb-beordring

B. Spesielle beordringssystemer:

- Basislagersystemer
- Syklisk beordring
- Kan-ban beordring
- Kanibalsystemer

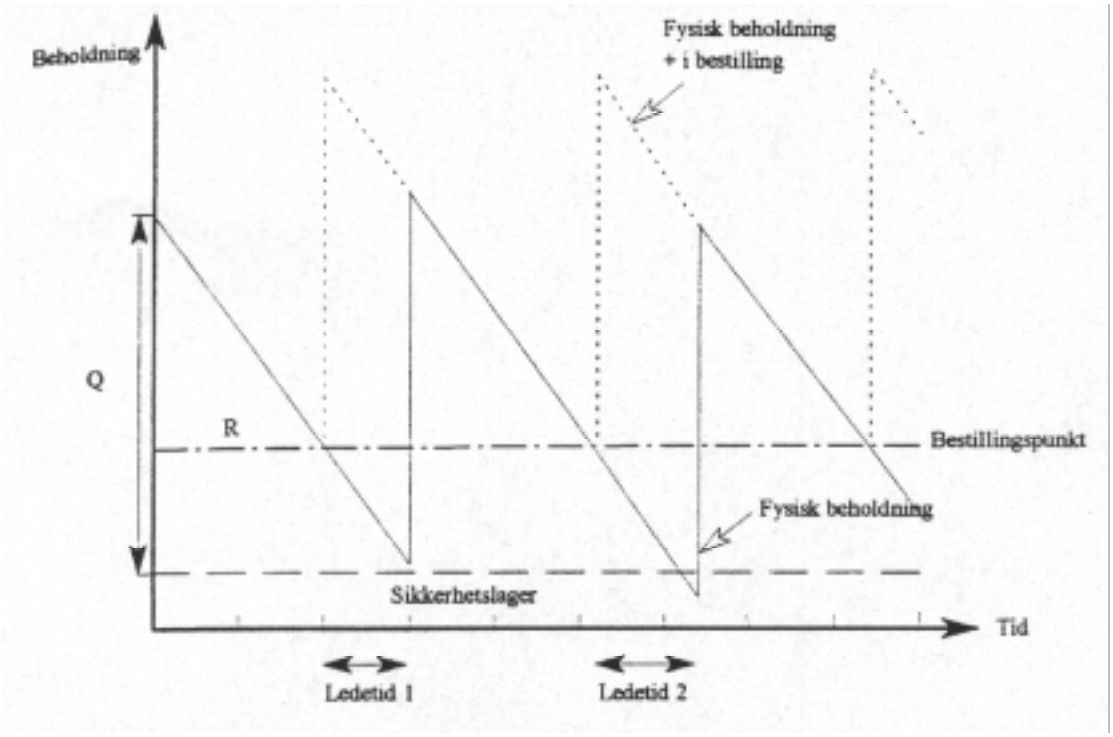
Av beordringssystemene som er nevnt over vil diskusjonen her begrenses til et lagerstyrt system og kanibalsystemet.

4.4.7.1 Lagerstyrte systemer

(R,Q)-systemet er et eksempel på et bestillingspunktsystem som er egnet for bruk sammen med dataregistrering av beholdningsnivåene - dvs. kontinuerlig overvåkning. En modell er skissert i figur 4.17.

Når lagerbeholdningen når bestillingspunktet R, bestilles en ordre av størrelse Q. Ledetiden vil kunne variere og rettferdiggjør et sikkerhetslager mot tomgang. Maksimal fysisk beholdning og deler i bestilling vil ikke overstige R + Q.

Bestillingspunktsystemet er best egnet når lageruttakene er relativt små og konstante over tiden. Systemet er oversiktlig og lett å holde styr på, og er egnet for mange typer av reservedelsmateriell. Store eller kostbare reservedeler med lang omsetningshastighet, kan tenkes å behandles bedre f.eks ved individuell komponentbeordring.



Figur 4.17 Bestillingspunktsystem (R,Q) /15/.

4.4.7.2 Koplede bestillingspunktsystemer

Tradisjonelt har reservedelslager vært styrt med hjelp av bestillingspunktsystemet, ved periodisk partibeordring eller kombinasjoner/variasjoner av disse. Man baserer seg på telling av beholdningene, forventet forbruk og beordring av et parti av kostoptimal størrelse.

Slike beordringssystemer har den åpenbare svakhet at de styres etter forventet/planlagt lagerutgang og ikke etter den aktuelle ordreinngangen fra lagerets kunder. På grunn av dette ønsker man på hvert lagernivå i en organisasjon å sitte med et sikkerhetslager for å unngå tomgang som følge av

endringer i etterspørselen. Slike sikkerhetslagre har en tendens til å vokse og binder opp mye kapital.

Å styre lagrene etter aktuell ordreinngang er først og fremst et informasjonsteknisk problem. I det en del tas ut av et lager må melding om dette gå til alle lagre på høyere nivåer slik at disse registrerer det delebehov på 1 del ved sitt underordnede lager. Man må likevel ha et sikkerhetslager som dekker forbruket i ledetiden før delen igjen ligger på lageret.

Et slikt system er en mellomting mellom et bestillingspunktsystem og et basislagersystem. Lagerets beordringsimpuls utløses ved at det underordnede lageret har et delebehov tilsvarende partistørrelsen. Legges forholdene til rette for å redusere ledetidene mellom lagrene, er det mulig å sitte med forholdsvis små sikkerhetslagre. Man vil kunne ha god kontroll med beholdningene og med distribusjonen av deler i hele organisasjonen.

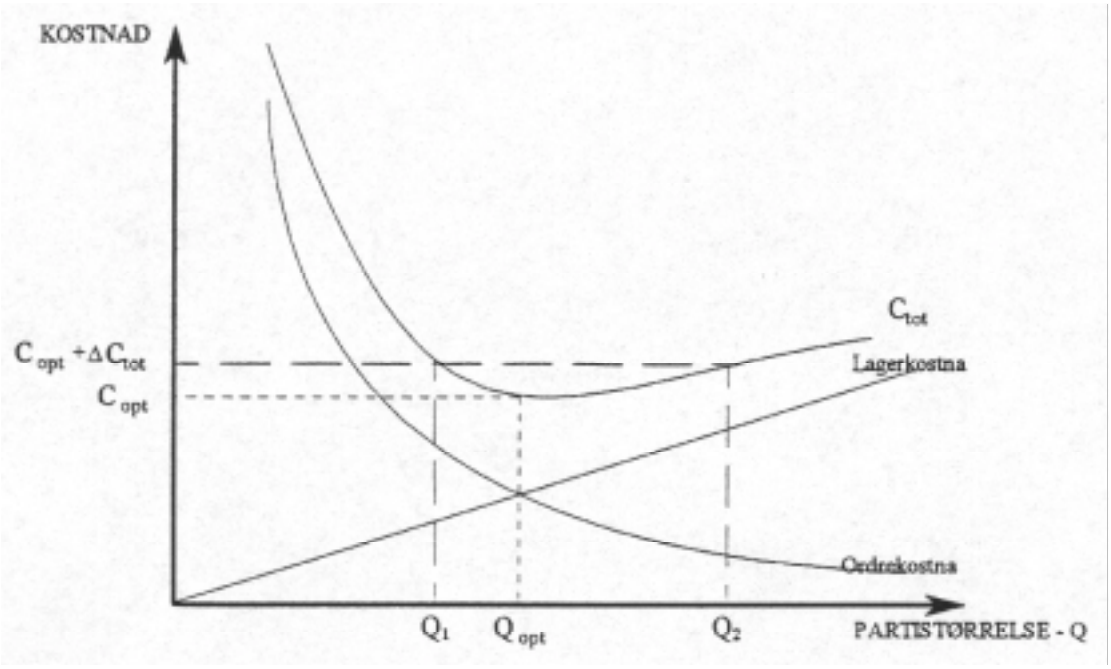
4.4.7.3 Kanibalsystemer

I tilfeller der antallet utstyrsenheter er stort, men tilgjengeligheten på reservedeler er liten, kan det være aktuelt at en eller flere enheter "ofres" for å skaffe deler til andre enheter som har sviktet. Denne fremgangsmåten kalles kanibalisme.

I en stridssituasjon vil dette være en realistisk måte å skaffe reservedeler på. Det kan økonomisk sett lønne seg å "lagre" reservedeler i en del utstyr som er i operativ stand, dvs. å kjøpe inn flere utstyrsenheter enn behovet strengt tatt tilsier. I stedet for å kjøpe inn 100 stridsvogner kjøper man inn 5 ekstra. Spesielle deler som kanontårn, hele motorer, belteaggregat, skrog og rammer kan være gunstig å lagre på en slik måte.

4.4.7.4 Kostoptimal partistørrelse - Q_o

Q_o beregnes ved å optimalisere partistørrelsene for ulike typer reservedeler med hensyn på de totale lagerholdskostnadene. I litteraturen er Wilsons formel (f.eks /29/) hyppig beskrevet, til tross for at denne er basert på urealistiske forutsetninger. Grunnene til at Wilsons formel ofte blir brukt er at den er enkel og at relativt store variasjoner i partistørrelsen rundt optimalpunktet gir relativt små utslag på kostnadene, se figur 4.18. Dette kan være uheldig da innkjøpskostnaden til delene i partiet ikke tas med i formelen.



Figur 4.18 Følsomhet i Wilsons formel /29/.

Wilsons formel:

$$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2\,C_0\,\bar{d}}{C_l}}$$ 5

der;

C_0 = ordrekostnader

C_l = lagerkostnader

$\bar{d}$6 = gjennomsnittlig forbruk (lageruttak) av reservedeler

Formelen bygger på følgende forutsetninger:

- Lageruttaket har et kjent konstant forløp
- Ordrekostnadene er uavhengige av partistørrelsen
- Lagerkostnadene er direkte proporsjonale med lagringstid og antall
- Det skjer en momentan innleveranse til lageret
- Tomgang av lageret inntreffer ikke

Det er mulig å modifisere formelen for å gjøre den mer realistisk ved å utvide den og eliminere noen av forutsetningene. En slik utledning vil ikke bli utført her.

4.4.7.5 Mottakskontroll av reservedeler

Når reservedelene ankommer lageret skal det kontrolleres om type, antall og teknisk kvalitet

stemmer med det som er avtalt med leverandøren.

Ved mottak av større partier vil det oftest lønne seg å foreta stikkprøver. Dette foregår etter en stikkprøveplan.

Stikkprøveplanen er entydig definert ved størrelsene:

- N - Antall deler av et bestemt produkt i partiet som skal kontrolleres
- n - stikkprøvestørrelsen, dvs. det antallet deler som kontrolleres
- c - akseptstørrelsen, dvs. det antallet vrak som aksepteres i stikkprøven

Dersom partiene er små eller består av kostbare eller svært kritiske deler, kan det være aktuelt å kontrollere hver enkelt del. Kostnadene for kvalitetskontroll vil da kunne bli store.

Mottakskontroll av reservedeler i Hæren

I Hæren blir reservedelene kontrollert når de overtas fra leverandøren. For de fleste materielltyper skjer dette ved Hovedarsenalet. Enkelte deler blir levert direkte til de regionale arsenalene og blir kontrollerte der. Om deler som blir kjøpt inn lokalt blir kontrollerte ved mottak, er uvisst.

4.4.8 Initielt reservedelslager

Det knytter seg som regel stor grad av usikkerhet til størrelse og sammensetning av reservedelslageret som må opprettes før eller samtidig med at et nytt system settes i drift. Ofte vil man ikke ha noen relevante forbruksdata å støtte seg til. Dette betyr at behovet for reservedeler må estimeres i tidsrommet mellom driftsstart og et tidspunkt når data for etterspørsel blir tilgjengelig i tilstrekkelig grad. Flere faktorer vil i tillegg påvirke størrelsen av lageret:

- Det kan knytte seg økonomiske fordeler til å kjøpe reservedeler samtidig med selve produktet.
- Det kan knytte seg usikkerhet til supplerende leveranser av spesielle deler.

Leverandørene vil ofte levere mest mulig reservedeler og argumenterer for dette. Å kjøpe inn deler det ikke er bruk for er bortkastede penger. Det kan derfor lønne seg for kunden å foreta en analyse av behovet. Dette kan gjøres ved hjelp av egnede dataprogrammer (jfr. kap. 5 og 6).

4.4.9 Vedlikeholdstilpasning og utvelgelse av reservedeler

Ved design av et produkt mhp vedlikeholdstilpasning er det hensiktsmessig å dele produktet/utstyret fysisk opp i mindre enheter. Det er to faktorer som ligger til grunn for å gjøre dette. Den ene vil avhenge av størrelse og vekt, og metoden som er valgt for installasjon og igangsetting. Den andre vil

ta for seg det å danne utskiftbare enheter.

4.4.9.1 Konseptet om enhetens laveste utskiftningsnivå

En enhet på laveste utskiftningsnivå kan være en enkelt del eller en sammenstilling av deler som er godkjent for utskiftning av personell som har et visst minimum av bestemte kunnskaper eller ferdigheter. Dette vil normalt være det laveste nivå hvor vedkommende kan påvise en feil og være sikker på at problemet er løst dersom delen skiftes ut. Slike utskiftningsnivåer blir ofte kalt 1., 2., 3., osv. linjes vedlikehold.

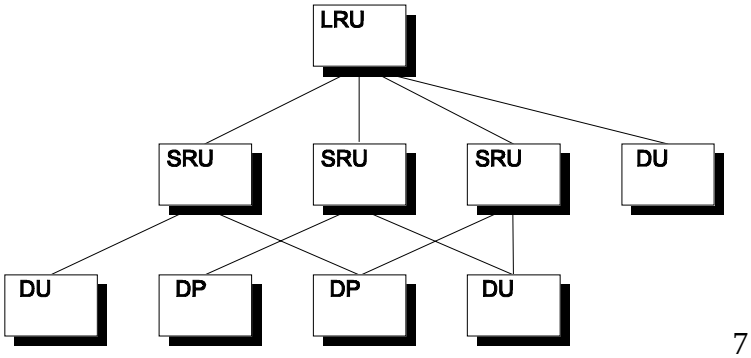
I litteraturen (bl.a. /25/) deles enhetenes utskiftningsnivåer ofte inn i:

- Utskiftbar på brukernivå - LRU (Line Replaceable Unit)
- Utskiftbar på verkstednivå - SRU (Shop Replaceable Unit)
- Kasserbar enhet uansett nivå - DU (Disposeable Unit)

En LRU kan bestå av flere typer SRU. LRU og SRU er enheter som forutsettes å kunne bli reparerte. I tillegg kan SRU igjen brytes ned i kasserbare enheter eller deler.

- Kasserbar del - DP (Disposeable Part)
- Kasserbar enhet - DU (Disposeable unit)

På denne måten er det mulig å bryte materiellet ned til en hierarkisk struktur som er egnet for bruk i databaserte modeller og programmer. Enhetene og delene tildeles entydige koder som gjør dem lett sporbare i materiellsystemet. Se figur 4.19.



Figur 4.19 Materiellstruktur med LRU og SRU.

Utvelgelse av deler for å bestemme LRU eller SRU vil avhenge av en eller flere av følgende faktorer:

- Vedlikeholdspersonellets evne til å avsløre feil
- Mulighetene for å påvise feil på selve utstyret
- Hvor grundig den dokumenterte vedlikeholdsstøtten er
- Hva slags verktøy og testutstyr som er tilgjengelig for vedlikeholdspersonellet
- Hvor lang tid det tar og hvor vanskelig det er å sette utstyret i stand

Ideelt sett bør hver LRU og under den hver SRU være deler som kan skiftes uten å påvirke innstillinger av andre deler og selv bør de heller ikke trenge slik innstilling når de settes på plass. På denne måten vil det ta kortere tid å skifte delene og vedlikeholdet vil koste mindre. Likedan bør man minimalisere antallet av deler som må fjernes for å få tilgang til delen som har feilet og sørge for at slike deler er enkle å ta av.

4.4.9.2 Reservedelsutvelgelse

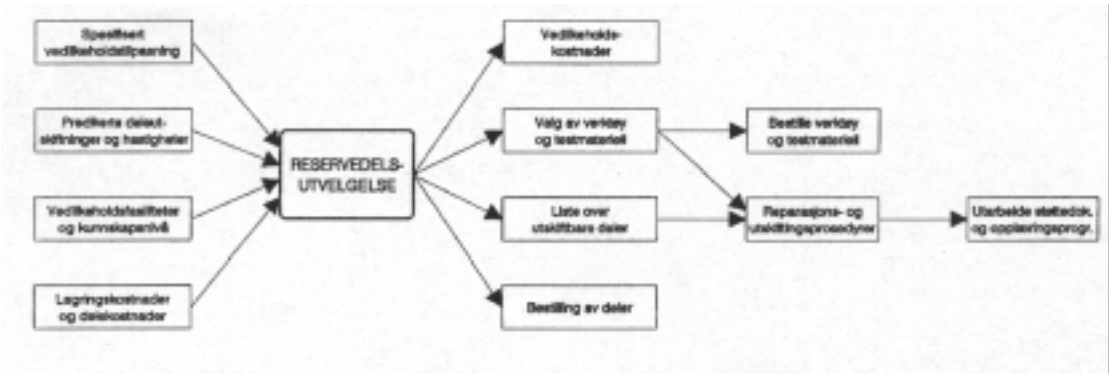
I følge tankegangen ovenfor er reservedeler og LRU/SRU/DU/DP synonymer. Inndelingene i LRU og SRU er med på å avgjøre hvor det er hensiktsmessig å lagre reservedelene, dvs. i tilknytning til de stedene der vedlikeholdet på disse enhetene utføres.

I tillegg til god vedlikeholdstilpasning er det også andre viktige kriterier som er med på å avgjøre hvilke reservedeler som bør velges ut. Disse kriteriene er:

- Reservedelenes innkjøps og lagringskostnad
- Reservedelenes predikerte utskiftningshastigheter
- Hvilke vedlikeholdsfasiliteter som er tilgjengelige
- Kunnskapsnivået til vedlikeholdspersonellet

De viktigste kriteriene ved valg av reservedeler, samt faktorer som i stor grad avhenger av dette valget er gjengitt i figur 4.20.

$$A(t) = \frac{MTTF}{MTTF + MDT}$$



Figur 4.20 Reservedelsutvelgelse og avledede aktiviteter /5/.

4.4.10 Lagerstyringsmodeller og fastsettelse av Q_0

Det meste av litteraturen, inklusive /29/, som behandler lager og reservedelsproblematikk ser på lagerstyring etter at førstegangsanskaffelse er gjennomført.
I disse lagerstyringsmodellene er det særlig ordrestørrelsen (Q) et stykke ut i driftsfasen ($t>t_0$) som er av interesse. Modellene behandler ofte ikke initiell reservedelsanskaffelse (Q_0) i anskaffelsesfasen ($t=t_0$). Denne delen av modellene (venstre side av figurene) er det ikke primært fokusert på.

Modellene kan imidlertid også benyttes for vurdering av antall reservedeler som skal anskaffes initielt (Q_0), og i det etterfølgende er det diskutert hvilke kriterier som skal legges til grunn ved fastsettelsen av et "optimalt" førstegangs reservedelslager, med basis i disse lagerstyringsmodellene, For-Ma studien og diskusjoner i prosjektmøtene.

Et viktig utgangspunkt er oppsplittingen av reservedelene i de 4 kategoriene av artikler som forslått i For-MA. Dette er basisen for modellene. Deretter er det forsøkt etablert de kravene/kriteriene som skal legges til grunn for fastsettelsen av beholdningen av hver av disse 4 typene reservedeler.

Figur 4.21 viser klassifiseringen av reservedelsartiklene. Det skilles mellom 4 kategorier av artikler:

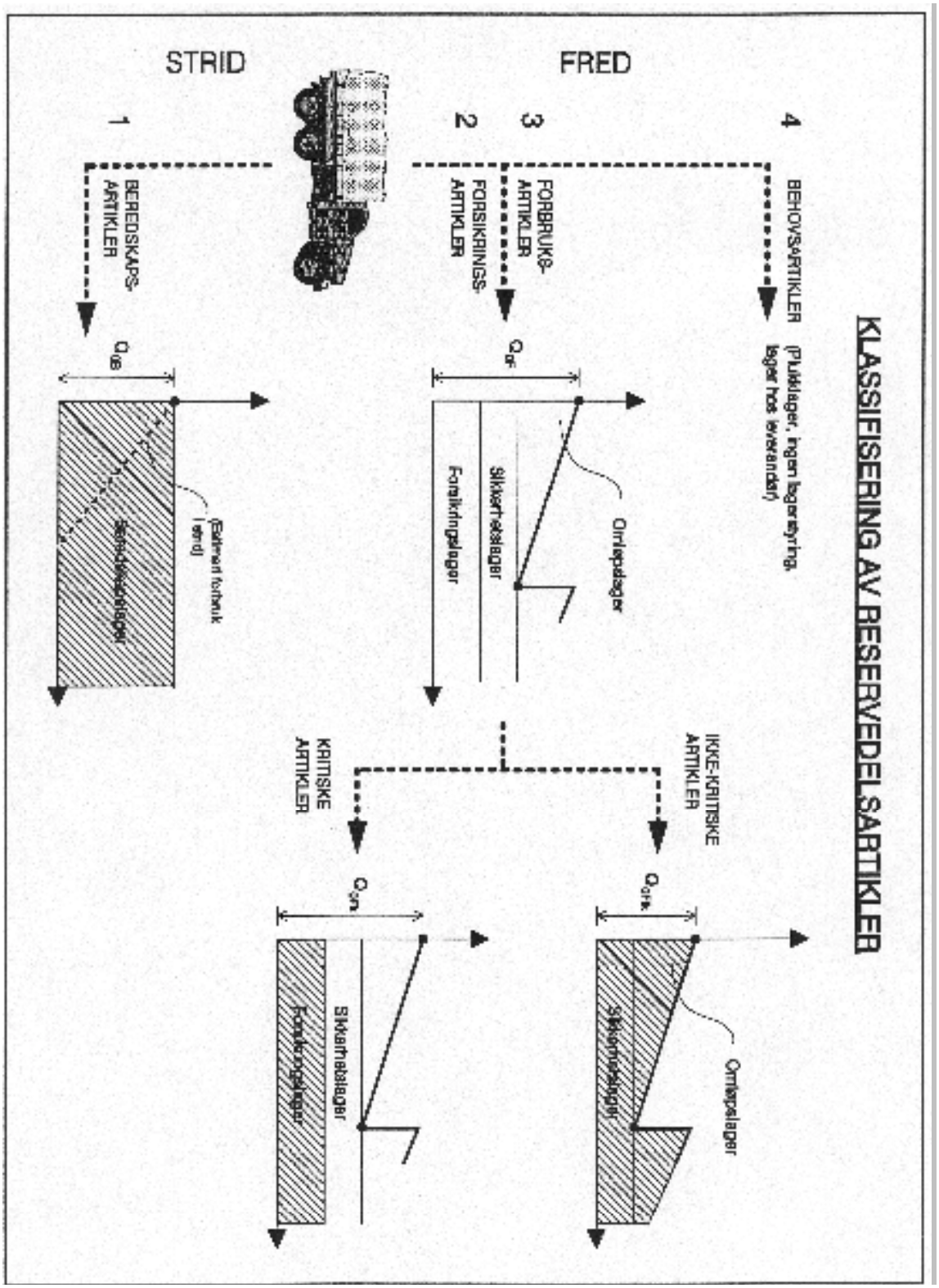
1. Beredskapsartikler
2. Forsikringsartikler
3. Forbruksartikler
4. Behovsartikler

Videre er det illustrert i figuren at forsikringsartikler er kritiske artikler.

For-MA sier følgende om disse 4 typene reservedelsartikler:

"- beredskapsartikler; ikke forbruk i fredstid, stridsviktig materiell, lagres adskilt
- forsikringsartikler; forbruk i fredstid, funksjonskritisk, stridsviktig, beholdning sperres
- forbruksartikler; forbruk i fredstid, lagres etter bedriftsøkonomiske prinsipper
- behovsartikler; lagres ikke i Forsvaret, anskaffes ved behov

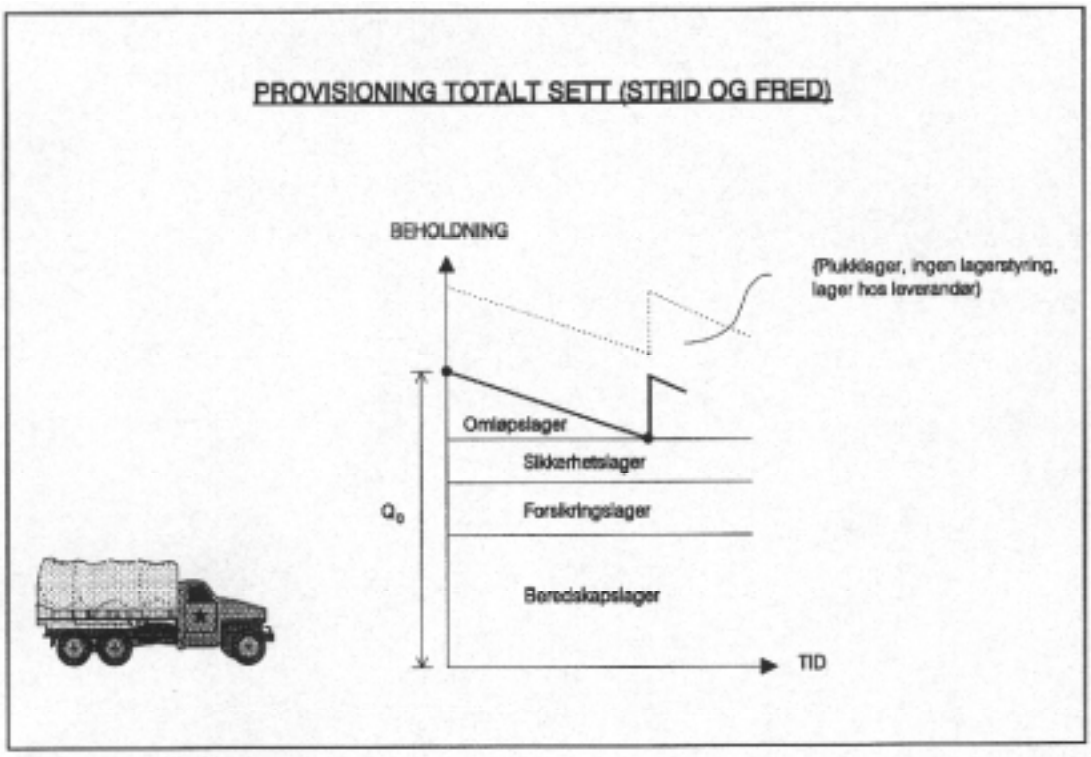
De 2 førstnevnte kategorier er av en karakter hvor man ikke vurderer lageropplegg bedriftsøkonomisk."



