



2010, 2011, 2012?
***Ein stokastisk analyse av framdriftsplanen
for Teater- og Konserthus for Sørlandet***

Mastergradsoppgåve i
Industriell økonomi og informasjonsledelse

av

Margit Vik Sundal

Høgskolen i Agder

Grimstad, mai 2006

Forord

Rapporten dokumenterer arbeidet som er gjort i løpet av våren 2006 med masteroppgåva. Det er eit krav til masteroppgåva at arbeidet skal bere preg av forskning. Rapporten skal skildre forskingsspørsmål, teori, metode, empirisk analyse og resultat. Masteroppgåva har vore gjort i form av ei sjølvstendig fordjuping innan fagområda prosjektstyring og risikostyring.

I masteroppgåva er det gjort ei fordjuping i teori om styring av usikkerheit i prosjekt. Emnet er valt ut frå egne erfaringar med arbeid i prosjekt der verkeleg tidsforbruk ikkje har stemt med opphavlege planar. Faga i utdanninga har gjeve innføring i teori om prosjektstyring. Arbeidet i oppgåva er meint å gjeve innsikt og erfaring med metodar for forbetring av framdriftsplanleggjing i prosjekt, og er forventa å vere verdifull kompetanse for seinare engasjement.

Dr. ing. Øystein Husefest Meland har vore veileidar for arbeidet med masteroppgåva, og er også prosjektsjef for prosjektet ”Teater- og Konserthus for Sørlandet” som er studieobjektet for oppgåva.

Eg vil gjerne få takke Dr. ing. Øystein Husefest Meland for god støtte av PTL i arbeidet, og for konstruktive tilbakemeldingar og innspel til arbeidet mitt.

Spesiell takk også til Ingemund Jordanger, Yngve Eilertsen og Einar Bøgwald.

Margit Vik Sundal

Grimstad 29 mai 2006

Samandrag

Denne rapporten omhandlar begrepet usikkerheit i framdriftsplanleggjing av prosjekt. Byggeprosjektet ”Teater- og Konserthus for Sørlandet” er eit prestisjeprosjekt som når resultatet blir overlevert, blir ei realisering av brukarorganisasjonanes mange ynskjer og krav. Det er store forventningar til resultatet, og prosjektleiinga blir utsett for mange påverknadar i prosessen fram mot overlevering. Byggeigar har sikra byggeprosessen med å engasjere eit profesjonelt firma innan prosjektleiing til å leie prosessen for seg.

Prosjektleiinga som system, er dermed utsett for store påverknadar frå omgjevnadane under byggeprosessen.

For å kvalitetssikre byggeprosessen slik at påverknadar som vil ha innverknad på framdriftsplanen, nyttar prosjektleiinga ein usikkerheitsprosess for å identifisere og kvantifisere all påverknad utanfrå.

Samstundes inneheld prosjektleiinga relasjonar internt som påverkar varigheit og avhengigheiter på aktivitetar i prosjektet.

Tradisjonell framdriftsplanleggjing som prosjektet har nytta seg av, gjørast i form av innleggjing av hovudaktivitetar i eit Gantt diagram.

Aktivitetane blir lagt inn med anslag på varigheit og avhengigheiter mellom aktivitetane der det er ei naudsynt rekkefølge. TKS prosjektet har ein framdriftsansvarleg som leiar arbeidet med dokumentering og justering av hovudframdriftsplan for prosjektet. Framdriftsplanleggjinga skjer med støtte av sentrale aktørar i prosjektleiinga og med innspel frå dei prosjekterande. I tillegg til at prosjektet er eit krevjande prosjekt med omsyn til arkitektur og funksjon, er framdriftsplanleggjinga ei stor utfordring av omsyn til stor påverknad i prosessen frå omgjevnaden.

Analysearbeidet med stokastisk analyse gjørast for å vurdere om teori rundt dette kan forbetre framdriftsplanen slik at prosjektet proaktivt kan unngå uforutsette forseinkingar og endringar.

Stokastisk analyse skjer ved at varigheiter for aktivitetane estimerast slik at usikkerheit som er kjent, blir inkludert i berekningane. Resultatet av stokastisk analyse er framdriftsplan som viser sannsynlegheit for å nå visse milepælar, og anslag kor stor forseinking som kan skje på grunn av påverknadar som kan forlenge varigheita.



Samstundes er det viktig å vere klar over potensialet som ligg i stokastiske analysar ved at usikkerheit ikkje bare er negativ, men kan også vere positiv. Stokastisk analyse avdekkjer også usikkerheit som kan gjeve gevinst i form av mindre tidkrevjande løysingar.

Usikkerheitsanalyse er eit viktig middel for å sikre framdriftsplanleggjing. Usikkerheitsanalyse kan vere ein del av ein større usikkerheitsprosess, som også omhandlar planleggjing og integrering av usikkerheitsarbeidet og –resultatet i organisasjonens støtteprosessar.

For gjennomføring av usikkerheitsanalyse viser erfaringar at gruppeanalyse er eit kvalitetsmessig god måte å sikre gode inndata på til analysen. I gruppeanalyse utnyttast erfaringar og kompetanse hos sentrale aktørar slik at resultatet blir betre enn bidrag frå kvar og ein tilsammen. Samtidig er gruppeanalyse ein krevjande arbeidsform som krev erfaring og god leiing.

Stokastiske analysar viser seg som ein god forbetring til framdriftsplanleggjing.

Innholdsliste

FORORD	2
SAMANDRAG	3
INNHALDSLISTE	4
1 INNLEIING	9
1.1 PRESENTASJON AV PROSJEKTET ”TEATER- OG KONSERTHUS FOR SØRLANDET”	9
1.2 PRESENTASJON AV PTL KRISTIANSAND AS	11
1.3 MÅL OG INNHALDET I MASTERGRADSARBEIDET	11
1.3.1 RAPPORTEN SIN OPPBYGGING	13
2 TEORI	14

2.1	DEFINISJONAR	14
2.1.1	SENTRALE STATISTISKE FORDELINGAR FOR STOKASTISK VARIABEL	16
2.2	BYGGEPROSESSEN	18
2.2.1	VERDIKJEDEPROSESSEN	19
2.3	GJENNOMFØRINGSMODELLAR	21
2.3.1	ENTREPRISEFORMER	22
2.4	FRAMDRIFTSSTYRING	26
2.4.1	GANTT-DIAGRAM	26
2.4.2	NETTVERK	27
2.5	PROSJEKTUSIKKERHEIT	29
2.5.1	STYRING AV PROSJEKTUSIKKERHEIT	31
2.5.2	USIKKERHEITSANALYSE MED BRUK AV ANALYTISK METODE	34
2.5.3	USIKKERHEITSANALYSE MED BRUK AV SIMULERINGSMETODE	56
2.6	OPPSUMMERING AV TEORI – SAMANLIKNING AV BEREKNINGSMETODANE	61
3	<u>METODE</u>	<u>64</u>
3.1	VAL AV STUDIEOBJEKT	64
3.2	INNSAMLING AV DATA	65
3.3	SEKUNDÆRDATA	67
3.4	DATAANALYSE	68
3.5	FORSKARS ROLLE UNDER ARBEIDET MED OPPGÅVA	72
3.6	VURDERING	73
4	<u>EMPIRISK ANALYSE OG DRØFTING</u>	<u>75</u>
4.1	FRAMDRIFTSPLANLEGGJING I PROSJEKTET	75
4.1.1	ORGANISERING AV FRAMDRIFTSPLANLEGGJINGA	75
4.1.2	HOVUDFRAMDRIFTSPLAN DATERT 08.08.2005	76
4.1.3	FORSLAG TIL HOVUDFRAMDRIFTSPLAN DATERT 18.01.2006	76
4.2	ENKEL ANALYSE I TIDUS	77
4.2.1	RESULTAT AV INKLUDERING AV USIKKERHEIT I FRAMDRIFTSPLAN AV 08.08.2005	79
4.2.2	KONKLUSJON AV ARBEIDET MED TIDUS:	79
4.3	USIKKERHEITSANALYSE ETTER PTL SIN USIKKERHEITSPROSESS	80
4.3.1	MÅLET MED USIKKERHEITSEMINARET:	80
4.3.2	FØREBUING TIL GRUPPEANALYSE	81
4.3.3	GJENNOMFØRING	81

4.3.4	IDENTIFISERTE KJELDER TIL USIKKERHEIT:	82
4.3.5	ESTIMERING UNDER USIKKERHEITSSEMINARET:	84
4.3.6	SIMULERING PER. 26.05.2006	86
4.3.7	RESULTAT AV SIMULERING PER. 26.05.206	88
4.3.8	KOMMENTAR TIL USIKKERHEITSANALYSEN	93
4.3.9	ANALYSE AV RESULTATET	94
5	<u>KONKLUSJON.....</u>	96
5.1	FORSLAG TIL VIDARE FORSKING	99
5.2	ETISKE VURDERINGAR	99
6	<u>LITTERATURREFERANSAR.....</u>	100

Figurliste

Figur 1-1	"TUTU". Vinnerprosjektet av designkonkurranse ("Teater- og Konserthus for Sørlandet", 2006).....	10
Figur 2-1	Frekvensfunksjon og fordelingsfunksjon til kontinuerleg stokastisk variabel (Lassen, 2005).....	17
Figur 2-2	Gammafordeling (Frode Drevland, 2006).....	17
Figur 2-3	Byggeprosessar i PTL. (Zdanovska, 2004).....	18
Figur 2-4	Val av gjennomføringsmodell (Meland, 2005a).....	22
Figur 2-5	Byggherrestyrte sideentrepriser (Prosjekt Byggherren i Fokus, 2006).....	24
Figur 2-6	Totalentreprise (Prosjekt Byggherren i Fokus, 2006).....	25
Figur 2-7	Gantt-diagram med avhengigheit og milepælar (Meland, 2005b).....	27
Figur 2-8	Enkelt AOA nettverk med relasjonane illustrert og utan tidsestimat (Rolstadås, 2001).....	28
Figur 2-9	Presendensnettverk (Rolstadås, 2001).....	28
Figur 2-10	SHAMPU prosessen (Chapman & Ward, 2003).....	31
Figur 2-11	Usikkerheitsstyringsprosessen (Jordanger, 2006a)	33
Figur 2-12	Nettverk med tripplestimat og restriksjon (Lichtenberg, 2000).....	40
Figur 2-13	Nettverk med MEB og korreksjonselement (Lichtenberg, 2000).....	44
Figur 2-14	MEB/Sa samt CImIn for ulike verdiar av F/Sa. (Lichtenberg, 2000).....	46

Figur 2-15 Generalentreprise	47
Figur 2-16 Hovudentreprise	47
Figur 2-17 Nettverk etter PERT-metoden av prosjektet (forenkla)	52
Figur 2-18 Forenkla framdriftsplan. Generert i TIDUS. Basera på (Eilertsen, 2006).	54
Figur 2-19 Figur for berekning av MEB og CI nøyaktig (Lichtenberg, 2000).	55
Figur 2-20 S-kurve for start av anskaffing av entreprenør(ar) til Kilden.	55
Figur 2-21 Simuleringsteknikk; realisering av verdien x der $F(x) = R$ (Lassen, 2005).	57
Figur 2-22 Gangen i køyring av ein simulering (Frode Drevland, 2006).	60
Figur 3-1 Prosjektleiing som system.	70
Figur 4-1 TIDUS framdriftsplan med usikkerheit inkludert med 10 % +/-	79
Figur 4-2 S-kurve for analysen i TIDUS.	79
Figur 4-3 Agenda for usikkerheitsseminaret 5.5.2006 (Jordanger, 2006b).	81
Figur 4-4 Situasjonsskart for TKS prosjektet (Jordanger, 2006b).	83
Figur 4-5 Resultat av fyrste simulering basera på analysen i usikkerheitsseminaret.	86
Figur 4-6 Usikkerhetsanalyse sluttdato prosjekt	89
Figur 4-7 Usikkerhetsanalyse sluttdato Utførelse Kilden	90
Figur 4-8 Usikkerhetsanalyse overtaking	90
Figur 4-9 Usikkerheit i aktivitet Prosjektering infrastruktur	91
Figur 4-10 Usikkerheitshistogram	91

Tabelliste

Tabell 2-1 Entrepriseformer (Prosjekt Byggherren i Fokus, 2006).	23
Tabell 2-2 Eksempel på standard definisjon og reel situasjon.	39
Tabell 2-3 Anslagsvis tillegg til totaltid av effekten av MEB (Lichtenberg, 2000).	43
Tabell 2-4 Samanheng mellom entrepriseform og MEB	48
Tabell 2-5 Aktuelle generelle forhold for prosjekteringsfasen av TKS	51
Tabell 2-6 Estimater og berekningar av generelle forhold	52
Tabell 2-7 Kalkulering	54
Tabell 2-8 Forskjellar mellom simulering og analytiske metodar (Frode Drevland, 2006). ...	62
Tabell 3-1 Oversikt over søk etter sekundærdata.	68
Tabell 3-2 Forskingsdesign og ulik grad av involvering (Isaksen, 2005).	73
Tabell 4-1 Hovudaktivitetsplan med deterministiske anslag som blei nytta som utgangspunkt for usikkerheitsseminaret.	81
Tabell 4-2 Analysegruppa i usikkerheitsseminaret (Jordanger, 2006b).	82



Tabell 4-3 Framdriftsplanen basera på analysen i usikkerheitsseminaret.....	85
Tabell 4-4 Framdriftsplan per 26.05.2006	87
Tabell 4-5 Kritisk veg analyse	92

1 Innleiing

Prosjekt ser ut til å fortsette å vere ein utbreidd arbeidsform i offentlege og private organisasjonar. Opp gjennom åra har det imidlertid vore mange eksempel på prosjekt som ikkje har gått som planlagt. Alt for mange planar leggjast på grunnlag av feil forutsetningar og utan forankring i verkelegheita. Det blir bruka mykje ressursar på å planleggje på område ein kjenner godt, og like fokus på usikre område.

Organisasjonar har økonomisk nytte av å fokusere planleggingsarbeidet på område som har potensiale for å påverke sluttproduktet størst. Analyse av usikkerheit har som resultat å vise kvar det kan vere nyttig å planleggje betre.

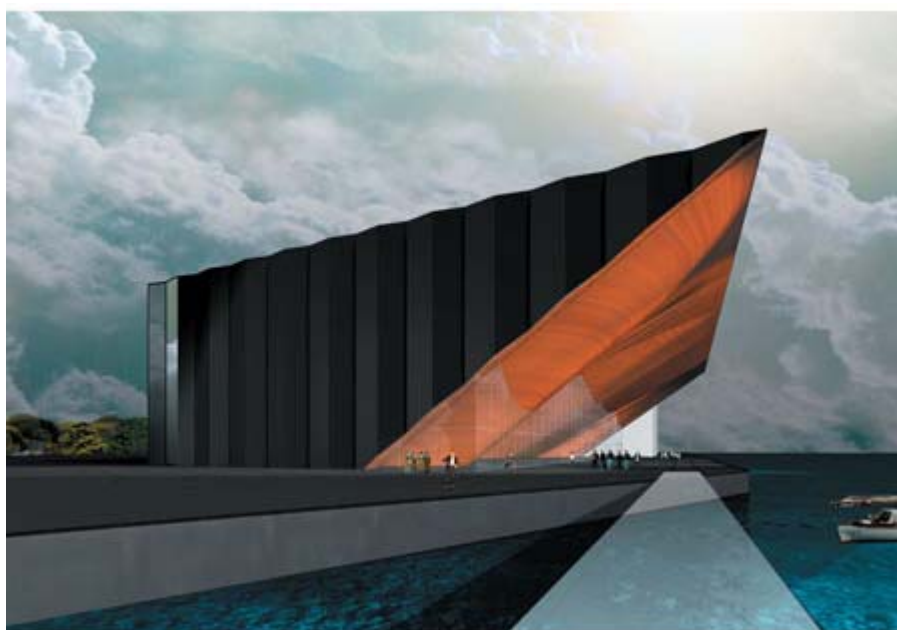
Arbeidet mitt med masteroppgåva er basera i hovudsak på emnet prosjektstyring i faget ”Strategisk Økonomistyring”. I tillegg er også faget ” Risikostyring og kvalitetsledelse” basis for arbeidet. Begge fag har handsama emnet usikkerheit i prosjekt.

Prosjektet ”Teater- og Konserthus for Sørlandet” er valt som studieobjekt. Foredragshaldar i emnet prosjektstyring er ansatt som prosjektsjef i prosjektet. Prosjektet er eit relativt stort prosjekt og styring av usikkerheit i framdriftsplanleggjing skal få særskild fokus i prosjektets tidlege fasar. Resultatet skal presenterast i form av rapport, poster og muntleg presentasjon.

1.1 Presentasjon av prosjektet ”Teater- og Konserthus for Sørlandet”

I juni 2003 vedtok bystyret i Kristiansand å bygge eit nytt teater- og konserthus i byen. Vedtaket blei avslutning på eit arbeid over mange år med å finne løysing på Agder Teater og Kristiansand Symfoniorkester sine ynskjer om lokale. Det vart også vedteke at bygget skulle ligge på Silokaia på Odderøya (Teater- og Konserthus for Sørlandet IKS, 2004). I oktober 2003 etablerte bystyret i Kristiansand og fylkestinget i Vest-Agder eit interkommunalt selskap for bygging av nytt teater og konserthus: ”Teater- og Konserthus for Sørlandet IKS”. Styre, dagleg leiar, rådgjevarar og prosjektadministrasjon blei valt. Styret skal sørge for planleggjing, prosjektering og bygging, og har ansvar for å forberede finansiering av bygget og organisere eigarform og organisasjonsform for framtidig drift. Prosjektet har fått tittelen: ”Teater- og Konserthus for Sørlandet” (TKS). Budsjettet er på 1,1 milliardar norske 2003-

kroner. Huset er planlagt for iverksetjing av oppsetjingar for teater, opera, musikalar, rock og dans og symfonisk musikk. Planen er at drifta skal setjast i gang i 2010. I prosjektadministrasjonen er Øystein Meland frå PTL Kristiansand AS engasjert som prosjektsjef, Per Myklebust kontraktsadministrator, Einar Bøgwald prosjekteringsleiar og Dag Tjønn adm. byggeleiar. I juli 2004 blei ein åpen designkonkurranse utlyst. I invitasjonen til designkonkurransen står det skrive at det er et *mål å frembringe en bygning av høy arkitektonisk kvalitet*. Vidare står det at bygningen *i sin utforming skal inkludere kanalen og sjøen som eit opplevelsesmoment* (Teater- og Konserthus for Sørlandet IKS, 2004). Det var ein viktig milepæl for prosjektet då arkitektfirmaet ALA Architects vann konkurransen med prosjektet ”TUTU”. Arkitektfirmaet fekk overrekket prisen på 1 million kroner den 7de februar 2005. Figur 1-1 syner modell av vinnarprosjektet.



Figur 1-1 ”TUTU”. Vinnerprosjektet av designkonkurranse (”Teater- og Konserthus for Sørlandet”, 2006).

