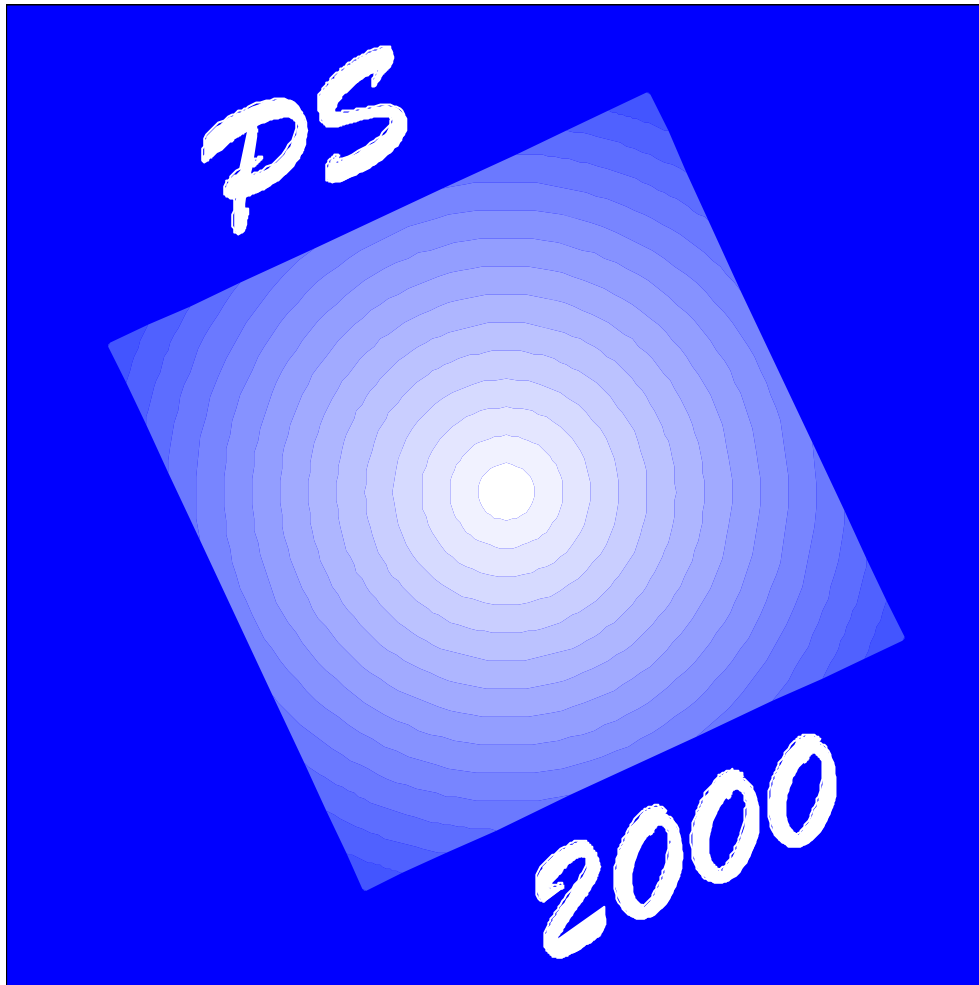


Usikkerhet som styringsparameter ved prosjektgjennomføring

Et delprosjekt under forskningsprogrammet
Prosjektstyring år 2000



Dato: 1 juli 1996
Åpen versjon

Sammendrag

Usikkerhet er en grunnleggende egenskap ved all prosjektvirksomhet. Alle typer prosjekt er disponert for usikkerhet i større eller mindre grad. Prosjekter blir mer og mer komplekse, det er et økende antall hensyn som må tas, og prosjektomgivelsene blir mer og mer uforutsigbare. Dette henger sammen med at prosjektarbeidsformen benyttes innen stadig nye områder. Med større utfordringer for norsk industri i det internasjonale marked vil behovet for kunnskaper om usikkerhet i planlegging og gjennomføring av prosjekter øke.

Usikkerhetshåndtering og bruk av usikkerhet som styringsparameter ses på som et viktig område av prosjektstyring som i dag ikke i tilstrekkelig grad blir utnyttet. Vi har i denne rapporten pekt på en del sentrale problemer en støter på når en skal prøve å implementere håndtering av usikkerhet i prosjekter.

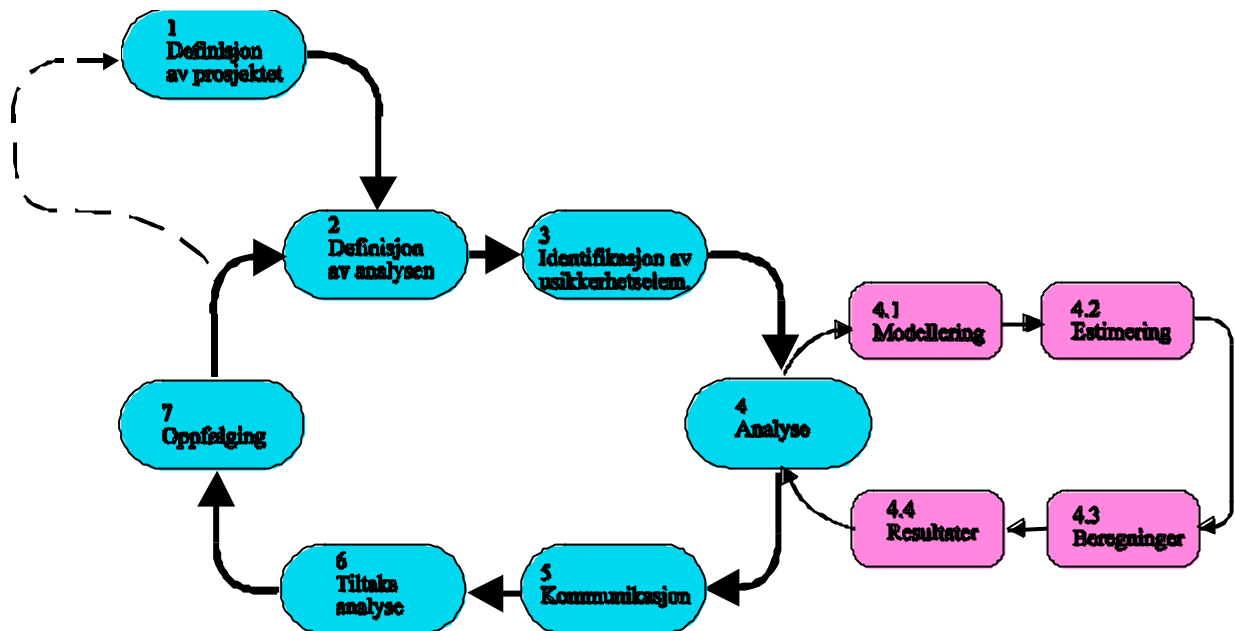
Det er ikke etablert et entydig begrepsapparat når det gjelder håndtering av usikkerhet i prosjekter, noe som medfører at ulike miljøer opererer med ulike betydninger av f.eks. ordet «risiko». Ordet har nesten fått like mange betydninger som det har brukere. Vi har forsøkt å bidra i riktig retning ved å lage en liste over ord og uttrykk som kan forbindes med usikkerhetshåndtering. I vårt begrepsapparat er det viktig å være klar over at usikkerhet kan være både positivt og negativt for prosjektet. Det positive bidraget kalles muligheter (oppsidepotensiale), det negative kalles risiko (nedsidepotensiale).

Mennesket og menneskelige egenskaper er faktorer som spiller inn når en skal prøve å håndtere usikkerheten i et prosjekt. Her har vi valgt å skille mellom den reelle usikkerheten som prosjektet er disponert for og den usikkerheten som ligger i analyseresultatet (analyseusikkerheten). De som utfører analysen vil i større eller mindre grad bli påvirket av den reelle usikkerheten i prosjektet. De har muligheter til å påvirke analyseusikkerheten. De som skal ta beslutninger vil bli påvirket av analyseusikkerheten. De har dessuten muligheten til å påvirke den reelle usikkerheten gjennom styring og beslutninger. På denne måten kan vi si at mennesket har stor innvirkning på usikkerheten i prosjektet, og at usikkerheten kan ha stor innvirkning på menneskets handlingsmønster. For at menneskelige faktorer ikke skal påvirke usikkerheten i prosjektet i altfor stor grad er det derfor viktig at organisasjoner har en fast politikk overfor usikkerhetshåndtering.

Ulike organisasjoner vi har vært i kontakt med har sin egen måte å håndtere usikkerhet på. Dette er oftest bygd opp rundt en prosess. Disse prosessene er bygd opp rundt hvert sitt konsept og benytter ulike teknikker i ulike faser av prosessen. Vi beskriver i rapporten noen prosesser. Disse har mange likhetstrekk i oppbygning.

Håndtering av usikkerhet som et ledd i styringen av prosjekter bør beskrives gjennom en kontinuerlig prosess som deles inn i faser. Vi oppsummerer håndteringen av usikkerhet i prosjekter i vår generelle prosess. Denne prosessen er uavhengig av hvilke teknikker og verktøy som benyttes i de ulike fasene, og uavhengig av hvilken type prosjekt en skal analysere. Gjennom beskrivelse av prosessen foreslår vi en del nye momenter som kan legges inn for å bedre kommunikasjonen og for å fronte mulighetssiden av usikkerheten i større grad enn det gjøres i dag. Det er påpekt at det i dag i altfor stor grad fokuseres på risikoene i prosjektet.

Proessen beskrives av fasene Definisjon av prosjektet, Definisjon av usikkerhetsanalysen, Identifikasjon av usikkerhetslementer, Analyse, Kommunikasjon, Tiltaksanalyse og Oppfølging, se figuren nedenunder. Vi har igjen delt analyse inn i 4 underfaser: Modellering, Estimering, Beregninger og Resultater.



Figur s1: Prosess for håndtering av usikkerhet gjennom planlegging og styring av prosjekter.

Proessen ender ut i en handlingsplan som forteller hvilke prioriterte tiltak som bør iverksettes for å:

- unngå eller redusere risikoen
- utnytte mulighetene

Vi ser på oppfølging som et viktig, og undervurdert punkt i prosessen. Det at en har kontinuerlig oppfølging av usikkerhetslementer, observasjon av effekt av iverksatte tiltak, identifisering av nye mulige usikkerhetslementer samt at en gjennomfører prosessen med jevne mellomrom.

En videreutvikling av denne prosessen kan gå i retning av å gi retningslinjer for hvilke teknikker og verktøy som anbefales benyttet innen ulike faser av ulike typer prosjekt. Denne utviklingen bør være knyttet opp mot et eller flere pilotprosjekt.

Summary

Uncertainty is a basic characteristic of project performance. Uncertainty will always be a part of project planning and management. Project become more and more complex and the surroundings of the project become more and more unpredictable. There will in future projects be increasing needs of knowledge of uncertainty in planning and management.

Traditionally, time, costs and quality have been used as control-parameters in projects. Many people who work with projects have raised uncertainty as an important control parameter in future projects. Few, if none, have however successfully managed to implement management of uncertainty in project management. We have in this report pointed out some central problems one could meet when one should try to implement and perform handling of uncertainty in projects.

There are not worked out a clear vocabulary within this subject. As an example, different organisations use different meanings of the word risk. This word has got almost as many meanings as it got users. We have made a list of words and expressions associated with uncertainty in project. In our vocabulary it is important to be aware of the fact that uncertainty could either be positive or negative for the project. The positive contribution is called opportunities (upside potential) and the negative is called risk (downside potential).

In this report we describe different perspectives of uncertainty in projects, and their influence on the uncertainty. This discussion we hope will contribute to increase the understanding and consciousness of uncertainty in project management.

The human and human qualities are factors which play an important role in handling uncertainty in project management. We differentiate between the real uncertainty in the project, and the uncertainty of the analysis. They who execute the analysis will be influenced by the real uncertainty. They are able to affect the uncertainty in the analysis. They who make decisions will in their judgement be influenced by the uncertainty of the analysis. They are able to affect the real uncertainty through management and decisions. In this way we can say that people influence the uncertainty in the project, and that uncertainty could affect peoples course of actions. It is therefore of great importance that organisations have a clear policy in handling uncertainty.

Different organisations have their own way of handling uncertainty. This is often built up through a process. These processes are built up around different concepts and use different techniques as support in different steps of the process. We present a general, superior, process of managing uncertainty in projects. This should be considered as a continuously process. Beneath each step in the process we describe how it could be done, based on existing techniques and tools.

Our general process is described by the steps: Project definition, Definition of the analysis, Identification of uncertain elements, Analysis, Communication, Countermeasure analysis and Investigation and Control of uncertainty, se figure s1. This process is independent of which techniques and tools to be used, and of which project the process should be used to analyse.

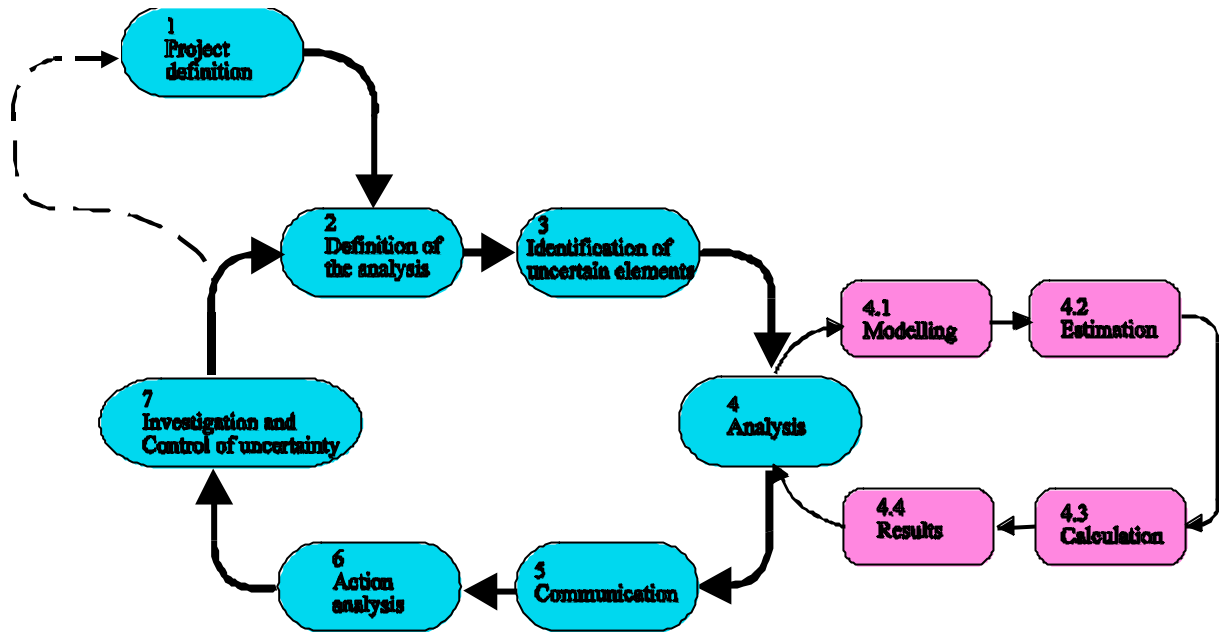


Figure s1: Process for handling uncertainty through project planning and management.

The process concludes with a plan of actions to be done to:

- avoid or reduce the risks
- exploit the possibilities

We consider continuously observation as an very important, and underestimated, step of the process. Usually, handling uncertainty is performed as an one time analysis before decision of execution of the project (GO/No GO), and is not taken into consideration in the project management. Further development of this process will contribute to make the implementation process easier.

Forord

Denne rapporten er et resultat av prosjektet Usikkerhet som styringsparameter, et delprosjekt under hovedprosjektet «Nye prosjektstyringsteknikker» innen forskningsprogrammet PS 2000.

Vi startet prosjektet med veldig åpne kort. Personer fra alle miljøene som deltar i PS 2000 ble invitert til å delta i prosjektet. Gjennom flere møter internt ble en problembeskrivelse definert, hvor det ble konkludert med at det ikke var behov for utvikling av nye teknikker innen området. Det ble konstatert at mye av problemene med at implementering av usikkerhetshåndtering i prosjekter er så vanskelig, skyldes menneskelige faktorer. Mangel på bevissthet og intuisjon når det gjelder usikkerhet i prosjekter ble påpekt som problemer. Dette er faktorer vi tar opp i rapporten. Vi trekker frem behovet for en systematisk prosess for håndtering av usikkerhet i styringen av prosjekter som vesentlig for å løse noen av disse problemene.

Vi som har utført prosjektet retter en stor takk til alle som har bidratt i løpet av vinteren. Vi har hatt kontakt med flere miljøer utenfor vårt etablerte nettverk og har møtt stor interesse og velvillig samarbeid. Programdeltakerne har deltatt med innspill, spesielt rundt høringsrundene. Vi kan heller ikke glemme innsatsen til studentene som har arbeidet med prosjektoppgaver relatert til usikkerhetshåndtering i prosjekter i løpet av våren 1996. De har gjort en god jobb hva gjelder kartlegging av eksisterende kunnskap.

Trondheim 1.7.96

Norges Teknisk- /Naturvitenskapelige Universitet (NTNU)

Olav Torp
prosjektleder.

Innhold

Sammendrag

Forord

1. Innledning	s 1
1.1 Bakgrunn	s 1
1.2 Problembeskrivelse	s 2
1.3 Avgrensninger	s 3
1.4 Målsetting	s 4
1.5 Arbeid med prosjektet	s 5
1.6 Rapportens innhold	s 6
2. Usikkerhet - Generelt	s 7
2.1 Usikkerhet og begrep	s 7
2.2 Usikkerhet og prosjekter	s 7
2.3 Usikkerhet og prosjektstyring	s 10
2.4 Usikkerhet og beslutninger	s 12
2.6 Usikkerhet og mennesket	s 13
2.7 Usikkerhet og organisasjonsperspektivet	s 17
3. Håndtering av usikkerhet i prosjekter	s 19
3.1 Håndtering av usikkerhet i praksis	s 19
3.1.1 TerraMar-prosessen	s 20
3.1.2 The PRAM Guide	s 21
3.1.3 Statoils prosess for usikkerhetshåndtering	s 22
3.1.4 CMT - prosessen	s 23
3.1.5 Trinnvis - prosessen	s 25
3.1.6 Futura Risk Management Prosess	s 26
3.2 Håndtering av usikkerhet i prosjekter - Hvilke problemer kan oppstå?	s 27
4. Retningslinjer for usikkerhetshåndtering - Prosessen	s 32
4.1 Innledning	s 32
4.2 Prosessen	s 32
4.2.1 Definisjon av prosjektet	s 33
4.2.2 Definisjon av usikkerhetsanalysen	s 34
4.2.3 Identifikasjon av usikkerhetselementer	s 35
4.2.4 Analyse av usikkerhet	s 36
4.2.5 Kommunikasjon av usikkerhet	s 45
4.2.6 Tiltaksanalyse	s 46
4.2.7 Oppfølging	s 47
4.3 Kommentarer til prosessen	s 48
5 Konklusjon	s 49

Referanseliste

Vedlegg

Figurfortegnelse

Kapittel 1:

Figur 1.1: Dimensjoner som er viktige for en god usikkerhets håndtering	s 3
Figur 1.2: Målsettingshierarki for prosjektet	s 4
Figur 1.3: Strukturen i prosjektet	s 5

Kapittel 2:

Figur 2.1: Grad av usikkerhet i ulike typer prosjekt	s 8
Figur 2.2: Utvikling av usikkerhet gjennom prosjektets faser, TerraMar	s 9
Figur 2.3: Ulike måter å se forholdet mellom usikkerhets håndtering og prosjektstyring på	s 11
Figur 2.4: Reel usikkerhet kontra analyseusikkerhet - menneskets påvirkning	s 13
Figur 2.5: Forsøk på å illustrere sammenhengen mellom usikkerhet og motivasjon	s 14
Figur 2.6: Planleggernes og beslutningstakernes oppgaver i en beslutningssituasjon	s 15
Figur 2.7: Reell usikkerhet kontra usikkerhet i input i analysen	s 15
Figur 2.8: Skille mellom subjektiv og objektiv usikkerhet	s 16

Kapittel 3:

Figur 3.1: Usikkerhets håndtering i prosjekter	s 19
Figur 3.2: TerraMar-prosessen	s 20
Figur 3.3: The PRAM Guide	s 22
Figur 3.4: Statoils prosess for usikkerhets håndtering	s 23
Figur 3.5: CMT-prosessen	s 24
Figur 3.6: Trinnvis-prosessen	s 25
Figur 3.7: Futura Usikkerhets håndteringsprosess	s 26

Kapittel 4:

Figur 4.1. Prosess for håndtering av usikkerhet i prosjekter	s 32
Figur 4.2: Situasjonskartet utfyllt for et sykehusprosjekt (et eksempel)	s 34
Figur 4.3: Rangering av usikkerhets elementer etter styrbarhet og potensiale	s 36
Figur 4.4: Forskjell mellom en kvalitativ og en kvantitativ analyse	s 37
Figur 4.5: Alternative måter å fremskaffe inngangsdata til ulike analyser	s 39
Figur 4.6: Sannsynlighetskurven	s 41
Figur 4.7: Spider - diagram	s 42
Figur 4.8: Kakediagram som illustrerer usikkerheten i et prosjekt	s 42
Figur 4.9: Prioritetslisten fra trinnvis/suksessiv kalkulasjon/tidplanlegging	s 43
Figur 4.10: Forslag til fremstilling som illustrerer muligheter og risiki	s 43

Figur 4.11: Illustrasjon av utvikling av usikkerhet over tid i prosjektet - «Strømpen»	s 44
Figur 4.12: Konfidensellipser for 2 alternativer	s 44
Figur 4.13: Planleggerens og beslutningstakernes oppgaver i en beslutningssituasjon	s 45

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

I forprosjektet Nye prosjektstyringsteknikker (Kilde m.fl., 1994), PS 2000 ble det påpekt forslag til en del løsningsmuligheter på bakgrunn av problemstillinger og krav til fremtidens prosjektstyringsteknikker som kom frem under analyser gjort hos de ulike programdeltakerne i PS 2000. Rapporten var en oppsummering av status innenfor fagfeltet prosjektstyring, og en drøfting med det formål å identifisere hvilke utfordringer prosjektstyringen står overfor i tiden fremover og hvilke konkrete områder innenfor prosjektstyringen som må styrkes.

Forprosjektet slår fast at rammene for prosjektarbeid endrer seg og at dette medfører nye krav til prosjektgjennomføring og styring. Nye prosjektstyringsparametre og prosjektstyringsteknikker må tas i bruk. Følgende områder ble foreslått at det ble forsket på innen PS 2000:

1. Fremtidens prosjektstyringsparametre.
2. Kompetanse som styringsparameter.
3. Kapasitetsbasert prosjektstyring.
4. Mindre ressurskrevende prosjektstyring
5. Usikkerhet som styringsparameter.
6. Bedre tidstyring.

Delprosjekt 1; **Framtidens styringsparametre** er et studium som går utenpå de andre delprosjektene. Det har ikke fått tildelt midler og det kommer heller ikke noen rapport fra dette delprosjektet. Oppgaven går på å følge med i utviklingen og trendene i rammene for prosjektgjennomføringen for å komme fram med nye prosjektforslag til hovedprosjektet Nye prosjektstyringsteknikker.

Delprosjekt 2; **Kompetanse som styringsparameter** ble satt i gang 1.9.94 og avsluttet 1.7.95. Rapporten (Klakegg m.fl., 1995) foreligger som grunnlag for bedre utnytting av kompetansen i prosjektorganisasjonene. Arbeidet resulterte i forslag om videreføring i to retninger; et pilotprosjekt for å styrke grunnlaget for å bruke kompetanse som styringsparameter, og et teoretisk studium for å utvikle modeller for prosjektstyring med kompetanse som styringsparameter. I styremøte for PS 2000 29. august 1995 ble det besluttet å ikke gå videre med dette prosjektet. Det vil komme forslag om videreføring av dette prosjektet til styremøtet i august 96.

Delprosjekt 3; **Kapasitetsbasert prosjektstyring** er utført av Ph.D. student William O'Brien fra Stanford University. Det handler om samhandling mellom entreprenør og leverandører og ble avsluttet i september 1995. Det foreligger sluttrapport (O'Brien, 1995) fra hans 6 måneders studieopphold og studie av et byggeprosjekt i Trondheim.

Delprosjekt 5: Usikkerhet som styringsparameter. ble startet i september 1995. Denne rapporten er et resultat av dette prosjektet. Parallelt med dette delprosjektet har delprosjekt 4; **Mindre ressurskrevende prosjektstyring** gått. Sluttrapport fra det prosjektet (Johansen m.fl., 1996) foreligger samtidig som denne rapporten, 1.7.96.

1.2 Problembeskrivelse

En innvending mot dagens prosjektstyring har vært at det fokuseres for mye på tilbakelagte stadier av prosjektene, istedenfor å konsentrere oppmerksomheten om den gjenværende delen (fremtiden). Tradisjonelt har tid, kostnader og kvalitet vært de viktigste styringsparametrene. En tallmessig oppfølging av disse har gitt tilbakemelding om hvordan prosjektet ligger an i forhold til planlagt. Denne form for oppfølging ser for mye bakover i prosjektet og sier for lite om fremtiden. Det ønskes i fremtiden styringsparametre som får en til å rette blikket fremover, og som fokuserer mere på helheten i prosjekter. Håndtering av usikkerhet og bruk av usikkerhet som en aktiv styringsparameter er et område med stort potensiale hva gjelder implementering i styring og gjennomføring av prosjekter.

Bruk av usikkerhet som styringsparameter fokuserer på den gjenværende delen av prosjektet, ved at en gjennom kontinuerlig usikkerhetshåndtering søker å finne hva som kan påvirke usikkerheten i prosjektet, og handle ut fra dette. En usikkerhetshåndtering bidrar til å fokusere på helheten i prosjektet ved kontinuerlig søken etter alle elementer som kan påvirke helheten og som kan påvirke usikkerheten prosjektet er disponert for.

I tittelen på prosjektet betraktes usikkerhet som styringsparameter ved gjennomføringen av prosjekter. Usikkerhet kan ses på enten som en egen parameter i prosjekter, eller som en egenskap ved andre parametre. Det finnes altså to måter å tolke usikkerhet på:

1. Usikkerhet er en størrelse som i seg selv er identifiserbar, målbar og styrbar. Den kan brukes til å styre innsatsen i prosjektet dit den gjør størst nytte, dvs. bidrar mest til å nå målene (unngå risiki, utnytte muligheter).
2. Usikkerhet er en karakteristikk som knytter seg til alle styringsparametrene (tid, kostnad, kvalitet, kompetanse etc.). Å utnytte kunnskapen om hver enkelt parameter gjør oss bedre i stand til å nå målene (unngå risiko, utnytte muligheter).

Vi velger å betrakte usikkerhet som en egen parameter, da vi ønsker at usikkerhet virkelig skal bli en parameter som gjennom styring aktivt blir benyttet på linje med tid, kostnad og kvalitet i fremtiden.

Mange har pekt på usikkerhet som en sentral styringsparameter i prosjekter, men få, eller ingen har klart å implementere den i praktisk prosjektstyring. Ved å gjennomføre prosjektet **Usikkerhet som styringsparameter** kan vi legge grunnlaget for implementering av usikkerhet som en sentral styringsparameter i prosjekter. Kanskje kan den vise seg å være mer grunnleggende enn tid, kostnad og kvalitet.

I startfasen av prosjektet stilte vi spørsmålet om hvorfor usikkerhetshåndtering i så liten grad blir benyttet i dagens prosjekter, og hvilke problemer en støter på når en skal forsøke å håndtere usikkerhet. Konklusjonene fra denne fasen var at det ikke er mangel på metodikk og verktøy som er problemet når det gjelder håndtering av usikkerhet i prosjekter. Det finnes et mangfold av både

teknikker og verktøy. Det er pekt på flere faktorer som gjør implementering og gjennomføring av usikkerhetskåndtering i prosjekter vanskelig. Blant disse kan nevnes:

- manglende bevisstgjøring av usikkerhet i prosjektorganisasjonen
- manglende entydig begrepsapparat
- usikkerhetskåndtering er i altfor stor grad blitt en engangsanalyse fr beslutning om igangsetting (GO/No GO), og blir i altfor liten grad tatt hensyn til i styringen av prosjekter
- folk tenker i tråd med det verktøyet de har valgt, og ikke nødvendigvis optimalt i forhold til problemet
- dårlig kommunikasjon av usikkerhet i prosjektorganisasjonen
- manglende suksess ved implementering av usikkerhetskåndtering
- det har oppstått en risikokultur snarere enn en søken etter muligheter i prosjekter
- fagfolk er ikke villige til å godta at sine anslag er usikre - liksomnøyaktighet oppstår
- komplekse teknikker og verktøy gjør at prosjektfolk ikke ser nytten i å implementere disse i sine prosjekter - terskelen for implementering er for stor
- kanskje er mangfoldet av teknikker og verktøy som finnes en hemsko, fordi det styrer og påvirker måten man tenker og handler på - det kan begrense usikkerhetsforstelsen.

Disse blir tatt opp og beskrevet nærmere senere i rapporten, under en beskrivelse av hvorfor usikkerhetskåndtering ikke fungerer (Kap. 3.2). Disse punktene, og kapittel 3.2 kan benyttes som begrunnelse for å ta opp enkelte av de aspektene som beskrives i kapittel 2. Kapittel 2 tar opp noen generelle betraktninger rundt usikkerhet i prosjekter.

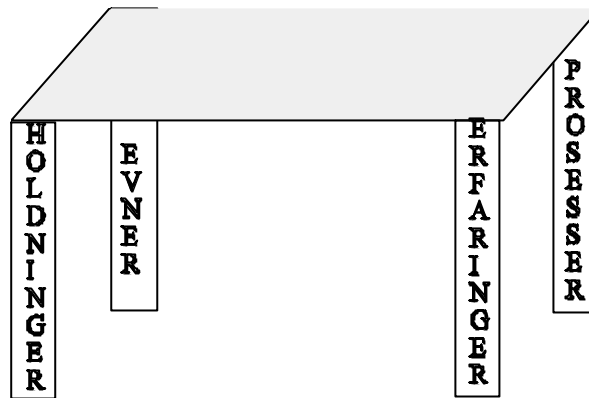
1.3 Avgrensninger

Dette prosjektet har begrenset seg til å se på håndtering av usikkerheten ved gjennomføringen av prosjekter. I PS 2000 sin prosjektportefølje har det samtidig løpt ytterligere to prosjekter som har sett på usikkerhet i prosjekter, sett fra andre synspunkt:

LCP og usikkerhet: Valg av utbyggingskonsept i Nordsjøen (Bjørkvoll, 1996) har sett på valg av alternative utbyggingskonsept i Nordsjøen, og usikkerheten i pris og i reservoarstrrelsen. Prosjektet ender ut med en prototyp for uttesting.

LCP og Usikkerhet: Inngangsdata og Ekspertvurderinger (yen, 1996) har utviklet en metodikk for å etablere beste anslag for inngangsparametre til analyser, og å anslå usikkerheten i disse parametrene. Hovedvekten legges på utnyttelse av ekspertvurderinger.

Holdninger, evner, erfaringer og prosesser er fire viktige punkter i en usikkerhetskåndtering. En balanse mellom disse punktene er viktig for at håndteringen skal bli best mulig, se figur 1.1.



Figur 1.1: Dimensjoner som er viktige for en god usikkerhetskåndtering.

Holdninger til usikkerhet, og at disse er positive, er viktig for at usikkerhetskåndteringen skal bli god. Negative holdninger, som en ofte kan møte når en snakker om håndtering av usikkerhet i prosjekter, vil hemme implementeringen og gjennomføringen av usikkerhetskåndtering.

At personer som skal håndtere usikkerhet i prosjekter innehar evner til å se helheten i prosjektet og til hele tiden å se etter mulighetene og de risiki som kan påvirke prosjektet er viktig for en god usikkerhetskåndtering.

Erfaringer innen håndtering av usikkerhet gjør at håndteringen kan gjennomføres effektivt med best mulig utnyttelse av ressursene. Erfaringer vil komme etterhvert som en har vært med og gjennomført analyser.

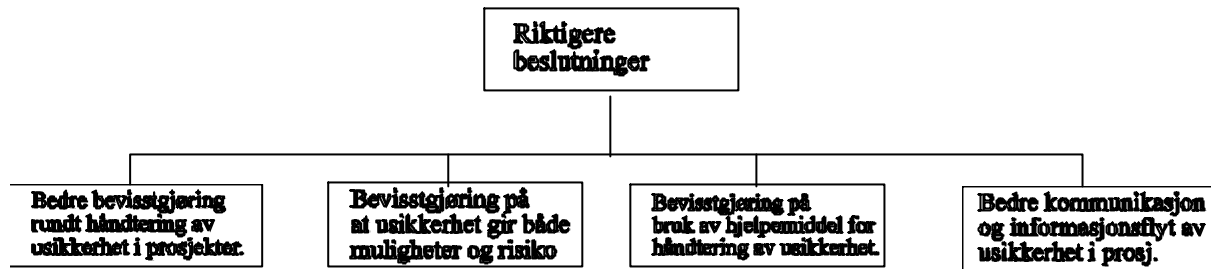
At en har en helhetlig prosess og prinsipper å bygge usikkerhetskåndteringen rundt er viktig for at implementeringen og gjennomføringen skal bli så effektiv og enkel som mulig.

Når det gjelder på kort sikt ser vi på påvirkningsmulighetene som størst på holdninger, bevissthet og på å innføre en prosess for håndtering av usikkerhet. Det er det vi fokuserer på i denne rapporten. Etter hvert vil dette forhåpentlig også bedre evner og erfaringer til folk i prosjektene hva gjelder håndtering av usikkerhet.

1.4 Målsetting

Den opprinnelige målsettingen var å utvikle en ny metodikk for håndtering av usikkerhet i prosjekter. Etter en grundig drøfting i et tverrfaglig PS 2000 miljø ble målsettingen justert til:

- Å skape bedre bevisstgring rundt håndtering av usikkerhet i prosjekter. Dette inkluderer fokusering på at usikkerhet gir både muligheter og risiko, bevisstgring på bruk av hjelpemiddel for håndtering av usikkerhet, bedre kommunikasjon og informasjonsflyt av usikkerhet. Alt dette vil medføre riktigere beslutninger i prosjektet. Dette er fremstilt i figur 1.2.
- Utvikle en generell prosess for håndtering av usikkerhet gjennom prosjektets livssyklus basert på eksisterende prosesser og teknikker. Dette med bakgrunn i at dagens teknikker kun dekker håndtering av usikkerhet gjennom ulike faser, og mangler helhetlig håndtering av usikkerhet gjennom prosjektets livssyklus. Prosessen beskrives i kapittel 4.



Figur 1.2: Målsettingshierarki i prosjektet.

I tillegg har vi ønsket å fokusere på økt tilgjengelighet av den kunnskapen som finnes på området, og spredning av informasjon om håndtering av usikkerhet i styring av prosjekter. Dette er gjort gjennom en oppbygd prosess for håndtering av usikkerhet i prosjekt basert på eksisterende metoder og teknikker.

For å bedre bevisstgjøring av usikkerhet har vi gjennom hele rapporten satt søkelyset på ulike sider ved håndtering av usikkerhet i prosjekter. I kapittel 4 oppsummerer vi slik vi mener en generell prosess for usikkerhetshåndtering kan se ut. Denne baserer seg på bruk av kjente teknikker og verktøy. Vi har foreslått enkelte nye betraktningmåter i forbindelse med prosessen.