Figur 4.21 Klassifisering av reservedelsartikler iht. forslag i For-Ma studien

Figur 4.22 viser provisioning totalt sett (strid og fred) med følgende aktuelle lager:

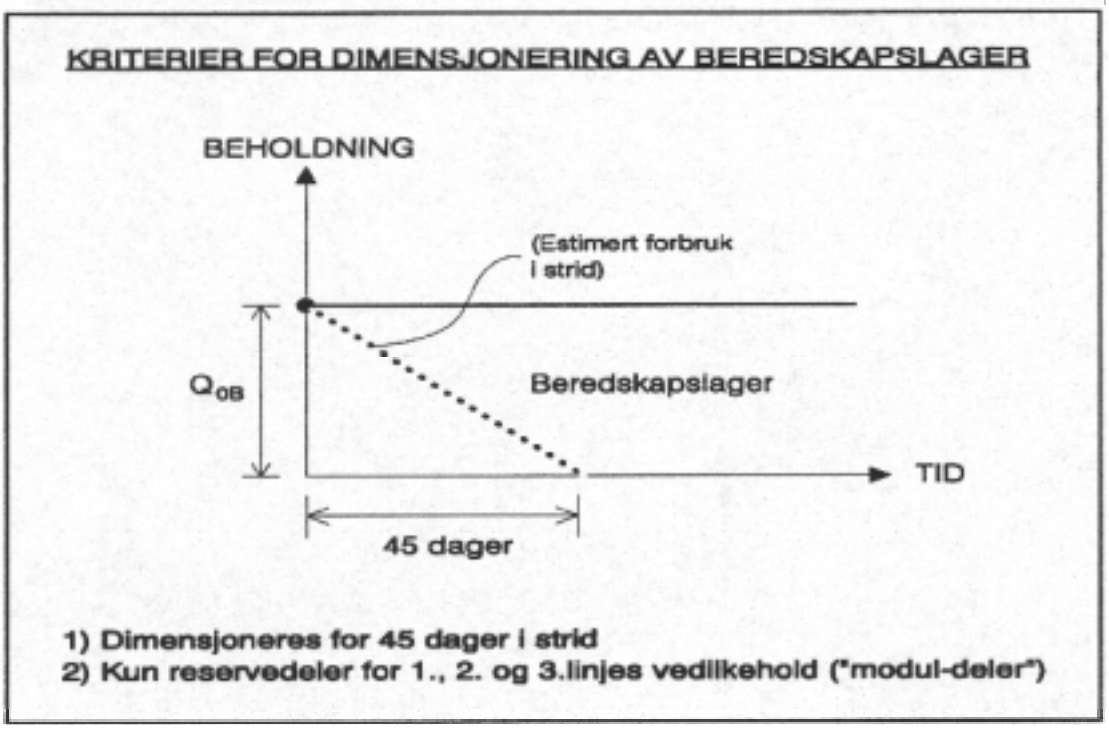
Beredskapslager (mob.lager/regulativ, "alle" typer artikler)
Forsikringslager (driftslager, kritiske artikler)
Sikkerhetslager (driftslager, forbruksartikler/"reserve")
Omløpslager (driftslager, forbruksartikler/"normalt forbruk")
Plukklager (leverandørlager, behovsartikler)



nvilken grad
om en del av
tslager (som
kringslageret
er derfor det

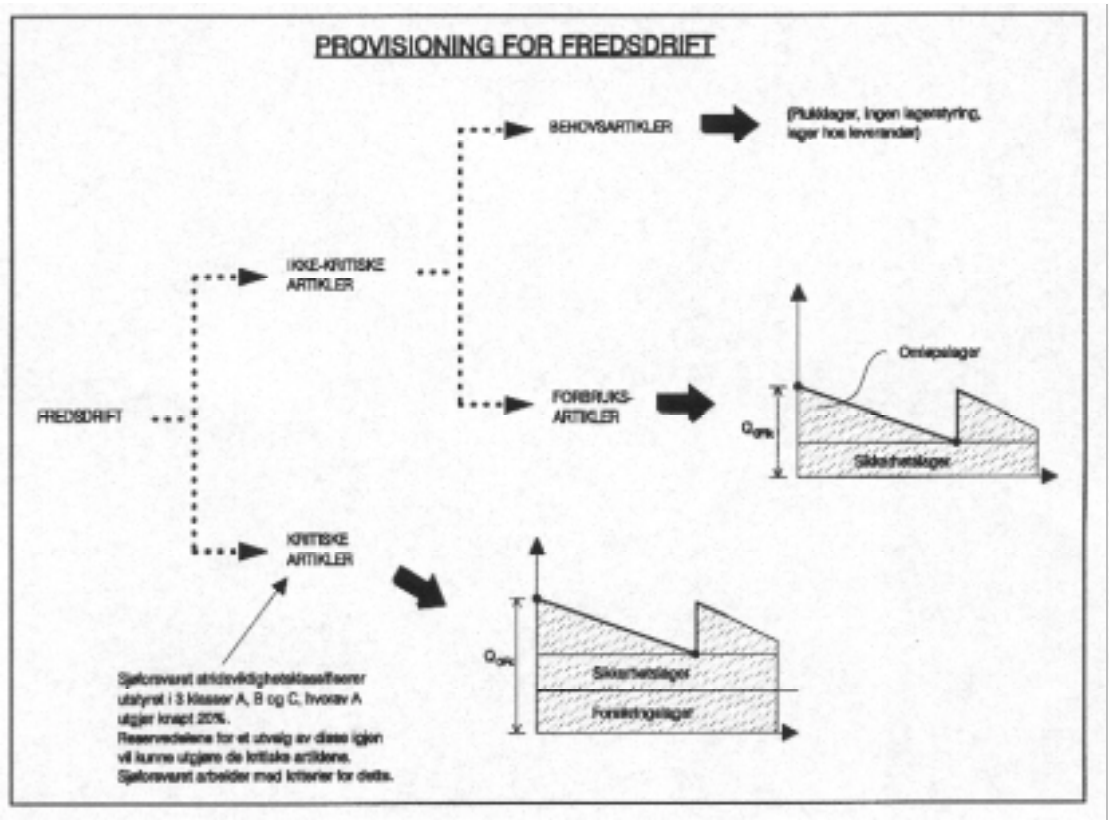
det har blitt

er.
ret. (Mindre



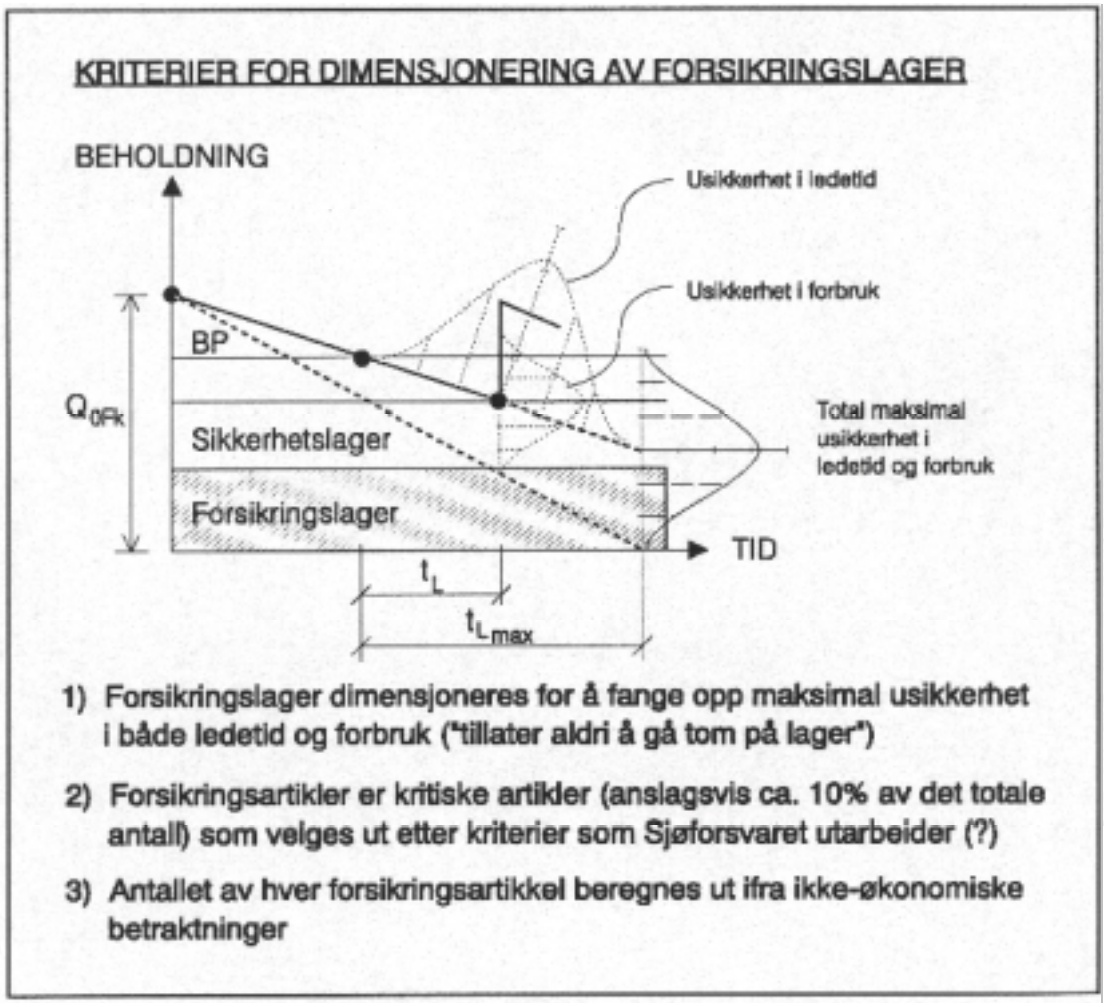
Figur 4.23 Kriterier for dimensjonering av beredskapslager

Figur 4.24 viser provisioning for fredsdrift. Det må altså først skilles mellom kritiske og ikke-kritiske artikler, og deretter skille ut de artikler som kan lagres hos leverandør, dvs. behovsartikler. En klassifisering/sortering må altså gjøres før dimensjoneringen foretas.



Figur 4.24 Provisioning for fredsdrift

Figur 4.25 viser kriteriene for dimensjonering av forsikringslager. Forsikringsartikler beregnes ut ifra ikke-økonomiske betraktninger (som foreslått i For-MA), og for disse kritiske artiklene ønsker en ikke å gå tom på lager. Som figuren illustrerer må derfor forsikringslageret fange opp maksimal usikkerhet i såvel ledetid som forbruk, (evt. at sikkerhetlageret besørger dette alene).



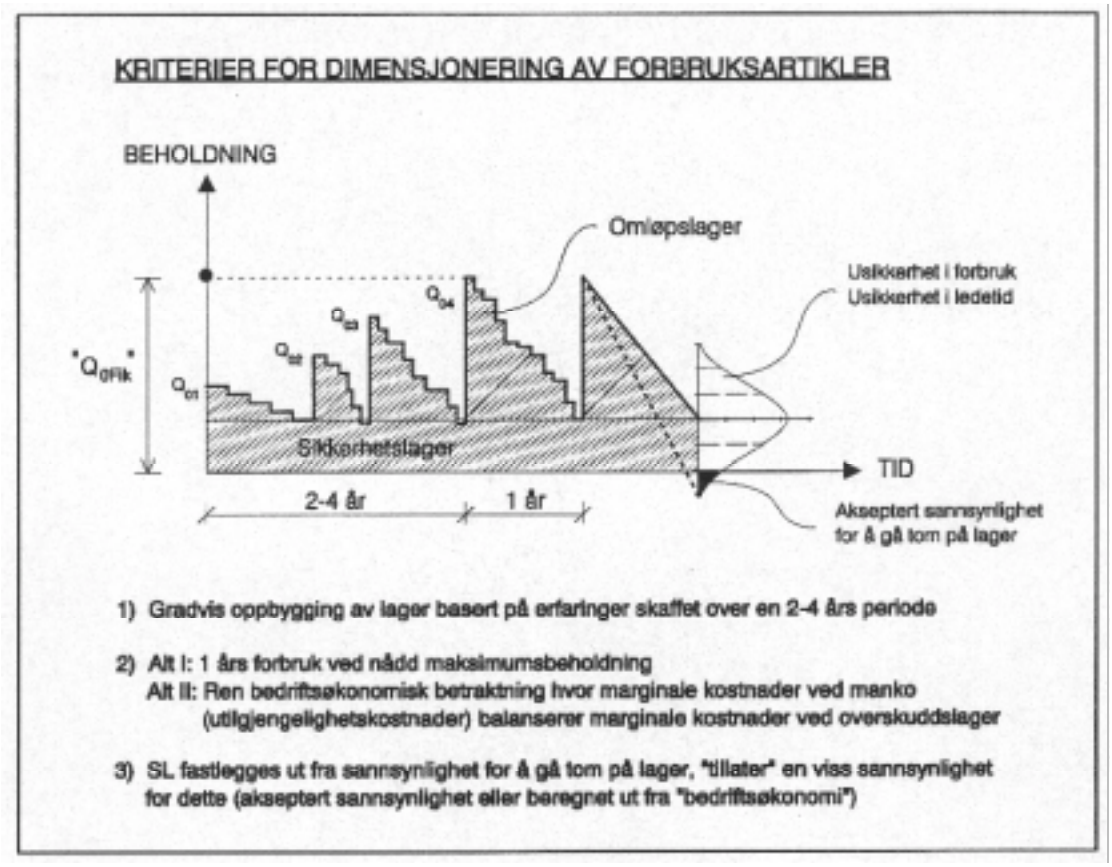
Figur 4.25 Kriterier for dimensjonering av forsikringslager

Figur 4.26 viser kriteriene for dimensjonering av forbruksartikler. Kriteriene er som følger:

1. Gradvis oppbygging av lager over en periode for å skaffe seg driftserfaring.
2. Alt. I: Ett års forbruk ved nådd maksimumsbeholdning.
   Alt. II: Ren bedriftsøkonomisk betraktning.
3. Sikkerhetslageret fastlegges ut ifra sannsynligheten for å gå tom på lager, enten ved en "akseptert" sannsynlighet for dette, eller ut ifra en ren bedriftsøkonomisk betraktning.

Ang. pkt. 1 så må dette spesifiseres nærmere i hvor lang periode man skal bygge opp lager over, hvor stort det første "begrensede" lageret skal være etc. Det vil også være aktuelt å se dette i sammenheng med kontraktuelle forhold, som midlertidig leverandørlagring etc.

Ang.pkt. 2 alt. I, så har dette under prosjektmøter blitt antydet som en mulig praksis. For alt.II må utilgjengelighetskostnadene fastsettes.



Figur 4.26 Kriterier for dimensjonering av forbruksartikler

I For-Ma anbefales det at man foretar en gradvis oppbygging av lager slik at det kan skaffes erfaringsdata før endelig "førstegangsopplegg" fastsettes. Dermed skulle risikoen for feilaktige estimat av forbruk reduseres. Problemet er imidlertid at endelig fastleggelse av Q_0 må skje før prosjektet termineres og materiellet overleveres driften, og at det for svært mye av Forsvarets materiell i denne "korte" tiden uansett er begrenset med driftserfaring (mye beredskapsmateriell).

Oppsummering

Reservedelene er en nødvendig ressurs for å opprettholde eller gjenvinne funksjonen til et system, i en grad som spesifiseres ut i fra krav til systemeffektivitet, f.eks tilgjengelighet. Dette medfører imidlertid samtidig kostnader, kostnader som må ses i et levetidsperspektiv.

En optimal utvelgelse av type, antall og lokalisering av reservedeler kan skje ut ifra ulike modeller som f.eks Wilsons formel eller andre mer realistiske modeller, og det kan og benyttes ulike modeller og kriterier for de ulike typer av artikler (som illustrert i figurene 4.23 - 4.26). For Forsvaret representerer beredskapslageret en spesiell utfordring.

4.5 Systemeffektivitet og måltall

Dette kapitlet har til hensikt å beskrive de parametre som legges til grunn ved anskaffelse av tekniske systemer. Det vil bli lagt vekt på hvordan egenskaper ved reservedeler påvirker disse parametrene. Litteratur er hentet fra /2/, /5/, /6/ og /9/.

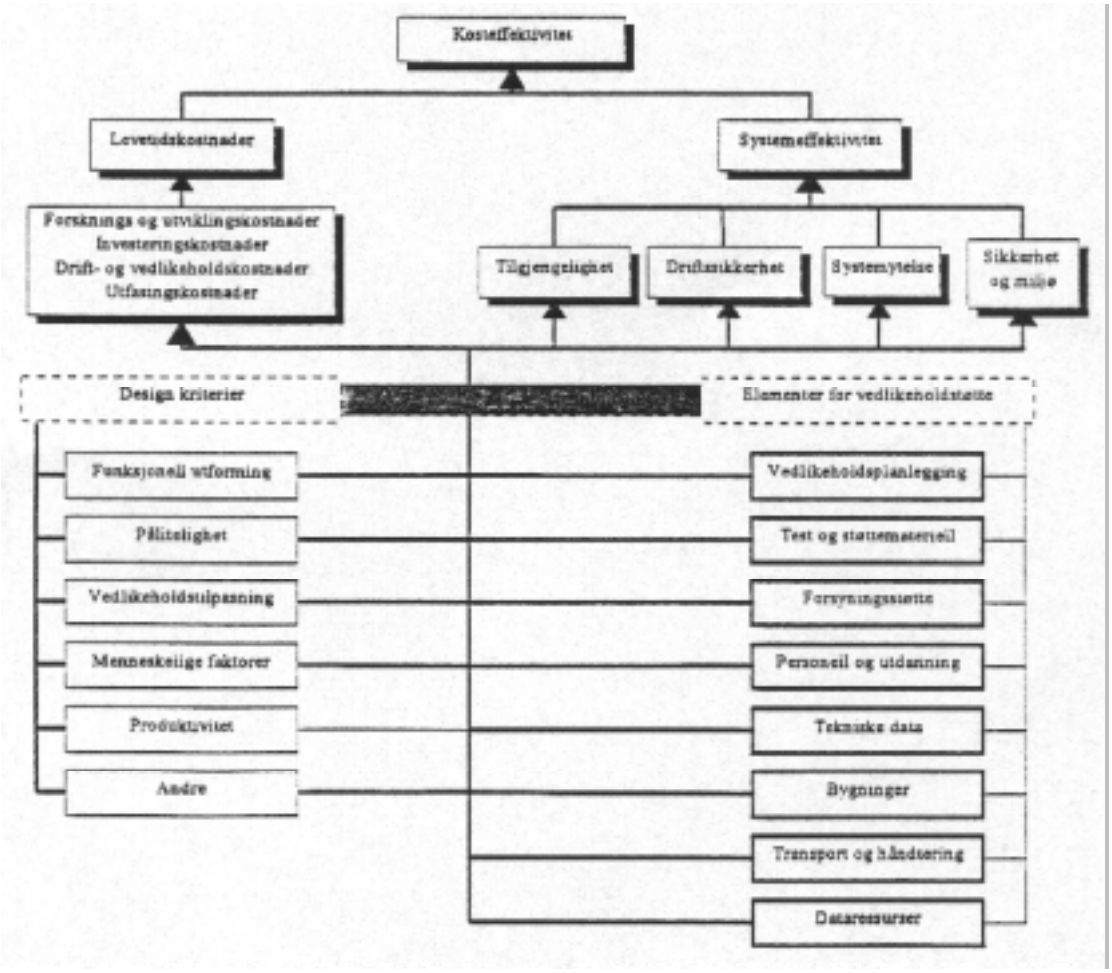
4.5.1 Generelt

Å gå til anskaffelse av et teknisk system kan være en svært kritisk avgjørelse. Det kan innebære store kostnader og man kan binde seg til en bestemt løsning for lang tid. Det er således viktig at man gjør sitt ytterste for å forsikre seg om at det valget man gjør er det mest gunstige. Skal et slikt valg være mulig må man ha tilgjengelig et apparat av teknikker som gjør det mulig å kvantifisere de ulike egenskapene man er interessert i å måle. Man må også beherske teknikker som beskriver sammenhengene mellom de ulike egenskapene.

Et viktig mål på systemets godhet kan kalles *kosteffektivitet*, og er satt sammen av:

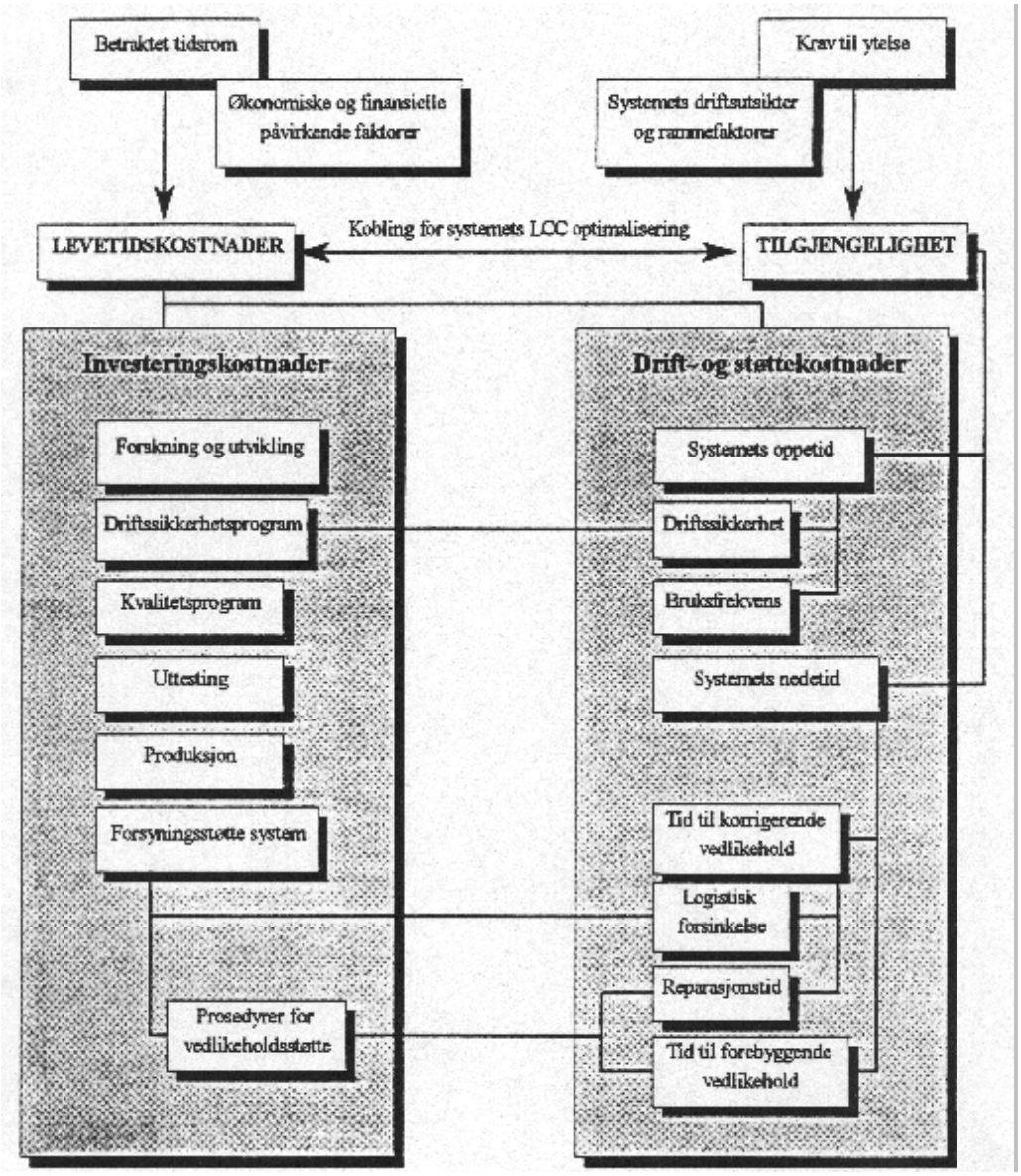
- Systemeffektiviteten (systemets evne til å utføre sitt oppdrag/tiltenkte funksjon).
- De totale levetidskostnadene - LCC.

Figur 4.27 viser hovedkomponentene som hører til under kosteffektiviteten.



Figur 4.27 Systemets kosteffektivitet /6/.

Hensikten er å nå de fastsatte mål for effektivitet i systemet til en lavest mulig levetidskostnad. Kosteffektiviteten er et mål for effekten av alle planlagte parametre bestemt av de krav man setter til systemets drift og kostnadene som oppstår som følge av disse. Kosteffektivitet blir derfor et viktig beslutningskriterium ved valg mellom og optimalisering av ulike systemalternativer. Figur 4.28 viser et eksempel på koblingen mellom levetidskostnader og systemets tilgjengelighet.



Figur 4.28 Forenklet kobling mellom LCC og systemets tilgjengelighet /4/.

4.5.2 Systemeffektivitet

Systemeffektivitet kan uttrykkes som ett eller flere måltall som representerer i hvilken grad systemet er i stand til å utføre sin tiltenkte funksjon. Måltallene vil i stor grad variere med systemtypen og spesifiserte driftskrav, og defineres i hovedsak under følgende kategorier:

- Ytelsesparametre
- Tilgjengelighet (klar til å utføre sin tiltenkte funksjon ved behov - <u>før</u> et oppdrag)
- Driftssikkerhet/"driftspålitelighet" (operasjonell tilstand <u>under</u> utførelse av et oppdrag)

4.5.2.1 Ytelsesparametre

Dette er parametre som beskriver systemets evne til å utføre de funksjonene som har blitt spesifisert. Parametrene er kvantitative og som regel lett å målsette. Eksempler på ytelsesparametre kan være mengde last som leveres gjennom et transportsystem, et våpens ødeleggelsesevne, nøyaktigheten til et radarsystem eller vekt og rekkevidde til et helikopter.

4.5.2.2 Tilgjengelighet

Tilgjengelighet er et mål på sannsynligheten for at et system over er en gitt tidsperiode funksjonerer tilfredsstillende forutsatt gitte drifts-, miljø-, og vedlikeholdsforhold. Tilgjengelighet anvendes som et kvantitativt mål på driftssikkerhet. Alternativt kan derfor tilgjengelighet uttrykkes som sannsynligheten for at et system, ved et definert tidspunkt under gitte drifts-, miljø- og vedlikeholdsforhold, er funksjonsdyktig /19/.

Tilgjengelighet blir ofte inndelt i:

- Innebygd tilgjengelighet ("teoretisk mulig")
- Oppnådd tilgjengelighet ("praktisk mulig"
- Operasjonell tilgjengelighet ("faktisk benyttet")

Matematisk uttrykkes tilgjengelighet (gjennomsnittlig tilgjengelighet) ved:

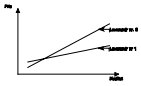
$$A(t) = \frac{oppetid}{oppetid + nedetid} \quad 9 \qquad \text{(Ligning 4.1)}$$

A = tilgjengelighet (operasjonell)

MTTF = midlere funksjonstid til feil/svikt (Mean Time To Failure). For reparerbare deler brukes ofte midlere funksjonstid mellom feil (MTBF) i steden for MTTF.

MDT = midlere nedetid (ikke planlagt stans, Mean Down Time)

Tilgjengelighet kan også uttrykkes som forholdet mellom virkelig og ønsket funksjonstid.



10 (Ligning 4.2)

4.5.2.3 Driftssikkerhet/driftspålitelighet

"Driftspåliteligheten" er et mål på systemets operasjonelle tilstand på et vilkårlig tidspunkt under

utførelse av et oppdrag /6/.

Driftspålitelighet er alltid knyttet til et bestemt driftsmiljø, til en fastlagt vedlikeholdsløsning og til et bestemt vedlikeholdsmiljø. Både driftssikkerhet/driftspålitelighet og tilgjengelighet vil være funksjoner av systemets pålitelighet, vedlikeholdstilpasning og vedlikeholdsevne, og måles ved tilgjengeligheten, se figur 4.29.

Figur 4.29 Driftssikkerhetsfunksjoner

Pålitelighet

Evnen en komponent eller et teknisk system har til å utføre en tiltenkt funksjon under gitte miljø-, drifts- og vedlikeholdsforhold /20/.

Hvor stor denne evnen er angis på forskjellige måter i forskjellige situasjoner, f.eks som:

- Gjennomsnittlig levetid (MTTF - Mean Time To Failure)
- Antall svikt pr. tidsenhet (sviktintensitet)
- Sannsynligheten for at komponenten eller systemet ikke svikter i tidsintervallet (0,t] (funksjonssannsynlighet)
- Sannsynligheten for at komponenten eller systemet er funksjonsdyktig ved tidspunkt t (tilgjengelighet)

Dersom komponenten eller systemet ikke repareres ved svikt, faller de to sistnevnte målene sammen.

Vedlikeholdstilpasning

Evnen (egenskaper) hos det tekniske systemet som illustrerer mulighetene for å gjennomføre vedlikeholdet. Vedlikeholdstilpasningen karakteriserer vedlikeholdsaktivitetenes gjennomførbarhet med hensyn til letthet, enkelhet, økonomi og sikkerhet mm., forutsatt en gitt vedlikeholds-organisasjon, gitte vedlikeholdsressurser, prosedyrer etc /19/.

Vedlikeholdstilpasningen er den systemegenskapen som angir tids-, ressursbehov etc. for å vedlikeholde systemet med en gitt vedlikeholdsløsning.

Kvantitativt kan vedlikeholdstilpasning uttrykkes gjennom mål som:

- Midlere tid for utførelse av korrigerende og forebyggende vedlikehold
- Midlere tid for utførelse av forebyggende vedlikehold
- Midlere tid for utførelse av korrigerende vedlikehold
- Kostnader for utførelse av vedlikehold

Vedlikeholdsevne

Evnen (egenskapen) som en (bedrifts)organisasjon (spesielt vedlikeholdsorganisasjonen) har til å planlegge, organisere, gjennomføre og kontrollere vedlikeholdsaktivitetene /19/.

Vedlikeholdsevnen i en bedrift vil kunne avhenge av f.eks:

- Vedlikeholdsmål og -strategi
- Personellkompetanse
- Planleggingsmetodikk
- Planleggings- og vedlikeholdsstyringshjelpemidler
- Organisasjonsoppbygging
- Hjelpemidler, utstyr og lokaler

Vedlikeholdsevnen omfatter derfor organisajonens muligheter til å skaffe tilveie de riktige ressursene som kreves til riktig tid. Vedlikeholdsevnen kan virke inn på vedlikeholdstilpasningen gjennom de tilpasninger og konstruksjonsløsninger som organisasjonen fremmer.

4.5.3 Måltall ved anskaffelse av tekniske systemer

Det praktiske grunnlaget for å kunne skille mellom ulike systemalternativer er utarbeidelse av måltall for de egenskapene som man mener er viktige for systemenes evne til å oppfylle bestemte krav. Måltall er som regel forholdstall mellom ulike systemparametre. Det er viktig at man velger ut de riktige parametrene å måle etter og at de er sammenlignbare fra et alternativ til det andre. Hvilke parametre man bør velge vil variere fra system til system.

4.5.3.1 Måltall for systemeffektivitet

Måltall for systemeffektivitet dannes ved å kombinere ulike elementer av systemegenskaper på ulike måter.

Eksempler på måltall for systemeffektivitet kan være:

Måltall nr. 1 = treffsikkerhet/rekkevidde

Måltall nr. 2 = ødeleggelsesevne/vekt

Måltall nr. 3 = forbruk av drivstoff/mil

4.5.3.2 Måltall for kosteffektivitet

Måltall for kosteffektivitet dannes ved å kombinere elementer av systemegenskaper og kostnadselementer på mange ulike måter, ofte som forholdstall mellom et mål for en egenskap og kostnadene som brukes for å oppnå målene for denne egenskapen.

Eksempler på måltall for kostnadseffektivitet er hentet fra /6/:

Måltall nr. 1 = tilgjengelighet/levetidskostnader

Måltall nr. 2 = pålitelighet/levetidskostnader

Måltall nr. 3 = forsyningsvennlighet/levetidskostnader

Måltall nr. 4 = levetidskostnad/systemets driftstid

Måltall nr. 5 = vedlikeholdskostnad/måned

Måltall nr. 6 = vedlikeholdskostnad/levetidskostnad

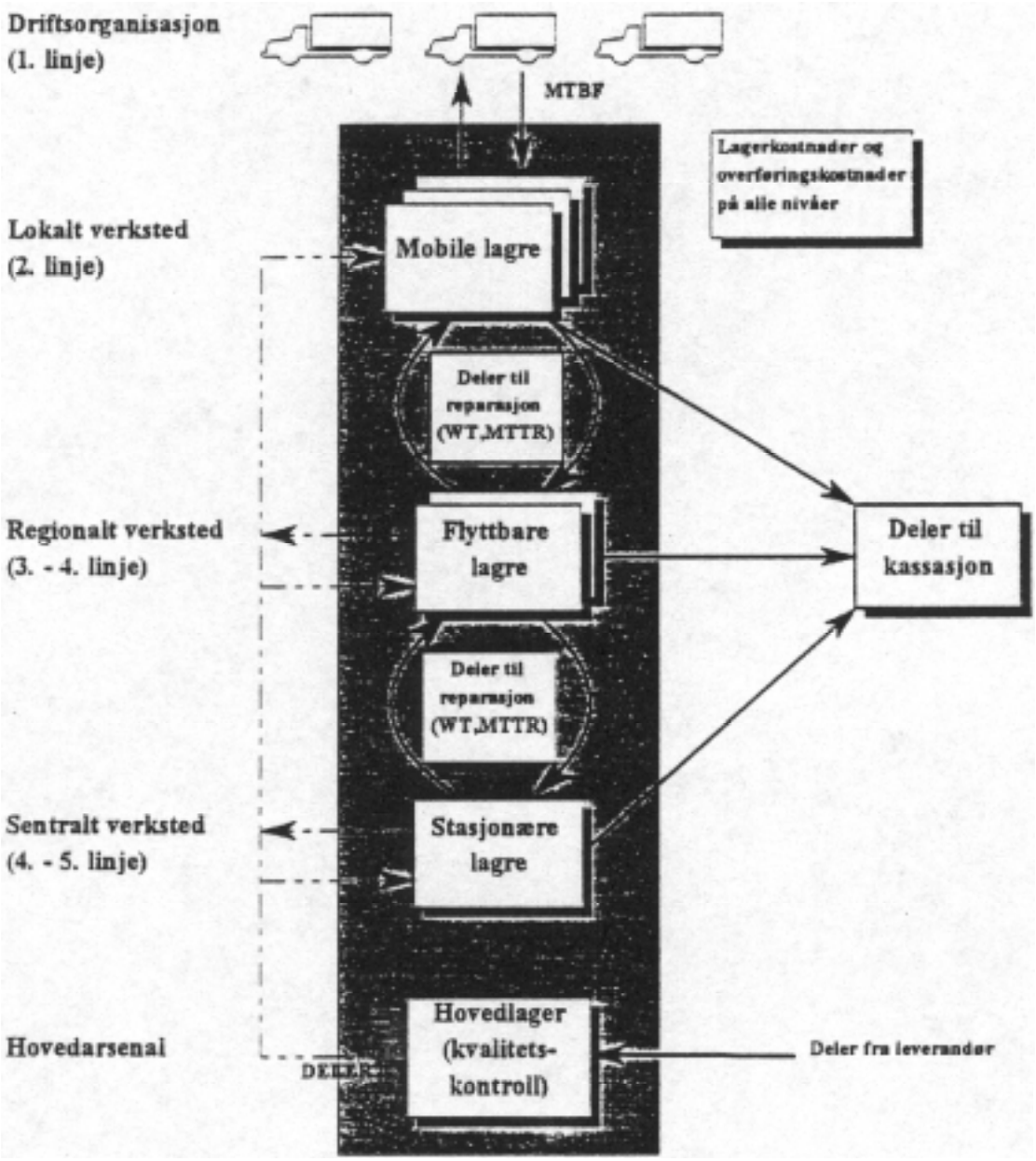
Måltall kan gjelde hele systemet eller bare deler av systemet og er særlig egnet for å velge mellom to eller flere alternativer dersom beslutningen berører design eller vedlikeholdsstøtte.