Som figuren syner er vinnarprosjektet ein bygning med ein spesiell arkitektonisk utforming. Bygningen har ein skrå fasade mot sjøsida utforma som ein bølga trevegg og med bølga glasvegg under. Særleg utforminga med stor skrå vegg av tre og glas kan vere med å gjøre bygget til eit nytt landemerke for Kristiansand. Samstundes kan utforminga vere ein viktig kjelde til usikkerheit i prosjektering og gjennomføring av prosjektet.

24 januar 2006 fekk Teater- og Kulturhuset eit namn ved at styret vedtok at det skal heite *Kilden*. Noko av grunngevinga for valet var at Kilden er enkelt å kommunisere, og det forbindas med den sørlandske forfattaren Gabriell Scott sin roman med same namn.

Prosjekteigar har valt å setje ut prosjektleiinga til eit eksternt firma for på den måten å få dei beste ressursane som finnast. Prosjekteigar er klar over at prosjektet er svært krevjande slik at dei er best tent med å engasjere profesjonell kompetanse for å styre prosjektet. PTL har oppfylt strenge krav som oppdragsgjevar har sett til firmaet, prosjektleiar og støttesystem og blei difor valt ut til å leie gjennomføringa.

1.2 Presentasjon av PTL Kristiansand AS

PTL (Prosjekt og teknologiledelse AS) er eit av Noregs leiande prosjektleiarfirma med 87 ansatte per februar 2006. Selskapet har hovudkontor i Trondheim og avdelingskontor i Oslo og Kristiansand ("PTL AS", 2006). Av dei ansatte er 15 knytte til kontoret i Kristiansand. Som forklare på websida ("PTL AS", 2006) er primærtjenestane prosjekt- og endringsleiing med tilhøyrande spesialtjenestar. PTL gjennomfører små og store oppdrag innan mange forskjellige bransjar. I tillegg til å ha som mål å ha leiande norsk spesialistkunnskap innan dei fagområda som prosjektleiing består av, har dei ansatte stor spreing i fagleg bakgrunn. Gjennomføring av oppdrag skjer med samarbeid mellom kontora. For PTL Kristiansand AS sin del skjer dette ved at lokale prosjekt får spesialiststøtte frå Trondheim- og Oslo avdelingane. Avdelinga i Kristiansand blei del av PTL AS i 2004 og heitte TET AS før det.

1.3 Mål og innhaldet i mastergradsarbeidet

Arbeidet mitt går ut på å gjøre analysar av framdriftsplanane for prosjektet "Teater- og Konserthus på Sørlandet i Kristiansand". Prosjektadministrasjonen vil ha fokus på usikkerheit i tidsestimata, og arbeidet mitt vil vere i tilknytning til administrasjonens arbeid innan feltet denne våren. Arbeidet vil vere sentrert rundt vurderingar med tidsestimata som stokastiske variablar der usikkerheita blir teken opp i planane. Tradisjonelt har tidsestimering vore gjort med deterministiske verdiar der informasjonen om i kor stor grad kunnskapen har vore sikker har vore utelate. Ut frå deterministiske planar kjem utrekna milepælar og prosjektvarigheitar i form av mest sannsynlege verdiar. Usikkerheit som prosjektleiinga kjenner til må leggjast til manuelt, eller som kommentar. Usikkerheit blir dermed ikkje nytta som element for forbetring av estimat, men som faktor for vurdering av kvaliteten på framdriftsplanen. For å fange opp usikkerheita, leggjast det inn slakkar i planen.

Oppgåvas problemstilling:

"2010, 2011, 2012, Ei stokastisk analyse av framdriftsplan for Teater- og Konserthus for Sørlandet"

Som ordlyden på problemstillinga syner vil arbeidet i oppgåva vere stokastisk analyse av framdriftsplanen. Utgangspunktet for arbeidet vil vere eksisterande framdriftsplan for prosjektet utarbeidd av prosjektleinga i form av tradisjonell planlegging med deterministiske verdiar. Usikkerheit i tidsanslaga vil bli inkludera med minimumsverdi og maksimumsverdi i tillegg til mest sannsynleg verdi. Resultatet ut vil vere forventa verdi med standard avvik for kvar aktivitet og for totalprosjektet. Analysar vil bli utført i tråd med utvalde teoriar og modellar. Resultatet vil bli samanlikna med opprinneleg framdriftsplan slik at nytten av metodane kan vurderast.

Inkludert i arbeidet ligg ikkje ei brei presentering og vurdering av eit utval av eksisterande teknikkar med verktøy for handtering av usikkerheit i prosjekt. Oppgåva skildrar eit par teknikkar og nemner eksempel på verktøy. Teknikkar er valt ut frå aktualitet i høve til studieobjekt. Ei brei vurdering av teknikkar ville gjeve ei anna type metode og empirisk analyse som ikkje var ønskeleg. Valte teknikkar skal sikre ei god nok vurdering av stokastiske anslag for betre handtering av usikre prosjekt.

Arbeidet i masteroppgåva mi er avgrensa til fordjuping og forskning kring usikkerheit i prosjektstyring. Teori rundt framdriftsstyring i prosjekt er forklara, men ikkje prosjektleiing og prosjektarbeid generelt.

Mål med arbeidet er fyrst og fremst å fullføre mastergradsstudiet. Dette er overordna grunn til arbeidet dette halvåret at for å få vitnemål og graden master må masteroppgåve leverast og bli bestått. Utover at det er eit krav å gjøre ei masteroppgåve og få bestått, er målet med utdanninga å få ny kompetanse som kan bli nyttig i seinare arbeidssituasjonar. Dette gjeld også for arbeidet med oppgåva. Målet er å få forståing for emnet og få eit godt grunnlag til å bli betre på prosjektplanleggjing.

Eg valte oppgåve slik at eg kunne jobbe sammen med ansatte i PTL. Firmaet er eit profesjonelt firma innan prosjektstyring med høgt kompetente medarbeidarar innan fagfeltet. Firmaet har som mål å ha leiande norsk spesialistkunnskap innan blant anna usikkerheitsstyring ("PTL AS", 2006). Ved å samarbeide og utføre arbeid for prosjektet sammen med PTL ansatte ligg alt til rette for at eg skal lære mykje. Medarbeidarane i prosjektet kan hjelpe meg i faglege spørsmål eg måtte ha, og har nettverk mot andre miljø innan fagfeltet.

I tillegg til mine egne mål for arbeidet er det eit mål med arbeidet at det vil vere til hjelp i planprosessen i prosjektet. Analysearbeidet vil medføre prosessar med å avdekkje usikkerheit i prosjektet. Analysearbeidet vil krevje tid og ressursar frå sentrale medarbeidarar i prosjektorganisasjonen, men målet er at dette ikkje skal vere ekstraarbeid for dei som deltek, men ein hjelp undervegs i prosessen til å bli oppmerksom på usikre høve. På den måten får deltakarane auka sin kompetanse innan planleggjing. Resultatet kan nyttast inn i vidare planleggjing for å få sikrere planar og betre grunnlag for beslutningar.

Sluttproduktet for studieobjektet som er eit teater- og konserthus for sørlandet, kan sikrast betre med god analyse av usikkerheit. Prosjektleiinga er ansvarleg for å legge fram for styret informasjon som dei kan ha som grunnlag for beslutningar. Det er viktig at prosjektleiinga greier å gjeve styret god informasjon om kva som er konsekvensen av alternative beslutningar. Usikkerheit om og tidspunkt for beslutningar er naturleg del av usikkerheitsanalyse og resultatet er nyttig å vise for å forklare konsekvensen beslutningane har på tidsplanen. Samstundes er det viktig å legge vekt på at usikkerheitsanalyse kan avdekkje positiv usikkerheit som ein mogleg positiv innverknad på planarbeidet og beslutningsprosessen. Ved synleggjering av potensiale for forkorting av varigheit kan prosjektet utnytte dette og få betre sluttprodukt.

Med grunnlag i val av studieobjekt og mål for mastergradsarbeidet er arbeidet lagt opp med ei fordjuping i relevant teori før utføring av empirisk arbeid. Nedanfor forklarast oppbygginga av rapporten i korte trekk.

1.3.1 Rapporten sin oppbygging

Teoriar som er nytta i empirien er forklara i kapittel 2. Kapittel 3 inneheld forklaring av metodeval, medan empiri er avgrensa til kapittel 4. Denne oppbygginga er i samsvar med rekkefølga på arbeidet med oppgåva. Eg har studera teori og forklara denne fyrst, for å få ei forståing for emnet og tidlegare undersøkingar. Metodeval er resultat av arbeidet med teorien, og har derfor vore naturleg å leggje etter teorikapittlet i oppgåva.

2 Teori

Analysearbeidet som skal gå føre seg er innan området usikkerheitsstyring i prosjekt. Aktuell teori for arbeidet med masteroppgåva er skildra i teorikapittlet. TKS prosjektet er eit stort og komplisert prosjekt med stor påverknad frå omgjevnaden. Kjeldene til usikkerheit er mange. For å forstå korleis eit slikt byggeprosjekt styrast og gjennomførast, er teori om byggeprosessen og gjennomføringsmodellar formidla. Elles er mykje teori rundt prosjektleiing og statistikk aktuell for forståing av problemstillinga. Det er imidlertid valt å utelate generell prosjektleiingsteori og brei statistikk innføring, og istaden gjøre ei god fordjuping innan usikkerheitsstyring. Ein del ord og uttrykk som er nytta i masteroppgåva er forklara i avsnitt 2.1.

2.1 Definisjonar

Oversikt over begrep og definisjonar.

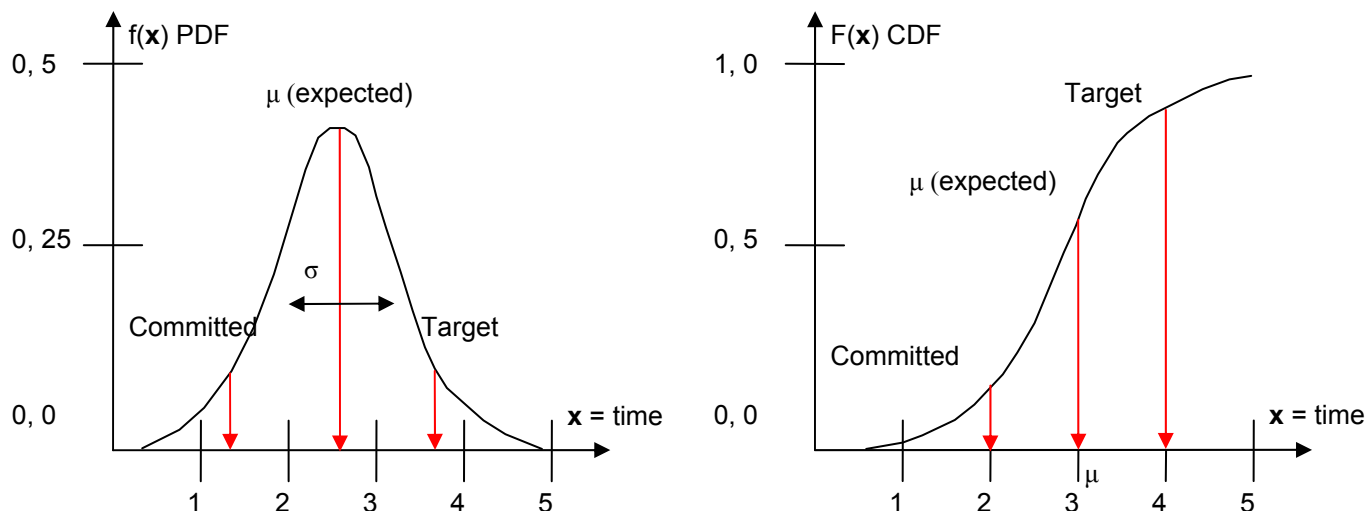
usikkerheit	Differansen mellom den informasjon som er naudsynt for å ta ei sikker avgjer og den tilgjengelege informasjon (Rolstadås, 2001). Usikkerheit kan delast inn i negativ usikkerheit: risiko, og positiv usikkerheit: moglegheit. Usikkerheit kan kvantifiserast med sannsynlegheit for hendinga og konsekvens dersom den inntreff. For ei hending 1 har ein: $\{P, K\}$ der P er sannsynlegheit for at hending 1 inntreff og K er konsekvens. Forventa tap (risiko) eller gevinst (moglegheit) er $= P * K$.
Risiko	Faren for uønska hendingar. Kan tolkast som den inverse av sikkerheit. I prosjekt samanheng inkluderar det å identifisere risiko både identifisering av moglegheit og truslar: positive og negative utslag for prosjektet (Project Management Institute, 1996).
Positiv usikkerheit	Omfanget av moglege utfall som gjev betre resultat enn forventa (auke av prosjektets nytteverdi, auke lønsomheit, kostnadsreduksjonar, auka sikkerheit).
Stokastisk variabel	Ein tilfeldig variabel som kan anta forskjellige numeriske verdier kvar gong den realiserast. Karakteriserast med middelvei μ og standardavvik σ og sannsynlegheitstetthetsfunksjonen PDF (frekvensfunksjon). Sjå meir forklaring og figurar i avsnitt 2.1.1.

Stokastisk analyse	Stokastisk analyse er ein kombinasjon av klassisk matematisk analyse og sannsynlegheitsteori, og nyttast for å analysere fenomen som har usikre utfall. Ein eller fleire av komponentane er usikre.
Deterministisk	Eintydig, utan uforutsigbar variasjon.
Prosjekt	Eit tiltak som har karakter av eit eingongsforetakande med ei gitt mål og avgrensa omfang og som gjennomførast innanfor ei tids- og kostnadsramme (Rolstadås, 2001).
Forventa verdi	Regnas ut for ein stokastisk variable ut frå f.eks. gruppe tripplestimat. Ulike fordelingar kan ligge til grunn: Beta-fordeling, Erlang-fordeling eller triangel fordeling. ”Enkel scenario tilnærming” estimerar også sannsynlegheit for kvart varigheitsområde (a , b og m : sjå under) (Chapman & Ward, 2003). Ved å nytte den betafordeling er forventa verdi = $E(t) = 1/6(a + 4m + b)$
Varians	Sjå Forventa verdi. Varians er tilsvarande lik: $Var(t) = 1/36(b - a)^2$
Tripplestimat	<p>Estimering av verdiområdet til ein post eller aktivitet. Kvar post eller aktivitet får tillagt 3 verdier: a, b og m. Desse verdiane er:</p> <p>b = mest pessimistisk anslag, den lengste tenkelege varigheit aktiviteten kan ha. Anslaget kan vere sett til 90 % sannsynleg at aktiviteten er ferdig innan verdien</p> <p>a = mest optimistisk anslag, den minst tenkelege varigheit aktiviteten kan ha. Anslaget kan bli sett til verdien det er 10 % sannsynleg at aktiviteten er ferdig innan.</p> <p>m = Mest realistisk anslag, den mest sannsynlege verdi for aktiviteten.</p> <p>Rekkefølga av estimering er ikkje vilkårleg. Ulike kjelder anbefalar start med estimering av b (Chapman & Ward, 2003), andre med a (Klakegg, 1993). Formålet med å byrje med ytterpunkta er å hindre fokusering rundt m. Mest realistisk anslag vil vanlegvis vere lik eit deterministisk anslag for variablar.</p>
Gruppe tripplestimat	Tripplestimat estimering utført av ei analysegruppe av 4 – 15 personar med ulik kompetanse.
Flyt (i nettverk)	Det maksimale tidsrom ein aktivitet kan forskyvast i tid utan at det påverkar sluttdatoen til prosjektet.
Slakk (i nettverk)	Differansen mellom seinaste og tidlegaste tidspunkt for ei hending.

WBS	Work Breakdown Structure er ein strukturert måte å dele arbeidet opp på. Arbeidsoppgåvene på øverste nivå detaljerast opp i fleire delaktivitetar, som vidare delast opp i mindre aktivitetar i eit hierarkisk system.
Kontraksstrategi	Retningslinjer for korleis arbeidsomfanget i eit prosjekt delast inn i ulike kontraktar, kva kontraktane skal innehalde og kva kontraktstyper som skal brukast.
Kontrahering	Aktivitetar knytte til forarbeid og inngåing av kontrakt.
Byggherre	Oppdragsgjevar til prosjektet, prosjekteigar.
Byggeleiar	Prosjektleiars representant på byggeplassen.
Entrepriseform	Kontraksstruktur som ligg til grunn for utføringa av: prosjektering, bygging, og koordinering. (Kan også inkludere FDVU og finansiering). Ansvarsfordeling mellom byggherre, entreprenør og prosjekterande.
anskaffelsesprosess	Prosess for å skaffe varer og tenester frå eksterne kjelder,- frå strategi til kontraktinngåing.
Prosjektering	Gjennomføring av design-, konstruksjons- og berekningsoppgåver som teknisk grunnlag til utforming, gjennomføring, vidareutvikling og bruk av prosjektet.
TKS	Prosjektet ”Teater- og Konserthus for Sørlandet”.

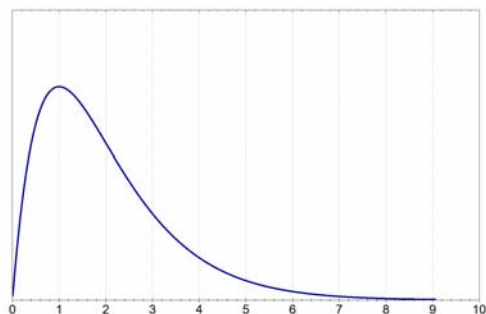
2.1.1 Sentrale statistiske fordelingar for stokastisk variabel

Under visast eksempel på statistiske fordelingar for ein kontinuerleg stokastisk variabel. Denne typen dekkjer eit uendeleg utfallsrom som for eksempel eit åpent eller lukka talintervall.



Figur 2-1 Frekvensfunksjon og fordelingsfunksjon til kontinuerleg stokastisk variabel (Lassen, 2005)

Den andre hovudtypa: diskret sannsynlegheitsfordeling, er for avgrensa storleikar, f.eks heiltal. På kurva for sannsynlegheitstettleiksfunksjonen PDF (venstre) i Figur 2-1 visast avmerkt standardavviket og middelvei. PDF kan ha ulike former. Her er vist ein normalfordeling med symmetri rundt μ . Den kumulativ fordelinga (kurve til høgre) er danna ved å starte på den lågaste verdien i sannsynlegheitsintervallet og kontinuerleg summerar sannsynlegheit samman med forflytting til høgre. Kurva går frå 0 (0 % sannsynleg) til 1,0 (100 % sannsynleg). Kurva nyttast for å angjeve sannsynlegheita for at variabelen er mindre enn eller større enn ein gjeven verdi, eller innan eit visst intervall. I teori om usikkerheitsstyring i prosjekt er val av fordeling som basis for berekningsmetode diskutera, og ulike teoriar baserar seg på ulike fordelingar. Gamma, Erlang og Beta fordelingar er aktuelle fordelingar for sentrale berekningsmetodar.



