5 PROBLEMSTILLINGER PÅ KONSEPTNIVÅ

Med konseptnivå forstår vi i denne sammenhengen beslutninger i en tidlig fase av et prosjekt, hvor påvirkningsmuligheten er stor og alternative valg mange. De løsninger som velges binder ofte selskapet for et langt tidsrom, og legger føringer og koblinger mot andre aktiviteter. I betegnelsen konsept ligger også implisitt at prosjektet er relativt omfattende og av en viss størrelse.

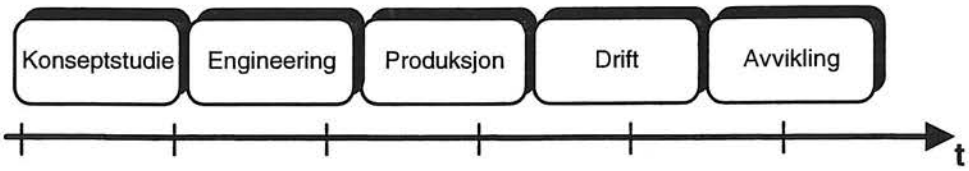
Som eksempel på hva et konsept kan innebære, vil valg av utbyggingsløsning for et oljefelt oppfylle de kriterier vi har satt. Et annet eksempel er beslutninger vedrørende transportsystem fra oljefelt til terminal. For Forsvaret kan betegnelsen konseptvalg brukes f.eks. ved valg mellom landtransport basert på beltevogner og lastebiltransport.

Tradisjonell LCC omfatter en avveining mellom kostnader i de ulike faser. Vi ønsker imidlertid å sette søkelyset på områder som innebærer en utvidelse av LCC-metodikken, og det vil i det videre fokuseres på tre hovedtema som kan tenkes inkludert i en LCP-analyse på konseptnivå. Tema som blir berørt er

- fasevis analyse av risiko
- verdi av fleksibilitet
- avkastningskrav, risikoprofil

5.1 Fasevis analyse av risiko

Valg av konsept påvirker virksomhetens risikoeksponering over fasene i prosjektet. Ulike faser kan være som vist i figur 5.1, og usikkerhet og risiko vil være til dels forskjellig avhengig av hvor man befinner seg. (Det kan tenkes prosjekt hvor en fasevis inndeling i henhold til risikokarakteristikk ikke er sammenfallende med den tradisjonelle faseinndelingen basert på funksjonalitet. En slik forskyvning medfører ingen prinsipielle endringer i det metodiske, og vi ser derfor bort fra dette i det videre.)



FIGUR 5.1 Faser i et prosjekt

Gjennom en fasevis vurdering av risiko oppnår man å kartlegge hvordan risikoprofilen endres over prosjektets levetid. Dette innebærer en identifisering av:

- hvilke faser som er forbundet med størst risiko
- hvilke parametre det knytter seg risiko til
- felles usikkerhetsmomenter i fasene

Innenfor hver fase kan usikre størrelser beskrives i henhold til:

- karakter (økonomisk -, personellsikkerhets-, dokumentsikkerhetsrisiko)
- type (teknisk risiko, markedsrisiko, styringsrisiko, naturrisiko)
- kontrollerbar vs. ikke-kontrollerbar
- uakseptabelt og/eller uønsket
- diversifiserbar vs. ikke-diversifiserbar
- ikke-relevant vs. relevant risiko

På bakgrunn av den fasevise beskrivelsen vurderes effekt og nytte av tiltak med formål å redusere risiko. Målsetningen er å bringe den totale risiko ned på et akseptabelt nivå, og sikre optimale beslutninger under hensyn til eksisterende usikkerhet. Det vil si at det fokuseres på element av stor betydning for kostnadsvariasjonene, enten pga. størrelse, risikograd eller samvariasjon med andre kostnadsfaktorer.

Den fasevise beskrivelsen henger sammen med risikoaggregering over tid. En fasevis analyse må derfor bygges opp med tanke på å understøtte en aggregering, og slik at sistnevnte fanger opp samvariasjon og avhengigheter. Identifisering av samvariasjon mellom usikre størrelser må således ikke begrenses til en fase isolert sett, men også omfatte avhengigheter over fasene i prosjektet. Aggregering av risiko er omtalt mer detaljert i avsnitt 4.1.

5.2 Verdi av fleksibilitet

Innføring av fleksibilitet som kostnadsfaktor innebærer at verdien av å kunne foreta beslutninger sekvensielt i tid blir inkludert. Fleksibilitet i denne sammenheng vektlegger muligheten til å foreta valg og korrigeringer under gjennomføringen av et prosjekt, men kan i prinsippet også omhandle et sluttprodukts fleksibilitet med tanke på anvendelsesområde, bruksegenskaper etc..

Verdien av fleksibilitet vil avhenge av de valgmuligheter beslutningstaker reelt har, og den kostnad og inntekt som er forbundet med hver av disse. Jo mer fleksibelt utstyr og innretninger er (alt annet likt), jo lavere økonomisk risiko står investor ovenfor. Fleksibilitet kan også tolkes som verdien av å kunne utsette en beslutning. På konseptnivå vil f.eks. valg av en trinnvis fremfor en fullstendig utbygging innebære større fleksibilitet i form av at beslutninger vedrørende senere trinn kan skyves ut i tid.

Ulike konsept vil i de fleste tilfeller ha forskjellig fleksibilitet, både med tanke på valg av tekniske løsninger og gjennomføringstidspunkt. Økonomisk riktig vurdering av konseptvalg krever at denne fleksibiliteten verdisettes.

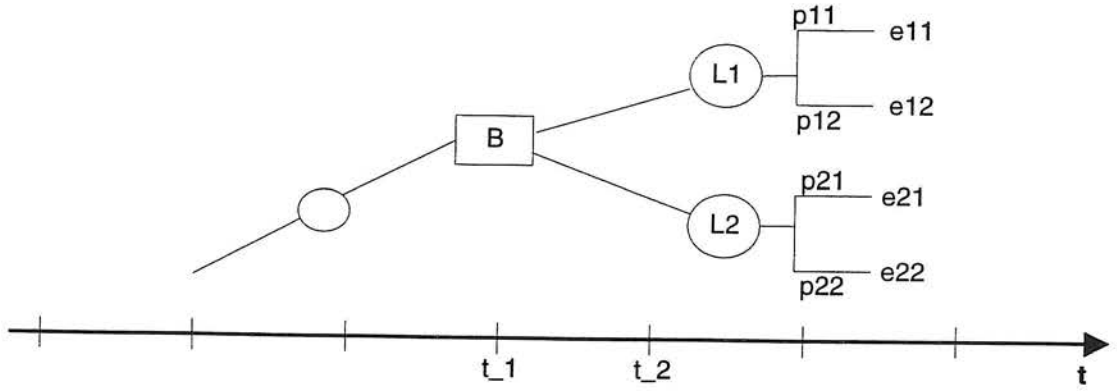
Verdisetting av fleksibilitet kan tenkes gjennomført på flere forskjellige måter, hvorav de mest kjente er beslutningstre, scenarioanalyse og opsjonsteori. De to første har vært kjent og anvendt i lengre tid,

og representerer på et vis dagens standard for behandling av sekvensielle beslutninger. Opsjonsteori har i de siste år blitt mer aktuelt som metode, men er ikke like lett tilgjengelig, og derfor også svært begrenset tatt i bruk. Konkret er det her snakk om å kjøpe seg en mulighet (en opsjon) til å gjennomføre transaksjoner på et senere tidspunkt til en avtalt pris. (F.eks. kan en oljeprodusent inngå en avtale som sier at han har mulighet til å selge 100 000 fat olje om tre måneder til en pris på 17.5 USD/fat. Prisen på opsjonen er det beløp oljeprodusenten må betale for å inngå avtalen.) Bruk av betingede sannsynligheter i kombinasjon med simuleringer kan også være en angrepsmåte. Implementering av de teoretiske metodene på praktiske problem reiser en del spørsmål som krever gjennomgående behandling. Ikke minst gjelder dette opsjonsteori som er utviklet innen finansieringsteori. Overføring til tekniske problemstillinger er her en utfordring.

Et gjennomgripende problem, uavhengig av metode, er identifisering av beslutningspunkt og estimering av usikkerhet knyttet til når disse inntreffer i tid. Selve identifiseringen innebærer at man over prosjektets levetid kartlegger på hvilke stadier man kan foreta valg. Dette vil typisk være ved overganger mellom arbeidsoppgaver og faser, selv om man i teorien kan tenke seg beslutningspunkt fordelt over hele prosjektforløpet. Når beslutningspunktene inntreffer på tidsaksen er en stokastisk størrelse relatert til usikkerhet i gjennomføringstid for foregående aktiviteter. Estimering av sannsynlighetsfordeling for tidspunkt baseres derfor på fordelinger for tidligere aktiviteter og avhengigheter mellom disse.

Tidspunkt for beslutning, og hvilke valgmuligheter de gir, er avgjørende for konseptets fleksibilitet. Betrakter vi de enkelte arbeidsoppgavene/-pakkene som kan avgrenses innenfor beslutningspunkt som elementene i en portefølje, er parallellen til optimal porteføljesammensetning nærliggende. Konseptets fleksibilitet vil være bestemt av hvordan elementene passer til hverandre. Denne vurderingen beror igjen på identifisering av beslutningspunktene. Metodikk og rutiner for etablering og estimering av disse, bør derfor utvikles som et ledd i innføringen av fleksibilitet som kostnadselement i LCP.

Ovenstående tankegang kan illustreres ved hjelp av et enkelt beslutningstre som vist i figur 5.2.



FIGUR 5.2 Beslutningstre

Forutsatt at beslutningen, B, intreffer i t_1 står beslutningstaker overfor lotteripunktene L1 og L2 med tilhørende diskrete sannsynlighetsfordelingene {p11, p12} og {p21, p22}. Kostnadene er benevnt e11, e12, e21 og e22. Inntreffer imidlertid beslutningen i tidspunktet t_2, vil fleksibiliteten kunne bli påvirket

på flere måter. Den ene er at kostnadene forbundet med de enkelte utfall endres, f.eks. som følge av sesongmessige svingninger. Dernest er en mulig konsekvens at sannsynligheten for de enkelte utfall forandres. For begge tilfellene gjelder at antall reelle valg kan bli avgrenset, f.eks. gjennom at det oppstår dominante alternativ.

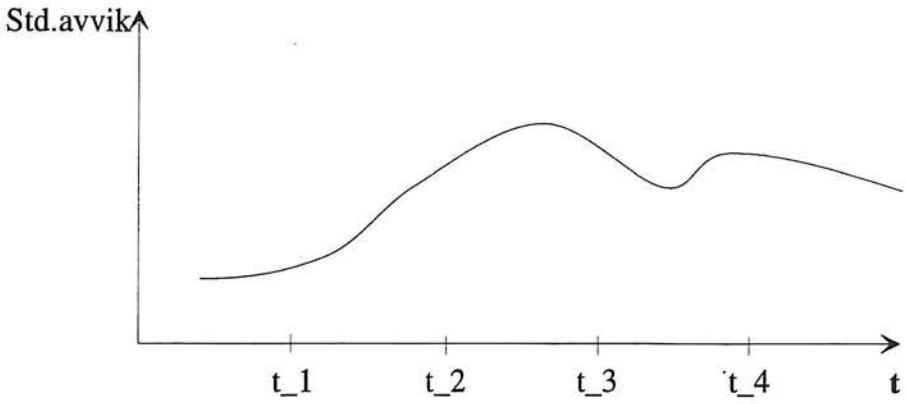
En vesentlig effekt ved at beslutningspunktet forskyves fra t_1 til t_2 er også muligheten for at beslutningen i seg selv bortfaller. Avhengigheter og koblinger mot andre pågående aktiviteter kan f.eks. innebære at rammevilkår som i tidspunkt t_1 tillot forskjellige løsninger (illustrert ved beslutningspunkt B) nå har låst valgmulighetene.