4.5.4 Viktige forhold ved anskaffelse av reservedelsopplegg.

Systemets reservedeler vil i stor grad påvirke viktige systemegenskaper som driftssikkerhet og tilgjengelighet. I tillegg vil kostnadene ved å anskaffe, lagre og distribuere reservedeler være betydelige. Det er derfor viktig å kartlegge de parametre som påvirker behovet for reservedeler og analysere disse før systemet kjøpes inn.

Faktorene som må tas hensyn til når man bestemmer lagerbeholdninger er:

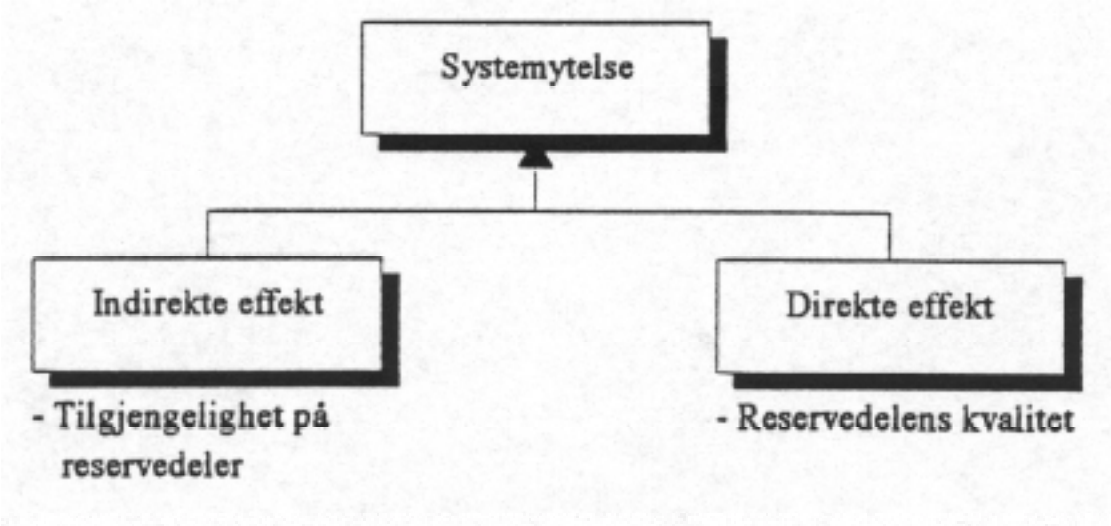
- Plassering av beholdninger på ulike lokasjoner
- Tidsforbruk mellom to nivåer ved supplering av deler eller ved hasteordrer (WT)
- Etterspørselsraten av ulike deler
- Lagringskostnader
- Transportkostnader
- Tidsforbruk fra en del som har sviktet sendes til reparasjon til den er returnert i fullt brukbar stand
- Mål for LOLOS (Logistic Level Of Service) på hvert lagernivå



Figur 4.30 Lagerbeholdninger og flyt av deler i organisasjonen

4.5.4.1 Reservedelenes innvirkning på systemytelsen

Reservedelen vil kunne påvirke systemets ytelse både direkte og indirekte. Delenes kvalitet vil kunne påvirke ytelsen direkte, mens tilgangen på reservedeler kan medføre at systemet må stenges ned slik at kapasiteten avtar i forhold til det optimale, se figur 4.31.



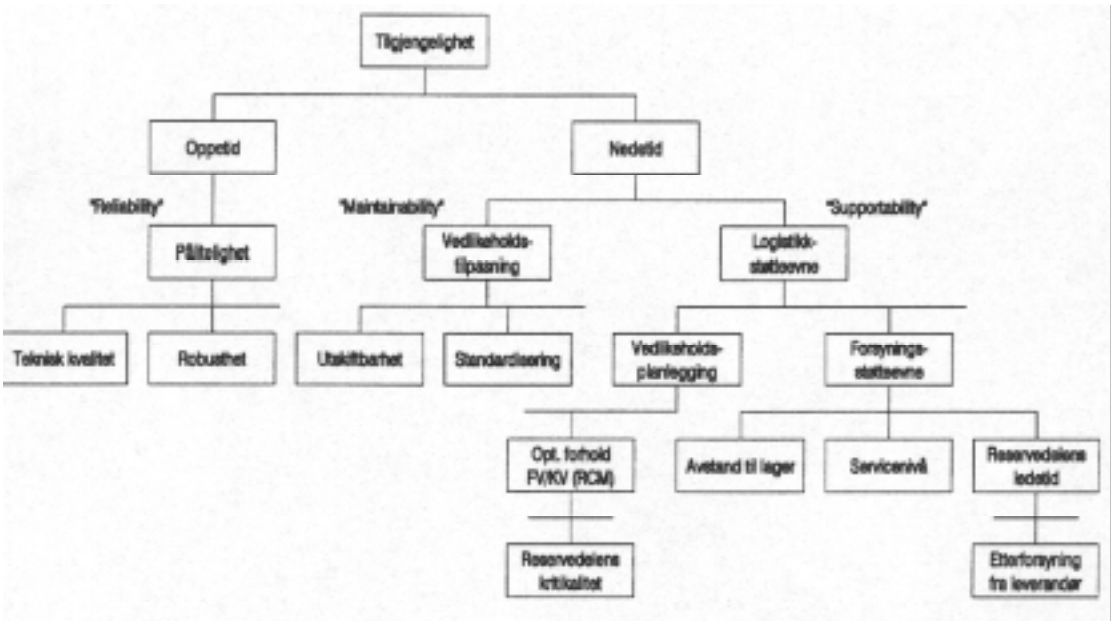
Figur 4.31 Reservedeler og systemytelse

4.5.4.2 Reservedelenes innvirkning på systemets tilgjengelighet

Reservedelene vil ha noe å si også for systemets tilgjengelighet. De faktorene som vil ha størst innvirkning er:

- Reservedelenes tekniske kvalitet, som vil påvirke påliteligheten til delen.
- Reservedelslagerets lokasjon og servicenivå påvirker eventuell ventetid på deler.
- Reservedelens kritikalitet kan avgjøre omfanget av forebyggende vedlikehold.
- Reservedelens utskiftbarhet (vedlikeholdstilpasning) påvirker tiden som går med til korrigerende vedlikehold.

Figur 4.32 beskriver sammenhengene (og er en videreutvikling av fig. 4.29):



Figur 4.32 Reservedeler og tilgjengelighet

Tilgjengelighet i strid
Under stridsforhold vil forsyningsaksene kunne bli blokkerte. Dette vil påvirke tilgjengeligheten på reservedelene direkte.

4.5.4.3 Reservedelenes innvirkning på systemets driftssikkerhet (-"pålitelighet")

Siden tilgjengelighet ofte blir brukt som et mål på driftssikkerheten til et system, vil reservedelene også ha innvirkning på denne egenskapen (jfr. fig. 4.32). Driftssikkerheten vil avhenge av hvor ofte reservedelene svikter, hvor mye arbeid som må til for å skifte ut/reparere delene og hvor effektivt organisasjonen lagrer og distribuerer nye reservedeler.

Pålitelighet
Målet er å oppnå høyest mulig pålitelighet gjennom å maksimere gjennomsnittlig tid mellom svikt (MTBF). Reservedelen vil påvirke MTBF gjennom:

- Reservedelens tekniske kvalitet

Vedlikeholdstilpasning
Et mål for vedlikeholdstilpasning er gjennomsnittlig nedetid (MDT). MDT kan påvirkes av reservedeler på grunn av:

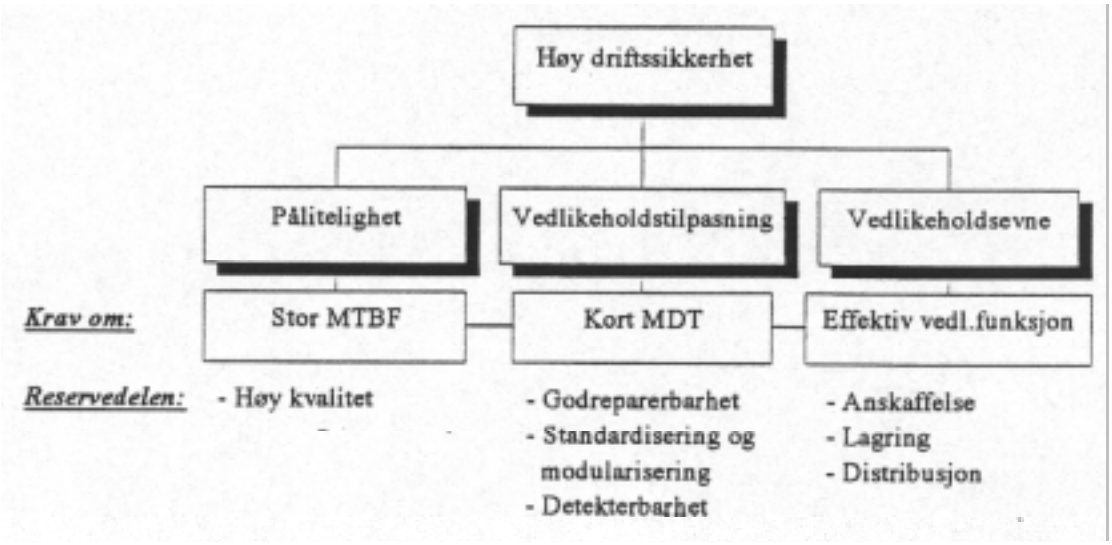
- Reservedelens reparerbarhet (enkelhet, tilkomst)
- Reservedelens detekterbarhet mhp. feil
- Standardisering og modularisering av reservedeler tilpasset det aktuelle vedlikeholdsnivå (skifte moduler eller enkeltkomponenter)

Vedlikeholdsevne
En organisasjons vedlikeholdsevne vil kunne påvirke først og fremst MDT. Hvordan man organiserer anskaffelse, lagring og distribusjon av reservedelene vil være viktige faktorer i så måte.

- Anskaffelse av reservedeler (riktig antall, akseptabel pris, leveringsbetingelser)
- Lagring av reservedeler (rett del på rett sted, servicenivå)
- Distribusjon av reservedeler (ledetider)

MTBF kan også påvirkes gjennom kvaliteten på det vedlikeholdet som utføres (opprettholdelse av iboende pålitelighet.

Se sammenhengene i figur 4.33 (som også er nokså analog til 4.29 og 4.32):



Figur 4.33 Reservedeler og driftssikkerhet

4.5.4.4 Reservedelens innvirkning på sikkerhet og miljø

I mange tilfeller et riktig utført vedlikehold en forutsetning for å unngå ulykker eller miljøskader. En heis er et eksempel på et system som det utføres forebyggende vedlikehold på. Er det noe galt med heisen må ofte deler skiftes ut så snart som mulig. Dersom delene ikke kan skaffes kan ikke heisen benyttes - den utgjør en uakseptabel sikkerhetsrisiko. Man vil også se til at de reservedelene som benyttes er godkjente og av høy kvalitet.

4.5.4.5 Reservedelenes innvirkning på systemets levetidskostnader

Kostnadene ved anskaffelse, lagerhold og distribusjon av reservedeler er tidligere omtalt i kapittel 4.4.6. Det er verdt å merke seg at delenes innkjøpspris er bare en av et titalls ulike kostnader som oppstår som en direkte følge av det å lagerholde reservedeler.

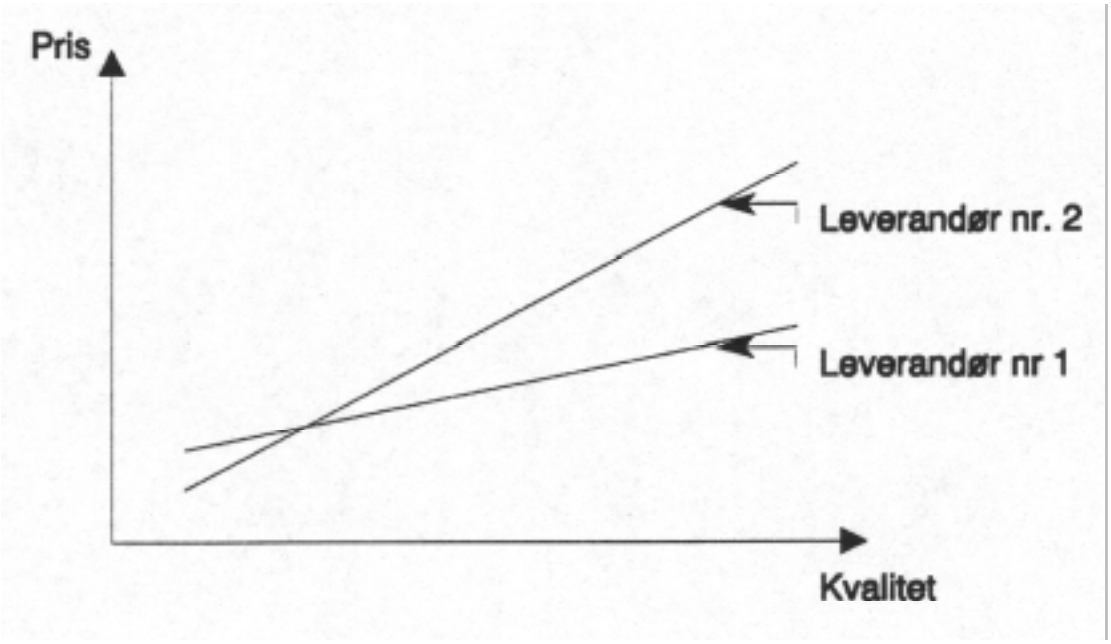
Følgende parametre knyttet til reservedelene påvirker reservedelskostnadene:

- Kvalitet (teknisk kvalitet)
- Tilgjengelighet
- Kritikalitet
- Reparerbarhet/utskiftbarhet
- Detekterbarhet
- Lokasjon
- Standardisering og modularisering
- Teknisk levetid

Disse utgjør kun eksempler og listen er ikke komplett. Hver av disse vil bli diskutert nærmere nedenfor.

Reservedelens kvalitet

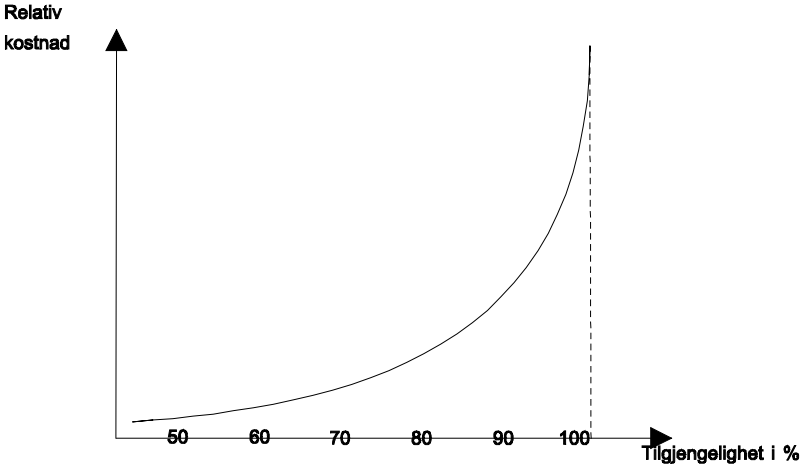
Det er grunn for å anta at man må betale mer for en del av høy kvalitet enn en del med lavere kvalitet. Hvor mye de enkelte leverandørene vil ta betalt for høy kvalitet vil kunne variere, figur 4.34.



Figur 4.34 Relasjonen kvalitet-kostnad

Reservedelens tilgjengelighet

Det at en del er til stede når man trenger den er viktig. Måten å oppnå dette på er å legge opp tilstrekkelig med deler rett ved siden av utstyret som trenger delene. Dette er imidlertid en kostbar løsning. Man havner på et kompromiss der man aksepterer en viss risiko for tomgang på lageret, basert på en betraktning av de sannsynlige kostnadene (eller tap av andre systemparametre dersom disse er viktigere) man vil bli påført av en slik tomgang. Forholdet mellom kostnad og tilgjengelighet av reservedeler er vist i figur 4.35. Denne type kostnad strekker seg over hele bruksfasen til systemet.



Figur 4.35 Relasjonen tilgjengelighet og relativ kostnad for reservedeler /3/.

Reservedelens kritikalitet

Hvor kritisk en del er for at et system skal fungere, med tanke på sikkerhet eller andre hensyn sier noe om hvor viktig det er for systemet at akkurat denne delen er til stede. Ofte vil slike deler være til gjenstand for tilstandskontroller og forebyggende vedlikehold, noe som i seg selv koster penger.

Skulle delen likevel svikte på et tidspunkt, er man villig til å bruke mye penger på å skaffe en ny del tilveie. En konsekvens av dette er at det for slike deler stilles større krav til tilgjengelighet, og det koster dermed mer å lagre kritiske deler enn ikke-kritiske. Antallet kritiske komponenter bør reduseres til et minimum når et system utvikles. Kostnader pga. reservedelenes kritikalitet vil være til stede i hele bruksfasen til systemet (jfr. forsikringsartikler kap. 4.4.10).

Reservedelens reparerbarhet/utskiftbarhet

Med god reparerbarhet menes her enkel konstruksjon, god tilkomst, lite tidkrevende og godt dokumentert reparasjonsarbeide. Dette er egenskaper som tillegges komponenten i designfasen. Kostnadene ligger her i å gjøre et grundig og godt konstruksjonsarbeide. Dette er en engangskostnad med betydelig innsparingspotensiale i levetidskostnadene.

Reservedelens detekterbarhet

Med detekterbarhet menes her vedlikeholderens muligheter for å avgjøre om delen har sviktet /(vil svikte snart) eller ikke. Det er viktig at en god del ikke skiftes unødig, likeså at man skifter deler som trenger dette i tide. Detekterbarhet kan konstrueres inn i delen, eller det kan tilrettelegges for bruk av spesielt testutstyr.

Reservedelens lokasjon

Reservedelskostnadene vil variere med den lagerpolicyen (og reparasjonspolicyen) som er valgt for systemet. Enkelte argumenter taler for at delene bør lagres mest mulig sentralt, mens andre taler for at lagrene legges opp så nær brukerstedet som mulig, se figur 4.36.

Sentralt lagerhold

Argumentene for sentralt lagerhold av reservedeler vil være:

- Lavest lagerholdskostnader
- Stordriftsfordeler (større kvanta, lavere totale ordrekostnader mm.)
- Gode kontroll- og oppfølgingsmuligheter
- Lavest transportkostnader (unntak hasteoppdrag)
- Færre reservedeler totalt for et gitt servicenivå

Distribuert lagerhold

Argumentene for distribuert lagerhold av reservedeler:

- Sikrer høyest tilgjengelighet, kortest ledetid (så lenge tomgang unngås).

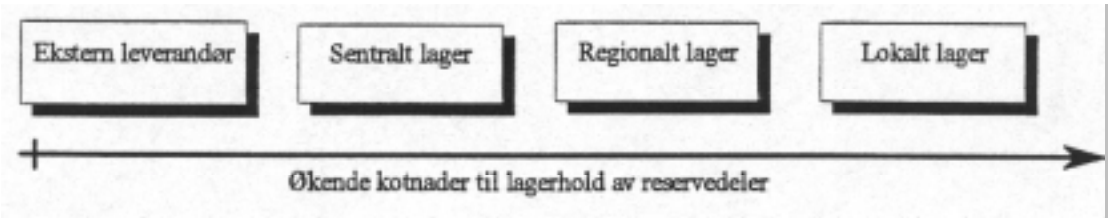
Argumentene er kostnadsmessig tyngst for sentralt lagerhold, men kravet om tilgjengelighet veier som regel så tungt på vektskålen at man ønsker å oppbevare deler også regionalt og lokalt. Det er svært viktig at beslutningene om distribuert lagring er godt forankret i de kravene man setter til systemets effektivitet og kravet om tilhørende optimale kostnader.

Deler som lagres lokalt bør være de som:

- er kritiske mhp. tilgjengelighet
- har høy forbruksfrekvens (vil føre til store transportkostnader ved sentral lagring)
- reservedeler klassifisert som forbruksmateriell (ofte lav verdi)

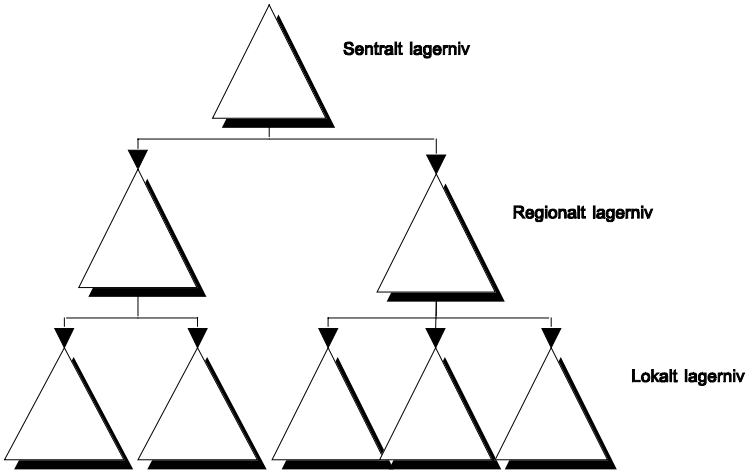
Ekstern leverandør

En helt annen mulighet er å kjøpe inn reservedeler ved behov fra en lokal ekstern leverandør. En slik løsning krever gode leveringsbetingelser og forpliktende samarbeid. Fordelene av et slikt samarbeid kan være betydlige for brukeren da eierkostnadene ved lagerhold i sin helhet faller på leverandøren. Prisen man må betale er nødvendigvis en økning i innkjøpsprisen på reservedelene.



Figur 4.36 Reservedelens kostnad som følge av lokasjon

I mange tilfeller vil en blanding av de ulike lagertypene være den løsningen som gir de laveste totale levetidskostnadene - LCC. Mest vanlig er såkalte distribusjonssystemer der innkjøpene generelt foretas ved et sentralt lager, og delene sendes ut til mindre enheter på ulike nivå, se figur 4.37.



Figur 4.37 Distribusjonssystem

Fordelene med et slikt system er å utnytte stordriftsfordeler sentralt og samtidig ha deler tilgjengelig i nærheten av de stedene der vedlikeholdet blir utført. Ulempen er at den totale mengden reservedeler raskt blir relativt stor, noe som innebærer ekstra kostnader.

Standardisering og modularisering av reservedeler

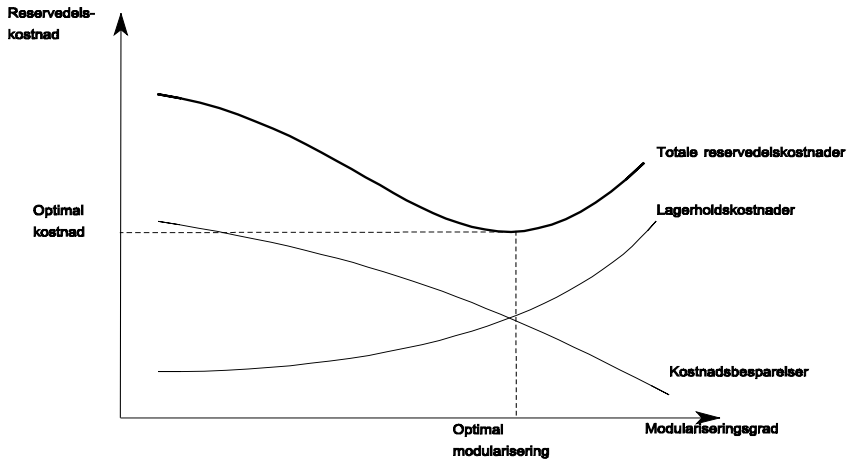
Standardisering

Med standardisering av reservedeler mener man her at man søker å nytte samme type deler på en gjenstand, på forskjellige utstyrsgrupper og i hele vedlikeholdsorganisasjonen. Samme del nyttes i Finnmark som i Østfold, samme del nyttes i motoren til en beltevogn og en feltvogn. En konsekvent holdning til gjennomføring av slik standardisering vil kunne føre til mindre beholdninger og dermed reduserte kostnader. Samtidig kan standardisering til en viss grad hemme nyutvikling og bruk av ny teknologi.

Modularisering

Modularisering innebærer at en reservedel (evt. subsystem) egentlig er en sammenstilling av mindre deler/moduler (se LRU/SRU kap 4.4.9). Modulen konstrueres slik at den er enkel å skifte ut og med indikatorer som viser om modulen virkelig har sviktet. Dette gjøres for å redusere tidsforbruk og kunnskapsbehov når svikt har oppstått og en komponent må byttes ut. Det vil kunne koste mer å lagre hele moduler for en bestemt sviktrate, enn enkeltkomponenter hver for seg, se figur 4.38. Andre kostnader kan reduseres, slike som:

- Opplæringskostnader
- Nedetidskostnader (inklusive tap av inntekt, stridsevne eller annet, kortere MTTR)
- Reparasjonskostnader (reparasjon utføres av riktig kvalifisert personell på godt utstyrte fasiliteter)



Figur 4.38 Reservedelskostnader og modularisering

Gjennom bruk av følsomhetsanalyser er det mulig å definere hvilke krav til egenskaper som utgjør de største kostnadsdriverne. Det er viktig at man konsentrerer innsatsen om de områdene som har størst innsparingspotensiale. Svært ofte vil man ha mye igjen for å gjøre grundig arbeid i designfasen.

Teknisk levetid

En reservedel kan bli foreldet. Grunnene kan være tilgang på ny teknologi eller at den blir forringet på annen måte. Dette fører ofte til at utstyret delen sitter i blir modifisert. Som en følge av dette oppstår det kostnader til nye deler, avhending av de gamle og til utførelse av selve modifiseringen.

4.5.4.6 Måltall for reservedeler

Utifra diskusjonene over er det mulig å sette opp en del måltall for egenskaper knyttet til reservedeler. Noen eksempler nevnes her;

Tidsrelaterte

Måltall nr. 1 = ledetid (WT)/reparasjonstid (MTTR)
= (andel ventetid av total reparasjonstid)

Måltall nr. 2 = (MTTR-WT)/MTTR
= (andel direkte reparasjonstid av total reparasjonstid)

Frekvensrelaterte

Måltall nr. 3 = (antall deler skiftet av en viss type)/driftstid
= (sviktintensitet)

Måltall nr. 4 = (antall deler på lager)/(forventet etterspørsel i et bestemt tidsrom)
= (servicenivå)

Måltall nr. 5 = (antall deler til forebyggende vedlikehold)/(totalt forbruk av deler)
= (andel kritiske deler i systemet)

Måltall nr. 6 = (antall deler til korr. vedlikehold)/(totalt forbruk av deler av en gitt type)

Kostnadsrelaterte

Måltall nr. 7 = transportkostnad/vedlikeholdskostnad

Måltall nr. 8 = delekostnad/vedlikeholdskostnad

Måltall nr. 9 = lagerkostnad/tomgangskostnad

Måltall nr. 10 = arbeidskostnad/vedlikeholdskostnad

Måltall nr. 11 = lagerkostnad/vedlikeholdskostnad

Måltall nr. 12 = delekostnad/lagerkostnad

Måltall nr. 13 = reservedelskostnad/levetidskostnad

Slike måltall kan utarbeides under forberedelsene til LCC-analysen og nyttes ved sammenligninger av ulike reservedelsstrategier.

4.5.5 Reduksjon av behovet for reservedeler

En strategi for å bedre systemeffektiviteten er å redusere behovet for reservedeler. Dette kan gjøres ved å:

- Bruke utstyr/systemer som nytter samme reservedeler (standardisering).
- Konstruere utstyr med vekt på modularisering. Dette gjør at størrelsen og bredden i reservedelsbeholdningene forskyves til sentrale deler av organisasjonen.
- Bruke reservedeler av høy teknisk kvalitet (høy MTBF).
- Bruke materiellet riktig (insentiv for å føle ansvar for materiellet).
- Utføre riktig vedlikehold.
- Kvalitetssikre vedlikeholdsarbeidet for å redusere omfanget av vedlikeholds-induserte feil.

Oppsummering

Også i forrige kapittel ble reservedelenes betydning for systemet både i form av nytte (systemeffektivitet) og "ulempe" (levetidskostnader) beskrevet.

I dette kapittelet er det vist mer i detalj hvordan reservedelene påvirker de enkelte system-effektivitetsparametrene (ytelsesparametre, tilgjengelighet, "driftspålitelighet") og deres tilhørende parametre (pålitelighet, vedlikeholdstilpasning, logistikkstøtteevne). Likeledes er det vist hvilke egenskaper ved reservedelene som påvirker levetidskostnadene.

Til slutt er det gitt forslag til ulike måltall for reservedeler, hvor sviktintensitet og servicenivå er vanlig benyttede måltall, men også en rekke andre kan etableres og brukes ved spesielle behov.

4.6 LCC, LCP og reservedeler

Hensikten med dette kapitlet er å foreta en vurdering av hvordan konseptene om levetidskostnader (LCC) og levetidsfortjeneste (LCP) kan nyttes for å fastlegge førstegangs reservedelsopplegg. Kapitlet bygger på den teori og de teknikker som er beskrevet tidligere.

4.6.1 Kostnadene ved et førstegangs reservedelsopplegg (LCC)

Etter å ha bestemt formålet og rammefaktorene til LCC-analysen, utarbeides en LCC-modell. Det benyttes en kostnadsnedbrytingsstruktur (CBS). Her bestemmes alle relevante kostnader og sammenhengene mellom disse.

Kostnadene forbundet med et førstegangs reservedelsopplegg vil i hovedsak bestå av følgende:

Investeringskostnader

- Investeringer i reservedeler av ulike typer
- Investeringer i vedlikeholdsfasiliteter, vedlikeholdsmateriell og lagerlokaler
- Investeringer i administrasjon og distribusjon
- Investeringer i personell og opplæring

Løpende kostnader

Med løpende kostnader menes alle nåværende og fremtidige kostnader som oppstår som følge av å eie, bruke og vedlikeholde reservedelsbeholdningen. Kostnadene regnes om til nåverdi.