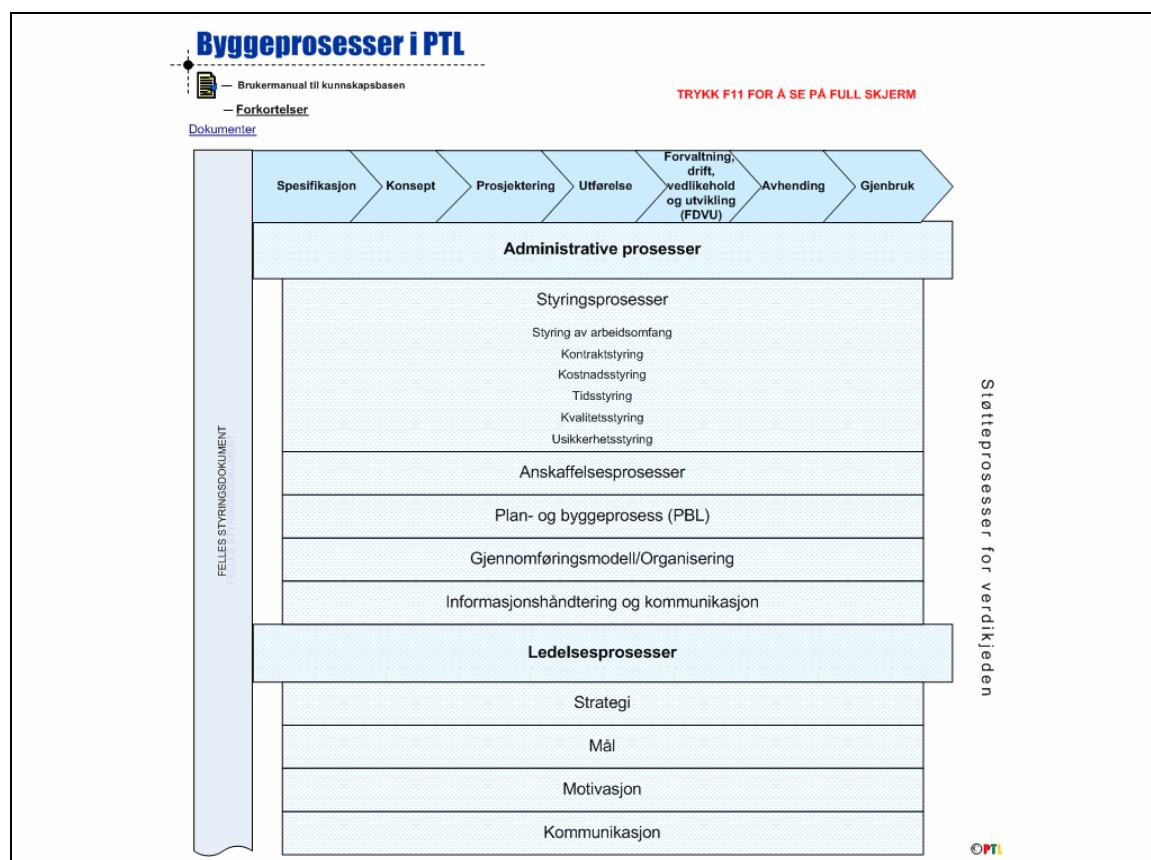
Figur 2-2 Gammafordeling (Frode Drevland, 2006).

Gammafordeling er ein høgreskjeiv fordeling. Erlang er ein spesialversjon av Gammafordeling. Betafordeling er fordelingar som har ein sentraltendens (noko gamma- og

erlangfordelingar også har), og har nedre og øvre grense. For gamma- og erlangfordelingar er det meir uvisst om øvre grense eksisterar (Frode Drevland, 2006).

2.2 Byggeprosessen

Som innan andre fagområde ligg det innan byggfaget ein prosess til grunn for inndeling av prosjekt i fasar og med gitte rammer i form av lover og rutinar som føringar for korleis arbeidet i prosjektet skal utførast. Innan bygg kallast dette byggeprosessen. Byggeprosessen initierast av ide og mål med bygget og går føre seg ut livssyklusen til bygget, inkludert utrangering. Ein generell byggeprosess finnast ikkje. PTL's dokumentera byggeprosess er lagt til grunn for å skildre ein slik prosess (Zdanovska, 2004). Byggeprosessen er delt inn i verdikjedeprosessen og eit utval av støtteprosessar til verdikjedeprosessen. Verdikjedeprosessen er delt inn i fasar som delast inn utover i tid. Figur 2-3 gjev ein oversikt over totale prosessar slik PTL AS ser det. Støtteprosessane er i hovudsak i tråd med definera støtteprosessar i henhold til PMI¹. Fasane i verdikjedeprosessen øverst i Figur 2-3 vil bli skildra nærmare for å forklare korleis gangen i ein byggeprosess er.



Figur 2-3 Byggeprosesser i PTL. (Zdanovska, 2004).

¹ Project Management Institute: www.pmi.org

Nærmare forklaring av kvar fase i verdikjedeprosessen forklarast i grove trekk under. For meir detaljar, sjå PTL sin brukarmanual (Zdanovska, 2004).

2.2.1 Verdikjedeprosessen

Kvar fase i verdikjedeprosessen er her forklara kort.



Spesifikasjon vert og i nokre samanhengar kalla programmering. Ut frå forretningside og mål med bygget blir krava spesifisera. Krava er til dømes brukarkrav, areal, lokalisering, tekniske- og bygningsmessige krav. Evalueringskriterium for konseptval bestemmast her.

Konsept

I Konseptfasen vurderast Konseptidear og konseptprinsipp veljast. Konseptval kan skje i form av anbuds konkurranse og val blant innkomne tilbod. I TKS prosjektet har ein plan- og designkonkurranse vore arrangert.

Prosjektering

Prosjekteringsfasen er splitta i 3 hovuddelar: skisseprosjekt, forprosjekt og detaljprosjekt.

Skisseprosjekt:

På grunnlag av valte konseptprinsipp og andre rammer vert det utarbeida alternative løysningsforslag i skisseprosjektet. Alternative løysingar identifiserast og belyst. Skisseprosjektet avsluttast med innstilling til val av hovudalternativ for vidare bearbeiding.

Forprosjekt:

På grunnlag av godkjent skisseprosjekt vert bl.a. systembeskrivingar, kalkyler og ajourføring av form/geometri på romnivå gjort av rådgjevande ingeniørar og arkitektar. Ut av forprosjektet kjem løysing for prosjektet med romplassering.

Detaljprosjekt:

I detaljprosjektet verifiserast output frå forprosjektet. Planane oppdaterast og underlag for entreprisetilbod blir gjort klart. Entreprisetilbod (sjå 2.3) og anskaffelsesprosess for entreprisane blir valt. Tilbudsgrunnlag sendast ut. Innkomne tilbod vurderast og innstilling gjørast. Byggherre/prosjektleder vel entreprenør(ar). Eventuelle avklaringar gjørast og kontrakt inngåast. Detaljteikningar for utføring utarbeidast.

Utførelse

I utførelse: Utførelse inkluderar all produksjon og klargjering inntil bygget kan overtakas. Fasen har ti delstadiar hos PTL: Opprigging, infrastruktur, utanomhus, grunnarbeid, bæresystem, tetthusarbeid, hovudføringar, innredning, utrusting, nedrigging, overtaking og møblering.

Forvaltning, drift, vedlikehold og utvikling (FDVU)

Denne omfattar bruksperioden for bygget. Ein forvaltnings, drifts, vedlikehalds- og etter kvart utvikling- og fornyingsprosess, FDVU prosess, startar opp. Eit ”som bygd” dokument utarbeidast for bruk i FDVU prosessen. Dokumentet skal innehalde data som forklarar korleis bygget er sett saman, kva komponentar som er bruka, veiledning for vedlikehald med meir.

Avhending

I avhending: Utrangering av bygning og riving, fråflytting eller forfalling.



Gjenbruk: Etter utrangering kan inntening eller omforming av verdiar skje i form av ombruk av materiale, materialgjenvinning, avfallsforbrenning med ombruk av energi vere aktuelt. Elles vil vanleg deponering måtte vurderast.

Praktisk gjennomføring av verdikjedeprosessen

Som vist i Figur 2-3 og forklara om delfasane av verdikjeda er det ei naturleg og naudsynt rekkefølge av aktivitetar i dei ulike fasane. I praksis skjer det ofte ei veksling mellom fasar, f.eks. mellom spesifikasjon og prosjektering. I PTL sin dokumentasjon om verdikjedeprosessen (Zdanovska, 2004) er det forklara meir i detalj korleis fasane overlappas. For eksempel kan dokumentasjonen frå spesifikasjonsfasa vere til ein viss grad ferdig før skisseprosjektet i prosjekteringsfasen. Ved ynskje om ulike tidsplanar for ulike delar av totalprosjektet kan oppdeling gjerast slik at prosjektering for nokon delar gjerast før andre, og prosjektering for seinare delar gjerast parallelt med utføringa av dei fyrste. Produksjonsrekkefølga kan liggje til grunn for oppdeling i arbeidsdelar, og kvar arbeidsdel gjennomgår prosjektering og utføringsfasane. I TKS planleggjast det å ha tidlegare oppstart av skisseprosjekta for infrastruktur og parkeringshus enn for konserthuset. Dermed blir forprosjekt og skisseprosjekt for ulike delar parallelle. Forskuinga i tid for dei ulike delane vil og forgå utover i dei andre fasene. Dette gjerast for å korte ned totaltida. Teknikken går under benemninga ”Fast Tracking” (eng.) og er ein utbreidd teknikk i prosjektstyringssamanheng der uavhengige aktivitetar utførast parallelt.

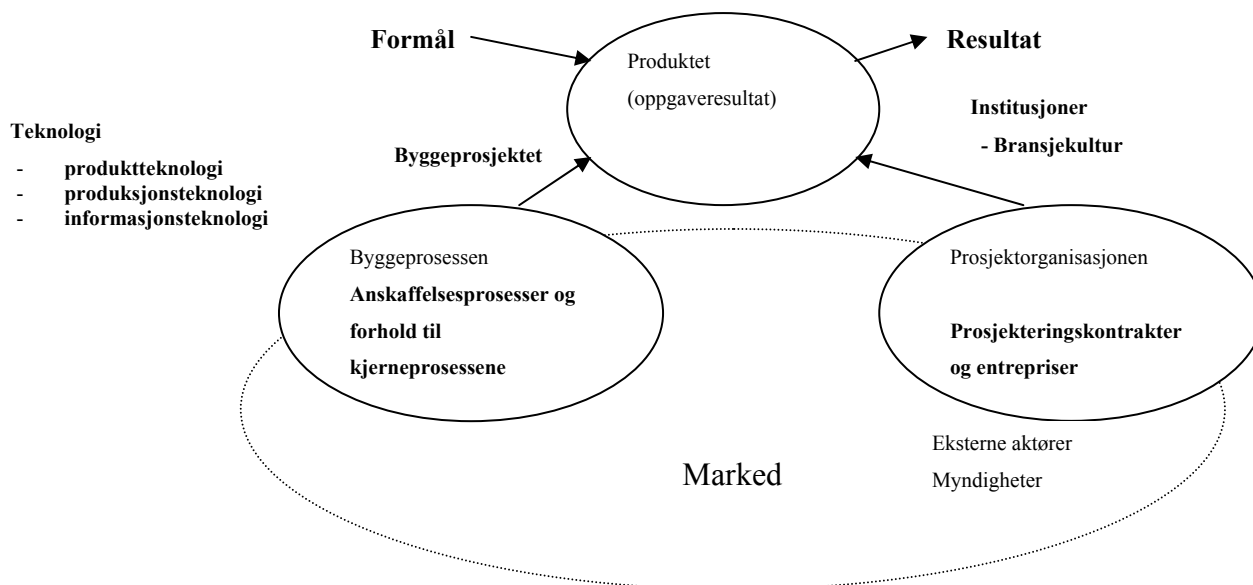
Som nemnt innleiingsvis er byggeprosessen kompleks med omsyn til oppgåver og lover og reglar å følgja. Av val som gjerast er organisering og samarbeidsformer med underleverandørar, og gjerast i løpet av detaljprosjekteringsdelen av prosjekteringsfasen.

2.3 Gjennomføringsmodellar

Det er mange måtar å organisere byggeprosjekt på. Val av gjennomføringsstrategi er ein viktig premis for å få god styring av prosjektet. Med gjennomføringsmodell meines ein modell av byggeprosessen med organisering og ansvarsforhold i alle fasar av prosjektet. Begrep som gjennomføringsmodellar og kontraktsformer karakteriserar hovudtrekka for prosjektorganisering og byggeprosess, anskaffingsprosess, ansvarsdeling og usikkerheit, men skil ikkje mellom ulike teknologiske premisser og variablar.

Gjennomføringsmodellar med strategiske vurderingar er generelt knytt til fire forhold:

1) anskaffingsstrategi, 2) vederlagsprinsipp, 3) entreprise- og kontraktsform og 4) organisasjonsform. Her legg byggherren blant anna premisane for val av leverandørar, dvs. Prosjekterande og utførande, og dette virkar i stor grad inn på både sluttprodukt og prosessen. Val av gjennomføringsmodell oppsummerast i skissa i Figur 2-4.



Figur 2-4 Val av gjennomføringsmodell (Meland, 2005a).

Skissa syner samanhengar mellom forhold utanfor prosjektet og sluttresultatet. Skissa er også ein god oversikt for å forstå litt av kjeldene til usikkerheit som påverkar gjennomføringa av prosjektet.

Entrepriseformer blir presentert nærmare for å vise samanhengar mellom gjennomføringsmodellar og usikkerheitsstyring.

2.3.1 Entrepriseformer

Entrepriseformene varierar i graden av fysisk omfang av kvar kontrakt og ansvarsfordeling. I gjennomgangen av entrepriseformer vil kort hovudtrekka på modellane forklarast. Det er lagt vekt på ansvarsfordeling mellom aktørane og styring av usikkerheit. Ansvarsfordeling vil og innebere fordeling av ansvar, risiko og moglegheit.

Modeller	Delt leverandørorganisasjon				Integrert leverandørorganisasjon	Integrert organisasjon 1)			
	CM	BH-styrte delentrepriser	Hovedentreprise	Generalentreprise		Totalentreprise	IPT	Takt. Outs.	Strat. Outs.
KONTRAKT:	8402	NS 3430	NS 3430	NS 3430	NS 3431			2)	2)
Kun egen spesialitet	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Avgrenset arbeidspakke		X	X	X	X	X	X	X	X
Koordinerende ansvar			X	X	X	X	X	X	X
All bygging				X	X	X	X	X	X
Prosjektering					X	X	X	X	X
Behovsdefinering 3)						X		X	X
Drift							(X)	X	X
Finansiering									X

1) Alle variantar blir i ulike samanhengar omtala som OPS, men IPT er eigentleg ikkje OPS. Modellane kan og nyttast i privat sektor.

2) Byggherren inngår leigecontrakt med OPS-selskap eller partnerselskap.

3) Brukarmedvirkning / programmering (spesifikasjon).

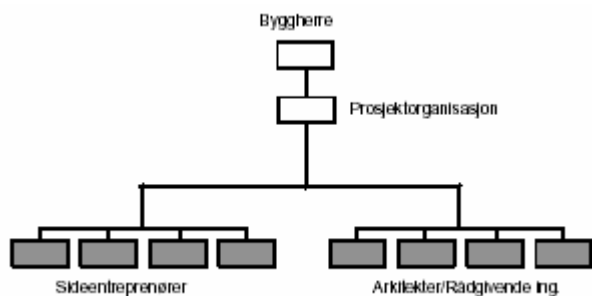
Tabell 2-1 Entrepriseformer (Prosjekt Byggherren i Fokus, 2006).

Tabellen viser at entrepriseformene kan delast inn i hovudgrupper. Oversikten syner særtrekka med dei ulike modellane og kva omfang og innhald som gjeld. I rad tre ovanfrå, merka i gult, er aktuell kontaktstype oppgjeve. Dette er kontraktsstandardar for bygg- og anleggssektoren. Modellane er ordna i tabellen i stor grad ut frå byggherrens kontroll og ansvar på prosessen, med mest påverking i modellane ifrå venstre del av tabellen. Dei formene der ekstern leverandør er involvert i størst grad er i integrert organisasjon i høgre side av tabellen. Nedanfor forklarast i korte trekk hovudtrekka med dei ymse modellane.

Delt leverandørorganisasjon

Hovudprinsippet for organisering i delt leverandørorganisasjon er at rådgivarane har ansvar for produksjonsunderlag, entreprenør har ansvar for produksjon og byggherre har ansvar for koordinering og misleghald imellom partane. Prosjektering skjer i delprosess før entreprenørane involverast i prosjektet. Byggherren har difor god styring og kontroll og sikring av eigen og brukarars involvering på løysingane. Samstundes medfører dette store krav til byggherren i form av organisering og ansvar. Sett frå entreprenørane sin synsvinkel kan sein involvering i prosjektet vere ein ulempe fordi det reduserar påvirkningsmoglegheit på løysingane. Byggherrestyrte sideentrepriser er ein entrepriseform i denne gruppa. I modellen er det stor grad av oppdeling i entrepriser som legg til rette for konkurranse på alle

leveransar. Byggherren har eigen prosjektorganisasjon som står for all koordinering mellom kontraktspartane. Byggherren treng stor kapasitet i administrasjon og har sjølv tatt på seg risikoen som ligg i dette ansvaret. Under er modell av byggherrestyrte sideentrepriser.



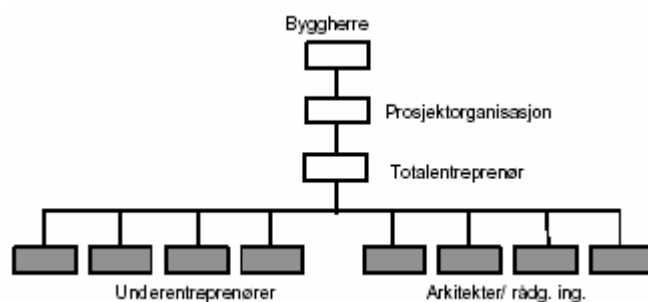
Figur 2-5 Byggherrestyrte sideentrepriser (Prosjekt Byggherren i Fokus, 2006).

I Generalentreprise og hovudentreprise har byggherren eigen prosjektorganisasjon som i byggherrestyrte sideentrepriser. Forskjellane ligg i at ansvar for koordinering av byggearbeida er overført til entreprenør. I hovudentreprise nyttast hovudentreprenør med ansvar for val og koordinering av underentreprenørar. I generalentreprise blir det inngått kontrakt med bare ein entreprenør. Byggherren har færre kontraktspartar og har overført ansvar for koordinering og risiko for byggearbeida. Ulempene for byggherre er redusert innsyn og påverking (Prosjekt Byggherren i Fokus, 2006). Konkurransen reduserast også etter mengde arbeid som overførast til entreprenør då det er færre store nok aktørar til å konkurrere om oppdraget. Dette gjev større styrke hos hovud/general – entreprenør i prisforhandlingar.