5.3 Avkastningskrav, risikoprofil

Bestemmelse av avkastningskrav for et prosjekt er kanskje den beslutning som er mest avgjørende for om investeringen betraktes som lønnsom eller ikke. Avkastningskravet settes sammen av en risikofri rente og en risikopremie, slik at kalkylerenten ideelt sett skal reflektere den relevante risiko prosjektet innebærer for virksomheten.

Som argumentert for tidligere vil risikoen variere med prosjektets faser. Dette gjelder både risikoens størrelse, type og karakter. Et konstant avkastningskrav over hele levetiden må derfor betraktes som en tilnærming, eller en gjennomsnittsbetraktning. For inntekter fører dette til en overvurdering ved nåverdibetraktning av komponenter med større usikkerhet enn gjennomsnittlig, og, tilsvarende, en undervurdering av størrelser som har lav risiko[6]. Vi ønsker derfor et avkastningskrav som varierer over prosjektets levetid, og som gjenspeiler den underliggende risikoprofil. Som et element i dette kan også forskjellige avkastningskrav for inntekter og kostnader være aktuelt.

Anta at et konsept innebærer en risikoprofil over prosjektets levetid som vist i figur 5.3.



FIGUR 5.3 Risikoprofil

[6] For kostnader vil det motsatte være tilfelle: en undervurdering av faktorer med risiko over gjennomsnittet, og en overvurdering av kostnader med lav risiko.

Med utgangspunkt i figuren virker det intuitivt riktig at avkastningskravet for perioden (t_1, t_2) er lavere enn for påfølgende periode (t_2, t_3). Hvordan avkastningskravet skal bestemmes er imidlertid ikke entydig gitt. (Etablering av den antydete risikoprofilen kan være en utfordring i seg selv, men dette punktet lar vi ligge i denne sammenheng.)

Innenfor finansiell teori er CAPM (Capital Asset Pricing Model) en mye anvendt metode for bestemmelse av risikojustert avkastningskrav (Copeland & Weston, 1988). Modellen beregner avkastningskrav for et prosjekt på basis av risikofri rente og prosjektets bidrag til bedriftens totale risiko[7]. CAPM bygger på endel forutsetninger som gjør at en direkte anvendelse på problemer av den type Forsvaret og oljeselskapene står overfor er problematisk. Element av teknisk risiko og ikke-markedsførte objekter er eksempel på "imperfeksjoner" som faller utenfor CAPM.

Valg av kalkylerente for prosjekt av teknisk karakter indikerer derfor behov for å vurdere utvidete metoder som bedre er i stand til å fange opp de særtrekk slike prosjekt har. Et eksempel på slike metoder er APT (Arbitrage Pricing Theory) (Copeland & Weston, 1988). Risikojustert avkastningskrav spesifiseres her som en lineær funksjon av flere faktorer, og ATP tilbyr derfor større fleksibilitet enn CAPM.

I en faseavhengig beregning av avkastningskrav ligger også en vurdering av hva som er relevant risiko, dvs. hvilken risiko skal medføre en risikopremie. Diskusjonen omkring dette bringer inn behov for å se på den totale porteføljen av prosjekt i bedriften, og forutsetter derfor et videre perspektiv enn selve konseptvalget. Med tanke på å oppnå best lønnsomhet for selskapet totalt sett, må avkastningskravet for det enkelte prosjekt vurderes i forhold til det risikobidrag prosjektet gir til totalporteføljen, og diversifiserbar risiko[8] vil dermed ikke være relevant.

Som et alternativ til risikojustering av renten ved behandling av usikre størrelser, bør sikkerhetsekvivalent kontantstrøm nevnes. I stedet for å legge til en risikopremie i avkastningskravet, korrigeres kontantstrømmen til en såkalt sikkerhetsekvivalent verdi (SEV). Prinsippet kan enkelt illustreres ved følgende

$$\frac{SEV(kontantstrøm)}{(1 + risikofri\ rente)} = \frac{kontantstrøm}{(1 + risikojustert\ rente)}$$

---

[7] Risikojustert avkastningskrav, r, for et prosjekt uttrykkes ved bruk av CAPM som

$$r = r_{rf} + (r_m - r_{rf}) \cdot \beta$$

der r_{rf} = risikofri rente
r_m = forventet avkastning på en veldiversifisert portefølje
r = forventet avkastning på prosjektet
β = prosjektets bidrag til porteføljens usikkerhet

[8] Diversifiserbar risiko benevnes også usystematisk risiko.

Beregningsresultatet skal naturligvis bli det samme uansett hvilken metode man benytter for å ta hensyn til risiko. Bruk av sikkerhetsekvivalente kontantstrømmer fremfor risikojustert rente blir derfor en smakssak. Bestemmelse av SEV innebærer de samme problem som bestemmelse av risikojustert rente, og metoden har ikke fått særlig gjennomslag i praktisk anvendelse.

5.4 Case - Utbyggingskonsept for olje-/gassfelt

Levetidsperspektivet er vel kjent i offshoreindustrien, både på operatørsiden og leverandørsiden. Men perspektivet bringes først inn i engineeringfasen og ved innkjøp av materiell og komponenter ved LCP-vurderinger og -krav[9].

I sammenheng med utbygging av felt i Nordsjøen vil dette perspektivet bli utvidet på tre måter:

- Bringe levetidsperspektivet inn allerede i arbeidet med konseptutformingen.
- Knytte kriteriene til lønnsomhet, ikke kostnader alene.
- Bringe inn usikkerhet og risiko over prosjektets livsløp i beslutningsunderlaget.

5.4.1 Levetidsperspektivet inn i konseptfasen

Det er en gjennomgående oppfatning at konseptet fastlegges, og PUD utarbeides uten at drifts- og avviklingsfasen gis tilstrekkelig vekt i beslutningsunderlaget. For mange beslutninger tas for tidlig. Dette kan i beste fall føre til at et stort engineering-arbeid settes i gang og gjennomføres, som senere må forkastes eller gjennomgå store endringer. Planleggingsprosessen blir kostbar og tidkrevende.

I verste fall blir resultatet valg av et dårlig konsept.

Utfordringen blir å forbedre beslutningsgrunnlaget i konseptfasen ved å bringe inn hele levetiden i vurderingen av flere alternative konsepter, samt unngå å innsnevre muligheter for optimal tilpasning før det er nødvendig.

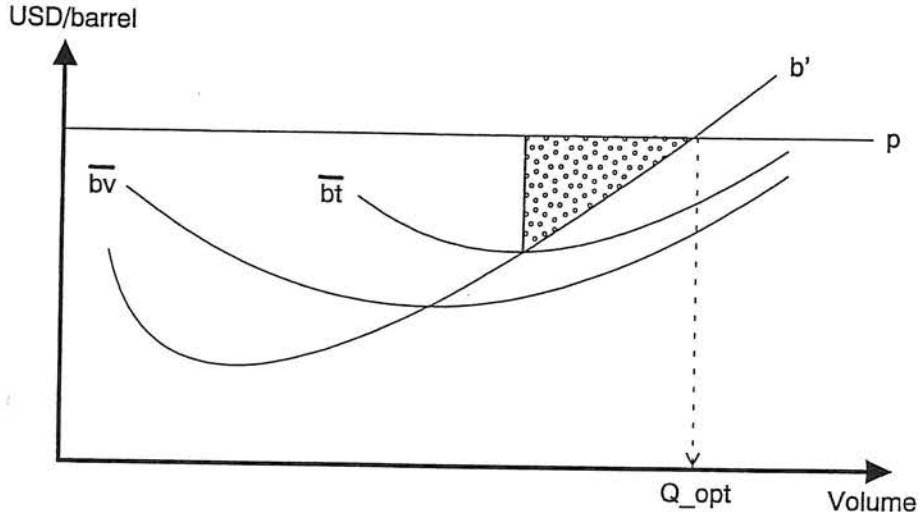
5.4.2 Lønnsomhetsmaksimering, ikke kostnadsminimering

Levetidsbetrakninger er tradisjonelt forbundet med LCC. Det er flere grunner til at dette perspektivet blir for snevert på konseptnivå. Her er kommersielt utvinnbar mengde en variabel som skal bestemmes, bl.a. gjennom injeksjon, bruk av kjemikalier etc., ut fra reservoarets egenskaper. Da gjelder det generelt at optimalt volum forutsetter at grensekostnad for produsert volum skal være lik grenseinntekt. Denne kapasiteten vil for drivverdige felt være større enn den som gir minimum gjennomsnittskostnader.

[9] Et eksempel er samarbeidet mellom Statoil og Kværner om LCC dokumentasjon fra potensielle leverandører.

Nedenstående figur kan illustrere et tenkt kostnadsforløp, hvor

p er oljepris
bv er gjennomsnittlige variable kostnader
bt er gjennomsnittlige totale kostnader
b' er marginalkostnad



FIGUR 5.4 Optimal produksjonstilpasning, Q_opt

Tar en utgangspunkt i et målsatt volum hvor gjennomsnittlige totalkostnader har sitt minimum, kan en stadig øke fortjenesten så lenge prisen pr. fat, p, er høyere en ekstrakostnaden, b', ved å produsere ett fat ekstra. Ved kostnadsminimum vil en altså gå glipp av en fortjeneste tilsvarende arealet av det markerte triangelet i figuren.

Min! (LCC) gir altså ikke Max! (LCP)

Det kan også være andre forhold som fastlegges i konseptfasen som påvirker forventet inntektsstrøm, f.eks. prosessutstyr for fjerning av vann i olje eller leveringsregularitet av gass. Slike forhold vil påvirke den enhetspris som kan oppnås for produktet. Også her gjelder i prinsippet det samme kriteriet for optimal tilpasning.

5.4.3 Beslutninger under usikkerhet

Dette siste punktet representerer den største faglige utfordringen, og vil kunne bli fokus i et hoved-prosjekt.

En rekke forhold vedrørende beslutningsunderlaget er usikre i konseptfasen. Slike forhold må identifiseres og karakteriseres med utgangspunkt i de beslutninger som har basis i slike.

For eksempel vil en rekke beslutninger vedrørende konseptet bygge på forutsetninger om egenskaper ved reservoaret, herunder størrelse og drivmekanismer. Siden en fremdeles mangler kunnskap om disse egenskapene før produksjonen er satt i gang, blir forutsetningene for konseptdesign usikre.

Et konseptvalg blir derfor sårbart overfor usikkerhet om reservoaregenskaper. Spørsmålet blir da om det er mulig å foreta beslutninger som gjør konseptet mer robust, i henhold til målfunksjonen, overfor utfall av de usikre forhold. Et alternativ kan eksempelvis være å dimensjonere bæresystemet slik at en gir rom for valg når bedre informasjon er tilgjengelig, m.a.o. kjøpe seg fleksibilitet. Denne fleksibiliteten har en kostnad og en verdi som må avveies i konseptfasen.

En annen type mottiltak mot sårbarhet overfor reservoarets egenskaper, kan ligge i kontraktsforhold. Ved innleie av produksjonsutstyr og prosesseringskapasitet kan det være mulig gjennom kontraktsutforming å velte noe av risikoen som skyldes usikkerhet ved reservoaret, og dermed produksjonens varighet, over på leverandører av tjenester.

Det er et mangfold av usikre faktorer som inngår i beslutningsgrunnlaget. Det gjelder kostnadsforhold, skatteregime, marked, andre operatørers disposisjoner etc.

Det vil ikke her gjøres forsøk på en komplett diskusjon om mulige usikre forhold i en tidlig fase. Snarere er det de konkrete beslutninger en står overfor i konseptfasen som skal være utgangspunktet for å identifisere og karakterisere usikkerhet og risiko.

Man kan tenke seg flere mulige angrepsmåter som kan gi inngrep med konkrete beslutningsprosesser. En mulighet som har vært luftet, ligger i å ta utgangspunkt i et konkret prosjekts historie. En annen er at forsker-teamet kunne følge et aktuelt feltutbyggingsprosjekt som det vil bli arbeidet med i et av de deltakende selskapene.