- Kjøp av nye deler som erstatter kasserte deler eller deler som skal modifiseres
- Reparasjon av deler som har sviktet
- Transport av deler i forsyningssystemet
- Vedlikehold av vedlikeholdsfasiliteter, vedlikeholdsmateriell og lagerlokaler
- Administrasjon
- Kapitalkostnader (renter av lån, nedskriving av realkapital) og forsikringspremier

Dette er ikke initielle kostnader, men kostnader som må tas med i vurderingen for å være sikker på at man velger den løsningen som er best med tanke på hele materiell-systemets levetid. De løpende kostnadene er på dette tidspunktet svært usikre og det kan synes verdiløst å bruke arbeid på å beregne disse. Det er viktig å merke seg at resultatene fra denne delen av LCC-analysen kan inneholde informasjon som kan føre til viktige endringer, både i systemets design og i organisasjonen.

4.6.1.1 Kostnadsmodell (LCC-modell)

En LCC-modell for vurdering av initielle reservedelsanskaffelser med utgangspunkt i totale LCC,

kan se slik ut (modellen er en litt modifisert utgave av en kostnadsmodell skissert i /27/):

LCC = LCA + LSC + LUC + LCD

der,
LCA = totale investeringskostnader ved anskaffelse av hovedmateriellet (Life Cost of Aquisition)
LSC = totale operasjonskostnader (Life Support Cost)
LUC = totale utilgjengelighetskostnader (Life Unavailability Cost)
LCD = totale kassasjons og utfasingskostnader (Life Cost of Disposal)

Videre nedbrytning vil her bli konsentrert rundt LSC.

LSC = CIR + CYC

der,
CIR = investering i ressurser for drift og vedlikehold av hovedmateriellet, inkludert førstegangs anskaffelse av reservedeler.
CYC = årlige kostnader til drift og vedlikehold av hovedmateriellet og nødvendig tilleggsutstyr, beregnet i nåverdi

Først brytes investeringskostnadene under CIR ned til:

CIR = CIRI + CIRT + CIRW + CIRS + CIRP + CIRA

der,
CIRI = kostnader til førstegangs reservedelsopplegg
CIRT = kostnader til verktøy og testmateriell
CIRW = kostnader til investeringer for vedlikehold i verkstedlokalene
CIRS = kostnader til investeringer for vedlikehold på driftsstedene
CIRP = kostnader til opplæring av personell
CIRA = kostnader til administrasjon og planlegging (eks. software)

Bryter herifra kun CIRI videre ned til:

CIRI = CIRIR + CIRID + CIRIT

der,
CIRIR = investeringer i reparerbare deler (enheter), LRU og SRU
CIRID = investeringer i kasserbare deler, DU (enhet) og DP (del)
CIRIT = kostnader til distribusjon av førstegangs reservedelsbeholdning

Med dette er kostnadene til førstegangs reservedelslager plassert i kostnadsmodellen. De andre kostnadene relatert til reservedelene finnes under kostnadselementet CYC:

CYC = CYCA + CYCD + CYCL + CYCT + CYCR + CYCW + CYCS
der,
CYCA = kostnader til administrasjon av drift og vedlikeholdstjenester
CYCD = kostnader til etterfylling av reservedeler og forbruksmateriell
CYCL = kostnader til lagerhold av reservedeler og forbruksmateriell
CYCT = kostnader til transport av nye og defekte deler i organisasjonen
CYCR = kostnader til reparasjon av materiell og reservedeler
CYCW = kostnader til drift og vedlikehold av verkstedlokaler
CYCS = kostnader til drift og vedlikehold av vedlikeholdslokaler på driftsstedene

Nedbryting av CYCD gir:

CYCD = CYCDS + CYCDR

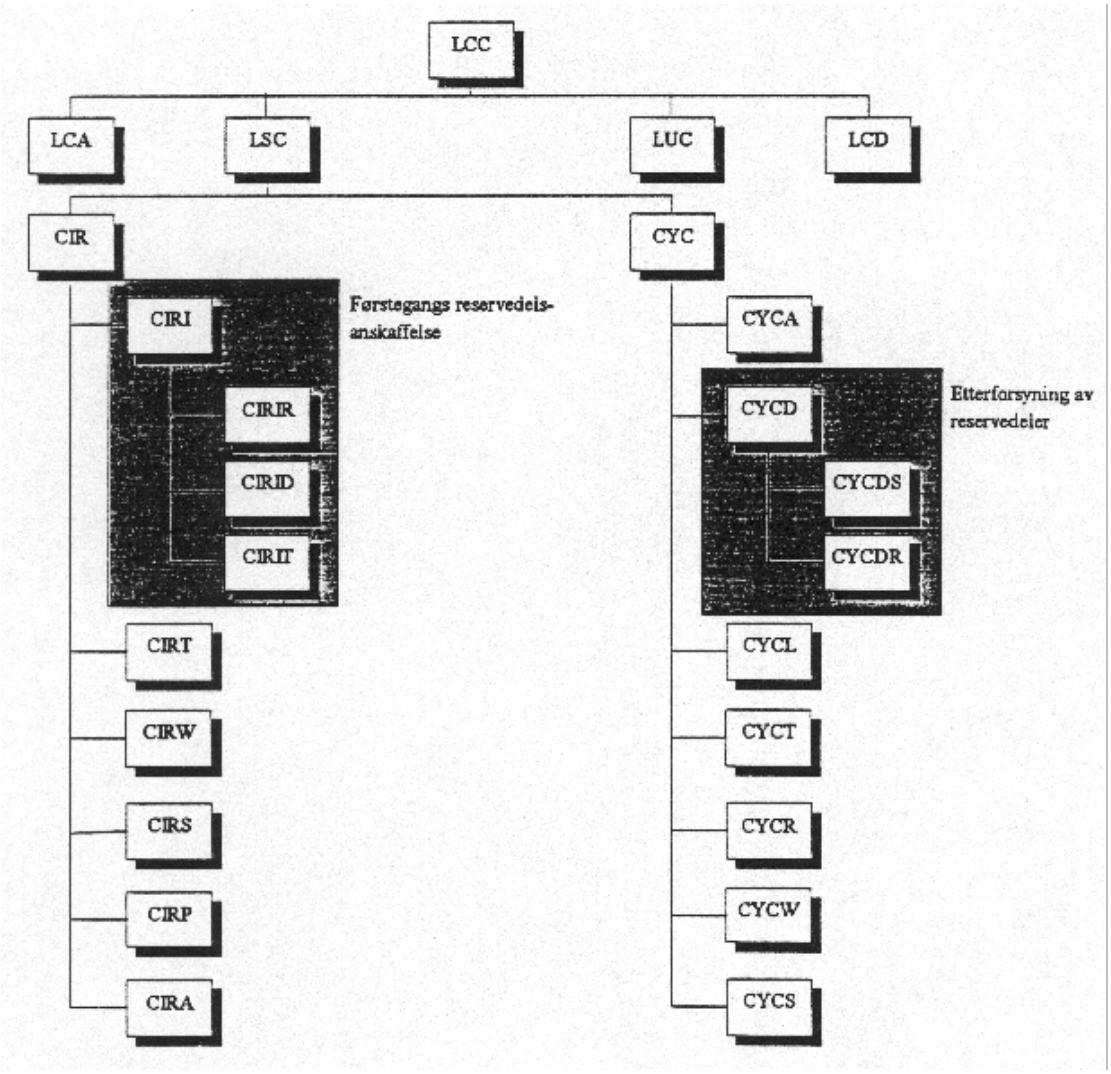
der,
CYCDS = kostnader til nye reservedeler og forbruksmateriell som erstatter det som er forbrukt
CYCDR = etterbestillingskostnader (ordrekostnader)

For å få en oversikt over kostnadselementene må det utarbeides en CBS. Modellen kan fortsatt utdypes, men her vil dette ikke bli utført.

Som det fremgår av denne kostnadsnedbrytningen så vil for det første kostnader knyttet til reservedeler inngå i en rekke kostnadselement, og for det andre så vil omfanget av kostnads-elementer bli svært stort med tilhørende problemer/ressursbruk for fremskaffelse av estimater for disse.

4.6.1.2 Kostnadsnedbrytingsstruktur (CBS)

En CBS for modellen skissert i 4.6.1.1 vil kunne se slik ut:



Figur 4.39 Kostnadsnedbrytingsstruktur med vekt på plassering av reservedelskostnader

4.6.2 Tap av fremtidig inntekt eller stridsevne (LCP)

Generelt vil alle former for utilgjengelighet i et system føre til et tap i forhold til en ideell verdi. Denne verdien blir ofte målt i en eller annen valuta. For organisasjoner der hovedmålsetningen ikke er profittmaksimering, vil det være hensiktsmessig å nytte en annen måleenhet.

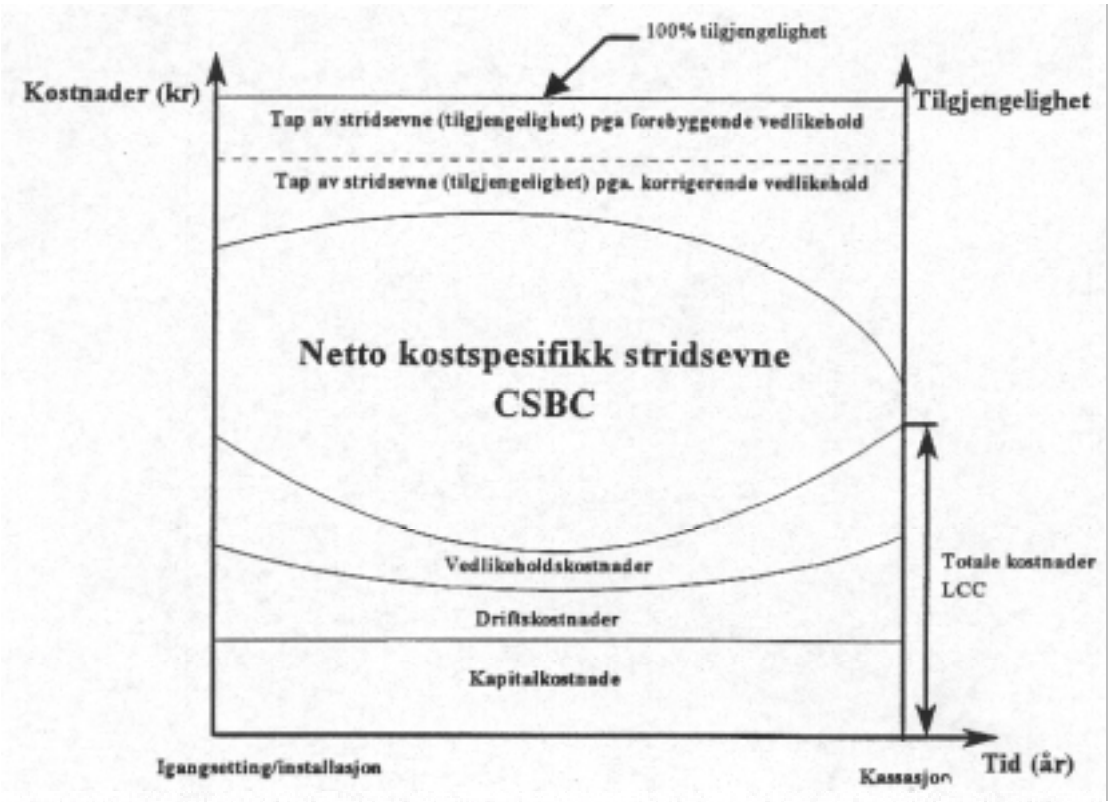
I forsvarssammenheng vil det overordnede målet kunne være å oppnå størst mulig stridsevne med de ressursene man har til rådighet. LCP-konseptet åpner mulighetene for å kunne maksimere f.eks stridsevne.

Utfordringen blir å kvantifisere stridsevnen relatert til materiellsystemet. For et våpensystem kan stridsevnen f.eks måles i antall mulige engasjementer pr. tidsenhet. For kjøretøyer kan målet være rekkevidde uten etterforsyning.

I stedet for Life Cycle Profit kan man innføre begrepet "kostnadsspesifikk stridsevne", Cost Spesific Battle Capability (CSBC), se figur 4.40.

CSBC =

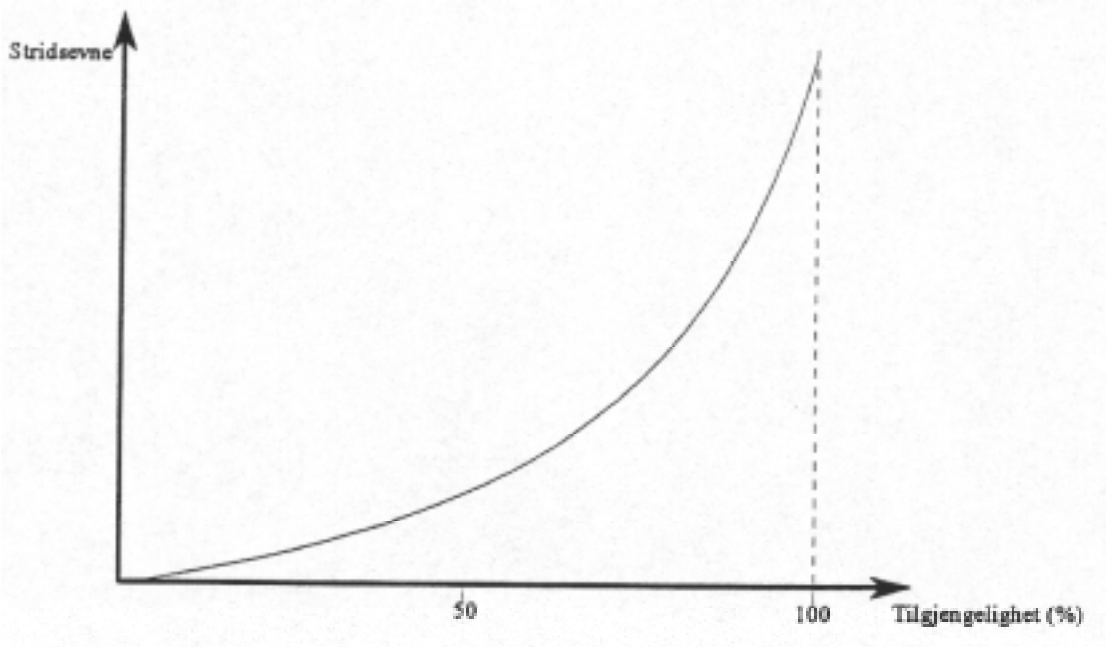
der,
BC = stridsevne (battle capability)
LCC = totale levetidskostnader



Figur 4.40 Kostnadsspesifikk stridsevne CSBC

CSBC vil avta når levetidskostnadene øker og når tilgjengeligheten avtar.

Tilgjengeligheten vil påvirke stridsevnen direkte (figur 4.41).



Figur 4.41 Stridsevne som funksjon av tilgjengelighet

Som diskutert tidligere er tilgjengligheten (og stridsevnen) og dermed levetids-kostnadene i stor grad avhengig av utformingen av reservedelsopplegget.

På denne måten er det mulig å tilpasse konseptet om levetidsoverskudd (LCP) også til organisasjoner der det ønskede resultatet ikke kan måles i kroner og øre.

4.6.3 Bruk av beslutningsstøtteverktøy

Er det riktig å bruke EDB-programmer som beslutningsverktøy ved anskaffelse av reservedels-opplegg? For små systemer som er geografisk avgrenset og med få reservedeler, er vel svaret nei. Et eksempel på et slikt system kan være en bedrift med fem varebiler som vedlikeholdes i egen organisasjon. Er det snakk om større materiellsystemer med geografisk spredning, f.eks som i Forsvaret eller hos en leverandør med vedlikeholdsansvar (merkeverksteder for biler, datautstyr osv.), vil svaret så avgjort være ja.

Å bestemme optimale reservedelsbeholdninger og flyt av deler blir raskt et meget komplisert regnestykke. Det er kanskje vanskeligere enn å planlegge optimal materialflyt i et produksjons-anlegg. Ved et produksjonsanlegg skal den mengden av materialer som mates inn være mest mulig lik den som kommer ut. I en vedlikeholdsorganisasjon er det ikke sikkert at det som går inn av deler kommer ut igjen, og i hvert fall ikke når dette skal skje.

Det finnes i dag enkelte dataprogrammer som er i stand til å gi oss råd om hvordan vi bør organisere våre reservedelsbeholdninger. Med noen få hederlige unntak blir reservedelsbehovet fastslått ut fra nokså forenklede sammenhenger.

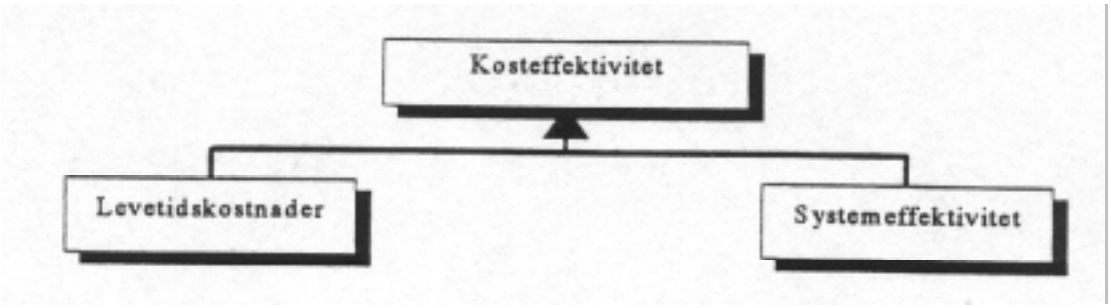
Konklusjon

Dersom man har som mål å produsere varer og tjenester mest mulig effektivt og redusere kostnadene mest mulig, kommer man ikke utenom levetidsbetraktninger. Det er snakk om å være tilpasningsdyktig og å vite noe om fremtiden.

LCC og LCP er noe mer enn moteord og teknikker. LCC/LCP må bli en del av vårt begrepsapparat på lik linje med f.eks kvalitetslæren. Konseptene representerer ikke noe nytt i seg selv, men setter fokus på å ta de rette langsiktige beslutningene på et tidspunkt da man fremdeles har innflytelse på resultatet.

I det meste av litteraturen nevnes mangelen på riktige data som det største problemet med bruk av LCC-analyser. Årsaken til dette kan være at kunden ikke ber om å få de riktige dataene, eller at man ber om alle mulige slags data uten mål for bruken av dem. Dersom kundene gjør et godt forarbeid og ber om kun de data de trenger, vil leverandørene kunne bruke mer ressurser på å hente frem disse. Som ellers i markedet er det etterspørselen (eller en fremtidig etterspørsel) som avgjør om noe skal tilbys.

Når det gjelder anskaffelse av reservedeler må man utføre beregninger basert på levetidskostnader, men ikke levetidskostnader alene. Man må veie LCC opp mot gitte krav til systemeffektivitet og optimalisere mhp. maksimal kosteffektivitet, figur 4.42.



Figur 4.42 Kosteffektivitet

4.7 Standarder

4.7.1 MIL-STD-1388

Denne beskrivelsen baserer seg i hovedsak på /6/.
Den spesifikke fremgangsmåten til LSA vil variere avhengig av type og kompleksitet av det system som skal anskaffes og den organisasjon som skal bruke dette. MIL-STD-1388-1A /35/ og MIL-STD-1388-2B /36/ angir én tilnærmingsmåte til LSA, som ble introdusert på begynnelsen av 80-tallet og tatt i bruk av det amerikanske forsvaret.

MIL-STD-1388-1A "Logistic Support Analysis" angir en nokså omfattende fremgangsmåte for gjennomføring av LSA, mens MIL-STD-1388-2B "DOD Requirements for a Logistic Support Analysis Record" i hovedsak relaterer til LSA datahåndtering. Den første standarden dekker hele LSA-prosessen, mens den andre dekker håndteringen av det som er resultatet av LSA, nemlig selve dataene, krav til disse, behandling av data og dataformateringsprosedyrer.

Logistikk-støtte analyse (LSA), MIL-STD-1388-1A
Målene med LSA oppnås gjennom å etablere et effektivt LSA-program som oppdateres som en del av ILS-programmet (se forøvrig kap. 6.1.1). LSA-programmet er inndelt i 5 hovedområder som igjen er inndelt i LSA-oppgaver, tilsammen 15 slike oppgaver ("task'er").

LSA-prosessen, som inngår i LSA-programmet sørger for at LSA gjennomføres systematisk på en iterativ måte gjennom alle levetidsfasene til systemet/utstyret.

De 5 hovedområdene er:

100 Programplanlegging og kontroll
200 Definering av oppdrags- og støttesystem
300 Forberedelse og evaluering av alternativer
400 Fastsettelse av krav til logistikk-støtte ressurser
500 Vurdering av evne til å gi nødvendig støtte ("supportability")

LSA-oppgavene er:

1. Task 101: *Utvikling av en tidlig LSA-strategi*
   Her identifiseres kravene til de antatte tekniske og programmessige oppgavene i de tidlige fasene av en systemanskaffelse.

2. Task 102: *LSA-plan*
   Utvikling av en LSA-plan (LSAP) som identifiserer og integrerer alle LSA-oppgavene, avklarer ansvarsforhold og aktiviteter, og skisserer fremgangsmåte for gjennomføringen av LSA-oppgavene.

3. Task 103: *Program og konstruksjonsgjennomgang*
For etablering av krav til den offisielle revisjon, kontroll av konstruksjonsdata og dokumentasjon, utsendte tegninger, delelister o.l. Målet er å fokusere på støtte-karakteristika.

4. Task 201: *Bruksstudie*
Identifisering og dokumentering av relevante støtte-evne faktorer knyttet til systemets tiltenkte bruk. Output fra denne oppgaven leder til definering av systemets vedlikeholds-konsept og identifisering av støttealternativer.

5. Task 202: *Oppdrags utstyr, programvare og støttesystem standardisering*
Definere begrensninger i støtteevne til systemet basert på eksisterende og planlagte logistikkstøtteressurser.

6. Task 203: *Sammenligningsanalyse*
Utvikle et basis sammenligningssystem (base case) som representerer karakteristika til det nye systemet. Alternative systemkonfigurasjoner evalueres mot basis systemet.

7. Task 204: *Teknologiske muligheter*
Interface mot pågående logistikk-forskning og utvikling, ved å identifisere teknologiske fremskritt for å kunne oppnå forbedringer i logistikkstøtten til det nye systemet.

8. Task 205: *Konstruksjonsfaktorer relatert til støtte-evne* (dok. i LSAR nr. 1 (A))
Etablere kvantitative og kvalitative konstruksjonskriterier relatert til logistikk-støtte karakteristika. Inngår som en del av systemspesifikasjonen.

9. Task 301: *Identifisering av funksjonskrav* (dok. i LSAR nr. 2-4 (B, B1, B2))
Identifisering av drifts- og logistikkstøtte funksjoner. Inkluderer utvikling av bl.a FMEA-data, RCM-data og krav til korrektivt og preventivt vedlikehold (topp nivå).

10. Task 302: *Støttesystem-alternativer*
Etablere ulike logistikkstøttesystem alternativer for det nye systemet.

11. Task 303: *Evaluering av alternativer og avveinings-analyser*
Fastsette det foretrukne logistikkstøttesystem-alternativet basert på bl.a avveininger mellom ulike subsystem. Gjennomføring og evalueringer som LORA, ulike diagnose-muligheter, etc.

12. Task 401: *Oppgave-analyse* (dok. i LSAR nr. 5-14 (C-J))
Analysere påkrevde drifts- og vedlikeholdsoppgaver for det nye systemet for å a) identifisere krav til logistikkstøtteressurser for hver oppgave, b) nye kritiske ressurskrav, c) transportérbarhetskrav, etc.

13. Task 402: *Tidlig felt-analyse*
Vurdere betydningen av å innføre det nye systemet i/sammen med eksisterende system.

Personellkrav, konsekvenser ved ikke å innfri krav til nødvendige logistikkstøtte-ressurser for det nye systemet. Vurdering av effekten av innføringen av et nytt system på den eksisterende kapabiliteten i felten.

14. Task 403: *Etter-produksjons støtteanalyse*
Analysere levetidsstøtte-krav for det nye systemet etter at produksjonslinjene er nedstengt for å forsikre seg om at nødvendige logistikkstøtteressurser vil være tilgjengelige i den resterende levetiden til systemet.

15. Task 501: *Test, evaluering og verifisering av støtte-evne*
Vurdere hvorvidt de spesifiserte logistikkstøtte-kravene innfris, identifisere årsaker til avvik fra plan og identifisere metoder for å korrigere mangler.

Ved denne fremgangsmåten inkluderes også endel av de oppgavene som normalt inngår i et ILS-program. Dette er forsåvidt ikke noe problem sålenge det ikke blir overlapp og dobbeltarbeid.

Logistikkstøtte analyseprotokoll (LSAR), MIL-STD-1388-1A

Kravene til LSA (jfr. MIL-STD-1388-1A) innbefatter krav til dokumentering av alle resultater fra LSA-oppgavene. Som en del av denne dokumentasjonen fokuserer MIL-STD-1388-2B på de data som direkte relaterer til systemstøtte-evne ("supportability"). LSAR inkluderer i alt 14 individuelle "informasjons-protokoller" (Data Records). Denne informasjonen er resultatet av gjennomføringen av de ulike LSA-oppgavene. De 14 "informasjons-protokollene" er:

1. (A): *Drifts- og vedlikeholdskrav*
Dette dekker systemkrav knyttet til drift, miljø og vedlikehold, herunder tilgjengelighet, MTBF, vedlikeholdsnivå, vedlikeholdskategorier etc.

2. (B): *Enhetenes pålitelighets- og vedlikeholdsvennlighets-karakteristika*
Dette inneholder enhetenes funksjon, vedlikeholdskonsept, tilgjengelighet, MTBF etc.

3. (B1): *Feilmode og effekt analyse*
Data fra FMEA/FMECA, "skademode" og effekt analyse, og funksjonsanalyse.

4. (B2): *Kritikalitets og vedlikeholdsvennlighets analyse*
Inneholder data ifra kritikalitetsanalyser og rangering av feil etter kritikaliteten (alvorlighet x sannsynlighet), bl.a anbefalte vedlikeholdsoppgaver.

5. (C): *Oppsummering av drifts- og vedlikeholdsoppgaver*
Beskrivelse av vedlikeholdsoppgaver, intervall/frekvenser, krav til fasiliteter, treningsutstyr, verktøy og hjelpeutstyr, og tekniske manualer.

6. (D): *Drift- og vedlikeholds oppgaveanalyse*
Sekvensiell beskrivelse av drifts- og vedlikeholdsoppgaver, oppgavevarighet og frekvenser,

personellantall og ferdighetsnivå, og krav til støtte.

7. (D1): *Personell- og støtte krav*
Identifisering av personell-, trenings- støtteutstyr- og forsyningsstøttekrav for (D).

8. (E): *Støtte-utstyr og treningsmateriell-beskrivelse og behovs-dokumentering*
Anbefalt støtteutstyr/testutstyr, leverandørnummer og annen info., drifts- og vedlikeholds-nivå, sted hvor støtteutstyr er påkrevd (plassering), antall pr. sted, levetids-krav, ledetider, ytelsesparametre, pålitelighets- og vedlikeholdsvennlighets-parametre (MTBF, MTTR), etc.

9. (E1): *Enhet under test og automatisk test*
Beskrivelse av enheter som krever testutstyr, estimerte testintervall, parametre som skal måles, automatisk vs. manuell testing, etc.

10. (F): *Fasilitets-beskrivelse og behovs-dokumentering*
Beskrivelse og rettferdiggjørelse av alle krav til foreslåtte spesial- og tilleggs-fasiliteter. Konstruksjonskriterier, byggetid, brukskrav, kostnadsinformasjon, etc.

11. (G): *Ferdighets-evaluering og behovs-dokumentering*
Beskrivelse og rettferdiggjørelse av nye eller modifiserte personellferdighets-klassifisering nødvendig for å støtte det nye systemet.

12. (H): *Identifisering av komponenter for støtte*
Informasjon nødvendig for provisioning av mindre reservedeler.

13. (H1): *Identifisering av komponenter for støtte (bruksavhengig)*
Informasjon nødvendig for provisioning av store reparérbare komponenter. Bl.a vedlike-holds-utskiftningsrate, MTTR, etc.

14. (J): *Transportérbarhets-karakteristika*
Krav til transportérbarhet og definering av spesifikke designkriterier knyttet til transportér-barhet. Dimensjoner, vekt, løftepunkter, etc.

Det er viktig at <u>behovet</u> for disse dataene evalueres nøye, for deretter å tilpasse LSA til dette, og ikke omvendt. For mye data eller for lite data kan begge deler bli kostbart!

Alle de data det henvises til i MIL-STD-1388-2B synes å kunne være noe "voldsomt" for det norske Forsvaret, og man bør være forsiktig med å ta med for mye, iallefall i første omgang. Dette bør også testes ut gjennom gradvis innføring knyttet til enkelte pilotprosjekt som kanskje bemannes noe ekstra i utprøvingsfasen.

4.7.2 AECMA 2000M

AECMA 2000M eller spesifikasjon 2000M /40/ er en spesifikasjon for materialadministrasjonsprosesser og prosedyrer til bruk ved leveranser av fly og bakkemateriell til militærkunder. Den er utarbeidet i fellesskap mellom luftforsvar og flyindustri.