Integrert leverandørorganisasjon

Som vist i Tabell 2-1 er totalentreprenør ansvarleg for alt underliggjande arbeid og er den einaste kontraktspartnaren til byggherreorganisasjonen. Totalentreprenør er involvert tidlegare i prosjektet enn for delt leverandørorganisasjon og er ansvarleg for prosjektering også. Entreprenøren sin kompetanse og erfaring kan bli til nytte for prosjektet med totalentreprise. Prosjekteringa kan skje i nært samarbeid mellom entreprenør og dei prosjekterande. Organiseringa medfører at byggherren overfører ansvar for koordinering og oppgåver rundt prosjektering til totalentreprenør. Byggherren kan ha mindre bemanning for å leie og styre prosjektet. Dersom byggherren knyter opp sitt eige rådgjevarnett for å kontrollere totalentreprenøren er imidlertid fordelene med totalentreprenør ikkje utnytta og ordninga blir lett ulønsam. Med totalentreprise har byggherren mindre påverking. Risikoen overførast til totalentreprenøren. I endå større grad enn for hovud- og generalentreprenør er marknaden med totalentreprenørar liten med den verknad at lokale aktørar ikkje når opp og priskonkurransen

er svak. Entrepriseformen kan vere ei ulempe for byggherren ved at totalentreprenøren har stor makt. Totalentreprenøren kan presse prisen mot underleverandørar utan å redusere prisen ovanfor byggherren.



Figur 2-6 Totalentreprise (Prosjekt Byggherren i Fokus, 2006).

Figur 2-6 viser organisasjonskart med ein totalentreprenør. Fleire variantar kan førekome. Med modell som i Figur 2-6 har byggherren enkelt grensesnitt, men er priggitt den eine aktøren. Dersom delar av prosjektering utførast før totalentreprenøren involverast, fell meir ansvar på byggherren og gjev store krav til kontraktsbestemmelsar.

Integrert organisasjon

Organiseringa går i prinsippet ut på at entreprenør ikkje bare er ein tradisjonell leverandør av avgrensa arbeid, men er ein samarbeidspartnar gjennom prosjektet. Rolla til entreprenøren kan ha litt ulikt innhald, og involvering skjer ved litt ulike punkt i undergruppene av integrert organisasjon som er vist i Tabell 2-1. Eit tett samarbeid betrar høva for kommunikasjon slik at beslutningsprosessar blir enklare og kostnadane kan reduserast. Ved kompliserte prosjekt eller ved stort behov for overføring av informasjon er organiseringa nyttig.

Ut av undermodellane som er vist i Tabell 2-1, inkluderar Privat Finansieringsinitiativ (PFI) mest involvering av ekstern aktør. Modellen er også kjent som Offentleg Privat Samarbeid (OPS) der oppdragsgjevar er offentleg. PFI nyttast ved at oppdragsgjevar stiller krav ved å delta i prosjektering og den eksterne part har ansvaret for levering inkludert finansiering, produksjon og drift. Oppdragsgjevar leiger kapasitet og eig dermed ikkje sluttproduktet. Modellen er ein virkemåte som har vore nytta for å realisere offentlege prosjekt raskare gjennom å ordne finansiering privat.

Dei tre andre modellane som skildrast her, er alle versjonar av totalentreprisemodellen. Integrert Prosjektteam (IPT), inkluderar brukarinvolvering under gjennomføring av prosjektet, men ikkje samarbeid etter leveranse. Både taktisk og strategisk outsourcing innebere utsetjing av drift. Ved taktisk outsourcing er samarbeidet om enkle virksomhetsområder/funksjonar og

som er av kortare varighet. Ved strategisk outsourcing foregår eit integrert samarbeid om omfattande og komplekse virksomhetsområder, funksjonar eller prosessar med strategisk viktighet for oppdragsgjevar og som strekker seg over lang tid. Som Tabell 2-1 viser inkluderar dette brukarmedvirkning. Integrert organisasjon er nyttig for finansiering og kompleksitet. Ved enklare prosjekt og der kjennskapen til prosjektet er stor og risikoen liten er ikkje organisasjonsforma hensiktsmessig (Prosjekt Byggherren i Fokus, 2006).

Val av entreprisform

Mange interne og eksterne faktorar ligg til grunn for val av samarbeidsformer mellom byggherre og eksterne leverandørar. Utfordringane i form av kompleksitet og usikkerheit i prosjektets innhald er viktige faktorar, saman med kostnadsramme og tidsplan. Eksterne faktorar er til dømes leverandørforhold. Ansvar og styring av usikkerheit kan fordelast nedover i organisasjonen eller samlas hos byggherre. Aktørane vil etter graden av ansvar for usikkerheit ha nytte av strukturert handtering av usikkerheit utover i prosjektet.

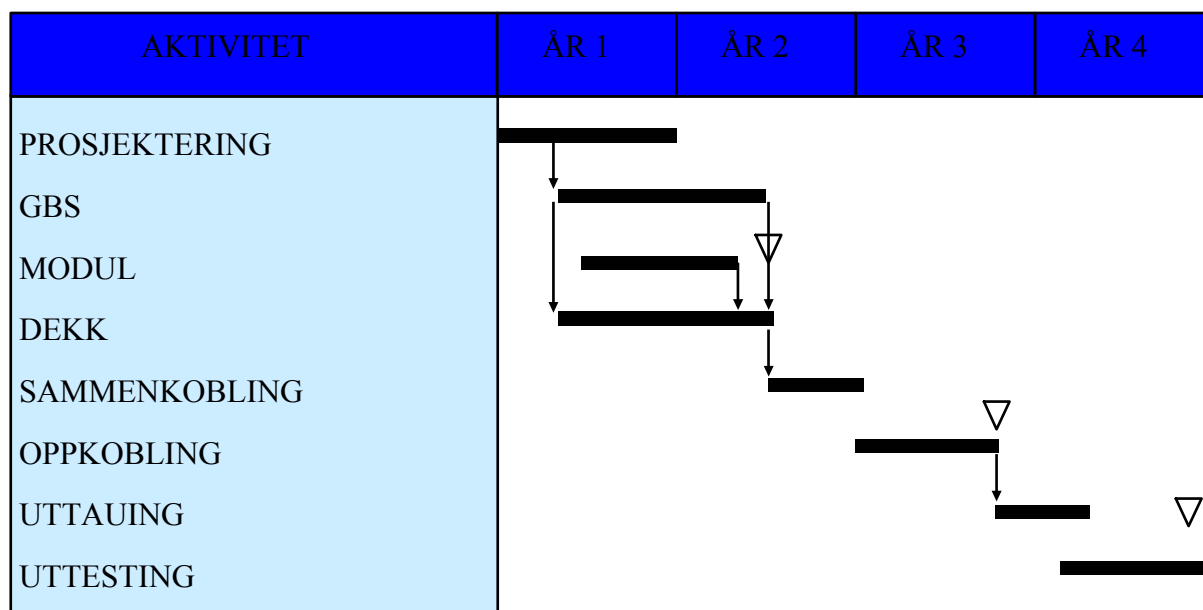
I TKS er delt leverandørorganisasjon valt. Byggherren har leigd inn kompetanse frå PTL til å bygge opp ein prosjektorganisasjon. Entreprisforma er i prinsippet byggherrestyrte sideentreprisar, men tenderar til å vere ein CM-modell med PTL som CM-firma. Prosjektet har planlagt middels oppdeling i entrepriser og byggherren har stor del av risikoen. PTL har ansvaret for styring av prosjektet for byggherren på ein slik måte at negativ utslag av usikkerheit blir minst mogleg.

2.4 Framdriftsstyring

For å ha kontroll på tidsforbruk og framdrift i prosjekt nyttast visuell presentasjon av aktivitetane. Aktivitetane som skal utførast kan leggjast inn med tidsestimat og avhengigheiter slik at ein får ein oversikt over rekkefølge og totaltid. To måtar å presentere dette på er Gantt-diagram og nettverk.

2.4.1 Gantt-diagram

Diagrammet har tid langs den horisontale aksen og aktivitetar langs den vertikale. Diagrammet kan lagast for ulike nivå i prosjektet, og dermed på ulike detaljenivå. Aktivitetar som er avhengige av andre for start/slutt vil kunne ha dette angjeve med piler som vist på Figur 2-7. Diagrammet gjev ein lett leseleg oversikt over når dei ulike aktivitetane forventast å bli utført. Før aktivitet blir lagt inn bør tidsestimat og avhengigheitar vere kjente.



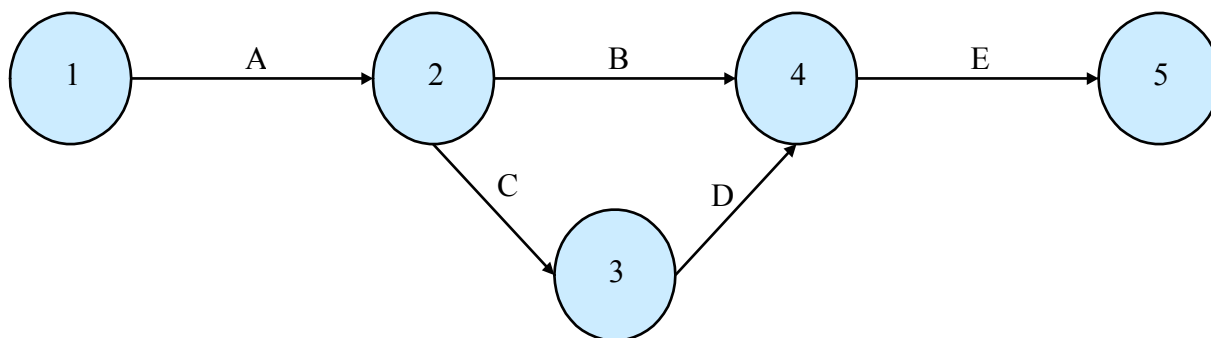
Figur 2-7 Gantt-diagram med avhengigheitar og milepælar (Meland, 2005b).

Gantt-diagram kan utarbeidast og justerast ved hjelp av avanserte dataverktøy. Sluttider for fasar og plassering av aktivitetane utover i tid er tydeleg vist.

Til å modellere relasjonar og rekkefølge på aktivitetar kan nettverk vere ein fordelaktig metode..

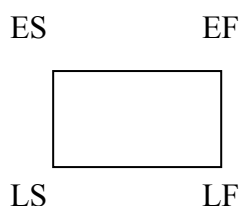
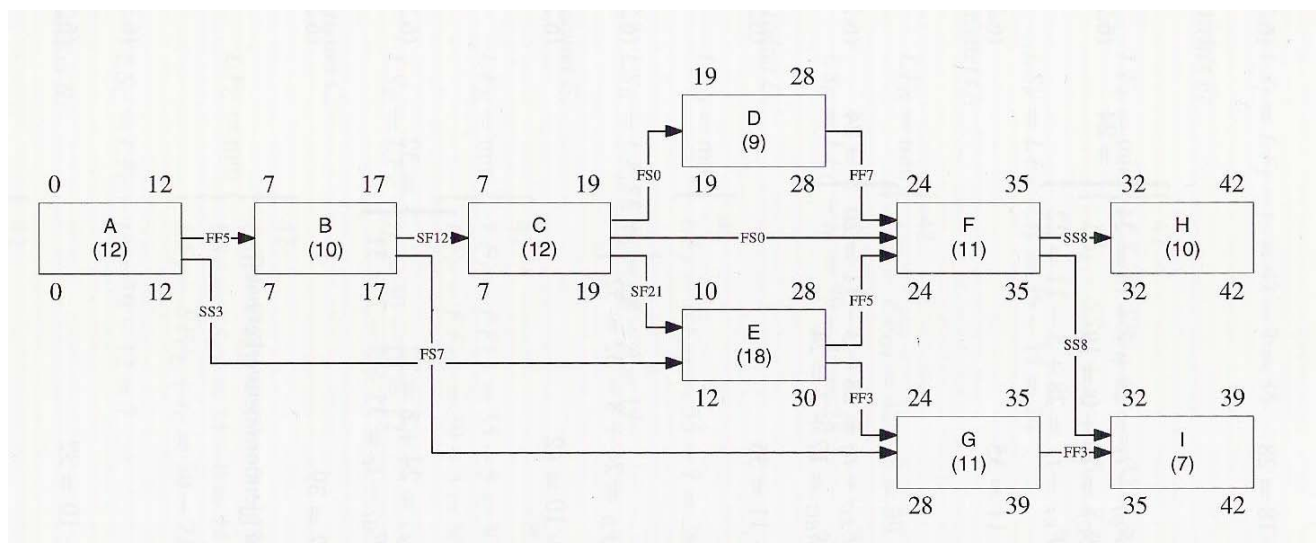
2.4.2 Nettverk

To nettverkstyper finnast: AOA ("Activity on Arch") og AON ("Activity on Node"). Med AOA nettverk blir aktivitetar angjeve med linjer. Tidspunkta når aktivitetar sluttar eller startar er knutepunkt. Figur 2-8 viser eit lite AOA nettverk med parallelle aktivitetar slik at nettverket har fleire vegar. Med AON nettverk er linjene relasjonane mellom aktivitetane. Aktivitetane er knutepunkt. Med begge typane kan relasjonane og tidsestimata for aktivitetane ligge til grunn for utrekning av sluttdato totalt og kritisk veg (Rolstadås, 2001). Kritisk veg vil vere den sekvensen av aktivitetar med høgast tidsestimat og som dermed gjev slakk i andre sekvensar av nettverket. Dersom det i dette eksemplet er slik at B har større tidsestimat enn C og D til saman, er aktivitet B langs kritisk veg. Kritisk veg er dermed A-B-E.



Figur 2-8 Enkelt AOA nettverk med relasjonane illustrert og utan tidsestimat (Rolstadås, 2001).

I AON nettverk kan meir data inkluderast. Relasjonane kan beskrivast med overlapp mellom aktivitetane. Aktivitetar kan ha avhengigheit mellom start på ein og slutt på ein annan aktivitet, start på to eller fleire aktivitetar eller f.eks slutten på to eller fleire aktivitetar. Eit AON nettverk som inneheld overlappingar mellom aktivitetar kallast for presedensnettverk (Rolstadås, 2001).



Figur 2-9 Presedensnettverk (Rolstadås, 2001).

Som Figur 2-9 syner er relasjonane merka med 2 bokstavar etter kva type avhengigheit som er imellom aktivitetane. FS = slutt til start (eng. Finish to Start), SS = start til start, FF = slutt til slutt og SF = start til slutt. Talet etter bokstavane i relasjonen viser antal tidseiningar som det må gå mellom aktivitetane. F.eks. betyr SF2 at det må minst vere 2 tidseiningar frå start av aktivitet n til slutt av aktivitet n+1.

Figuren nederst til venstre viser forklaringa på nummera i hjørna av aktivitetane. Nummera angjev tidseiningar etter start og bereknas ut av varigheit og restriksjonar (Rolstadås, 2001). ES = tidleg start (eng. Early Start), EF = tidleg ferdig, LS = seinast start og LF = seinast ferdig. F.eks vil ulike verdiar for EF og LF forklare at ein aktivitet ikkje er kritisk på tid.

Teknikken som er nytta for å estimere nettverka i Figur 2-8 og Figur 2-9 er kjent som CPM ("Critical Path Method") (Rolstadås, 2001). Med CPM blir tidsestimata for aktivitetane oppgjeven med deterministiske storleikar. CPM teknikken gjør det ikkje mogleg å få med verknaden frå usikre tidsestimat. Dersom eit prosjekt består av aktivitetar med mykje usikkerheit i anslaga vil CPM teknikken kunne berekne feil kritisk veg og for optimistisk totaltid. I tillegg vil ikkje potensiale i form av positiv usikkerheit vere synleg.

Med andre teknikkar kan framdriftsplanleggjinga forbetrast. PERT ("Program Evaluation and Review Technique") tek utgangspunkt i at varigheitene har verdiinterall varigheita kan vere innanfor, med forventningsverdi og varians. PERT gjør det mogleg å ta omsyn til usikkerheit som påverkar framdriftsplanleggjinga.

2.5 Prosjektusikkerheit

I definisjonen av prosjekt i avsnitt 2.1 ligg det at prosjektarbeid inneber oppgåver av ein slik art at ikkje alt er sikkert. Prosjekt består oftast av tverrfagleg samarbeid om å utføre noko unikt. Styring av prosjekt vil dermed alltid innebere styring av usikkerheit. For at styringa av usikkerheit skal bli best mogleg, treng ein å kjenne til kjeldene til usikkerheit, konsekvensane av usikkerheiten og kva slags typar som finnast. Ein del av dette vil bli forklara for å gjeve ei betre forståing av utfordringane rundt styring av usikkerheit i prosjekt.

Positiv og negativ usikkerheit

Usikkerheit er oftast forbunde med noko negativt, og i prosjektsamanheng har uttrykket *risikostyring* vore det dominerande begrepet framføre usikkerheitsstyring. Når det i eit prosjekt er usikkerheit om framtida kan dette også vere i form av potensialet for å gjøre forbetringar og nytenking som gjev gevinst i høve til sannsynleg verdi. Usikkerheita kan delast i to: risiko og moglegheit.

Estimeringsusikkerheit og hendingsusikkerheit

Usikkerheita kan vere knytt til storleiken på estimat: kor lang tid ein aktivitet vil ta eller kor stor kostnaden på ein del vil bli. Usikkerheita kan også vere knytt til om ei hending vil inntreffe eller ikkje.

Hendingsusikkerheit kan definerast som:

- Hendingar med ein sannsynlegheit for å inntreffe og eit bestemt utfall
- Risikoen er lik sannsynlegheita * konsekvensen om hendinga inntreff

Estimatusikkerheit definerast som:

- Angjevast med forventningsverdi og varians
- Som regel eit basisestimat * faktor for usikkerheit

Begge typane virkar inn på prosjektets planar på den måten at planane blir usikre og resultatet kan forventast å bli innan eit verdiområde.

Hovudkategoriar basert på kjelde til usikkerheit

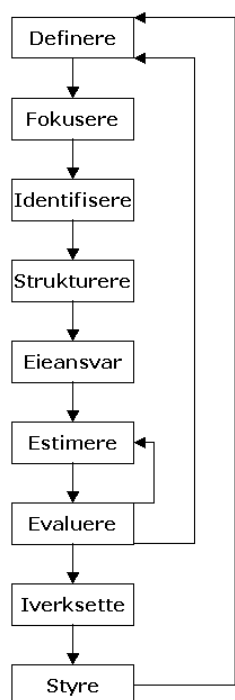
Metodar for styring av usikkerheit må baserast på kjelda til usikkerheita. Kjennskap til dei viktigaste kjeldene er nyttig basis for utarbeiding av prosess for styring av usikkerheit. Dei viktigaste kjeldene til usikkerheit i prosjekt er:

- Usikkerheit knytt til sjølve analysen og tolkinga av resultatet
- Indre usikkerheit knytt til gjennomføringa av prosjektet og som for ein stor del kan styrast av prosjektorganisasjonen
- Ytre usikkerheit frå omgjevnadane, naturen og grunnvilkår og som for ein stor del er utanfor prosjektets kontroll
- Usikkerheit i stabiliteten til mål eller avgjerskriteria og – reglane, særleg i prosjekt som strekker seg over lang tid

Metodar kan nyttast for å redusere usikkerheita til eit akseptabelt nivå. Usikkerheit kan handterast ved at organisasjonen har prosessar som dekker usikkerheitsstyring i prosjekt.