Begge disse alternativene har sine muligheter og begrensninger. Trolig veier begrensningene tyngst. I et gjennomført prosjekt vil det trolig være umulig fullt ut å rekonstruere planleggings- og beslutnings-situasjonen fordi skriftlig dokumentasjon neppe vil være fyllestgjørende, og at deltakere siden er flyttet. Et forsøk på i ettertid å studere en gjennomført beslutningsprosess med tanke på forbedring, vil dessuten lett bli oppfattet som et forsøk på etterprøving, og møtes med holdninger som kan ligne på forsvars-mekanismer.

Et forsøk på å følge en reell prosjektforberedelse vil også kunne vise seg uhensiktsmessig, av minst to grunner: 1) Forskningsprosjektet blir svært avhengig av framdriften i prosjektet. Det kan også inntreffe forhold utenfor kontroll som underveis kan gjøre hele utbyggingen uaktuell. 2) Et reelt prosjekt vil kunne involvere vurderinger og følsomme forhold som ikke uten videre vil kunne avsløres for utenforstående forskere.

Det er derfor ønskelig å etablere en referansegruppe bestående av personer fra de deltakende selskaper med bred erfaring fra konseptvurderinger for feltutbygging. I nært samarbeid med en slik gruppe kunne en etablere ett eller noen få 'syntetiske' case. Data kunne da 'kamufleres' mht. følsomme opplysninger.

Samtidig ville en ha frihet til å konstruere case som inneholder aktuelle vanskelige avveininger som en ser vil kunne forekomme, eller helst, være typisk for kommende feltutbyggingskonsepter.

5.4.4 Resultat

Det er et felles ønske fra programdeltakerne at prosjektet skal resultere i hjelpemidler for bruk i beslutningsprosesser i konseptfasen. Det overordnete mål er å effektivisere beslutningsprosessene slik at 'riktige' alternativer blir identifisert og 'blindspor' i utredningsarbeidet blir unngått.

En tenker seg en form for edb-basert beslutningsstøttesystem. Hvilken form og innhold dette bør få, kan vanskelig defineres i utgangspunktet. Systemet må være egnet til å behandle subjektive vurderinger, og kan i så måte trekke i retning av en form for ekspertsystem. Det settes særlige krav til en fornuftig behandlig og aggregering av risiko. Tallmessige resultat må belyse netto nåverdi, risikoprofil og fasevis beslutningsstrategi.

Et gjennomgående ønske er at systemet skal være enkelt, og fremfor alt unngå irrelevant kompleksitet.

5.4.5 Tilknytning til andre prosjekt

Criticality Management Tools (CMT) i regi av DNV har både Forsvaret og Norsk Hydro a.s som deltakere. Sentrale tema i CMT er pålitelighetsstyring og risikoanalyse i forhold til beslutninger på prosjektnivå. (Prosjektet er omtalt i kap. 3.1.)

Det bør avklares i hvilken grad og på hvilken måte et hovedprosjekt under PS 2000 kan ha relevans for og bidra i denne sammenheng. Som et minimum bør grunnlaget for faglig kommunikasjon, f.eks. i form av felles seminarvirksomhet omkring utvalgte metodemessige tema sikres.

6 PROBLEMSTILLINGER PÅ SELSKAPSNIVÅ

LCP-problematikken kan være svært variert og omfattende, og det er akseptert at ikke alle problemvarianter hensiktsmessig kan behandles innenfor en og samme modellkonstruksjon eller beslutningsstøtteverktøy. Hensikten med dette punktet er å drøfte behovet for å ta opp problemstillinger på selskapsnivå innenfor LCP-prosjektet. Det må da presiseres hva en legger i "LCP-analyse på selskapsnivå". Hva vi legger i LCP-begrepet er allerede presisert. Vi vil nå si at det dreier seg om å gjennomføre LCP-analyse, innenfor videre system-grenser (bedriftssystem eller forsvarssystem) enn i den prosjekt- eller konseptfokuserte analysen, med sikte på å unngå suboptimalisering. Bakgrunnen for et slikt behov kan dels være at det isolert sett i forhold til det enkelte prosjektet opptrer nye hensyn når grensene utvides til å omfatte totalsystemet. Dels kan det dreie seg om behov som følger av avhengighet (eksternaliteter) mellom flere prosjekt.

Det er ikke vanskelig å påvise behov for analyse på overordnet systemnivå i så vel næringslivsforetak som i Forsvaret. Dette er ikke minst fremtredende innenfor CMT-problematikk i Forsvaret. Vi utdyper problemstillingene litt nærmere i forhold til følgende to hovedspørsmål:

i) Vil det i tilknytning til veldefinerte enkeltprosjekt eller prosjektkonsept opptre behov for å bringe *LCP-analysen* opp på totalt systemnivå?

ii) Kan det påvises en egen klasse av prosjekt der LCP-analysen typisk hører hjemme på totalt systemnivå ? Vi skal nedenfor omtale disse som "strategiske satsingsprosjekt".

Behov for å gjennomføre LCP-analyser på totalt systemnivå omtales nedenfor i tilknytning til eksterne effekter på inntekts- og/eller kostnadssiden. Forhold som angår risiko og usikkerhet nevnes i et eget punkt. Dernest omtales behov for flermålsplanlegging. Overordnete problemstillinger som angår flerperiodisk porteføljeoptimering og strategiske satsingsprosjekter omtales til slutt.

6.1 Inntekts- og kostnadseffekter på totalt systemnivå

Det er lett å påvise avhengigheter mellom prosjekt på så vel inntekt- som kostnadssiden som det er viktig å ta hensyn til. Et eksempel er prosjekt som inngår i en logistikkjede, der det er helt avgjørende at prosjektet er avstemt i forhold til foregående og etterfølgende ledd i kjeden. Et nærliggende eksempel er transportsystem for ilandføring av olje og gass. Eksempelsamlingen kan lett utvides til å gjelde for samordnet planlegging i forhold til infrastruktur i sin alminnelighet.

Det er i forhold til slike prosjekt også mulig å vise til LCP-analyser som må innebære vurderinger på tvers av enkeltprosjekter. Noen konkretiseringer er følgende:

a) Kapasitetstilpasninger over tid og spørsmål om trinnvis kontra engangsutbygging sett i lys av hva som er akseptabelt i forhold til andre deler av totalsystemet.

b) Levetidsanalyse. Det kan være viktig å analysere økonomisk optimal levetid for et prosjekt i lys av de behov som opptrer i foregående eller etterfølgende ledd i en kjede.

c) Tilgjengelighetstilpasning. Det kan forekomme eksempler på at de krav som må stilles til tilgjengelighet og servicenivå innenfor et gitt prosjekt, må avstemmes i forhold til andre prosjekter/delsystemer i organisasjonen.

d) Beskatning på selskapsnivå.

Behov for å ta hensyn til eksterne effekter mellom prosjekt er betydelige, og det må sikres at disse blir ivaretatt. Mange av disse problemområdene vil imidlertid reise de samme metodemessige utfordringene som LCP på lavere nivå (konseptnivå).

6.2 Risiko og usikkerhet

I tilknytning til risiko og usikkerhet kan en vise til en rekke delproblem som angår risikovurdering, risikoaggregering og hedging[10]. Her er det også enkelt å påvise behov for å samordne vurderingene på totalt systemnivå. Noen eksempler er følgende:

a) Vurdering av relevant risiko. Dette punktet viser til behovet for å vurdere akseptabel risiko innenfor det enkelte prosjekt i forhold til en portefølje. Spørsmålet er i hvilken grad et prosjekt bidrar til selskapets/systemets totale risikoeksponering. Dette kan ikke avgjøres uten å analysere samvariasjonen mellom kostnads- og inntektselementer fra ulike prosjekt.

b) Risikoaggregering. Når systemgrensene utvides vil normalt behovene bli større for å kunne løse problemer vedrørende aggregering av risiko og usikkerhetseffekter opp til høyere analysenivå. Dette kan til dels sees på som en metodeside som angår foregående punkt.

c) Risikodeling. Her tenker vi på spørsmål om hvordan den totale risiko innenfor ett eller en samling av prosjekt kan fordeles på de kontraktsparter som oppter. Også her kan behovet for en overordnet analyse være påkrevet.

d) Finansiell risikostyring (hedging). Her vises det til metoder og teknikker for å skjerme det totale systemet mot risiko og usikkerhet på andre måter enn ved diversifisering og risikodeling. De mest nærliggende eksemplene er bruk av terminkontrakter (futures) og forsikring. Ideelt sett bør det være systemets totale risikoprofil som danner utgangspunkt for behandling av disse spørsmålene.

[10]Hedging kan defineres som tiltak som reduserer den totale risikoeksponering.

e) Finansiering. Både når det gjelder tradisjonell selskapsfinansiering og typisk prosjekt-finansiering, vil det opptre spørsmål som normalt vil bli behandlet på overordnet nivå i systemet. Disse spørsmålene vil kunne vedrøre mange kontraktsparter og angår i stor grad risikovurdering (finansiell risiko).

f) Risikojustert kalkylerente. Med utgangspunkt i moderne finansiell teori går praksis i retning av å ta hensyn til økonomisk risiko ved å justere avkastningskravet (kalkylerenten) i nåverdi-beregningene. Dette er også et problemområde som hører hjemme på overordnet nivå i et system. Det er et delproblem som er av stor viktighet i LCP-analysen og må behandles i tilknytning til LCP-prosjektet uansett hvordan det avgrenses.

Mange av de delproblem som er nevnt under punktene a) - f) må det finnes en løsning på innenfor LCP-prosjektet. Dette vil i noen viktige sammenhenger innebære en utvikling av prinsipper som legger føringer for ordinære LCP-modeller. Det mest nærliggende eksempel er behandlingen av avkastnings-kravet som nevnt i punkt f). Det kan også vises til overordnete problemstillinger som trenger en særskilt tilpasning av beslutningsstøtte og som har preg av LCP-problematikk. Det vil her føre for langt å gå mer detaljert inn på dette. Hensyn til risiko og usikkerhet behandles spesielt som en gjennomgående problemklasse.

6.3 Flermålsplanlegging

Her dreier det seg om å kunne ta hensyn til ulike motstridende mål i forbindelse med LCP-analysene. I denne sammenheng er det særlig aktuelt å vise til Forsvaret, der det typisk ikke er mulig å direkte sammenregne nytteeffekter av forsvarssystemer med kostnader. Problemstillingene opptrer også i foretakssystemer. Eksempler er:

a) Sikkerhetskrav. Her er det spørsmål om hensyn til sikkerhet for eget personell angående ulykker og helseskader.

b) Miljøhensyn.

c) Diverse lokale hensyn f.eks. til sysselsetting etc..

d) Kvalitetspreg og selskaps-"image".

e) Etikk, generelt.

Dette oppfatter vi som gjennomgående problemstillinger som opptrer på ulike nivåer. De blir derfor behandlet under et eget punkt. Her rekker det å konstatere at spørsmål av denne art er fremtredende på overordnet nivå i et system, og må finne sin rasjonelle behandling dersom LCP-analysene skal kunne gjennomføres på profesjonelt forsvarlig vis.

6.4 Flerperiodisk porteføljeoptimering

Det dreier seg her om planleggingsproblem som i utgangspunktet er knyttet til det totale, overordnete systemnivået. Det er gitt et antall tilgjengelige enkeltprosjekt som i denne sammenheng antas i utgangspunktet å være LCP-tilpasset så langt det er aktuelt og mulig. Ulike alternative konsept eller rammer for de enkelte prosjektene, inngår i mengden av mulige prosjekt i form av alternativ som utelukker hverandre gjensidig. Det kan opptre andre ulike former for avhengighet mellom prosjektene i mengden, for eksempel krav til rekkefølge eller krav om at visse prosjekt bare kan realiseres i kombinasjon med andre prosjekt.