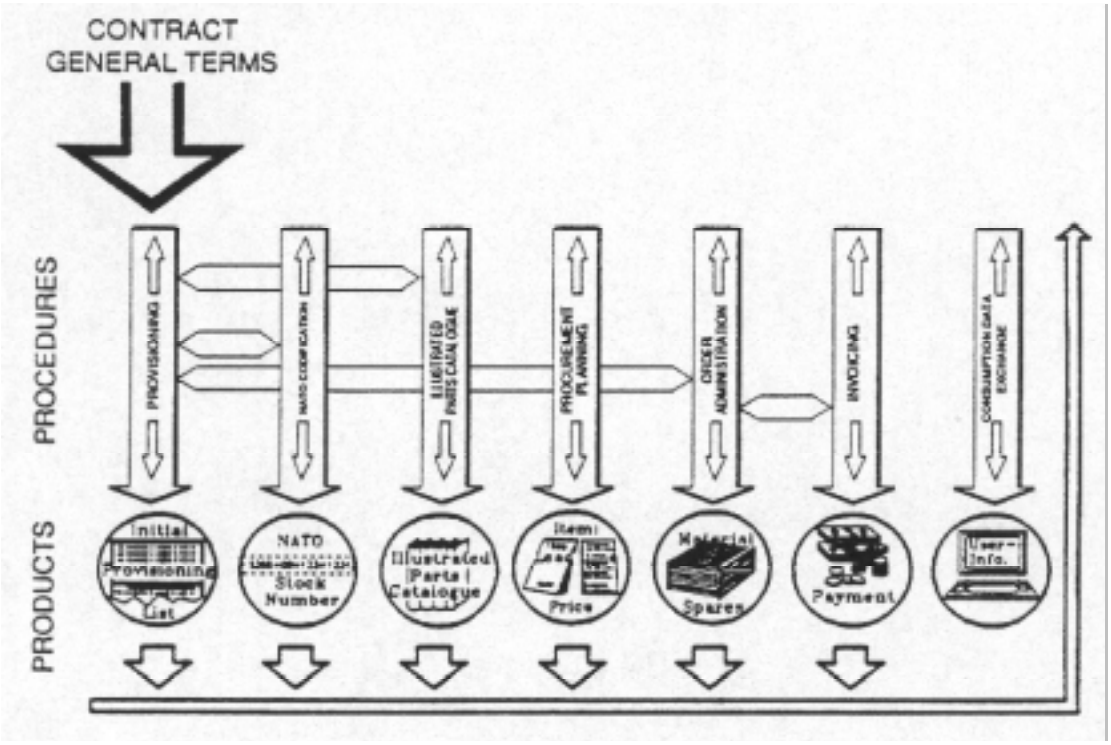
AECMA (Association Européenne des Constructeurs de Matériel Aérospatial) utviklet først en spesifikasjon 200 og 100 for bruk ved forsyning av sivile fly (startet i 1976).

Innenfor det militære området fantes ingen standardisering og hvert luftforsvar opererte etter egne nasjonale spesifikasjoner. I tillegg var det i enkelte luftforsvar praksis å bruke nye prosedyrer for hver enkelt flyanskaffelsesprosjekt, noe som resulterte i at det alltid var en mengde ulike prosedyrer i bruk samtidig.

Målet var og er fortsatt å få til en harmonisering og til slutt én felles standard for både det sivile og det militære, men foreløpig er spesifikasjon 2000M (M-Military) spesielt laget for militære anskaffelser.

Spesifikasjonen er laget for å dekke alle materialadministrative aktiviteter i forbindelse med leveranser av militære fly. Selv om spesifikasjonen er laget for understøttelse av flyleveranser, kan den også benyttes for annet materiell.

Prosedyrene beskriver forholdet mellom industri og kunde og vil resultere i de logistikk-produktene som er illustrert i figur 4.43.



Figur 4.43 AECMA 2000's logistikkprodukter

Spesifikasjonen er organisert i hovedkapitler som er laget med tanke på å kunne stå alene bl.a for å lette forståelsen og bruken av denne. Hovedkapitlene er:

1A - **Provisioning**
1B - NATO kodifisering
1C - Delekatalog med illustrasjoner
2 - Anskaffelsesplanlegging
3 - Ordre administrasjon
4 - Fakturering
5 - Utveksling av data over reservedelsforbruk
Vedlegg

Prosedyrene vedrørende provisioning dekker prosessen med å fremskaffe data som er nødvendig for kunden ved bestilling av hjelpeutstyr og reservedeler til drift og vedlikehold av fly, motor eller andre komponenter i hele deres levetid. Hovedtrinnene i provisioning prosessen er:

1. Veiledningskonferanse
2. Initiell provisioning program (IP)
3. Utkast til initiell provisioning liste (DPL)
4. Formell initiell provisioning liste (FPL)
5. Pre-vurderings møte
6. Endelig initiell provisioning liste (MPL)

Disse er beskrevet i detalj i spesifikasjon 2000M. Forøvrig består provisioning kapittelet av:

1A-1 Provisioning generelt
1A-2 Flytskjema
1A-3 Instruksjoner for sammenstilling av data
1A-4 Forberedelse til initiell provisioning liste (IPL)
1A-5 Forberedelse til illustrasjoner
1A-6 Oppdatering av initielle provisioning data
1A-7 Struktur og format for utveksling av provisioning data
1A-8 Observasjoner

Spesifikasjon 2000M virker mer oversiktlig og enklere å sette seg inn i enn MIL-STD-1388.

Kort oppsummering

Kapitlene 2, 3 og 4 utgjør basis-informasjon for å forstå hvordan et optimalt førstegangs reservedelsopplegg kan fastsettes i en gitt organisasjon, i dette tilfellet Forsvaret.

Spesielle problemer som er avdekket knyttet til provisioning i Forsvaret, og forslag til mulige løsninger og tiltak (kap. 3) utgjør også grunnlagsinformasjon som det bygges videre på i de neste kapitlene.

5 ANALYSEMODELL FOR INITIELL PROVISIONING

Før det blir gitt en beskrivelse av det optimaliseringsverktøyet som Forsvaret har valgt (kap. 6), vil det i dette kapitlet bli vist hvordan en slik analysemodell, som er basisen i verktøyet, kan etableres. Dette for å forstå bedre hva som ligger innebygd i en slik analysemodell. Den vil imidlertid ikke bli utviklet til en komplett modell, noe som er svært ressurskrevende. Til slutt i kapitlet gjøres det en sammenlikning av flere EDB-programmer for LCC- og reservedels-analyser.

5.1 Modellbetraktninger - skisse til analysemodell

I anskaffelsesfasen av et nytt teknisk system er det fremtidige forbruket av reservedeler usikkert. Dette er ikke bare betinget av at materiellet kan være nytt og ukjent for den nye brukeren. Usikkerheten henger i stor grad sammen med hvordan brukeren er organisert, slik at tilgjengelige driftssikkerhetsdata ikke er tilstrekkelig for å fastslå et rimelig estimat for reservedelsbehovet. Måten å møte dette problemet på, vil være å utvikle modeller for å predikere det fremtidige reservedelsforbruket.

Faktorene som i størst grad påvirker variasjonene i reservedelsforbruket vil iht. tidligere diskusjoner være; systemets driftsforhold, tekniske modenhet, vedlikeholdstilpasning, brukerens drifts- og vedlikeholdsorganisasjon, tilgjengeligheten av relevante driftssikkerhetsdata/historikk og lengden av estimeringsperioden.

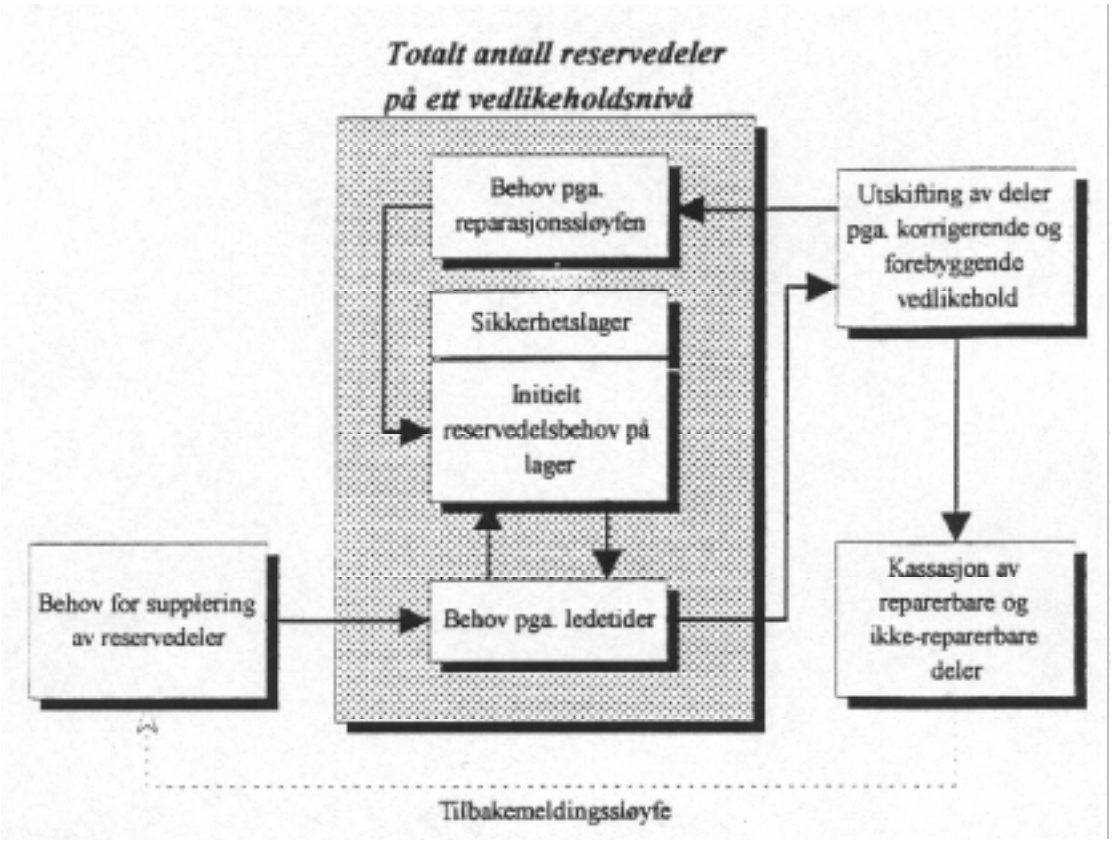
Reservedelsbehovet må estimeres for en gitt tidsperiode. Hvor lang denne perioden skal være vil kunne være betinget av eventuelle kontraktsfestede forhold angående etterforsyning av deler fra leverandøren. Usikkerheten vil for enkelte systemer øke med lengden av tidsperioden. Det vil da være en fordel å dele opp perioden og foreta suppleringer/justeringer etter en kortere tids drift enn det som er nødvendig for å skaffe pålitelige forbruksdata.

5.1.1 Krav til reservedelsmodellen

For å kunne foreta en prediksjon av reservedelsforbruket må man danne seg en forståelse av hvordan de påvirkende faktorene henger sammen. Dette gjøres ved at man lager ulike modeller, se figur 5.1. Å lage gode modeller er sannsynligvis det som har mest å si for kvaliteten på det resultatet man søker. Dessverre kan det ofte være vanskelig å beskrive virkeligheten matematisk. Modellene bør ikke være for kompliserte, da blir de ofte ikke brukt. Kompliserte modeller kan gjøres enklere å bruke ved hjelp av dataverktøy.

De kravene man kan stille til en modell for fastlegging av førstegangs reservedelsanskaffelse er:

- Må estimere forbruket av ulike typer reservedeler i en gitt tidsperiode.
- Må estimere hvor mange deler av ulike typer som må ligge på hver lagerlokasjon for å opprettholde gitte krav til tilgjengelighet.
- Må estimere det antallet deler av ulike typer som i den gitte tidsperioden vil befinne seg i forsyningssystemet og ikke på lager (reparasjonssløyfen, ledetider mm.).
- Må behandle kriterier for hvilke deler som man trenger å anskaffe initielt.



Figur 5.1 Totalt reservedelsbehov

5.1.2 Nødvendige inngangsparametre til modellen

Det er viktig at man på et tidlig tidspunkt har klart for seg hvilke inngangsdata man trenger for å bruke modellen. Behovet for slike data må som regel spesifiseres allerede når tilbudet går ut til leverandørene. Man betaler for å få slike data, så det vil være lønnsomt å plukke ut disse på forhånd. Leverandøren på sin side kan ønske å selge mest mulig reservedeler. Dataene må derfor spesifiseres og begrenses både hva innhold og format angår. Ryddighet og edruelighet på dette området må være et krav.

Leverandøren

De inngangsdata man bør forvente at leverandøren stiller til rådighet når brukeren har oppgitt driftsprofil, antall systemenheter og fordelingen av disse vil være:

- Kategorisering av alle deler i LRU, SRU og enkeltkomponenter (se kap 4.4.9).
- Materiellstruktur (nedbryting i LRU, SRU og komponenter).
- Forslag til hvilke LRU, SRU og komponenter som er reparerbare/ikke reparerbare.
- MTBF for alle LRU, SRU og kritiske enkeltkomponenter.
- Antallet LRU, SRU og enkeltkomponenter som inngår i hver systemenhet/evt. totalt i

systemet dersom dette ikke er mulig.

- MTTR for alle LRU og SRU.
- Forslag til hvilke LRU, SRU og komponenter som bør inngå i førstegangs reservedels-anskaffelse i en spesifisert periode.
- Priser.

Brukeren/kunden

Brukeren må framskaffe følgende data for det nye tekniske systemet og data fra sin eksisterende organisasjon:

- Fordelingen av systemenheter i driftsorganisasjonen.
- Organisering av vedlikeholdet i brukersteder, verksteder og lagre.
- Hvilke deler som skal inngå i analysen - f.eks mhp kritikalitet.
- Policy for lagring og reparasjon av delene som skal inngå i analysen.
- Krav til tilgjengelighet for ulike deler av systemenhetene.
- Krav til tilgjengelighet på de ulike lagernivåene.
- MWT - forventede ledetider mellom ulike lagernivåer/reparasjonslokasjoner.
- Kriterier for evaluering av leverandørens forslag mhp. førstegangs reservedelsanskaffelse.

For leverandørens vedkommende er dette data som bør fremkomme gjennom analyser av driftssikkerhet og vedlikeholdstilpasning i design- og konstruksjonsfasen, samt fra den driftsprofil brukeren/kunden har spesifisert. Brukeren henter data fra erfaringer med sin nåværende vedlikeholdsorganisasjon, retningslinjer for vedlikeholdskonseptet og krav til systemeffektivitet.

Pr. i dag varierer leverandørenes evne til å framskaffe slike data for mye. Det må innarbeides bedre rutiner for dette ved utvikling av nye systemløsninger. Det beste incentivet for dette er at kundene etterspør data - de riktige data - og vektlegger den innsatsen leverandøren gjør for å etterkomme dette. Det er imidlertid vanskelig å fremskaffe disse dataene for prototyper av system, i motsetning til hyllevare-materiell.

5.1.3 Modell for initielle reservedelsbeholdninger

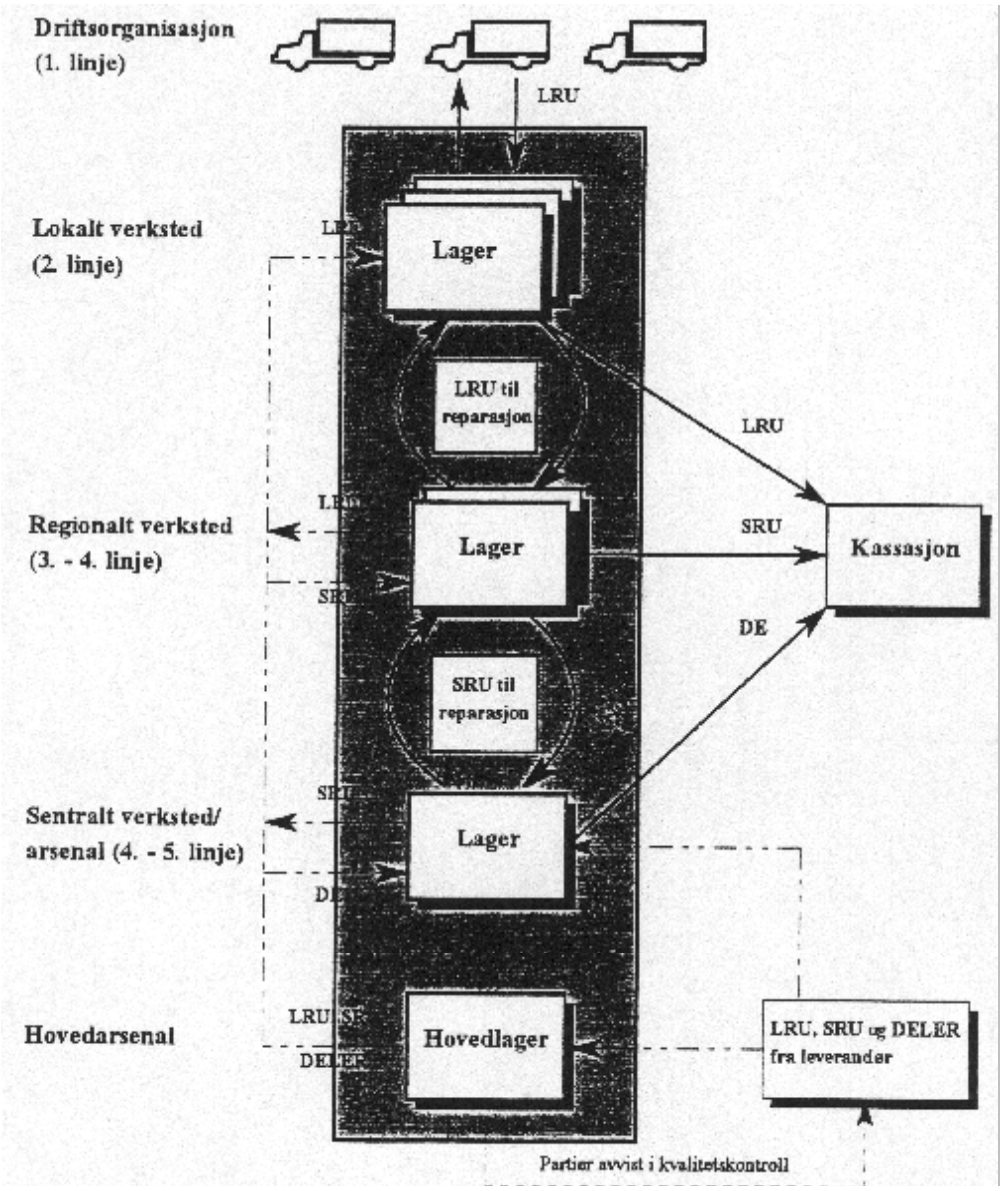
Tidligere har antallet reservedeler ofte blitt bestemt til en fast prosentandel av den totale investeringen, vanligvis 5 - 10 % /25/. Denne praksisen har ofte resultert i et for stort antall av mange av reservedelene og mangel på andre. Dette har ført til for lav tilgjengelighet, for store lagerareal og betydelig kapital bundet opp i ulønnsomme, store beholdninger av reservedeler det ikke er behov for.

Disse forholdene fremtvinger en mer analytisk fremgangsmåte. Begrepsapparatet og metodene finnes mer eller mindre tilgjengelig i litteraturen innenfor fagfeltet driftssikkerhetsteknikk. Selve problemet med initiell reservedelsanskaffelse er imidlertid sammensatt og forholdsvis komplisert.

Reservedelsbeholdningene påvirkes av deleflyten i organisasjonen. Ulike lagre kan kreve ulike sammensetninger av beholdningene. Derfor bør en ta utgangspunkt i organisasjonens forsynings-system og antatt driftsprofil for det tekniske systemet når reservedelsbehovet skal bestemmes.

5.1.3.1 Modell for forsyningssystemet

Figuren 5.2 under oppsummerer problemstillingen ved anskaffelse og distribusjon av reservedeler. Som man ser er det en forholdsvis kompleks oppgave å bestemme omsetningen og den optimale beholdningen av reservedeler i en slik organisasjon, med mange nivåer (mange "stasjoner").

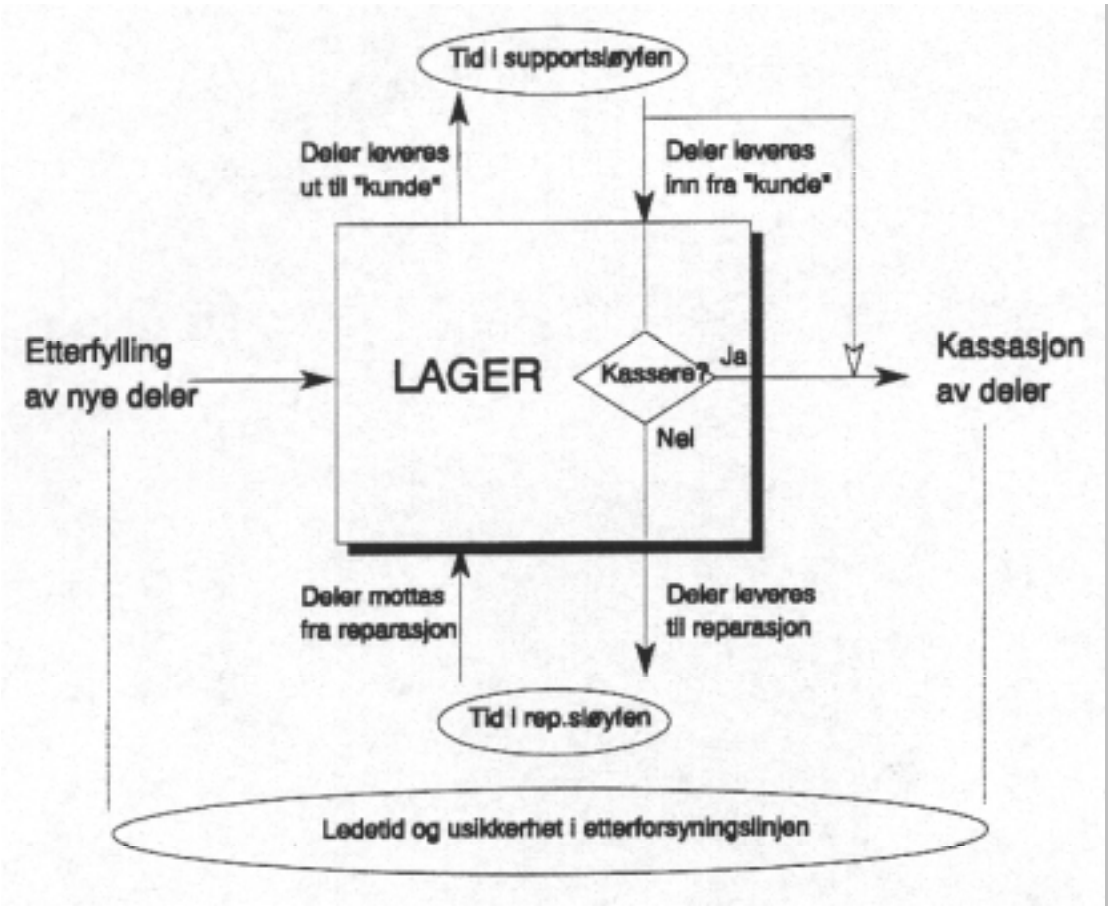


Figur 5.2 Modell for deleflyt i drifts- og vedlikeholdsorganisasjonen

Modellen illustrerer hvordan ulike kategorier av deler kan bevege seg rundt i forsynings-/vedlikeholdsorganisasjonen.

5.1.3.2 Modell for generell lagerenhet

Det neste steget vil være å modellere en generell lagerenhet. Denne lagerenheten har til hensikt å beskrive alle tillatte bevegelser av deler på ethvert lager og lagernivå. Dersom alle lager kan beskrives av en generell lagerenhet, legges forholdene til rette for at lagrene kan lenkes sammen og at modellen kan brukes i et dataprogram. Et forslag til en generell lagerenhet er vist i figur 5.3.



Figur 5.3 Generell modell for deleflyt i en lagerenhet

Det er på det rene at denne modellen er en forenkling av virkeligheten, men den kan tjene som et utgangspunkt. Modellen er konstruert med utgangspunkt i vedlikeholdnivået nærmest driftsorganisasjonen (2. - 3. linjes vedlikehold). Idéen er å kunne lenke sammen lagerenheter på de ulike nivåene og beregne reservedelsbehov og beholdninger iterativt i et egnet dataprogram.

5.1.3.3 Modell for reservedelsbeholdning tilknyttet lagerenheten

Det neste steget blir å knytte denne modellen opp mot selve lagerbeholdningen i enheten. For å gjøre modellen mer håndterbar innføres noen forkortelser:

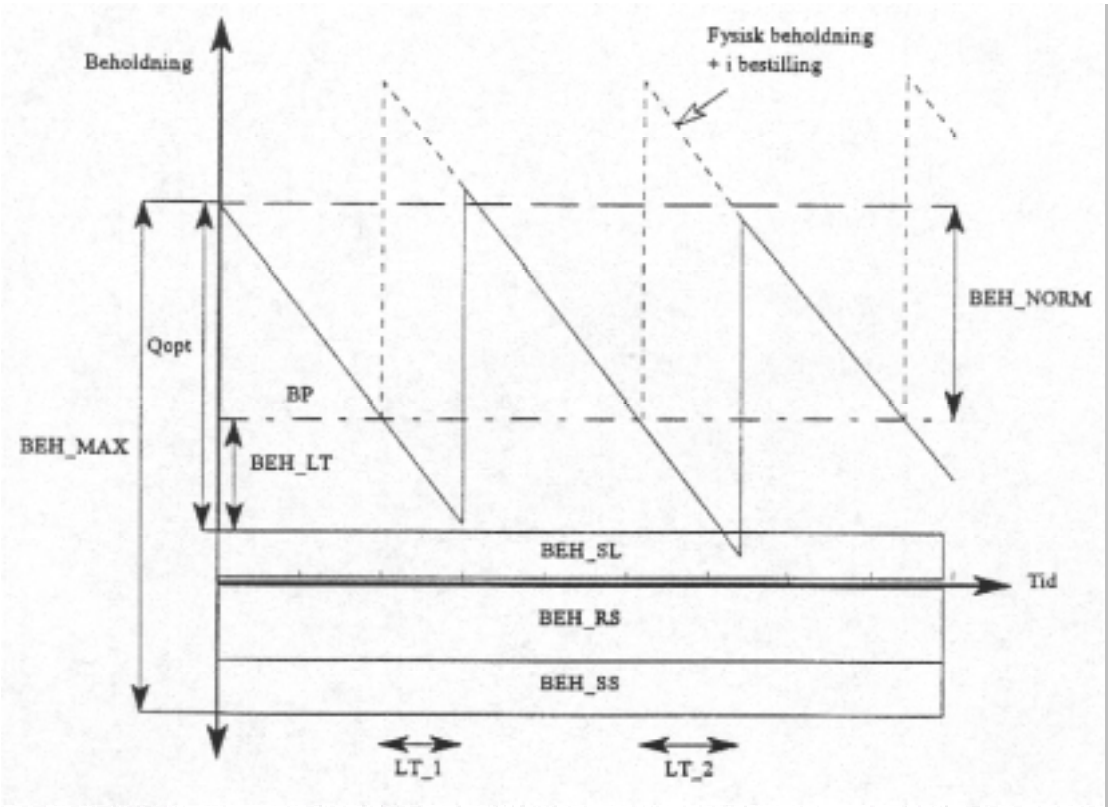
T_STUD = Tidsperioden som legges til grunn for studien
T_TURN = Turnovertid for lagerbeholdningen
T_LED= Ledetiden i etterforsyningssystemet
SUPP_UT = Deler levert ut til kunde
SUPP_INN = Deler levert inn fra kunde
SUPP_TID = Tiden delen bruker i supportsløyfen (WT + MTTM)
E_FORS = Etterforsyning av nye deler
KASS = Kassasjon av deler pga. feil eller modifiseringer
REP_UT = Deler levert til reparasjon
REP_INN = Deler mottatt fra reparasjon
REP_TID = Tiden delen bruker i reparasjonsløyfen (WT + MTTR)
BEH_MAX = Maksimal total reservedelsbeholdning av en kategori tilknyttet lageret
BEH_RS = Beholdning i reparasjonssløyfen (forbruk i tiden WT + MTTR)
BEH_SS = Beholdning i supportsløyfen (forbruk i tiden WT + MTTM)
BEH_SL = Beholdning som sikkerhetslager for usikkerhet i etterforsyningen
BEH_LT = Beholdning som dekker etterspørsel i ledetiden (BP - SL, se fig. 4.30)
BEH_NORM = Beholdning som dekker normalt forbruk dersom ledetiden var lik null (Q - BP, se figur 5.4)
BEH_POISSON = Beholdning nødvendig for å opprettholde nødvendig servicenivå beregnet med en poissonmodell.

Modellen bygger på følgende antakelser:

- Lageret styres av et bestillingspunktsystem
- Antar momentan lagerinngang av kostoptimal partistørrelse - Q_{opt}
- Antar stokastisk fordelt lageruttak over tiden - d
- Antar at svinn av deler ikke forekommer i systemet
- Antar at all kassasjon av deler rapporteres til lageret
- Antar at opphopning av deler ikke forekommer i support- og reparasjonssløyfene

På grunnlag av modellen i figur 5.3 kan man sette opp følgende relasjoner mellom de ulike bevegelsene av reservedeler:

E_FORS = KASS
REP_UT = REP_INN
SUPP_UT = SUPP_INN
SUPP_UT = Antall deler til forebyggende (FV) og korrigerende vedlikehold (KV) i T_STUD
SUPP_INN = KASS + REP_UT
BEH_MAX = BEH_RS + BEH_SS + BEH_SL + BEH_LT + BEH_NORM



Figur 5-4 *Lagermodell for beholdningen ved en lagerenhet*

Modellens behov for input er:

- Reparasjonsintervall MTBF (for KV) og utskiftningsintervall MTBM (for FV) for reservedelene på dette nivået
- Kassasjonsrate/reparasjonsrate for reservedelene på dette nivået
- MTTR - mean time to repair i reparasjonssløyfen
- MTTM - mean time to maintenance i supportsløyfen
- WT - adm. forsinkelse og transporttid i hhv. support- og reparasjonssløyfen.
- MLT - midlere ledetid og varians i pipeline (etterforsyningslinjen)
- Partistørrelse

Av figur 5.4 kan man lese at ledetiden i første beordringsperiode (LT_1) er kortere enn i andre periode (LT_2). At ledetiden kan variere er årsaken til at man ønsker et sikkerhetslager for å opprettholde tilgjengeligheten (servicenivå).

Legg merke til at beholdningene på oversiden av tidsaksen er de faktiske beholdningene på lageret, mens beholdningene under tidsaksen befinner seg utenfor lageret dvs. i vedlikeholdssystemet.

5.1.3.4 Estimert beholdning på lageret

Beholdningen på lageret er sammensatt av sikkerhetslager, beholdning som kompanserer for forbruk i ledetiden og en beholdning som representerer det normale forbruket fra partiet ankommer til

bestillingspunktet er nådd. I modellen kalles denne delen av beholdningen BEH_NORM. Lageruttaket antas stokastisk fordelt, dvs forbruket av reservedeler beregnes som en forventet verdi med et tilhørende variansområde. At reservedelsforbruket kan variere vil påvirke størrelsen på sikkerhetslageret.

BEH_NORM = Q_{opt} - BEH_LT , der;

$$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2\,C_0\,\bar{d}}{C_l}}$$

(Wilsons formel for kostoptimal lagerstørrelse) der;

C_0 = ordrekostnader
C_l = lagerkostnader
= gjennomsnittlig forbruk (lageruttak) av reservedeler minus gjennomsnittlig antall deler som kommer inn fra reparasjonssløyfen, dvs. min(MTBF(KV),MTBM(FV)) - REP_INN.

BEH_LT = Beholdning som dekker etterspørsel i ledetiden

Kommentarer:

1. Wilsons formel er unøyaktig, urealistisk og er basert på et ufullstendig kostnadsbilde (se kap. 4.4.7.4). Denne formelen bør derfor byttes ut med en bedre og er her tatt med for å illustrere gangen i beregningen.