2.5.1 Styring av prosjektusikkerheit

Prosjektleiinga må ha rutiner og rammer for å styre prosjektet. Det er vanleg at prosjektleiinga har eit sett med prosessar til dette. Ved å ha usikkerheitsstyring definert i ein prosess, sikrar leiinga ein fokus på styring og kontroll av usikkerheit i prosjektet. SHAMPU² prosessen er eit eksempel på eit generisk rammeverk for ein usikkerheitsstyringsprosess³ (Chapman & Ward, 2003). Teorien om SHAMPU prosessen er meint som basis for utarbeiding av ein usikkerheitsstyringsprosess. Ein SHAMPU prosessen definerar alle fasane som bør gjennomgåast for å sikre identifisering og implementering av aktivitetar for å utnytte usikkerheita best mogleg.



Figur 2-10 SHAMPU prosessen (Chapman & Ward, 2003).

SHAMPU prosessen har 9 fasar. Som Figur 2-10 viser er det ein rekkefølge på fasane, men og løkker tilbake til tidlegare fasene. Teorien om SHAMPU prosessen forklarar at det er viktig å utføre prosessen med iterative løkker mellom fasane. Den største løkka som er avmerkt i figuren er frå *Styre* fasen tilbake til *Definere* fasen. Løkka indikerar at heile

² SHAMPU satt sammen av forkortingar. (eng: Shape, Harness, Manage, Project, Uncertainty)

³ På engelsk RMP: Risk Management Process. Velger her å bruke usikkerheit for også å dekke moglegheiter og ikke bare risiko.

prosessen bør køyrast fleire gonger i løpet av prosjektplanlegginga. Dei 7 fyrste fasane i prosessen utgjør forming (eng: Shape) av prosjektet strategi for å handtere prosjektusikkerheit på mest effektiv måte. Fasen etter det er iverksetjing (eng: Harness) og siste fasen er for styring (eng: Manage). Nedanfor er ei kort forklaring av kvar fase.

Definere:

Skaffe informasjon og bruke den til å få eit klart, eintydig bilde av prosjektet og styringsprosessane.

Fokusere:

Utforme ein strategisk plan for usikkerheitsstyringa med modellar og metodar. Gjeve leiinga eit bilde av avgrensingar som krev oppmerksomheit.

Identifisere:

Identifisere kjelder til usikkerheit og planlagte mottiltak.

Strukturere:

Klassifisere det som er identifisert og finne avhengigheiter og årsakar. Prioritere mottiltak.

Eieansvar:

Plassere ansvar for identifisert usikkerheit og tiltak. Eventuelt allokere ansvar og leiing til andre involverte (som for eksempel entreprenør).

Estimere:

Kvantifisere og restrukturere.

Evaluerer:

Evaluerer utfallet frå estimeringsfasen. Avdekkje avhengigheiter. Utføre følsomheitsanalyse.

Iverksette:

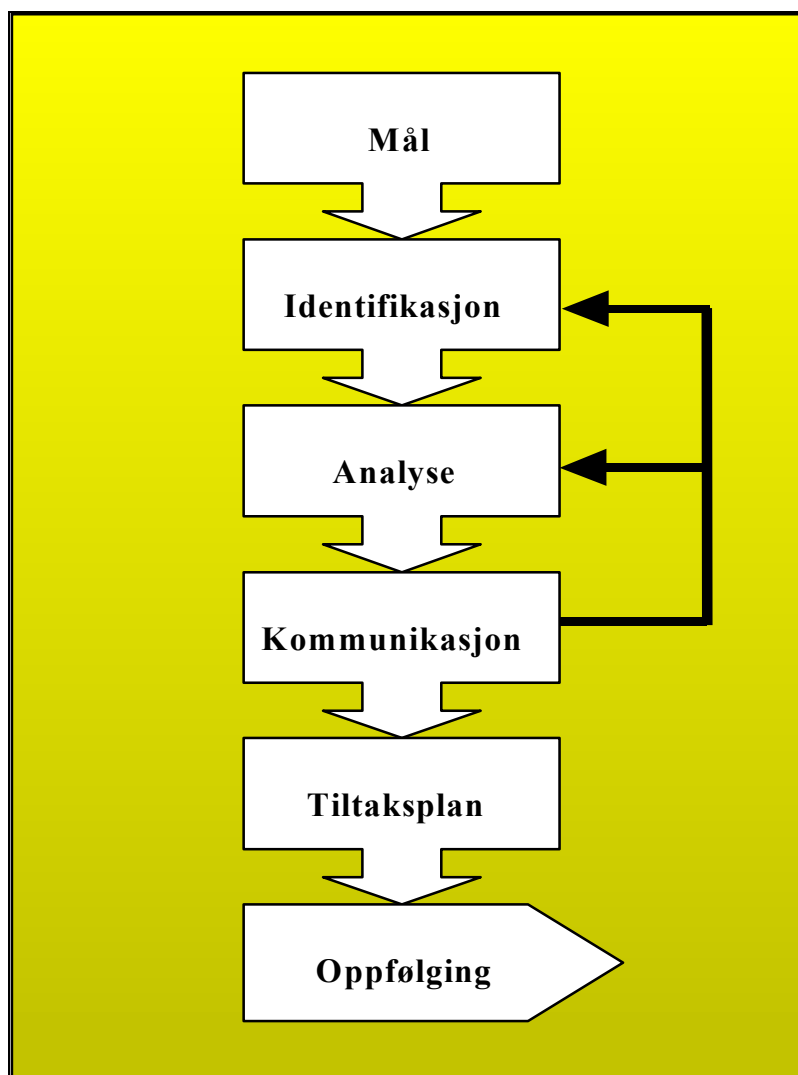
Implementere resultatet i prosjektet sine planar. Oppdatere planane til å inkludere styring av usikkerheit som avdekka i prosessen.

Styre:

Styring etter oppdaterte planar.

SHAMPU prosessen er eit detaljert og omfattande rammeverk. Som for andre støtteprosessar til bruk for styring i organisasjonar trengst ei tilpassing til organisasjonen. I tillegg trengst ei tilpassing til det faktiske prosjektet som skal gjennomførast for at prosessen skal sikre effektiv styring. PTL AS har ein prosess for gjennomføring av usikkerheitsanalyse i prosjekt.

PTL AS har styringsprosessar som del av sin byggeprosess. Usikkerheitsstyring er ein del av styringsprosessane. Samstundes er usikkerheitsanalyse del av PTLs metodar og verktøy for usikkerheitsstyring som sjølvstendig produkt. Prosessen til PTL AS er oppdelt i 6 fasar, og som i SHAMPU prosessen er det indikert løkke tilbake i prosessen for å gjøre ein iterativ gjennomkøyring. PTL AS nyttar prosessen til analyse av usikkerheit i kostnader, framdriftsplanar, lønsomheit, totaløkonomi og nytteverdi (Jordanger, 2003).



Figur 2-11 Usikkerheitsstyringsprosessen (Jordanger, 2006a)

PTL AS sitt produktark for usikkerheitsprosessen gjev dei følgjande forklaringane på fasane i prosessen:

- 1) Mål: Definer mål og rammer for prosjektet
- 2) Identifikasjon: Identifiser usikkerheit som kan påverke mål for prosjektet

- 3) Analyse: For kvar definerte usikkerheit, analysar konsekvensar som verkar inn på styringsvariabelen som blir analysert. (I denne samanheng er det analyse av det som får konsekvens for tidsforbruk)
- 4) Klassifisering: Klassifiser usikkerheitsforholda etter korleis prosjektet kan påverke dei med proaktive tiltak. Ranger usikkerheitsforholda etter viktighet.
- 5) Kommunikasjon: Kommuniser resultatet til interessentar og beslutningstakarar. Ha fokus på dei viktigaste usikkerheitsforholda.

PTL AS sin usikkerhetsprosess inneheld hovuddelane av SHAMPU prosessen, men fase 2, 4 og 5 i Figur 2-10 av SHAMPU prosessen ser ikkje ut til å vere inkludert. Fase 8 og 9 kan ein anta at er del av fasen i Figur 2-11 som heiter *Oppfølging*. Dei fasene som ikkje er inkludert i PTL AS sin usikkerhetsprosess kan vere del av andre støtteprosessar eller ikkje vere dokumentert i prosess. Dette er ikkje undersøkt.

SHAMPU prosessen er eit rammeverk for ein total RMP (eng.: Risk Management Process) (Chapman & Ward, 2003). I masteroppgåva mi er det nokre av fasane i ein usikkerhetsstyringsprosess som vil bli skildra og nytta i det empiriske arbeidet. Den stokastiske analysen som vil bli utført inkluderar i grove trekk *definere, fokusere, identifisere, estimere, evaluere* -fasane i SHAMPU prosessen. Dersom ein vurderar det utifrå PTL AS sin prosess vil dei fire fyrste fasane bli utført. I litteratur om usikkerhetsstyring er desse fasane kjernedelane i usikkerhetsanalyse (Kjell Austeng, 2006).

Det finnast to prinsipielle måtar å berekne usikkerhetsanalyser på. Den eine er med å bruke analytiske metodar og den andre er med å bruke simuleringsmetodar. Analytiske metodar skjer med at det gjørast statistisk rekning stegvis for å berekne resultatet. Simulering skjer ved trekking av tilfeldig verdi utifrå sannsynlegheitsfordelinga. For kvar gjennomkøyring får modellen eit sett med genererte data som samlas opp til eit stort nok statistisk utval til å utarbeide sannsynlegheitsfordeling for sluttsummen. Begge berekningsmetodane vil bli nytta under analysearbeidet og blir forklara.

2.5.2 Usikkerhetsanalyse med bruk av analytisk metode

Suksessivprinsippet eller trinnvismetoden er eit eksempel på ein analytisk metode for å gjøre stokastisk analyse av framdriftsplan. PERT teknikken (Program Evaluation and Review

Technique) er også ein analytisk metode. PERT er ein relativt enkel teknikk som er resultatet av å utvide CPM og gjør det mogleg å inkludere usikre storleikar.

PERT

Med PERT teknikken (Program Evaluation and Review Technique) blir usikkerheit i tidsanslaga inkludert i utrekningane. Alle aktivitetane har tidsestimat oppgjeve med 3 verdiar: kortast tenkeleg, mest sannsynleg og lengst tenkeleg. (sjå Gruppe tripplestimat, 2.1).

Tidsestimata nyttast til utrekning av forventa verdi og varians for kvar aktivitet (Rolstadås, 2001). Beta-fordeling blir Forventa verdi for kvar aktivitet nyttast i nettverket for utrekning av prosjektets totaltid og kritisk veg. Summeringar skjer med forventa verdi som summering med deterministiske verdiar med CPM teknikken slik det er forklara i avsnitt 2.4.2. Totaltid for prosjektet blir summen av forventa verdi til aktivitetane langs kritisk veg. Variansen til totaltida er summen av variansen til aktivitetane langs kritisk veg. Prosjektestimaten er med dette oppgjeve med anslag på kor sannsynleg det er å nå estimert total tid.

Kritisk veg kan imidlertid vere feil, på bakgrunn av at aktivitetane er vurdert som usikre og dermed har ein statistisk spreiding innan ytterpunkta. PERT teknikken neglisjerar nærkritiske vegar. Ei framdriftsplanleggjing med PERT blir fort komplisert dersom ein skal ta hensyn til at kritisk veg kan endre seg. Simuleringsmetodane som er forklara i avsnitt 2.5.3 tek hensyn til variasjonar som kan skje med kritisk veg og kan berekne sannsynlegheit for at ein veg blir kritisk.

Suksessivprinsippet er ein meir omfattande analytisk metode. Ved hjelp av statistiske metodar vert usikkerheita i kvart anslag rekna inn i framdriftsplanen.

Suksessivprinsippet

Suksessivprinsippet (Lichtenberg, 2000) er i grove trekk ei nedbryting av dei mest usikre aktivitetane / delane i mindre delar for å gjøre sikrere estimat med mindre varians og totalt mindre usikkerheit. Trinnvisprosessen (Klakegg, 1993) har suksessivprinsippet som utgangspunkt og har behalde hovudtrekka i dette prinsippet. I tillegg er det i trinnvisprosessen fokusert på planleggingssituasjonen og arbeidet i ressursgrupper. Metoden er mykje kjent som trinnvisprosessen eller Lichtenberg-metoden i miljøer i Norge. I masteroppgåva baserar eg meg i hovudsak på teorien til Lichtenberg om suksessivprinsippet og nyttar derfor dette uttrykket.

Metoden kan nyttast for anna usikkerheitsmåling enn tid, for eksempel for kostnader. For arbeidet med denne masteroppgåva leggast det vekt på bruk i høve til tidsplanlegging i prosjekt. Basis for metoden er som for PERT i avsnitt 2.4.2 ein oppdeling av prosjektet i aktivitetar, alle med 3 verdiar for tidsestimat etter ”gruppe tripplestimat” i 2.1. I teori om metoden er vurderinga og behandlinga av generelle forhold sett på som eit hovudpunkt. Derfor er kvaliteten på utrekningane avhengig av arbeidet som blir lagt ned i identifisering og inndeling av element for generelle forhold. Suksessivprinsippet er forklara med utgangspunkt i bruk av nettverk for samanstilling av aktivitetane/delane i prosjektet.

Suksessivprinsippet skjer praktisk ved at ei analysegruppe identifiserar forhold knytt til prosjektet og estimerar varigheit for aktivitetane/postane. Nedanfor visast trinna i metoden med kort forklaring. Kwart trinn vert deretter forklara i detalj. Tilslutt følgjer eit eksempel som illustrerar ein del av trinna.

1. Etablering av analysegruppe
2. Avklaring av mål og omfang
3. Identifisering av generelle forhold
4. Definerings av hovudaktivitetar og estimering av varigheit
5. Kalkulering
6. Suksessiv detaljering
7. Etterarbeid

Dei tre fyrste trinna utgjer den kvalitative fasen, og dei siste fire den kvantitative fasen.

Etablering av analysegruppe

Suksessivprinsippet utførast av ei analysegruppe som gjer anslag på varigheiter i eit felles planleggjingsmøte. Personane skal sørge for ulike vinklingar og breiare anslag på estimata med sine ulike erfaringar. For å hindre einsidig optimisme eller pessimisme og for å hindre for smal vurdering av generelle forhold anbefalast ei brei samansett gruppe (Klakegg, 1993).

Fyrst og fremst skal gruppa bestå av kompetente og erfarne personar. Viktig poeng med metoden er å utnytte erfaringane til ressurspersonar frå gjennomføring av aktivitetar i liknande prosjekt. Arbeidet i gruppa er i seg sjølv kompetanseoppbyggande slik at mindre erfarne planleggjarar gjerne kan delta. Personane bør ha ulik alder, kjønn, utdanning, stilling, erfaringsbakgrunn og personlegdom. I tillegg til deltakande personar i analysen skal analysegruppa ha prosessleiar og sekretariat.

Prosessleiaren skal leie gruppa gjennom analysearbeidet. Leiaren må ha kjennskap til metoden og den aktuelle planleggingsteknikken som skal brukast. I forkant av møtet må prosessleiar setje seg inn i prosjektet. Leiaren bør hentast utanfrå det aktuelle prosjektet som skal planleggjast. Leiaren bør stille seg nøytral i høve til prosjektet, og bør ikkje sjølv delta aktivt i vurderingar og anslag.

Subjektive vurderingar

Ved å nytte analyse gjort av gruppe vert det valt subjektive vurderingar som grunnlag for planlegging. Teoriane bak suksessivprinsippet (Lichtenberg, 2000) og trinnvismetoden (Klakegg, 1993) argumenterar for bruk av subjektive vurderingar frå ressurspersonar med erfaring frå gjennomføring av aktivitetar som i gjeldande prosjekt. Noko av argumentasjonen går på at tilgjengelege data på denne måten blir bearbeidd av personanes faglege vurderingar og generelle samfunnskunnskap. Det er vanskeleg å ha nok grunnlagsdata frå tidlegare prosjekt eller anna referanse informasjon til å kunne gjøre statistisk god nok handtering, då prosjekt som oftast vil ha stor grad av unike rammer og lite overførbare erfaringsdata. Samstundes refererast det til erfaringar frå bruk av metoden der ein av hovudutfordringane er å få ressursgruppa til å yte sitt beste. Erfaringane viser at det er avgjørande for resultatet at gruppa er rett samansett av kompetanse, alder og erfaring (Klakegg, 1993).

Arbeidsmåte i analysegruppa

Det er avgjørande for resultatet av gruppearbeidet at metode og rammer sikrar grundig gjennomgang. I tillegg til rett utval av personar og god innføring i formålet med gruppearbeidet, vert det anbefala å sikre nok tid og ro til arbeidet utan avbrytingar (Klakegg, 1993). For å få fram alle forhold rundt prosjektet anbefalar teorien å nytte brainstorming. Tradisjonell brainstorming går føre seg ved at deltakarane brukar fantasien og kjem på så mange idéar som mogleg. Viktig basis for prosessen er at kritikk eller vurdering ikkje skal skje i idéfasa. Idéar kan noterast ned av kvar deltakar og samlas inn eller skje i plenum (Lichtenberg, 2000). Prosessleiar kan velje å nytte visuelle hjelpemiddel som for eksempel assosiasjon, befaring for å setje i gang idéprosessen hos deltakarane. I ein prosess med å få fram forhold som har innverknad på usikkerheit i prosjektplanlegginga, kan det vere nyttig å gjøre nye rundar med brainstorming for å få fram hendingar og moglegheit, då det av erfaring lett blir fokus på risiko.

Avklaring av mål og omfang

Gruppemedlemmene må få informasjon om prosjektet og bør få innføring i suksessivprinsippet. Vidare må dei diskutere og vere einige om programmet og målet for gruppearbeidet. Kva som skal analyserast og kva som ikkje skal analyserast må avklarast. Resultatet av avklaring i gruppa bør vere skriftleg.

Generelle forhold

Eit hovudtrekk med suksessivprinsippet er å identifisere alle generelle forhold som kan påverke framdrift og gjennomføring av prosjektet. Generelle forhold er alle forhold som vil ha innverknad på korleis aktivitetar utførast og samkøyr. Det er forhold som vil påverke ressursbruk, kostnadar eller tidsforbruk. Forholda kan vere av teknisk, sosial, organisatorisk eller økonomisk art, og eksistere internt eller eksternt. Generelle forhold er ikkje fysiske aktivitetar som er del av naturleg detaljering av prosjektet. Analysegruppa identifiserar alle generelle forhold gjennom ein grundig idédugnad. Ei vurdering bør gjerast som dekkjer alle aspekt. Tradisjonell brainstorming (sjå 0) er ein metode som kan nyttast. Resultatet frå idédugnaden bør vere ei stor mengde forhold. Neste fase er å gruppere forholda. Analysegruppa skal fordele alle generelle forhold inn i hovudgrupper av forhold på ein slik måte at gruppene er mest mogleg uavhengige. Aktivitetane bør vere så statistisk uavhengige som mogleg fordi avhengighetar (korrelasjonskoeffisientar) er vanskeleg å handtere og ofte gjer at resultatet blir forsterka og feil. I suksessivprinsippet er avhengigheita meint samla under korreksjonselement. Nokon forhold som vanskeleg lar seg gjere å plassere i gruppe vil samlas i ei siste gruppe for diverse forhold. Antal grupper bør vere mellom 5 – 15 (Lichtenberg, 2000). Kvar gruppe skildrast så i form av ei dobbel definering: Standard definisjon og Reell situasjon. Definisjonane skal fungere som basis for kvantifisering av aktivitetane i prosjektet. Ut frå gruppene av generelle forhold veljast det ut dei som skal inkludrast som korreksjonselement i framdriftsplanleggjinga, på linje med aktivitetane.