Problemstillingen består i å bestemme et best mulig program for den totale prosjektvirksomheten over tid. Når problemstillingen er flerperiodisk, kan en definere dette som et LCP-problem.

Løsning av slike problem er ikke enkelt. I tillegg til de teknisk betonte krav som er nevnt ovenfor, kan det være aktuelt å innføre krav til løsningene som angår øvre grenser for kapitalbehov og tilgang på andre knappe ressurser som for eksempel planleggingskapasitet. Dersom det også ønskes innebygget hensyn til risiko og usikkerhet på porteføljenivå, økes kompleksiteten vesentlig.

Grunnen til at denne typen problemstilling nevnes her er todelt: Dels problemstillingens viktighet og dels det forhold at en ved Institutt for økonomi har lang erfaring med modellering av beslutningsstøtte for denne type prosjektvalgsproblem over tid og under hensyn til ulike krav til gode løsninger.

6.5 Strategiske satsingsprosjekt

Under dette punktet vises det også til en klasse av LCP-problemer som hører hjemme på totalt systemnivå. Eksempelvis kan det angis følgende tilgrensende kategorier:

a) Utvikling av nye forretningsområder: Aktuelle eksempler kan være: Prosjekt som angår utvikling av nye markeder. Satsing på omfattende nytt logistikksystem for distribusjon (olje og gass for eksempel). Bedriftssamarbeid/"partnering". Kjøp og/eller salg av lisenser-/produksjonsrettigheter, mv.

b) Forsknings- og utviklingsprosjekt: Her tenkes det primært på utvikling av ny teknologi der utfallene er usikre, hvor ulike opsjoner kan opptre over tid og hvor ulike tilpasningsmuligheter og varierte fleksibilitetsforhold opptrer.

Flere elementer fra Forsvarets CMT-problematikk kan grupperes inn under disse to punktene.

De problemkategoriene som det er vist til her har klare LCP-trekk. Eksempelvis opptrer det i tilknytning til b) viktige spørsmål om hvor bredt en skal satse og hvordan en avskalling av mulige prosjekt bør foretas. Det er vanskelig å ta stilling til hvor langt et utviklingsprosjekt skal føres før det eventuelt bør

stoppes etc.. Slike beslutningsproblem må analyseres i lys av de mulige utfall en kan se for seg, de tilpasninger som synes mulige over tid og den grad av usikkerhet som en er beredt til å utsette seg for.

Problemstillingene som det vises til under dette punktet (og til dels punkt 6.4), skiller seg vesentlig ut fra andre prosjekt som angår utstyrsanskaffelser, feltutbygginger etc.. Dette krever at det utvikles beslutningsstøtte av en annen art enn det ellers legges til rette for i LCP-sammenheng. En grunn til at denne problemkategorien nevnes her er den store grad av usikkerhet og de mangelfulle muligheter for kvantitative analyser. Ved Institutt for økonomi har en stipendiatarbeid gående som angår bruk av IT-verktøy for utvikling av tjenlig beslutningsstøtte i slike sammenhenger. Det er dessuten utført flere studentarbeid som angår beslutningsstøtte for analyse av forskningsprosjekt og -porteføljer.

6.6 Avslutning og anbefaling

Det er ovenfor vist til en rekke viktige problemstillinger som reiser behov for prosjektanalyser på totalt systemnivå. Noen av disse problemstillingene kan avvises fordi det er kunstig å oppfatte dem som LCP-problem. Noen kan avvises fordi de ikke synes å reise behov for utvikling av spesielt tilpassete former for beslutningsstøtte. Det vil dels dreie seg om avklaring av prinsipper som må danne grunnlag for, eller input til, ordinære LCP-modeller på konseptnivå. Dels vil det dreie seg om avhengigheter som opptrer mellom prosjekt uten at det må innføres noe nytt LCP-analysenivå.

LCP-problematikken kan gjøres svær vidtfavnende, og en avgrensing og prioritering må finne sted. I den sammenheng tar vi også hensyn til at LCP-analyser på selskapsnivå ikke har vært sterkt fremme i samtalene med de aktuelle interessentene i LCP-prosjektet.

Som grunnlag for en prioritering på selskapsnivå vil vi anbefale at en ser nærmere på behov for å ta opp problemstillinger som angår punkt 6.5 Strategiske satsingsprosjekt og dernest punkt 6.4 Flerperiodisk porteføljeoptimering.

Spørsmål angående risiko og usikkerhet, samt flermålsplanlegging, er vurdert spesielt i avsnitt 7.1 og 7.3.

7 GJENNOMGÅENDE PROBLEMSTILLINGER

7.1 Risikoaggregering

7.1.1 Problembeskrivelse

I alle prosjekt bestående av flere usikre faktorer vil det være behov for å vurdere den samlete risikoen for prosjektet totalt gjennom en risikoaggregering. Formålet kan være utvidelse av beslutningsunderlaget for et gitt alternativ, men er vel i like stor grad å vurdere om risikoreduserende tiltak bør settes inn og hvor disse vil ha størst effekt. De to målene er ikke motstridende, og vil vanligvis representere ulike trinn i beslutningsprosessen. Vurdering av risikoreduksjon vil i tråd med dette ofte være gjennomført før endelig beslutningsunderlag fremlegges. Risikoaggregeringen bidrar dermed til den overordnete målsetningen om en bedret lønnsomhetsanalyse for prosjektet.

Risiko/usikkerhet kan knytte seg til flere områder, og prosjektets særtrekk er ofte avgjørende for hvor fremtredende en risikotype er fremfor en annen. Vi ser for oss 4 hovedområder for risiko/usikkerhet:

1) Markedsforhold (pris, etterspørsel)

2) Kostnader ved utbygging (design, engineering, investering)

3) Driftstilgjengelighet (drift, vedlikehold)

4) Ulykkesrisiko

Ved aggregering av risiko må man forholde seg til alle disse 4 områdene, som hver for seg stiller ulike krav til metodevalg og angrepsvinkel.

Risikoaggregering kan tenkes gjennomført på flere nivå i et prosjekt, hvor aggregat fra lavere nivå inngår som inngangsdata for risikoaggregering på høyere nivå. Aggregatet for totalprosjektet fremkommer dermed gjennom en hierarkisk oppbygging, hvor detaljering og nivåinndeling kan tilpasses hvert enkelt prosjekt. Verdien av det arbeid som legges ned i aggregeringen, avhenger av i hvilken grad man fanger opp de sentrale og gjennomgående usikre faktorene. Disse kjennetegnes gjerne ved at de i stor grad er bestemmende for den samlete risiko (enten direkte, eller via samvariasjon med andre parametre), og er således avgjørende for risikovurderingen basert på aggregerte størrelser. (Med gjennomgående mener vi faktorer som finnes i alle faser og stadier av et prosjekt.)

7.1.2 Problemstilling

To hovedproblemstillinger står sentralt innenfor området risikoaggregering. Det ene er hvordan man sikrer at beslutninger tatt på underliggende nivå er konsistente i forhold til målsetning vedrørende overordnet risiko for prosjektet og/eller selskapet. Det andre er hvordan usikkerhet på avgrensede

delområder (f.eks. delprosjekt) kan håndteres, slik at aggregerte størrelser gir et riktig bilde av den totale risikoprofil.

I prosjekt vil beslutninger i de aller fleste tilfeller bli delegert til flere personer, både horisontalt og vertikalt i organisasjonen. Beslutninger og valg som tas av beslutningstakere på forskjellige nivå vil først og fremst påvirke det aktuelle delprosjektets risikoprofil og -eksponering, og det er ikke urimelig å anta at denne (avgrensete) risikoen søkes redusert. Som en del av et større prosjekt vil imidlertid de valg som tas innenfor adskilte arbeidsoppgaver også influere på aggregert risiko gjennom koblinger og avhengigheter mot andre delprosjekt. Overordnet målsetning blir dermed å sikre at beslutninger tatt på forskjellige nivå innenfor prosjektet bidrar i riktig retning til den totale risiko.

Vi ønsker med andre ord at beslutningskriteriet som ligger til grunn på underliggende nivå gjenspeiler valgets betydning for det totale risikobildet, og at beslutningen derigjennom blir konsistent med overordnet ønske om nyttemaksimering. Oppnås ikke dette, risikerer man at en gjennomføring av et delprosjekt kan være optimal ut i fra en separat vurdering, men utilfredsstillende sett i et totalperspektiv.

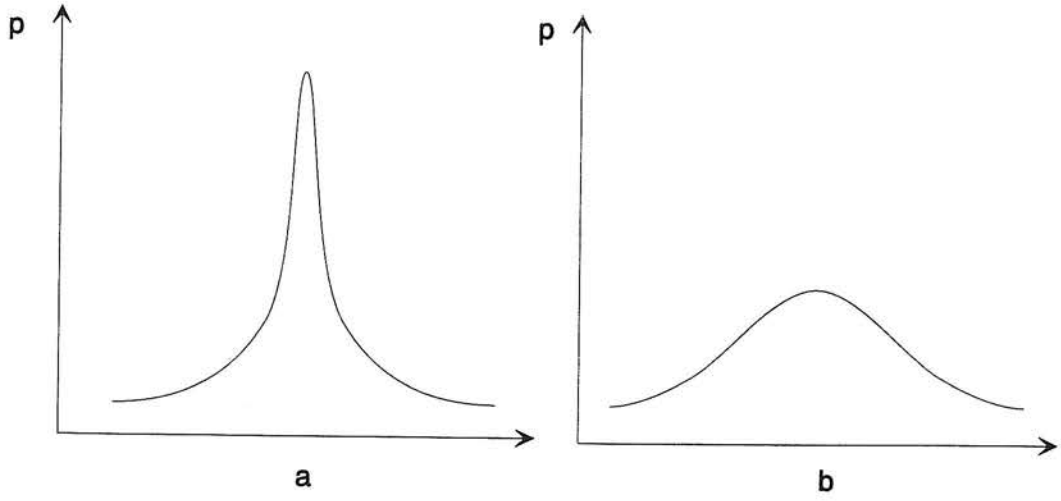
Denne problemstillingen har klare paralleller til såkalt prinsipal/agent-teori, som er et mye diskutert område innen økonomisk litteratur. Problemet er også her hvordan man sikrer at agentens (f.eks. en delprosjektleders) handlinger og beslutningsmønster er i tråd med prinsipalens (f.eks. hovedprosjekt-leders) mål og ønsker. Selv om ikke motivene bak beslutningene behøver å være de samme når det er snakk om risikobidrag fra delprosjekt, vil prinsipal/agent-teori kunne gi nyttige bidrag til den ovenfor skisserte problemstillingen.

Det andre hovedområdet knytter seg til hvordan man på en forsvarlig og fornuftig måte får tatt vare på risiko innenfor delprosjekt når disse aggregeres opp til totalprosjektnivå. Problemet man står overfor kan beskrives som en aggregering over 3 plan, representert ved:

- Aggregering over risikoområder (pkt. 1) - 4) i avsnitt 7.1.1)
- Aggregering over beslutningstakere
- Aggregering over systemnivå (totalprosjekt, delprosjekt etc.)

I tilknytning til aggregering over systemnivå ligger også implisitt behovet for aggregering over tid.

Et generelt problem synes å være at beregnet usikkerhet på totalnivå blir for liten i forhold til hva underliggende risiko skulle tilsi, m.a.o. at risikoprofilen blir feilaktig gjennom aggregeringen. Prinsipielt kan dette illustreres som vist i figur 7.1 nedenfor, hvor a) angir beregnet risikoprofil, mens b) skisserer reell profil.