2. Med det gjennomsnittlige lageruttaket min(MTBF(KV), MTBM(FV)) menes den minste av verdiene MTBF og MTBM for den samme delen. En del som f.eks skiftes ved utførelse av periodisk vedlikehold, vil som regel ha en kortere vedlikeholdssyklus enn feilsyklus.

Poissonmodellen for reservedelsbeholdninger

$$P = \sum_{n=0}^{n=L} \frac{R(-\ln R)^n}{n!} \geq CL \quad \text{, der}$$

P = sannsynlighet for å ha en del på lageret når den blir etterspurt

S = minimumsbehov for reservedeler

R = funksjonssannsynlighet for reservedelen; $R = e^{-K\ t}$, der;

K = antall deler i bruk av en bestemt type tilknyttet lagerenheten
= delens sviktintensitet eller utskiftningsintensitet max(1/MTBF, 1/MTBM) (ref. kommentar nr. 2 ovenfor)

t = turnovertid på lageret (T_TURN)

CL = konfidensnivå mot tomgang

$$T_TURN = T_LED + \frac{Q_{opt}}{\bar{d}}$$

Beregnes denne formelen for et bestemt konfidensnivå vil man ha at;

S = BEH_POISSON

Videre har vi at:

BEH_LT = * T_LED

BEH_SL = BEH_POISSON - Q_{opt} - BEH_LT

BP = BEH_SL + BEH_LT

Vi har da kommet sirkelen rundt og har bestemt BEH_NORM, BEH_SL, BEH_LT, BP og Q_{opt}. Disse faktorene utgjør den maksimale beholdningen på lageret.

5.1.3.5 Estimert antall deler i reparasjons- og supportsløyfen

Det som nå gjenstår er å beregne hvor mange deler som til enhver tid vil befinne seg i reparasjons- og supportsløyfen. Dette antallet deler er bestemt av:

- MTTM - mean time to maintenance, tiden som går med til å skifte ut en del, f.eks en LRU på et kjøretøy.
- MTTR - mean time to repair, tiden som går med til å reparere en defekt reservedel.
- MWT - mean waiting time, gjennomsnittlig tid til transport og administrasjon ved forsendelse av reservedeler.
- Antallet deler som svikter i den tiden en del trenger på å vandre gjennom hhv. reparasjons- og supportsløyfen. (basert på MTBF eller MTBM)

MTTM og MTTR skal fremgå av vedlikeholdsaktivitetanalysen. MWT må beregnes ut fra erfaringsverdier fra egen vedlikeholdsorganisasjon.

Beholdning pga supportsløyfen

$$BEH_SS = (MTTM + MWT_S) * \bar{d}, \text{ der;}$$

$$\bar{d} = \min(MTBF, MTBM)$$

Beholdning pga reparasjonssløyfen

$$BEH_RS = (MTTR + MWT_R) * \bar{d}, \text{ der } \bar{d} \text{ er som tilfellet over.}$$

5.1.4.6 Totalt initielt reservedelsbehov

Med de beregningene som er gjort over er man nå i stand til å anslå det totale initielle reservedelsbehovet for lagerenheten - BEH_MAX.

BEH_MAX = BEH_RS + BEH_SS + BEH_SL + BEH_LT + BEH_NORM

5.1.3.7 Etterforsyning av reservedeler

Antallet reservedeler av en gitt type som skal etterforsynes til lagerenheten i løpet av den bestemte innkjøringsperioden, er bestemt av kassasjonsraten i delens reservedelsomløp og omfanget av eventuelle modifiseringer av teknisk materiell.

$$KASS = \frac{k}{100} \cdot \min(MTBF, MTBM) \cdot T_STUD, \text{ der;}$$

k = andel reservedeler som kasseres etter svikt eller modifiseringer, regnet i prosent (%)

E_FORS = KASS

Kassasjonsraten bestemmer også antallet deler som går til reparasjon. Denne sammenhengen kan gis som:

$$REP_UT = REP_INN = (1 - \frac{k}{100}) \cdot \min(MTBF, MTBM) \cdot T_STUD$$

En legger også merke til at REP_INN påvirker reservedelens forbruksrate. Lav kassasjonsrate vil kunne redusere forbrukshastigheten for en reservedel og dermed også størrelsen på beholdningen. Dette viser hvor viktig det er at kriteriene for kassasjon av deler er basert på en riktig økonomisk betraktning.

5.1.4 Videre arbeid med modellen

En modell er sjelden i stand til å beskrive virkeligheten fullt ut. Modellen som er beskrevet over er ingen fullstendig modell, men snarere en idé om hvordan problemet kan løses. De videre utfordringene i utviklingen av modellen vil være:

- Tilrettelegging av modellen for sammenkopling av ulike lagernivåer
- Metode for å behandle nedbryting av materiellstruktur opp mot lagermodellen
- Tilrettelegging for analyse av reservedelens kostoptimale lagerlokasjon
- Tilrettelegging for kosteffektivitetsvurderinger
- Tilrettelegging for iterativ beregning av totalt initielt reservedelsbehov for utvalgte deler i hele vedlikeholdsorganisasjonen
- Utbedring av svakheter i modellen
- Programmering av modellen i et dataprogram
- Uttesting av modellen

For store organisasjoner med behov for avanserte modeller for optimalisering av reservedeler, vil det ikke være hensiktsmessig å utvikle dette selv. Slike modeller er kommersielt tilgjengelige, og Forsvaret har i likhet med Statoil valgt OPUS 10 som vil bli nærmere omtalt i kapittel 6.

5.2 Tilgjengelig programvare

5.2.1 Generelt

Prinsippet med LCC, å summere alle kostnadene over systemets levetid, er i utgangspunktet enkelt. Dette kan utføres i et alminnelig regneark. Utfordringen ligger i å utarbeide en fornuftig kostnadsnedbrytingsstruktur (CBS) for systemet, samt å estimere alle relevante kostnader. Måten dette gjøres på kan variere fra ett LCC-program til et annet.

5.2.1.1 Hensikten med LCC-programmet

Ved anskaffelse av kompliserte materiellsystemer er det ofte vanskelig å velge mellom ulike systemløsninger. Hver løsning kan ha sine fordeler og ulemper. En LCC-analyse skal hjelpe til med

å skille ut den løsningen som har lavest levetidskostnad. Videre kan en slik analyse hjelpe til med å forbedre (optimalisere) en gitt løsning slik at kostnadene blir så lave som mulig.

Dersom den nødvendige datamengden er stor og materiellsystemet komplisert, vil man ha behov for et dataprogram for å håndtere informasjon og beregninger.

Fordelen med å bruke dataprogram i LCC-analyser vil være:

- LCC-modellen kan gjøres mer fullstendig, dvs. beskriver virkeligheten bedre
- Gjør det mulig å vurdere mange alternativer opp mot hverandre, helst samtidig
- Gjør det enklere å gjennomføre følsomhetsanalyser
- En mer effektiv sortering og oppdatering av input/output-data
- Muligheter for grafiske framstillinger
- Gjør det mulig å gjennomføre analyser av kosteffektivitet
- Gjør det enklere å identifisere kostnadsdrivere

<u>Spesielt for reservedeler</u>

- Beregne kostnadsoptimale reservedelsbeholdninger mhp. type, antall og lokasjon
- Beregne kostnadsoptimal nedtrapping av beholdninger frem mot utfasings-tidspunktet for materiellsystemet
- Beregne konsekvensene av å ikke ha reservedeler på lager når det er behov for dem

Det er viktig at LCC-programmet blir sett på som et verktøy som foreslår løsninger. Selve beslutningene må alltid tas av mennesker. Som regel må man også ta hensyn til forhold som ikke lar seg gjøre å ta med i en LCC-modell (f.eks politiske vurderinger).

5.2.2 Krav til et moderne beslutningsstøtteprogram for reservedeler

Håndteringen av reservedelsanskaffelsen er et sammensatt problem. En løsning som fungerer i én organisasjon vil kunne være mislykket i en annen. Et godt beslutningsstøtteprogram for reservedeler må være så fleksibelt at det kan fungere for enhver vedlikeholdsorganisasjon.

Modulene som bør inngå i programmet vil være:

- Organisasjonsmodellering
- Modellering av materiellnedbrytingsstruktur
- Førstegangs anskaffelse og distribusjon av reservedeler i vedlikeholdsorganisasjonen
- Optimalisering ved etterfylling av deler
- Optimalisering ved reallokering av deler
- Kosteffektivitetsanalyse
- Vedlikeholdsnivåanalyse

- Reparasjons- og kassasjonsanalyse
- Utfasingsanalyse
- LCC/LCP-beregninger

Generelt må programmet oppfylle følgende krav:

- Ha et grensesnitt mot de fleste kommersielle databaser
- Være brukervennlig og lett å sette seg inn i
- Ha muligheter for grafisk presentasjon
- Ha muligheter for simultane sammenligninger av alternativer
- Resultater og output må være på et format som kan brukes direkte f.eks i et overordnet LCC-program
- Må generere oversiktlige rapporter

5.2.3 Kategorier av programmer

Det finnes i dag et stort antall LCC-programmer på markedet. I tillegg finnes en god del programmer som er utviklet internt i enkelte bedrifter. I /26/ er det samlet inn opplysninger om et større antall programmer for LCC/LCP-analyse. En omfattende LCC-analyse blir ofte utført ved bruk av flere selvstendige delprogrammer. I /26/ er delprogrammene inndelt i følgende kategorier:

- LCC/LCP-beregninger
- Håndtering av driftssikkerhetsdata
- Driftssikkerhetsberegninger
- Vedlikeholdsberegninger

De programmene som behandler reservedeler mest i detalj går inn under kategorien vedlikeholds-beregninger, men reservedelsvurderinger inngår også i flere av de andre typene programmer.

Som et eksempel på et program som behandler reservedeler på en utførlig måte er OPUS 10, levert av svenske SYSTECON AB og som Forsvaret har valgt. Hovedfunksjonene i denne programpakken er beskrevet i kap. 6.2.

5.2.4 Oversikt over programmer

På grunnlag av informasjon som er samlet inn i forbindelse med /26/, presenteres her en kortfattet oversikt over tilgjengelige beslutningsstøtteprogrammer som inneholder muligheter for beregninger av reservedelsbehov og tilhørende levetidskostnader, ialt 11 program.

Programmene presenteres i tabell 5.1 (4 del-tabeller) på de neste sidene. At programsystemene er kommentert i ulikt omfang grunnes at tilgangen på informasjon om de forskjellige programmene

varierer.

Tabell 5.1 Oversikt over ulike programsystemer med muligheter for LCC-beregninger og reservedelsoptimalisering.

Leverandør	**Thomsons**	**FMV**	**SYSTECON AB**
Kontaktperson		Kristian Niklasson	Olof Waak
Adresse		Banërgatan 62 S-115 88 Stockholm Sverige	Box 1381 S - 171 27 Solna Sverige
Telefon		+46 87 82 40 00	+46 870 552 50
Telefax		+46 86 67 57 99	+46 870 552 80
Program	**CORIDA**	**REKA**	**POET/MORA**
Krav til datautstyr			
Brukergrensesnitt			
Nødvendige tilleggsprogram			
Tilgjengelige moduler mhp. reservedeler			
Organisasjons-modellering	X		X
Modellering av materiellstruktur			X
Vedlikeholdsnivå-analyse		X	
Reparasjon/kassasjons-analyse		X	
Analyse for førstegangs anskaffelse og distribusjon			
Optimalisering ved etterfylling av deler	X		
Optimalisering ved reallokering av deler			
Utfasingsanalyse			
LCC/LCP-beregninger			
Kosteffektivitetsanalyse			
Annet	Optimalisering mhp. redusert nedetid pr. kostnad		Simulerer drift og vedlikehold av materiell-systemene
Kommunikasjon med andre program	PPCM		OPAL, OPUS, REKAN, SYCAP, DULKIN 3
Pris			
Kommentar	Programmet bygger på en litt forenklet pålitelighets-filosofi. Uansett hvilken del som er nede, regnes systemet som ikke operativt	Programmet er i ferd med å bli foreldet.	Programmet utfører tilgjengelighetsanalyser.
Informasjon			
Referanse			
Mottatt dokumentasjon	Hovedoppgave. Institutt for økonomi - NTH.		
Bedrifter som benytter programmet			

Leverandør	**Systems Exchange**	**Telub Teknik AB**	**Telub Teknik AB**
Kontaktperson		Gøran Smith	Gøran Smith
Adresse	USA	Ljungadalsgatan 2 351 80 Vaxjö Sverige	Ljungadalsgatan 2 351 80 Vaxjö Sverige
Telefon		+46 470 423 24	+46 470 423 24
Telefax		+46 470 253 58	+46 470 253 58
Program	**EDCAS**	**DULKIN 3**	**AUFU**
Krav til datautstyr			
Brukergrensesnitt	DOS	DOS	Windows
Nødvendige tilleggsprogram		MS-DOS	MS Windows 3.1 eller senere versjoner
Tilgjengelige moduler mhp. reservedeler			
Organisasjons-modellering	X	X	
Modellering av materiellstruktur	X		
Vedlikeholdsnivå-analyse	X		
Reparasjon/kassasjons-analyse			
Analyse for førstegangs anskaffelse og distribusjon	X		
Optimalisering ved etterfylling av deler			X
Optimalisering ved reallokering av deler			
Utfasingsanalyse			
LCC/LCP-beregninger	X	X	
Kosteffektivitetsanalyse	X	X	
Annet		Kan hente inn data om reservedeler fra REKAN eller OPUS.	Beregner andel av korrigerende og forebyggende vedlikehold.
Kommunikasjon med andre program	DILSA, RCP, Omega 2B, Omega 2A/D.	REKAN og OPUS	
Pris	Enbrukerlisens: 150 000 NOK Nettverkslisens: 450 000 NOK		
Kommentar	Beregner levetidskostnader og skiller mellom initielle og løpende kostnader. Basert på MIL-STD 1390	Er i ferd med å overføres til Windows Har ikke egen reservedels-modul, men henter inn fra andre program. Brukes til å analysere ulike scenarier for store komplekse systemer.	Program som beregner optimal fordeling mellom korrigerende og forebyggende vedlikehold ved bruk av TTT-plott og kostoptimalt utskiftnings-tidspunkt.
Informasjon			
Referanse	Hovedoppgave ved institutt for økonomi. Beslutningsstøtte ved anskaffelse og drift av kompl. matr.syst.		
Mottatt dokumentasjon		Kort presetansjon fra Telub.	
Bedrifter som benytter programmet		Ericsson AB	

Leverandør	Telub Teknik AB	Telub Teknik AB	SYSTECON AB
Kontaktperson	Gøran Smith	Gøran Smith	Olof Waak
Adresse	Ljungadalsgatan 2 351 80 Vaxjö Sverige	Ljungadalsgatan 2 351 80 Vaxjö Sverige	Box 1381 S - 171 27 Solna Sverige
Telefon	+46 470 423 24	+46 470 423 24	+46 870 552 50
Telefax	+46 470 253 58	+46 470 253 58	+46 870 552 80
Program	**RMANALYS**	**REKAN**	**OPUS 10**
Krav til datautstyr			PC med minimum 80486sx / 8 Mb RAM / 10 Mb HD
Brukergrensesnitt	Windows		Windows
Nødvendige tilleggsprogram	MS Windows 3.1 eller senere versjoner		MS Windows 3.1 eller senere versjoner
Tilgjengelige moduler mhp. reservedeler			
Organisasjons-modellering	X	X	X
Modellering av materiellstruktur	X	X	X
Vedlikeholdsnivå-analyse	X	X	X
Reparasjon/kassasjons-analyse	X	X	X
Analyse for førstegangs anskaffelse og distribusjon	X		X
Optimalisering ved etterfylling av deler	X		X
Optimalisering ved reallokering av deler	X		X
Utfasingsanalyse		Nei	Nei
LCC/LCP-beregninger			X
Kosteffektivitetsanalyse			X
Annet		Kan ta hensyn til aktive k-av-n redundanser på delsystemnivå	Kommuniserer med de fleste Windowsbaserte databaser, eks. MS-Access
Kommunikasjon med andre program			OPAL, DULKIN 3, SYCAP, PDS, PMTT
Pris			Enbrukerlisens: 265 000 SEK Nettverkslisens: 530 000 SEK
Kommentar	Et helt nytt program som leveres kunden i mars - 95.	REKAN`s rolle i forhold til DULKIN vil overtas gradvis av OPUS	Et program som er godt egnet for optimalisering mhp kosteffektivitet. Fokus på reservedeler.
Informasjon			
Referanse			
Mottatt dokumentasjon			
Bedrifter som benytter programmet	Utviklet for FMV i Sverige.		Bofors AB, Norges Luftfartsverk, Royal Air Force, Statoil.

Leverandør	**Ericsson Radar Electr.onicsAB**	**MAR-YAN Associates**	
Kontaktperson	Arne Nordin / Fritz Maier	R. J. Rancont	
Adresse	Krangede Power Pool, KGS Box 1716 S-111 87 STOCKHOLM/ Ericsson Radar El ec. AB S-164 84 STOCKHOLM, Sverige	14001 Flint Rock Road Rockville, MD 20853-2652 USA	
Telefon			
Telefax		(301) 460-4050	
Program	**SPAREL**	**CASA 3.01**	
Krav til datautstyr		PC 386/2 MB RAM/ 4 MB HD.	
Brukergrensesnitt	Interaktivt i DOS	DOS	
Nødvendige tilleggsprogram	VAX/VMS, kodet i PASCAL		
Tilgjengelige moduler mhp. reservedeler			
Organisasjons-modellering	X		
Modellering av materiellstruktur	X		
Vedlikeholdsnivå-analyse			
Reparasjon/kassasjons-analyse			
Analyse for førstegangs anskaffelse og distribusjon	X		
Optimalisering ved etterfylling av deler	X		
Optimalisering ved reallokering av deler	X		
Utfasingsanalyse			
LCC/LCP-beregninger		X	
Kosteffektivitetsanalyse			
Annet	Behandler to nivåer av reservedeler LRU og SRU.		
Kommunikasjon med andre program			
Pris			
Kommentar	Programmet er spesielt egnet for beregninger av systemer der det inngår komplekse redundanser.	Skiller ikke mellom realistiske og urealistiske situasjoner. Må kontrollere data nøye.	
Informasjon			
Referanse			
Mottatt dokumentasjon			
Bedrifter som benytter programmet		Kapt. B. Tranum Hærens Fors.kommando	

Konklusjon

Når det gjelder analysemodeller for beregning av optimalt førstegangs reservedelsopplegg, så blir disse svært fort veldig komplekse og det er nødvendig å benytte dataprogram for å håndtere disse. Det har ingen hensikt for en bruker å forsøke å utvikle dette selv, fordi problemet er så omfattende og fordi det eksisterer en mengde kommersielle dataprogram for dette formålet.

Det som kan være verdt å legge merke til er at selv de modellene som ligger innebygd i de mest avanserte dataprogrammene er forenklinger av virkeligheten og de inneholder en rekke forutsetninger som man bør sjekke nøye.
Eksempelvis er det i den forsøksvise modellen som er presentert i dette kapittelet svært mange høyst urealistiske forutsetninger, og det samme kan være tilfelle for mere omfattende modeller.

Videre er det viktig å ikke tape av syne det mest essensielle, nemlig behovet for gode inngangsdata. Uansett hvor sofistikert programmene måtte være, så har alle behov for input som f.eks MTBF.
Dette er det som er hovedfokus i neste kapittel.

Av oversikten over LCC-/reservedels-programmer legger en merke til at Sverige og USA er svært så dominerende, noe som de har vært i mange år innenfor LCC-området. Videre så kommer OPUS 10 godt ut hva innhold av delmoduler angår.

6 PROSEDYRER FOR INNGANGSPARAMETRE TIL OPTIMALISERINGSVERKTØYET

Dette kapittelet inneholder "hovedbidraget" av prosjektet rettet mot Forsvaret og CM/LCC-prosjektet.

Først sies det noe om hvem som har ansvaret for å utvikle den nødvendige prosjektstøtte (i form av verktøy og prosedyrer) for fremtidige anskaffelsesprosjekt i Forsvaret, inklusive det å beregne førstegangs reservedelsopplegg. Ansvaret for dette ligger hos CM/LCC-prosjektet, og det beskrives og hva som er målene for dette prosjektet.

Dernest er det sett på de analyser (LSA) som gjennomføres for å fastsette alle behov for logistikkstøtte-ressurser, og hvor førstegangs reservedeler kun utgjør én av disse ressursene. Måten dette skal gjøres på, dvs som en integrert del av design-prosessen (ILS) er også tatt med.

Videre er det sett nærmere på det verktøyet Forsvaret har valgt mhp. provisioning, dvs. OPUS 10.

Til slutt er det utarbeidet forslag til prosedyrer for håndtering av de viktigste inngangsparametrene til verktøyet, basert på en gjennomgang av alle inngangsparametrene.
Utarbeidelse av prosedyrer i tillegg til valg av verktøy er nettopp hva CM/LCC-prosjektet skal bidra med. Prosedyre-utviklingen er ennå ikke startet (kun spesifisering av krav til dette), slik at kap. 6.4 kan ses på som forlag til prosedyrer og layout av disse, som CM/LCC-prosjektet kan bruke som utgangspunkt i det videre arbeidet med prosedyrer for provisioning.

6.1 Organisering og ansvar for utvikling av prosjektstøtteverktøy

6.1.1 CM/LCC-prosjektet og håndtering av provisioning

CM/LCC prosjektet er fra 6 mars 95 organisert i to hovedfunksjonsområder, CM som utarbeider retningslinjer og prosedyrer for konfigurasjonsstyring, og tilsvarende LCC som utarbeider retningslinjer og prosedyrer for bruk av LCC. I tillegg støttes prosjektet med funksjoner som test, kvalitet, opplæring, system og integrasjon, og administrasjon.

Retningslinjer og prosedyrer som utarbeides for Hæren (og Heimevernet) i CM/LCC-prosjektet, skal på sikt tilpasses til Luft- og Sjøforsvaret.

Det overordnede mål mht LCC er at LCC-produktene skal tilfredsstille både de funksjonelle kravene og designkravene, herunder:

- sikre at Hæren kan utføre konsekvensanalyser, hvor man beregner de økonomiske konsekvenser av å anskaffe og drifte et system (LCC).
- sikre at Hæren kan utføre alternativsanalyser, hvor man vurderer alternative systemers eller

systemløsningers kostnader opp imot hverandre (LCC).
- sikre at Hæren kan følge opp driftskostnader i garantiperioden og senere (LCC).

I CM/LCC-prosjektets definisjon av LCC inngår (i tillegg til det som vanligvis ligger i begrepet LCC), hele Logistic Support Analysis (LSA)-delen, i tillegg til LCC-oppfølging i drift, samt styrt avhending. LCC-begrepet er derfor i HFK (i CM/LCC-prosjektet) utvidet i forhold til det som tradisjonelt inngår i dette begrepet.

LSA er et hjelpemiddel for å dimensjonere den logistikkstøtte organisasjonen skal gi et bestemt materiell (i trade-off med innebygd pålitelighet til materiellet og dets vedlikeholdsvennlighet). Alle disse 3 funksjonene (pålitelighet, vedlikeholdsvennlighet og logistikkstøtte) påvirker materiellets driftssikkerhet (se og kap. 2.2.3), og den optimale løsningen er gitt av den rimeligste kombinasjonen av disse 3 som tilfredsstiller kravet til driftssikkerhet, sett i et levetidsperspektiv (dvs levetidskostnadsbetraktning).

LSA er altså et av flere hjelpemiddel for å fastsette optimal logistikkstøtte, som igjen påvirker levetidskostnadene "i hovedsak" gjennom drifts- og vedlikeholdskostnader. (I motsetning til påliteligheten som påvirker LCC gjennom anskaffelseskostnadene).
"I hovedsak" knytter seg bl.a til at provisioning eller førstegangs reservedelsanskaffelse, som inngår i LSA, er et kostnadselement som inngår i anskaffelseskostnaden (investeringsdelen) av LCC.

Alle kostnader forbundet med logistikkstøtte (og som fastsettes vha LSA) inngår som en del av LCC. LSA er normalt en separat aktivitet ift. LCC og gir kun input til LCC-analyser. Det er derfor en utvidelse å oppfatte LSA som en direkte del av en LCC-analyse.

Det er imidlertid slik at i det pågående arbeidet i Hæren med å utvikle verktøy for bl.a håndtering av provisioning i materiellanskaffelsesprosjekter, oppfattes provisioning å være en del av LSA som igjen sorterer ("organisasjonsmessig") under LCC-delen av CM/LCC-prosjektet.

6.1.2 ILS-element forsyningsstøtte (inklusive provisioning)

Integrert logistikk støtte (ILS) er en systemstyrings-tilnærming valgt som styringsmåte med bakgrunn i at (1) kostnadene for å understøtte var økende og at disse var en hoveddel av levetidskostnadene og (2) at mange sider av dette med å støtte var innbyrdes beslektet med hverandre.
En grunnleggende regel som kan være en rettesnor for ILS er derfor (1) å relatere støtte til det som har med design å gjøre, og (2) å benytte en teknisk analytisk tilnærming (istedetfor tommelfingerregler) for å designe de logistikk-støtte-delsystemene som er nødvendige.

En mere formell definisjon av ILS er:

"En fagmessig, ensartet, og iterativ tilnærming til de styrings- og tekniske aktiviteter som er

nødvendig for å:

- integrere det som har med støtte-betraktninger i system- og materiell design;
- utvikle støtte-kravene som er relatert til og i overensstemmelse med de mål som er fastsatt mht "readiness", til designet, og disse sett i forhold til hverandre;
- oppnå nødvendig logistikk-støtte; og
- anskaffe den nødvendige logistikk-støtte for driftsfasen til en minimal kostnad".

(De to første avsnitt over er åpenbart LSA-beslektet. Det er også innlysende at ILS-konseptet kan anvendes eller tilpasses i varierende grad såvel kommersielt som for forsvarssystemer og -materiell).

ILS-elementer:

a) Vedlikeholdsplanlegging. Prosessen som fører frem til at det utarbeides og etableres vedlikeholdskonsepter og -krav gjeldende for levetiden til et materiellsystem.

b) Personellressurser. Identifikasjon og ervervelse av militært og sivilt personell med utdannelse og kvaliteter nødvendig for å operere og støtte et materiellsystem i hele dens levetid, såvel i fred som i krig.

c) **Forsyningsstøtte**. Alle styringsaktiviteter, prosedyrer, og teknikker som benyttes for å anskaffe, katalogisere, motta, lagre, overføre, utlevere, og avhende forsyningsartikler. Dette inkluderer **anskaffelse av initialopplegg** så vel som etterforsyning.

d) Støtte-materiell. Alt materiell (mobilt eller stasjonært) som kreves for å støtte både operasjonene og vedlikeholdet av et materiell-system. Dette inkluderer tilhørende mengdemateriell, sluttprodukter, håndterings- og vedlikeholdsutstyr, verktøy, kalibrerings-utstyr, testutstyr, og automatisk testutstyr. Inkluderer også anskaffelsen av logistikkstøtte- og testutstyr.

e) Tekniske data. Nedtegnet informasjon, uavhengig av form eller godhet (f.eks håndbøker og tegninger), av vitenskapelig eller teknisk natur. Dataprogrammer og relatert programvare er ikke-tekniske data, mens derimot dokumentasjonen til dataprogram og relatert programvare er tekniske data. Ekskludert her er også finansielle data eller annen informasjon relatert til kontraktsadministrasjonen.

f) Opplæring og Opplæringsstøtte. Prosesser, prosedyrer, teknikker, opplæringsinnretninger, og materiell benyttet for å trene sivile, fast- og mob.disponert militært personell i å operere og støtte et materiellsystem. Dette inkluderer individuell trening såvel som trening av komplett mannskap; og logistikkstøtte-planlegging for anskaffelse og installasjon av opplæringsutstyr.

g) Data Ressurs Støtte. Bygg og anlegg, hardvare, programvare, dokumentasjon, og personellressurser som behøves for å operere og støtte tilhørende datasystemer.

h) Bygg og anlegg. Permanent, eller semipermanent, eller midlertidig eiendomsmasse nødvendig for å støtte materiellsystemet. Inkludert det å utføre studier for å definere bygg og anleggs-type (eller forbedre bygg og anlegg), -plassering, -rombehov, -anvendelighet, -miljøkrav, -krav, og -inventar.

i) Emballasje, Håndtering, Lagring, og Transport. Ressurser, prosesser, prosedyrer, design betraktninger, og metoder for å sikre at alle system-, materiell-, og støtteenheter blir preservert, emballert, håndtert, og transportert på en egnet måte. Inkludert miljøbetraktninger, krav til preservering både for kort- og langtidslagring, og muligheter for transportering.

j) Design Grensesnitt. Forbindelsen mellom logistikk-relaterte design parametre (såsom pålitelighet og vedlikeholdsvennlighet) og "readiness" og støtte-ressurs kravene. Disse logistikk-relaterte design parametre er heller uttrykt i operasjonelle termer enn naturlovgitte verdier og spesifikt relatert til system-readiness-mål og materiellsystemets støttekostnader.

LSA inngår som en naturlig del av ILS for å imøtekomme de krav og forutsetninger som ILS-konseptet bygger på. I CM/LCC prosjektet benyttes MIL-STD-1388 som èn av flere standarder for å identifisere LSA-relaterte aktiviteter.

Logistikk Støtte Analyse (LSA) defineres som:

De utvalgte anvendelser av vitenskapelige og ingeniørmessige krafttak benyttet i konsept-, definisjons-, utviklings- og anskaffelsesprosessen, som del av den tekniske prosess, for å assistere i:
- at logistikkstøtte-betraktninger influerer på designet,
- at det defineres krav til logistikkstøtte som er relatert optimalt til designet og til hverandre,
- å erverve den logistikkstøtte som kreves for å tilfredsstille kravene, og
- sikre den krevde logistikkstøtte for hele driftsfasen til en lavest mulig kostnad.

Som nevnt under pkt. 2.2.3 så har det tradisjonelt vært for liten kommunikasjon mellom logistikk-funksjonen og engineering-funksjonen i anskaffelsesprosjekter.
Det å se logistikk i nær sammenheng med engineering-funksjonen samt å se de ulike logistikk-aktivitetene i sammenheng er hovedhensikten med ILS - integrert logistikkstøtte. ILS sier derfor noe om måten (integrert) LSA skal gjennomføres på, og hvor provisioning er ett element.

6.2 Optimaliseringsverktøy OPUS10

6.2.1 Innledning

OPUS 10 (dataprogram for bl.a optimalisering av førstegangs reservedelsopplegg, valgt av Forsvaret og levert av Systecon AB) beskrives i følgende dokumentasjon som har vært tilgjengelig i dette prosjektet:

- OPUS 10 Logistics Support and Spares Optimisation, /41/
  - Part 2 Reliability and Maintainability Engineering (Introduction, Definition and Basic Formulas)
  - Part 3 Spares Calculations
  - Part 4 OPUS 10 Basics
- OPUS 10 Training Course, /42/
- OPUS 10 User's reference, /43/
- OPUS 10 Building Applications, /44/

Dokumentasjonen er forholdsvis god (dog kun på engelsk), det teoretiske grunnlaget godt beskrevet og troverdig. Forutsetninger som kan være tvilsomme i praktiske tilfeller diskuteres uten noe forsøk på å skjule dette.