Standard definisjon

Standard definisjon er ein referansedefinisjon som skal vere basis for kvantifiseringa av aktivitetane. Det kan vere ein norm, ein standard eller eit liknande prosjekt og fortel kva kvantifiseringa skal baserast på. Når estimeringa gjeld tidsanalyse som her anbefalast det at standard definisjonen definerar ein så ideell gjennomføring som mogleg. På slik ein måte får ein fram potensialet for effektiv gjennomføring, og kjelder til forseinking blir lettare identifisera (Lichtenberg, 2000). Den forseinking ein av erfaring forventar skal synleggjorast i Reell situasjon definisjonen. Eksempel på standard definisjonar er vist nedanfor i Tabell 2-2.

Som eksempla viser er det i standard definisjon gjeve uttrykk for at forholda ikkje vil ha utslag på planar.

Reell situasjon

Definisjonen skal fange opp forventade reelle situasjonar for kvar gruppe av generelle forhold. Definisjonen skal inkludere primære kjelder til usikkerheit. Ved å spesifisere usikkerheit og moglegheiter i form av reell situasjon i definisjonen, trekkjast usikkerheit elementet ut frå kvantifisering av aktivitetane i prosjektet og nyttast for kvantifisering av korreksjonselementa. Definisjonen er vist med eksempel i Tabell 2-2. Forholdet kan påverke planane positivt og negativt og angjevast i tabellen her med pluss og minus teikn. I tabellen er ein reell situasjon at det er knapphet på spesifikk ekspertise. Definisjonen her beskriver forholdet tilstrekkeleg til at det seinare kan angjevast storleik for korreksjonselementet. Parallele løp i prosjektering nyttast i TKS og bør angjevast i form av eit positivt korreksjonselement.

Grupper av generelle forhold	Standard definisjon	Reell situasjon
Prosjekt bemanning	Tilstrekkeleg tilgang på kvalifiserte ressursar	(-) knapphet på xx ekspertise
Tekniske forhold	Ingen problem, kompetanse bra	(-) alvorlege problem kan oppstå med trekonstruksjonsløyising
Naturen: Grunnforhold Vær	Forventa fjell i grunn. Været er relativt stabilt.	(+/-) grunnforholda kan vere betre enn forventa eller avdekkje miljøproblem. Vind og nedbør på ugunstig tidspunkt mot plan
Avhengigheit mellom aktivitetar	Prosess følgjast	(+) parallele løp i prosjekteringsfasen framskundar utførelse

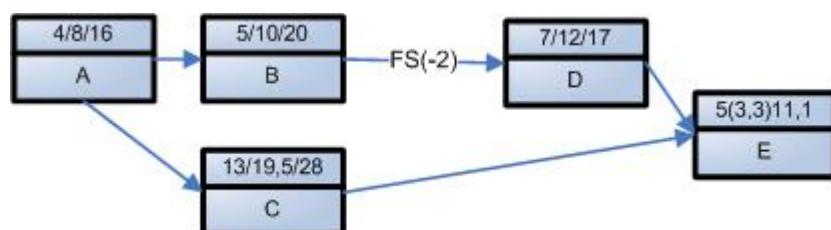
Tabell 2-2 Eksempel på standard definisjon og reell situasjon.

Resultatet etter kvalitativ fase er ei liste av generelle forhold grupper for bruk i kvantitativ fase. Analysegruppa har nytta historiske fakta og erfaring i vurderinga av prosjektet for å få fram usikkerheit. Definerings av reell situasjon skal sikre statistisk uavhengige aktivitetar i planen. Etter avslutta vurdering av generelle forhold skal analysegruppa dele opp prosjektet i eit sett overordna aktivitetar som basisstruktur på arbeidet.

Definering av hovudaktivitetar og estimering av varigheit

Hovudaktivitetane som skal utførast, definerast på grunnlag av avklara innhald og mål i prosjektet. Aktivitetane kan strukturast i følgje Work Breakdown Structure (WBS) (Rolstadås, 2001). WBS sikrar ein hierarkisk struktur som legg til rette for arbeidet vidare med detaljering av aktivitetar. I utgangspunktet bør antal hovudaktivitetar vere avgrensa til eit lite antal, eksempelvis 5 – 12 stk. I tillegg til hovudaktivitetar definerast ein post for diverse aktivitetar samt fleire korreksjonselement for generelle forhold, sjå avsnitt 0. Det blir anbefala å ha 4 – 10 korreksjonselement (Lichtenberg, 2000). Gruppene av generelle forhold kan måtte grupperast endå meir. Seinare i prosessen kan korreksjonselementa oppdelast att. Som for grupper av generelle forhold skal aktivitetane vere så statistisk uavhengige som mogleg. Totalt utgjør framdriftsplanleggjinga med dette eit antal postar av aktivitetar og korreksjonselement. Varigheit for kvar post eller aktivitet estimerast etter ”gruppetriplelestimatprosedyra” og blir tillagt 3 verdiar (sjå avsnitt 2.1). Aktivitetane skal vurderast innan rammene gjeven av Standard definisjon (sjå avsnitt 0). Korreksjonselementa skal uttrykkje bidraget som kjem i tillegg til standard definisjonen og estimerast basert på reell situasjon definisjon (sjå avsnitt 0). I tillegg estimerast eventuelle restriksjonar. Restriksjonane kan vurderast som deterministiske eller som stokastiske og estimerast med ”gruppetriplelestimat”.

I Figur 2-12 visast eit eksempel på eit enkelt nettverk. Aktivitetane er påført tripplestimata på formatet $a/m/b$ der a er mest optimistisk anslag, m er mest sannsynleg anslag og b er mest pessimistisk anslag. Der er avhengigheit mellom aktivitet B og D og FS(-2) betyr at aktivitet D skal starte 2 tidseiningar før slutt av B. Bidraga frå generelle forhold er samla som eit korreksjonselement i aktivitet E.



Figur 2-12 Nettverk med tripplestimat og restriksjon (Lichtenberg, 2000).

Hendingsusikkerheit

Usikkerheit om ein aktivitet eller hending vil skje/oppstå må også takas omsyn til i framdriftsplanen. Større hendingar som kan oppstå bør bli behandla særskild og fylgjast opp i aksjonsplanar. Ei hendingsusikkerheit inkluderast som eit korreksjonselement under estimering. I visuell framstilling som til dømes i form av eit nettverk illustrerast dei som ein diamant i staden for ein boks.

Kalkulering

Forventningsverdi og varians utreknast basert på ”gruppe-trippelestimata” (sjå avsnitt 2.1 for formel). For hendingsusikkerheit utgjør ”anten/eller” tilfella ekstremverdiane b og m i formelen som vil seie mest optimistisk og mest pessimistisk verdi. Det vil seie at a som er mest sannsynleg verdi, er identisk med b eller m . Alle forventningsverdiane saman med eventuelle restriksjonar er grunnlaget for utrekning av prosjektets totaltid. Ved kalkulering av forventningsverdi og standardavvik for kvar einskild post gjeld følgjande: Gruppe trippelestimata for posten skal vurderast som ein betinga usikkerheit, med at alle andre postar i nettverket blir sett på som i normal eller forventa situasjon.

Nettverket av aktivitetar bereknas som sagt som eit vanleg deterministisk nettverk med ein aktivitets forventningsverdi som tidsvarigheit når totaltid og kritisk veg skal bereknas. Varians per aktivitet har innverknad på standardavvik på totaltida for nettverket. For kvar aktivitet utreknas tidlegaste start, seinaste start, tidlegaste slutt og seinaste slutt. I tillegg til prosjektets totaltid med standardavvik, bereknas flyt og slakk og dermed kritisk veg i nettverket. Kritisk veg er sær viktig då den viser kva aktivitetar som er kritiske på den måten at avvik i tid direkte vil påverke prosjektets totaltid (Rolstadås, 2001).

Prosjektets totaltid = summen av forventningsverdiane til aktivitetane langs kritisk veg. Aktivitetar med null flyt er aktivitetar langs kritisk veg. Imidlertid er det ikkje slik at aktivitet er anten kritisk eller ikkje så lenge nettverket er basert på aktivitetar som har stokastisk varians. Som forklara under avsnitt 2.5.3 om Monte Carlo simulering, har kritisk veg ein statistisk fordeling og dermed kvar aktivitet ein sannsynlegheit for å vere kritisk, definera som *kritisk indeks* CI. CI blir oppgjeve i % som verdi mellom 0 og 100 der 0 % betyr at aktiviteten aldri er kritisk og 100% at aktiviteten alltid er på kritisk veg. CI gjør det mogleg å få effekten av usikkerheit i nær-kritiske aktivitetar med i tidskalkuleringane. CI kan reknast ut manuelt på ein forenkla måte med grove anslag eller ved relativt komplekse utrekningar (Lichtenberg, 2000). Monte Carlo simulering er ein brukbar metode for å berekne CI og kritisk veg.

I tillegg kan konseptet med MEB sikre inkludering av forsinking på grunn av parallelle aktiviteter.

Prioritet

Når suksessivprinsippet brukast for annan styring enn på tid, ligg variansen pr post til grunn for vurdering av bidraget posten gjev til prosjektets totale usikkerheit. Til bruk ved framdriftsplanleggjing er det også avgjørande kor vidt posten eller aktiviteten ligg langs kritisk veg. Til dette vert *CI* inkludert i utrekning av prioritet. Eit forenkla anslag på prioritet utreknast med formelen:

$$P = V * CI$$

der *V* er aktivitetens tidsvarians $Var(t)$ (sjå avsnitt 2.1). *P*-total for nettverket er summen av *P* verdiane for alle postane. Posten/postane med høgast *P* bidreg mest til usikkerheit og bør dermed detaljerast og estimerast betre gjennom systematisk suksessiv detaljering. Standardavvik for prosjektets totaltid er kvadratrot av *P*-total.

MEB

Forkortinga MEB står for *The merge event bias*⁴. *Stokastisk tidstillegg* er eit norsk/skandinavisk uttrykk for MEB. MEB skal fange opp auka sannsynlegheit for at ein aktivitet som samlar to eller fleire føregåande blir forsinka i oppstart. Det vil alltid kunne hende at ein av dei parallelle aktivitetane med kortare forventa tid ender opp med å bli så forsinka at den blir kritisk.

MEB kan forklarast ut frå typiske situasjon i mange samanhengar: Dersom det ventast på eit viss antal deltakarar eller påmeldte som skal møte opp til eit felles arrangement, vil typisk minst ein komme for seint. Det trengs difor å leggjast inn eit buffer av tid for å handtere spreinga i ankomsttid slik at alle i gruppa er på plass til oppstart av arrangementet. MEB er eit buffer av tid som er synleg i nettverk (Lichtenberg, 2000).

Effekten som MEB er uttrykk for blir vanlegvis ikkje teke med i tradisjonell tidsplanlegging trass i at den er kjent i statistisk teori.

MEB kan bereknas med enkelt anslag eller kalkuleras meir nøyaktig. Berekningar med statistiske reknereglar gjev nøyaktig utrekning men er fort veldig kompliserte og tidkrevjande

⁴ Eng. Merge = møtes, slå saman. Event = hending. Bias = tendens, forsterking.

hevdast det i litteratur (Frode Drevland, 2006). Lichtenberg har vist to framgangsmåtar for å berekne MEB (Lichtenberg, 2000). Lichtenberg sin eine framgangsmåte er med grove anslag etter antal kritiske parallelle aktivitetar eller vegar. Lichtenberg har også forklare ein litt meir detaljert framgangsmåte som gjev nøyaktigare kalkulering. Begge framgangsmåtane til Lichtenberg forklarast nedanfor.

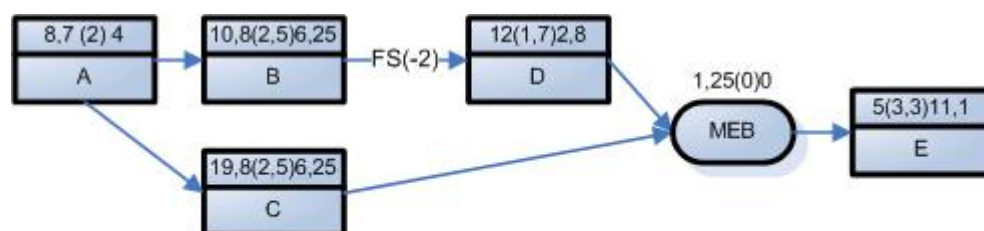
Den siste måten å berekne MEB på som bør nemnas er ved å nytte simuleringsmetode. Simuleringsmetode utførast med tilfeldige trekk og eit stort antal simuleringar slik at ein får ein sannsynlegheitsfordeling for oppstart av etterfølgjande aktivitet.

Lichtenberg sin enkle berekningsmåte for MEB:

Situasjon	Prosjekt forsinking Tripplestimat: $a/m/b$ (<i>mest optimistisk verdi</i> <i>/mest sannsynleg verdi/mest pessimistisk verdi</i>)
1 dominerande kritisk veg	0/1/4 % av totaltid
2 kritiske eller ganske kritiske vegar gjennom større del av prosjektet	1/3/8 % av totaltid
Fleire dominerande kritiske vegar	4/10/18 % av totaltid

Tabell 2-3 Anslagsvis tillegg til totaltid av effekten av MEB (Lichtenberg, 2000).

Konseptet med MEB og CI illustrerast med eit eksempel i Figur 2-13. Kvar aktivitet i Figur 2-13 er påført forventningsverdi, standardavvik og varians. Formlane i avsnitt 2.1 er nytta for å finne forventningsverdi og varians. Nettverket er det same som nettverket i Figur 2-12. CI er anslege til 70 % for B- og D - vegen i nettverket og 30 % for aktivitet C. Nettverket har dermed 2 ganske kritiske vegar. MEB verdien finnast utifrå linje 2 i Tabell 2-3. Aktivitet E er bidraget frå generelle forhold.



Forventningsverdi (Standard avvik) Varians

Figur 2-13 Nettverk med MEB og korreksjonselement (Lichtenberg, 2000).

Berekingar gjev forventningsverdien til MEB:

MEB utifrå linje 2 i Tabell 2-3 har trippelanslag med $a/m/b$ lik $1/3/8$ % av totaltid.

Formel for forventningsverdi dersom ein antek beta-fordeling = $E(t) = 1/6(a + 4m + b)$

$E(t)$ for MEB = $1/6(1 + 3*4 + 8) = 3,5$ % av totaltid

Totaltid = $[E(t)_A + E(t)_B + E(t)_{B-D} + E(t)_D + E(t)_{MEB} + E(t)_E]$

Samanslåing av formlane gjev:

Totaltid = $E(t)_{MEB} / 0,035 = [E(t)_A + E(t)_B + E(t)_{B-D} + E(t)_D + E(t)_{MEB} + E(t)_E]$

Restriksjonen FS(-2) mellom B og D blir vurdert som ein deterministisk verdi slik at

$E(t)_{B-D} = -2$.

$E(t)_{MEB} = [E(t)_A + E(t)_B + E(t)_{B-D} + E(t)_D + E(t)_{MEB} + E(t)_E] * 0,035$

$E(t)_{MEB} = [8,7 + 10,8 + (-2) + 12 + E(t)_{MEB} + 5] * 0,035$

Dette gjev $E(t)_{MEB} = 1,25$

MEB har ikkje varians og standard verdi. Den bidreg ikkje til usikkerheita, men tvert imot minskar denne.

Totaltida blir med dette = $8,7 + 10,8 + (-2) + 12 + 1,25 + 5 = 35,8$

Totalt standardavvik bereknas utifrå summen av aktivitetanes prioritet.

Total varians = $[P_A + P_B + P_{B-D} + P_C + P_D + P_{MEB} + P_E]$

Total varians = $[4*100 + 6,25*70 + 0 + 6,25*30 + 2,8*70 + 0 + 11,1*100] = 23,31$ (i %)

Totalt standardavvik blir dermed 4,82

Usikkerheita i prosjektets framdriftsplanleggjing minskar vesentleg når MEB og *CI* inkluderast og bereknas med grove anslag.

Behovet for meir nøyaktig kalkulering av MEB og *CI* bør vurderast. Eit av hovudtrekka med suksessivprinsippet er å gjøre detaljert kalkulering på dei delane av eit prosjekt der det er mest usikkerheit og der det er mest gevinst i form av sikrare estimat. Dette gjeld også for val av metode for MEB og *CI* estimering. Meir nøyaktig kalkulering av MEB og *CI* kan av og til vere nyttig.

Lichtenberg sin meir nøyaktig kalkulering av MEB og CI

Dersom MEB er blant dei mest kritiske element eller dersom CI må vere meir nøyaktig, kan følgjande prosedyre nyttast for nøyaktig kalkulering av verdiane. Unøyaktigheit som måtte vere etter dette har ikkje praktisk verknad. Prosedyra er nytta i eksemplet på bruk av suksessivprinsippet i slutten av avsnitt 2.5.2.

Prosedyra tek utgangspunkt i eit nettverk av aktivitetar med utrekna forventningsverdi, standardavvik og varians for alle aktivitetane.

Start og slutt for kvar aktivitet reknast ut ned til eit ”merge event point”⁵. I punktet skal ein MEB aktivitet inkluderast før etterfølgjande aktivitetar. Ein MEB aktivitet kan ha to aktivitetar før seg (frå to vegar). Dersom fleire må ein ekstra MEB inkluderast for kvar aktivitet utover to.

1. Antal vegar identifiserast. Frå punktet der vegane skildes⁶ summerast opp variansen per veg, og av den standardavvik per veg.
2. Flyt reknas ut.
3. Gjennomsnittleg standardavvik (per veg) S_a reknas ut.
4. Relativ flyt $= F/S_a$ reknas ut.
5. Relativ flyt brukast til å lese av forholdet MEB/S_a og CI_{min} av Figur 2-14. Dersom F/S_a er meir enn to kan MEB ignoreras. Utifrå verdien på relativ flyt langs horisontal akse lesast MEB/S_a og CI_{min} av på den vertikale aksene. MEB/S_a multipliserast med S_a for å få MEB.