Husk at prosjektet er usikkert av natur, og

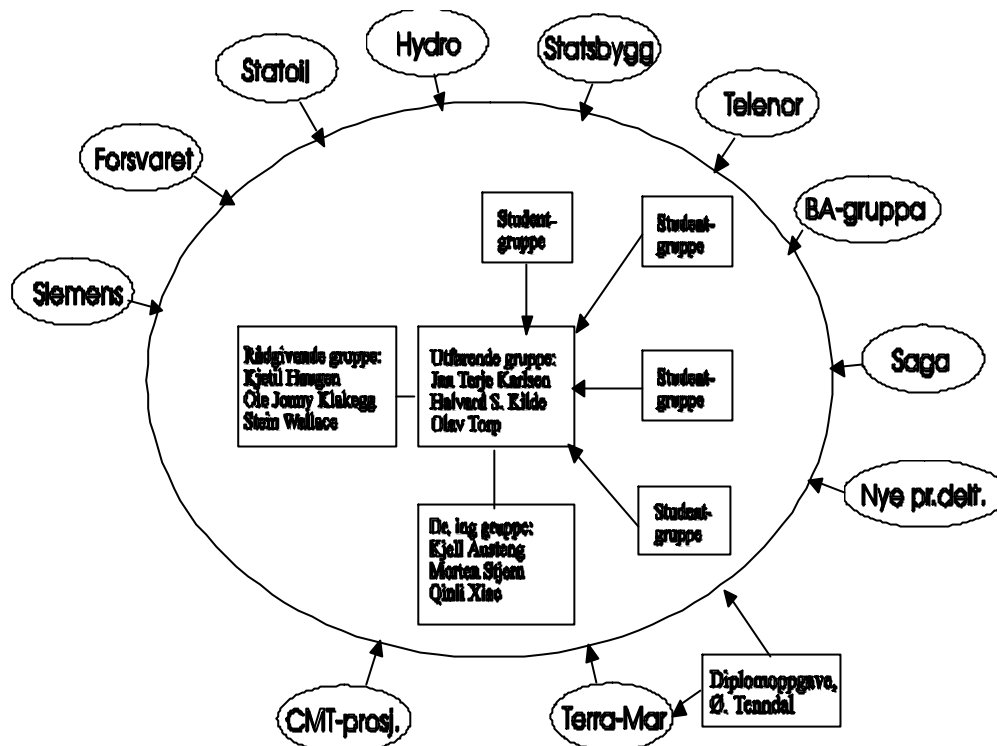
-Den lyger den som gir uttrykk for å vite om fremtiden, selv om vedkommende snakker sant-

Arabisk visdomsord

1.5 Arbeid med prosjektet

Fremgangsmåten har på den ene siden vært å sette seg inn i det teoretiske grunnlaget som finnes når det gjelder håndtering av usikkerhet i prosjekter gjennom litteratursøk, og kontakt med miljøer. På den annen side å sette seg inn i hva som virkelig gjøres i praksis. Ut fra dette ble det laget en problemdefinisjon etter høring ute hos programdeltakerne.

De fleste programdeltakerne har deltatt i dette prosjektet. I tillegg har personer fra samtlige institutter som deltar i PS 2000 deltatt i prosjektet. Dessuten har 4 studentgrupper (12 studenter) fra 4. årskurs ved Institutt for produksjons og kvalitetsteknikk utført sine prosjektoppgaver med tilknytning til prosjektet (Dobloug m.fl., 1996), (Aspelund og Plunnecke, 1996), (Bekkeheien m.fl., 1996) og (Hansen m.fl., 1996).



Figur 1.3: Strukturen i prosjektet.

Ytterligere eksterne kontakter er opprettet med TerraMar¹ og CMT-prosjektet². En student fra PS 2000 har utført sin diplomoppgave hos TerraMar i forbindelse med usikkerhet/risiko i aggregeringssystemer (Tenndal, 1996). Strukturen i prosjektet er illustrert i Figur 1.3.

1.6 Rapportens innhold

Resultatet fra dette forskningsprosjektet fordeler seg på 5 delrapporter. Dette dokumentet er hovedrapporten. De 4 andre delrapportene utgjør prosjektarbeidet til de 4 studentgruppene engasjert i prosjektet, se organisasjonskart i figur 1.3. I tillegg er det i løpet av våren utført en hovedoppgave for PS 2000 med forankring i TerraMar (Tenndal, 1996). Den oppgaven, som fokuserer på aggregering av usikkerhet, og ulike måter å ta hensyn til korrelasjon³ på, kan ses på som et tillegg til denne rapporten.

Kapittel 2 i rapporten inneholder en del generelle betraktninger rundt usikkerhet i prosjekter. Det går her bl.a. inn på begrepsapparat, usikkerhet og prosjekt, beslutninger, prosjektstyring, organisasjonsperspektiv samt usikkerhet og mennesket.

Kapittel 3 beskriver en del prosesser for usikkerhetshåndtering som i dag benyttes eller er under utvikling. Det pekes også på en del problemer en kan støte på når en skal implementere og gjennomføre usikkerhetshåndtering i et prosjekt/en organisasjon.

¹ TerraMar driver konsulentvirksomhet innen prosjektstyring og innen usikkerhetshåndtering /13/

² CMT-prosjektet er et samarbeidsprosjekt mellom Det Norske Veritas, Forsvaret og det franske selskapet Aerospatiale Missiles hvor formålet er å utvikle verktøy for usikkerhetshåndtering i prosjekter /14/.

³ For definisjon av korrelasjon, se vedlegg 1.

Kapittel 4 beskriver et forslag til retningslinjer og systematisk prosess for håndtering av usikkerhet i styring av prosjekter. Prosessen beskrives i 7 steg, med oppsummering av hva som finnes av teknikker innen hvert steg. Det legges vekt på at det er en kontinuerlig prosess, hvor oppfølging er et sentralt punkt.

Kapittel 5 inneholder en kort konklusjon av arbeidet. Et forslag til videreføring av prosjektet vil bli forelagt styringskomiteen i PS 2000 i slutten av august. Vi kommer ikke inn på forslaget til videreføring i denne rapporten.

2 Usikkerhet generelt

2.1 Usikkerhet og begrep

Formålet med denne delen av rapporten er å bidra til en bedre forståelse av fenomenet usikkerhet, spesielt relatert til prosjektvirksomhet. For å forstå usikkerhet bedre i prosjekter er det som nevnt tidligere i rapporten viktig med et gjennomtenkt og entydig begrepsapparat. Dessverre er det ikke skikkelig etablert, med det resultat at ulike miljøer opererer med ulike betydninger av for eksempel ordet «risiko». Ordet har av mange årsaker fått nesten like mange betydninger som det har brukere. Når det nå har blitt så moderne å snakke om risiko og usikkerhet betyr det at mange møter en jungel av kompliserte formuleringer og moteord som ikke gjør forståelsen av planlegging og styring noe bedre. Vi har forsøkt å bidra et skritt i riktig retning på dette området ved å lage en definisjonsliste (Vedlegg 1) over begreper som har med håndtering av usikkerhet i prosjekter å gjøre. Om de begreper og definisjoner som er gjort der er de beste kan helt sikkert diskuteres. Vi har imidlertid valgt å forholde oss til dem i denne rapporten. Av de viktigste definisjonene kan vi nevne følgende:

Usikkerhet er gitt ved differansen mellom den informasjonsmengden som trengs for å gjøre en sikker beslutning, og den informasjonen som virkelig er tilgjengelig på beslutningstidspunktet (Galbraith, 79).

Usikkerhet kan være både positivt og negativt for prosjektet. Usikkerhet består av positive muligheter og negative risiki.

Muligheter vil i denne sammenheng innebære den positive siden av usikkerhet og forbundet med ønskede hendelser.

Risiko vil være et uttrykk for den fare som uønskede hendelser representerer for mennesker, miljø eller materielle verdier (NS-ISO 5814). Risikoen uttrykkes ved sannsynligheten for uønskede hendelser multiplisert med konsekvensene av de uønskede hendelsene (NS-ISO 5814 - Krav til risikoanalyser).

Disse definisjonene viser at det blir misvisende å snakke om risiko i tide og utide. Det gir en ensidig, negativ fokusering på tapspotensiale. Oppmerksomheten blir dratt vekk fra den positive siden - mulighetene - som er den som virkelig er avgjørende for suksess i et prosjekt. Når vi har vært ute hos programdeltakerne er det nettopp pekt på som et stort problem at det i praktisk prosjektstyring i alt for stor grad er en risikokultur, mens de ønsker at det i fremtiden skal fokuseres på å skape en mulighetskultur.

2.2 Usikkerhet og prosjekter

Prosjekt som arbeidsform er blitt mere og mere benyttet i den senere tid og på stadig nye områder. Til forskjell fra basisorganisasjonen er et prosjekt ifølge Davidson Frame (Frame, 1995) en arbeidsoppgave karakterisert ved følgende egenskaper; det defineres entydige mål, det er et engangsforetak, oppgaven er tidsbegrenset, det kreves tverrfaglig og koordinert innsats og oppgaven

innebærer en høy grad av kompleksitet. Prosjektet er et supplement til basisorganisasjonen, fordi det håndterer unntakelser, dvs. mer eller mindre unike oppgaver. På mange måter kan en oppfatte prosjektet som en slags buffer mellom basis⁴ og omgivelsene som tar seg av oppgaver og problemer som basis ikke er i stand til å løse. Vi kan si at prosjektarbeid er utviklet nettopp for å håndtere usikkerhet. Når vi likevel opplever at prosjekter overskrider rammer og at overraskende hendelser opptrer i prosjektet vil dette ofte være et uttrykk for at en har manglende forståelse og evne til å mestre usikkerhet.

Avvik fra prosjektmålene hevdes ofte å være et resultat av uforutsette og ukontrollerbare faktorer. Det blir imidlertid hevdet (Hauge og Wright, 1995) at de fleste faktorer egentlig er forutsigbare og kontrollerbare og det at et prosjekt slår feil er stort sett et resultat av mangel på oppmerksomhet i prosjektstyringen.

Prosjekter blir mer og mer komplekse, det er et økende antall hensyn som må tas, og prosjektomgivelsene blir mer og mer uforutsigbare. Prosjektet kan være underlagt forskjellige mål og restriksjoner som strider mot hverandre. Større utfordringer for norsk industri i det internasjonale marked vil øke behovet for ferdigheter som flermålsplanlegging, planlegging av prosjektporteføljer⁵ og kunnskaper om usikkerhet i planlegging og gjennomføring av prosjekter. Problemområdet kan grovt deles i tre:

- Problemer knyttet til oversikt/identifisering av usikkerhet.
(Hvilke usikkerhetselementer eksisterer, og i hvilken grad ? Hvilke forhold er det som skaper denne usikkerheten ? Hva består usikkerheten i ?)
- Problemer knyttet til virkning/kvantifisering av usikkerhet.
(Hvilke risiki ligger i denne usikkerheten ? Hvilke muligheter ? Hvor store er de ?)
- Problemer knyttet til kommunikasjon og uttrykk for usikkerhet.
- Problemer knyttet til tiltak/håndtering av usikkerhet.
(Hvordan kan usikkerheten påvirkes ?)

Usikkerheten som prosjektene eksponeres for må ses i sammenheng med hva slags type prosjekt det er snakk om. På den ene ytterkant gjennomføres det prosjekter som kan karakteriseres som en repetisjon med liten nyhetsgrad og innovasjon. I denne type prosjekter vil som oftest usikkerheten være lav. Det er stort sett ingen usikkerhet knyttet til om prosjektet er gjennomførbart. Det er kun knyttet noe usikkerhet til kostnader og tidforbruk. Prosjekter som derimot inneholder en høy grad av utvikling, det være seg utvikling av ny teknologi, produkt eller systemer, utvikling av IT, er disponert for stor usikkerhet. Slike prosjekter inneholder usikkerhet knyttet til såvel tid, kostnader og produktivitet som usikkerhet knyttet til gjennomførbarheten av prosjektet. En vet ofte ikke om prosjektet er gjennomførbart eller om det tilfredsstillende målsetningen før det er avsluttet.

Grad av usikkerhet



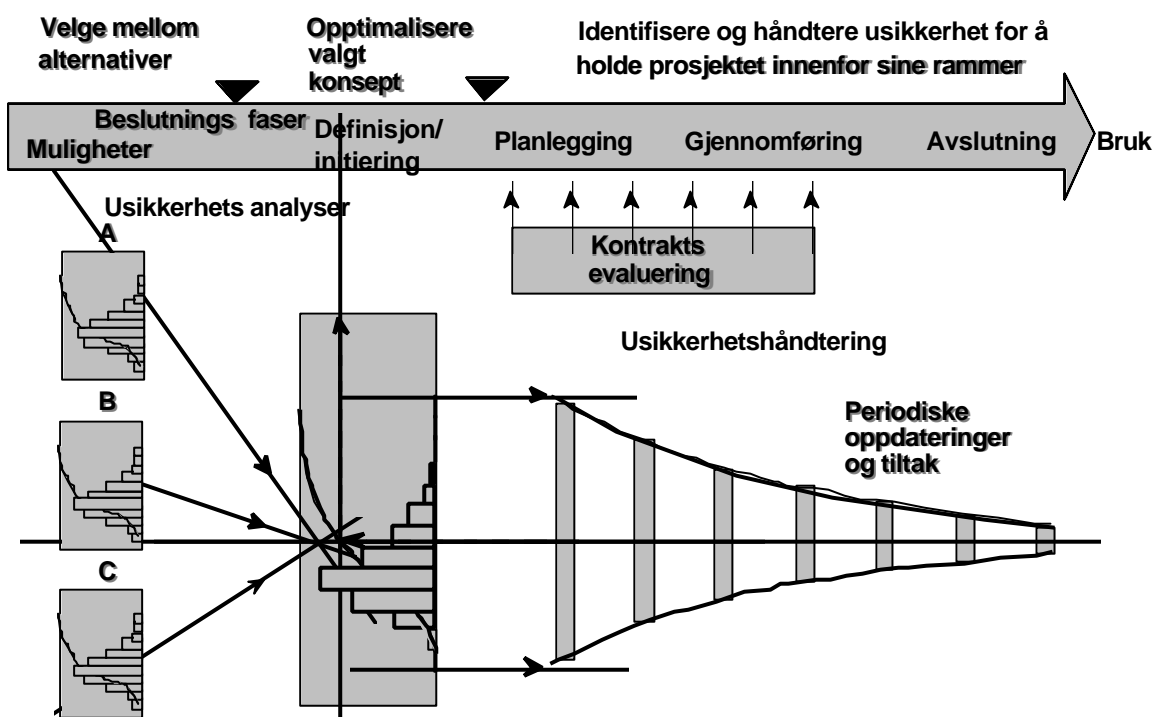
⁴ Det må her kommenteres at ikke alle har et klart skille mellom basis og prosjekt. Der det eksisterer mener vi imidlertid at dette er tilfelle.

⁵ En portefølje er en samling av ulike prosjekter, og/eller programmer i en spesifisert tidsperiode.

Figur 2.1: Grad av usikkerhet i ulike typer prosjekt.

Hva slags prosjekt som gjennomføres er derfor en viktig faktor fordi det har betydning for hvordan man må forholde seg til usikkerhet i prosjektgjennomføringen. Et utviklingsprosjekt med stor usikkerhet må planlegges og styres på en annen måte enn et repetisjonsprosjekt der de fleste faktorer er kjent.

En må dessuten se usikkerheten i prosjektet i forhold til hvilken fase prosjektet er i. Usikkerheten i prosjektet vil avta etterhvert som prosjektet skrider frem. Det må imidlertid her nevnes at usikkerheten i en sen fase kan vise seg av kritisk betydning for prosjektet. Figur 2.2 viser hvordan usikkerheten i et prosjekt kan utvikle seg fra før beslutning om gjennomføring av prosjektet til avslutning av prosjektet, basert på en figur i (Huseby, 1993).

**Figur 2.2:** Utvikling av usikkerhet gjennom prosjektets faser, basert på (Huseby, 1993).

Før beslutning om gjennomføring av prosjektet ligger usikkerheten i valg av alternativt konsept og usikkerhet i hvert av disse. Når konsept er valgt er det usikkerheten i det valgte konsept som er interessant å studere. Her kan vi si at skillet mellom PS 2000 prosjektene LCP og usikkerhet: Valg av konsept (Bjørkvoll, 1996) og Usikkerhet som styringsparameter går. LCP og Usikkerhet: Valg av utbyggingskonsept i Nordsjøen ser på usikkerheten før et konsept er valgt. Dette prosjektet, Usikkerhet som styringsparameter, studerer usikkerheten i gjennomføringen av et prosjekt, altså etter at konsept er valgt, og etter at beslutning om gjennomføring er gjort.

Usikkerheten i det valgte konsept blir mindre gjennom prosjektets gang ved identifisering og håndtering av usikkerhet, samt ved at beslutninger tas og mere informasjon blir kjent.

Ulike aktører i prosjektet vil ha ulik oppfatning og forhold til usikkerhet. Det er interessant å se på hvem som står som ansvarlig for usikkerheten i prosjektet i ulike faser. Det er ikke alltid at eierskapet er entydig. Noen kan f.eks. eie risikoen, mens andre eier mulighetene. Det som betraktes som risiko for en part kan være muligheter for en annen part. Vi vil her gjøre noen betraktninger rundt gjennomføringen av prosjektet, og da på forholdet mellom oppdragsgiveren (eks: byggherre) og kontraktoren (e) (eks: entreprenør). Disse vil være eiere av usikkerheten i gjennomføringen av prosjektet.

Kontrakter fungerer som samarbeidsavtaler mellom partene i et prosjekt. Vi kan si at kontrakten regulerer usikkerheten mellom partene. Grovt sett har man ved utforming av tradisjonelle kontrakter lagt større vekt på å utforme hensiktsmessige konfliktløsninger i tilfelle noe går galt enn å vurdere samarbeidsmodeller for å hindre at noe går galt. Tradisjonelt har vi tre grunnleggende forskjellige prisformater: fastpriskontrakt, enhetspriskontrakt og regningsarbeidskontrakt (Rølstadås, 1990), men det finnes utallige kombinasjoner av disse.

En fastpriskontrakt innebærer at en har avtalt en fast pris for hele arbeidet. Disse kan benyttes når arbeidsomfanget er godt kjent og presist definert. Denne type kontrakt innebærer at all økonomisk usikkerhet eies av kontraktoren(e). Når en kun har oversikt over hvilke arbeidsoppgaver som skal utføres med omtrentlige mengdeoverslag, kan enhetspriskontrakt benyttes. En avtaler en fast pris pr. enhet arbeid (eks: pr. meter sveis). I en slik kontrakt eier kontraktøren den økonomiske usikkerheten, mens oppdragsgiveren bærer usikkerhet for teknisk utførelse. Ved regningsarbeider fakturerer kontraktøren alle sine kostnader, samt et påslag for fortjeneste etter nærmere fastlagte regler. Oppdragsgiveren bærer i denne situasjonen hele den økonomiske usikkerhet.

2.3 Usikkerhet og prosjektstyring

Et prosjekt inneholder som nevnt tidligere av natur usikkerhet. Evnen til å identifisere potensielle usikkerhetsmomenter og å kunne kontrollere, påvirke og styre dem er derfor viktige aspekter ved prosjektstyring. Bak drivkraften for å påvirke usikkerheten ligger et ønske om:

- bedre vurderinger og avgjørelser, dvs. enklere problemløsning
- mer effektiv prosjektgjennomføring
- høy prioritet på HMS - minimere sannsynligheten for skader på mennesker, miljø etc.

Satt litt på spissen kan vi si at dersom usikkerhet ikke fantes i prosjektet ville det heller ikke være behov for prosjektstyring. Prosjektstyring er en prosess som drives av små og store beslutninger. Uten usikkerhet i prosjektet gir beslutningene ingen mening - da er jo utfallet av beslutningen gitt/opplagt. Dermed faller behovet for prosjektstyring og beslutningstaking bort.

Prosjektstyringen har stort sett konsentrert seg om et sett av styringsparametre - de som forholdsvis lett lar seg måle (tid, kostnad, kvalitet). Disse kan være usikre. Denne fokuseringen har imidlertid ført til at viktige usikkerhetslementer som ikke er så lett iøynefallende og som ikke lett lar seg kvantifisere er ignorert, som personlig kompetanse, samarbeid, politikk, andre personlige egenskaper, rammebetingelser etc.

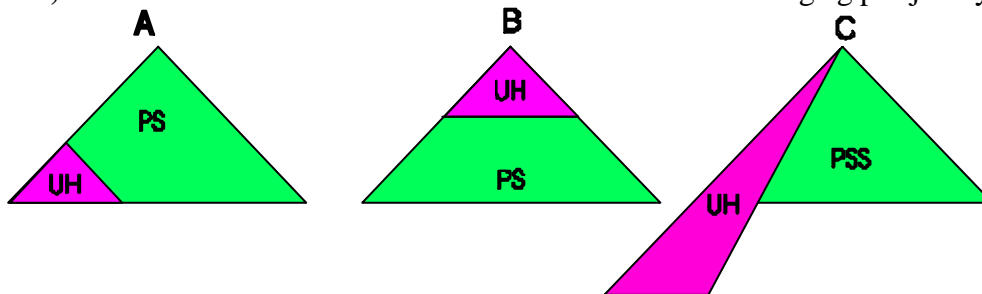
Det finnes ofte hendelser som påvirker usikkerheten i prosjektet som ikke er så lett å forutsi hverken tidspunktet for når de inntreffer eller effekten av dem (konsekvensene). Dette kan være hendelser som plutselige forandringer i økonomien, et nytt teknologisk gjennombrudd, en handling av terrorisme eller en forandring i regjering eller ledelse. Dette er faktorer som kan forandre den generelle situasjonen totalt. Det er viktig å være klar over disse når en identifiserer elementer som kan påvirke usikkerheten i prosjektet.

Et viktig skille i så måte går mellom kontekstuell og operasjonell usikkerhet (Christensen og Kreiner, 1991). Operasjonell usikkerhet er hovedsakelig forbundet med selve implementeringsprosessen (prosjektgjennomføringen - beslutninger og styring) og betraktes relativt uavhengig av sammenhengen prosjektet opererer i. Til en viss grad kan denne usikkerheten påvirkes ved å øke mengden av informasjon. Den kan også påvirkes ved å etablere operasjonelle mål på et realistisk ambisjonsnivå og gjennom systematisk og realistisk planlegging og styring.

Kontekstuell usikkerhet er forbundet med omgivelsene eller prosjektets sammenheng. Mulighetene til å påvirke eller forstå kontekstuell usikkerhet er ofte veldig begrenset. Dette fordi kontekstuell usikkerhet er forbundet med forhold eller omstendigheter utenfor målsetningen og myndigheten for prosjektet. Dette kan være politiske prosesser, beslutninger og tiltak i tilknyttede institusjoner, krav og responser i markedet, teknologisk utvikling etc. Noen av disse kan kun forstås etter at prosjektet er gjennomført.

Det er helt og holdent et spørsmål om valg hvor en setter skillet mellom usikkerhetshåndtering og prosjektstyring, eller om du vil skille mellom det i det hele tatt. Tre forskjellige synspunkter på forholdet mellom prosjektstyring (PS) og usikkerhetshåndtering (UH) er vist i figur 2.3, A-C, (Grey, 1995). Hver av dem kan være en nyttig betraktning i ulike sammenhenger.

Figur 2.3, A-C: Ulike måter å se forholdet mellom usikkerhetshåndtering og prosjektstyring på.



Figur A illustrerer den tradisjonelle betraktningmåten av usikkerhetshåndtering, som en del av prosjektstyringen, utført av prosjektlederen eller delegert til et medlem av prosjektteamet.

Figur B illustrerer en betraktningmåte basert på ideen om at dersom det ikke fantes usikkerhet i prosjektet vil behovet for prosjektstyring forsvinne. Sagt på en annen måte ser denne betraktningmåten på bakgrunnen til prosjektstyring som å kontrollere usikkerheten i prosjektet.

Figur C illustrerer en betraktningmåte hvor usikkerhetshåndtering må betraktes i alle aspekter ved prosjektstyring, men at det finnes også finnes oppgaver i usikkerhetshåndtering som de fleste prosjektledere forventningsvis ville delegere til konsulenter eller eksterne spesialister på feltet p.g.a at de kanskje ikke innehar ressurser eller kompetanse til å utføre disse.

Muligheten til å kontrollere, påvirke og styre usikkerheten i praktiske prosjekter er store. Dette krever imidlertid at en prosess for å håndtere usikkerhet implementeres og benyttes aktivt i prosjektene. Suksessen ved implementeringen/gjennomføringen av prosessen avhenger av:

- den systematiske fremgangsmåten
- tilgjengelig informasjon
- antakelser og begrensninger i prosessen, teknikkene og verktøyene
- deltakernes kvalifikasjoner, forståelse, erfaringer og kunnskap⁶
- deltakernes holdninger, engasjement og motivasjon

Den systematiske fremgangsmåten kommer vi inn på i kap.4. Det samme gjelder antakelser og begrensninger i prosessen, teknikkene og verktøyene. De tre andre punktene vil vi komme tilbake til senere i dette kapitlet.

2.4 Usikkerhet og beslutninger

Et prosjekt består av en sammenhengende rekke av små og store beslutninger. Beslutning betyr å gjøre et valg mellom alternativer, dvs. f.eks. valg av løsning, tidspunkt eller kostnadsramme, godkjenne eller forkaste en plan osv. Beslutningen avslutter en prosess med sikte på å videreføre resultatet av prosessen i planlagt adferd.

Ikke alle beslutningene krever at det tas hensyn til usikkerhet, men som et minimum bør de fleste sentrale beslutninger av overordnet karakter vurderes i forhold til dette. Beslutningene blir tatt på et utarbeidet og fremlagt beslutningsgrunnlag. Det er mange kompliserende faktorer i slike prosesser. Noen sentrale problemer (Klakegg og Torp, 1996);

- interessenter og pressgrupper vil prøve å påvirke utfallet av beslutningene,
- personene og grupper som er involvert i prosessen vil ha egeninteresser i forhold til utfallet av beslutningene,
- beslutningsgrunnlaget og prosjekter skifter «eier» mange ganger i løpet av prosessen (spesielt offentlige prosjekt).
- prosessen innebærer maktkamp mellom involverte grupper/personer/nivåer i en organisasjon,
- prosessen tar lang tid - dermed endres flere sentrale forutsetninger underveis uten at det er mulighet for tilbakespoling i prosessen,
- prosessen er ofte synlig for omverdenen og angår allmenne interesser.

Slike påvirkningskrefter og kompliserende faktorer vil påvirke utfallet av beslutningene og resultatet av prosjektet. For å oppnå realistiske planer er det ikke nok at slike faktorer er identifisert og listet opp. Effekten av slike krefter må inkluderes i analysene og benyttes til å synliggjøre årsakene til usikkerheten i beslutningsgrunnlaget. I tillegg har flere av de nevnte faktorene betydning for måten informasjonen fremkommer og utnyttes på. Her kan bl.a. en persons eller en gruppes egeninteresse nevnes.

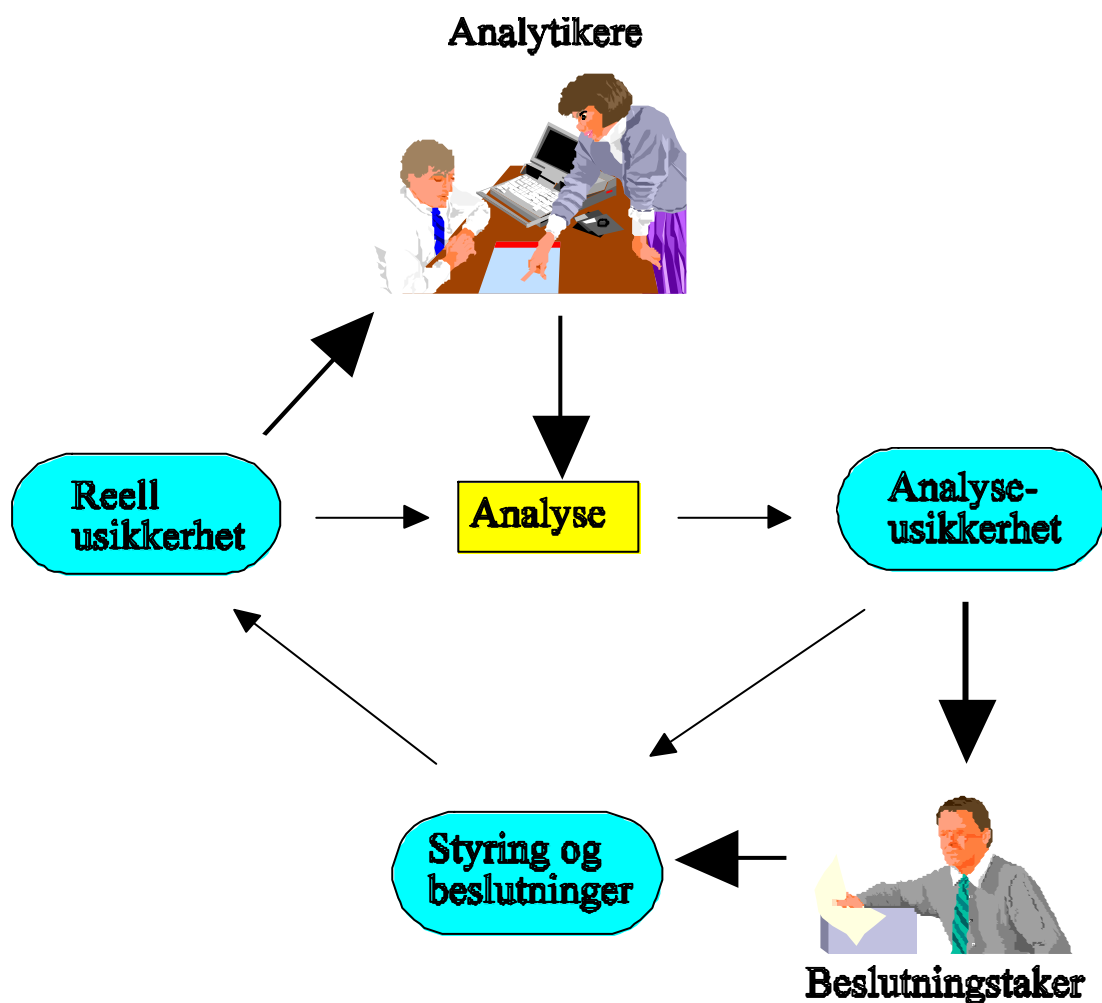
⁶ Her viser vi til prosjektet Kompetanse som styringsparameter (Klakegg m.fl, 1995), gjennomført i PS 2000.

2.5 Usikkerhet og mennesket

Mennesket og menneskelige egenskaper er faktorer som spiller inn når en skal prøve å håndtere usikkerheten i et prosjekt. Vi kan si at menneskets innvirkning på usikkerheten i et prosjekt har to dimensjoner:

- Hvordan mennesket påvirker usikkerheten.
- Hvordan usikkerhet påvirker mennesket.

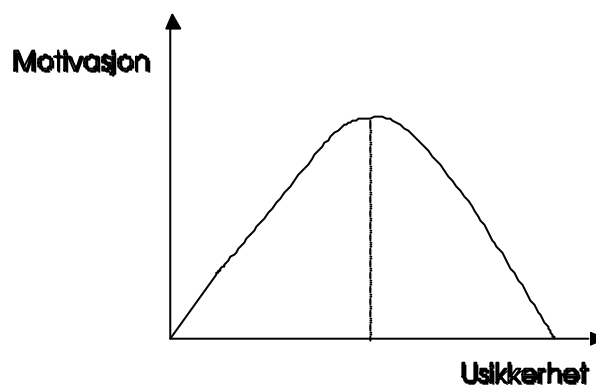
Vi skiller her mellom den usikkerhet som reelt ligger i prosjektet (reell usikkerhet), og den usikkerhet som analysen uttrykker (analyseusikkerhet). Det vil som regel være en differanse mellom disse. Målet med analysen er å minimalisere denne differansen, men vi klarer ikke å modellere nøyaktig den usikkerhet som prosjektet er disponert for. Dette kan bl.a. skyldes at de inngangsdata vi benytter i modellen ikke er representative for det prosjektet vi skal gjennomføre, men også at vi ikke klarer å identifisere alle usikkerhets-elementer og at vi ikke klarer å bygge opp en modell som gjengir prosjektet på en riktig måte.



Figur 2.4: Reell usikkerhet kontra analyseusikkerhet - menneskets påvirkning.

De som utfører analysen vil i større eller mindre grad bli påvirket av den reelle usikkerheten. De har dessuten muligheter til å påvirke analyseusikkerheten. Den som skal ta beslutningen vil bli påvirket av usikkerheten i beslutningsunderlaget, altså analyseusikkerheten. Han har også innsikt i prosjektet, dvs. kjennskap til den reelle usikkerheten. Beslutningstakeren har dessuten muligheter til å påvirke den reelle usikkerheten gjennom styring av usikkerheten og ved å gjøre beslutninger. Dette er illustrert i figur 2.4. Vi kommer tilbake til disse forholdene i dette kapitlet.

Vi har sagt at mennesket som utfører planlegging og styring av prosjektet vil bli påvirket av den reelle usikkerheten i prosjektet. Ulike mennesker vil ha forskjellig oppfatning av usikkerheten. I situasjoner der enkelte opplever stor usikkerhet vil andre oppleve liten usikkerhet. Noen er vant til å arbeide under stor usikkerhet, og de liker det. De vil være motiverte til å arbeide under slike situasjoner. Andre liker mindre og har mindre erfaring med å arbeide under stor usikkerhet. De blir da dårlig motivert i slike situasjoner. Dersom vi skal prøve å framstille en sammenheng mellom usikkerhet og motivasjon for personer som arbeider med planlegging og styring av prosjekter mener vi figur 2.5 illustrerer dette bra.



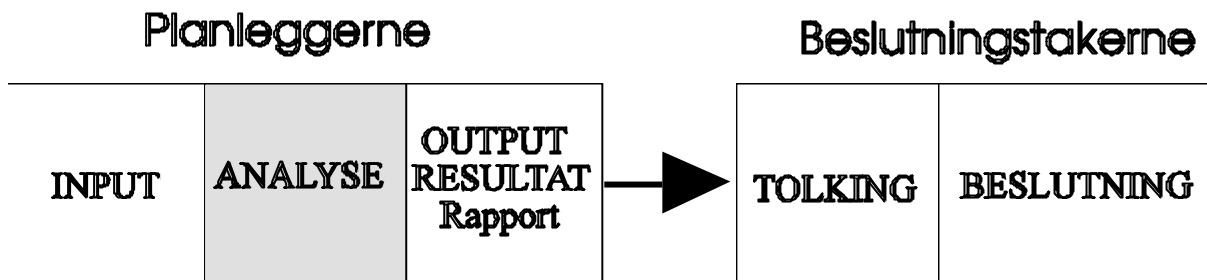
Figur 2.5: Forsøk på å illustrere sammenheng mellom usikkerhet og motivasjon.

I situasjoner med veldig liten usikkerhet vil arbeidssituasjonen bli lite spennende - alt er forutsigbart, og motivasjonen vil dermed bli lav. Jobben er unødvendig, og kan automatiseres. Med høyere usikkerhet vil spenningen i prosjektet, og dermed motivasjonen øke, inntil et visst punkt. Da har prosjektet nådd den optimale usikkerheten for motivasjon. Større usikkerhet enn dette gjør at motivasjonen synker. Det er da lett å miste kontrollen og oversikten over prosjektet. Med veldig stor usikkerhet oppstår situasjoner som de som planlegger og styrer prosjektet har veldig liten kontroll over, og motivasjonen synker til et minimum. Mennesket slutter da å vurdere usikkerhet, og kjører etter tommelfingerregler. Situasjonen er preget av kaos. På denne måten kan vi si at usikkerheten i prosjektet har stor innvirkning på mennesket i planleggings- og styringssituasjoner.

Analyseusikkerheten påvirkes av at det er mennesker som utfører analysen og som tolker den. Mennesker har ulike perspektiv på ting, ulike mål, verdier, holdninger, bevissthet, kreativitet, motivasjon, ulike evner og erfaringsnivå. Alle disse egenskapene er med på å påvirke den input som blir brukt i analysen, og dermed de resultater som den gir (analyseusikkerheten). Det påvirker hvordan resultatene tolkes og hvor stor usikkerhet som oppfattes av planleggerne og

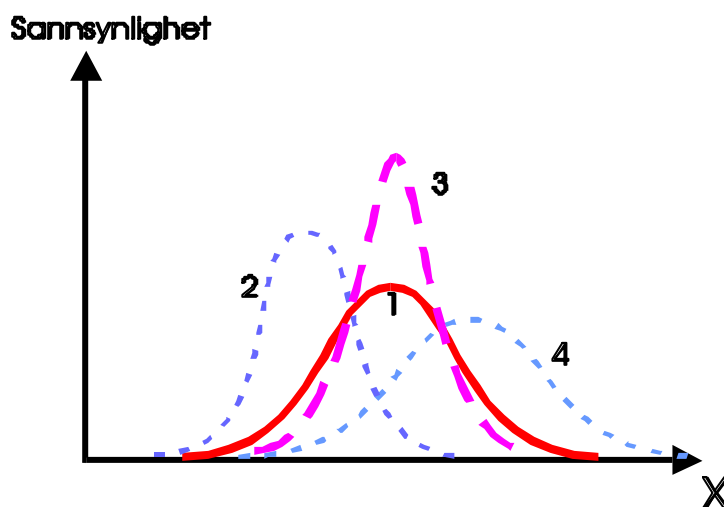
beslutningstakerne. Samtidig påvirker dette hvordan den enkelte handler i forhold til den usikkerheten som han oppfatter at prosjektet er disponert for.