Det vil bli gitt en kort beskrivelse av OPUS 10. Forøvrig vises det til dokumentasjonen nevnt ovenfor.

6.2.2 Generell beskrivelse

OPUS 10 er et program som beregner og optimaliserer vedlikeholdsstøttekostnadene over materiellsystemets levetid (LSC -Logistic Support Cost). Hovedvekten er lagt på optimalisering av kostnadene forbundet med å kjøpe inn og eie reservedeler, med tanke på å sikre en optimal tilgjengelighet i driften av systemet. OPUS 10 er et program som er utviklet over lang tid (25 år). OPUS versjonene VII, 8 og 9 er pr. i dag tatt i bruk av mer enn 50 organisasjoner, hovedsaklig innen forsvaret verden over /25/.

<u>Bruksområdet generelt</u>
OPUS 10 inneholder muligheter for modellering som gjør det til et interessant verktøy med tanke på vurderinger mellom:

- Alternative organiseringer av vedlikeholdsstøtten
- Ulike faktorer for systemets design
- Ulike reparasjonspolicyer
- Ulike lagerpolicyer og rammefaktorer

Bruksområdet spesielt

Mer spesifikt kan programmet utføre beregninger innen følgende problemstillinger:

- **Førstegangs anskaffelse av reservedeler for nytt materiell**
- Reparasjonsnivåanalyse (LORA)
- Reparasjons-/kassasjonsanalyse
- Sammenligning mellom alternative organiseringer av forsyningsstøtten
- Sammenligning mellom ulike anbud og/eller ulike systemkonfigurasjoner
- Analyse med tanke på forbedring av tilgjengelighet (reallokering av deler, supplerings-anskaffelse av deler, modifiseringer av systemer osv.)
- Kombinasjoner av disse oppgavene

Programmets egenskaper

De viktigste egenskapene til OPUS 10 er:

- Full mulighet for modellering av systemets nedbrytingsstruktur med frihet til ulike egenskaper på ulike nivåer i systemet
- Full mulighet til å benyttes både på systemer og på deler
- LSC-optimalisering av reparerbare og kasserbare deler
- Full mulighet for modellering av forsyningsstøtte uten begrensninger mellom ulike nivåer i strukturen
- Fullstendig integrert i et Windows - miljø, med fordelen av brukervennlige grafiske muligheter og enkel dataoverføring fra andre Windowsprogrammer.

6.2.2.1 Reservedeler i OPUS 10

I OPUS 10 brytes systemenhetene ned i en hierarkisk struktur. Reservedelene på de ulike nivåene i strukturen blir kategorisert på denne måten:

- LRU - (Line Replaceable Unit) enhet som kan byttes på brukernivå
- SRU - (Shop Replaceable Unit) enhet som kan byttes på verksted
- DU - (Discardable Unit) kasserbar enhet
- DP - (Discardable Part) kasserbar del
- PRU - (Partly Repairable Unit) delvis reparerbar enhet

De viktigste reservedelskategoriene er LRU og SRU (se kap 4.4.9).

Prinsipper for beregning av reservedelsbehovet

- Partistørrelser blir beregnet ved Wilsons formel for kostoptimal partistørrelse

- Bestillingspunktsystem
- Sikkerhetslager beregnes ved hjelp av Poissonfordelingen
- Sammenkopling av delebehovet for hele materiellsystemet

6.2.2.2 Beregninger av levetidskostnadene

I OPUS beregnes ikke de totale levetidskostnadene, beregningene er begrenset til levetidskostnader for vedlikeholdsstøtte (LSC - Life Support Cost).

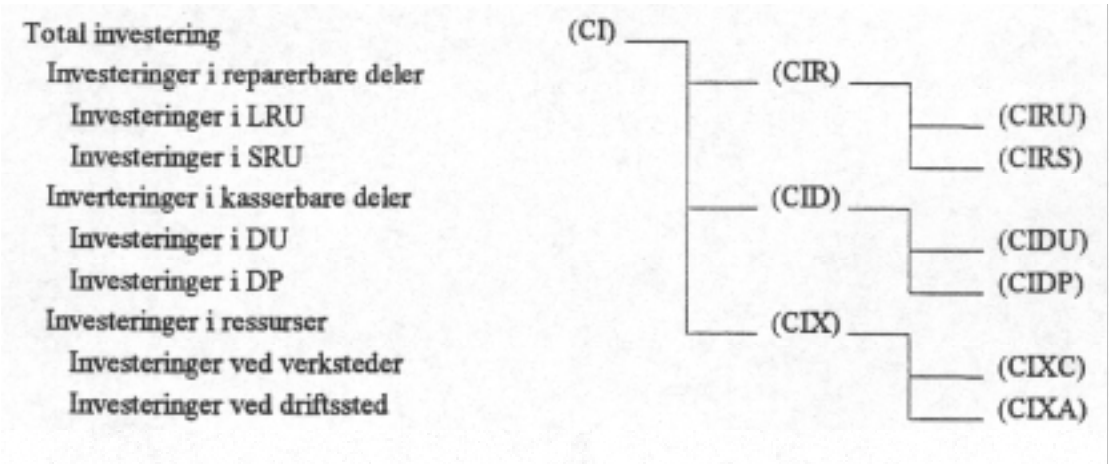
Kostnadsnedbryting
De totale LSC deles i to faktorer:

LSC = CI + CN

der;

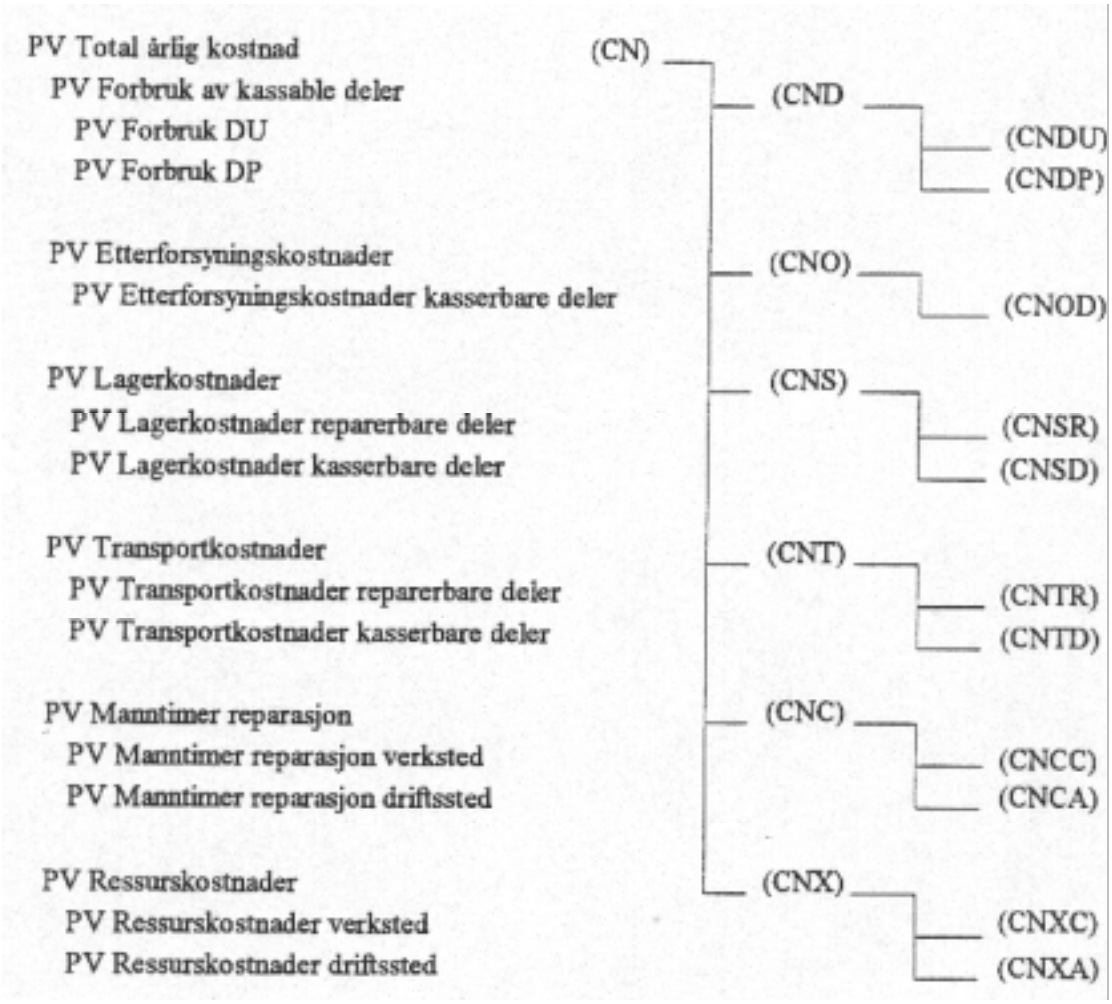
LSC	=	Life Support Cost
CI	=	Total investeringskostnad
CN	=	Total årlig kostnad i nåverdi

Total investeringskostnad blir brutt ned på denne måten:



Figur 6.1 Totale investeringskostnader for reservedeler i OPUS 10 /25/.

På en lignende måte blir de fremtidige kostnadene, dvs. summen av nåverdien til de årlige kostnadene brutt ned i passende elementer. (PV = nåverdi , Present Value).



Figur 6.2 Totale årlige kostnader knyttet til reservedeler i OPUS 10 /25/.

6.2.2.3 Vurdering av OPUS 10

OPUS 10 er et program som er utformet spesielt for beslutningsstøtte ved anskaffelse av reservedeler. Det gir inntrykk av å ha en forholdsvis enkel og logisk oppbygning. Det inneholder det meste av de funksjoner man kan forvente av et slikt program. Det som savnes er en funksjon/modul for beregning av kosteffektiv nedtrapping i reservedelsbeholdninger frem mot utfasing av et materiellsystem.

6.3 Inngangsdata til OPUS10

6.3.1 Innledning

Godheten av inngangsdataene er helt avgjørende for resultatet av optimaliseringen. Et eksempel på dette er feilraten [FRT] eller midlere tid til feil - MTBF (FRT = 1/MTBF).

Det hjelper ikke hvor god programvare OPUS 10 er dersom feilratene ikke er riktige. Resultatene blir da i beste fall gale, i verste fall tror man også på disse fordi det er lett å se seg blind på en avansert programvare med flotte presentasjoner av resultater.

En god programvare er en **forutsetning**, men gode inngangsdata er en **nødvendighet**!

For å si det litt forenklet så er det feilraten samt noen flere sentrale inngangsparametre som styrer hele optimaliseringen.

Det viktige blir derfor å finne disse sentrale parametrene, og lage gode rutiner for håndteringen av dem.

6.3.2 Tabeller for inngangsdata

I dette kapittelet er alle inngangsdataene listet. De er sortert under ulike tabeller, som igjen er gruppert i hovedområder.

De 5 hovedområdene er:

I. System- og komponentdata
II. Vedlikeholds- og forsyningsorganisasjon
III. Lager- og reparasjonsdata
IV. Kontrollparametre og andre globale data
V. Allokerings- og utstyrspolicy

(Det er her gjort forsøk på å oversette de engelske betegnelsene på parametrene til norsk. Hvor vellykket dette har vært kan nok i enkelte tilfeller diskuteres.)

Som det fremgår av tabellene så er endel av parametrene og tabellene valgfrie og benyttes i spesielle tilfeller.

6.3.2.1 System- og komponentdata

Tabell 6.1 Inngangsparametre av type system- og komponentdata

I. SYSTEM- OG KOMPONENTDATA				
Inngangsparameter	**Betegnelse**	**Benevnelse**	**Default-verdi**	**Obligato-risk/valgfri**
Tabell:	**ENHET**			
Enhetsidentifikator	IID	[Tekst]		OBL.
Enhetsbeskrivelse	DENOM	[Tekst]	[Tom]	
Enhetspris	PRICE	1000 NOK		OBL.
Feilrate	FRT	# feil / 10^6 t		OBL.
Reparasjonskategori	CTID	[Tekst]	= IID	
Enhetslikhet	NSIMI	Antall	1	
Eksisterende lager	EXIST	Antall	0	
Driftsfaktor	AFFRT		1,0	
Likhetsgruppeidentifikator	SGID	[Tekst]	[Tom]	
Tabell:	**SYSTEM**			
Systemidentifikator	SID	[Tekst]		OBL.
Systembeskrivelse	DENOM	[Tekst]	[Tom]	
Systempris	PRICE	1000 NOK	enhetspris	
Systemfeilrate	FRT	# feil / 10^6 t	enh.feilrate	
Reparasjonskategori	CTID	[Tekst]	= SID	
Tabell:	**ENHETSSTRUKTUR**			
Subenhetsidentifikator	IIDS	[Tekst]		OBL.
Morenhet eller systemidentifikator	IDM	[Tekst]		OBL.
Antall pr. morenhet	QTYPM	Antall	1	
Miljøfaktor	ENVF		1,0	
Utskiftingsrate-faktor	RRF		1,0	
Tabell:	**SYSTEMSTRUKTUR**			VALGFRI
Subsystemidentifikator	SIDS	[Tekst]	[Tom]	
Morsystemidentifikator	SIDM	[Tekst]	[Tom]	
Antall pr. morsystem	QTYPM	Antall	1	

I. SYSTEM- OG KOMPONENTDATA				
Inngangsparameter	**Betegnelse**	**Benevnelse**	**Default-verdi**	**Obligato-risk/valgfri**
Miljøfaktor	ENVF		1,0	
Tabell:	**KATEGORI**			VALGFRI
Kategoriidentifikator	CTID	[Tekst]	[Tom]	
Kategoribeskrivelse	DENOM	[Tekst]	[Tom]	
Type enhet	TYPE	LRU, SRU, DU, DP, SYS	LRU, SRU	

6.3.2.2 Data for vedlikeholds- og forsyningsorganisasjon

Tabell 6.2 Inngangsparametre av type data for vedlikeholds- og forsyningsorganisasjon

II. VEDLIKEHOLDS- OG FORSYNINGSORGANISASJON				
Inngangsparameter	**Betegnelse**	**Benevnelse**	**Default-verdi**	**Obligato-risk/valgfri**
Tabell:	**STASJON**			
Stasjonsidentifikator	STID	[Tekst]		OBL.
Stasjonsbeskrivelse	DENOM	[Tekst]	[Tom]	
Antall stasjoner	QTY	Antall	1	
Organisasjonsnivå	LEVEL		[Tom]	
Stasjonstype	TYPE	Depot, WS, Store, OP	DEPOT	
Stasjonsgruppe	GPID	[Tekst]	[Tom]	
Tabell:	**STASJONSSTRUKTUR**			
Stasjonsidentifikator	STID	[Tekst]		OBL.
Støttestasjonsidentifikator	STIDS	[Tekst]		OBL.
Transporttid fra støttestasjon	TFRSS	Timer		OBL.
Transporttid til støttestasjon	TTOSS	Timer		OBL.
Transportkostnader fra støttestasjon	CFRSS	1000 NOK	0,0	
Transportkostnader til støttestasjon	CTOSS	1000 NOK	0,0	
Støtteandel	DFRAC		1,0	
Ordrepolicy	OPOL	Fast, Slow	FAST	

II. VEDLIKEHOLDS- OG FORSYNINGSORGANISASJON				
Inngangsparameter	**Betegnelse**	**Benevnelse**	**Default-verdi**	**Obligato-risk/valgfri**
Tabell:	**UNDERSTASJON**			Ved behov
Understasjonsidentifikator	STID	[Tekst]		(OBL.)
Understasjonsbeskrivelse	DENOM	[Tekst]		(OBL.)
Understasjonsgruppe	GPID	[Tekst]		
Hovedstasjonsidentifikator	STIDM	[Tekst]		(OBL.)
Tabell:	**SYSTEMPLASSERING**			
Systemidentifikator	SID	[Tekst]		OBL.
Stasjonsidentifikator	STID	[Tekst]		OBL.
Antall pr. stasjon	QTYPS	Antall	1	
Bruksfaktor	UTILF	Andel drifts-tid/kal.tid	1,0	(OBL.)

6.3.2.3 Lager- og reparasjonsdata

Tabell 6.3 Inngangsparametre av type lager- og reparasjonsdata

III. LAGER- OG REPARASJONSDATA				
Inngangsparameter	**Betegnelse**	**Benevnelse**	**Default-verdi**	**Obligato-risk/valgfri**
Tabell:	**LAGER-POLICY**			
Kategoriidentifikator	CTID	[Tekst]		OBL.
Stasjonsidentifikator	STID	[Tekst]		OBL.
Lagerkostnader pr. enhet	CUNIT	1000 NOK	0,0	
Lagerkostnader pr. verdi	CVAL	1000 NOK	0,0	
Minimumsbeholdning	MINST	Antall	0	
Maksimumsbeholdning	MAXST	Antall		
Tabell:	**REPARASJONSPOLICY**			
Kategoriidentifikator	CTID			OBL.
Stasjonsidentifikator	STID			OBL.
Direkte reparasjons manntimer	DIRPM	Timer	0,0	

III. LAGER- OG REPARASJONSDATA				
Inngangsparameter	**Betegnelse**	**Benevnelse**	**Default-verdi**	**Obligato-risk/valgfri**
Direkte reparasjons omløpstid	DIRPT	Timer		OBL.
Subenhets utskiftings manntimer	SURPM	Timer	0,0	
Subenhets utskiftingstid	SURPT	Timer		OBL.
Direkte reparasjonsfraksjon	DIRPF		1,0	
Subenhets utskiftingsfraksjon	SURPF		= DIRPF	
Tabell:	**ENHETSREPARASJON**			VALGFRI
Enhetsidentifikator	IID	[Tekst]		
Stasjonsidentifikator	STID	[Tekst]		
Direkte reparasjons manntimer	DIRPM	Timer	0,0	
Direkte reparasjons omløpstid	DIRPT	Timer		
Subenhets utskiftings manntimer	SURPM	Timer	0,0	
Subenhets utskiftings omløpstid	SURPT	Timer		
Direkte reparasjonsfraksjon	DIRPF		1,0	
Subenhets utskiftingsfraksjon	SURPF		= DIRPF	
Tabell:	**ENHETSUTSKIFTING**			VALGFRI
Enhets- eller systemidentifikator	ID	[Tekst]		
Subenhets identifikator	IIDS	[Tekst]		
Stasjonsidentifikator	STID	[Tekst]		
Subenhets utskiftingsfraksjon	SURPF		1,0	
Subenhets utskiftings manntimer	SURPM	Timer	0,0	
Subenhets utskiftings omløpstid	SURPT	Timer		
Tabell:	**RESSURSER**			VALGFRI
Kategoriidentifikator	CTID	[Tekst]		
Stasjonsidentifikator	STID	[Tekst]		
Ressursinvestering	REINV	1000 NOK	0,0	
Ressurs årskostnader	REANC	1000 NOK	0,0	
Tabell:	**GJENANSKAFFELSE**			SPESIAL
Kategoriidentifikator	CTID	[Tekst]		
Stasjonsidentifikator	STID	[Tekst]		
Ledetid	LEADT	Timer	0,0	

III. LAGER- OG REPARASJONSDATA				
Inngangsparameter	**Betegnelse**	**Benevnelse**	**Default-verdi**	**Obligato-risk/valgfri**
Administrativ ordrekostnad	PURCC	1000 NOK	0,0	
Oppstarts ordrekostnad	SETUC	1000 NOK	0,0	
Prisøkningsfaktor	PESCF		1,0	
Tabell:	**AVBRUDD**			(SPESIAL)
Kategoriidentifikator	CTID	[Tekst]		
Stasjonsidentifikator	STID	[Tekst]		
Uforstyrret periode	UDPER	Timer	0,0	

6.3.2.4 Kontrollparametre og andre globale parametre

Tabell 6.4 Inngangsparametre av type kontrollparametre og globale parametre

IV. KONTROLLPARAMETRE OG ANDRE GLOBALE PARAMETRE				
Inngangsparameter	**Betegnelse**	**Benevnelse**	**Default-verdi**	**Obligato-risk/valgfri**
Tabell:	**PROBLEMTEKST**			
Preblembeskrivelse	PTEXT	[Tekst]		OBL.
Tabell:	**PROBLEMDEFINISJON**			
Scenariotype	STYPE	Steady-state, endurance	STEADY-STATE	
Problemtype	PTYPE	Initial, etc.	INITIAL	
Primært effektivitetsmål	PRMOE	A, NOR, etc.	NOR	
Tabell:	**GLOBALE PARAMETRE**			OBL.
Rentefot	IRATE	%	0,0	
Systemets levetid	LIFEL	År		OBL.
Avbrudds tidsperiode	ENPER	Timer		(OBL.)
Mannkostnader	MANHC	NOK/time	0,0	
Valutabetegnelse	CURRN	[Tekst]	[Tom]	
Partibehov varians/middelverdi	BDVMR		1,0	
Tabell:	**BEGRENSEDE RESULTAT**			
Antall punkter	NPNTB	Antall	30	
Minimal LSC	MINCB	1000 NOK	Ingen grense	
Maksimal LSC	MAXCB	1000 NOK	Ingen grense	
Minimalt effektivitetsmål	MINMB	(F.eks %)	Ingen grense	
Maksimalt effektivitetsmål	MAXMB	(F.eks %)	Ingen grense	
Optimaliseringsnivå	OLEVL	Min-CSU, etc.	NORMAL	
Tabell:	**BEGR. DETALJRESULTAT**			VALGFRI
Antall punkter	NPNTD	Antall	Alle	
Minimal LSC lagret	MINCD	1000 NOK	Ingen grense	
Maksimal LSC lagret	MAXCD	1000 NOK	Ingen grense	
Minimalt effektivitetsmål lagret	MINMD		Ingen grense	
Maksimalt effektivitetsmål lagret	MAXMD		Ingen grense	

IV. KONTROLLPARAMETRE OG ANDRE GLOBALE PARAMETRE				
Inngangsparameter	**Betegnelse**	**Benevnelse**	**Default-verdi**	**Obligato-risk/valgfri**
Tabell:	**SKALERINGSFAKTORER**			VALGFRI
Feilrate skalering	SCFRT		1,0	
Enhetspris skalering	SCPRC		1,0	
Lagerkostnads skalering	SCSTC		1,0	
Transporttids skalering	SCTRT		1,0	
Transportkostnads skalering	SCTRC		1,0	
Reparasjons omløpstid skalering	SCRPT		1,0	
Reparasjons manntimer skalering	SCRPM		1,0	
Ressurskostnads skalering	SCMRE		1,0	
Ledetids skalering	SCLDT		1,0	
Gjenanskaffelses kostnads skalering	SCROC		1,0	
Uforstyrret periode skalering	SCUND		1,0	
Tabell:	**BAKLENGS KOMPATIBELT**			VALGFRI
Optimaliser lager fra NRSC	AVDEM	Yes, No	N	
Forenklet modell for antall gjenansk.	NOWTV	Yes, No	N	
Reparasjonstid inkludert multiple utskiftn.	MRINC	Yes, No	N	
Minimaliser sannsynlighet for restordre	OPPBO	Yes, No	N	
Inkluder eksisterende lager i investering	INCEX	Yes, No	N	
Delvis reallokering	PREAL	Yes, No	N	
Tabell:	**INKLUDER FILER**			VALGFRI
Filnavn	INCFN	[Filnavn]		
Kommentar	INCCO	[Tekst]		
Tabell:	**KOMBINER FILER**			SPESIAL
Delproblem identifikator	SPID	[Tekst]		OBL.
Delproblem resultatfil	DNAME	[Filnavn]		
Kritikalitetsfaktor	CRITF		0,0	
Årskostnader for restordre	BOCST	1000 NOK	0,0	

6.3.2.5 Allokerings-og utstyrspolicy

Tabell 6.5 Inngangsparametre av type data for allokerings- og utstyrspolicy

V. ALLOKERINGS- OG UTSTYRSPOLICY				
Inngangsparameter	**Betegnelse**	**Benevnelse**	**Default-verdi**	**Obligato-risk/valgfri**
Tabell:	**LAGERPOSISJON**			SPESIAL
Enhetsidentifikator	IID	[Tekst]		
Stasjonsidentifikator	STID	[Tekst]		
Eksisterende antall på lager	EXIST		0	
Tabell:	**ALLOKERING**			VALGFRI
Enhetsidentifikator	IID	[Tekst]		
Stasjonsidentifikator	STID	[Tekst]		
Nominell lagerstørrelse	STSIZ	Antall	0	
Bestillingspunkt	ROPNT	Antall	0	
Ordrestørrelse	ROSIZ	Antall	1	

6.3.3 Utvalgte inngangsparametre

Mange av inngangsparametrene til OPUS 10 gir seg selv, mens noen relativt få er både viktige og tildels vanskelig å fastlegge. Det er her derfor gjort et utvalg av inngangsparametre som det etableres rutiner for hvordan de skal håndteres. Disse er de som anses som viktigst, se tabell 6.6.

Tabell 6.6 Utvalgte viktige inngangsparametre

UTVALGTE INNGANGSPARAMETRE				
NR	**PARAMETER**	**BENEVNELSE**	**TABELL**	**OBL./VALGFRI**
1	Feilraten	FRT	Enhet	OBL.
2	Enhetspris	PRICE	Enhet	OBL.
3	Transporttid fra støttestasjon	TFRSS	Stasjonsstruktur	OBL.
4	Transporttid til støttestasjon	TTOSS	Stasjonsstruktur	OBL.
5	Bruksfaktor (utnyttelsesfaktor)	UTILF	Systemplassering	(OBL.)
6	Direkte reparasjons omløpstid	DIRPT	Reparasjonspolicy	OBL.

7	Subenhets utskiftingstid	SURPT	Reparasjonspolicy	OBL.
8	Ledetid	LEADT	Gjenanskaffelse	VALGFRI
9	Prisøkningsfaktor	PESCF	Gjenanskaffelse	VALGFRI
10	Lagerkostnad pr. enhet	CUNIT	Lagerpolicy	VALGFRI

Den oversettelsen som her er brukt er ikke nødvendigvis den man vil velge i CM/LCC-prosjektet, men den bør kunne være et brukbart utgangspunkt for den oversettelsen som før eller siden må gjøres av CM/LCC-prosjektet.

Tabellene indikerer også at det er forholdsvis mange parametre som må fremskaffes og det er viktig at det avsettes nødvendige ressurser for dette i anskaffelsesprosjektene.

6.4 Prosedyrer for håndtering av inngangsparametre

Prosedyrer skal iht. PRINSIX angi følgende:

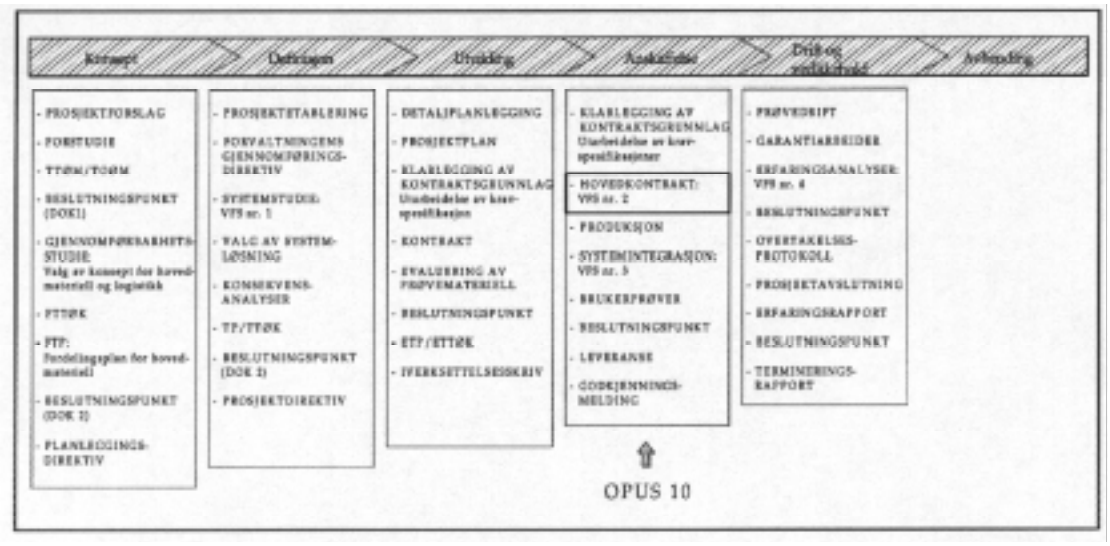
HVA skal gjøres?
HVEM er ansvarlig?
HVORDAN skal arbeidet utføres?
NÅR skal arbeidet utføres?

Prosedyrene skal være med på å skape trygghet blant medarbeiderne i prosjektet, og de er en viktig bestanddel i prosjektets kvalitetssikring.

Prosedyrene for håndtering av inngangsdata til optimaliseringsverktøyet OPUS 10 er utviklet med dette for øyet, samt at de skal være enkle å oppdatere. Erfaring knyttet til den enkelte inngangsparameter som skaffes i ulike prosjekt kan dermed tas vare på ved å tilpasse prosedyrene til erfaringene.

Det vil her kun bli fokusert på de utvalgte inngangsparametrene listet under pkt. 6.3.3. Prosedyrene for disse, som er laget i tabellform på de neste sidene, må ses på som innspill til CM/LCC-prosjektet. Både form og innhold kan være aktuelt å forandre.

Tidspunkt for fremskaffelse av disse inngangsparametrene og bruk av OPUS 10 for optimalisering av det initielle reservedelsopplegget er knyttet til VFS nr. 2 ifm. tilbudsevalueringen. Se figur 6.3. (Figuren er forøvrig vist tidligere, se fig. 2.8).



Figur 6.3 Tidspunkt for fremskaffelse av inngangsparametre og for bruk av OPUS 10

6.4.1 Feilrate

Tabell 6.7 Prosedyreskjema for inngangsparameter FEILRATE

PROSEDYRE FOR FASTSETTELSE AV:		**Feilrate [FRT]**	
TABELL:	**Enhet**	**Dato:**	**01.10.95**
KATEGORI:	**System- og utstyrsdata**	**Rev.nr.:**	**0**

Definisjon/beskrivelse:

Feilraten [FRT] til enheten er forventet antall feil pr. million driftstimer. (Vanlig brukt betegnelse for feilraten er også .)

Forholdet mellom feilraten og MTBF er (forutsatt konstant feilrate):

$$FRT = \frac{1}{MTBF}$$

Oppgave (hva skal gjøres):

Feilraten til enheten skal estimeres.