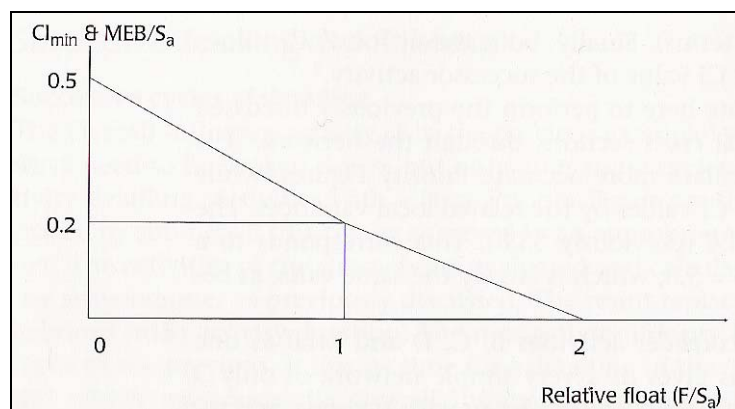
Endelegje CI verdier kalkuleras slik utifrå CI_{min} :

1. CI verdier kalkulerast med å gå bakover i nettverket. Ved eit ”merge event” punkt får aktiviteten som har flyt framfor punktet CI_{min} verdien (i prosent) og den andre aktiviteten får $100 - CI_{min}$.
2. Tilslutt blir begge lokale CI verdiane multiplisert med CI verdien til aktiviteten etter. Er det fleire aktivitetar som etterfølgjande blir summen av CI verdiane til etterfølgjande aktivitetar nytta.

⁵ Punkt i nettverket der to eller fleire aktivitetar møtas før ein eller fleire etterfølgjande aktivitetar kan starte.

⁶ Dersom vegar startar frå meir enn eit punkt, velgjast den kortaste veg. Eller ein kombinasjon av den kortaste og lengste og kombinere dei to variansane med vektning etter CI.

Prosedyra fylgjast fram til neste merge event point og vidare ut nettverket.



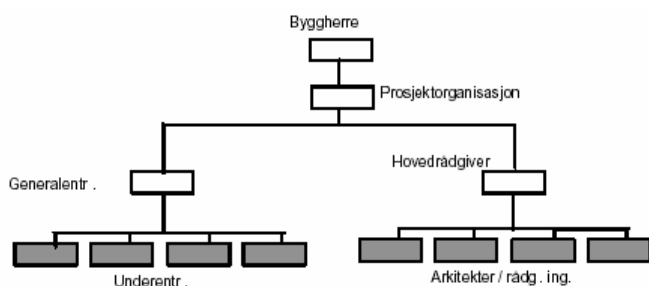
Figur 2-14 MEB/Sa samt CI_{min} for ulike verdier av F/S_a . (Lichtenberg, 2000).

Lichtenberg si prosedyre for meir nøyaktig kalkulering av MEB og CI er meir komplisert enn berekning med grove anslag. Prosedyra tek hensyn til estimert usikkerheit for aktivitetane slik at kalkuleringa av MEB og CI er meir utifrå prosjektets behov for tidstillegg.

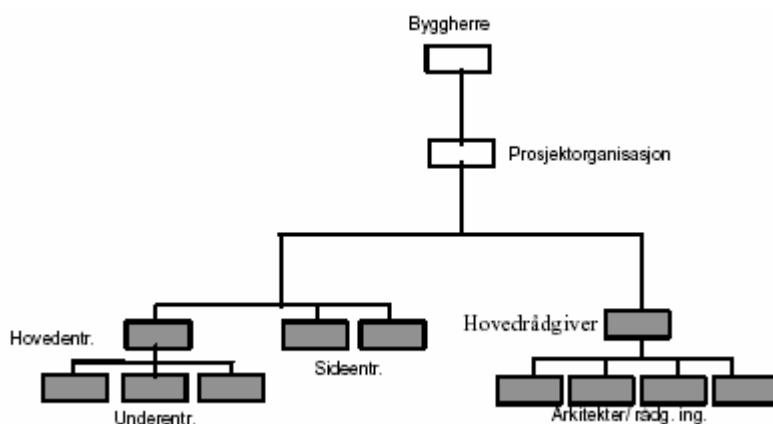
Prosjekt kan delast opp i parallelle aktivitetar slik at totaltida reduserast. Entrepriseform bestemmer blant anna antal aktørar som skal stå for gjennomføring. Tidstillegg må tilpassast etter kva entrepriseform som veljast for prosjektet.

Entrepriseforms innverknad på MEB

Organisering av arbeidet og fordeling av ansvar for usikkerheit virkar inn på korleis usikkerheit må handterast i kalkulering av totaltida. Som forklart i avsnitt 2.3 vil det med integrert leverandørorganisasjon vere ein totalentreprenør som har kontrakt med underentreprenørar og som vil ha ansvar for sikring av marginar til å dekke usikkerheit. For byggherren vil det vere ein kontraktspartner og dermed ein kritisk veg i prosjektet. Med delt leverandørorganisasjon er situasjonen annleis for byggherren då organisering med f.eks. byggherrestyrte sideentrepriser betyr mange parallelle kontraktspartner i utføringa av prosjektet. Med mange aktørar som skal bli ferdige til overleveringsdato trengst større buffer som sikring. Med utgangspunkt i tidlegare illustrerte eksempla på byggherrestyrte sideentrepriser og totalentreprise (2.3) samt eksempla under av generalentreprise og hovudentreprise visast entrepriseformens innverknad på buffer av tid i form av MEB. Merk at figurane er eksempel og antal underleverandørar kan vere fleire eller færre enn illustrera.



Figur 2-15 Generalentreprise



Figur 2-16 Hovudentreprise

Begge frå (Prosjekt Byggherren i Fokus, 2006).

Generalentreprise og hovudentreprise betyr færre kontraktspartar å fylgje opp for byggherren enn ved byggherrestyrte sideentrepriser. Som eksempla syner har generalentreprenør ansvar for all koordinering av produksjonen, og ein hovudrådgjevar koordinerar rådgjevande tenester. Med hovudentreprise som entrepriseform syner Figur 2-16 at sideentreprenørar kan vere i tillegg til hovudentreprenør, og dermed føre til at byggherren har fleire parallelle kontaktspartar å følgje opp. Tabellen under syner prosjektforsinking i høve til antal kontraktspartar. MEB er her angjeve ved enkelt anslag utifrå Tabell 2-3.

Entreprise	Antal kritiske vegar i prosjektet (frå illustrera eksempel)	Prosjektforsinking og verdi på MEB
Byggherrestyrte sideentrepriser	8	4/10/18 % av total tid
Hovudentreprise	4	4/10/18 % av total tid
Generalentreprise	2	1/3/8 % av total tid
Totalentreprise	1	0/1/4 % av total tid

Tabell 2-4 Samanheng mellom entrepriseform og MEB

Oversikten kan umiddelbart gjeve eit inntrykk av større risiko for byggherren med det fyrste alternativet i Tabell 2-4. Det er riktig på den måten at byggherren må sjølv kalkulere inn risiko med å ha mange moglege kritiske vegar som virkar inn på tidsanslaga. Ved totalentreprise vil det for byggherren sin tidsstyring vere ein overordna kritisk veg: totalentreprenørens ansvarsområde og risikoen for at dette ikkje vert ferdig i tide.

Systematisk, suksessiv detaljering

Ferdig utført kalkulering for alle aktivitetane i nettverket er grunnlaget for suksessiv detaljering. Då har alle aktivitetane forventningsverdi og prioritet, og nettverket har totalestimat på tid og standard avvik. Om kalkulering etter suksessivprinsippet kan opplevast komplisert, er det sentrale prinsippet i detaljeringa enkelt. Resultatet frå fyrste kalkulering vurderast og postar med høgast prioritet brytast ned i delaktivitetar. Delaktivitetane inkluderast i tabellen over aktivitetar. For kvar delaktivitet utførast same estimering som har blitt gjort for hovudaktivitetane tidlegare: estimering av varigheit og berekning av forventningsverdi, varians og prioritet. Ny totaltid og total prioritet bereknas. Nye runder med detaljering og kalkulering blir gjort inntil total prioritet er slik at det er tilstrekkeleg låg grad av usikkerheit i planen.

Rekkefølga på detaljering er ikkje vilkårleg: Oppdeling av aktivitetar med relativ høg prioritet gjerast før oppdeling av postar for generelle forhold (korreksjonselement). Vurdering kan gjerast etter metoden nedanfor. Nedbryting i delaktivitetar utførast etter same framgangsmåte som den opprinnelege inndeling i hovudaktivitetar, og kan følgje strukturen i WBS. For kvar nedbryting av ein hovudaktivitet bør det innførast ein lokal post for

korleksjon til å dekke avhengigheit mellom delaktivitetane. Posten skal dekke felles aspekt mellom delaktivitetar. Når akseptabel prioritet (dvs. grad av usikkerheit) er nådd på aktivitetar kan detaljering av korleksjonselementet gjerast.

Vurdering av detaljering

For kvar ny runde med suksessiv detaljering vurderast prioritet per post. Innverknad på total framdriftsplanleggjing kan vurderast på følgjande måte:

Post n med kalkulert prioritet er inkludert i total tidsestimat.

Standard avvik for totaltid vurderast i høve til totaltid.

Tilsvarande gjerast med prioritet for post n sett lik 0.

Nytt standardavvik for totaltid utan bidraget frå aktuell post vurderast opp mot totaltid. Det nye standardavviket angjev usikkerheit totalt dersom usikkerheit for post n eliminerast heilt.

Dersom ein slik eliminering av usikkerheit for post n gjev eit vesentleg bidrag til tilfredsstillande sikkerheit i estimata, anbefalast oppdeling av posten i delaktivitetar.

Graden av detaljering og dermed antal rundar vurderast etter krav til prosjektet. Metoden er fleksibel slik at planleggingsarbeidet blir effektivt. Fokuset blir på usikre postar og detaljering treng ikkje gjerast på kjente postar eller aktivitetar med liten grad av usikkerheit. Dermed sikrar ein mest mogleg oversiktlege planar og minst mogleg arbeid.

Detaljering av hendingsusikkerheit

For ein post som representerar ei hendingsusikkerheit vurderast prioritet på same måte som for andre aktivitetar. Dersom ei hendingsusikkerheit har så høg prioritet at den har eit vesentleg bidrag til total prioritet, delast analysa i to versjonar. Det jobbast vidare med to versjonar av tabellen/skjemaet: 1 versjon for tilfellet dersom hendinga skjer, og ein annan for dersom hendinga ikkje skjer. Versjonane vil elles vere identiske og prioritet for hendinga er vekk. I den eine versjonen er det sikkert at hendinga skjer og i den andre er det sikkert at den ikkje skjer. I tillegg kan sannsynlegheita til dei ulike utfalla av hendingsusikkerheita vurderast.

Etterarbeid

Konklusjonen på framdriftsplanleggjinga bygger på avklaringa av prosjektet med bl.a. mål og omfang som blei gjort i oppstarten. Resultatet av arbeidet og vurderingar gjort undervegs bør dokumenterast. Resultatet for totaltid og eventuelle milepælar kan presenterast i form av S-kurve og / eller gantt skjema. Ei S-kurve viser akkumulert sannsynlegheit for dei moglege

utfalla av berekningane. Tornadodiagram er ei anna nyttig framstilling av resultatet. Eit tornadodiagram rangerar aktivitetane etter kor mykje usikkerheita i aktiviteten kan påverke gjennomføringa av prosjektet. Tornadodiagram er eit hjelpemiddel for å prioritere kontroll og tiltak.

Ut frå liste over postar og resultatet frå berekningane bør det utarbeidast oversikt over dei generelle forhold som ligg til grunn for resultatet og dei vurderingar som er gjort. Lista med alle aktivitetane viser dei viktigaste kjeldene til risiko. Resultatet er ein del informasjon som bør vere grunnlag for ein risikostyringsplan (Chapman & Ward, 2003). Ein risikostyringsplan skal sikre at prosjektleiinga endrar planar og utnyttar informasjonen frå analysearbeidet.

For å illustrere trinn 2 – 5 av suksessivprinsippet visast her eit eksempel som er basera på framdriftsplan for TKS prosjektet.

Eksempel på bruk av suksessivprinsippet

Kalkulering i suksessivprinsippet illustrerast her på grunnlag av framdriftsplan for TKS (Eilertsen, 2006). Planen er forenkla i eksemplet til få hovudaktivitetar. Formålet med eksemplet er å vise MEB utrekning og anslag for generelle forhold si innverknad på planen.

I korte trekk forklarast her kva som skal utførast i TKS prosjektet, og inndelinga i delprosjekt:

- Eit par bygningar skal rivast, og veg og ledningar må leggjast om.
- Grunnen må gjørast klar for bygget.
- Parkeringshus skal byggast.
- Teater- og konserthuset (Kilden) skal byggast
- Alt skal klargjerast og gjennomgå prøveperiode med bruk

I prosjekteringsfasen og gjennomføringsfasen delar prosjektleiinga prosjektet opp i 3 delprosjekt:

1. Infrastruktur som inkluderar riving, vegomlegging og grunnarbeid
2. Parkeringshus
3. Kilden

I eksemplet er aktivitetar i prosjekteringsfasen teke med (sjå avsnitt 2.2.1). I hovudframdriftsplanen for prosjektet er det vist knyting mellom reguleringsplan og forprosjekt. Verifisert forprosjektet for Kilden kan ikkje starte før reguleringsplan og forprosjektet for Kilden er ferdige. Forprosjekt startar når skisseprosjekt er ferdig. Dette utgjør to parallelle vegar. Detaljprosjektering av Kilden kan starte når verifisert forprosjekt er

avslutta. Detaljprosjektering må avsluttast før anskaffing av entreprenørar (kontrahering) for Kilden. Detaljprosjektering av riving og omlegging av infrastruktur er planlagt å gå føre seg parallelt med verifisert forprosjekt for Kilden. Oppdeling av detaljprosjektering er gjort for å utnytte fleksibilitet og spare tid ved å køyre 3 relativt uavhengige delprosjekt. Detaljprosjektering av riving og omlegging påverkar difor ikkje start av aktiviteten anskaffelse entreprenørar Kilden. Eksemplet vil vise sannsynleg dato for ferdig anskaffing av entreprenørar for Kilden etter at deterministiske anslag er erstatta med tripplestimat.

Etter at omfanget er avklara i form av definering av fasar og delprosjekt som skal analyserast , gjørar neste trinn av suksessivprinsippet som er identifisering av generelle forhold.

På bakgrunn av kjennskap til prosjektet vurderast påverknad frå generelle forhold. Forhold som kan vere aktuelle for prosjekteringsfasen av TKS er vist i oversikten under.

<i>Grupper</i>	<i>av Standard definisjon</i>	<i>Reell situasjon</i>
<i>generelle forhold</i>		
Geografiske forhold: Tilgjengelege ressursar	God tilgang på rådgevande aktørar	(-) Så pressa marked at rammer for kostnad eller tid vil sprekke (+) prestige prosjekt
Politiske forhold: Tilgjengelege midlar	Kommunen sørgjer for å sikre prosjektet	(-) tilleggsfinansiering skjer ikkje (+) tilleggsfinansiering vedtakas tidleg
Styring av offentlege prosessar	Teknisk etat velorganisert	(-) tomtekjøp og reguleringsplan forsinkas
Organisatoriske forhold: Prosjektleiing, Endringshåndtering,	Stabil og erfaren kompetanse sikra Gode innarbeidde rutiner	(-) sentrale ressursar forlet prosjektet (+) prosjektleiinga styrka (+) Endringsrutiner forenkla for å redusere tidsforbruk,
Samarbeid og kommunikasjon	Profesjonelle óg til å kommunisere	(-) for store informasjonsmengder gjør at viktig informasjon forsvinn i mengden
Produktrelaterte forhold: Teknologifunksjonskrav	Organisering er rusta for å møte krava	(-) Valt design blir eit problem for rådgjevarne

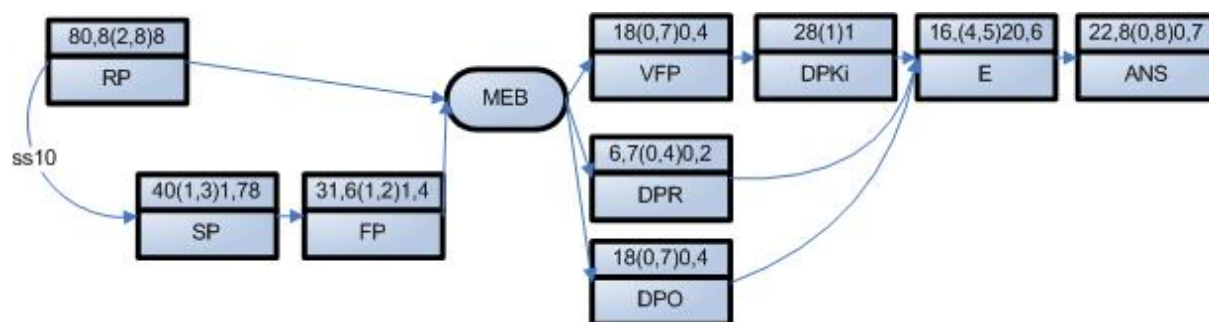
Tabell 2-5 Aktuelle generelle forhold for prosjekteringsfasen av TKS

Oversikten over moglege generelle forhold er utarbeidd på grunnlag av (Lichtenberg, 2000) og (Meland, 2006).

Påvirkningspotensialet i negativ eller positiv retning frå forholda er anslege etter ”reell – situasjonsdefinisjonane”. Anslaga er forslag på kva som kan vere storleik for prosjekt av denne type. Tabell 2-6 viser trippelanslaga og berekna forventningsverdiar, standardavvik og varians. Generelle forhold er samla i korreksjonselementet E. Gruppene av generelle forhold er inkludert i framdriftsplanen for prosjektet.

Generelle forhold	gruppe-trippelesimat					
	<i>a</i>	<i>m</i>	<i>b</i>	E(t)	Standardavvik	Var(t)
Politiske forhold	-8,0	0,0	12,0	0,67	3,33	11,11
Produktrelaterte forhold	0,0	6,0	9,0	5,5	1,5	2,25
Organisatoriske forhold	-4,0	7,0	10,0	5,67	2,33	5,44
Geografiske forhold	0,0	5,0	8,0	4,67	1,33	1,78
Samla som E				16,5	4,54	20,58

Tabell 2-6 Estimat og berekningar av generelle forhold



Figur 2-17 Nettverk etter PERT-metoden av prosjektet (forenkla)

Figur 2-17 viser aktivitetane som er med i eksemplet og alle aktivitetane er påført forventningsverdi, standardavvik og varians.