FIGUR 7.1 Beregnet vs. reell aggregert sannsynlighetsfordeling

Årsaken til at aggregert risiko er utilstrekkelig kan relateres til flere områder, herav

- Mangelfull identifisering og spesifisering av samvariasjon mellom usikre størrelser
- Feil i risikovurdering av underliggende usikre størrelser
- Liten fokusering på sentrale faktorer av stor betydning for total risiko

Kartlegging og bestemmelse av samvariasjon (kovarians) mellom usikre størrelser vil normalt være en stor utfordring, hvor graden av suksess er direkte avhengig av det erfaringsmateriale som kan legges til grunn for analysen. Spesielt samvariasjonens størrelse kan være vanskelig å estimere. Bruk av ekspertvurderinger/subjektive sannsynligheter vil derfor stå sentralt i de fleste tilfeller. Dette gjelder også hvis årsaken ligger i feilaktige sannsynlighetsfordelinger for de underliggende parametrene, og hvor strukturert gjennomgang og bruk av prosedyrer kan bidra til en riktigere fordelingsfunksjon. Blant deltakerbedriftene ble sistnevnte trukket frem som et reelt problem, ved at anslått variasjonsintervall rundt basisestimat i mange tilfeller ble satt alt for snevert.

Behov for å fokusere på sentrale faktorer av stor betydning for den aggregerte risiko begrunnes ut fra at det nødvendigvis må foretas et valg av hvilke parametre som skal modelleres som usikre, og at det dermed er viktig å inkludere de mest sentrale. Slike faktorer kan enten ha stor usikkerhet i seg selv, eller de er av en slik art at de påvirker andre variable i vesentlig grad.

7.1.3 Angrepsvinkel

Målsetningen for beslutningsstøtte knyttet til risikoaggregering vil altså være å sikre at beslutningstaker på underliggende nivå tar konsistente valg basert på korrekte sannsynlighetsfordelinger, og at resulterende usikkerhet aggregeres på en forsvarlig måte.

For å oppnå denne målsetningen kreves både prosedyrer for å etablere inngangsdata og kvalitetssikring av disse, samt teorigrunnlag og metoder for selve analysen. Det finnes eksempler på flere metoder relatert til de tidligere skisserte hovedområdene for risiko/usikkerhet, og ulike typer risiko kan fordre ulike angrepsmåter. Eksempelvis kan dette være:

- Markedsrisiko. Bruk av kapitalmarkedsteori, f.eks. CAPM, APT, opsjoner. (All annen risiko anses som ikke relevant.)

- Utbyggingsrisiko. Simuleringsstudier basert på erfaringsdata (f.eks. Monte Carlo - simulering).

- Driftstilgjengelighet. Feiltre, pålitelighetsnettverk. Mer avanserte modeller kan også her gjøre bruk av simuleringer tilsvarende som for utbyggingsrisiko.

- Ulykkesrisiko. Feiltre, hendelsestre.

Et viktig moment vil være å utvikle en metodikk som blir praktisk håndterbar. Det må legges vekt på modeller som etablerer og fokuserer viktige sammenhenger, og som samtidig bevisstgjør brukeren. Kravene til data må dessuten være beskjedne.

Utarbeidelse av beslutningsstøtte bør med utgangspunkt i hva som er sagt tidligere ta hensyn til og sikre at følgende moment er tilfredsstillende behandlet:

- Inngangsdata må forbedres slik at sannsynlighetsfordelinger for underliggende usikre størrelser ikke feilestimerer risiko.

- Sentrale usikre faktorer må kartlegges og estimeres slik at andre faktorers avhengighet med disse blir ivaretatt på en fornuftig måte.

- Fremgangsmåte og teori for aggregering
  - hvilken type risiko skal aggregeres?
  - hva er relevant risiko i denne sammenhengen?[11]

- Nivåinndeling og periodisering må vurderes ut fra datatilgang, kvalitet på denne og prosjektets egenart.

[11] Vurdering av relevant risiko ligger isolert sett utenfor selve aggregeringsspørsmålet, men vil legge føringer på hvilken risiko som skal inngå i aggregatet.

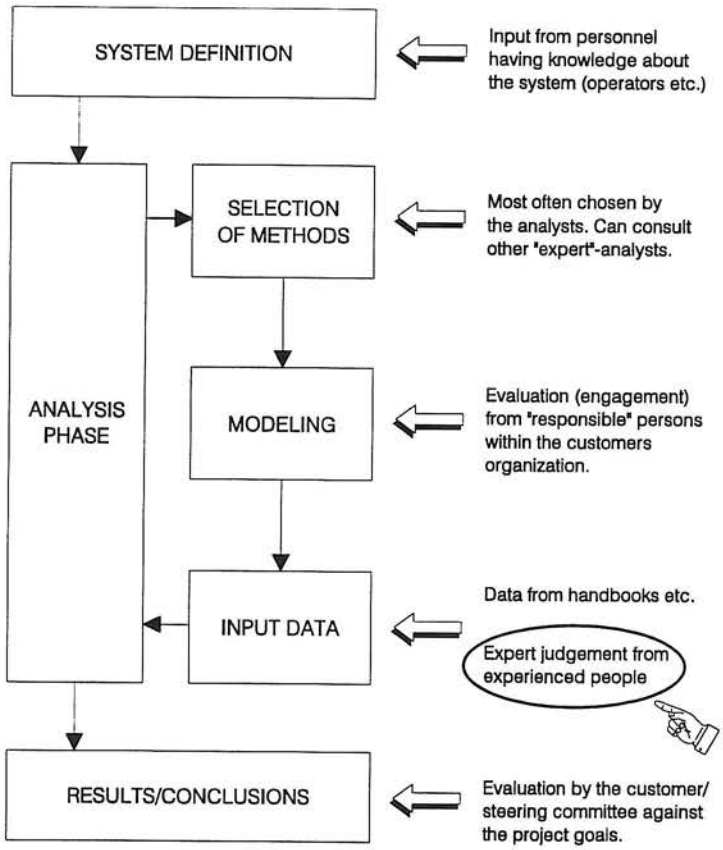
7.2 Subjektive vurderinger (ekspertvurderinger)

7.2.1 Behov for subjektive vurderinger i LCP-analyser

En av årsakene til at LCC/LCP-analyser er blitt lite anvendt, er problemene med å fremskaffe pålitelige inngangsdata. Dette gjelder spesielt i tidlig prosjektfase, og dersom det benyttes ny og uprøvd teknologi.

Ved mangel på pålitelige empiriske data er subjektive vurderinger et alternativ dersom de håndteres "fornuftig". "Ekspertvurderinger" (Expert Judgements/ Expert Opinions) er en strukturert måte å håndtere subjektive vurderinger på.

I realiteten inngår ekspertvurderinger i hele modelleringsprosessen, se figur 7.2. Her vil vi imidlertid begrense oss til å se på bruk av ekspertvurderinger for å anslå verdien av og/eller usikkerheten i inngangsparametre til analysen.



FIGUR 7.2 Ekspertvurderinger av inngangsdata i relasjon til annen informasjon som er nødvendig i en analyse

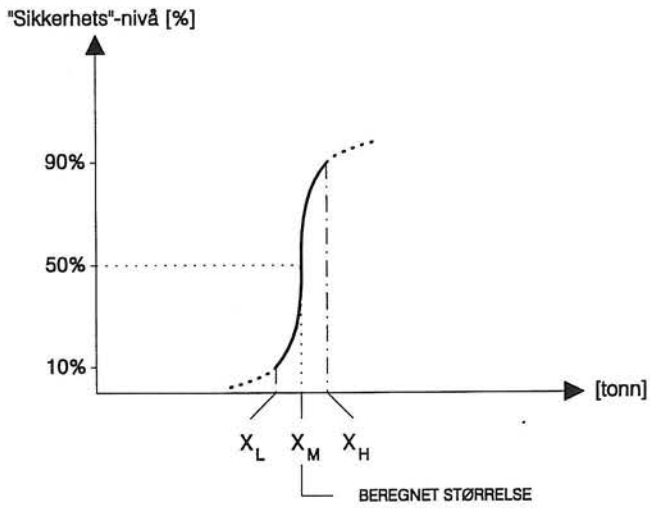
7.2.2 Anvendelse av ekspertvurderinger i LCP-sammenheng

Prosjekteringsfasen

Ekspertvurderinger antas å være spesielt viktig i prosjekteringsfasen når tilgangen på erfaringsdata er minst. Følgende eksempler på parametre/vurderinger kan være nødvendige i fremskaffelsen av LCP-faktorer (spesielt vedlikeholds- og utilgjengelighetskostnader):

- Estimering av feilrate eller MTTF (Mean Time To Failure) for ulike komponenter/utstyr der erfaringsdata ikke foreligger
- Oppsplitting av feilrater i ulike feilmoder/feilkategorier
- Modifisering av "generiske" felt-data (f.eks. for MTTF) for å oppnå "prosjekt-spesifikke" data
- Anslag for usikkerhet i beregnede størrelser (vekt av moduler etc.)
- Anslag for inntekts- og kostnadsstrømmer
- Vurderinger knyttet til ikke-økonomiske parametre (miljø, sikkerhet etc.)
- Koblinger og avhengigheter mot andre enheter/system

Behovet for vurderinger av usikkerhet i beregnede størrelser ble bl.a. fremhevet av Saga Petroleum, og kan illustreres som vist i figur 7.3.



FIGUR 7.3 Subjektiv vurdering av usikkerhet i en beregnet verdi

I figuren er X_M en beregnet størrelse, mens X_L og X_H er subjektive vurderinger av usikkerheten i den beregnede verdien. X_H-X_L utgjør et 80% konfidensintervall for den beregnede størrelsen X_M.

Figuren illustrerer at den subjektive vurderingen av konfidensintervallet kan være en undervurdering av den reelle usikkerheten (bratt S-kurve). "Eksperten" er det vi kaller overkonfident. Bruk av ekspertvurderings-metodikk vil bl.a. ha som mål i størst mulig grad å forhindre at motivbasert påvirkning (og annen påvirkning/"bias") i subjektive vurderinger fører til "ikke-objektivitet". En fremgangsmåte er bruk av kontrollspørsmål og korrelering i forhold til besvarelsen av disse.

Driftsfasen

Under driftsfasen begynner en å få tilgang på reelle data, og disse kan brukes til å oppdatere de opprinnelige ekspertvurderinger (og generiske data). Bayes-teorien gir en strukturert metodikk for å gjennomføre en slik oppdatering. Ekspertvurderinger kommer her inn ved:

- Vurdering av effekt av endringer som gjennomføres, f.eks. sikkerhetstiltak
- Oppdatering av parametre/vurderinger gjort i prosjekteringsfasen

Generelt, både under prosjekteringsfasen og driftsfasen, vil det å kombinere felt-data og ekspertvurderinger være en sentral oppgave for å framskaffe inngangsdata. Spesielt av denne grunn anbefaler vi å benytte et Bayesiansk rammeverk når inngangsdata oppgis. Dette betyr at en hele tiden opererer med en sannsynlighetsfordeling for parametrene, og dermed også automatisk får et mål på usikkerheten i disse.

7.2.3 Målet med bruk av ekspertvurderinger

I dag gjennomføres slike ekspertvurderinger ofte som en meget uformell "engineering judgement", der svært lite av prosessen dokumenteres. For at resultatene skal ha troverdighet må det stilles krav både til selve *prosessen* og til *metoden* for utspørring og beregning. Det finnes en omfattende litteratur om disse spørsmål. Det er vesentlig å ha en strukturert og veldefinert prosess/metode for å unngå beskyldninger om subjektivitet. Samtidig bør metoden ha en viss fleksibilitet for å sikre at ekspertene får anledning til å komme fram med all reell viten de sitter inne med.

SINTEF arbeider konkret med disse problemstillinger, og har kommet fram til anbefalinger for en metodikk som gir balanse mellom streng formalisme og fleksibilitet, (Øien (1994), Hokstad & Øien (1994a), Hokstad & Øien (1994b)). Det overordnete mål er å få så mye relevant viten ut av eksperten som mulig, og et grunnleggende krav er at alle trinn i prosessen er grundig dokumentert.