Figur 2.6 viser planleggerens og beslutningstakers oppgaver i en beslutningssituasjon. Vi ser her på planleggerne og beslutningstakerne som to adskilte aktører i prosessen for usikkerhetshåndtering. I noen tilfeller vil dette ikke være riktig, da en analyse utføres av en gruppe, og hvor det er ønskelig at beslutningstakeren deltar i gruppeprosessen. For å illustrere en del problemer benytter vi imidlertid denne modellen.



Figur 2.6: Planleggerens og beslutningstakers oppgaver i en beslutningssituasjon.

Planleggerne skal skaffe og tolke data og informasjon som inngangsdata i en analyse. Hvor godt en planlegger løser denne oppgaven er påvirket av kunnskap, motivasjon, holdninger, metodikk og kreativitet hos den enkelte person, se (Klakegg og Torp, 1996). Ulike personer/grupper vil gi ulike input i en usikkerhetsanalyse, da de føler ulik grad av usikkerhet knyttet til det som skal vurderes. Som input til usikkerheten i en faktor med reell usikkerhet lik kurve 1 i figur 2.7, vil personer gi ulike input, gitt f.eks. ved kurve 2, 3 eller 4. Dette kan nettopp være påvirket av menneskelige egenskaper nevnt tidligere i kapitlet. Kurve 2 kan f.eks. være satt av en person/gruppe med preferanse for prosjektet (dersom kurven illuserterer kostnader). Han vil sette lave input for å få gjennom prosjektet. Kurve 3 kan f.eks. være input satt av en person/gruppe som er alfor sikker i sine anslag, en som ikke godtar usikkerhet (liksomnøyaktighet). Kurve 4 kan illustrere input fra en person som f.eks. ikke ønsker prosjektet gjennomført (setter kostnadene høyere enn reelt).



Figur 2.7: Reell usikkerhet kontra usikkerhet i input i analyse.

Når inngangsdata er valgt og beregningene er gjennomført skal planleggerne tolke resultatene og presentere dem for beslutningstakeren. Måten disse resultatene tolkes og presenteres på kan også farges av motivasjon og taktikk hos planleggerne. Dersom planleggeren har preferanser for en beslutning vil hans motivasjon for å få gjennom denne beslutningen være stor og han vil kunne benytte friheten i en dynamisk modell til å prøve å presentere resultatene på en måte som bidrar til at denne beslutningen kommer fordelaktig ut. For å få riktige resultater ut av en analyse av usikkerhet må nøytralitet eller balanse i forhold til beslutningen være ivaretatt i planleggingen.

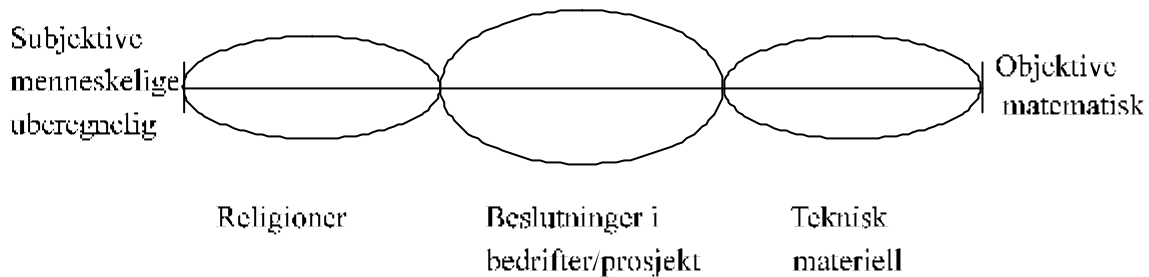
Beslutningstakeren må kunne tolke resultatet som planleggerne legger fram, dvs. analyseusikkerheten. Hvordan han tolker denne vil preges av personlige egenskaper hos beslutningstakeren. Begrep som risikoaversjon, risikonøytralitet og risikoattraksjon er brukt i diskusjonen av hvor en beslutningstaker vil velge å legge seg på skalaen av usikkerhet når beslutningen tas (Moody, 83).

En risikoavers person vil velge alternativer med liten risiko, men som vanligvis også har få muligheter. En risikoattraktiv person vil velge de mest risikable prosjektene, nettopp i håp om å innkassere den store gevinsten. Den risikonøytrale vil velge utfra definerte kriterier, gjerne ut fra forventningsverdien. Ofte vil trolig disse effektene overstyres av eventuelle egeninteresser i forhold til resultatet ettersom en enkeltperson som beslutningstaker ikke er nøytral i forhold til prosjektet.

Gjennom styring og planlegging vil beslutningstakeren kunne påvirke den reelle usikkerheten i prosjektet. Det at beslutninger tas vil utelukke en del valg, og dermed oftest gjøre usikkerheten mindre gjennom prosjektet. Beslutninger som tas vil øke informasjonsmengden, og dermed iflg. definisjonen av usikkerhet redusere denne.

Beslutningen skal ideelt sett tas på et entydig, korrekt og fullstendig grunnlag. Det er planleggerens oppgave å skaffe det. Dette understreker nødvendigheten av at alle sider ved analysen er godt dokumentert. Beslutningstakerne skal forholde seg nøytrale til prosjektene og gjøre sine vurderinger på et velfundert og riktig grunnlag. Om beslutningstakerne gjør valg og tar beslutninger som går ut over det grunnlaget som planleggerne har lagt fram, er de i sin fulle rett. Imidlertid skal de også da stå for sin vurdering og være lojale mot beslutningen i iverksetting av tiltak.

Et interessant skille går mellom det en kan karakterisere som objektiv og subjektiv usikkerhet. Figuren nedenunder illustrerer plassering av beslutningsusikkerhet på en skala hvor usikkerheten er subjektiv, menneskelig og uberegnelig på den ene side, mens den andre ytterlighet er karakterisert ved objektivitet, matematisk og beregnelig. Religion kan være et eksempel på et område som domineres av en ren subjektiv usikkerhet. Innenfor teknisk materielle området derimot hersker det mere objektive betraktninger av usikkerheten. Sagt på en annen måte kan en si at usikkerheten er den samme uansett hvem som opplever og tolker den. Mellom disse ytterpunktene er ofte den situasjonen en vil kjenne igjen i organisasjoner og prosjekter.



Figur 2.8: Skille mellom subjektiv og objektiv usikkerhet.

Dette medfører at når personer skal gjøre en analyse av usikkerheten i et prosjekt vil de ha ulike oppfatninger av usikkerheten i prosjektet. Interessante spørsmål blir da:

- Hva er det som egentlig bestemmer hvilke input som gis inn i analysen?
- Hvilke output og resultater gir den?
- Hvordan blir de kommunisert til beslutningstakeren?
- Hva påvirker hvordan beslutningstakeren tolker det beslutningsgrunnlaget han blir forelagt?
- Hva som til slutt bestemmer den beslutningen han tar?

I dette kapitlet har vi sagt at menneskelige egenskaper er en stor påvirkningsfaktor i så måte. Menneskelige egenskaper kan ha stor påvirkning på input, output, resultater, kommunikasjon, tolkning og dermed på den beslutningen som blir gjort.

2.6 Usikkerhet og organisasjonsperspektivet

Det tas beslutninger på mange nivåer og i mange ulike deler av en organisasjon. Alle disse beslutningene er eksponert for usikkerhet i større eller mindre grad. Hvordan beslutningene underbygges og tas i organisasjonen vil derfor avsløre en organisasjons modenhet i forhold til tema som usikkerhet. Håndtering av usikkerhet bør inngå som en del av en organisasjons styringsplaner og strategi.

En analyse av usikkerhet bør gjøres til en del av en organisasjons styringssystem. Å utføre en analyse vil altså være å benytte dette styringssystemet. Organisasjonens politikk i forhold til usikkerhet er viktig å diskutere. Dette må utgjøre en del av organisasjonens strategi og styringssystem. Det bør i styringssystemet finnes retningslinjer for:

- Hvilke ressurser er stilt til rådighet for prosessen? Dette inkluderer en vurdering av hvilke personer som bør og som kan delta i prosessen, dvs. hvilken kompetanse en trenger for gjennomføring av prosessen. I denne forbindelse kan kompetanseprosjektet (Klakegg m.fl., 1995) i PS 2000 brukes som støtte.
- Teambuilding. Prosessen bør gjennomføres ved hjelp av en ressursgruppe. Hvordan sette sammen denne, hvem skal være med etc.?
- Hvordan skaffe informasjon, og hvordan håndtere informasjon?
- Hvilke funksjoner/partner er ansvarlige for hvilke oppgaver?
- Hvilke partner er ansvarlig for å håndtere usikkerheten?

- Hvor stor usikkerhet som er akseptabel i beslutningsgrunnlaget i ulike faser av prosjektet? Hva tolererer en av usikkerhet i beslutningsgrunnlaget før en går inn med tiltak etc.?
- Hvordan usikre prosjekt skal håndteres .
- Hvordan alternative usikre prosjekt skal rangeres.
- Hvordan planleggingsressursene skal brukes (metode)
- Hvilke teknikker og verktøy skal benyttes?
- Krav til rapporterings- og fremstillingsformer. Hvilken informasjon forskjellige rapporter skal inneholde.
- Hvilken aktør står bak utførelse av prosessen, og hvilke andre interessenter/aktører vil ha innvirkning på prosessen, og hvordan?
- Hva skal analyseres, er det en beslutningsanalyse, kostnadsanalyse, analyse av tid, kvalitet, eller annet, og hvordan skal analysen utføres i forhold til dette?

Organisasjonen må gjennomføre en vurdering av egen situasjon og egne behov, Et beslutningsstøtteverktøy vil ha stor innvirkning på hvordan beslutninger blir tatt og hva de bygger på. Derfor må dette være en del av bedriftens strategi og generelle styringssystem.

Beslutningssituasjonen er utgangspunktet for bedriftens behov. Dette må være ledestjerne for organisasjonen i vurderingen av hva som er den rette prosedyren og det rette verktøyet for vurdering av usikkerhet i prosjektet.

Avgjørende for valg av metode er f.eks. hvordan en vil dokumentere grunnlaget for beslutninger, hvilket grunnlag en vil bygge på m.m. En må velge om en vil benytte konsulenter, ressursgrupper, nøkkelpersoner etc. Metodene og teknikkene er selve motoren i håndteringen av usikkerhet. Det finnes mange ulike teknikker, og flere av dem kan benyttes innen hver metode.

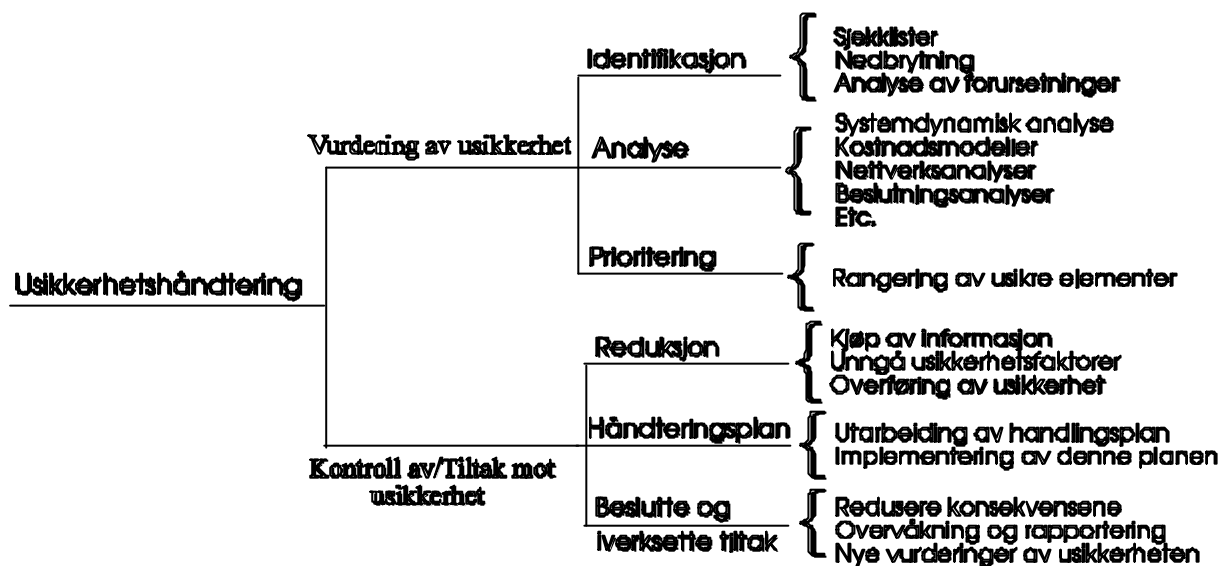
En organisasjon med et modent forhold til planlegging og beslutninger vil etablere retningslinjer for hvordan planleggingsressursene skal utnyttes, hvordan de skal bearbeide prosjekter og hvilken nøyaktighetsgrad beslutningsgrunnlaget skal ha. I tillegg bør en organisasjon ha en offisiell holdning eller politikk i forhold til hvor mye usikkerhet som aksepteres i et beslutningsgrunnlag avhengig av prosjekttype og fase i utviklingen. Dette skal være et sett av retningslinjer som forteller planleggere og beslutningstakere i alle deler av organisasjonen hva som kreves under planlegging og styring av usikkerheten.

3 Håndtering av usikkerhet i prosjekter

3.1 Håndtering av usikkerhet i praksis

Håndtering av usikkerhet i prosjekter benyttes, og vil i fremtiden bli benyttet, innen stadig nye områder og disipliner. Disse områdene kan ha forskjeller i terminologi og behov for usikkerhetshåndtering, men det grunnleggende konseptet med å identifisere, analysere, kontrollere og styre usikkerheten er generelt. Figur 3.1 viser en måte å systematisere elementer i metodikken for usikkerhetshåndtering på (Rook, 1994).

Usikkerhetshåndtering i prosjekter:



Figur 3.1: Usikkerhetshåndtering i prosjekter.

Usikkerhetshåndtering kan bestå av vurdering av usikkerhet fulgt av kontroll av og tiltak mot usikkerhet. Vurdering av usikkerhet er nødvendig for velorienterte beslutninger basert på kontinuerlige vurderinger av hva som kan gå galt og hva som kan gå bedre enn forventet. Kontroll av usikkerhet og tiltak mot usikkerhet er basert på prinsippet om at en ønsker å gjøre noe med usikkerheten mens den ennå er usikker, altså å gjøre usikkerhetshåndtering til et ledd i styringen av prosjekter.

Håndtering av usikkerhet beskrives av en prosess. Prosessen inndeling i faser er gjort på forskjellige måter. Noen av de organisasjoner vi har vært i kontakt med har hatt sin egen prosess for håndtering av usikkerhet. Vi ønsker i dette kapitlet å beskrive disse. I denne sammenheng vil vi nevne følgende prosesser (hovedsaklig norske/nordiske):

- TerraMar-prosessen
- The PRAM-Guide
- Statoils prosess
- CMT-prosjektet
- Trinnavis-prosessen

- FUTURA Risk Management Modell

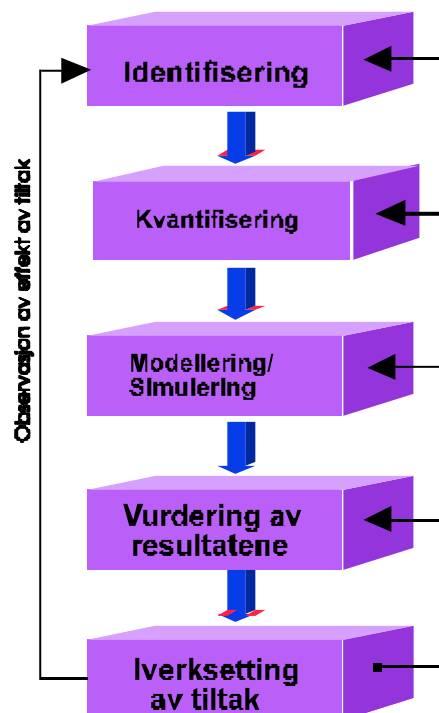
Disse prosessene er kort oppsummert videre i dette kapitlet. Beskrivelsene går ikke i detalj på hver fase i prosessene. Her henvises til litteratur om den enkelte prosess. Det blir under hver enkelt prosess nevnt hvilke teknikker den baserer seg på. En nærmere beskrivelse av teknikkene er gjort i Vedlegg 2. Vi har ønsket en økt fokusering på tilgjengelighet av den kunnskapen som finnes på området, og spredning av informasjon om de enkelte prosessene. Vi mener det vil være å gå for langt i denne omgang å kritisere hver enkelt prosess. I vedlegg 2 blir det diskutert noe rundt de enkelte teknikkene. Nærmere beskrivelse av noen av prosessene er gjort i (Aspenlund og Plunnecke, 1996) og (Hansen m.fl., 1996).

Prosessene er bygd opp omkring hvert sitt konsept og benytter tildels ulike teknikker i ulike faser av prosessen. De har imidlertid mange likhetstrekk. Selv om hver enkelt prosess har sin egen oppbygning, vil innholdet i fasene ligne veldig fra prosess til prosess.

For å kunne betrakte usikkerhet som en aktiv styringsparameter, må disse prosessene betraktes som kontinuerlige prosesser gjennom alle prosjektets faser, og ikke som engangsanalyser. Etterhvert som prosjektet løper vil nye usikkerhetselementer dukke opp, mens andre forsvinner. Andre vil skifte karakter. Skal en kunne følge usikkerheten i prosjektgjennomføringen er det nødvendig at analysene oppdateres. Hvor ofte dette gjøres vil være avhengig av situasjonen, hva slags prosjekt en gjennomfører og de ressurser som er stilt til rådighet for håndtering av usikkerhet.

3.1.1. TerraMar-prosessen

Denne prosessen for usikkerhetshåndtering er utviklet av TerraMar, et ledende norsk konsulentfirma innen prosjektledelse (Huseby, 1993). Prosessen fokuserer på informasjonsflyt gjennom flere faser, med en tiltaksplan som det endelige resultatet (TerraMar as, 1996).



Figur 3.2: TerraMar - prosessen.

Prosesen er vist i figur 3.2. Hvert trinn i prosessen er definert som en hovedaktivitet.

Prosesen legger vekt på:

- Teknikker som intervjuer, gruppemøter for å identifisere og kvantifisere usikkerhet og å vurdere resultater.
- Modellering og simulering ved bruk av dataverktøyet DynRisk (TerraMar, 1992). Modellering skjer ved influenslinjediagram.

Prosesen er iterativ for å sikre at:

- det er konsistens mellom modellvariable og resultat
- nøkkelpersonell i prosjektet etablerer eierskap til analysen
- antakelser og forutsetninger som gjøres blir vurdert og verifisert
- nøkkelpersonellets risiko⁷forståelse øker

Prosesen gjennomføres av et prosjekt-team under ledelse av en usikkerhetsanalytiker. Denne bør være ekspert på gjennomføring av slike analyser. Dataverktøyet DynRisk benyttes som hjelpemiddel gjennom hele prosessen.

3.1.2 The PRAM Guide

PRAM Guide (Project Risk Analysis and Management) av Chris Chapman (Chapman, 1996) sammenfatter elementer som inngår i metoder som anvendes for usikkerhetshåndtering i dagens prosjekter. PRAM Guide er utformet slik at den beskriver en prosess for usikkerhetshåndtering som er anvendbar i alle typer prosjekter.

PRAM (Project Risk Analysis and Management) - guide er beskrevet i generelle termer. Denne beskrivelsen benytter en fasestruktur som er mere detaljert enn de fleste spesifikke prosesser. Den beskriver den overordnede strukturen, men samtidig inkluderer den noen av detaljene som er essensielle for å forstå naturen av en praktisk prosess for usikkerhetshåndtering.

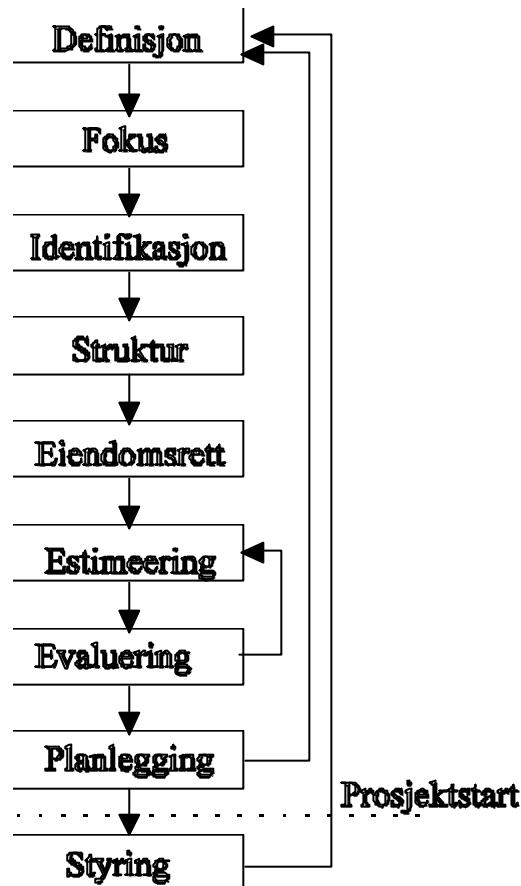
PRAM metoden beskrives av et flytkart, se figur 3.3. Vi må huske på at dette er en iterativ prosess som ikke bare kjøres gjennom en gang. Første gang kan f.eks. benyttes til å finne ut hvilke områder vi må bruke mere tid på å analysere, mens senere iterasjoner kan benyttes til å analysere enkelte av disse områdene nærmere.

Prosesen er iterativ for å sikre at tid og ressurser disponeres riktig, dvs. fokuserer på de risiki⁸ som er av størst betydning i hver gjennomgang av prosessen.

⁷ TerraMar benytter følgende definisjon på risiko (TerraMar as, 1996): Risiko er usikkerhet knyttet til utfallet av fremtidige aktiviteter, beslutninger og hendelser. Risiko kan ha positive eller negative konsekvenser for virksomhetens målsetning.

⁸ Chris Chapman benytter følgende definisjon av risiko: Risiko er sjansen for økonomiske eller finansielle tap eller gevinster, fysisk skade eller forbedringer, forsinkelser eller tidsbesparelser, som en konsekvens av usikkerheten knyttet til en fremtidig hendelse.

Det er mange utfordringer knyttet til å implementere en prosess for usikkerhetshåndtering tidlig i et prosjekt (Chapman, 1996). Prosjekt mål er gjerne uklart definert, noe som medfører flere alternativer og større utfallsrom for hver beslutning.



Figur 3.3: The PRAM Guide.

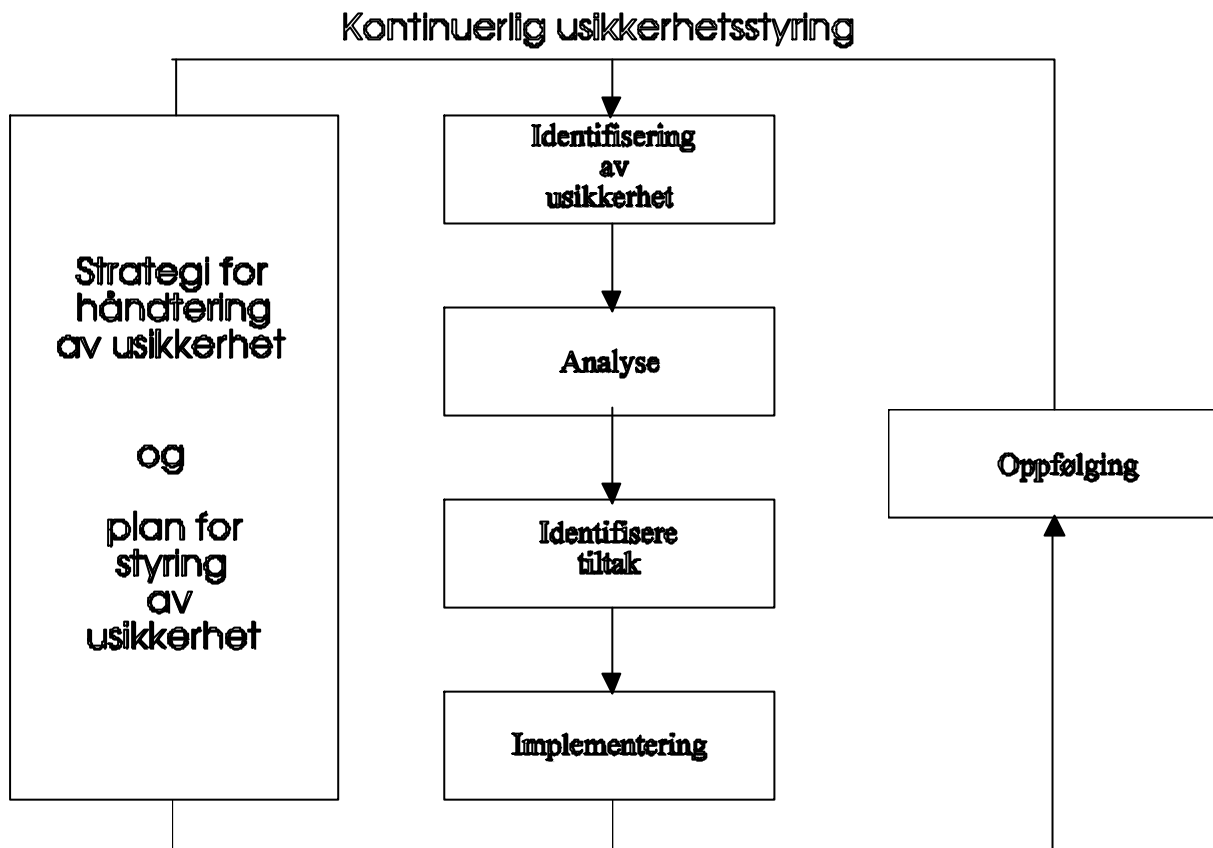
3.1.3 Statoils prosess for usikkerhetshåndtering

Statoil har laget et dokument (Statoil, 1996) som gir veiledning for håndtering av usikkerhet og konsekvenser for hele prosjektforløpet av utviklingsprosjekter i Statoilkonsernet. Dette skal være en beskrivelse av beste praksis for kartlegging av usikkerhet, analyse av konsekvenser og planlegging og oppfølging av usikkerhets- eller konsekvensreducerende tiltak.

Statoil beskriver at håndtering av usikkerhet skal være en kontinuerlig prosess der en må se alle elementer i sammenheng for å ivareta avhengigheter og grensesnitt mellom fagområder og mellom deler av prosjektet. Prosessen skal bestå av en del trinnvise aktiviteter som vist i figur 3.4. Aktiviteter danner basis for en iterativ prosess.

Total eller gjenværende usikkerhet vil endres over tid i et prosjekt, og det skal med jevne mellomrom gjøres en revurdering av underlaget for å sikre at strategi og styringsplaner tar hensyn til ny

informasjon og endringer. Kjerneteamet i prosjektet er ansvarlige for at det blir initiert et arbeide med å identifisere usikkerhet og håndtere denne.



Figur 3.4: Statoils prosess for usikkerhetshåndtering

Det legges ikke vekt på å utvikle avanserte modeller eller teknikker, men forsøk på å få uttrykt den kunnskap som de involverte fagdisipliner har på en nøktern, men realistisk måte. Bedre håndtering av usikkerhet krever iflg. Statoil:

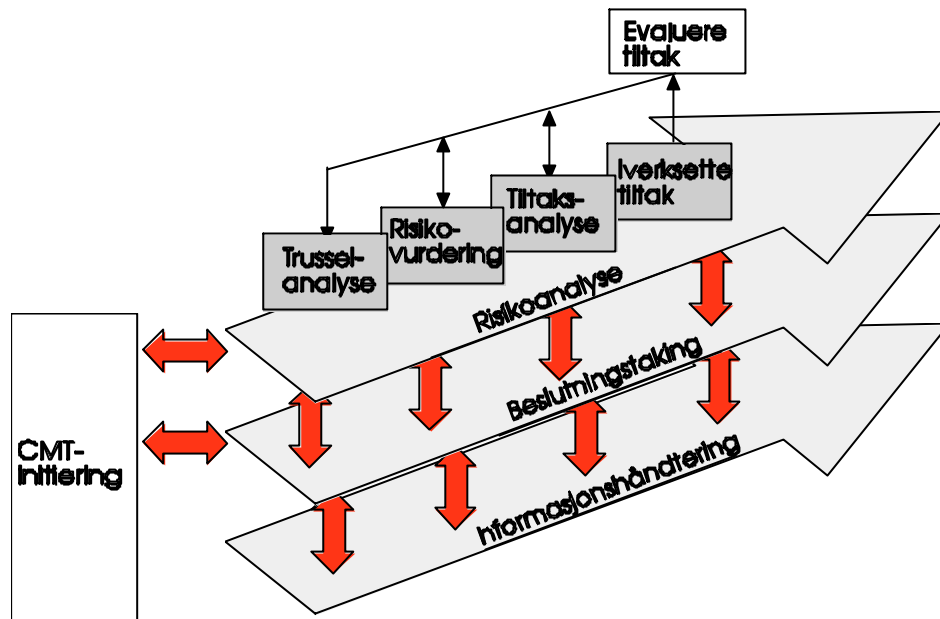
- En virkelighetsnær og nøktern behandling. Ikke avanserte modeller.
- Bedre kommunikasjon og kunnskapsoverføring mellom de involverte parter.
- Bedre innsikt i hva usikkerhet er.

3.1.4 CMT-prosessen:

CMT (Criticality Management Tools) - prosjektet utføres av Det Norske Veritas i samarbeid med Forsvaret og det franske selskapet Aerospatiale Missiles. Det har som formål å utvikle en kostnadseffektiv metode for å identifisere, vurdere og styre enhver usikkerhet som et prosjekt er eksponert for gjennom livssyklusen (Hauge og Wright, 1995).

CMT er et fleksibelt modulsystem som består av prosedyrer, metoder og dataverktøy for måling og styring av det totale usikkerhetsbildet i alle faser av alle typer prosjekter.

CMT kan anvendes i alle prosjekter uavhengig av størrelse og kompleksitet. Denne fleksibiliteten blir ivarettatt av dataverktøyet EASYRISK, som er utviklet i CMT-prosjektet. Dette er utformet slik at andre kommersielle dataverktøy kan integreres som moduler i dette etter behov.



Figur 3.5: CMT-prosessen

Metoden beskrives ved en modell som ivaretar de tre aspektene identifisere, vurdere og styre, ved usikkerhetshåndtering gjennom integrerte informasjonsstrømmer for (Se figur 3.4):

- usikkerhetshåndtering og
- informasjonshåndtering

Prosessen starter med initiering av analysen. Denne fasen blir bare gjennomgått når analysen starter. Så følger usikkerhetshåndteringen og informasjonshåndteringen.

CMT-prosjektet benytter sjekklister og intervjuunder for identifisering av usikkerhetselementer. En usikkerhetsanalyse skal kunne utføres i tre versjoner:

- avansert
- standard
- «light»

Den avanserte versjonen har et stort omfang og benytter blant annet influenslinjediagram og simuleringer (Monte Carlo simulering). Teknikkene og verktøyene som benyttes i denne versjonen er nøyaktigere og mer omfattende enn de som brukes i standardversjonen. Den avanserte versjonen krever spesialiserte brukere. Standardversjonen foretar overslagsberegninger ved hjelp av forenklede scenarier og analytiske teknikker. Versjonen krever mindre opplæring, men det er her viktig å være klar over hvilke begrensninger og antagelser som inngår. «Light»-modellen er ennå ikke utviklet, men denne skal fungere som den enkleste versjonen. Hovedfaktorene som avgjør valget av versjon er krav til nøyaktighet og tilgjengelige ressurser.

3.1.5 Trinnvis-prosessen

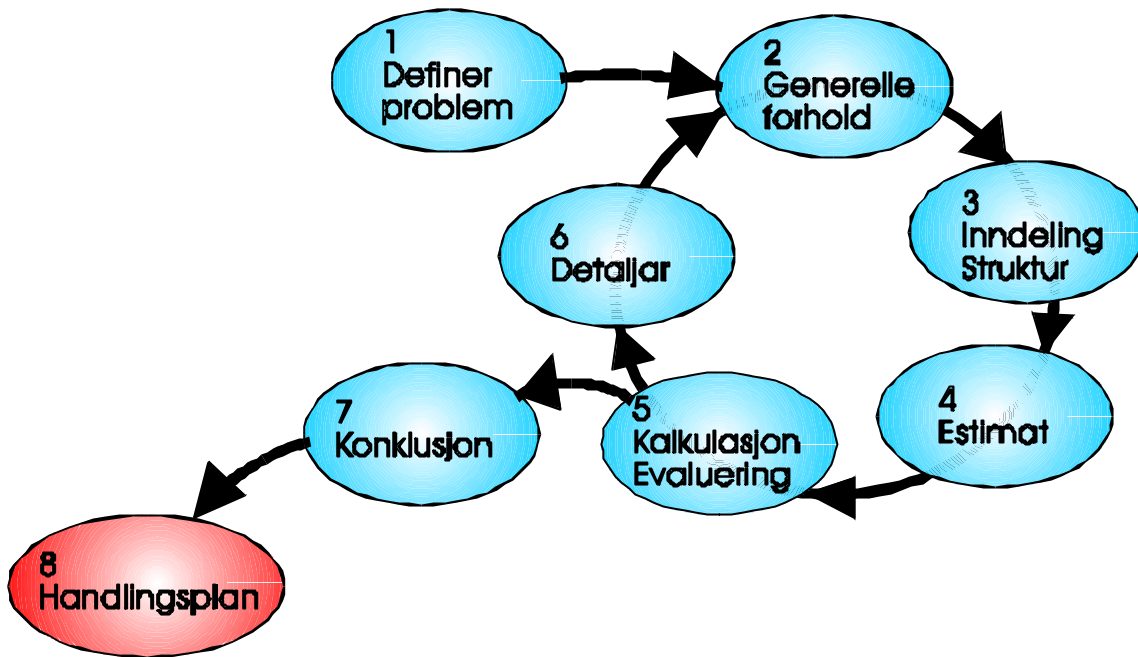
Trinnvis-prosessen (Klakegg, 1993) er en systematisk arbeidsmåte for planlegging. Metoden er like god til kalkulasjon som til tidplanlegging. Trinnvis-prosessen er et prinsipp utviklet ved Institutt for bygg- og anleggsteknikk, NTH som er utviklet og prøvd siden 1989. Den legger opp til gjennomføring av planleggingsmøter der en gruppe ressurspersoner utnytter alle sine erfaringer og sin subjektive vurderingsevne til å gjøre prosjektplanen så god og realistisk som mulig. Planleggingen blir gjennomført trinn for trinn slik at planleggerne beholder oversikten, mens detaljeringsgraden på planen blir større.

Trinnvis-prosessen benytter seg av suksessivprinsippet. I tillegg benyttes brainstormingsteknikker til identifisering av generelle forhold som kan påvirke prosjektplanen. Prosessen støttes av dataverktøyene TRIKALK (trinnvis kalkulasjon), TIDUS (trinnvis tidplanlegging) og RISIKINI (risikoanalyse som beslutningsstøtte). Det legges vekt på å utforme en handlingsplan basert på de mest usikre sidene ved planen.