NB! Feilraten skal benyttes til å beregne forbruksraten av reservedeler. Det må derfor også tas høyde for utskifting av deler hvor det ikke har vært feil, "ingen feil funnet".

Korreksjoner av feilraten kan også gjøres via andre inngangsparametre:

AFFRT - Anvendelsesfaktor
ENVF - Miljøfaktor ("driftsbetingelsesfaktor")
RRF - Utskiftingsratefaktor

Se nærmere beskrivelse av disse i OPUS 10 brukermanual.

Hvordan skal oppgaven utføres:

Enten innhentes FRT direkte eller så innhentes MTBF-tall som så omregnes til FRT.

Primært: Egne erfaringsdata fra samme eller lignende utstyr, se neste side

Sekundært: Innhenting av data fra leverandør og evt. andre brukere
Innhenting av erfaringer fra drifts- og vedlikeholdspersonell vha. subjektive vurderinger/ekspertvurderinger

Tidspunkt:

I tilknytning til VFS nr. 2.

Hvem er ansvarlig:

Logistikkansvarlig i prosjektet.

Referanser:

PRINSIX, DEL 2	Kapittel: 8.6.3	Side: 8.18
MIL-STD-1388-2B	Kapittel: App. A	Side: 130, 143
OPUS 10 Brukermanual del 1	Kapittel: 3	Side: 29

Nærmere beskrivelse av estimering av feilraten:

Ved estimering av feilraten basert på egne erfaringsdata (eller tester), er det vanlig å betegne denne for:

$\hat{\lambda}$, (lambda hatt - fordi det kun er et estimat).

Den enkleste formen for estimat av feiraten er:

$$\hat{\lambda} = \frac{k}{T}$$

hvor k = antall enheter som har sviktet
T = total akkumulert tid (addert for alle komponenter som utgjør datagrunnlaget)

Estimering av feilraten basert på erfaringsdata krever imidlertid at dette håndteres statistisk korrekt, og det er grovt sett 4 ulike måter å estimere feilraten på avhengig av:

- Feilraten er konstant eller variabel (aldersavhengig)
- Datagrunnlaget (antall feil) er stort eller lite

Dette kan illustreres som vist i tabellen nedenfor /30/:

Tabell 6.8 Ulike metoder for estimering av feilraten

	KONSTANT FEILRATE	**VARIABEL FEILRATE**
FÅ FEIL	**Konfidens-intervall med bruk av:** χ^2 - *fordeling*	**For dårlig datagrunnlag!**
MANGE FEIL (>10)	$\hat{\lambda} = \frac{k}{T}$	**"Weibull-modell"** **(Antar voksende eller avtagende feilrate)**

Det vil føre for langt her å komme inn på hvordan dette gjennomføres i detalj. Det er heller ikke hensiktsmessig å beskrive dette til minste detalj i en prosedyre, men heller angi i prosedyren hvem som kan bidra til å gjennomføre slike dataanalyser (R&M-spesialister).

$\hat{\lambda} = \frac{k}{T}$ er altså den enkleste måten å estimere feilraten på, men forutsetningene er:

- konstant feilrate
- mange feil (anslagsvis mer enn 10).

Den "feilraten" det her siktes til er estimatet for en gjennomsnittlig ROCOF (Rate of Occurence of Failure) over den aktuelle driftsperioden, dvs. feilhyppigheten som funksjon av driftstid.

Den andre "feilraten" som ofte forveksles med ROCOF er sviktintensiteten som er aldersavhengig. Denne brukes ofte i vedlikeholdssammenheng, men krever flere data, og en Weibull-modell benyttes.

6.4.2 Enhetspris

Tabell 6.9 Prosedyreskjema for inngangsparameter ENHETSPRIS

PROSEDYRE FOR FASTSETTELSE AV:		**Enhetspris [PRICE]**	
TABELL:	**Enhet**	**Dato:**	**01.10.95**
KATEGORI:	**System- og utstyrsdata**	**Rev.nr.:**	**0**

Definisjon/beskrivelse:

Enhetsprisen [PRICE] er pris pr. enhet.

Det antas at prisen er konstant pr. enhet og uavhengig av kvantum.
Et unntak er DU og DP (kassérbare enheter) hvor prisen kan være lavere initielt.

Oppgave (hva skal gjøres):

Pris pr. enhet skal fastsettes.

Hvordan skal oppgaven utføres:

i) Kassérbare enheter (DU, DP):
Priser innhentes fra leverandør (evt. egentlig leverandør/underleverandør).
Prisene kan være lavere initielt, jfr. PESCF-prisøkningsfaktoren.

ii) Reparérbare enheter (LRU, SRU):
Priser innhentes fra egen organisasjon, inkludert er kostnadene forbundet med å reparere enhetene i egne verksteder, imtern transport etc.

Tidspunkt:

I tilknytning til VFS nr. 2.

Hvem er ansvarlig:

Logistikkansvarlig i prosjektet.

Referanser:

PRINSIX, DEL 2	Kapittel:	Side:
MIL-STD-1388-2B	Kapittel:	Side:
OPUS 10 Brukermanual del 1	Kapittel: 3	Side: 29

6.4.3 Transporttid fra støttestasjon

Tabell 6.10 Prosedyreskjema for inngangsparameter TID FRA STØTTESTASJON

PROSEDYRE FOR FASTSETTELSE AV:		**Transporttid [TFRSS]**	
TABELL:	**Stasjonsstruktur**	**Dato:**	**01.10.95**
KATEGORI:	**Vedl.- og forsyningsorg.**	**Rev.nr.:**	**0**

Definisjon/beskrivelse:

Transporttiden [TFRSS] er den estimerte tiden det tar å bestille og få levert en enhet fra støttestasjon (lager evt. verksted).

I transporttiden inngår altså også bestillingstiden.)

Transporttiden antas konstant og uavhengig av andre enheters forbruk og transport.

Oppgave (hva skal gjøres):

Transporttiden fra støttestasjon ("supporting station") og til aktuell stasjon skal estimeres.

Hvordan skal oppgaven utføres:

Transporttider må innhentes fra egen organisasjon.

Maksimale transporttider ift. faste transportruter benyttes. (Unntaksvis vil det for særlig kritiske komponenter være aktuelt å levere disse utenom ordinære transporter.)

[Eks. transport 1 gang pr. dag og 4 t kjøring gir transporttid lik 28 timer]

Tidspunkt:

I tilknytning til VFS nr. 2.

Hvem er ansvarlig:

Logistikkansvarlig i prosjektet.

Referanser:

PRINSIX, DEL 2	Kapittel:	Side:
MIL-STD-1388-2B	Kapittel:	Side:
OPUS 10 Brukermanual del 1	Kapittel: 3	Side: 40

6.4.4 Transporttid til støttestasjon

Tabell 6.11 Prosedyreskjema for inngangsparameter TID TIL STØTTESTASJON

PROSEDYRE FOR FASTSETTELSE AV:		**Transporttid [TTOSS]**	
TABELL:	**Stasjonsstruktur**	**Dato:**	**01.10.95**
KATEGORI:	**Vedl.- og forsyningsorg.**	**Rev.nr.:**	**0**

Definisjon/beskrivelse:

Transporttiden [TTOSS] er den estimerte tiden det tar å transportere feilede enheter til støttestasjon (verksted).

Dette gjelder kun for reparerbare enheter.

Denne tiden antas konstant og uavhengig av andre enheters forbruk og transport.

Oppgave (hva skal gjøres):

Transporttiden til en feilet enhet fra aktuell stasjon og til støttestasjon skal estimeres.

Hvordan skal oppgaven utføres:

Transporttider estimeres på bakgrunn av innhentede opplysninger fra egen organisasjon om faste transportruter mellom de 2 stasjonene og avstanden mellom disse.

Tidspunkt:

I tilknytning til VFS nr. 2.

Hvem er ansvarlig:

Logistikkansvarlig i prosjektet.

Referanser:

PRINSIX, DEL 2	Kapittel:	Side:
MIL-STD-1388-2B	Kapittel:	Side:
OPUS 10 Brukermanual del 1	Kapittel: 3	Side: 40

6.4.5 Bruksfaktor/utnyttelsesfaktor

Tabell 6.12 Prosedyreskjema for inngangsparameter BRUKSFAKTOR

PROSEDYRE FOR FASTSETTELSE AV:		**Bruksfaktor [UTILF]**	
TABELL:	**Systemplassering**	**Dato:**	**01.10.95**
KATEGORI:	**Vedl.- og forsyningsorg.**	**Rev.nr.:**	**0**

Definisjon/beskrivelse:

Bruksfaktoren [UTILF] er andelen av tiden systemet er operativt.
Dvs. UTILF = operativ tid/kalendertid

Gjennomsnittlig brukstid vil ikke alltid være den best egnede. Ved f.eks kontinuerlig bruk i de 6 første månedene av året, er en UTILF = 1,0 riktigere å bruke enn UTILF = 0,5.

Oppgave (hva skal gjøres):

Andelen av tiden systemet er operativt skal estimeres.

Hvordan skal oppgaven utføres:

Operativ tid beregnes/estimeres på bakgrunn av driftsprofilen.

UTILF = operativ tid/kalendertid, normalt som gjennomsnitt over døgnet.

[UTILF = 0,1 vil si at systemet er operativt i 10% av tiden]

Tidspunkt:

I tilknytning til VFS nr. 2.

Hvem er ansvarlig:

Logistikkansvarlig i prosjektet.

Referanser:

PRINSIX, DEL 2	Kapittel:	Side:
MIL-STD-1388-2B	Kapittel:	Side:
OPUS 10 Brukermanual del 1	Kapittel: 3	Side: 44

6.4.6 Direkte reparasjon omløpstid

Tabell 6.13 Prosedyreskjema for inngangsparameter REP. OMLØPSTID

PROSEDYRE FOR FASTSETTELSE AV:		**Rep. omløpstid [DIRPT]**	
TABELL:	**Reparasjonspolicy**	**Dato:**	**01.10.95**
KATEGORI:	**Lager- og rep.data**	**Rev.nr.:**	**0**

Definisjon/beskrivelse:

Reparasjonsomløpstiden [DIRPT] er det antall timer det tar å reparere en enhet uten utskifting av subenhet (kun direkte reparasjon).

Foruten den rene reparasjonstiden inkluderes også administrativ forsinkelse og tid for feillokalisering.

Oppgave (hva skal gjøres):

Tiden det tar å reparere en enhet, som ikke krever utskifting av komponenter (subenheter), inklusive administrativ forsinkelse og tid til lokalisering av feil, skal estimeres.

Hvordan skal oppgaven utføres:

- Primært fremskaffes erfarte MTTR og MWT fra egen organisasjon for liknende utstyr.
- Sekundært fremskaffes MTTR og tid til lokalisering av feil fra andre brukerorganisasjoner (f.eks NATO) eller fra leverandør (spesifiseres i forespørsel og kontrakt).
  Administrativ forsinkelse estimeres av egen organisasjon.

Tidspunkt:

I tilknytning til VFS nr. 2.

Hvem er ansvarlig:

Logistikkansvarlig i prosjektet.

Referanser:

PRINSIX, DEL 2	Kapittel:	Side:
MIL-STD-1388-2B	Kapittel:	Side:
OPUS 10 Brukermanual del 1	Kapittel: 3	Side: 47

6.4.7 Subenhets utskiftingstid

Tabell 6.14 Prosedyreskjema for inngangsparameter UTSKIFTINGSTID

PROSEDYRE FOR FASTSETTELSE AV:		**Utskiftingstid [SURPT]**	
TABELL:	**Reparasjonspolicy**	**Dato:**	**01.10.95**
KATEGORI:	**Lager- og rep.data**	**Rev.nr.:**	**0**

Definisjon/beskrivelse:

Utskiftingstiden [SURPT] er det antall timer det tar å reparere en enhet ved å skifte ut komponenter (subenheter).

I tillegg til den rene utskiftingstiden inkluderes også administrativ forsinkelse og tid til feillokalisering. Ventetid for subenheter (reservedeler) inkluderes ikke. Dette beregnes av OPUS.

Oppgave (hva skal gjøres):

Tiden det tar å reparere en enhet ved å skifte ut komponenter (subenheter), inklusive administrativ forsinkelse og tid til lokalisering av feil, skal estimeres.

Hvordan skal oppgaven utføres:

- Primært fremskaffes erfarte MTTR og MWT fra egen organisasjon for tilsvarende eller liknende utstyr.
- Sekundært fremskaffes MTTR og tid til lokalisering av feil fra andre brukerorganisasjoner (f.eks NATO) eller fra leverandører (spesifiseres i forespørsler og kontrakt).
  Administrativ forsinkelsestid estimeres av egen organisasjon.

Tidspunkt:

I tilknytning til VFS nr. 2.

Hvem er ansvarlig:

Logistikkansvarlig i prosjektet.

Referanser:

PRINSIX, DEL 2	Kapittel:	Side:
MIL-STD-1388-2B	Kapittel:	Side:
OPUS 10 Brukermanual del 1	Kapittel: 3	Side: 48

6.4.8 Ledetid

Tabell 6.15 Prosedyreskjema for inngangsparameter LEDETID

PROSEDYRE FOR FASTSETTELSE AV:		**Ledetid [LEADT]**	
TABELL:	**Gjenanskaffelse**	**Dato:**	**01.10.95**
KATEGORI:	**Lager- og rep.data**	**Rev.nr.:**	**0**

Definisjon/beskrivelse:

Ledetiden [LEADT] er det antall timer det tar fra en bestilling av et nytt parti foretas og til partiet ankommer endestasjonen (ESS - End Support Station).

Dette gjelder kun kassérbare enheter (DU og DP), og ledetid fra ekstern leverandør.

Oppgave (hva skal gjøres):

Ledetiden (dvs. den tiden det tar fra en enhet bestilles og til den ankommer) skal estimeres.

Hvordan skal oppgaven utføres:

Estimater for ledetiden må fremskaffes fra leverandør.
Dette må inngå i spesifikasjoner for tilbud og i kontrakt.

Tidspunkt:

I tilknytning til VFS nr. 2.

Hvem er ansvarlig:

Logistikkansvarlig i prosjektet.

Referanser:

PRINSIX, DEL 2	Kapittel:	Side:
MIL-STD-1388-2B	Kapittel:	Side:
OPUS 10 Brukermanual del 1	Kapittel: 3	Side: 53

6.4.9 Prisøkningsfaktor

Tabell 6.16 Prosedyreskjema for inngangsparameter PRISØKNINGSFAKTOR

PROSEDYRE FOR FASTSETTELSE AV:		**Prisøkn.faktor [PESCF]**	
TABELL:	**Gjenanskaffelse**	**Dato:**	**01.10.95**
KATEGORI:	**Lager- og rep.data**	**Rev.nr.:**	**0**

Definisjon/beskrivelse:

Prisøkningsfaktoren [PESCF] er den faktoren prisen på enheten ved initialtidspunkt (dvs. ved leveranse av hovedmateriell) vil øke med ved senere bestillinger.

Denne benyttes for å få frem fordelen ved at prisen på enheten kan være lavere dersom den anskaffes samtidig med hovedmateriellet.

[PESCF = 1,0 angir ingen prisøkning]

Oppgave (hva skal gjøres):

Prisøkningsfaktoren, dvs. forskjellen i prisen på en enhet ved en senere anskaffelse i forhold til prisen ved anskaffelse av enheten sammen med hovedmateriellet, skal estimeres.

Hvordan skal oppgaven utføres:

Både fremtidig pris på enheten, og initiell pris [PRICE] må fremskaffes av leverandør.

PESCF = fremtidig pris/PRICE

Dette må kreves i spesifikasjoner for tilbud og i kontrakt.

Tidspunkt:

I tilknytning til VFS nr. 2.

Hvem er ansvarlig:

Logistikkansvarlig i prosjektet.

Referanser:

PRINSIX, DEL 2	Kapittel:	Side:
MIL-STD-1388-2B	Kapittel:	Side:
OPUS 10 Brukermanual del 1	Kapittel: 3	Side: 53

6.4.10 Lagerkostnad pr. enhet

Tabell 6.17 Prosedyreskjema for inngangsparameter LAGERKOSTNAD

PROSEDYRE FOR FASTSETTELSE AV:		**Lagerkostnad [CUNIT]**	
TABELL:	**Lagerpolicy**	**Dato:**	**01.10.95**
KATEGORI:	**Lager- og rep.data**	**Rev.nr.:**	**0**

Definisjon/beskrivelse:

Lagerkostnaden [CUNIT] er den årlige lagerkostnaden pr. enhet på lageret.

Denne skal ikke inkludere rentefoten, fordi denne er gitt som egen parameter [IRATE].

Oppgave (hva skal gjøres):

Lagerkostnaden skal estimeres som årlig kostnad pr. enhet på lageret.

Hvordan skal oppgaven utføres:

Lagerkostnaden kan fremskaffes fra egen lagerorganisasjon basert på nåværende benyttede lagerkostnader.

Tidspunkt:

I tilknytning til VFS nr. 2.

Hvem er ansvarlig:

Logistikkansvarlig i prosjektet.

Referanser:

PRINSIX, DEL 2	Kapittel:	Side:
MIL-STD-1388-2B	Kapittel:	Side:
OPUS 10 Brukermanual del 1	Kapittel: 3	Side: 45

Oppsummering

Det har i dette kapittelet blitt utviklet forslag til prosedyrer for håndtering av de viktigste inngangsparametrene til det verktøy som Forsvaret har valgt for beregning av førstegangs reservedelsopplegg ved fremtidige materiellanskaffelses-prosjekter.

Reservedelene er kun én av ressursene til logistikkstøtte som fastsettes gjennom LSA og som skal skje som en integrert del av design-prosessen (ILS).

Ansvaret for å utvikle og fremskaffe verktøy og prosedyrer for dtte er gitt CM/LCC-prosjektet i Hæren, hvor målsettingen er at disse verktøyene og prosedyrene på sikt skal tas i bruk i hele Forsvaret. Resultatene fra CM/LCC skal også være koplet til CALS og PRINSIX.

Anbefalinger

Følgende anbefalinger rettes til CM/LCC-prosjektet vedrørende utarbeidelse av prosedyrer for provisioning:

1. Konsentrer innsatsen om de viktigste inngangsparametrene.

2. Lag prosedyrer som er lett oppdatérbare og hvor erfaringer som fremskaffes kan tilbakeføres til prosedyrene og dokumenteres der.

3. Vurdér nøye hvor "sofistikerte" estimeringsmetodene for estimering av inngangsparametre bør være, med bakgrunn i en kost-nytte betraktning. (Det er tross alt snakk om å se inn i fremtiden.)

7 KONKLUSJONER

Generelt

Dataverktøy, som OPUS 10, for optimalisering av førstegangs reservedelsopplegg, er nyttig og nødvendig for en stor organisasjon som f.eks Forsvaret, hvor det er stort potensiale for kostnadsbesparelser. Bruken av et slikt verktøy krever imidlertid store ressurser og god kunnskap/kompetanse hos brukeren, noe som det teoretiske grunnlaget beskrevet i denne rapporten kan være med å bidra til.

Når det gjelder analysemodeller for beregning av optimalt førstegangs reservedelsopplegg, så blir disse svært fort veldig komplekse og det er nødvendig å benytte dataprogram for å håndtere disse. Det har ingen hensikt for en bruker å forsøke å utvikle dette selv, fordi problemet er så omfattende og fordi det eksisterer en mengde kommersielle dataprogram for dette formålet.

Det som kan være verdt å legge merke til er at selv de modellene som ligger innebygd i de mest avanserte dataprogrammene er forenklinger av virkeligheten og de inneholder en rekke forutsetninger som man bør sjekke nøye. Videre er det viktig å ikke tape av syne det mest essensielle, nemlig behovet for gode inngangsdata. Uansett hvor sofistikert programmene måtte være, så har alle behov for input som f.eks MTBF. Hovedproduktet er derfor forslag til prosedyrer for håndtering og fremskaffelse av gode estimater for de viktigste inngangsparametrene.

Dette kan benyttes generelt for denne type verktøy (ikke bare OPUS), samt av andre brukere av OPUS 10, men er spesielt utviklet med tanke på Forsvaret og bruk/videreutvikling i CM/LCC-prosjektet. Forsvaret sitter selv med mesteparten av kompetansen som trengs for å videreutvikle disse prosedyrene, og skreddersy dem til egen organisasjon.

Selv med bruk av et slikt EDB-basert optimaliseringsverktøy vil det nok vise seg at et 100% optimalt reservedelsopplegg ikke er mulig å få til. Problemets stokastiske natur er en av grunnene til dette, en annen er at forutsetninger ikke holder stikk eller at forhold endres. Eksempel på dette er endringer i fordelingen av hovedmateriell eller i logistikkorganisasjonen. Dette vil kunne påvirke resultatet dramatisk. Riktignok kan OPUS 10 benyttes til reallokering av reservedelene, men det totale omfanget behøver ikke lenger bli optimalt.

Det er av denne grunn kanskje riktigst å oppfatte initiell provisioning som starten på lagerstyringen, og at det er en sammenheng og glidende overgang mellom initiell provisioning og senere lagerstyring hvor OPUS 10 må benyttes aktivt under hele levetiden til materiellet.

Dersom man har som mål å produsere varer og tjenester mest mulig effektivt og redusere kostnadene mest mulig, kommer man ikke utenom levetidsbetraktninger.
LCC og LCP er noe mer enn moteord og teknikker. Konseptene representerer ikke noe nytt i seg selv, men setter fokus på å ta de rette langsiktige beslutningene på et tidspunkt da man fremdeles har innflytelse på resultatet.

Stadig større krav til bruk av funksjonsspesifikasjoner istedetfor detaljspesifikasjoner gjør behovet for LCC-analyser "påtrengende", fordi ved at leverandøren velger teknisk løsning sålenge denne tilfredstiller funksjonskravet, så må brukeren sikre seg styring med drifts- og vedlikeholds-kostnadene gjennom å få stilt garantier til disse i kontrakten. (Ved detaljspesifikasjoner tar brukeren selv ansvaret for drifts- og vedlikeholdskostnadene ved å spesifisere teknisk løsning.)

Forsvaret

PRINSIX-håndboken (del 2) beskriver hvordan prosjekter i Forsvaret skal organiseres og styres, og inneholder en god del retningslinjer for hvordan driftsmessig tilrettelegging og VFS'ene (vedlikeholds- og forsyningsstudiene) skal gjennomføres. Håndboken er forholdsvis godt strukturert og har en tiltalende layout som gjør at den er lettlest. Den oppfattes nok noe "ideell" ved at det i stor grad er gitt retningslinjer uten tilhørende prosedyrer for hvordan punktene kan utføres.

CM/LCC-prosjektet skal utvikle prosedyrer for bl.a håndtering av provisioning, og dette skal gjøres med CALS-innhold og være forankret i PRINSIX. CM/LCC-prosjektet vil dermed kunne tilføre PRINSIX den nødvendige beskrivelse for hvordan f.eks punktene under VFS'ene skal gjennomføres, dvs prosedyrer i tillegg til bare retningslinjer. Det vil derfor også bli behov for å justere PRINSIX noe på basis av resultatene fra CM/LCC. Bl.a annet viste også erfaringer fra SPV-prosjektet at endel av punktene under VFS'ene var vanskelig å tolke, samt at timingen av VFS'ene ift. totalprosjektet ikke var helt riktig.

PRINSIX er et godt utgangspunkt, men også den pågående omorganiseringen i Hæren vil påvirke håndteringen av provisioningen, og kanskje også medføre korrigeringer i PRINSIX.

ANBEFALINGER

A1. Identifisering av komponenter som gir størst utslag for systemets pålitelighet gjennom kritikalitetsvurderinger/kritikalitetsmål (f.eks Birnbaum) bør være et krav som inngår i kontraktene, og som også er et grunnlag for å bedømme behovet for initielle reservedeler.

A2. En endring i disponering eller en utsettelse i beslutningen om disponeringen av hovedmateriellet vil være svært kostbar, fordi det da ikke er mulig å foreta en optimal provisioning. Dette er et prosjektstyringsproblem som det kan fokuseres på ved å fremlegge kostnadene for slik mangelfull fastsettelse av rammebetingelser for effektiv provisioning.

A3. For endring i logistikkpolicy gjelder samme kommentar som for endring i disponeringen. For den mere overordnede logistikkpolicy (for hver forvaltning) som igjen må bygge på direktivene er det viktig at denne utarbeides/oppdateres bl.a med hensyn til endel prinsipielle anbefalinger fra For-Ma studien (muligheten for å "låne" fra beredskapslageret, krav til tilgjengelighet av materiell i fredstid, initiell provisioning "posjonsvis" over flere år etc.).

A4. Avsetting av tilstrekkelige ressurser til logistikkstudier må skje gjennom retningslinjer/krav til hvor mye ressurser som kreves i forhold til størrelsen på prosjektet (dette kan selvsagt også variere

avhengig av type prosjekt).

A5. Kompetansen er veldig individavhengig som bl.a skyldes hyppige rulleringer, men aller mest svikt i kompetanseoverføring fra pågående prosjekt til nye prosjekt. Det enkelte prosjekt har "nok med seg selv" og ser ikke nødvendigheten av å overføre erfaringene til nye prosjekt. Det er svært vanskelig å komme i inngrep med et pågående prosjekt for å trekke ut erfaringer/informasjon fra dette til bruk for anskaffelsesprosjekt generelt.

A6. Kompetanseoverføring fra prosjekt til drift skjer best ved at driftspersonell inngår så tidlig som mulig i prosjektgruppen, spesielt i tilknytning til vedlikeholds- og forsyningsstudiene.

Følgende anbefalinger rettes til CM/LCC-prosjektet vedrørende utarbeidelse av prosedyrer for provisioning:

A7. Konsentrer innsatsen om de viktigste inngangsparametrene.

A8. Lag prosedyrer som er lett oppdatérbare og hvor erfaringer som fremskaffes kan tilbakeføres til prosedyrene og dokumenteres der.

A9. Vurdér nøye hvor "sofistikerte" estimeringsmetodene for estimering av inngangsparametre bør være, med bakgrunn i en kost-nytte betraktning. (Det er tross alt snakk om å se inn i fremtiden.)

8 REFERANSER

/1/ Prosjektstyring år 2000
"LCP og usikkerhet. Et forprosjekt under forskningsprogrammet Prosjektstyring år 2000", 10. sept. 1994.

/2/ Christensen, H. (1994).
Kompendium i vedlikeholdsteknikk. Institutt for produksjons- og kvalitetsteknikk - NTH.

/3/ Homme, Daniel og Indreland, Heming (1994).
Prosjektrapport. "LCC og reservedeler".
Institutt for produksjons- og kvalitetsteknikk. NTH.

/4/ IEC 300-3-X: DEPENDABILITY MANAGEMENT. Part 3: Application guide Section X: Life Cycle Costing (1993).

/5/ File, William T. (1991).
Cost Effective Maintenance. Design & Implementation.

/6/ Blanchard, Benjamin S. (1993).
Logistics Engineering and Management. Fourth edition.

/7/ IEC 706-4-8: GUIDE ON MAINTAINABILITY ON EQUIPMENT. Part 4: Section 8 - Maintenance and Maintenance Support Planning (1992).

/8/ Clarke, John D. (1990).
Life Cycle Cost: An Examination of Its Application In the United States, and Potential for Use In the Australian Defence Forces.

/9/ Garin, Thomas A. (1990).
A Preferred Spare Decision Support System Incorporating A Life Cycle Cost Model.

/10/ Blanchard, Benjamin S. og Fabrycky Wolter J. (1990).
Systems Engineering and Analysis. Second Edition.

/11/ Hutchinson, Norman E. (1987).
An Integrated Approach to Logistics Management

/12/ Greene, Louis E. og Shaw, Barbara L. (1990).
The Steps For Successful Life Cycle Cost Analysis.

/13/ Meiri, Oded (1983).

LCP - en metod för analys av livstidsvinsten för system.

/14/ McArthur, Charles J. og Snyder, H. Michael (1989). Life Cycle Cost - The Logistics Support Analysis Connection.

/15/ Axsäter, Sven (1991).
Lagerstyrning.

/16/ Ballou, Ronald H. (1992).
Business Logistics Management.

/17/ Daganzo, Carlos F. (1991).
Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems. Logistics Systems Analysis.

/18/ Higgins, Lindley R. (1995).
Maintenance Engineering Handbook. Fifth Edition.

/19/ Schjølberg, Per (1994).
Terminologi. Fag 60586 Driftssikkerhet - vedlikehold.

/20/ Holen, Høyland og Rausand (1988).
Pålitelighetsanalyse.

/21/ Aslaksen, Erik og Belcher, Rod (1992).
Systems Engineering.

/22/ Kelly, Anthony (1989).
Mainrenance and its management.

/23/ Patton, Joseph D. , jr. (1980).
Maintainability and Maintenance Management.

/24/ Department of Defence (US), Systems Management College (1986).
Integrated Logistics Support Guide.

/25/ SYSTECON (1994)
OPUS 10 - Logistics Support and Spares Optimisation. Getting started.

/26/ Gjellan, Gunnar - Lekanger, Ola og Wanderås, Øyvind (1995).
Prosjektrapport. “LCC og LCP”.
Institutt for produksjons- og kvalitetsteknikk. NTH.

/27/ Kopier av 3 kapitler i en bok om LCC. Tittel ukjent.

Kilde: Per Schølberg - NTH.

/28/ Blanchard, Benjamin S. (1978).
Life Cycle Costing - a Review. (Artikkel)

/29/ Rolstadås, Asbjørn (1992)
Verkstedteknikk. Tapir Forlag.

/30/ Smith, David J. (1993)
Reliability, Maintainability and Risk. Practical methods for engineers.

/31/ St prp nr 34 (1994-95)
Om Hærens verksted- og lagerorganisasjon mm

/32/ PRINSIX Prosjekthåndbok for Forsvaret del 2 (1991)
Prosjektledelse
PRINSIX koordineringssenter Forsvarets tele- & datatjeneste.

/33/ Bestemmelser vedrørende anskaffelser til Forsvaret (1993)
Tjenestereglement for Forsvaret.

/34/ Zwissler, Benjamin J., Toole, Thomas P.
Integration of Logistics and Engineering Development tasks. (Artikkel)

/35/ MIL-STD-1388-1A Logistics Support Analysis (1983)
Department of Defence

/36/ MIL-STD-1388-2B DoD requirements for a Logistics Support Analysis Record (LSAR), Department of Defence (1991)

/37/ For-Ma Sluttrapport (1994)
Forsvaret

/38/ MIL-STD-1629A Procedures for performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis (1980)

/39/ Moubray, John (1991)
Reliability-centred Maintenance

/40/ AECMA 2000M (1992)
International specification for material management. Integrated data processing for

military equipment. AECMA Technopolis.

/41/ SYSTECON
OPUS 10 Logistics Support and Spares Optimization (Part 2, 3 and 4)

/42/ SYSTECON
OPUS 10 Training Course

/43/ SYSTECON
OPUS 10 User's reference

/44/ SYSTECON
OPUS 10 Building Applications