7.2.4 Fremgangsmåte ved bruk av ekspertvurderinger

Bruk av ekspertvurderinger er en prosess som kan inndeles i følgende trinn:

- Forberedelse (hva vi trenger ekspertvurderinger til, utvelging av eksperter, planlegge utspørring)
- Utspørring av ekspertene ("elicitation")
- Beregning av estimater basert på ekspertvurderingene ("aggregation")

Selve utspørringen bør starte med en kartlegging av ekspertens kompetanseprofil. Dette bestemmer hvilke spørsmål han skal besvare, og kan også ha innvirkning på selve modelleringen. Det har ingen hensikt å modellere ned til et nivå der det realistisk sett er umulig å skaffe inngangsdata.

Når det gjelder beregningsmodell har en valget mellom en del hovedtyper: "klassisk" (ren veiing), Bayesiansk (kombinering av eksperter og data) og "parvis sammenlikning". Den siste brukes hvis eksperten har problemer med å gi eksakte kvantifiseringer av de ønskede størrelser, men er i stand til å rangere dem. Valget mellom disse avgjøres av problemets natur, tilgangen på data og ekspertenes kompetanse.

Selve beregningsmodellen (aggregeringen) vil oftest være basert på en *kalibrering* og *veiing* av ekspertuttalelsene. Dette forutsetter at en har tilgjengelig en del kontroll-spørsmål ("seed"-variable) som brukes på ekspertene før den egentlige utspørring starter. Disse brukes til å avgjøre om eksperten er "biased", om han har en tendens til over/underestimering, utvidelse/sammentrekning av skalaen, osv. Dette gir grunnlag for en kalibrering. Godheten av kalibrerte verdier gir grunnlag for veiing av de enkelte ekspertuttalelser.

SINTEF arbeider for tiden med utvikling av slike metoder, og vi ser en stor synergieffekt ved tilpassing av disse til de konkrete problemstillinger som vil oppstå i de ulike LCP-analyser.

7.3 Flermålsplanlegging innen LCP-analyser

7.3.1 Problembeskrivelse

Med flermålsplanlegging (FMP) forstår vi planlegging i forhold til to eller flere mål som ikke kan sammenregnes i et økonomisk uttrykk. Dermed oppstår det behov for å gjennomføre nyttevurderinger for avveining mellom de ulike målene. Slike avveiningsproblem kan forekomme i situasjoner der det opptrer flere kontraktsparter med krav og ønsker som står i strid med hverandre. Vi skal ikke gå inn på slike problemvarianter, men ta for oss FMP i forhold til en gitt beslutningstaker eller organisasjon.

FMP-problematikken finnes igjen på alle nivåer i LCP-analysen; så vel på prosjekt- eller konseptnivå som på materiellnivå/detaljert nivå. I praksis kan en finne at flermålsproblematikk blir ivaretatt ved at

det er definert akseptnivåer som en må kunne leve opp til i ulike målmessige henseende. Eksempelvis vil det kunne være spesifisert bestemte krav til sikkerhet eller kritikalitet. Ethvert akseptabelt beslutningsalternativ må kunne fylle de angitte krav. Dette gjør flermålsproblematikken enkel å håndtere for beslutningstakeren. Imidlertid vil det ikke alltid være enkelt å ta stilling til hvor nivåene for de ulike målhensyn skal legges, for at de tilsammen skal utgjøre et vel balansert sett av delmål. Det er problematikk i den sammenheng som vi nå tar opp.

Beslutningsstøtte for FMP er i seg selv ikke et generisk LCP-problem. Det kan imidlertid ikke avvises her av den grunn. I enhver LCP-analyse hvor det opptrer to eller flere motstridende mål, må det være mulig å finne løsninger på viktige avveiningsproblem.

De aktuelle FMP-problemene kan opptre i ulike sammenhenger og vil kunne stille ulike krav til løsningsmetoder. Vi skal nedenfor først vise til noen problemvarianter som synes viktige og utbredte for dernest å kommentere ulike metodemessige tilnærminger.

7.3.2 Problemstillinger

Vi behandler FMP-problematikk som opptrer når det skal treffes valg mellom ulike beslutningsalternativ. Til dels vil det dreie seg om valg mellom diskrete alternativ og til dels om kontinuerlig tilpasning. I førstnevnte tilfelle vil det typisk dreie seg om valg mellom alternative utbyggingskonsepter eller materiellsystemer. I det andre tilfellet vil beslutningene for eksempel angå ulike blandingsproblem eller kombinasjonsløsninger av kontinuerlig art.

De krav som stilles til beslutningsstøtten, vil kunne være nokså forskjellige for de to problemkategoriene. Vi antar at beslutningsstøtte for valg mellom diskrete alternativ er mest aktuelt. Problemstillingene vil forøvrig være karakterisert ved at det foreligger et gitt antall typer av aktuelle krav til løsningene. Disse omtales gjerne som kriterier. Eksempel på slike kriterier ble nevnt i forbindelse med LCP-analysen på selskapsnivå: Personellsikkerhet, miljøhensyn, sysselsetting, image, etikk etc. For hvert diskret beslutningsalternativ antas det å være mulig å måle objektivt (fortrinnsvis kvantitativt) i hvilken grad de ulike kriteriene blir tilgodesett. Ved kontinuerlig tilpasning, som i typiske blandeproblem, vil det være angitt krav til blandingens egenskaper. Det skal foreligge opplysning om hvilke ingredienser som står til disposisjon for produksjon av blandingen, samt i hvilken grad hver ingrediens kan bidra til oppfyllelse av kriteriene på en god blanding.

Eksempler på aktuelle, konkrete problemstillinger vil kunne være svært forskjellige innen så vel sivil som militær sammenheng. Fra industrisektoren kan nærliggende eksempler være følgende:

- Valg mellom konsept for utbygging av offshore produksjonskapasitet. De aktuelle, alternative konseptene har ulike egenskaper med hensyn til personsikkerhet, grad av forurensende utslipp, fare for naturødeleggende ulykker mv.. Dette i tillegg til forskjeller med hensyn til kostnader og inntjening i LCP-sammenheng.

- Valg av lokalisering for produksjonsanlegg på land. I tillegg til slike hensyn som allerede er nevnt, kan det melde seg ulike hensyn som det er vanskelig å sammenregne til et felles økonomisk uttrykk: nærhet til marked eller naturressurser, tilgang på kvalifisert arbeidskraft, trafikk- og boligforhold mv.. Vurderingene av disse kriteriene må kombineres med den økonomiske LCP-analysen.

- Spørsmål som i mange sammenhenger melder seg angående avveining mellom risikonivå og kostnad. En kan omtale det som problem ved estimering av risikopremier.

Spørsmål om økonomisk vurdering av menneskers liv og helse har vært livlig diskutert i økonomisk litteratur fra lang tid tilbake. Noen, men ikke alle, vil i praksis ta avstand fra en økonomisk tilnærming til planlegging på dette område. Tilhengerne vil hevde at sikkerhet koster og at det like godt kan gjøres eksplisitt hvilke priser som ligger implisitt i beslutningene siden full sikkerhet normalt ikke er oppnåelig. Vi mener det kan være nyttig å gjøre verdivalgene eksplisitte, selv om det ikke alltid bør gjøres bruk av økonomiske verdimål. FMP skal være til støtte ved slike verdiladete avveininger som en ikke kommer utenom.

I tilknytning til forsvarsproblematikk vil det kunne opptre mange av de samme eksemplene på FMP som nevnt ovenfor. Ut over dette kan det vises til karakteristiske problemvarianter av følgende art:

- Systemvalg på strategisk nivå. Det tenkes her på avveining mellom overordnede "veivalg" der de aktuelle alternativene er svært forskjellige med hensyn til aktuelle militærstrategiske kriterier.

- Valg mellom materiellsystemer der det opptrer hensyn til spesifikke kriterier som for eksempel:

  - Funksjonsdyktighet under normale betingelser
  - Robusthet/sårbarhet/tilgjengelighet
  - Vekt, volum, mobilitet etc.
  - Varighet, vedlikeholdsbehov, teknisk foreldelse
  - Krav til kompetanse
  - Investeringsbehov og vedlikeholdskostnader

Flere elementer fra Forsvarets CMT-problematikk kan grupperes under disse punktene.

Det skulle fremgå av det ovenstående at det vil være en vesentlig hindring for seriøs LCP-analyse ikke å kunne gjennomføre vel overveide balanseringer av slike hensyn som det her er vist eksempler på.

7.3.3 Metoder

Avveining mellom motstridende målmessige hensyn innebærer essensielt sett subjektive vurderinger. De metoder som utvikles, må i første rekke vurderes ut ifra deres egenskaper når det gjelder å få fram

de subjektive preferansene og vurderingene på en konsistent måte og slik at det kan gi best mulig støtte for beslutningene. De metoder som finnes omtalt i faglitteraturen, omtales gjerne som Multiple Criteria Decision Making (MCDM). Siden det her ikke er snakk om metoder som fører fram til en beslutning, men bare et *grunnlag* for beslutning, foretrekker noen betegnelsen MCDA: Multiple Criteria Decision Aid.

Det foreligger et stort utvalg av mulige metodemessige tilnærminger. Det er på sin plass først å vise til tradisjonelle, enkle kostnads/nytte-analyser og kostnads/effektivitets-analyser. Til dels vil det i disse metodene bli tatt hensyn til usikkerhet og til dels ikke. Disse metodene lider av den fundamentale svakhet, at de ikke gir noe svar på hvordan en kan finne fram til et samlet nyttemål i situasjoner med motstridende ikke-økonomisk målbare kriterier. Vi må derfor forkaste disse tilnærmingene.

Fra økonomisk teori og beslutningsanalyse har en kjennskap til dominanskriteriet og såkalt "Pareto-optimalisering". Dette er en primitiv tilnærming som går ut på å finne alternativ som på objektivt grunnlag kan forkastes fordi de domineres av andre alternativ. Et alternativ er dominert av et annet dersom sistnevnte er bedre med hensyn til minst ett kriterium og like godt med hensyn til alle de andre aktuelle kriteriene. Styrken ved denne typen beslutningsstøtte er at en unngår å gjennomføre verdivalg. Svakheten er åpenbart at angrepsmåten normalt bare fører til en avskalling av uinteressante alternativ og gir ikke støtte for valg av en endelig løsning.

En mulig inndeling av de interessante metodene for FMP er som følger:

a) Multi Attribute Utility Theory (MAUT). Dette er en mangfoldig gruppe av metoder som har det til felles at de tar sikte på å aggregere de ulike delmål til ett felles nyttemål. Denne målfunksjonen/nyttefunksjonen søkes maksimert ved de beslutninger som skal treffes. Målprogrammering (Goal Programming) hører hjemme i denne kategorien. Den er basert på bruk av en lineær programmeringsmodell, og tar sikte på å minimere avvikene i forhold til ønskete nivåer på de spesifiserte kriteriene. Metoden er særlig egnet til bruk i forbindelse med blandeproblemer. The Analytic Hierarchy Process (AHP) er brukt i mange typer av FMP. Det legges vekt på at beslutningstakeren skal bli hjulpet til å uttrykke sine preferanser gjennom en parvis sammenlikning av alternativ i forhold til hvert enkelt kriterium. I utgangspunktet må det være mulig å ordne kriteriene i et mål-middel hierarki. Begge de nå nevnte tilnærmingene forutsetter preferansemessig uavhengighet mellom kriteriene. I tillegg til disse to finnes det en rekke MAUT-metoder som er noe mindre rigorøse og som til dels åpner muligheter for innføring av preferansemessig avhengighet mellom kriteriene.

b) Outranking Methods: De metodene som inngår i kategori a) kan kritiseres for å være for ambisiøse og for subjektive i sin tilnærming. Det er således blitt hevdet at metodene går lenger enn det er grunnlag for i retning av å gjøre evalueringen av de ulike målkomponentene tilsynelatende eksakt og kvantitativ. På den annen side er det grunn til å hevde at det før nevnte dominanskriteriet nok kan sies å være "objektivt", men at det gir for dårlig støtte for utvelgelse av det beste beslutningsalternativet. På denne bakgrunn søker metodene i kategori b) å innta en mellomstilling. Det søkes etablert en "outranking-funksjon" ved at det tas hensyn til beslutningstakerens sterkest befestete preferanser sett i forhold til den informasjon som er

tilgjengelig i den konkrete valgsituasjonen. Dermed vil en unngå å gå lenger enn høyst nødvendig i retning av å utøve detaljerte rangeringer. Den funksjonen som blir etablert legges til grunn for optimalisering. En klassisk metode i denne kategorien betegnes ELECTRE og forekommer i flere varianter.

c) Interaktive metoder: I forbindelse med mange flermålsproblemer er det typisk at beslutningstakeren i utgangspunktet vanskelig kan angi hvor stor vekt som bør tillegges de ulike innbyrdes motstridende delmål eller kriterier. Det vil da være til hjelp for beslutningstakeren å kunne få et inntrykk av hvor sterkt en valgt prioritering av enkelte delmål slår ut med hensyn til hva det er mulig å oppnå i forhold til andre delmål. De interaktive metodene er utformet med sikte på å hjelpe beslutningstakeren i slike situasjoner ved å legge til rette for et trinnvis samspill mellom beslutningstakeren og beslutnings-støttemodellen. En slik tilnærming kan kombineres med de fleste av de ovenfor nevnte metodene. Det er dessuten utviklet metoder som er særskilt tilpasset en interaktiv prosess. En klassisk metode på området betegnes Step Method (STEM). Enkelte former for følsomhetsanalyser kan også sies å høre hjemme i denne kategorien.