Gjennom hele prosessen fokuseres sterkt på arbeidet i ressursgrupper. Noen av hovedutfordringene ved gjennomføring av prosessen er å få ressursgruppa til å yte sitt beste, og å få til en god sammensetting av ressursgruppa. Argumenter for å samle et bredt utvalg av ressurspersoner er:

- Flere tenker bedre enn og har større, bredere erfaring enn en.
- Bred sammensetning gir ulike vinklinger og åpner for at problemet kan ses fra alle sider.
- Bredt sammensatt erfaring trengs for å kunne gi gode faglige vurderinger av alle poster.
- Bred sammensetning fagmessig, alders og erfaringsmessig for å dempe, evt balansere tendenser til ensidig optimisme eller pessimisme og for å skaffe stor nok spredning i anslagene.

Trinnvis-prosessen er oppsummert i figur 3.6.



Figur 3.6: Trinnvis-prosessen.

3.1.6 Futura Risk Management Prosess

Futura International er en gruppering av samarbeidende konsulenter fra Norge, Sverige, Danmark, Finland og England. I Norge nevnes Prokonsult AS. Futura (Proconsult AS, 1993) er et team-basert usikkerhetshåndteringskonsept som er blitt utviklet gjennom 15 års praktisk bruk i et bredt spekter av prosjekter som bygger på suksessiv-prinsippet (Lichtenberg, 1990). Konseptet inneholder følgende:

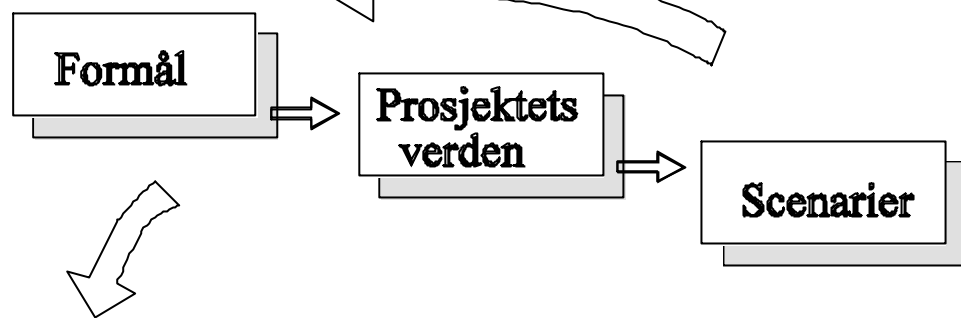
- Gruppesesjoner hvor nøkkelpersoner fra organisasjonen eller prosjektteamet involveres. Det legges vekt på å få en bred faglig sammensetning av gruppen.
- Dataverktøyet Futura som benyttes interaktivt i gruppesesjonen. Verktøyet skal understøtte arbeidsmetoden.

Som nevnt benytter prosessen seg av suksessiv-prinsippet, som benytter seg av ovenfra-ned (top-down)-prinsippet. For å utvikle et realistisk bilde av den overordnede situasjonen kombineres gjennomføring av prosessen med prosjektgruppens analytiske evner, erfaringer og kreativitet.

Prosessens er beskrevet i figur 3.7, og består av følgende trinn:

- 1 Kvalitativ analyse
- 2 Kvantitativ analyse
- 3 Aksjonsplaner

Trinn 1: Kvalitativ analyse



Trinn 2: Kvantitativ analyse



Trinn 3: Aksjoner



Figur 3.7: Futura Usikkerhetshåndteringsprosess, (Hansen m.fl, 1996) og (Proconsult, 1993).

3.2 Håndtering av usikkerhet i prosjekter - Hvilke problemer kan oppstå?

Når det tidligere er sett på håndtering av usikkerhet har ofte innsatsen i for stor grad vært rettet mot utvikling av nye teknikker og verktøy for å håndtere usikkerhet i prosjekter. Disse metodene og verktøyene er brukt til å underbygge beslutning før oppstart eller i tidligere faser av prosjekter. I hovedsak er de brukt i store prosjekter på grunn av kompetansekravene og ressursbruken som kreves. Svært få har imidlertid klart å implementere disse teknikkene og verktøyene med hell i praktisk prosjektstyring i sine organisasjoner. Vi ønsker her å gå inn på en del grunnleggende årsaker til at mange ikke har lyktes med å implementere usikkerhetshåndtering i praktisk prosjektstyring.

Tilbakemeldingene fra programdeltakerne samsvarer godt med våre erfaringer. Det mangler en bevisstgjøring av usikkerheten i prosjekter. Folk som arbeider i prosjekter er altfor lite bevisst den usikkerheten som finnes, og på å ta tak i den og gjøre den til noe positivt. Folk er ikke vant til å tenke og håndtere usikkerhet, og har innarbeidede rutiner som baserer seg på teknikker og verktøy som undertrykker det faktum at framtiden er usikker. Fremtiden behandles derfor deterministisk i praksis. Dette har delvis redusert verdien av håndtering av usikkerhet til akademiske øvelser. Å få folk til å benytte teknikker som synliggjør usikkerheten i prosjektet har vist seg vanskelig. Bevisstgjøring på usikkerhet kan kun skapes ved at det fokuseres mere og mere på usikkerhet og usikkerhetshåndtering i prosjektstyring. Denne fokuseringen må komme ovenfra i organisasjoner. Organisasjonene må lage sin egen politikk i forhold til usikkerhet og risiko, slik at det blir mulig å

følge opp usikkerheten ut fra denne. Dette vil også begrunne den ressursinnsatsen som må til for å etablere politikk og retningslinjer for usikkerhetshåndtering.

Før det utvikles ny metodikk må det gjøres en innsats på det mentale plan hos dem som styrer prosjekter med hensyn på usikkerhet. Bevissthet og intuisjon må utvikles. Vanlige prosjektfolk er ikke skolert i håndtering av usikkerhet, noe som gjør at de ikke klarer å takle situasjoner under usikkerhet. Folk må lære seg til å tenke på usikkerhet, og å tenke riktig i forhold til usikkerhet.

Generelt har det vært et problem at en legger planer for å eliminere usikkerhet. Når så planen foreligger betrakter en denne som fast, og glemmer dermed at usikkerheten i prosjektet fortsatt ligger der. Tradisjonelt har dette slått ut i avvik og «brannsløkking» etterhvert som usikkerheten gjør seg utslag. Dette utgangspunktet blir helt feil. En kan ikke eliminere usikkerhet i prosjekter og det bør da heller ikke være målet. Målet må være å identifisere og utnytte mulighetene som ligger i usikkerheten, og å begrense konsekvensene som risikoen fører med seg. Dette kan kun gjøres ved at usikkerhetshåndtering betraktes som en kontinuerlig prosess gjennom hele prosjektet, ikke som en engangsanalyse i planleggingen slik tendensen har vært. Hvordan usikkerhet og usikkerhetshåndteringen kan betraktes i forhold til prosjektet og prosjektstyringen tar vi opp i kapittel 2.2 og 2.3. Et forslag til en generell prosess for usikkerhetshåndtering i styringen av prosjekter er gjort i kapittel 4.

Et annet problem som gjør usikkerhetshåndtering i prosjekter vanskelig er at et entydig begrepsapparat mangler. Folk snakker om forskjellige ting når de bruker ordene risiko, usikkerhet, muligheter, sannsynligheter etc. Dette gjør det ekstra vanskelig å implementere usikkerhetshåndtering i prosjekter samtidig som det er en av faktorene som bidrar til at kommunikasjon av usikkerhet er et stort problem i prosjekter. Vi var innom begrepsapparatet i kap. 2.1.

Som nevnt er manglende begrepsapparat en av grunnene til at kommunikasjon av usikkerhet i et prosjekt er problematisk. Kommunikasjon av usikkerhet vil selvfølgelig også henge sammen med et annet problemområde som er påpekt, nemlig manglende bevisstgjøring på usikkerhet og usikkerhetshåndtering i prosjekter. Når folk ikke er bevisst usikkerhet blir det ekstra vanskelig å kommunisere usikkerheten inn i prosjektet og prosjektorganisasjonen.

Noe forenklet kan vi si at kommunikasjon av usikkerhet skal foregå mellom dem som utfører en analyse, planleggerne, og de som skal ta beslutninger på grunnlag av analysen, beslutningstakerne (samt til ulike interessenter som politikere, naboer etc.). Mennesker har ulike perspektiv på ting, ulike mål, verdier, holdninger, bevissthet, kreativitet, motivasjon, ulike evner og erfaringsnivå. Dette er egenskaper som sammen er med på å påvirke analysen og kommunikasjon av usikkerhet i prosjekter. Dette er nærmere diskutert i kap 2.6 og 2.7. En ønsker å hindre at slike personlige egenskaper er med og påvirker beslutningsgrunnlaget og dermed beslutningen på en slik måte at grunnlaget blir skjevt eller ufullstendig. Vi trenger bedre forståelse av hvordan brukerne reagerer på usikkerheten og hvordan teori og praksis kan forenes. Dette ved innføring av en systematisk prosess for usikkerhetshåndtering i prosjekt, se kap. 4.

Det har i praktisk prosjektstyring oppstått en risikokultur snarere enn en søken etter muligheter i prosjekter. En er veldig opptatt av å søke etter risikoelementer, noe som fører til en overfokusering på det som kan gå galt, og en undervurdering av mulighetene, som er det som skaper suksess for et

prosjekt. Dette kan ofte skyldes det språkmessige problemet med feil bruk av ordet risiko, samt at det har blitt en mote hos rådgiverne å snakke om risiko i tide og utide.

Fagfolk er ofte ikke villige til å godta at de anslag som de setter på faktorer er usikre. De vil da sette for snevre grenser for anslaget, noe som medfører en liksomnøyaktighet i analysen. Det henger sammen med manglende bevisstgjøring og kultur for usikkerhet. Folk må ikke være redde for å innrømme at der finnes usikkerhet innen sitt fagfelt.

Ved innføring av usikkerhet i analyser ønsker mange ofte fortsatt å ha kun en verdi å forholde seg til. De blir dermed fristet til å velge ut forventningsverdien. Det er vanlig å samle inn data, for så å bruke gjennomsnittet av disse i analysen. Da mister en imidlertid fortsatt den viktigste informasjonen som en gjennom en usikkerhetsanalyse er i stand til å skape, nemlig et mål på hvor stor usikkerhet beslutningsgrunnlaget inneholder. De aller fleste programvaresystemer er basert på deterministiske analyser der f.eks. aktivitetenes varigheter er satt inn som forventningsverdier. Slike systemer har en innebygget optimisme (Hallefjord m.fl., 1996). Dersom vi baserer f.eks. et anbud på en slik analyse kan vi være i vanskeligheter.

Det viser seg at det tar lang tid å få gjennomslag for viktigheten av å ta hensyn til usikkerheten i planlegging og styring av prosjekter. Vi kan dermed slå fast at implementering av usikkerhets håndtering i praktiske prosjekter er et problem. For å lette implementeringen trengs bl.a. en systematisk prosess for utførelse av usikkerhetsanalyser, samt bruk av enkle modeller og verktøy.

Et annet viktig problem i forhold til å forstå usikkerheten fullt ut er at manglende lojalitet til planleggingen vil medføre at det positive potensialet i usikkerheten aldri kommer til syne. Erfaringer viser at det er mange prosjekter som overskrider sine rammer, men veldig få som faktisk krever mindre penger eller tid enn det som er avsatt. Dette til tross for at en ofte har tatt utgangspunkt i forventningsverdien - som egentlig skulle underskrides i 50 % av tilfellene. Naturligvis kommer dette ofte av at rammene faktisk er satt for lavt, enten som resultat av forglemmelser i planleggingen eller på grunn av taktiske vurderinger. Et annet punkt i denne forbindelse er at enhver ramme ofte vil fungere som et «selvoppfyllende profeti». Virkningen blir at eventuelle frigjorte midler blir brukt opp på prosjektet, enten til å heve standarden, utvide prosjektet, eller rett og slett til forbruk istedenfor å gå tilbake i kassa.

Basert på det ovennevnte kan vi si at det er noe galt med kulturen i organisasjoner når det gjelder forholdet til usikkerhet. Dersom prosjektledere handler fornuftig ut fra forutsetningene, men stokastikken i problemet gjør at rammene ryker, fører dette ofte til at prosjektlederne blir straffet. Dersom prosjektledere imidlertid handler ufornuftig, men har flaks fordi at stokastikken slår heldig ut, blir de belønnet for det. Dette skaper en frykt for represalier i prosjektet dersom rammene ryker. Det at en bruker opp rammene vil en imidlertid få skryt for bare en ikke havner over.

En bør i større grad studere grunnen til at rammene eventuelt blir overskredet istedenfor å legge skylden på prosjektlederen. I tillegg skape en kultur som belønner prosjektledere som hele tiden ser etter muligheter til forbedringer, slik at prosjektet blir bedre enn planlagt. En kan tenke seg en endring i måten prosjektledere blir evaluert på. Prosjektledere som gjennom hele prosjektet søker etter forbedringer bør belønnes fremfor prosjektledere som kun er opptatt av å bruke opp rammene.

Det er imidlertid klart at det vil ta tid å endre kultur i organisasjoner. Det må fremskaffes gjennom mange ulike tiltak innen ledelse, organisering, kompetanse, oppbygging etc.

Det at mange av de teknikker og verktøy som er utviklet er komplekse gjør at prosjektfolk ikke ser nytten i å implementere disse i sine prosjekter - inngangsterskelen er for stor. Et problem er også at de komplekse teknikkene ikke har direkte definerte bruksområder, noe som gjør at de kan brukes til ting de ikke er egnet til. Direkte misbruk, ved at resultatene farges bevisst eller brukes til andre ting enn de var ment for, har også forekommet. Dette medfører skuffende erfaringer som gjør at bruken ikke blir opprettholdt og gjør implementeringen svært vanskelig.

For å legge et grunnlag for og klare å innføre usikkerhet som en naturlig styringsparameter i prosjekter er det ikke minst viktig å få de som skal styre prosjektet til å tenke riktig når det gjelder håndtering av usikkerhet. Det vil si at vi må utvikle og styrke deres bevissthet og *intuisjon*. Det er viktigere at de tenker riktig enn at de nødvendigvis får korrekt tallsvaret. Selve prosessen som analysen utføres under er viktigere enn selve analyseresultatet.

Det er vanskelig å analysere usikkerhet. Metodene, teknikkene og verktøyene krever mye av brukerne. Det trengs mye innsats for å lære dette. Tid er en verdifull ressurs. Inngangskostnaden er avskrekkende for mange. Små prosjekt/bedrifter ser seg slett ikke råd til dette. Analysene, modellene blir ofte gjort for vanskelige. Når brukerne ikke forstår modellene og analysene kan de heller ikke stole på resultatene. Derfor faller mye av grunnlaget for å gjøre analyser bort.

Vi har til nå stilt spørsmål ved menneskelige egenskaper og ved implementeringsprosessen når det gjelder håndtering av usikkerhet. Vurderingene videre i dette kapitlet går nå over til å omhandle de ulike teknikkene som finnes for håndtering av usikkerhet. De mest kjente teknikker er Scenarioteknikker, simuleringer og stokastiske analyser. Vi vil her vurdere en del problemer som finnes innen hver enkelt av disse. Grunnleggende spørsmål som dukker opp er:

- Hva er det som gjør at disse analysene ikke har slått gjennom som verktøy i planlegging og styring av prosjekter?
- Hvorfor løser ikke simulering problemet?
- Hvorfor gir scenarioteknikker feil resultat?
- Hvilke svakheter/styrker har stokastiske analyser?

Når det gjelder grunnen til at slike analyser ikke har slått gjennom, så har vi tatt opp hovedårsakene tidligere i dette kapitlet, bl.a. mangel på bevissthet og intuisjon. Problemer under implementeringen er diskutert. Når det gjelder de andre spørsmålene ønsker vi å diskutere disse noe videre i dette kapitlet.

Ideen bak scenarioanalyser er å konstruere eller prøve ut mulige framtider (eksempelvis prisen på en vare) og å løse problemet for disse mulighetene. Etter å ha oppnådd et antall av mulige beslutninger på denne måten plukker en enten ut den beste av disse eller en prøver å finne gode kombinasjoner av dem. Problemet med denne tilnærmingen er at hver enkelt scenario er utført under sikkerhet (den er deterministisk).

Som et eksempel⁹ kan vi tenke oss at vi skal ta en beslutning om å produsere en vare i dag til en kostnad K . Prisen på varen, p , må betraktes som ukjent. Dersom en venter med å produsere varen til prisen blir kjent, vil kostnaden ved å produsere varen øke noe, pga. fordyrende råvarer etc. en har da imidlertid valget mellom å produsere eller ikke å produsere, avhengig av prisen på varen. I scenarioteknikker har ikke slike valg noen verdi, og de vil dermed ikke dukke opp som en alternativ løsning. Dette skyldes at scenarioteknikker er utført under sikkerhet, og det er dermed ikke noen grunn til å betale ekstra for å forsinke beslutningen om produksjon eller ikke. Det er viktig å være klar over at det faktisk at løsningene som inneholder slike valg ikke skyldes at en har gjennomført for få scenarier. Det skyldes scenariens natur, nemlig at det er en deterministisk analyse. Det er feil å anta at dersom en bare gjennomfører nok scenarier vil en til slutt finne den optimale løsningen. Vi legger ved et eksempel som illustrerer dette i Vedlegg 3.

Stokastiske analyser dekker langt oftere opp den virkelige verdien enn en deterministisk analyse. Dette skyldes at den lar alle størrelsene variere innenfor realistiske utfallsrom. En fare i slike analyser er at en legger altfor stor vekt på forventningsverdien og glemmer at det er usikkerhet i denne.

Verdien i en stokastisk tilnærming til et problem ligger i den klare vurderingen av fleksibilitet. Du hører ofte folk snakke om fleksibilitet, men så benytter de deterministiske analysemodeller. Men fleksibilitet gir ingen mening uten stokastikk. Prosjektplanlegging kan være eksempel på selvmotsigende tenkning, i det at folk tenker stokastisk, men benytter deterministiske verktøy.

Deterministiske analyser medfører at dynamikken ikke har noen mening. Alle beslutninger kan gjøres på samme tidspunkt. I en deterministisk modell lærer man ingenting ettersom tiden går. Det er ingen grunn til å utsette en beslutning dersom du ikke får mere informasjon etterhvert. I et prosjekt ønskes sekvensielle beslutninger. En har kontinuerlig tilgang på informasjon ettersom tiden går, og beslutninger må tas etterhvert som en lærer.

Simuleringsteknikker baserer seg på at en trekker tilfeldige tall innenfor definerte utfallsrom og regner mange ganger gjennom en definert modell av problemet. Simulering er en mere mekanisert metodikk enn scenarioteknikker, men det er ingen store prinsipielle forskjeller mellom scenarioanalyse og simulering.

Den mest kjente simuleringsteknikken er Monte Carlo-simulering. Denne er beskrevet i Vedlegg 2. Når det er trekt en verdi for hver parameter innenfor utfallsrommet gjennomregnes problemet på vanlig deterministisk måte. Her ser vi dermed de samme problemene som en scenarioanalyse genererer.

Når det gjelder utviklede teknikker for håndtering av usikkerhet i tid og framdrift, er et problem med dem at de kun tar hensyn til usikkerheten i aktivitetenes varigheter, og betrakter nettverksstrukturen som fast. Dette innebærer at dersom usikkerheten i varigheten til en aktivitet som med stor sannsynlighet er kritisk medfører at varigheten blir større enn forventet, vil dette gjøre seg utslag i at sluttdatoen for prosjektet forskyves. I praksis vil det imidlertid ikke fungere slik. Dersom det oppstår en forsinkelse tidlig i et prosjekt, vil en oftest kunne gjøre tiltak på etterfølgende aktiviteter, slik at en likevel klarer å holde sluttdatoen. Tiltak kan f.eks. gjøres i form av forsering av etterfølgende

⁹ Eksemplet er basert på et problem påpekt av S.Wallace (Wallace, 1994)

aktiviteter, tidligere start av aktiviteter, øke ressursmengden for forsering etc. Dette tar ikke eksisterende teknikker og verktøy hensyn til. Slike beslutningsproblemer er ikke mulig å modellere i eksisterende verktøy. Flexibilitet blir ikke tatt vare på i teknikkene og verktøyene.

Ut fra det som er nevnt i dette kapitlet kan vi konkludere med at personlige egenskaper, holdninger i organisasjoner, kommunikasjonsproblemer er ting som hemmer implementeringsprosessen av usikkerhets håndtering i prosjekter. Dette er temaer som er avgjørende for å lykkes med å håndtere usikkerheten og innføre den i planlegging og styring av prosjekter. Temaer som altfor ofte blir uteglemt i entusiasmen over spennende nye teknikker og verktøy som nå blir utviklet i et forrykende tempo. En systematisk prosess for planlegging og styring under usikkerhet og bruk av enkle modeller og verktøy og teknikker kan være eksempel på slike tema som må vektlegges i større grad fremfor utvikling av avanserte teknikker og verktøy. En skisse til en systematisk prosess for planlegging og styring under usikkerhet er oppsummert i kapittel 4. Denne bygger opp håndteringen rundt kjente teknikker og verktøy.

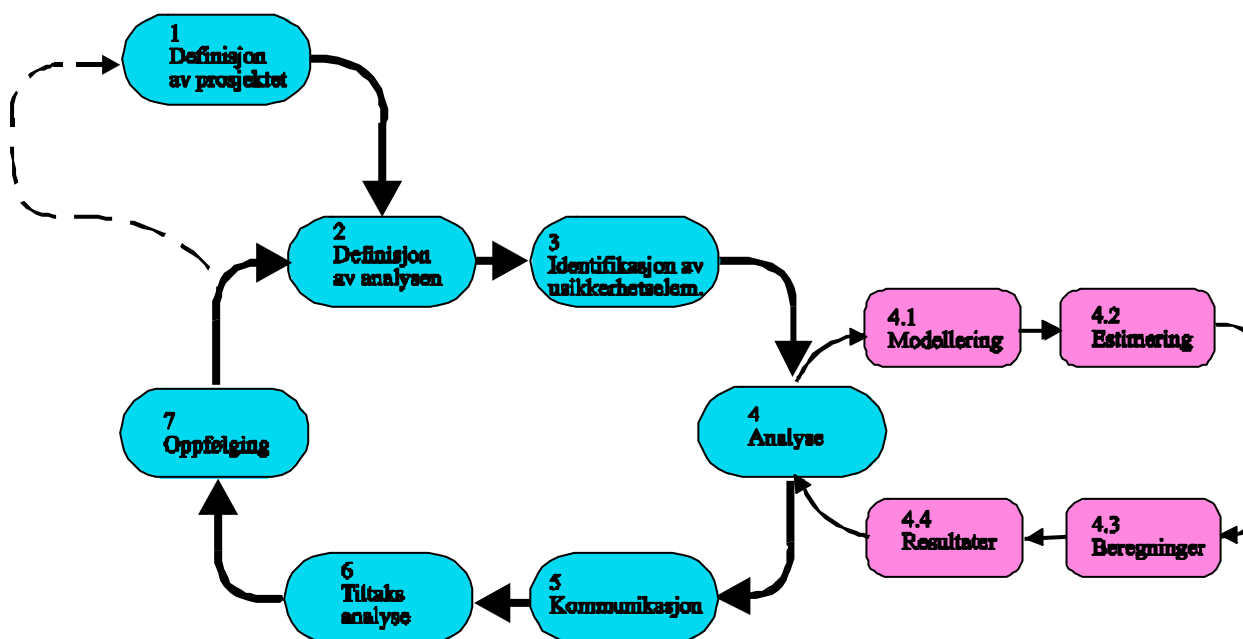
4 Retningslinjer for usikkerhetshåndtering - Prosessen

4.1 Innledning

Håndtering av usikkerhet som et ledd i styringen av prosjekter kan beskrives av en kontinuerlig prosess som kan deles inn i flere faser. Det at prosessen er kontinuerlig vil si at usikkerheten må følges opp gjennom hele prosjektet fra start til slutt. Det er ikke tilstrekkelig med en engangsanalyse. Usikkerheten endrer seg gjennom prosjektet, og det er nødvendig å se alle elementer i sammenheng for å ivareta avhengigheter og grensesnitt mellom fagområder og mellom deler av prosjektet. Nye usikkerhetselementer dukker opp underveis, mens andre forsvinner. Noen usikkerhetselementer vil endre karakter under prosjektets løp. Total eller gjenværende usikkerhet vil endres over tid i et prosjekt, se Vedlegg 4, og det bør med jevne mellomrom gjøres en revurdering av underlaget for å sikre at strategi og styringsplaner tar hensyn til ny informasjon og endringer.

Et prosjekt er en dynamisk¹⁰ prosess som krever oppfølging og styring av usikkerhetselementer for å utnytte muligheter og unngå/reducere risiki. Prosessens inndeling kan gjøres på mange forskjellige måter (TerraMar-prosessen, PRAM Guide, Trinnvis-prosessen m.fl.), se kapittel 3. Vi oppsummerer med en generell overordnet inndeling av prosessen i faser som vist i figur 4.1. Prosessen som er beskrevet her er uavhengig av hvilke teknikker og verktøy som benyttes i de ulike fasene, og uavhengig av hvilken type prosjekt en skal håndtere usikkerheten i. I de etterfølgende kapitler vil vi komme inn på hver enkelt fase, og hvordan denne kan utføres ved hjelp av kjente teknikker og verktøy.

4.2 Prosessen



Figur 4.1: Prosess for håndtering av usikkerhet i prosjekter.

¹⁰ Dynamisk vil innebære at den endrer seg med tiden, se definisjonsliste, Vedlegg 1.

Proessen inkluderer en standard prosedyre som består av faser som gjennomføres hver gang en skal utføre en analyse. Prosedyren gjennomføres ved valgfrie element i form av teknikker og verktøy for å ivareta fleksibilitet. En bør ved gjennomføring av prosessen ikke henge seg opp i valg av avanserte teknikker og verktøy etc. Det er prosessen som er viktigst, og at de elementer som kan påvirke prosjektet kommer opp på bordet og blir vurdert. Om en bør benytte avanserte teknikker eller verktøy vil være avhengig av flere forhold. Dette kan bl.a. være hva som skal analyseres, hvilken kompetanse den/de som skal utføre analysen sitter inne med, analysens/prosjektets størrelse etc.

Det er viktig å stadfeste hva som er grunnlaget for analysen, og dermed hvilken problemstilling som skal analyseres. Dersom analysen skal være grunnlaget for en beslutning kan dette kreve en annen tilnærming enn om den er grunnlaget for et kostnadsestimat/tidplan. Med en annen tilnærming menes her bruk av andre teknikker, verktøy etc. Selve prosessen er så generell at den dekker over alle typer problemstillinger. Når en imidlertid går inn på enkelte av fasene i prosessen, kan det være nødvendig å skille mellom typer problemstillinger. Dette bør i hvert enkelt tilfelle inngå som en del av definisjon av analysen. Velg teknikk/verktøy etter behov/ønske.

Som et skille mellom metoder, teknikker og verktøy er det definert at en metode er en bestemt vei mot et mål; planmessig framgangsmåte, gjerne grunnet på regler og prinsipper. På sin vei mot målet kan en metode benytte seg av en eller flere teknikker og verktøy. Teknikk er en metodisk framgangsmåte og praktiske regler som følges for å løse et eller annet problem - f.eks. regneregler. Teknikken operasjonaliseres gjennom verktøy.

4.2.1 Definisjon av prosjektet

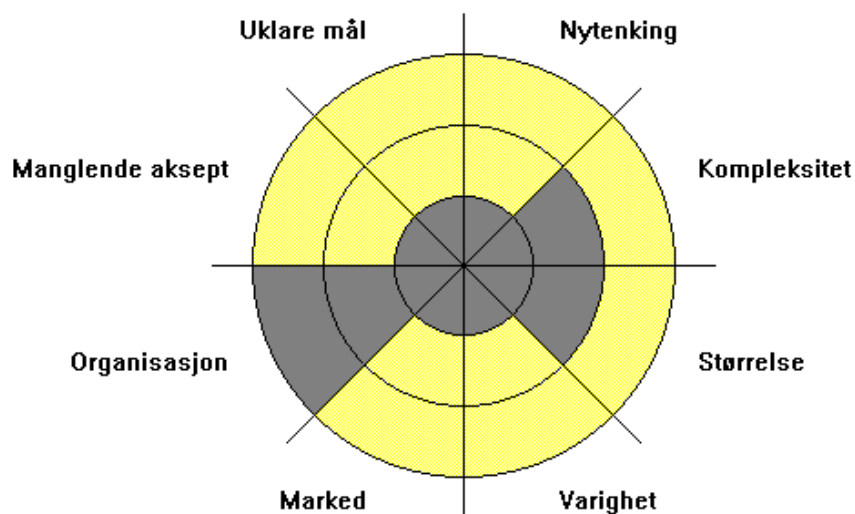
Første fase av prosessen omfatter en definisjon av rammer for prosjektet. I denne fasen må en gå gjennom all relevant eksisterende informasjon om prosjektet for å kartlegge:

- prosjektstrategi
- prosjektmål/prosjektets viktigste suksesskriterier
- prosjektets omfang (tids- og kostnadsrammer)
- aggregerte aktivitetsplaner
- ressurs og kompetansebehov
- eksterne og interne interessenter
- øvrige rammebetingelser

Dette kan være en sammenstilling av eksisterende informasjon. En bør der det er nødvendig søke mere informasjon. Hvor omfattende denne fasen gjøres er avhengig av prosjektets art etc.

Det finnes ikke mange verktøy som vil være en støtte i denne fasen, men situasjonskartet (Klakegg, 1993) er et hjelpemiddel som kan benyttes som referanse for prosjektet. Situasjonskartet er et verktøy for å fange opp planleggerens intuitive forståelse av usikkerheten i et prosjekt. Det at dette gjøres visuelt gir store fordeler under kommunikasjon. Planleggerne gir karakterer til et sett predefinerte dimensjoner som er grunnleggende. Det har flere formål:

- Beskrive situasjonen på analysetidspunktet (bedre informasjon til beslutningstakerne).
- Kontrollreferanse for analyseresultatet (sjekker intuisjon mot analyseresultat).
- Kommunikasjonsverktøy (setter fokus på forutsetningene).
- Sikre utvalg av relevante erfaringsdata til planleggingen (bruk av data som tilhører samme situasjonsbeskrivelse).
- Varme opp ressursgruppa til analysen (blir brukt som første post i en gruppesesjon for å sette tankene i rett modus).



Figur 4.2: Situasjonskartet utfylt for et sykehusprosjekt (eksempel).

Målet med denne fasen i prosessen er å skaffe informasjon om prosjektet som skal benyttes som bakgrunn for analysen og som analysen skal bygge på. At en gjør grundig arbeid i denne fasen er avgjørende for at resten av prosessen skal bli effektiv.

4.2.2 Definisjon av usikkerhetsanalysen

I denne fasen defineres rammer for usikkerhetsanalysen spesielt. Denne fasen er også kalt initiering av prosessen. I denne fasen bør det spesielt legges vekt på å fastlegge grunnlaget for usikkerhetshåndteringen og informasjonshåndteringen i prosjektet. Det er viktig at en har klart for seg hvor grensene for problemstillingen går. Hva skal være med, og hva skal ikke være med i analysen. Samtidig skal en definere strategi og fremgangsmåte for gjennomføringen av usikkerhetshåndteringen og for informasjonsstrømmen i prosjektet.

Det er viktig å bruke en del tid og ressurser på å definere usikkerhetshåndteringsrolle i prosjektet og hva som er formålet med vurderingene og analysen. Dette er nødvendig for at arbeidet skal gå rett mot målet uten å risikere avsporing mot utenforliggende problem.

En bør lage en plan for hvordan usikkerhetsanalysen i prosjektet skal gjennomføres. Hva som skal analyseres, og hvor ofte analysen skal gjennomføres etc. Hva skal usikkerheten måles i forhold til? Det er viktig å ha et eller annet mål for usikkerhetshåndteringen.

I denne fasen er det nødvendig å dokumentere forutsetningene som blir gjort. Det er viktig å ta vare på dem, da de vil danne grunnlaget for senere faser av prosessen, spesielt i analysefasen.

4.2.3 Identifikasjon av usikkerhetselementer

Elementer som kan eller vil påvirke prosjektet i positiv eller negativ retning skal identifiseres. Det er et hovedpunkt i prosessen å kartlegge elementer i prosjektet som kan bidra til usikkerhet og deres mulige positive og negative konsekvenser og innbyrdes avhengigheter. Utenforliggende vilkår og interne krefter som påvirker prosjektet og gjennomføringen av det skal frem på bordet, samt forutsetninger og rammebetingelser som vil påvirke usikkerheten i prosjektet. Dette vil ofte foregå ved hjelp av intervjuer med eksperter, kreative brainstormingsprosesser, gruppemøter og bruk av sjekklister, se Vedlegg 2.

Det er viktig med en systematisering av usikkerhetselementene, og at en får dokumentert hva som ligger i hvert enkelt element. Dette vil lette kommunikasjonen av usikkerhet i prosjektet, samt gjøre det enklere å styre usikkerhetselementer i prosjektet (vite hvilke elementer en skal konsentrere styringsinnsatsen om - sette innsatsen inn der den gjør mest nytte). Det kan dessuten danne grunnlag for hvilke usikkerhetselementer som blir inkludert i analysen. Dersom en har brukt brainstorming e.l. vil en ofte sitte igjen med et stort antall usikkerhetselementer (kanskje mer enn 100). Dette blir for mange å inkludere i analysen. Da kan en rangering av disse være på sin plass.

I litteraturen og i praktisk usikkerhetshåndtering finner vi ulike klassifiseringer av usikkerhetselementer. Disse rangerer usikkerhetselementene etter ulike kriterier. Det vil gi oss en pekepinn på hvilke elementer som virkelig betyr noe for usikkerheten i prosjektet - ut fra en kvalitativ analyse. En slik rangering kan gjøres på flere måter. Disse er brukt i ulike sammenhenger:

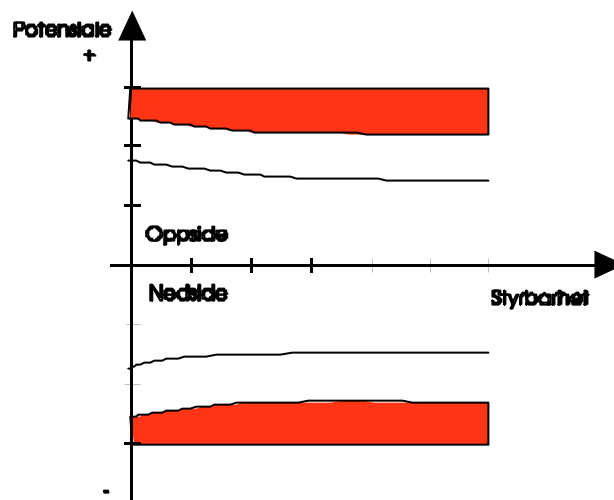
- ulik grad av forutsigbarhet
- ulik grad av identifiserbarhet
- ulik grad av analyserbarhet
- ulik grad av kontrollerbarhet/påvirkbarhet
- ulik grad av håndterbarhet
- ulik grad av styrbarhet
- ulik grad av kritikalitet
- ulik grad av potensiale

Vi har ovenfor nevnt noen mulige rangeringer av usikkerhetselementer. En kan også tenke seg en kombinasjon av to (eller kanskje flere) av disse i en matrise. Vi foreslår et eksempel på dette med utgangspunkt i elementenes styrbarhet og potensiale (oppside eller nedside). Vi ønsker å påvirke de elementene som har størst potensiale for gevinst eller tap. Styrbarhet forteller hvor lett det er å styre/påvirke elementene. Elementer med høy styrbarhet lar seg lett styre/påvirke. Det innebærer at de elementer som prioriteres for innsats til styring er de med stort potensiale og høy styrbarhet. Dette

er illustrert i figur 4.3. Om en velger kvantitativ rangering eller kvalitativ rangering spiller ikke så stor rolle.

De elementer som representerer muligheter for prosjektet vil ligge i øvre del av figuren. Vi ønsker kun å legge ned styringsinnsats på de med størst styrbarhet og størst potensiale. Dette området er markert i figuren.

De elementer som representerer risiko for prosjektet ligger i nedre del av figuren. Her gjelder også at vi ønsker å legge innsatsen til styring på de med størst styrbarhet og potensiale. Området er markert i figuren.