Denne brede oversikten skal vise at det foreligger et stort utvalg av metodemessige tilnærminger til FMP. Utfordringen består i å tilpasse angrepsmåter som passer best mulig til aktuelle problemstillinger og til beslutningstakernes og organisasjonenes egenart.

7.3.4 Avslutning og anbefaling

Vårt inntrykk fra samtaler med interessentene i LCP-prosjektet er at FMP representerer en vesentlig utfordring, og at det i svært liten grad er utviklet noe beslutningsstøtteverktøy for formålet. Dette tilsier at det er grunnlag for å prioritere en viss innsats på dette området. Som før sagt er imidlertid flermålsplanlegging ikke et generisk LCP-problem. En bør derfor ta opp arbeid med dette bare som en del av en LCP-problematikk som har mange flere viktige aspekter.

Fremstillingen ovenfor har vist at det foreligger svært mange ulike tilnærminger til FMP, og at det kan være behov for å få oversikt over hvilken type tilnærming som kan være tjenlig i forhold til ulike problemområder og miljøer.

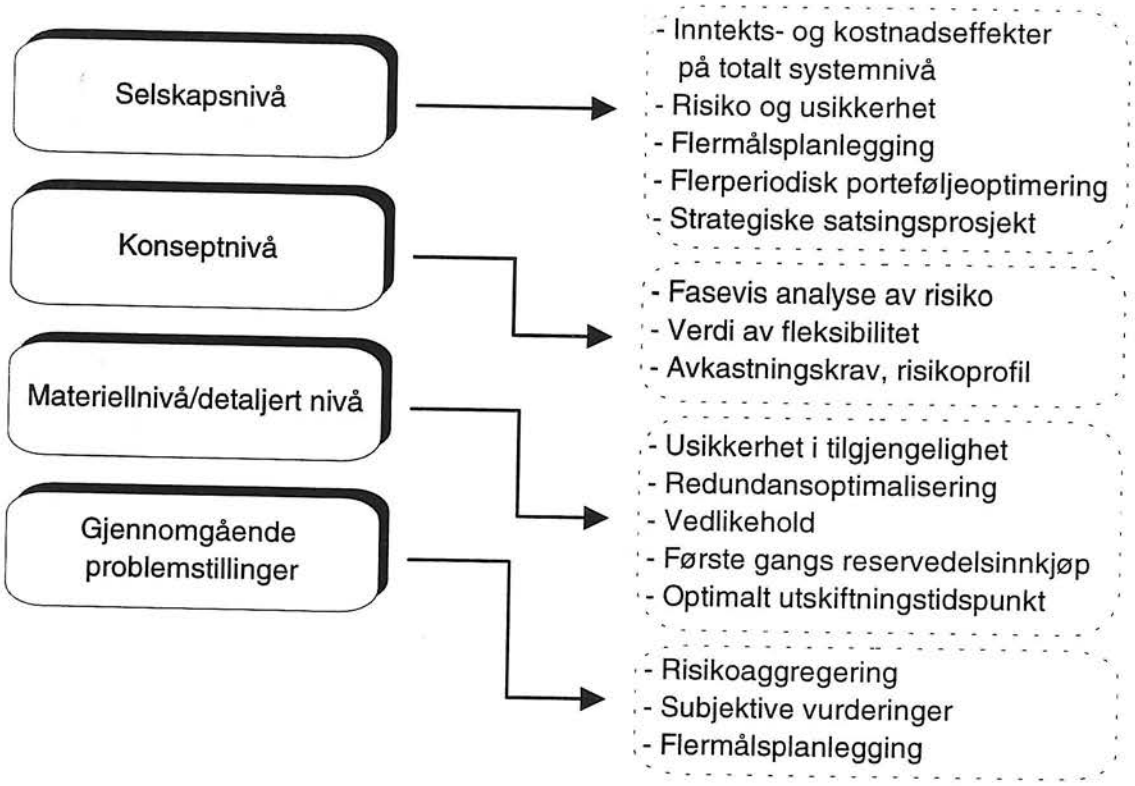
På denne bakgrunn vil vi anbefale at det satses på et delprosjekt angående FMP innenfor et hovedprosjekt på LCP-området.

8 FORSLAG TIL PROSJEKT

8.1 Prioritering av oppgaver

De 4 foregående kapitlene har fokusert på områder innenfor LCP hvor vi ser muligheter for å utarbeide metoder og system for bedret beslutningsstøtte. Potensialet og gevinsten ved å utvikle og implementere verktøy innenfor de identifiserte problemstillingene varierer imidlertid, og en videreføring bør derfor ta utgangspunkt i de tiltak som forventes å gi best nytte. En altomfattende studie innebærer også en ressursinnsats som langt overstiger realistiske rammer for programmet.

Figur 8.1 viser oversikt over de skisserte problemstillingene som er omtalt tidligere, og som gir utgangspunktet for anbefalingen av videre arbeidsoppgaver.



FIGUR 8.1 Identifiserte problemstillinger innenfor ulike analysenivå

Prioriteringen i forhold til de definerte problemstillinger er foretatt med sikte på

- potensiell nytteeffekt for programdeltakerne
- forskningsmessige utfordringer og potensiale

Selskapsnivået kan oppfattes som en portefølje av prosjekter. Målsettinger på dette nivået er overordnet det enkelte prosjekt, og kan representere viktige føringer for styring av enkeltprosjekter. Likevel fremstår selskapsbetraktninger som noe perifert i forhold til prosjektstyring og LCP. Innslaget av strategiske, markedsmessige og finansielle betraktninger blir tyngre, noe som ligger i ytterkanten av de problemstillinger som er fokusert av programdeltakerne i forprosjektfasen.

Det skal også nevnes at portefølje- og selskapsnivået kan fanges opp av et av de andre av de 8 hovedområdene som er utpekt som aktuelle for PS 2000. Selskapsnivået prioriteres derfor ikke i hovedprosjektet. Det skal likevel ikke utelukkes at det overordnete nivå kan fokuseres i forlengelsen av de prioriterte prosjekter.

Konseptnivået representerer et stort potensiale i form av økonomiske gevinster. Det synes også klart at dette nivået rommer forskningsmessige utfordringer og uttalte brukerbehov som forutsetter interessante utvidelser i forhold til tradisjonelle LCC-betraktninger. På dette nivået, slik det er definert i forhold til utbygging av offshore petroleumsfelt, spiller usikkerhet på ulike nivå og i ulike faser en sentral rolle. Dermed bør også de metodemessige utfordringer mht. aggregering av risiko integreres i prosjektet på dette nivå.

Vi anser at NTH/SINTEF har særlige forutsetninger som FoU-miljø for å arbeide med problemstillinger på dette nivået. Konseptnivået anbefales derfor for den tyngste innsatsen, og gis høyeste prioritet.

Materiellnivået, slik det er brakt inn av Forsvaret, ligger nærmest hva som oppfattes som typiske LCC-analyser. Både beslutninger om størrelse og sammensetning av førstegangs reservedels-pakker og utfasing/utskiftingstidspunkt ligger godt innenfor hva LCC-analyser bør ta sikte på å belyse.

Likevel inneholder prosjektene, slik de er presentert av Hæren, utfordrende problemstillinger, ikke minst pga. de ulike situasjonsbestemte krav som stilles til logistikk og materiellets funksjonsnivå.

Vi anser at i begge de konkretiserte problemstillingene bør det være mulig å utvikle løsninger i form av prototyp for beslutningsstøtte, og dermed gi resultater også på relativt kort sikt. Vi vil derfor gi problemstillingene andre prioritet.

Også her skal tilskytes at i forlengelsen av disse prosjektene kan det aktualiseres ytterligere faglige utfordringer, som f.eks. vil innebære flermålsplanlegging.

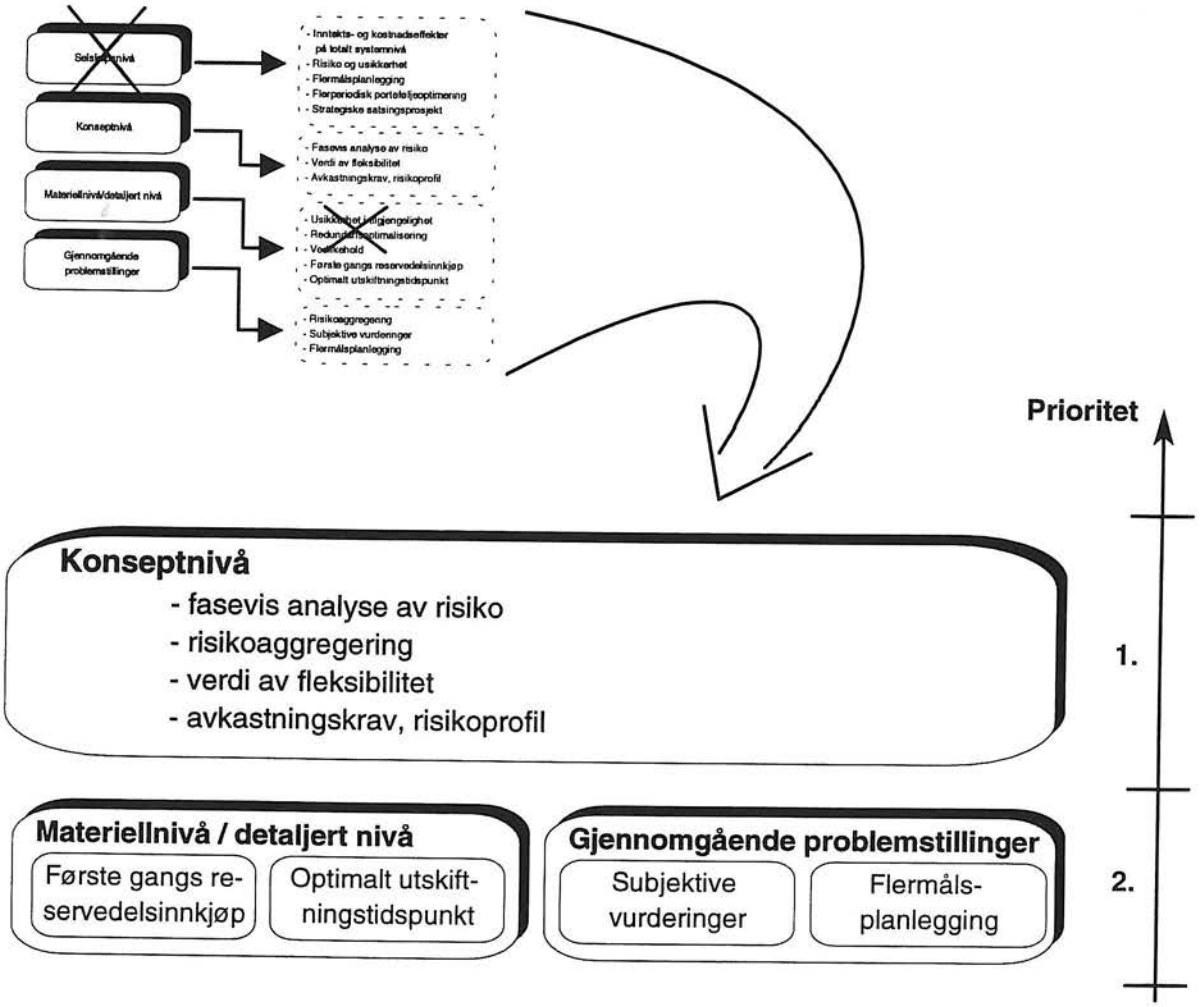
Gjennomgående metodiske problemstillinger

De tre nevnte metodiske problemstillingene er alle til stede på konsept-nivået. Særlig har vi pekt på *risikoaggregering* som særlig sentralt på dette nivået. Også bruk av *subjektive vurderinger* er aktuelt i denne sammenheng, men også i andre hvor en har begrenset empirisk dokumentasjon. For Forsvaret vil, som nevnt over, *flermålsplanlegging* i forbindelse med planlegging og styring av prosjekt ha bred relevans.

Det er derfor aktuelt at også disse metodiske problemstillingene blinkes ut som tema med egen prosjektplan og budsjett, og at eksempler hentes fra de problemorienterte prosjektene basert på ulike case som foreslås her, og eventuelt andre relevante prosjekt under PS-2000.

Prioriterte prosjekt

På denne bakgrunn vil vi foreslå hovedprosjekt som rettes mot utfordringer på konseptnivå, på materiellnivå og dessuten mot to metodiske problemstillinger; subjektive vurderinger og flermålsplanlegging. Prioritering mellom disse er vist i figur 8.2.



FIGUR 8.2 Prioritering av problemstillinger

8.2 Konkretisering av forslag

8.2.1 LCP og usikkerhet ved vurdering av utbyggingskonsept i Nordsjøen

Mål

Det skal utvikles et edb-basert hjelpemiddel for bruk av prosjektgruppen i deres arbeid i konseptfasen av et utbyggingsprosjekt i Nordsjøen fram mot utarbeiding av Plan for utbygging og drift (PUD). Utgangspunktet er foreløpig karakteristikk av reservoaret, samt kjennskap til eksisterende og planlagt infrastruktur.

Verktøyet skal foruten å rapportere nåverdien av prosjektet, også gi innsikt i sannsynlighetsfordelinger for resultatet. Verktøyet skal gi støtte til vurdering av *fleksibilitet*, herunder potensiell verdi av å utsette beslutninger, redundans og annen robusthet i prosjektet, for på den måten å gi støtte til avveining av økonomisk risiko og relevante tiltak.

Ulike beslutningskriterier skal kunne utprøves, som maksimal forventningsverdi og 'maximin', dvs. at det alternativ velges hvor verste mulige utfall er mest akseptabelt.

Verktøyet skal egne seg til følsomhetsanalyser av endrede forutsetninger og utfall.

Resultatet skal foreligge i form av en prototyp, ikke ferdig programvare av kommersiell standard.

Tidsramme og ressursinnsats

Gjennomføringstid settes til 3 år.

Minimum ressursinnsats anslås til 1 årsverk pr. år, tilsammen 3 årsverk.

Det forventes beskjedne direkte kostnader, utover nødvendige innenlandske reiser.

Aktiviteter

Første år:

1) Litteratursøk og søk i databaser, intervju med aktuelle selskap.
Metodegjennomgang.

2) Etablering av referansegruppe, definisjon av referansecase.

3) Strukturering og anvendelse av begrepsapparatet.

4) Etablering av data-underlag.

5) Karakteristikk av risiko og usikkerhet.
Beslutningsstruktur.

6) Utvikling av et skall for et verktøy.

Aktivitet 1 og 2 vil gjennomføres parallelt i måned 1 - 3.
Aktivitet 3 og 4 vil gjennomføres parallelt i måned 4 - 6.
Aktivitet 5 vil gjennomføres i løpet av måned 7 - 9.
Aktivitet 6 vil gjennomføres i løpet av måned 10 - 12.

Annet og tredje år:

Aktivitetene vil bygge på erfaringer fra 1. år. Her skal de enkelte aktiviteter bare i grove trekk antydes.

- Kravspesifikasjon til prototyp
- Matematisk modellering
- Programmering
- Utprøving på et case

8.2.2 LCP og materiellsystemer i Hæren

Mål

i) Utvikle en LCC-analysemetode for utvelgelse av førstegangs reservedelsopplegg, dvs. optimal størrelse (type og antall) av reservedelslageret for en ny materielltype.

ii) Utvikle en LCC-analysemetode for å finne optimalt utskiftnings-/oppgraderingstidspunkt for en materielltype basert på erfaringsdata som fremskaffes etter hvert som materiellets alder nærmer seg den spesifiserte levetiden (evt. 'midlife')

Utviklingen av analysemetodene skal skje i nært samarbeid med Hærens forsyningskommando og koordineres mot deres prosjekt CM/LCC (Configuration Management/Life Cycle Cost).

Resultatet vil være analysemetoder/-metodikk, ikke ferdig programvare eller EDB-verktøy.

Tidsramme og ressursinnsats

Gjennomføringstid settes til 2 år.

Ressursinnsats anslås til 1/2 årsverk pr. år, tilsammen 1 årsverk.

En del direkte kostnader forventes i og med at forskerne må samarbeide tett med Forsvaret og sette seg godt inn i organisasjonen.

Aktiviteter

De 2 problemstillingene "Førstegangs reservedelsanskaffelse" og "Optimalt utskiftingstidspunkt" gjennomføres parallelt, med følgende foreløpige forslag til aktiviteter:

1. Problemforståelse.
   Kartlegging av forholdene omkring problemstillingene
   - Problemdefinisjon
   - Rammebetingelser

2. Etablering av referansegruppe/kontaktpersoner.

3. Fremskaffelse av "state of the art".
   - Litteratursøk og søk i databaser, intervju med aktuelle nøkkelpersomnell
     Metodegjennomgang
   - Kontakt med øvrige prosjektdeltakere i PS-2000

4. Valg av case for begge problemstillingene.

5. Utvikling av metoder/metodikk (foreløpig versjon).

6. Utprøving av metodene på case.

7. Utvikling av endelige versjoner for Hæren.

8. Utvikling av generelle metoder for "alle" prosjektdeltakerne.

8.2.3 Bruk av subjektive vurderinger

Mål

Målet er å utarbeide en metodikk for innhenting og bearbeiding av subjektive vurderinger med spesiell vekt på risiko og usikkerhet. Metodikken skal være praktisk gjennomførbar, og samtidig ivareta grunnleggende krav til teoretisk holdbarhet.

Tidsramme og ressursinnsats

Vi anslår at dette prosjektet kan gjennomføres i løpet av ett år med en ressursinnsats på et halvt årsverk.

Aktiviteter

En aktivitetsplan vil bli knyttet til konkrete case og bli utarbeidet dersom ressursrammen gir rom for dette prosjektet.

8.2.4 Flermålsplanlegging

Mål

Flermålsplanlegging synes særlig relevant for Forsvaret. Målet er derfor å utarbeide en metodikk for prosjekt-vurdering og -utforming i Forvaret.

Prosjektet bør inneholde følgende hovedpunkter:

- En generell oversikt over fordeler og ulemper ved ulike aktuelle metoder for FMP sett i forhold til aktuelle miljøer.
- Særskilt vurdering av en prioritert metode i forhold til problemstillinger (case) som den enkelte interessent velger ut.
- Implementering av en prototyp for FMP hos interessenten i samvirke med beslutnings-takerne der.

Tidsramme og ressursinnsats

Vi anslår at dette prosjektet kan gjennomføres i løpet av ett år med en ressursinnsats på et halvt årsverk.

Aktiviteter

En aktivitetsplan vil bli knyttet til konkrete case og bli utarbeidet dersom ressursrammen gir rom for dette prosjektet.

Det er viktig at dette prosjektet sikrer kontakt og eventuell koordinering mot CMT i regi av DNV Industri.

SINTEF

REFERANSER

Brown, Robert J. and Yanuck, Rudolph R. (1985): *Introduction to Life Cycle Costing*, New Jersey: Prentice Hall. 313 sider.

Copeland, T.E., Weston, J.F. (1988): *Financial Theory and Corporate Policy,* 3rd edition, Addison-Wesly, 1988, ISBN 0-201-10648-5.

Fabrycky, Wolter J. and Blanchard, Benjamin S. (1991): *Life-Cycle Cost and Economic Analysis*, New Jersey: Prentice-Hall. 384 sider.

Flanagan, Roger; Norman, George; Meadows, Justin and Robinson, Graham (1989): *Life Cycle Costing: Theory and Practice*, Oxford: BSP Professional Books. 181 sider.

Gröttvedt, T. (1984): *LCC : en teknik att påverka totalkostnaden under en produkts livslängd,* Stockholm: Sveriges mekanförbund. 106 sider.

Hill, Vickie Lee; Beall, Charles W. and Blischke, Wallace R. (1991): "A Simulation Model for Warranty Analysis", *International Journal of Production Economist*, vol. 22, no. 2, p. 131-140.

Hokstad, P., Øien, K. (1994a): *Basic Principles of Expert Judgements*. SINTEF Report STF75 A94022.

Hokstad, P., Øien, K. (1994b): *The Use of Expert Judgements in Reliability Engineering Studies.* DRAFT, SINTEF.

Hull, J (1989): *Options, Futures and Other Deravative Securities,* Prentice-Hall.

IEC 300-3-X (1993): *DEPENDABILITY MANAGEMENT Part 3: Application guide Section X: Life Cycle Costing*. 23 sider.

IEC (1993) (International Electrotechnical Commission) Technical Committee No 56: *Dependability: Draft IEC 300-3-x: Dependability Management; Part 3: Application Guide;* Section X: Life Cycle Costing. 56(Secretariat)389 October 1993.

Kjellson, Ulf (1994): UK94026.DOC, ABB Traction.

Lappegård, Olav T. (1993): *The North Sea Field Development Practice - strengths and weaknesses.* Advanced Projects Conference, Stavanger, 23-24 November 1993. Saga Petroleum a.s., Oslo.

Lydersen, S., Aarø, R. (1989): *Life Cycle Cost Prediction Handbook; Computer-Based Process Safety Systems,* SINTEF Report STF75 A89024.

Ntuen, Celestine A.(1991): "An Economic Preventive Maintenance Scheduling Model with Truncated Gamma Function", *Reliability Engineering and System Safety*, vol. 31 no. 1, p. 31-38.

Oh, Chi J. and Park, Chan S.(1993): "An Economic Evaluation Model for Product Design Decisions under Concurrent Engineering", *The Engineering Economist*, vol. 38, no. 4 (Summer 1993), p. 275-297.

Schjølberg, Per (1987): *Driftssikkerhet*, Doktor Ingeniøravhandling, Trondheim, 1987.

Schjølberg, P., Bønå, L.E. (1983): *Konstruksjons- og beregningsunderlag. Spesifikasjon av drifts-sikkerhet.* VF publikasjon 83/5, Oslo 1983.

Walley, Peter; Menezes, Fernando; De Souza, Campello (1990): "Uncertainty and Indeterminacy in Assessing the Economic Viability of Energy Options: A Case Study of Solar Heating Systems in Brazil", *Energy Systems and Policy*, vol. 14, no. 4, p. 281-304.

Øien, K. (1994): *Introduction to Expert Opinion*. SINTEF Report STF75 F94012.