Figur 4.3: Rangering av usikkerhetslementer etter styrbarhet og potensiale

Det er et område som krever spesiell håndtering. Dette området er risikoelementer med liten styrbarhet, men stort potensiale. Dersom det er enkelte av disse vi ikke kan tolerere, og det er mulig, bør en gå inn med forebyggende tiltak mot disse elementene, slik at de ikke oppstår. Det er meget viktig å være klar over at disse finnes, slik at en har oversikt over dem.

4.2.4 Analyse av usikkerhet

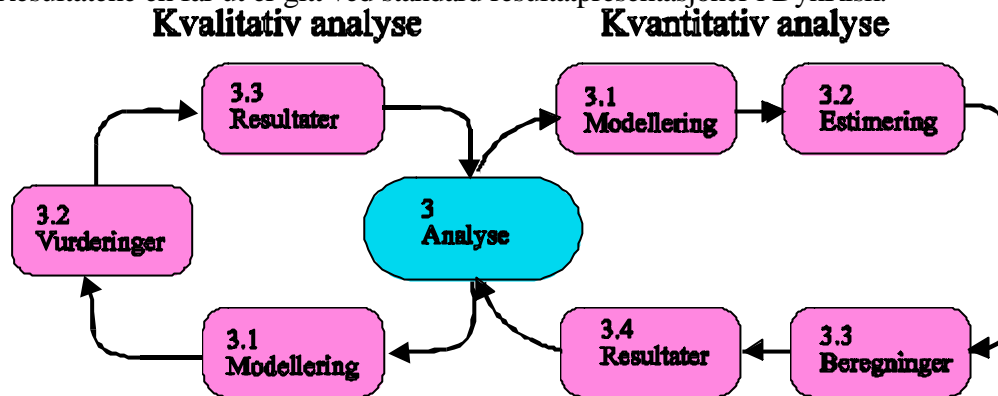
I denne fasen skal en analysere usikkerheten i prosjektet. Dette vil oftest utgjøre en analyse av usikkerhetselementenes påvirkning på parametre som f.eks. kostnad, framdrift, inntekt, kvalitet etc, eller det kan være analyse av usikkerhetens innvirkning på en beslutning. Hva som skal analyseres er fastlagt under fasen definisjon av usikkerhetsanalysen.

Analysen kan bygge på rent kvalitative¹¹ teknikker, være en kombinasjon av kvalitative og kvantitative¹² teknikker, eller kun bygge på kvantitative teknikker. Det er her valgt å dele den kvantitative analysen inn i fire trinn: Modellering, Estimering, Beregninger samt Resultater. En

¹¹ Kvalitativt vil si en verbal beskrivelse av usikkerheten og dens eventuelle påvirkning

¹² Kvantitativt vil innebære tallfesting av usikkerheten og dens eventuelle påvirkning.

kvalitativ analyse vil inneholde modellering samt en kvalitativ vurdering istedenfor estimering og beregninger. Dette illustreres i figur 4.4. De ulike trinnene vil imidlertid være avhengig av hverandre, da teknikkene og de verktøy en velger å benytte vil sette normen for hvordan strukturen på analysen må bygges opp (modelleringen), og hvordan estimeringen må gjøres samt hvilke resultater en får ut. Velger en f.eks. å benytte DynRisk i sine analyser, må en modellere prosjektet ved influenslinjediagram, og estimeringen foregår ved innlegging av ulike fordelingsfunksjoner (TerraMar, 1992). Resultatene en får ut er gitt ved standard resultatpresentasjoner i DynRisk.



Figur 4.4: Forskjell mellom en kvalitativ og en kvantitativ analyse.

Vi velger videre i dette kapitlet å ta utgangspunkt i en kvantitativ analyse når vi beskriver de ulike trinnene i en analyse. Mange av de samme teknikkene til modellering etc. vil imidlertid også kunne benyttes i en kvalitativ analyse.

Modellering av problemet

Å få en struktur på modellen kan gjøres på mange måter. Dersom en har utarbeidet en Work Breakdown Structure (WBS) for prosjektet, kan denne benyttes som grunnlag for struktureringen av usikkerhetsanalysen. Da kan usikkerhetselementene som er identifisert og hvordan de påvirker prosjektet på bygges inn i denne. Enkelte usikkerhetselementer kan påvirke kun en eller et begrenset antall arbeidspakker i WBS. Andre kan f.eks. påvirke helheten. Denne struktureringen kan gjøres ved hjelp av andre tekniker. De som kanskje er mest benyttet er bl.a. trestrukturer (beslutningstrær, hendelsestrær), influenslinjediagram, trinnvis nedbrytning, usikkerhets-/tiltaksdiagram etc, se vedlegg 2.

Vi ønsker å bygge opp en modell som beskriver virkeligheten på en best mulig måte uten å bruke for mye ressurser på beskrivelsen. Modeller kan benyttes til å beskrive et systems oppbygning eller struktur. Ofte består en modell av elementer som står i forhold til hverandre. En modell kan da beskrive et system (en helhet) ut fra delene (elementene) og relasjonene mellom dem. Det er nødvendig å bruke litt tid på å bygge opp selve modellen. I prinsippet ønsker vi å gjøre strukturen i modellen så enkel som mulig samtidig som den representerer virkeligheten på en tilfredsstillende måte. Dette er en balansegang som må vurderes under modelleringen, eller kanskje allerede i definisjonen av usikkerhetshåndteringen.

Estimering av inngangsparametre

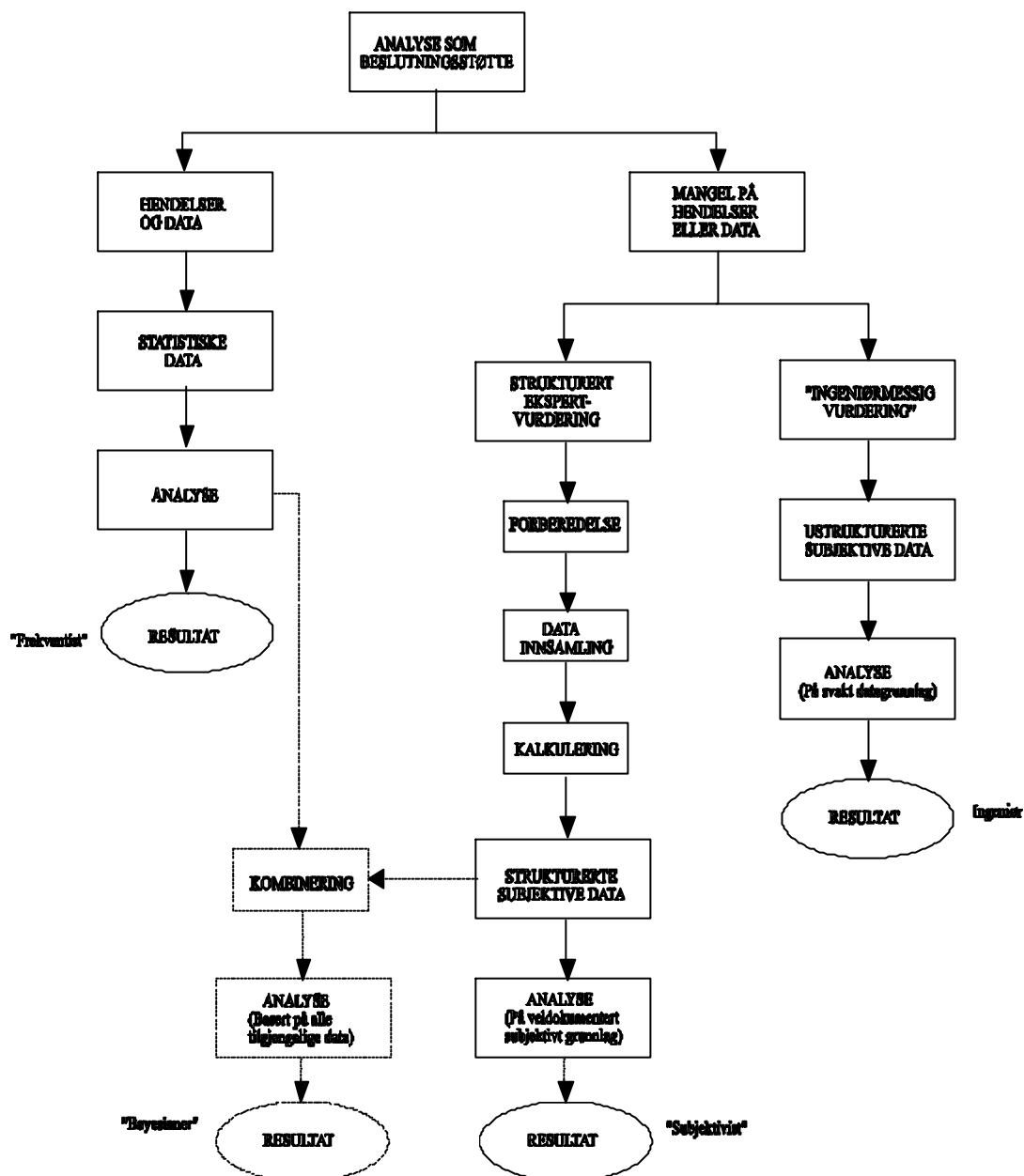
Når en modell er bygd opp vil det neste steget være å estimere verdier på de enkelte komponentene som modellen består av, det være seg i form av sannsynlighetsfordelinger for kostnader, tid eller andre passende mål fastlagt i fasen definisjon av usikkerhetsanalysen. De inngangsdata som planleggeren legger inn i analysen er i høyeste grad med på å bestemme resultatet av analysen. Det er samme hvor god modellen er, dersom de inngangsdata en benytter ikke er gode eller representative for den situasjonen en vurderer. Det er derfor viktig at inngangsdataene er så riktige som mulig (Feilen i inngangsdata er ofte mange ganger større enn den feilen som er bygd inn i en forenklet modell).

Tradisjonelt har en nøydt seg med teknikker og verktøyer som undertrykker det faktum at fremtiden er usikker, dvs. en har brukt deterministiske data. Erfaringer viser tydelig at dette er utilstrekkelig. Prosjektet og verdier knyttet til dette er ikke deterministiske, men stokastiske, da de er knyttet til fremtidige usikre hendelser.

Utfordringen ligger i å skaffe og tolke data og informasjon som benyttes som inngangsdata i en analyse. Usikkerheten kan påvirke prosjektets målvariable (kostnader, framdrift etc.) på to ulike måter:

- Usikkerhet i en parameters verdi, ofte fremstilt i form av en sannsynlighetsfordeling. Den praktiske oppgaven består oftest i å vurdere en sannsynlighetsfordeling for hver faktor som skal inkluderes i analysen. Denne sannsynlighetsfordelingen kan som oftest beskrives av en fordelingsfunksjon, Se Vedlegg 1. Trippelanslag er typisk.
- Usikkerhet knyttet til hvorvidt en bestemt hendelse vil inntreffe, og konsekvensene for prosjektet dersom den inntreffer. Den praktiske oppgaven vil her bestå i å vurdere sannsynligheten for at hendelsen skal inntreffe og konsekvenskostnaden dersom den inntreffer.

Det finnes mange måter å lage inngangsdata på. I Trinnvis-prosessen (Klakegg, 1993) beskrives utarbeidelse av inngangsdata gjennom subjektive vurderinger ved bruk av gruppesesjon med ressursgruppe. Bruk av ressursgruppe vil i denne sammenheng redusere usikkerheten i de subjektive vurderinger. Det fjerner feilkilden og gir bedre vurderinger. En må imidlertid huske på at størrelsene er like usikre for det. En gruppe har mye større evne til å se en sak fra flere sider enn en enkeltperson. Det utføres et forskningsprosjekt innen PS 2000 som heter LCP og Usikkerhet: Inngangsdata og Ekspertvurderinger (Øyen, 1996). Her vurderes måter for å skaffe inngangsdata til analyser. Figur 4.5 illustrerer oppsummering av dette prosjektet med alternative måter for fremskaffelse av kvantitative data. Den ender ut i 4 kategorier av vurderinger: Frekventistisk, Bayesiansk, Subjektivistisk og ingeniørmessig vurdering.



Figur 4.5: Alternative måter for å fremskaffe inngangsdata til ulike analyser.

Beregninger og beregningsrutiner

Når modellen foreligger og estimatene er gjort starter neste utfordring som vil være avgjørende for analysens verdi. Dette er å kontrollere/beregne hvordan usikkerhetslementer virker inn på den modellen som vi har bygd opp, og dermed på prosjektet. Her finnes mange teknikker, fordelt på kvalitative og kvantitative teknikker. Noen av disse er beskrevet nærmere i Vedlegg 2.

Bruk av dataverktøy ses ofte på som en nødvendighet for at analysen skal gjøres enklest mulig. Det finnes i dag på markedet/er under utvikling flere dataverktøy som håndterer usikkerhet. Disse bygger på ulike teknikker. En oppsummering av noen av disse er gjort i tabell 4.1.

Tabell 4.1: Verktøy for håndtering av usikkerhet i prosjekter.

Verktøy	Bygger på følgende teknikker	Utvikling/ansvarlig
Crystall Ball	Følsomhetsanalyse	Decisioneering, Denver Colorado, USA/TerraMar (Norge)
DynRisk	Influenslinjediagram Monte Carlo simulering	TerraMar
PGL Risk	Suksessiv kalkulasjon	Steen Lichtenberg, Danmark
TRIKALK	Trinnvis (suksessiv) kalkulasjon	IBA ¹³ , NTNU (Grøner DATA)
Futura	Suksessiv kalkulasjon Suksessiv tidplanlegging	Futura International, Proconsult AS (Norge)
PGL-Timing	Suksessiv tidplanlegging	Steen Lichtenberg
TIDUS	Møllers metode	IBA, NTNU (Grøner DATA)
SAS-TU Risk	Monte Carlo simulering	(Bergsmo, 1993), Hydro (?)
Superproject	PERT	Computer Associated
PrimaVera	PERT	PRIMA VERA, West Soft
@Risk	Monte Carlo simulering Add-In for Lotus 1-2-3 og Excel	PALISIDE, N.Y, USA, TerraMar (Norge)
Monte Carlo	Monte Carlo simuleringer	PRIMA VERA, West Soft
EASYRISK	Influenslinjediagram Monte Carlo simuleringer	Det Norske Veritas, CMT-prosjektet, under utvikling
Anslag	Suksessiv kalkulasjon	Statens Vegvesen
Risk+	Vurderinger av usikkerhet i eksisterende MS planer	PMSI, California, USA.
Opera	Vurderinger av usikkerhet i eksisterende tidplan i OPEN PLAN	Welcome Software Technology, Houston, Texas, USA
TOPP		Statoil
SLAM II	GERT	(Bergsmo, 1993)
PROBAN	Pålitelighets- og følsomhetsanalyse	Det Norske Veritas
RISIKINI	Hendelsestrær KARIUS ¹⁴ -metoden Valg mellom alternative tiltak	IBA, NTNU (Grøner DATA)

Tabellen baserer seg stort sett på nordiske/norske verktøy. Her finnes en stor overvekt på suksessiv planlegging og Monte Carlo simuleringer. Går en ut internasjonalt, vil en finne flere verktøy som benytter andre teknikker som scenarioteknikker, GERT, etc.

Når det gjelder de store prosjektene tillater de stor ressursbruk og dermed bruk av avanserte teknikker. Små/mellomstore prosjekt er avhengige av at analysene er enkle å utføre. De er avhengig av enkle modeller og verktøy.

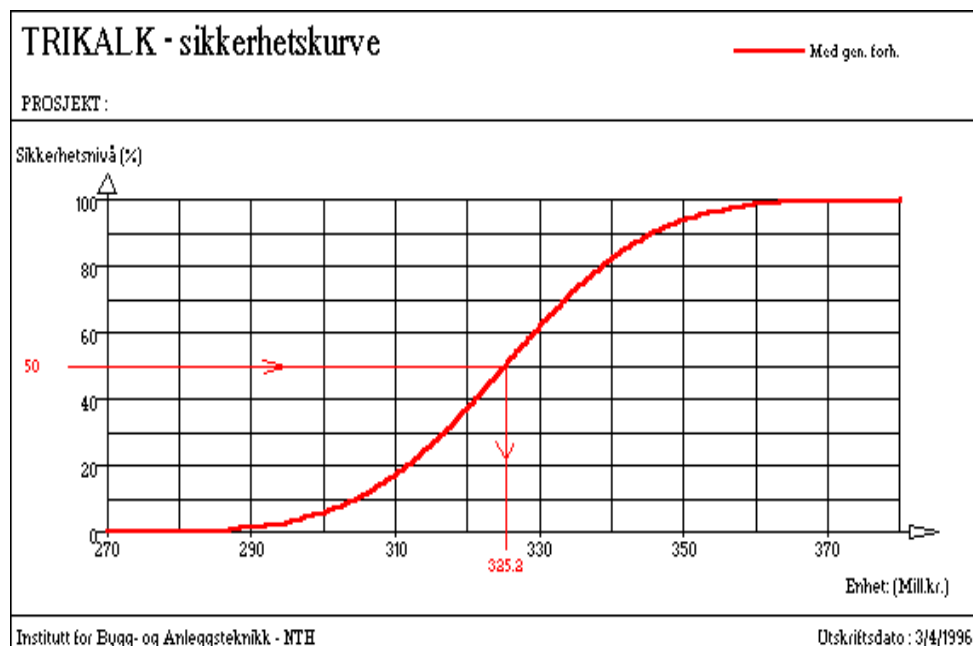
¹³ Institutt for bygg- og anleggsteknikk, NTNU.

¹⁴ Kvantitativ analyse av Risiko, Usikkerhet og Sannsynlighet, (Austeng, 1994)

Resultater fra analysen

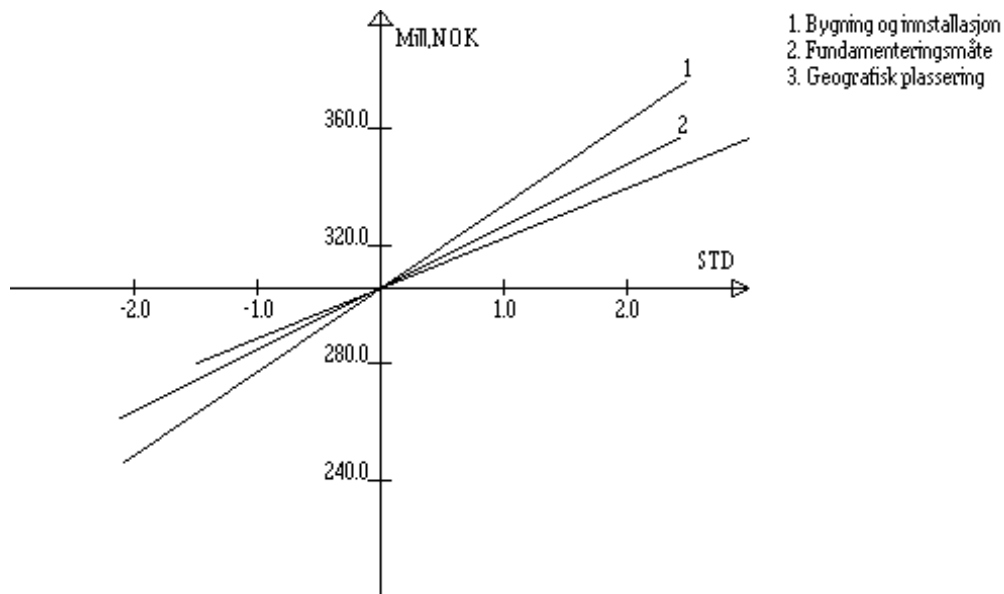
Hvordan resultatene fra analysen blir fremstilt har mye å si for hvor effektiv prosessen blir. De vil danne grunnlaget for den kommunikasjonen av usikkerhet som foregår i prosjektet. Fremstillingen blir gjort enten ved tabellarisk oppsummering av tallverdier fra analysen, eller ved grafiske fremstillinger. Vi vil her oppsummere en del resultatpresentasjoner som en kan støte på når en skal utføre/tolke en usikkerhetsanalyse.

Den mest kjente fremstillingen av resultatene fra en usikkerhetsanalyse er kanskje sannsynlighetskurven. Den uttrykker den kummulative sannsynligheten for at den målvariabelen vi har analysert skal ende under en viss størrelse, se figur 4.6. Bakgrunnen for denne kurven er en fordelingsfunksjon, se Vedlegg 1. Horisontalaksen inneholder utfallsrommet for målvariabelen, mens vertikalaksen inneholder sannsynligheter. En kan da lese av hvor stor sannsynligheten er for at verdien av målvariabelen vil komme under en viss størrelse.



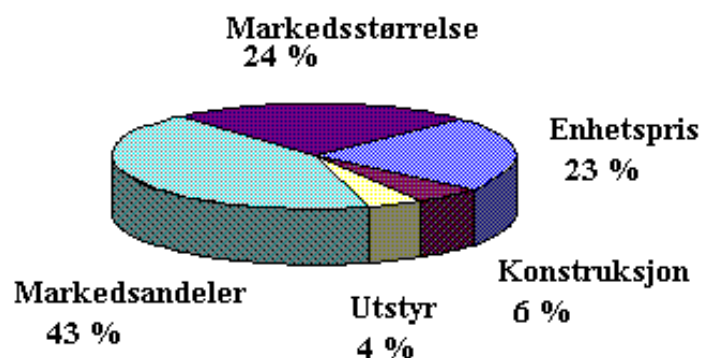
Figur 4.6: Sannsynlighetskurven.

Når det gjelder følsomhetsanalyser er et såkalt spider-diagram mye brukt. Dette forteller hvor mye den målvariabelen vi studerer blir påvirket dersom en enkelt parameter varierer f.eks. med et, to eller tre standardavvik (se figur 4.7). Utgangsverdien på den vertikale aksene er forventningsverdien. En variasjon i de aktuelle parametrene opp eller ned vil virke inn på den totale verdien som illustrert ved de tre grafene i figuren.



Figur 4.7: Spider-diagram

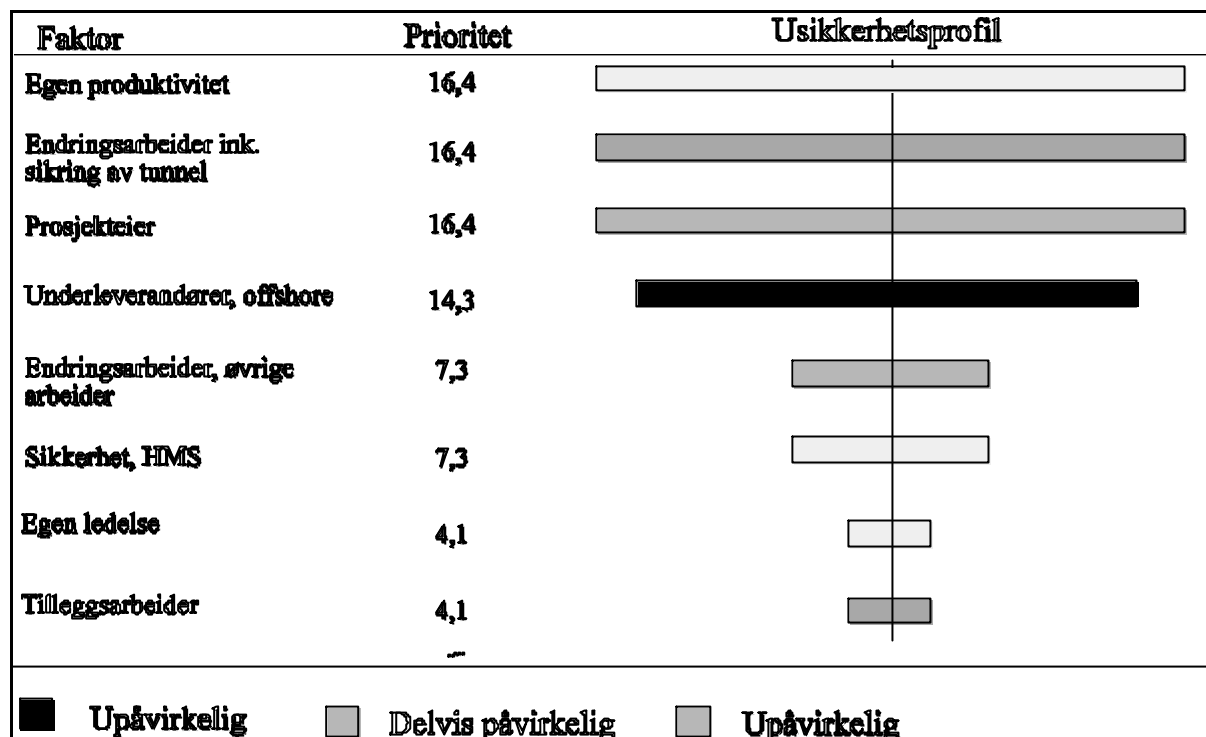
Nyttig er en fremstilling som sier noe om hvilke elementer i analysen som bidrar mest til usikkerheten i prosjektet. Denne fremstillingen kan gjøres på forskjellige måter. En måte som er brukt er kakediagram som illustrerer usikkerhetsprofilen, se figur 4.8 (TerraMar as, 1996) og (Proconsult as, 1993). Dette visualiserer de enkelte usikkerhetsbidrag og deres andel av den totale usikkerhetseksposering for prosjektet.



Figur 4.8: Kakediagram som illustrerer usikkerheten i et prosjekt

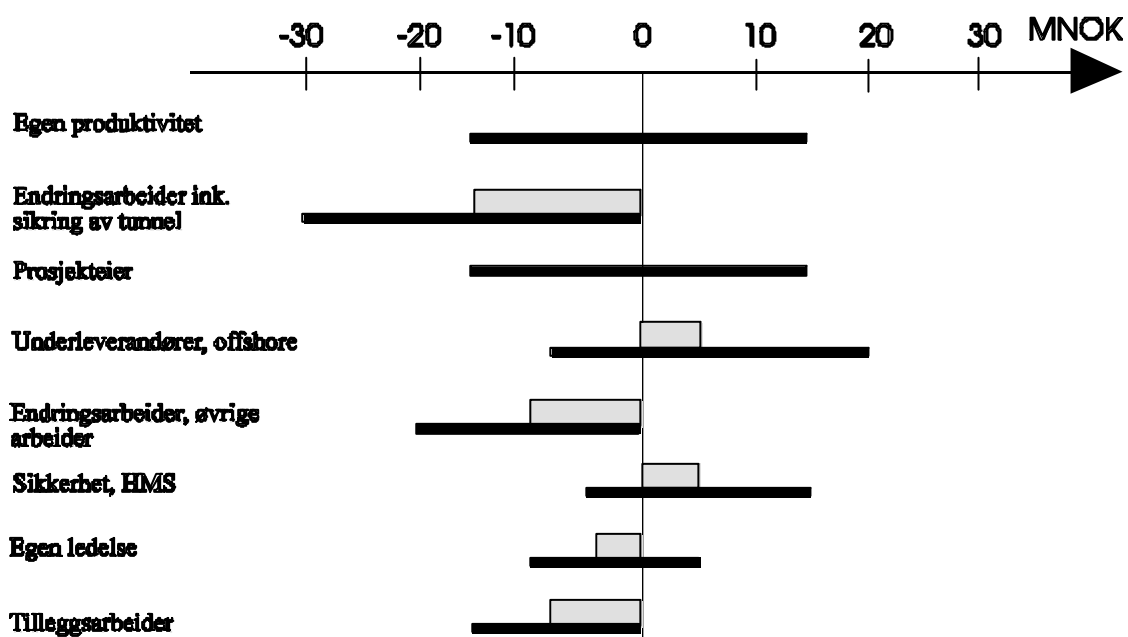
En annen fremstillingsform er en prioritetsliste, som viser f.eks. de 10 mest betydningsfulle usikkerhetselementer, dvs de elementer som bidrar mest til usikkerheten i prosjektet. Dette vil dermed være de forhold som prosjektledelsen må kontrollere for å oppnå et godt resultat. Dette er styringssignal som må omsettes i konkret styring og kontroll i gjennomføringen av prosjektet ved at en konsentrerer innsatsen om styring på de områdene som dominerer prioritetslista.

Prioritetslisten i Figur 4.9 er bl.a. benyttet i trinnvis/suksessiv kalkulasjon (Austeng og Hugsted, 1993) og trinnvis/suksessiv tidplanlegging (Klakegg, 1994). Den forteller kun hvilke faktorer som bidrar mest til usikkerheten i prosjektet, men forteller ikke om den bidrar til å skape muligheter eller risiko.



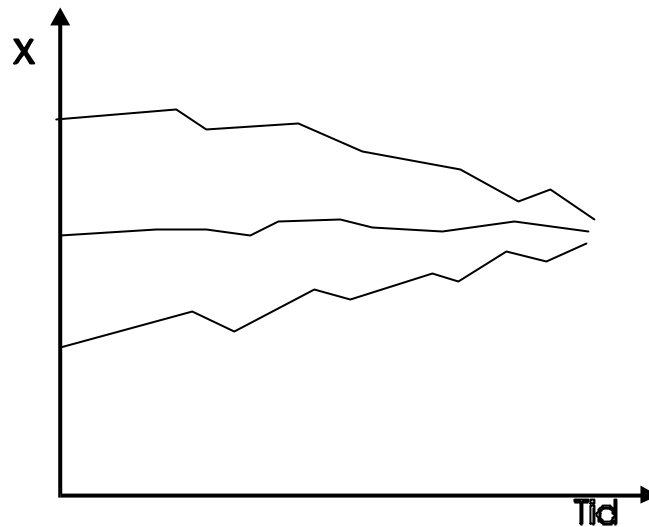
Figur 4.9: Prioritetslisten fra en trinnvis/suksessiv kalkulasjon/tidplanlegging.

For å kunne illustrere i hvilken retning et element er forventet å påvirke den målvariabelen som studeres (tid, kostnad etc.) foreslår vi en videreutvikling av prioritetslisten slik at den illustrerer oppside- evt. nedsidepotensiale for hvert usikkerhetselement. Dette er illustrert i Figur 4.10. Elementene er ikke rangert etter usikkerhet, men utgjør en liste over påvirkningsfaktorene med forventet verdi og tilhørende usikkerhet. I figuren vises påvirkningen på f.eks. totalkostnaden av hver enkelt påvirkningsfaktor samt usikkerheten i denne påvirkningen.



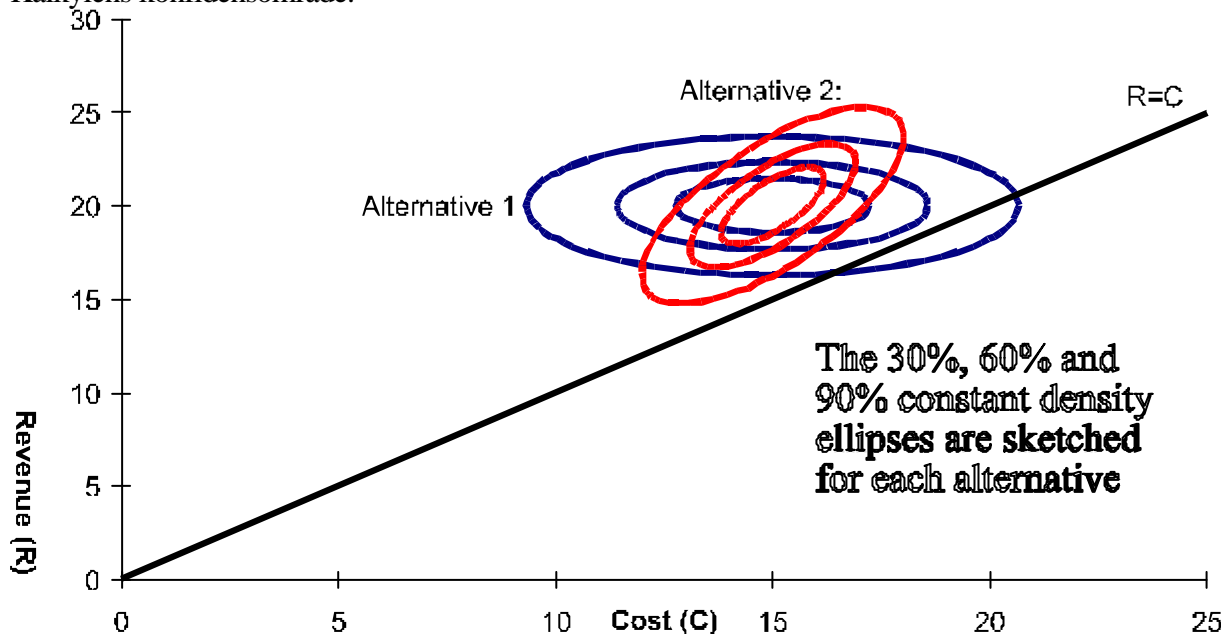
Figur 4.10: Forslag til fremstilling som illustrerer muligheter og risiki.

Den såkalte strømpen illustrerer hvordan usikkerheten i prosjektet utvikler seg over tid. Dette er illustrert i figur 4.11. Etter som tiden går i prosjektet, og mere informasjon blir kjent, vil usikkerheten i målvariabelen X (f.eks. tid, kostnad, kvalitet) minke.



Figur 4.11: Illustrasjon av utviklingen av usikkerhet over tid i prosjektet - «strømpen».

En annen framstilling er basert på en tankegang om at, spesielt for utførende, må et system for håndtering av den økonomiske usikkerheten fokusere på usikkerheten i fortjeneste (Stjern, 1996, 1) og (Stjern, 1996, 2). Fremstillingen illustreres ved usikkerhet i inntekt og kostnader. Kalkylen bygges i prinsipp opp som en sum av vektorer, der hver vektor uttrykker beregnet kostnad, og prisen på den tilhørende kostnadsposten (prisen blir den utførendes inntekt dersom kontrakten realiseres). Det endelige utfallet modelleres ved at vektorene håndteres som stokastiske vektorer, dvs. at utfallet av hver vektor gitt ved vektorens lengde og vinkel, uttrykkes som sannsynligheter for å inneholde det endelige utfallet av kostnader og inntekter for den tilhørende post. Et 2-dimensjonalt intervall av kostnader og inntekter som med en viss sannsynlighet vil inneholde det endelige utfallet, er Kalkylens konfidensområde.



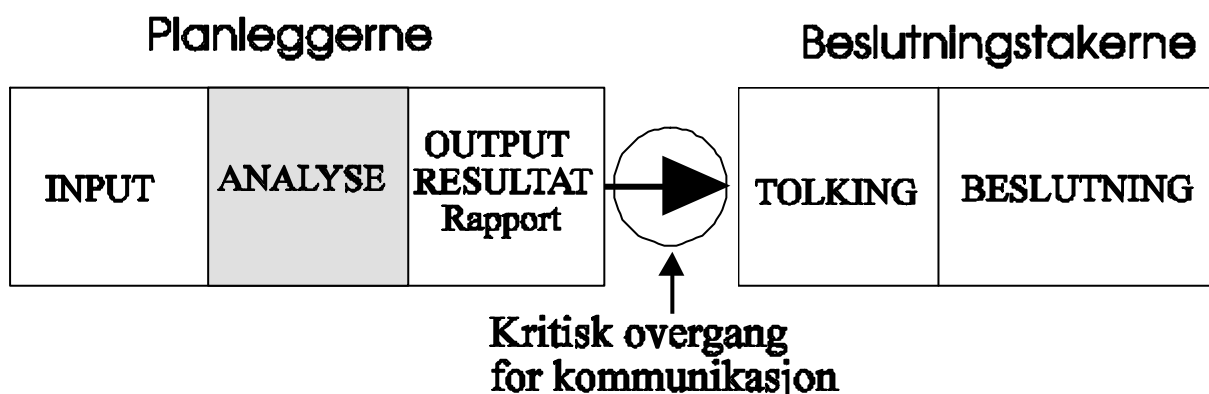
Figur 4.12: Konfidensellipser for 2 alternativer.

F.eks. vil et 20% konfidensområde med 20 % sannsynlighet inneholde utfallet av kalkylevektoren. Forskjellen mellom ulike alternativer, uansett om forskjellene skyldes ulike produksjonsmetoder eller ulike prisingsalternativer, uttrykkes da som ulike konfidensområder, med forskjellig beliggenhet og forskjellig utstrekning, se figur 4.12. Konfidensellipsene for de ulike alternativene kan videre transformeres til kumulative sannsynlighets-kurver for fortjeneste. (S-kurver). Tankegangen bak dette er beskrevet noe nærmere i vedlegg 5.

Det finnes flere måter å presentere resultatene fra en usikkerhetsanalyse enn de vi har presentert her. De ulike måtene å presentere usikkerhet i analysene på danner grunnlager for kommunikasjon av usikkerhet i prosjektet. For å få en best mulig kommunikasjon av usikkerhet er det viktig at resultatene er lette å forstå. Grafiske visualiseringer som det er vist eksempel på her, kan være gode i så måte, dersom de blir presentert, og brukt på riktig måte.

4.2.5 Kommunikasjon av usikkerhet i prosjektet

Figur 4.13 illustrerer et aspekt av beslutningsprosessen i prosjekter. Planleggerne gir input, gjennomfører en analyse, tolker resultater fra analysen og rapporterer resultatene fra analysen til beslutningstakerne slik at de har et grunnlag å ta en beslutning på. Beslutningstakerne må tolke de resultater som planleggerne gir fra seg. På grunnlag av dette, samt en total vurdering av informasjon som kanskje ikke er tilgjengelig for planleggerne, må de prøve å ta den best mulige beslutningen.¹⁵



Figur 4.13: Planleggernes og beslutningstakernes oppgaver i en beslutningssituasjon.

Det er viktig at denne kommunikasjonen foregår uten at informasjonen mellom aktørene farges for mye av aktørenes personlige interesser, motiver etc. Det er ofte ønskelig at beslutningstakeren deltar i analysene. Dette vil ha innlysende fordeler, som bl.a:

- beslutningstakers viten om prosjektet øker
- direkte kommunikasjon
- beslutningstakers viten om analysen øker - bedre forståelse
- reduserer muligheten for planleggeres påvirkninger

¹⁵ Framstillingen er ikke fullstendig. Iverksetting av beslutningen og virkningen av iverksatte tiltak kunne også tas opp til drøfting i denne sammenheng.

- mindre sjanse for misforståelser, spørsmål avklares underveis

For å få et godt og oversiktlig beslutningsgrunnlag er det viktig at de antakelser og forutsetninger som er gjort i tidligere faser er dokumentert skikkelig. Til hjelp når det gjelder kommunikasjon av usikkerhet innover i prosjektorganisasjonen har vi de resultatpresentasjoner som nevnt i avsnittet foran. Disse kan si en hel del dersom inngangsdata de bygger på er gjort på riktig grunnlag.

I denne fasen av usikkerhethåndteringen blir verdien av dokumentasjon gjort gjennom hele prosessen stor. Verdien av dokumentasjon kan oppsummeres i 4 punkt (Chapman, 1996):

1. Det at de som utfører analysen må forklare hva som er tatt med etc. klargjør deres tanker og dermed forståelsen av situasjonen og av usikkerheten i prosjektet.
2. Kommunikasjon er et viktig aspekt av planleggingsprosessen.
3. Det gjør det lettere for andre personer å overta prosjektet. Nødvendigheten av dette belyses ved at prosjektet ofte skifter «eier» midt inne i prosessen.
4. Som grunnlag for erfaringstilbakeføring til senere prosjekt.

For kontinuerlig å holde oversikt over usikkerheten i prosjektet vil utarbeiding av rapporter være viktig for dokumentasjon av usikkerhetsbildet på forskjellige tidspunkt i prosjektet. En kan tenke seg standard rapportformater som forenkler tolkningen av usikkerhetsbildet i prosjektet. Prosjektledelsen bør bli forelagt rapporter med jevne mellomrom (f.eks en månedlig rapport) hvor usikkerhetsbildet blir analysert og gjerne illustrert. Rapporten kan inneholde en oversikt over de beslutninger som må gjøres og de tiltak som må iverksettes i nær fremtid for oppfølging av usikkerheten i prosjektet.

4.2.5 Tiltaksanalyse

En kan skille mellom to typer tiltak: proaktive tiltak og korrektive tiltak. En kan i tidlig fase redusere risikoen og utnytte mulighetene i prosjektet ved å sette i verk tiltak som avklarer eller eliminerer/utnytter de usikre forholdene. Typiske tiltak er å innhente opplysninger eller å ta en beslutning. Tiltak for å utnytte mulighetene i situasjonen skal gjøre det lettere å oppnå bedre resultat enn forventet. Et typisk tiltak er å vurdere alternative løsninger.

Ut fra resultatene fra analysen ser vi hvor usikkerheten i prosjektet er størst og dermed hvor vi bør gå inn med tiltak for å håndtere usikkerheten. Tiltakene må ses på som en del av prosjektets styring. En ønsker å styre usikkerheten i prosjektet i ønskelig retning. Dette kan ende ut i en handlingsplan som viser hvilke konkrete tiltak som bør settes i gang for å:

- unngå eller redusere risikoen
- utnytte mulighetene

Disse tiltakenes effekt på prosjektets usikkerhet og deres kostnader for prosjektet må anslås. Denne fasen av usikkerhethåndteringen kan vi altså si omfatter planlegging av en aktiv håndtering av usikkerheten. Denne planleggingen bør omfatte:

- Vurderinger av usikkerhet uttrykt som muligheter og risiko for de respektive prosjektmål.

- Prioriteringer av de forebyggende og korrektive tiltak
- Oversikt over hvilke parter som eier hvilke usikkerhetslementer, og beskrivelse av hvilke ressurser som er stilt til rådighet for håndtering gjennom tiltak.
- Beskrivelse ned på personnivå for ansvaret for håndtering av usikkerhet.
- Beskrivelse av kriterier for når ulike tiltak bør iverksettes (f.eks. kan en i visse situasjoner ha hendelser som utløser en handling, eller iverksetting av et tiltak).
- Vurderinger av den påvirkningen tiltakene vil ha på usikkerheten.

Prosjektledelsen bør hele tiden ha en oversikt over de tiltak som må gjøres i nærmeste fremtid, og den beredskap de har i forhold til den usikkerheten som eksisterer (handlefrihet, beslutningsfrihet, åpne kanaler til beslutningstakere etc.). Det bør det utarbeides en plan med prioritering over hvilke tiltak som bør settes i gang. Det bør også settes opp en liste over hvem som er ansvarlig for å utføre og følge opp tiltakene. Når tiltakene må utføres må også vurderes. Like viktig er klargjøring av suksesskriteriene (gjort i definisjonsfasene) og en god oversikt over hvilke utslag usikkerheten har i forhold til disse.

Det er i denne forbindelse viktig å avgjøre hvem som eier usikkerheten i prosjektet. Ulike interessenter kan ha ulike forhold til usikkerheten. Det som er risiko for enkelte kan utgjøre muligheter for andre. Noen kan eie risikoen, mens andre eier mulighetene. Dette kan reguleres ved kontraktsinngåelser, kjøp av forsikringer etc.

4.2.6 Oppfølging av usikkerheten i prosjektet

For at usikkerhetshåndteringen skal bli en kontinuerlig prosess, er det viktig med en oppfølging av usikkerheten og dens innvirkning på prosjektet gjennom prosjektets faser og at en kontinuerlig styrer usikkerheten i prosjektet. Usikkerhetslementene og resultatet av tiltakene på prosjektet må følges opp, og nye analyser må gjøres for å se utviklingen av usikkerheten i prosjektet.

Denne fasen omfatter bl.a.

- observasjon av identifiserte usikkerhetslementer
- observasjon av den effekten som de iverksatte tiltak gir
- identifisering av nye usikkerhetslementer
- gjennomføring av analyser med jevne mellomrom for å følge utviklingen av prosjektet

Observasjon av identifiserte usikkerhetslementer omfatter å holde øye med de usikkerhetslementer som det ikke er gjort tiltak på, men som kanskje trenger tiltak dersom de kan medføre en større påvirkning i løpet av prosjektets gang.

Observasjon av den effekten som de iverksatte tiltakene gir er nødvendig for å se om de virker etter sin hensikt.

Ved gjennomføring av prosessen for usikkerhetshåndtering med jevne mellomrom i prosjektet vil vi kontinuerlig kunne observere og identifisere usikkerheten i prosjektet, og å påvirke den i den utstrekning det er mulig og ønskelig. Prosessen kan f.eks. utføres:

- periodisk

- ved spesifiserte milepæler
- ved spesielle hendelser
- ved behov

Iverksetting av tiltak er en viktig faktor ved styringen av usikkerheten i prosjektet. Det at tiltakene som det er kommet fram til under tiltaksanalysen blir iverksatt og fulgt opp. Det er viktig å være klar over at usikkerheten er påvirkbar og kan styres i ulik grad over tid, men i øyeblikkssituasjonen, f.eks. under analysen er den ikke påvirkbar eller styrbar. Dette underbygger det faktum at en ikke kan analysere seg vekk fra usikkerhet i prosjektet. For å påvirke og styre usikkerheten må tiltak gjøres.

4.3 Kommentarer til prosessen

Proessen som er presentert her er på ingen måte en ferdigutviklet prosess. Prosessen må ses på som et grunnlag for videreutvikling. Den beskriver en måte å bygge opp en usikkerhetshåndtering på, og den beskriver mulige teknikker og verktøy som kan benyttes i ulike faser av håndteringen. Den tar imidlertid ikke opp hvilke teknikker og hvilke fremgangsmåter som bør benyttes i ulike typer prosjekt, og i ulike faser av prosjekter. Det er klart at ulike prosjekt krever ulik grad av usikkerhetshåndtering. Det er også klart at ulike faser av prosjektet krever ulike teknikker og fremgangsmåter hva gjelder usikkerhetshåndtering.

En videreutvikling av denne prosessen kan gå i retning av å se på hva en håndtering av usikkerhet bør omfatte i ulike faser av en type prosjekt. Dette kan gjøres ved å se på håndtering av usikkerhet gjennom pilotprosjekt i ulike faser av prosjekt, og eventuelt i ulike typer prosjekt. En slik videreutvikling kan ende ut i retningslinjer for usikkerhet i ulike situasjoner med anbefalinger om verktøybruk og bruk av teknikker.

5. Konklusjon

Tradisjonelt har en nøydt seg med teknikker og verktøyer i styring og planlegging av prosjekter som undertrykker det faktum at fremtiden er usikker. Erfaringer viser tydelig at dette er utilstrekkelig, men det har likevel tatt lang tid å få gjennomslag for viktigheten av å ta hensyn til usikkerheten i planlegging og styring av prosjekter. Grunnene til dette er mange, og i denne rapporten har vi tatt opp og beskrevet følgende problemer en støter på når en skal implementere og gjennomføre usikkerhetshåndtering i prosjekter:

- manglende bevisstgjøring av usikkerhet i prosjektorganisasjonen
- manglende entydig begrepsapparat
- usikkerhetshåndtering er i altfor stor grad blitt en engangsanalyse før beslutning om igangsetting (GO/No GO), og blir i altfor liten grad tatt hensyn til i styringen av prosjekter
- folk tenker i tråd med det verktøyet de har valgt, og ikke nødvendigvis optimalt i forhold til problemet
- dårlig kommunikasjon av usikkerhet i prosjektorganisasjonen
- manglende suksess ved implementering av usikkerhetshåndtering
- det har oppstått en risikokultur snarere enn en søken etter muligheter i prosjekter
- fagfolk er ikke villige til å godta at sine anslag er usikre - liksomnøyaktighet oppstår
- komplekse teknikker og verktøy gjør at prosjektfolk ikke ser nytten i å implementere disse i sine prosjekter - terskelen for implementering er for stor
- kanskje er mangfoldet av teknikker og verktøy som finnes en hemsko, fordi det styrer og påvirker måten man tenker og handler på - det kan begrense usikkerhetsforståelsen.

Håndtering av usikkerhet i styringen av prosjekter er et undervurdert arbeidsområde. I fremtiden vil det bli stadig økende krav til effektivitet og lønnsomhet i prosjekter. Større utfordringer for norsk industri i det internasjonale marked vil øke behovet for ferdigheter som flermålsplanlegging, planlegging av prosjektporteføljer og kunnskaper om usikkerhet i planlegging og gjennomføring av prosjekter.

I denne rapporten tas det opp emner som vi mener er avgjørende for å lykkes med å håndtere usikkerhet og innføre håndtering av usikkerhet i planlegging og styring av prosjekter. Dette er temaer som altfor ofte blir uteglemt i entusiasmen over spennende nye verktøy og teknikker som nå blir utviklet i et forrykende tempo.

Temaer som tas opp er bl.a. fokusering på menneskelige egenskaper under utførelse av usikkerhetshåndtering, bruk av enkle teknikker og verktøy, samt at vi foreslår en systematisk prosess for håndtering av usikkerhet i planlegging og styring av prosjekter. Denne prosessen er generell, uavhengig av hvilke verktøy og teknikker en ønsker å basere analysen sin på.

Det er viktig at en organisasjon har en fast politikk når det gjelder usikkerhetshåndtering i sine prosjekt. Denne bør inneholde retningslinjer for hvordan usikre prosjekt skal styres og håndteres. I dag er det i altfor stor grad opp til den enkelte prosjektleder om det gjennomføres usikkerhetshåndtering eller ikke. Klare holdninger og en kultur for håndtering av usikkerhet i en organisasjon, med gode retningslinjer, vil lette implementering og gjennomføring av

usikkerhetshåndteringen. Håndtering av usikkerhet bør gå inn som en del av en organisasjons styringsplaner og strategi.

Det må legges vekt på at håndtering av usikkerhet i prosjekter er beskrevet gjennom en kontinuerlig prosess som følges opp fra start til slutt av prosjektet. Det er ikke tilstrekkelig med en engangsanalyse. En må ta hensyn til at usikkerheten endrer seg gjennom prosjektet. Nye usikkerhetslementer dukker opp underveis, andre forsvinner, mens noen endrer karakter. For å ta vare på dette, og for å unngå/ redusere risiko og utnytte mulighetene gjennom hele prosjektet, er det nødvendig at prosessen utføres kontinuerlig.

Det ovennevnte er temaer som må vektlegges i større grad fremfor utvikling av avanserte verktøy og teknikker. Det hjelper ikke hvor gode verktøy og teknikker en utvikler dersom feilkilden ligger på et helt annet sted. Vi har i denne rapporten beskrevet fire punkter som er viktige å fokusere på for å få en god håndtering av usikkerhet: holdninger, erfaringer, evner og en god og helhetlig prosess. Håndtering av usikkerhet i fremtiden vil være avhengig av at disse punktene utvikles for å kunne utnytte de teknikker og verktøy som i dag finnes innen området.

Referanser

Aspelund og Plunnecke 1996, «Usikkerhet som styringsparameter», Prosjektoppgave, Institutt for produksjons- og kvalitetsteknikk, NTNU, PS 2000.

Austeng 1994, «Risikoanalyse som beslutningsstøtte», Institutt for bygg- og anleggsteknikk, NTH.

Austeng, Kjell og Hugsted, Reidar 1995, «Trinnvis kalkulasjon», Institutt for bygg- og anleggsteknikk, NTH.

Bekkeheien, Birkeland og Samsonsen 1996, «Usikkerhet - Fremtidens styringsparameter i prosjekter?», Prosjektoppgave, Institutt for produksjons- og kvalitetsteknikk, NTNU, PS 2000.

Bergsmo, I. 1993, «Håndtering av usikkerhet i prosjekter», Hovedoppgave ved Institutt for bygg- og anleggsteknikk, NTH, 1993.

Bjørkvoll 1996, «LCP og Usikkerhet: Valg av konsept i Nordsjøen», Prosjektstyring år 2000,

Canal, C., Wright, J., «CMT - An Innovative System for Project Risk Management», '96 World Congress on Project Management - IPMA, 1996.

Clayton, E.R og Moore, L.J 1976, «GERT Modeling and Simulation: Fundamentals and Applications», Virginia Polytechnic Institute and State University, First Edition, USA.

Chapman, C.B 1996, «APM Risk SIG Working Group PRAM Guidelines», International Expert Seminar on Project Management, Oslo.

Christensen, Søren og Kreiner, Kristian 1991, «Prosjektledelse under usikkerhet», Universitetsforlaget as, Oslo.

DNV Industry AS, «Technical Report - Criticality Management Tools, Concepts and Models».

Dobloug, Gravdal og Lorentsen 1996, «Vurdering av modeller for håndtering av usikkerhet i prosjekter», Prosjektoppgave, Institutt for produksjons- og kvalitetsteknikk, NTNU, PS 2000.

Frame, Davidson J. 1995, «Managing Projects in Organisations: How to Make the Best Use of Time, Techniques and People», San Fransisco, Jossey-Bass Publisher.

Galbraith, Jay 1979, «Planlegging av organisasjoner», Amsterdam, Inter European Editions.

Grey, Stephen 1995, «Practical Risk Assessment for Project Management», John Wiley & Sons, England.

Hallefjord, Jørnsten, Storøy, Wallace 1996, «Operasjonsanalyse», NTNU.

- Hansen, Kielland, Sævereid, Vollestad 1996, «Prosjekt som arbeidsform», Prosjektoppgave, Institutt for produksjons- og kvalitetsteknikk, NTNU, PS 2000.
- Hauge, L. H., Wright, J.F. 1995, «A Multiobjective Risk Management Model», DNV Industry AS, 46th International Astronautical Congress, Oslo, Norway.
- Hetland P.W. 1995, «Praktisk Prosjektledelse», 2. utgave, Statoil., Forus.
- Huseby, A.B. 1993, «Hvordan anvende risikoanalyse metoder og verktøy i praksis», Prosjektledelse nr 4.
- Johansen, Blakstad, Torp 1996, «Mindre ressurskrevende prosjektstyring», Prosjektstyring år 2000.
- Karlsen, Kilde, Torp 1995, «Usikkerhet som styringsparameter - Høringsrapport desember 1995», Prosjektstyring år 2000, ikke publisert.
- Kilde, Emhjellen, Moe, Bakken, Rolstadås 1994 «Nye Prosjektstyringsteknikker - forstudierapport», Prosjektstyring pr 2000.
- Klakegg 1993, «Trinnvis-prosessen», Institutt for bygg- og anleggsteknikk, NTH
- Klakegg 1994, «Tidplanlegging under usikkerhet», Institutt for bygg- og anleggsteknikk, NTH.
- Klakegg, Kilde, Bakken, Krogh, Arentz 1995 «Kompetanse som styringsparameter - Grunnlag for utvikling», Prosjektstyring år 2000.
- Klakegg, Torp 1996, «Håndtering av usikkerhet; gode verktøy er ikke nok», ITUF seminar: Risikostyring i produktutvikling, Oslo.
- Lichtenberg, Steen 1990, «Prosjektplanlægning - i en foranderlig verden», Polyteknisk Forlag, Danmark.
- Moder J., Phillips C., Davids E. 1983, «Project Management with CPM, PERT and precedence diagramming», 3.ed., Van Nostrand Reinhold, USA.
- Moody, Paul E. 1983, «Decision making; Proven methods for better decisions. McGraw-Hill Book Company, New York.
- O' Brien, William 1995, «Construction Supply - Chains: Case Study and Integrated Cost and Performance Analysis, Prosjektstyring år 2000.
- Proconsult AS, 1993, «En kort beskrivelse av Futura's Risk Management konsept for budsjetter og tidsplaner», Prokonsult.
- Reibnitz, Ute von, 1988, «Scenariotechniques», McGraw - Hill.

Rolstadås, A. 1990, «Praktisk Prosjektstyring», TAPIR Forlag, Trondheim.

Rook, Paul 1994, «Introduction to Risk Management practices in Industrial Organisations», Dynamic leadership through project management, 12th INTERNET World Congress on Project Management, Proceedings Volume 2, Oslo.

Saaty, R.W. 1987, «The Analytical Hierarchy Process - What is and How is Used», Math.Modelling, Vol 9, No 3-5, pp. 161-176.

Statoil 1996, «Håndtering av usikkerhet i utviklingsprosjekter», internt dokument.

Stjern M 1996, 2, «Uncertainty modelling for profitability - Contractors Approach», Dr.ing. avhandling under utarbeidelse, Institutt for bygg- og anleggsteknikk, NTNU.

Stjern M. 1996, 1, Selmer ASA/NTNU, «SEL*RISK Økonomisk usikkerhet i prosjekter», IT-Industriens Utviklingsforum, Risikostyring i produktutvikling.

Tenndal 1996, «Behandling av risiko i aggregeringsmodeller», Hovedoppgave, Institutt for produksjons- og kvalitetsteknikk, NTNU, 1996

TerraMar 1992, «Project Risk Analysis and Management, Dynamic Risk Analysis Program, Dynrisk», User documentation, Norge.

TerraMar A.S 1996, «Guide to Project Risk Management», Oslo.

Tollersrud P.K. 1994, «Total Project Planning», INTERNET'94 12th World Congress, Volume 2, Oslo, Norge.

Wallace, Stein W. 1994, «Why using stochastic programming?», Department of Managerial Economics and Operations Research, Norwegian Institute of Technology, University of Trondheim, 1994.

Øyen 1996, «LCP og Usikkerhet: Inngangsdata og Ekspertvurderinger», Prosjektstyring år 2000.

Vedlegg:

Vedlegg 1: Ord og Uttrykk

Vedlegg 2: Teknikker for behandling av usikkerhet

Vedlegg 3: Enkelt eksempel på en scenarioanalyse

Vedlegg 4: Endring av usikkerhet over tid i et prosjekt

Vedlegg 5: Betragtninger rundt usikkerhet i fortjeneste

Vedlegg 6: Presentasjon i Power-Point.

Vedlegg 1:

Ord og uttrykk

Vedlegg 1: Ord og Uttrykk.

Analytiske teknikker:

Baserer seg på «steg for steg» regler for beregning av resultatet. Reglene er basert på statistisk regning med et sett av inngangsdata.

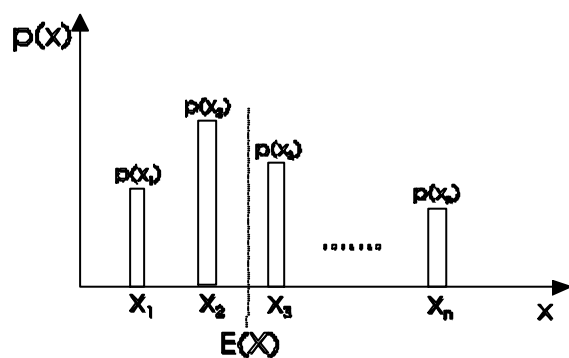
Beslutning:

En beslutning vil i denne sammenheng bety et valg av alternativ; f.eks. valg av tidspunkt eller kostnadsrammer, godkjenning eller forkastelse av foreslått plan osv. Beslutningen markerer på denne måten overgangen mellom en tilstand hvor en eller flere muligheter foreligger, til en tilstand hvor enkelte av disse mulighetene er «låst».

Deterministisk analyse:

Analysen og modeller hvor alle størrelsene/variablene er bestemt uten mulighet for tilfeldige variasjoner. Det innebærer at resultatet er entydig gitt når bare utgangsbetingelsene er spesifisert.

Diskret fordelingsfunksjon:



Når en variabel bare kan anta et endelig antall eller høyst et nummererbar antall verdier, sier vi at den er diskret, eller at den har en diskret sannsynlighetsfordeling. I figur 1 er vist sannsynlighetstettheten til en diskret variabel.

Figur 1: Diskret sannsynlighetstetthet

Dynamisk analyse:

En dynamisk analyse innebærer at variablene som analysen inneholder kan endre seg med tiden. Vi kan ha både stokastiske og deterministiske dynamiske modeller.

Forventningsverdi:

Forventningsverdien er x -verdien til tyngdepunktet av sannsynlighetstettheten. Dette gir for (Se figur 1 og 2):

$$\text{Diskrete funksjoner:} \quad E(X) = \sum_{i=1}^n p(x_i) \cdot x_i$$

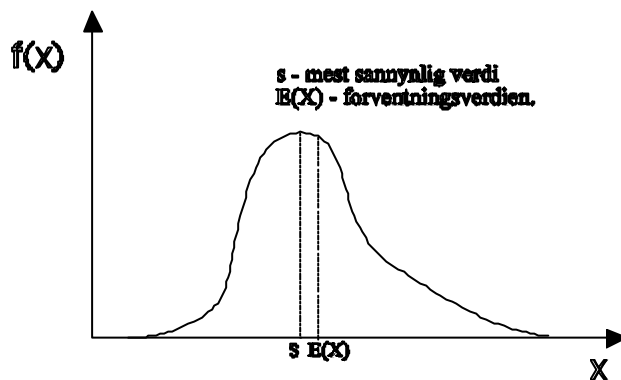
$$\text{Kontinuerlige funksjoner:} \quad E(X) = \int_{-\infty}^{\infty} x \cdot f(x) \, dx$$

Hendelse:

En eller annen identifiserbar påvirkning (som f.eks. et stort annet prosjekt som settes igang i samme område som ditt prosjekt) eller en innvirkning fra naturen som kan skje og derved kan påvirke resultatet av prosjektet. Kan deles inn i uønskede hendelser, forbundet med risiko og ønskede hendelser, forbundet med muligheter.

Konfidensintervall:

Et intervall som med en viss sikkerhet inneholder den ukjente parameteren.

Kontinuerlig sannsynlighetsfordeling:

Figur 2: Kontinuerlig sannsynlighetstetthet.

En sannsynlighetsfordeling sies å være kontinuerlig dersom dens fordelingsfunksjon $F(x)$:

i) er kontinuerlig

ii) har en derivert $\frac{d}{dx}F(x) = f(x)$ for alle x

unntatt et endelig antall verdier, og

iii) $f(x)$ er stykkevis fordelt.

$f(x)$ kalles sannsynlighetstettheten til X .

Korrelasjon:

Korrelasjon er en størrelse som blir brukt til å måle graden av lineær avhengighet mellom variable. Den er basert på kovarians på følgende måte:

$$\text{Korr.}(X, Y) = \frac{\text{Kovarians}(X, Y)}{\sqrt{(\text{Var}(X) \cdot \text{Var}(Y))}}$$

Korrelasjonskoeffisienten har følgende egenskaper:

1. $-1 \leq \text{Korr.}(X, Y) \leq 1$
2. X og Y er uavhengige gir $\text{Korr}(X, Y) = 0$.
3. $|\text{Korr}(X, Y)| = 1$ kun dersom $Y = aX + b$ for $a \neq 0$.

Kovarians:

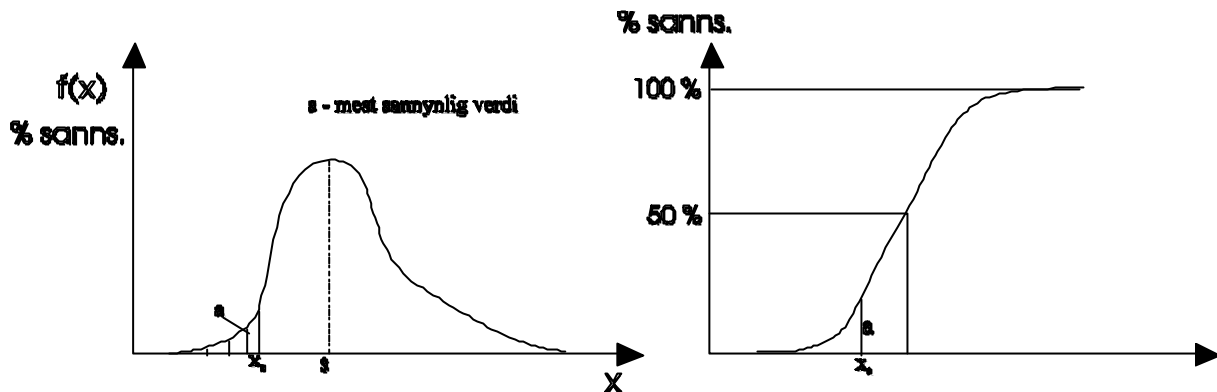
Kovarians er et mål på samvariasjonen, eller avhengigheten mellom ulike stokastiske variable. Fra statistikken har vi at kovariansen mellom to avhengige stokastiske variable X og Y er gitt ved:

$$\text{Kovarians} = \frac{\sum_{i=0}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{n}$$

Legg merke til at kovariansen er avhengig av målestokken på variablene. Dette gjør at vi ikke kan sammenligne kovarianser for ulike typer variable. Korrelasjon er imidlertid uavhengig av målestokken.

Kumulativ fordelingsfunksjon:

En kurve hvor den vertikale høyden er sannsynligheten for at mengden er lik eller mindre enn verdien på horisontal akse.
D.v.s. integralet av sannsynlighetstettheten, se figur 3.



Figur 3: Sannsynlighetstetthet med tilsvarende kumulativ fordelingsfunksjon.

Mest sannsynlig verdi:

Den verdien som oppstår hyppigst av et sett av verdier. Det er knyttet til verdien med høyest sannsynlighetstetthet.

Metode:

En bestemt vei mot et mål; planmessig fremgangsmåte, gjerne grunnet på regler og prinsipper. På sin vei mot målet kan metoden benytte seg av en eller flere teknikker og verktøy.

Metodikk:

Læren om, eller fremstillingen av, metodene som brukes på et visst arbeidsområde eller i et visst fag.

Modell:

Modeller kan benyttes til å beskrive et systems oppbygning eller struktur. Ofte består en modell av elementer som står i forhold til hverandre. En modell kan da beskrive et system (en helhet) ut fra delene (elementene) og relasjonene mellom dem. Vi kan skille mellom: statiske - dynamiske, materielle - immaterielle og fysiske - formelle (matematiske) modeller. En modell er en idealisert fremstilling av et fenomen eller et objekt, der enkelte vesentlige trekk ved virkeligheten blir isolert og fremhevet, mens de øvrige egenskaper utelates.

Muligheter:

Muligheter er uttrykk for den positive siden av usikkerheten.

Nedsidepotensiale:

Et uttrykk for den negative siden av usikkerhet.

Oppsidepotensiale:

Se muligheter.

Risiko:

Uttrykk for den fare som uønskede hendelser representerer for mennesker, miljø eller materielle verdier (NS-ISO 5814).

Risikoen uttrykkes ved sannsynligheten for uønskede hendelser multiplisert med konsekvensene av de uønskede hendelsene (NS-ISO 5814 - Krav til risikoanalyser).

Kommentarer: Det er 3 alternative måter å definere risiko på:

- 1) Risiko tilsvarer usikkerhet (både negativt og positivt)
- 2) Risiko er knyttet til uønskede hendelser (kun negativt).
- 3) Risiko er netto påvirkning av usikkerhet (risiko = trusler - muligheter).

Vi har valgt å holde oss til definisjon 2.

Risikoanalyse:

Systematisk fremgangsmåte for å beskrive og/eller beregne risiko.

Risikoanalysen utføres ved kartlegging av uønskede hendelser, og årsaker til og konsekvensene av disse. (NS-ISO 5814 - Krav til risikoanalyser).

Risikoaversjon:

Motvilje mot usikkerhet. En person som i stor grad ønsker å forsikre seg mot usikkerhet, og som dermed ikke er villig til å ta sjanser sies å ha en høy grad av risikoaversjon.

Risikopreferanse:

Å foretrekke usikkerhet. En person som liker å leve med høy usikkerhet sies å ha risikopreferanse. Han ønsker/har behov for å «leve med spenningen» for å forsøke å utnytte mulighetene.

Scenarioanalyse:

Hjelpemiddel for planlegging og belysning av en hypotetisk fremtidig situasjon. Målsettingen er å beskrive hva som kan skje, spesielt med tanke på kritiske vendepunkter i utviklingen. Hovedkriteriet som må tilfredsstilles er at en må knytte en troverdig forbindelse mellom nåtid og framtid. Ideen bak en scenarioanalyse er altså å konstruere eller å prøve ut mulige framtider (eks: prisen på en vare/tjeneste) og å løse problemet for disse mulighetene. Etter å ha oppnådd et antall av mulige beslutninger på denne måten plukker en enten ut den beste av disse eller en prøver å finne gode kombinasjoner av dem. En kan her merke seg at hver scenarioanalyse er utført under sikkerhet. Til forskjell fra en følsomhetsanalyse lar en scenarioanalyse flere parametre variere samtidig.

Simulering:

Teknikken å benytte representative eller kunstige data til å reprodusere, under forsøk, ulike tilfeller som kan oppstå ved reell utførelse av et system. Verdien av variablene trekkes tilfeldig innenfor et definert område, og det kjøres mange beregninger med ulike tall. Ofte brukt til å teste nøyaktigheten av en annen teoretisk

modell eller å gi en indikasjon på hvordan et system vil oppføre seg under ulike rammebetingelser.

Standardavvik:

Det mest brukte målet på spredning på en sannsynlighetsfordeling. Det beregnes som kvadratroten av variansen, se varians.

Stokastisk analyse:

En stokastisk analyse er en analyse hvor de variable faktorer kan utsettes for tilfeldig variasjon. En stokastisk analyse beskrives ved stokastiske variable som er variable med en eller annen form for sannsynlighetstetthet.

Usikkerhet:

Usikkerhet defineres som forskjellen mellom, på den ene siden den informasjonsmengde som er nødvendig for å utføre oppgaven med sikkerhet, og på den andre siden den informasjonsmengde som på et gitt tidspunkt er til rådighet for oppgaveutførelsen (Galbraith, 79).

Usikkerheten kan være knyttet enten til menneskers viten om et problem, eller til påvirkninger fra naturen.

Varians:

Et mål på spredningen ut fra forventningsverdien. Denne beregnes ved (Se figur 1 og 2):

For diskrete funksjoner:
$$\text{VAR}(X) = \sum_{i=0}^n (x_i - E(X))^2 \cdot p(x_i)$$

For kontinuerlige funksjoner:
$$\text{VAR}(X) = \int_{-\infty}^{\infty} (x - E(X))^2 \cdot f(x) dx$$

VEDLEGG 2 TEKNIKKER FOR BEHANDLING AV USIKKERHET

I dette vedlegget tar vi for oss de teknikker som benyttes i gjennomføringen av usikkerhetsprosessene beskrevet i kapittel 3 samt orienterer om andre anvendbare teknikker. For teknikker som er mye brukt, beskriver vi fordeler og ulemper.

Før teknikkene beskrives gjør vi oppmerksom på at teknikkene selv ikke reduserer usikkerheten.

Teknikkene kan splittes i to grupper:

- Kvantitative
- Kvalitative

De kvantitative teknikkene gir verdier på usikkerhet i parametre som kostnader, tid, inntekter osv. Kvalitative teknikker har som formål å beskrive usikkerheten med ord. Dette kan være nyttig i situasjoner hvor det er vanskelig å sette tall på usikkerheten, eller i de miljøer hvor få innehar den matematiske kompetansen som kvantitative teknikker krever. Å identifisere de viktigste usikkerhetsparametrene er avgjørende for en konsistent behandling av usikkerhet i prosjekter. De kvantitative teknikkene er her meget godt egnet

Kvantitative teknikker for behandling av usikkerhet

Kvantitative teknikker for behandling av usikkerhet, kan i prinsippet deles i:

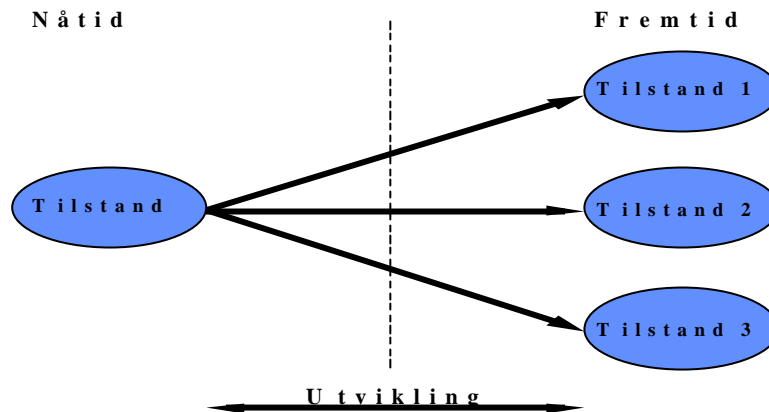
- Analytiske teknikker
- Simuleringsteknikker

I de enkleste analytiske teknikkene kan beregningene utføres for hånd. Teknikkene gir tilnærmede resultater og er nyttige for overslagsberegning og som overordnet beslutningsstøtte. I forbindelse med prosjektanalyser bør mer omfattende analytiske teknikker og dataverktøy benyttes til å utføre beregningene. Simuleringsteknikkene krever mer ressurser til planlegging og et kraftig dataverktøy, men gir samtidig mulighet til å oppnå riktigere beregninger på detaljnivå. Faktorene som avgjør valget mellom teknikkene er med andre ord; ressurser og grad av detaljering.

Scenarioteknikker

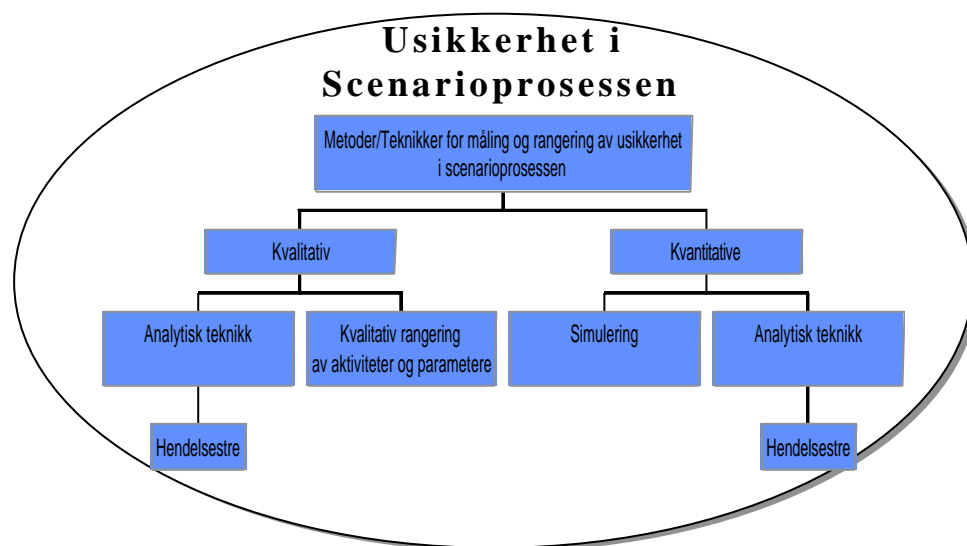
Scenario er en metode for å prøve ut mulige fremtider, og skissere veien til dem. Identifisering og rangering av prosjektets usikkerhets- aktiviteter og parametre skal ved bruk av scenarioteknikker danne grunnlaget for utforming av strategier som er risiko- minimerte. Beregning av usikkerhet i scenarioer er en omfattende oppgave som krever en strukturert fremgangsmåte. Dette reflekterer også definisjonen (Reibnitz, 1988);

"Scenario prinsippet består av utvikling av fremtidige omgivelsessituasjoner (scenarioer) og beskriver veien fra en nåværende situasjon til disse fremtidige situasjonene."



Figur V3.1 Scenario prinsippet

Scenario bruker mange teknikker for beregning og rangering av usikkerhet i en trinnvis prosess. Scenarioer utarbeides på bakgrunn av utvelgelse og behandling av bedriftsrelevant informasjon. I prosessen brukes det flere kvalitative og kvantitative teknikker, slik at usikkerhetsberegningene i scenarionen ikke kan begrenses til noen få allmenngyldige teknikker (figur V.3.2).



Figur V3.2 Teknikker for usikkerhetsbehandling ved bruk av scenario

Vi har derfor valgt å illustrere bruk av scenario ved et eksempel, vist i vedlegg 3. Eksempelet illustrerer noe av problemet med scenarioanalysen, at den er deterministisk. Scenarioteknikkenes fortrinn som planleggingsverktøy er mulighetene til å behandle kvalitative og kvantitative aspekter likeverdig og på nøyaktig samme måte. Kvalitative faktorer vektlegges, sammenlignes og rangeres sammen med de kvantitative.

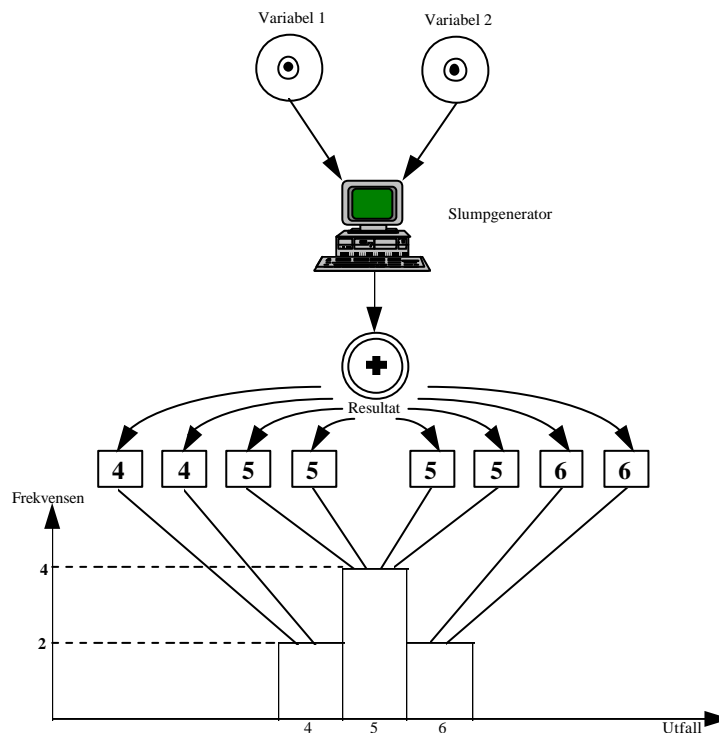
Monte Carlo simulering

Monte Carlo simulering er en av flere former for simulering og kan anvendes i en rekke modeller, blant annet til nettverksberegninger og til gjennomregning av influensdiagram. Simuleringsteknikken benyttes når de statistiske data er så kompliserte at en analytisk regneoperasjon er for vanskelig og tidkrevende å gjennomføre.

Teknikken er basert på en utvelgelse av tilfeldige tall, og et passende antall gjennomregninger av en definert modell på basis av de tilfeldige tallene.

Før simuleringen begynner, defineres alle stokastiske faktorene ved å angi en tilnærmet sannsynlighetsfordeling. I DynRisk (kapittel 3.1) kan kvantifiseringen av hver variabel spesifiseres ved hjelp av åtte hovedtyper av sannsynlighetsfordelinger.

En datamaskin, kalt slumptall-generator, trekker så ut et tilfeldig tall fra hver faktor. Figur V.3.5 illustrerer fremgangsmåten for Monte Carlo simulering. På basis av de tilfeldige tallene beregnes modellen på vanlig deterministisk måte. Ved å gjennomføre denne prosessen eksempelvis to tusen ganger, får man to tusen resultater, som noteres. I DynRisk benyttes resultatene av simuleringen til å beregne basis statistikk, korrelasjoner, kritikaliteter og følsomhet. Beregningene vurderes av deltagerne. Etter en vurdering kan modellen (influensdiagrammet) oppdateres, nye simuleringer gjennomføres og resultatene kan vurderes på nytt.



Figur V3.5 Monte Carlo simulering [18, DynRisk, s. 40]

Fordeler

Simulering er foreløpig den eneste beregningsteknikken som kan kalkulere utfallet av funksjoner hvor variablene er beskrevet ved sannsynligetsfunksjoner. Monte Carlo simulering er fordelaktig ved beregning av komplekse problemer. Dette gjelder særlig dersom detaljeringsgraden av prosjektet er stor. Jo større detaljering, jo mer kompleks og usikker blir prosjektmodellen. Dette skaper behov for omfattende beregningsteknikker som tar i bruk de tilgjengelige input data på en best mulig måte.

Ulemper

Det er viktig å være klar over at et nøyaktig resultat ved hjelp av simulering først oppnås etter at et tilstrekkelig stort antall gjennomregninger er utført, det vil si omkring 1000-3000 beregninger. Et kraftig og moderne dataverktøy er et nødvendig hjelpemiddel for å kunne utføre beregningene. Slumptall-generatoren er også et forhold som kan påvirke simuleringsmodellens nøyaktighet, så generatorens kvalitet for tilfeldige trekninger bør være god.

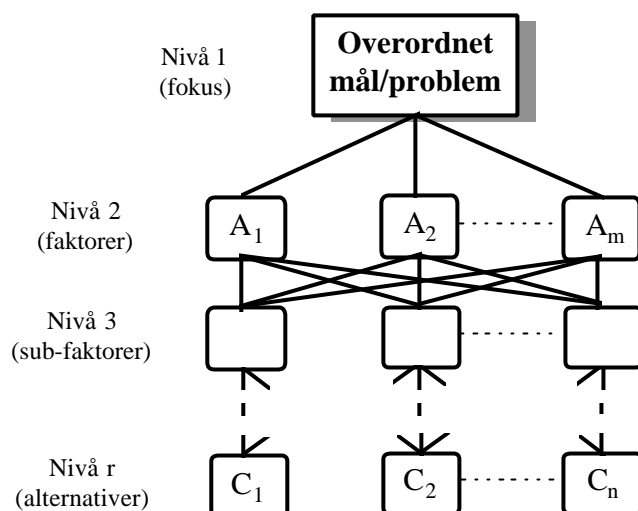
En simulering virker i teorien realistisk, men på grunn av det store antallet simuleringer som gjennomføres kan det hele i praksis virke mer komplekst enn først antatt. Beslutningstakeren må forstå hvordan modellen er fremkommet, slik at han/hun kan trekke de riktige konklusjonene fra den.

The Analytic Hierarchy Process

The Analytic Hierarchy Process (AHP), utviklet av Saaty fra 1972 (Saaty, 1987), er en multikriterie beslutningsanalyse. Teknikken kan brukes til å analysere og vurdere usikkerhetsfaktorer i prosjekter, og for å finne hvilke definerte mål som er de viktigste.

AHP teknikken gjennomføres i hovedsak etter følgende trinn (Saaty 1987)

1. Formuler det overordnede beslutningsproblemet eller målet, "fokus".
2. Identifiser faktorer som influerer på problemet/målet (mellomnivåene), og beslutningsalternativer (det laveste nivået).
3. Konstruer et hierarki av faktorer, subfaktorer og alternativer. Figur V3.6 viser strukturen i et AHP hierarki. Hvert element på samme nivå i hierarkiet skal være av samme størrelsesorden, og kunne relateres til et eller flere element i nivået over.
4. Fjern mulig tvetydighet ved forsiktig å avgrense hvert element i hierarkiet.
5. Prioriter faktorene på toppen av hierarkiet; gjennomfør en parvis sammenligning av faktorene, med hensyn på fokus. Benytt sammenligningsmatrise, slik figur V3.7 viser.
6. Prioriter subfaktorene; gjennomfør en parvis sammenligning av faktorene på samme nivå, med hensyn på faktorene i nivået over. Benytt sammenligningsmatrise.
7. Den relative viktigheten av hver faktor kan bestemmes ved å summere verdiene i hver kolonne, og dividere hver verdi med det totale av kolonnen. Deretter beregnes middelverdien av hver rad i matrisen. Figur V3.7 viser utregnede verdier for den relative viktighet.



Figur V.3.6 Skjematisk AHP hierarki (DNV Industry AS, s. 63)

Parvis sammenligning (punktene 5 og 6) utføres ved hjelp av spørsmål på denne formen:
 Hvor viktig er faktor A_1 i forhold til faktor A_2 med hensyn på en spesifikk faktor i nivået over?
 Spørsmålet gjentas på hvert nivå, ved å starte på toppen og bevege seg nedover i hierarkiet. Svarene kan fremkomme ved hjelp av en verbal skala, som for eksempel inneholder disse valgene: like viktig, litt viktigere, mye viktigere, veldig mye viktigere og ekstremt mye viktigere. Valgene overføres til absolutte tall; 1, 3, 5, 7 og 9 og deres invers. Tallene 2, 4, 6 og 8 og deres invers brukes som kompromiss dersom meningene er noe ulike. De valgene man blir enige om noteres i en kvadratisk matrise, og den inverse verdien av valgene plasseres på nedsiden av diagonalen i matrisen. $(r-1)$ matriser dannes i et hierarki. Figur V3.7 viser et eksempel på hvordan en matrise med innsatte verdier kan se ut.

Med hensyn på fokus	A_1	A_2	A_3	Relativ viktighet
A_1	1	3	6	0,627
A_2	1/3	1	5	0,292
A_3	1/6	1/5	1	0,081

Figur V3.7 Sammenligningsmatrise

Denne matrisen benyttes videre til å beregne faktorenes relative viktighet med hensyn på en faktor i nivået over (punkt 7), og til å bestemme den totale viktigheten av beslutningsalternativene.

Fordeler

Fordeler ved AHP er at den er vel publisert og at den kan beskrives «ikke-teknisk». Den verbale skalaen gjør teknikken enkel å forstå for alle som er involvert i prosjektet, og deltageres subjektive meninger, erfaringer og kunnskap kan dermed utnyttes maksimalt. Anvendelsesområdene for AHP er også mange. Teknikken er testet på jurister, politikere, ingeniører, matematikere, barn m. fl., som alle synes teknikken var enkel og naturlig å bruke, innenfor deres område. Den hierarkiske strukturen gir muligheter for å inkludere mye og detaljert informasjon, og er en lettforståelig og fleksibel måte å fremstille viktige faktorer og deres sammenhenger på. Det er viktig å legge merke til at den systematiske tenkemåten som deltagerne «presses» gjennom, er viktigere enn de numeriske verdiene som analysen resulterer i.

AHP i tilknytning til et dataverktøy, gjør gjennomføring av analysen enklere og raskere. I Easyrisk (kapittel 3.1.4) er skjermbildet meget oversiktlig, med sammenlignings spørsmålet, den verbale skalaen og sammenligningsmatrisen lett tilgjengelig. Det matematiske beregningsgrunnlaget ligger skjult.

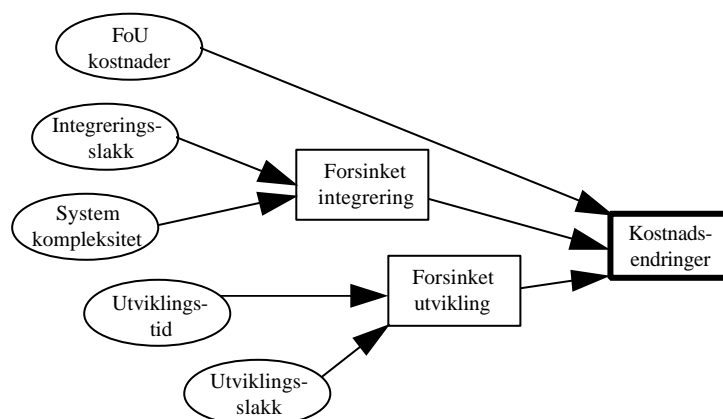
Ulemper

Ulemper ved AHP er at resultatet i stor grad avhenger av det etablerte hierarkiet og de vurderingene som ble gjort på de ulike faktorene. Endringer av hierarkiet eller av vurderingene, vil sannsynligvis føre til endringer av resultatet. Følsomhetsanalyser (beskrevet senere i dette vedlegg) kan da være et hjelpemiddel for å teste resultatenes følsomhet overfor endringer. Det har også blitt reist spørsmål om effektiviteten ved bruk av AHP. En av grunnene er i forbindelse med konstruksjonen av hierarkiet hvor det anbefales (7 ± 2) antall faktorer per nivå. Dette kan bli et problem i situasjoner hvor antall faktorer overstiger 9. En annen grunn er de ressurser og den informasjon som kreves for at kvaliteten på analysen skal bli god nok.

Influensdiagram

Influensdiagram er en teknikk som ble utviklet på 1980-tallet ved Stanford University. CMT og TerraMar benytter influensdiagram til å representere det overordnede usikkerhetsbildet i prosjektet og kvantifisere effekten av de usikre faktorene på prosjektmålene.

Influensdiagram er en teknikk som grafisk representerer avhengigheter mellom vilkårlige variable og beslutninger. Teknikken utnytter grafiske nettverksstrukturer for å illustrere beslutningsproblemer. Variablene (de usikre parametrene) uttrykkes ved hjelp av noder, og avhengigheter mellom dem representeres ved piler. Influensdiagram konstrueres ved å forbinde de avhengige nodene med piler. Modellen bygges opp på bakgrunn av tilgjengelig informasjon, både empirisk, subjektiv og objektiv informasjon, og kunnskap om prosjektet. Influensdiagram er velegnet til å illustrere usikkerhetsbilder og til å støtte beslutninger.



Figur V3.8 Eksempel på usikkerhetsscenario på influensdiagramform

Usikkerheten i konsekvensene og i de usikre parametrene som representeres i en scenario, vil i de fleste tilfeller forandres gradvis gjennom prosjektets livsløp, fra (Hauge og Wright, 95):

Fuzzy (uklar) \longrightarrow Sannsynlig \longrightarrow Sikker

"Sikker" usikkerhet inntreffer først når scenarioen er realisert. Usikkerheten bør altså kunne kvantifiseres på ulike måter innenfor en scenario, slik at ny kunnskap og forståelse for de usikre parametrene utnyttes best mulig. Influensdiagram sammen med et beregningsverktøy, som for eksempel Monte Carlo simulering, kan imøtekomme dette.

Teknikken er forholdsvis nyutviklet og den er stadig under forbedring. Forbedringene foregår særlig på data-siden. Metodene som er utviklet for å analysere influensdiagram krever at variablene er definert med deterministiske variable¹⁶. For å beregne influensdiagram med stokastiske variable¹⁷, kombineres derfor ofte teknikken med Monte Carlo simulering.

I CMT ble influensdiagram valgt som teknikk for å representere scenarier, fordi (Hauge og Wright, 95, s 11)

- en "nåtids" versjon av scenariene kan presenteres
- kontinuerlige prosesser kan modelleres
- en kompleks usikkerhetsscenariostruktur kan fremstilles som en kompakt illustrasjon
- ikke-spesialister har muligheten til å delta i diskusjoner om strukturoppbyggingen av scenariene
- software verktøy, med grafiske fasiliteter for å modellere og oppdatere influensdiagram, er tilgjengelige

Fordeler

Den største fordelen ved teknikken er muligheten til å fremstille prosjekter grafisk. Dette øker forståelsen for prosjektmodellen, letter kommunikasjonen om modellens innhold til andre og er naturlig å bruke i den iterative Risk Management prosessen i CMT og TerraMar. Lars Harald Hauge i Det Norske Veritas (Hauge og Wright, 95) mener at influensdiagram "offentliggjør" hvilke forutsetninger og antagelser som ligger til grunn. Samtidig *dokumenterer* teknikken subjektive oppfatninger og beslutninger.

Modeller av "alle" størrelser og kompleksitet kan lages ved hjelp av influensdiagram. Dataverktøy er et nyttig hjelpemiddel ved store og komplekse modeller.

Ulemper

Kvantifiseringen av variablene i influensdiagram er innviklet, dersom man velger å benytte fordelinger. Dette skaper et økt behov for kvalifiserte brukere, samtidig som tiltroen til resultatene blant ikke-kvalifiserte reduseres. En annen ulempe er at det blir vanskeligere å holde oversikten over de antagelser og forutsetninger som ligger til grunn for beregningene.

En kan også merke seg at en scenario generelt vil kunne produsere flere konsekvenser, men at en scenario konstruert i et dataverktøy, ikke kan *produsere* mer enn et mål eller konsekvens. Det definerte målet eller konsekvensen kan likevel *influeres* av mer enn en parameter. I DynRisk kan en lønnsomhetskalkulasjon (Net Present Value) gjennomføres, hvor scenariomålene sammenlignes og presenteres som S-kurver.

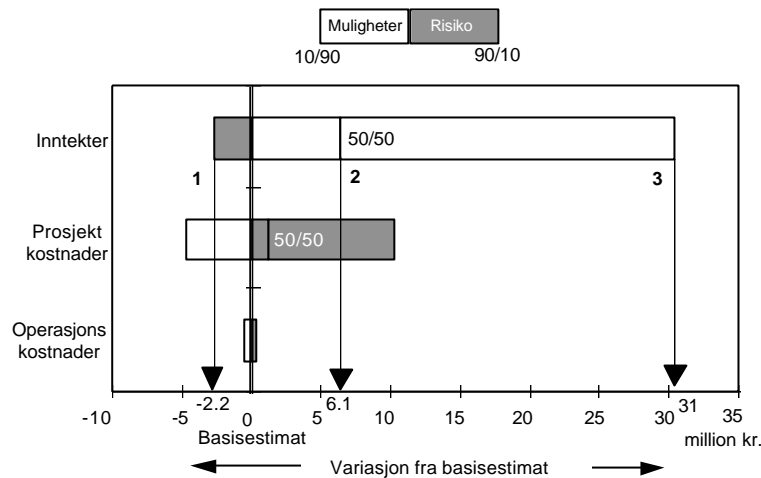
Følsomhetsanalyse

Følsomhetsanalyse identifiserer de faktorene, for eksempel inntekter og kostnader, som utøver de største bidragene til det totale usikkerhetsbildet i et prosjekt. Analysen er kanskje den enkleste kvantitative teknikken for behandling av usikkerhet. I NS 5814 er følsomhetsanalyse definert som følger:

¹⁶ Deterministiske variable uttrykkes ved en fast funksjon av andre variable eller en konstant.

¹⁷ Stokastisk variable er i sannsynlighetsregning usikre variable og beskrives ved sannsynlighetsfordelinger.

Systematisk fremgangsmåte for å beskrive og/eller beregne effekten av variasjoner i inngangsdata på sluttresultatet av analysen (NS-ISO 5814, s 3).



Figur V3.9 Eksempel på følsomhetsdiagram (TerraMar, 96)

Utgangspunktet for en følsomhetsanalyse er basisestimert. Ved å variere ulike usikre parametre i basisestimert, for eksempel tid, kostnader etc., kan en rekke nye estimater utarbeides. Figur 17.5 viser estimater som er fremkommet på bakgrunn av en følsomhetsanalyse. Estimertene beskriver hvordan fremtiden vil bli dersom ulike usikkerhetsfaktorer slår til. Ytterpunktene er "det mest pessimistiske" og "det mest optimistiske" estimat (Rolstadås, 90).

Fordeler

Gjennomføring av følsomhetsanalyser krever ingen ekstra informasjon enn de estimertene som er utarbeidet.

Kommunikasjonen til prosjektlederen og beslutningstakere forenkles betraktelig, fordi følsomhetsdiagram gir en oversiktlig presentasjon av effektene de ulike usikkerhetsparametrene og eventuelle beslutninger kan ha på prosjektmålet. Resultatene gir beslutningstakeren en enkel og klar oversikt over de viktige tingene, og en indikasjon på hvor de største usikkerhetene ligger.

Følsomhetsdiagram presenteres som egne grafer både i Easyrisk og DynRisk.

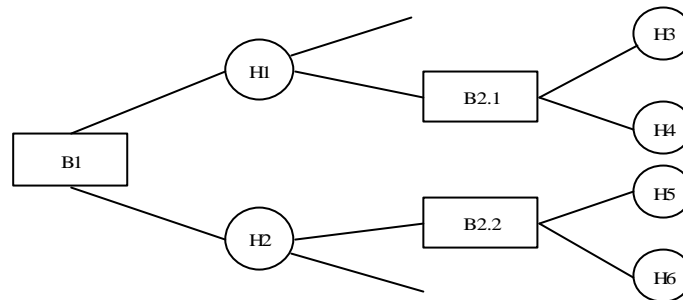
Ulemper

I prinsippet skal kun en parameter varieres om gangen, slik at denne parameterens effekt på resultatet kan studeres isolert. Dette danner imidlertid grunnlag for at eventuelle korrelasjoner mellom parametre kan være vanskelig å oppdage. Følsomhetsanalyser kan derfor gi et skjevt bilde av den relative innvirkningen de ulike parametrene har på den totale usikkerheten. Gjennomføringen av analysen kan også bli svært arbeidskrevende, fordi endring av en parameter ofte fører til endring av andre parametre.

I praksis krever teknikken hjelp av dataverktøy, for å gjennomføre inngående og kompliserte følsomhetsanalyser. Monte Carlo simulering kan også være nødvendig, dersom flere parametre skal studeres i en og samme analyse. Dette gjennomføres ved å variere usikkerheten i enkeltparametrene og kjøre flere simuleringer.

Beslutning/Hendelses- tre

Denne teknikken egner seg til å strukturere valgmulighetene og konsekvensene av beslutningene og tiltaksaktivitetene. Det er da hensiktsmessig å foreta analysen v.h.a. beslutningstrær, som illustrert i figur V3.10. Institutt for Bygg- og Anleggsteknikk, ved Kjell Austeng, har utviklet dataprogrammet RISIKINI (Austeng, 94) som benytter binære hendelsestrær, d.v.s. at hver hendelse deles opp i to underhendelser. Grafisk fremstilles beslutnings/hendelses- treet med beslutningspunkter (firkantboks), hendelsespunkter (sirkel), beslutningsgrener (gren ut fra beslutningspunkt.) og hendelsesgrener (gren ut fra hendelsespunkt).



Figur V3.10 Eksempel på beslutningstre

I beslutningspunktene kan det foretaes valg og tiltak for utnyttelse av muligheter og reduksjon av risiko. Når valg og tiltak er iverksatt vil hendelsesforløpet gå sin gang. I hendelsespunktene vil beslutningstaker ikke ha kontroll over hendelsene, som inntreffer på hendelsesgrenene med en grad av sannsynlighet. Etter hendelsen har inntruffet kan det foretaes sekundær- og tertiær- beslutninger. Beslutningstre- analysen er som følger:

- Spesifisere mulige beslutninger og utfall.
- Spesifisere sannsynligheter for mulige utfall ved hendelsesnodene.
- Spesifisere kostnader/utbytte for de forskjellige utfallene eller hendelsene.
- Beregne forventet nytte knyttet til de enkelte beslutningsnodene.

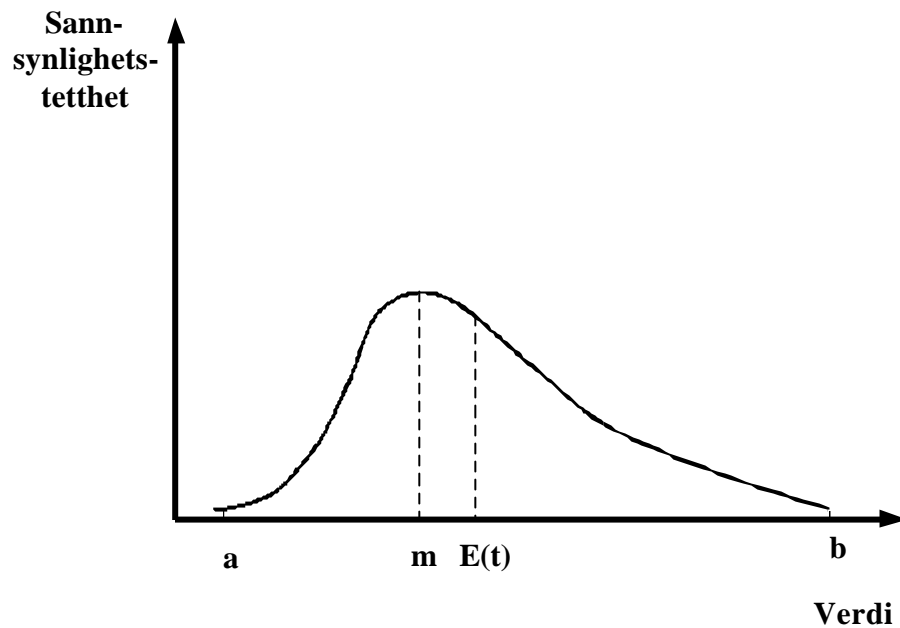
Beregninger av usikkerhet i beslutning/hendelses- treet bygger for det meste på kvalifisert gjetning og noe erfaringsdata. Sannsynlighetsberegningenes funksjon er å rangere beslutninger og utfall etter nytte og forventning. Beslutningstrær har vært mye benyttet til økonomiske vurderinger av aksjeporteføljer, forventet nåverdi for investeringer, mm.. I prosjektet egner analysen seg til økonomiske vurderinger generelt.

PERT (Program Evaluation and Review Technique)

PERT brukes for å anslå ulike fremtidige aktiviteterets varighet på bakgrunn av at varigheten er beheftet med usikkerhet.

Aktivitetenes varighet antas Beta-fordelt; Betafordelingen er en skjevfordeling, dvs. mest sannsynlig verdi er ikke lik forventningsverdien. En aktivitetes varighet kan være mindre eller større enn

forventningsverdien; den kan derimot ikke være null, men den kan gå mot det uendelige. Dette er noe av bakgrunnen for at fordelingen blir skjev.



Figur V3.11 Eksempel på skjevfordeling (β - fordeling)

Forventet varighet beregnes som:
$$E(t) = \frac{a + 4m + b}{6}$$

hvor

a	=	antatt minimal varighet
m	=	antatt mest sannsynlig varighet
b	=	antatt maksimal varighet

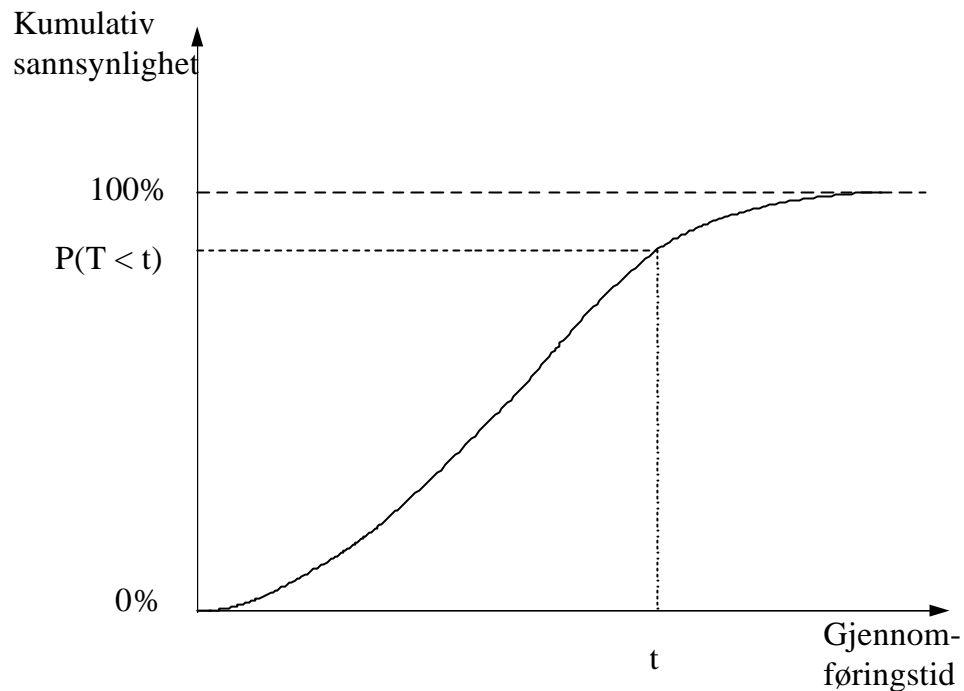
a, m, og b blir ofte satt subjektivt, selv om en ofte har erfaringsdata å gå ut i fra. Når forventet varighet er funnet for hver av aktivitetene, kan forventet prosjektvarighet finnes ved å summere de kritiske aktivitetenes varighet.

Variansen for varigheten til en aktivitet med Beta-fordeling er

$$Var(t) = s^2 = \frac{(b - a)^2}{36}$$

En kan finne usikkerheten knyttet til prosjektets gjennomføringstid, uttrykt ved variansen. Ved å summere variansen til de kritiske aktivitetene får man altså en total varians av prosjektets varighet uttrykt ved σ^2 , og forventet varighet til prosjektet uttrykt ved forventningsverdien $E(t)$. PERT forutsetter at kritisk vei er fast (noe som er et problem). $E(t)$ og σ^2 kan vi bruke i statistiske beregninger som f.eks å beregne sannsynligheten for at varigheten er innenfor et visst intervall (beregning ved hjelp sentralgrenseteoremet og normalfordelingen). Dette kan brukes til å regne ut hvor stor tidsbuffer en må legge til for å f.eks. være 95 % sikker på at varigheten (T) blir mindre enn

en viss tid (t). Denne sannsynligheten finner man ut fra den kumulativ sannsynlighetsfordeling (summasjon av sannsynlighetstettheten), og den har en form som vist i Figur V3.12



Figur V3.12 Kumulativ sannsynlighetsfordeling (Rolstadås, 1990)

Prob-PERT (Probabilistic PERT) er en variant der Monte Carlo simulering blir brukt for å simulere varigheten. I tillegg til vanlig PERT så tar denne metoden hensyn til at kritisk vei kan endres. Monte Carlo simulering brukes til å summere nettverkets varighet, der hver aktivitets varighet bestemmer kritisk vei, og der en endring i kritisk vei kan oppstå. En kan så telle opp hvor ofte en aktivitet blir kritisk (man får da sannsynligheten for at en aktivitet kan bli kritisk); dette kalles kritisk indeks. Kritisk indeks kan benyttes til rangering av kritiske aktiviteter.

SCERT (Synergistic Contingency Evaluation and Response Technique)

Denne metoden brukes for å analysere flere typer risiko, økonomisk, tid og kvalitet. Den består i følge Bergsmo (Bergsmo, 93) av to hovedfaser, en kvalitativ og en kvantitativ fase.

I den kvalitative fasen blir prosjektet delt opp i et begrenset antall nøkkelaktiviteter, hvoretter risikokildene blir identifisert og beskrevet. Det blir så gjort en vurdering av mulige tiltak for å redusere risikokildene. Sekundære risiki blir så identifisert og beskrevet.

I den kvantitative fasen anslås sannsynligheten for ulike hendelser og konsekvenser, gitt ulike tiltak. Deretter kan samlet effekt av risikokildene beregnes. Prosessen gjentas inntil man aksepterer den risikoen en sitter igjen med.

PNET (Probabilistic Network Evaluation Technique)

Et av problemene med PERT analysen er at kun kritisk vei blir analysert, dette medfører at vi får et ensidig optimistisk estimat av tidligste (forventede) tid for hendelser i nettverket. Dette fordi kritisk vei kan endres, og dette blir ikke fanget opp i PERT.

Målet med PNET er å finne et minste antall uavhengige veier som kan representere nettverket. En vei i nettverket kan representere en annen hvis korrelasjonen mellom de to overskrider en på forhånd angitt verdi. Korrelasjon sier noe om hvor sterkt to variable er avhengige av hverandre. Korrelasjon i nettverk avhenger av hvor stor del av veiene som overlapper hverandre (er felles). Er korrelasjonen over eller lik den angitte verdien velges den lengste av veiene til å representere den andre. Er korrelasjonen lavere enn verdien sies veiene å være uavhengige og begge tas i betraktning. Er den angitte verdien lik null kan den lengste veien representere alle de andre. (Dette tilsvarer PERT-prinsippet)

Sannsynligheten for at et prosjekt skal bli ferdig innen en spesifisert dato, blir beregnet som produktet av sannsynlighetene for at de ulike representative veiene vil klare å møte sine spesifiserte ferdigstillellesdatoer (Bergsmo, 93)

TOPP - Total ProsjektPlanlegging

TOPP er en nettverksmodell hvor det er lagt inn fjæring og tidsbufferne. Tidsbufferne brukes til å dimensjonere utvalgte grener i nettverket slik at de oppnår en viss sikkerhet for ferdigstillelse. Fjæringen representerer dynamikken i planen, dvs. muligheten prosjektlederen har til å påvirke, forkorte, eller forlenge aktivitetene. Fjæringen er en ressursbuffer prosjektleder utløser ved behov (Hetland, 95).

Formålet med TOPP er å finne den tidsplanen som maksimerer forventet nåverdi til et prosjekt.

Prosjektmodellering etter TOPP - prinsippet foregår i tre steg (Tollersrud, 94):

1. Definér eksterne begrensninger:

- Sikkerhetsnivå (sannsynlighet for å bli ferdig med konstruksjonsfasen til planlagt tid)
- Rentenivå og inflasjon
- Milepæler med tilhørende sannsynlighetsnivå

2. Definér aktiviteter:

- Varighet og kostnad
- Avhengighet mellom tid og kostnad
- Ta med usikkerhet i betraktningene (mest sannsynlig, maksimal og minimal kostnad for de enkelte aktiviteter)

3. Definér prosjektnettverket:

Nettverket settes opp på grunnlag av avhengigheten mellom aktivitetene, men en legger i tillegg inn ressursbuffer og fjæring.

Etter modelleringen blir neste trinn i prosessen å optimalisere prosjektet. En balanserer aktivitetskostnad mot diskontert prosjektinntekt for å nå den høyeste nåverdien for prosjektet.

TOPP simulatoren splitter prosjektet inn i perioder adskilt av beslutningspunkt. Tidsplanen beregnes gjennom en rekke optimerings- og simuleringstrinn. I hvert beslutningspunkt beregnes optimale varigheter samt optimalt starttidspunkt for etterfølgende aktivitet ut fra simulert tilstand i det aktuelle punkt. Ved slutten av hver periode kan brukeren modifisere resterende del av prosjektet basert på status.

En viktig egenskap ved TOPP er at metoden søker å utnytte de positive sidene ved usikkerhetsaspektet og ikke bare de negative. TOPP er en metodikk utviklet av Statoil.

Møllers metode

Møllers metode gir en løsning på "PERT problemet" (se forklaring av PERT tidligere i vedlegget) På samme måte som for PERT gis det her tre anslag for aktivitetenes varigheter. Minste tenkelige verdi, mest sannsynlig verdi og største tenkelige verdi. Forventningsverdi ($E(x)$) og Varians ($Var(x)$) til varighetene beregnes ved bruk av Erlangfordelingen (Klakegg, 94).

Disse verdiene blir brukt i regnemetoden til Møller. Nettverket gjennomregnes aktivitet for aktivitet, og en finner $E(x)$ og $Var(x)$ for alle koblingspunkt i nettverket. Dersom en kommer til et koblingspunkt hvor to eller flere veier møtes, er en ved kjernen til selve beregningsmetoden. Metoden baserer seg på at en regner sammen to og to veier om gangen. Finnes det flere enn to veier som møtes i samme punktet, kan den tredje regnes sammen med resultatet av de to foregående, osv. På denne måten tas det ved beregning hensyn til all usikkerhet som er tilknyttet aktivitetene i alle de parallelle veiene, ikke bare langs kritisk vei. Det beregnes med andre ord et samlet stokastisk tidstillegg for møtepunktet, (Bergsmo, 93).

Metodens beregningsresultater gir også informasjon om hvor kritisk en aktivitet er. Sannsynligheten for at en aktivitet vil bli kritisk, er avhengig av hvor stor sannsynlighet det er for at nettopp den veien der den aktuelle aktiviteten ligger skal bli kritisk.

Denne metoden blir blant annet brukt i dataprogrammet TIDUS som er utviklet ved Institutt for Bygg- og anleggsteknikk, NTNU.

Suksessiv kalkulasjon - Trinnvis kalkulasjon

Suksessiv kalkulasjon er en metode utarbeidet av Sten Lichtenberg (Lichtenberg, 90). Metoden brukes til å estimere kostnader ved et prosjekt. Først anslår man tre verdier av kostnadene for hver post i prosjektet. En nedre verdi (definert som 1% kvantil), en sannsynlig verdi og en øvre verdi (definert som 99% kvantil). Anslagene gjøres på basis av subjektive vurderinger gjort av kompetente personers intuisjon, fagkunnskap og erfaring. Forventningsverdi og varians regnes ut på samme måte som ved PERT.

Prinsippet er som følger:

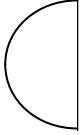
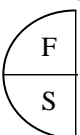
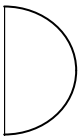
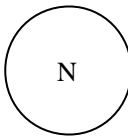
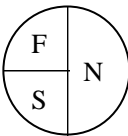
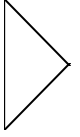
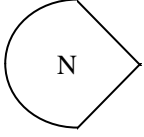
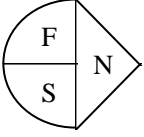
En starter med et grovt estimat og vurderer usikkerheten i hver post. Deretter detaljeres den posten med størst usikkerhet, og slik fortsetter det trinn for trinn inntil den totale usikkerhet er kommet ned på et akseptabelt nivå. Fordelen med denne metoden er at estimatet ikke blir mer detaljert enn det trenger å bli, samt at beslutningstaker klart får en oppfatning av usikkerheten i estimatet. Lichtenberg beskriver sin modell i fem trinn, (Rolstadås, 90).

1. Objektet deles opp i et mindre antall uavhengige poster, hvorav minst en for å dekke generell usikkerhet.
2. For hver post anslås forventningsverdi og varians.
3. Delposten med den største varians har størst innflytelse på usikkerheten i sluttresultatet.
4. Denne posten søkes forbedret, normalt ved oppdeling av posten i (uavhengige) delposter.
5. Den derved utvidede og forbedrede kalkyle behandles igjen som ovenfor. Denne suksessive prosess fortsetter inntil usikkerheten er tilfredsstillende, eller ikke kan reduseres ytterligere.

Det er viktig at det tas med en post som skal dekke generell usikkerhet. Denne vil sikre antagelsen om uavhengighet mellom de øvrige poster, dersom oppbygningen gjøres riktig. Forøvrig kan det nevnes at på Institutt for Bygg- og anleggsteknikk, NTNU, er det utviklet en modifisert versjon kalt Trinnvis kalkulasjon (Austeng og Hugsted, 95). Prinsippet er det samme som ved Suksessiv kalkulasjon (med dataverktøyet TRIKALK).

GERT (Graphical Evaluation and Review Technique)

GERT (Clayton og Moore, 76) er en nettverksteknikk som er utviklet for å håndtere mere komplekse modellsituasjoner enn det som er mulig med "vanlig" nettverk. Det er en utvidelse av de "vanlige" nettverksteknikkene, der de "vanlige" nettverksteknikkene suppleres med beslutningsaktiviteter. Vi får da et slags beslutningsnettverk. GERT kombinerer stokastiske nettverk, beslutningsprinsipper, operasjonsanalytiske simulerings- og kømodeller og ideer fra PERT - alt i en og samme modell. Komponentene i nettverket består av logiske knutepunkt og retningsbestemte piler, der pilene kan representere tid, kostnad, ressursbruk, komponenters pålitelighet, etc. Knutepunktene har en inngangs- og utgangsside som gir rom for ulike logiske koblinger mellom aktiviteter. Det skilles mellom ulike innganger og utganger på knutepunktene. Disse kan vises på ulike måter. Forskjellige forfattere bruker ulike symboler til å fremstille knutepunktene. Vi synes Bergsmo bruker en lett forståelig symbolbruk, og vi vil bruke den til å fremstille de ulike knutepunktene. Se Figur V3.13, (Bergsmo, 93).

Input Output	Og 	Eller 
Deterministisk 	N 	
Probabilistisk 	N 	

Figur V3.13 Gert - symboler [1]

N: Nodens nummer.

Og: Hendelsen representert av og-noden inntreffer bare hvis *alle* forutgående aktiviteter (grener) realiseres. Tidligste tidspunkt for hendelsens etterfølgende aktiviteter er gitt ved seneste tidspunkt for alle forutgående aktiviteter (vanlig nettverkslogikk).

F, S: F angir antall forutgående aktiviteter som må være ferdig før første realisering av hendelsen (noden). S angir antall forutgående aktiviteter som kreves for etterfølgende realiseringer.

Eller: Eller-noden vil realiseres første gang det angitte antall forutgående aktiviteter (for en hvilken som helst F) er ferdig. Hvis noden er en del av en løkke, kan den realiseres alle etterfølgende ganger når det angitte antall forutgående aktiviteter (for hvilken som helst S), er ferdig.
Vanligvis er $F \geq S$

Deterministisk: Alle aktiviteter med utspring i en node realiseres hvis noden realiseres (vanlig nettverkslogikk).

Probabilistisk: Bare én aktivitet med utspring i noden realiseres hvis noden realiseres. Summen av sannsynligheten for alle "Output-aktivitetene" er lik en.

Det som er spesielt med GERT er ifølge (Hetland, 95) at det er mulig å modellere sløyfer (loops) tilbake til tidligere aktiviteter. Dette kan f.eks. benyttes til å modellere utbedring av feil, eller ulike former for læring.

Beregningen gjennomføres normalt ved hjelp av simulering.

En begrensning i følge (Bergsmo, 93) er at GERT ikke kan behandle felles ressursrestriksjoner.

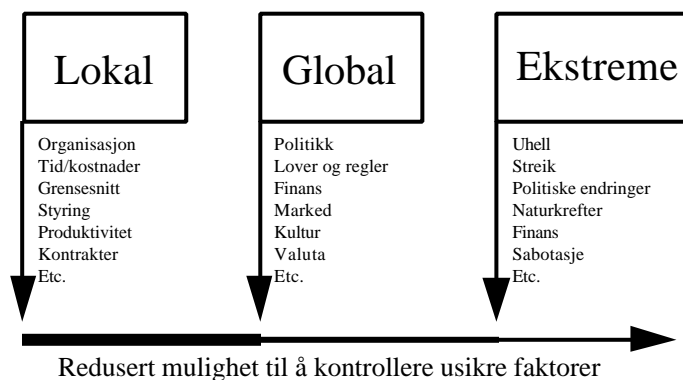
Kvalitative teknikker for behandling av usikkerhet

Sjekklister

Sjekklister brukes som hjelpemiddel til å identifisere mulige faktorer som kan påvirke prosjektsuksessen.

Listene kan fremkomme og være designet på forskjellige måter. Noen er laget på bakgrunn av gode/dårlige erfaringer, andre er fremkommet som resultat av brainstormings-prosesser. Listene kan være meget prosjektspesifikke eller områdeorientert, eller svært generelle. Eksempler på områder kan være økonomi, teknologi, organisasjon og prosedyrer, prosjektstyring og beslutningstaking. Det er viktig å være oppmerksom på at en liste ikke er endelig, da det ikke er mulig å lage en komplett liste over alle usikkerhetsfaktorer. Det er derfor viktig å kontinuerlig notere erfaringer, som kan brukes innen usikkerhetsbehandling.

I CMT (Hauge og Wright, 95) utarbeides en liste på grunnlag av spørreundersøkelser. Listen benyttes foreløpig manuelt. Analytikeren(e) merker av de viktigste og mest relevante truslene i sjekklisten, og gir dem poeng etter en skala. En sjekkliste kan også utarbeides etter de mål man har satt opp. Listene kan for eksempel tilpasses ulike situasjoner og bedriften etterhvert som prosjekter gjennomføres.



Figur V3.14 Sjekkliste for usikkerhetsfaktorer (TerraMar, 96).

TerraMar kategoriserer usikkerhetsfaktorer i områder, slik figuren over viser. Eksemplene på de "lokale" usikkerhetene som oppstår i et prosjekt relateres til selve prosjektet og prosjektorganisasjonen. Prosjektet kan kontrollere de lokale usikkerhetene. De "globale" faktorene er eksterne og vanskeligere å kontrollere. "Ekstreme" usikkerhetsfaktorer, som kan forklares som "lav sannsynlighet/høy konsekvens"-faktorer, er det liten mulighet til å kontrollere.

Fordeler

Sjekklister er svært effektive hjelpemidler ved kontroll om alle usikkerhetsfaktorer og viktige forhold er tatt med i betraktningene. De presenterer også faktorer som er viktige i prosjektet på en enkel og

oversiktlig måte, for eksempel for eksterne parter. Sjekklistene fremmer muligheten til å benytte erfaringer fra tidligere prosjekter. Listene kan lagres i dataverktøy eller som manuelle utfyllingsskjema.

Ulemper

Den største ulempen ved bruk av sjekklistene, er at det kan være lett å kun henge seg opp i de nevnte faktorer og forhold. Dette kan føre til at nye og spesielle forhold for et spesifikt prosjekt, utelates.

Brainstorming - Brainstormingsmatrise

Prokonsult AS (Proconsult, 93) benytter en 3x3 matrise som "deler verden inn i 9 deler", ved identifisering av forhold som kan betyde betydning for prosjektsuksessen. Figuren under viser et eksempel på en slik matrise. Matrisen fylles ut med stikkord under gjennomføringen av en brainstormingsprosess med prosjektgruppen. Utfyllingen kan foregå på papir, overhead, tavle osv. eller direkte inn i verktøyet Futura. Verktøyet tillater også en utvidelse til 5x5 matrise, dersom dette skulle være ønskelig.

	Teknisk	«Human»	Økonomisk
Eksternt	Teknologisk utvikling Godkjenninger Værforhold	Politikk/politikere Naboforhold	Prisutvikling Valuta
Prosjekt	Dokumentasjon Spesifikasjoner Mengder	Prosjektledelse Organisering Kommunikasjon	Tidsplaner Budsjetter
Internt	Know-how Kompetanse Krav om endringer	Prioritet	Soliditet Strategiske planer

Figur V3.14 Brainstormingsmatrise med eksempler på risiko og muligheter (Proconsult, 93)

Det er viktig at stikkordene ikke diskuteres under brainstormingen. Selve plasseringen av stikkordene i matrisen er ikke betydningsfull; formålet er at stikkordene *identifiseres*. Dersom sjekklistene er tilgjengelige, bør disse brukes etter at brainstormingen er fullført. Sjekklistene kan for eksempel brukes til å kontrollere at viktige stikkord ikke er utelatt.

I følge Adlington og Christensen i Futura International oppstår usikkerhet både i og utenfor prosjektet, og et realistisk bilde av fremtiden må derfor inkludere forhold fra selve prosjektet og prosjektets omgivelser. Prosjektspesifikke faktorer kalles gjerne "harde fakta". Forhold i prosjektets omgivelser, som for eksempel relateres til organisasjonen(e) som eier prosjektet eller andre eksterne miljøer, forklares gjerne som "bløte faktorer". Sammen kalles dette "den totale prosjektverden".

Fordeler

Matrisen stimulerer til å avdekke både harde og bløte forhold og øker kreativiteten i brainstormingsprosessen. Erfaringene Prokonsult AS har med denne matrisen er svært gode. Deltagerne får en god oversikt over alle tenkelige forhold som prosjektet kan utsettes for, og eventuell engstelse og

optimisme tas opp og noteres. Matrisen kan også fylles ut ved å dele ut områder til "eksperter" innen hvert område. Dette kan redusere tiden på gjennomføringen.

Ulemper

En identifisering utført på denne måten krever tid og ressurser. Gjennomføringen kan også bli langtekkelig og uoversiktlig dersom prosjektgruppen er stor. En mulighet kan da være å dele opp gruppen, og at gruppene utfyller matrisen, eller deler av den, hver for seg. Denne matrisen er ikke utviklet med tanke på å kunne utnytte erfaringer (identifiserte forhold) fra tidligere prosjekter. Hjallen i Prokonsult AS mener likevel det er viktig å gjennomføre denne brainstormingen i alle prosjekt, fra begynnelsen.

Vedlegg 3:

Enkelt eksempel på en scenarioanalyse.

Vedlegg 3:

Eksempel på enkel Scenario-analyse:

Vi antar at vi kan sette i gang to liknende prosjekter, prosjekt 1 og prosjekt 2. Prosjekt 1 består av aktivitetene A og B mens Prosjekt 2 består av aktivitetene C og D. Når prosjektene er avsluttet vil vi selge resultatet, og vi regner med at vi får samme pris for de to prosjektene. Prisen er ikke kjent før et av prosjektene er ferdigstilt. Da kan kun den siste aktiviteten av det neste prosjektet stå igjen for at dette skal bli ferdig uten at prisen forandres. Den siste fasen må da forseres ved å sette inn ekstra ressurser. Dette vil fordyre den siste aktiviteten med 10 %.

Vi setter følgende kostnader for de to prosjektene:

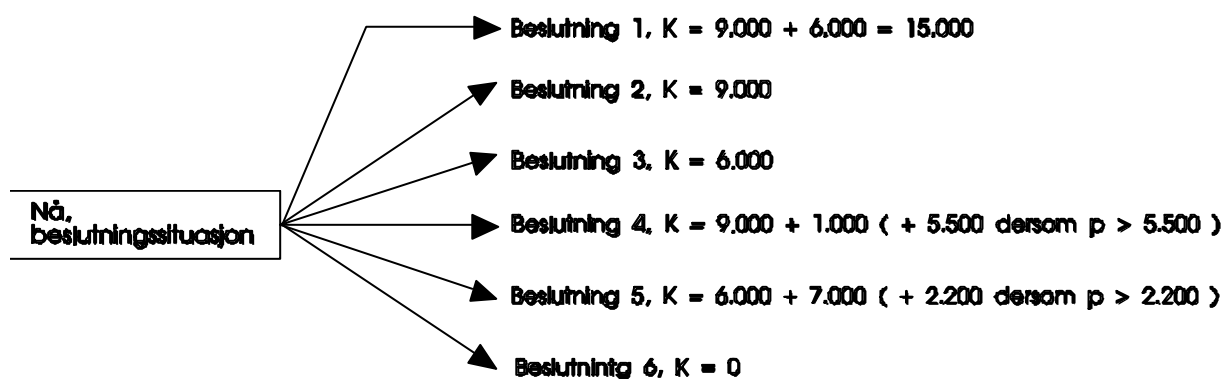
Tabell v3.1: Kostnader for de to prosjektene i kkr.

Prosjekt 1 (P1)	A	B	B ved forsering
	7.000	2.000	2.200
Prosjekt 2 (P2)	C	D	D ved forsering
	1.000	5.000	5.500

Vi antar at A må være ferdig før B starter og at C må være ferdig før D starter. Vi får et sett av mulige beslutninger som følger:

- B1. Begge prosjektene
- B2. Prosjekt 1
- B3. Prosjekt 2
- B4. Prosjekt 1 og C. Vent med D til vi vet prisen.
- B5. Prosjekt 2 og A. Vent med B til vi vet prisen.
- B6. Ingen av prosjektene.

Dette er illustrert i treet i figur 1.

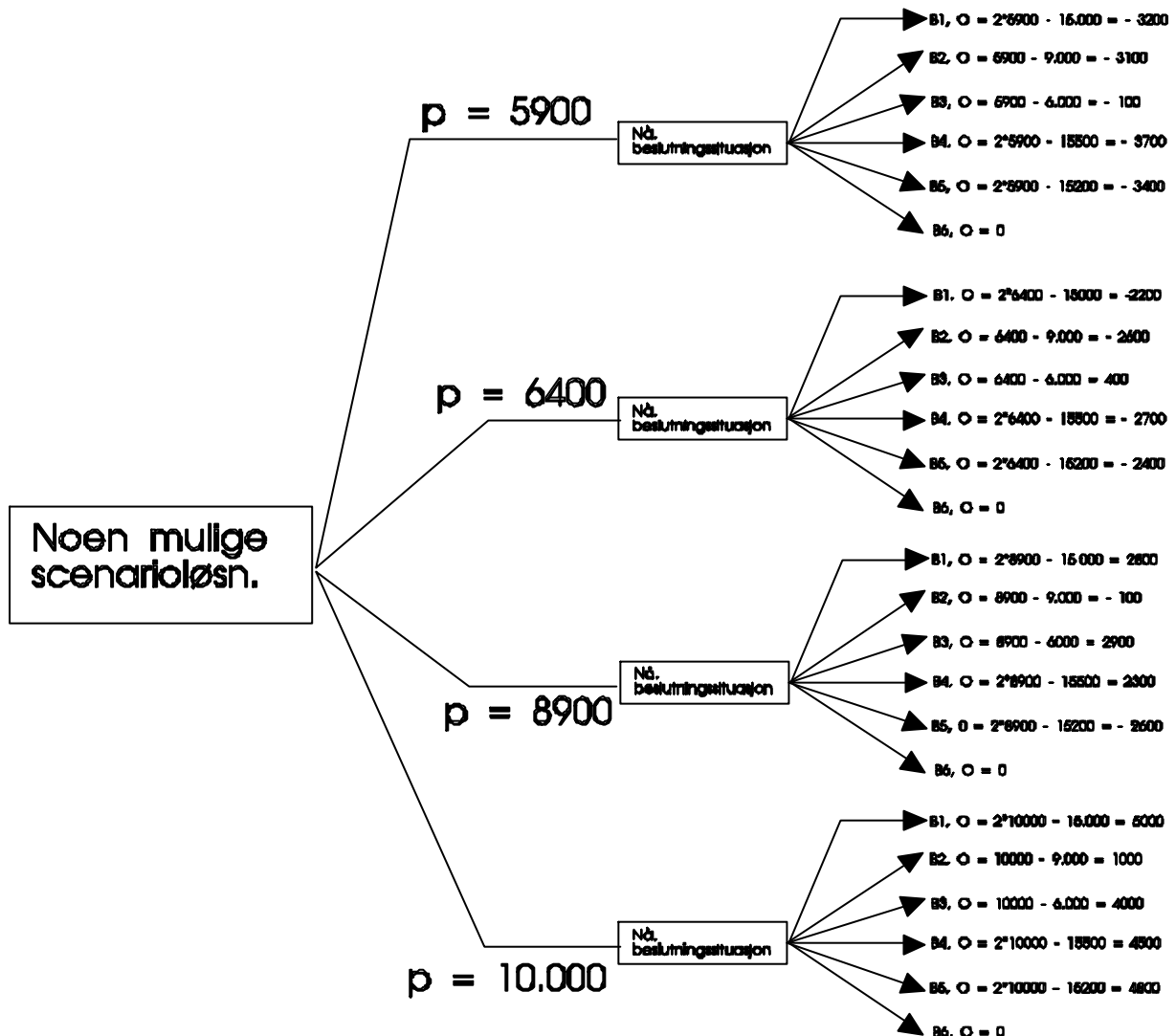


Figur v3.1: Mulige beslutninger med kostnader.

Ved en scenarioanalyse vil vi se på hvilken beslutning som er optimal. Vi ser på ulike priser på de to prosjektene ved salg - prøver ut mulige løsninger for ulike priser. Ut fra beregningene gjort i Figur v3.2 ser vi at de optimale løsningene på scenarioanalysen er :

$p < 6000$: Gjør ingenting (B6)

$6000 < p < 9000$: Velg beslutning B3.
 $p > 9000$: Velg beslutning B1.



Figur v3.2: Noen mulige scenarier med løsninger.

Ut fra figur 2 kan vi lese at uansett hvilke scenarier som blir prøvd er de nevnte løsningene optimalene. Merk at det i denne sammenhengen ut fra scenarioanalysen aldri vil være optimalt å forsinke det ene prosjektet. Grunnen til dette er at enhver scenarioanalyse er utført under sikkerhet (den er deterministisk), og at det derfor ikke er grunn til å betale 10 % ekstra for en forsinkelse av beslutningen.

Fanger denne Scenarioanalysen opp de optimale løsningene?

For å se etter om dette går vi ut fra en forventningsverdi-analyse. Den kan utføres som følger:

Hva skjer så dersom vi antar at prisen kan innta kun to verdier, la oss si:

$p = 1700$ med sannsynlighet 0,4

$p = 13000$ med sannsynlighet 0,6.

Forventet pris blir da $1700 \cdot 0,4 + 13000 \cdot 0,6 = 8.480$.

Scenarioanalysen som gir beslutning 3 som den optimale gir dermed forventet gevinst ved salg på :
 $8.480 - 6000 = 2.460$.

Hva så med de andre løsningsalternativene? Vi beregner disse i tabellen nedenunder.

Dersom vi velger f.eks alternativ 4 vil investeringen i første omgang bli kostnadene ved A, B og C som er 10.000. Dersom prisen blir lav velger vi ikke å utføre D. Da selger vi kun prosjekt 1 til den lave prisen. Dersom prisen blir høy velger vi å utføre også D. Da selger vi begge prosjektene. Vi må imidlertid huske på investeringen som D medfører. Vi får dermed følgende forventet gevinst for alternativ 4:

$$O = - 10.000 + 0,4 * 1700 + 0,6 * (2*13.000 - 5.500) = \underline{2.980}$$

Tabell v3.2: Beregninger av beslutningene vha forventningsverdier.

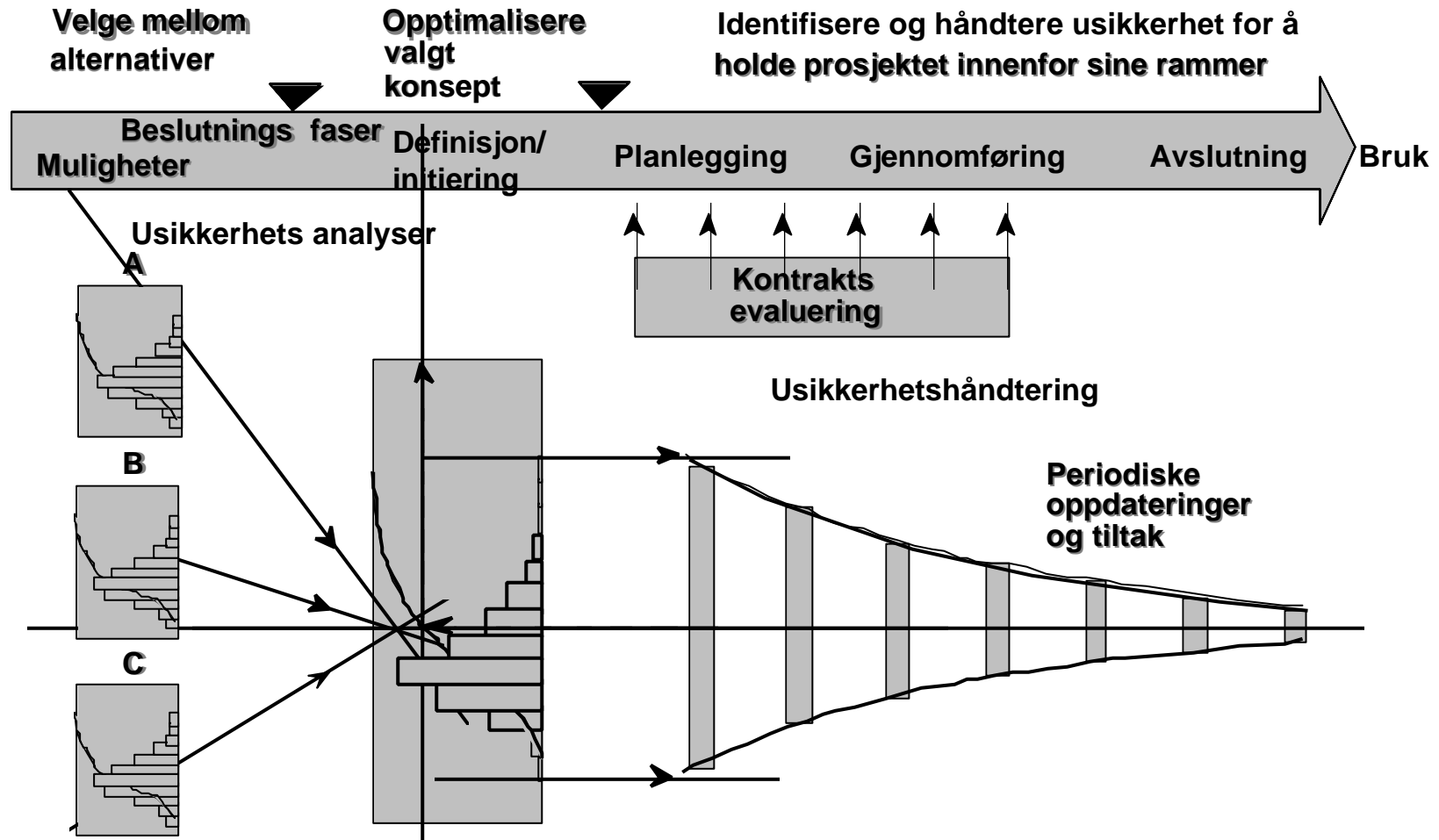
Beslutning	Investering	Inntekt dersom		Forventet gevinst
		p = 1700	p = 13 000	
1	- 15.000	$0,4*(1700)*2$	$0,6*13000*2$	1960
2	- 9.000	$0,4*1700$	$0,6*13000$	- 520
3	- 6.000	$0,4*1700$	$0,6*13000$	2480
4	- 10.000	$0,4*1700$	$0,6*(2*13000-5500)$	2980
5	- 13.000	$0,4*1700$	$0,6*(2*13000-2200)$	1960
6	0	0	0	0

Av tabell v3.2 ser vi at den optimale løsningen er å utføre Prosjekt 1 og C for så å vente med eventuelt å utføre aktivitet D til vi vet hva prisen er. I scenarioanalysen har ikke valg av denne typen noen verdi (jfr. forrige side), og vil dermed ikke ende opp som optimal løsning av analysen. Det er viktig å være klar over at dette ikke skyldes for få utførte scenarier, men at det skyldes scenarioanalysens natur, nemlig at den er deterministisk. Det er direkte feil å anta at dersom du gjennomfører nok scenarier vil du til slutt ende opp med den optimale løsningen.

Vedlegg 4:

Endring av usikkerhet over tid i et prosjekt.

Basert på figur av Terra Mar:

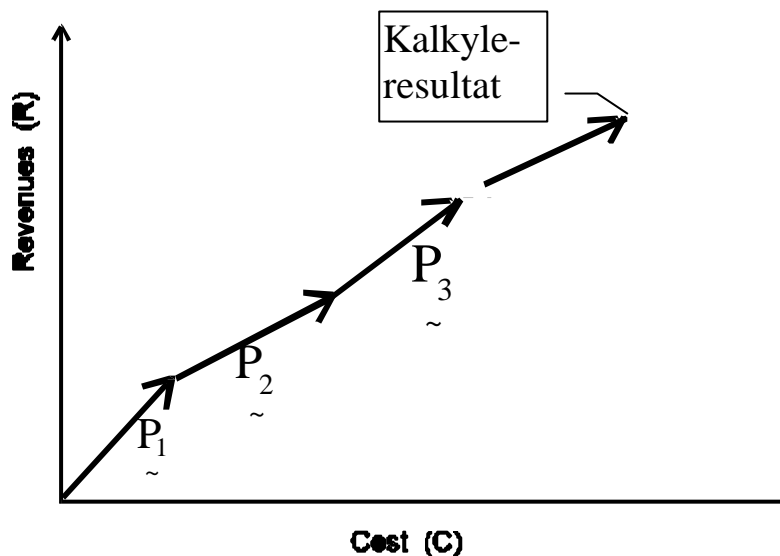


Vedlegg 5:

Betraktninger rundt usikkerhet i fortjeneste

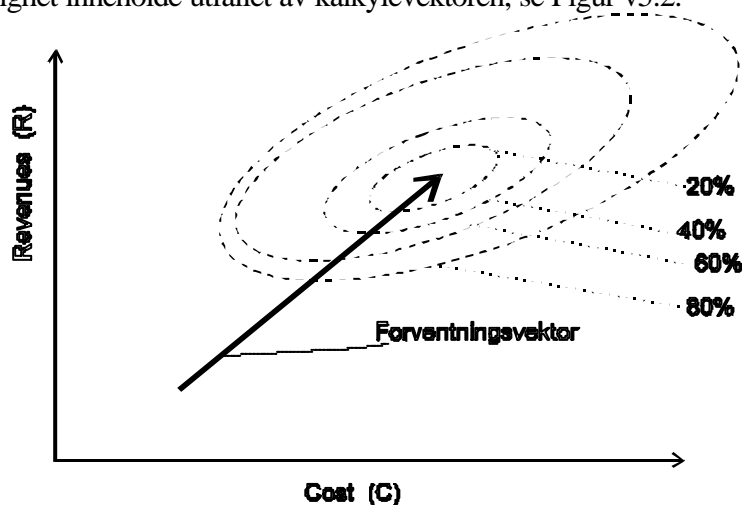
Vedlegg 5: Betragtninger rundt usikkerhet i fortjeneste

Denne framstilling er basert på en tankegang om at, spesielt for utførende, må et system for håndtering av den økonomiske usikkerheten fokusere på usikkerheten i fortjeneste, og er betraktninger som gjøres i dr.ing. arbeidet til Morten Stjern (Stjern ,96, 1 og 2). Dette innebærer en fremstilling som fokuserer på usikkerhet både i kostnader og inntekter. Kalkylen kan i prinsippet bygges opp som en sum av vektorer, der hver vektor uttrykker beregnet kostnad, og prisen på den tilhørende kostnadsposten, se figur v5.1 (Stjern 96, 1). Prisen blir den utførendes inntekt dersom kontraktsforholdet realiseres. Figur v5.1 viser gjeldende praksis, nemlig en deterministisk analyse.



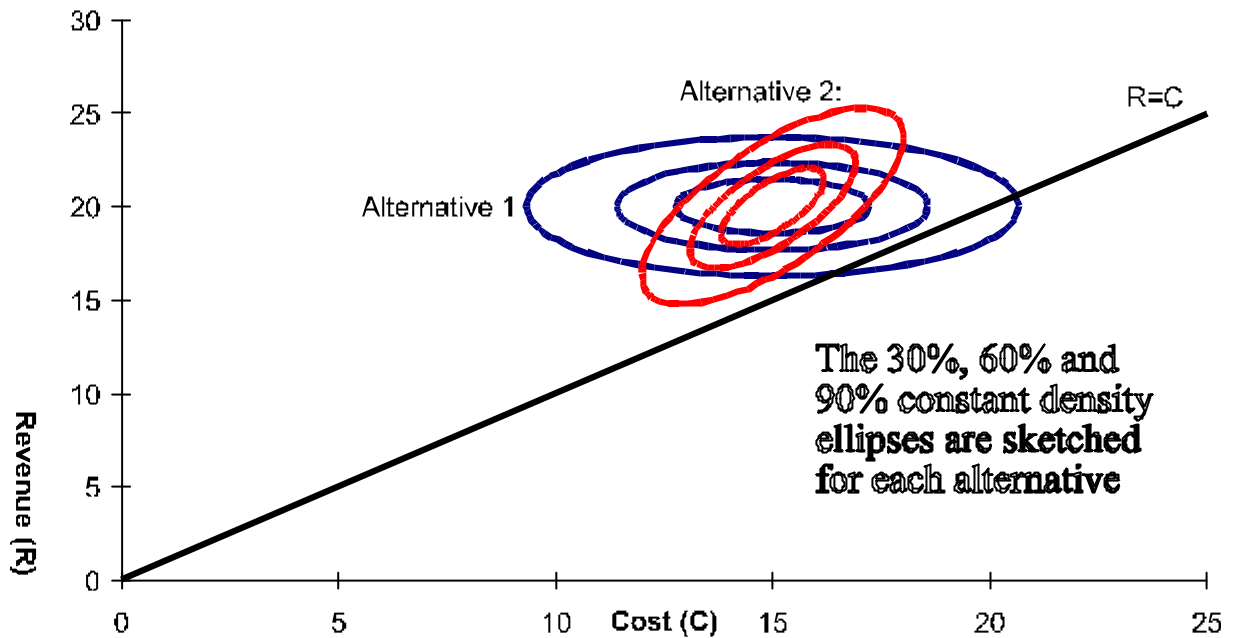
Figur v5.1: Kalkyle-prinsipp.

Det endelige utfallet kan modelleres på en bedre måte dersom vektorene i figuren håndteres som stokastiske vektorer, d.v.s. at utfallet av hver vektor gitt ved vektorens lengde og vinkel, uttrykkes som sannsynligheter for å inneholde det endelige utfallet av kostnader og inntekter for den tilhørende posten. Et 2-dimensjonalt intervall av kostnader og inntekter som med en viss sannsynlighet vil inneholde det endelige utfallet, er kalkylens konfidensområde. F.eks. vil et 20% konfidensområde med 20% sannsynlighet inneholde utfallet av kalkylevektoren, se Figur v5.2.



Figur v5.2: Illustrasjon av resultatet av en stokastisk analyse.

Forskjellen mellom ulike alternativ, uansett om forskjellene skyldes ulike produksjonsmetoder eller ulike prisings-alternativer, uttrykkes da som ulike konfidensområder, med forskjellig beliggenhet og forskjellig utstrekning (Se figur v5.3).



Figur V5.3: Konfidensellipser for to alternativer.

Denne fremstillingsmåten er hentet fra dr.ing. arbeidet til Morten Stjern, IBA, NTNU. Dette er under utvikling, og arbeidet skal være ferdig før 1.1.97.