Forklaring til aktivitetsbenemningane i Figur 2-17:

RP = reguleringsplan,

SP = skisseprosjekt,

FP = forprosjekt,

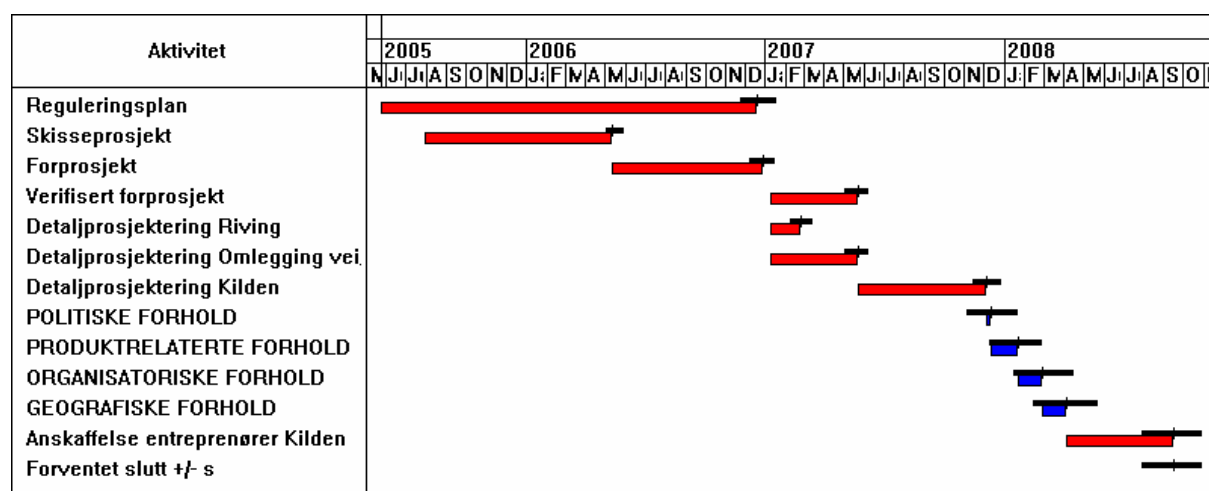
VFP = verifisert forprosjekt,

- DPR = detaljprosjektering riving,
- DPO = detaljprosjektering infrastruktur/omlegging,
- DPKi = detaljprosjektering Kilden,
- ANS = anskaffing entreprenører til bygget,
- E = samlegruppe for generelle forhold.

Nettverket har ein restriksjon mellom RP og SP. Restriksjonen er ein SS (start til slutt) restriksjon og betyr at SP kan starte 10 tidseiningar etter RP. Restriksjonen er lagt inn med trippelanslag der 10 er mest sannsynleg verdi, 9 er mest optimistisk og 11 er pessimistisk anslag.

Som nettverket viser går arbeidet med reguleringsplan føre seg parallelt med skisseprosjekt og forprosjekt og alle tre må vere ferdige før oppstart av verifisert forprosjekt. MEB er lagt inn før verifisert forprosjekt, fordi parallelliteten kan gjeve ei forsinka start av verifisert forprosjekt. DPR og DPO er ikkje av interesse her for utrekning av MEB, men er med då dei også virkar inn på E, og er med for å illustrere oppdeling av aktivitetar. Total framdriftsplan for TKS har etterfølgjande aktivitetar etter DPR og DPO som gjør at tidstillegg i form av MEB er aktuelt også etter DPR og DPO, men dette er utelate i eksemplet.

I diagrammet i Figur 2-18 visast prosjektet som eit Gantt-diagram. Framdriftsplanen inneheld aktivitetar som skal utførast og påverknad frå generelle forhold. Aktivitetar er angjeve med raud farge, og korreksjonselement (generelle forhold) med blå. Usikkerheit er angjeve med svart farge.



Figur 2-18 Forenkla framdriftsplan. Generert i TIDUS⁷. Basera på (Eilertsen, 2006).

Tredoble anslag er lagt inn i forenkla plan ved å leggje på +/- 10 % til tidsestimata i framdriftsplanen for TKS (Eilertsen, 2006). Gruppene av generelle forhold er lagt til før anskaffing av entreprenørar. Som figuren viser gjev generelle forhold eit stor utslag på tidsplanen.

Tabell 2-7 viser kalkuleringa av forventningsverdi, standard avvik, varians og element for å finne MEB og P.

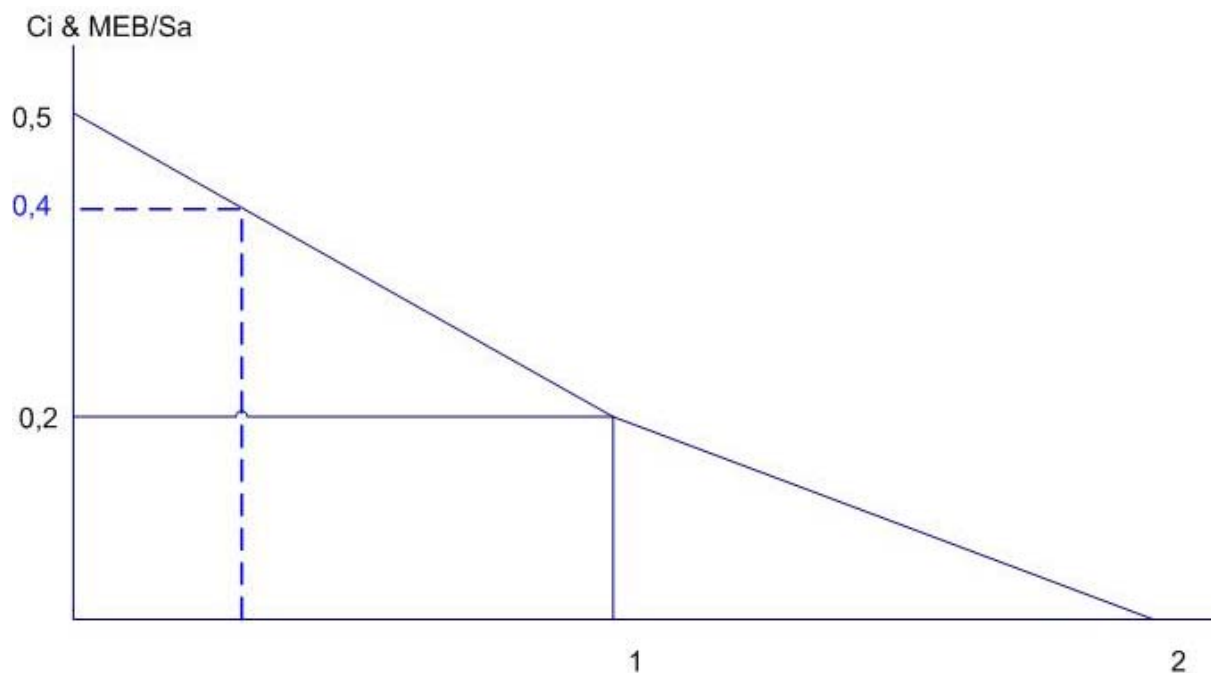
Aktivitet	E(t)	S	Var(t)	Start	Slutt	Flyt F	varians per veg		standardavvik pr veg		F/Sa	MEB/Sa	CI	P
							V1	V2	S1	S1				
RP	80,83	2,83	8,03	0	80,83		8,03						40	3,2
R-S	10	0,33	0,11	0	10			0,11					60	0,1
SP	40	1,33	1,78	10	50			1,78					60	1,1
FP	31,57	1,17	1,36	50	81,57			1,36					60	0,8
MEB	0,93	2,32	5,37	81,57	82,49	0,7 3	8,03	3,25	2,83	1,8	0,32	0,4	100	5,4
VFP	18	0,67	0,44	82,49	100,49								100	0,4
DPKi	28	1	1	100,49	128,49								100	1
G1	0,67	3,33	11,11	128,49	129,16									0
G2	5,5	1,5	2,25	129,16	134,66									0
G3	5,67	2,33	5,44	134,66	140,33									0
G4	4,67	1,33	1,78	140,33	144,99									0
E	16,5	4,54	20,58	128,49	144,99								100	21
ANS	22,83	0,83	0,69	144,99	167,83								100	0,7
DPR	6,67	0,4	0,16	82,49	89,16								0	0
DPO	18	0,67	0,44	82,49	100,49								0	0
totalt		5,77			167,83									33

Forklaring av kolonnene: F/Sa er relativ flyt der Flyt er delt på gjennomsnittleg standardavvik per veg ($Sa = (S1 + S2)/2$)

Tabell 2-7 Kalkulering

Forklaring til tabellen: R-S er avhengigheit mellom reguleringsplan og skisseprosjekt og er lagt inn for at generert tidsplan skal bli tilnærma som TKS sin framdriftsplan der skisseprosjekt startar 10 veker etter start av reguleringsplan. Aktivitet E tilsvarar gruppene av generelle forhold. MEB og CI er berekna manuelt etter Lichtenbergs prosedyre for meir nøyaktig kalkulering. Veg 1 går gjennom aktivitet RP (reguleringsplan), og veg 2 går gjennom SP og FP (skisseprosjekt og forprosjekt). MEB/Sa og CI lesast av i Figur 2-19.

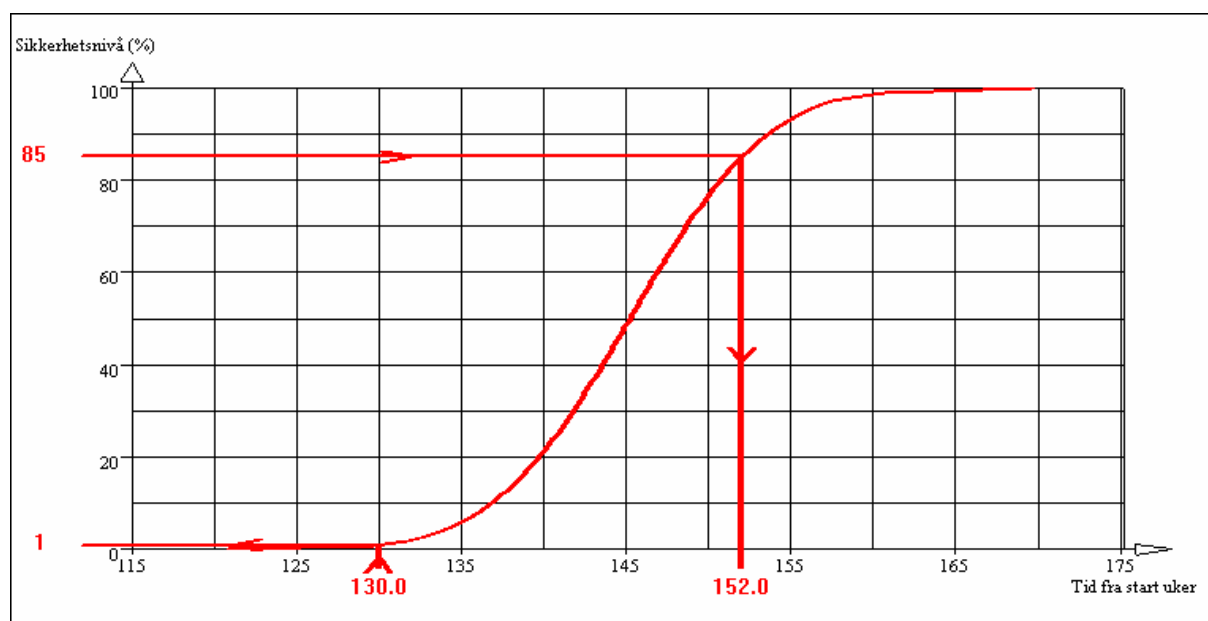
⁷ Verktøy utvikla ved Institutt for bygg- og anleggsteknikk, NTNU.



Figur 2-19 Figur for berekning av MEB og CI nøyaktig (Lichtenberg, 2000).

Kalkuleringa viser at aktivitet ANS; anskaffing av entreprenør(ar) til TKS, kan starte 145 veker etter start av utarbeiding av reguleringsplan. Framdriftsplanen for TKS som eksemplet tok utgangspunkt i, seier 130 veker (Eilertsen, 2006).

Usikkerheita som eksemplet har inkludert viser at det ikkje vil vere sannsynleg å starte opp kontrahering for Kilden som planlagt. I Figur 2-20 visast S-kurve for start av kontrahering for Kilden.



Figur 2-20 S-kurve for start av anskaffing av entreprenør(ar) til Kilden.

Figur 2-20 viser oss at dersom usikkerheita i prosjektet er som det som er inkludert i eksemplet, og prosjektet styrer etter framdriftsplanen i utgangspunktet, er det 1 % sannsynlegheit for å starte kontrahering etter planen. Dersom prosjektleinga skal ha styringsramme med eit sikkerheitsnivå på 50%, må kontrahering planleggjast å starte 145 veker etter oppstart. Med 50/50% sannsynlegheit for å nå tidsplanen, betyr dette 15 veker meir enn foreliggjande plan. Dersom styringsramma for prosjekteigar skal liggje på 85 % sannsynlegheit, er dette eit tillegg på 32 veker i høve til foreliggjande plan.

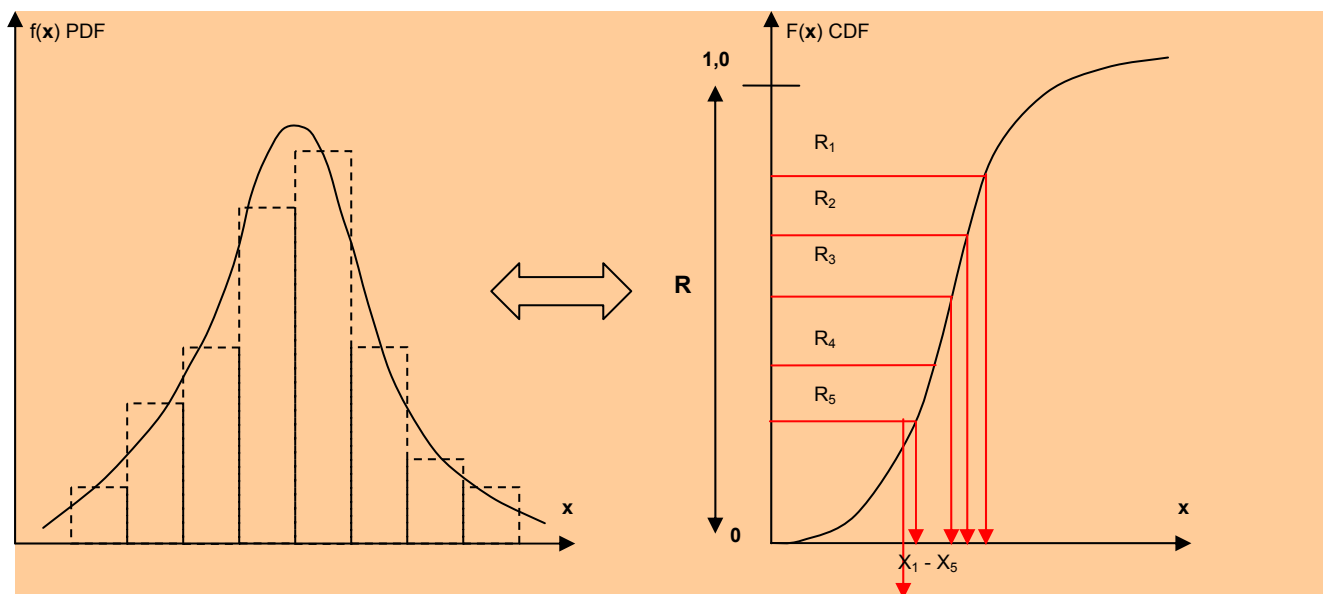
MEB er kalkulert til å vere 0,93 tidseiningar, altså omlag ei veke. Forventningsverdiane til dei parallelle vegane før MEB er på 80,8 og 81,6 veker. Tidstillegget som trengst på grunn av to parallelle vegar er dermed på litt meir enn 1 %. Tidstillegget er relativt lite i dette eksemplet. Eksemplet er berekna med stokastiske anslag i form av +/- 10 % på mest sannsynleg verdi for mest pessimistisk og mest optimistiske anslag. Dette er ikkje store påslag. F.eks. er det som default i simuleringsprogrammet Risk+ mogleg å legge inn lågt, medium eller høgt konfidensintervall, og desse er sett til henholdsvis +/- 10%, 25% og 50%. Forventningsverdien til MEB aukar dersom usikkerheita er større enn 10% som her.

130 veker er estimert med deterministiske verdiar og utan utrekning av MEB. Eksemplet er gjort med 10 % tillegg for usikkerheit og ikkje med subjektive vurderingar av kvar aktivitet. Difor har reguleringsplanen relativ høg prioritet. Storleik på generelle forhold er gjort med grove anslag.

Antakeleg er usikkerheit inkludert til ein viss grad i framdriftsplanen til TKS slik at usikkerheit alt er inkludert i mest sannsynleg verdi i eksemplet. Derfor er ikkje eksemplet realistisk som framdriftsplan for TKS prosjektet

2.5.3 Usikkerheitsanalyse med bruk av simuleringmetode

Ordet *simulere* kjem frå latin og kan oversetjast til å *etterligne*. Simulering i denne samanheng går ut på å få datamaskiner til å simulere, eller å etterligne, ulike typar operasjonar for verkelege system. Monte Carlo simulering er ein kjent simuleringsmetode. I denne samanheng forbindast Monte Carlo med spel, og spel har med tilfeldig utfall å gjøre. I Monte Carlo-simulering blir det utført simulering av verdiar basert på tilfeldig trekte tal innan ytterpunkta. For Monte Carlo-simulering av tidsvarigheit i nettverk kan ytterpunkta vere mest optimistisk og mest pessimistisk anslag for ein aktivitet. Trekkinga av tilfeldige tal skjer med



ein talgenerator.

Figur 2-21 Simuleringsteknikk; realisering av verdien x der $F(x) = R$ (Lassen, 2005).

Figur 2-21 illustrerar trekking av utfall for ein stokastisk kontinuerleg variabel x . Til venstre i figuren visast fordelingsfunksjonen $f(x)$ for variabel x . I grafen til høgre visast kva som skjer i ein simulering. Tilfeldige tal R genererast. Verdien x som tilfredsstillar $F(x) = R$ finnast utifrå den kumulative fordelingskurva. Dette er ei realisering av variabelen x . I figuren er realisering av variabelen vist med verdiane $x_1 - x_5$. Ved å trekke tilfeldige tal R mange gonger får ein eit statistisk stort nok utval av verdiar for den stokastiske variabelen x .

Tilfeldig talgenerator

Ein tilfeldig talgenerator er noko som genererar tilfeldige tal. Eit eksempel frå dagleglivet på ein talgenerator er ein vanleg terning. Ved å kaste den får ein eit tilfeldig tal mellom 1 og 6. For Monte Carlo – simulering fungerer datamaskina som ein generator. For det meste nyttar dei fleste simuleringsverktøy ei uniform fordeling mellom 0 og 1, slik at alle tal mellom 0 og

I har like stor sannsynlighet. Den kumulative sannsynlighetsfordelinga for den aktuelle variabelen må oppgjevast for å finne utfallet til variabelen.

Monte Carlo – simulering kan utførast på stokastiske prosessar og modellar som er samansett av fleire stokastiske variablar. Eit nettverk av aktivitetar for eit prosjekt der varigheitane er usikre, er ein slik modell. Når ein utfører Monte Carlo – simulering på aktivitetar i nettverk er varigheit per aktivitet den stokastiske variabelen x i Figur 2-21.

Med Monte Carlo - simulering på nettverk av aktivitetar blir det for kvar ny simulering generert eit tidsanslag pr. aktivitet. Simuleringane og utrekninga av nettverket totalt gjørast eit stort antal gonger (f.eks 500 eller 1000). Resultatet frå simuleringane er ei statistisk fordeling for kvar aktivitet av: tidlegaste start, med forventa verdi og varians. Berekning av kritisk veg utførast også slik at ein tidlegaste slutt, seinaste start, seinaste slutt og flyt. Resultatet for nettverket av aktivitetar er ei statistisk fordeling for sluttdato og andre milepælar. Milepælar og totaltid vil foreligge aktivitet er ikkje kritisk eller ikkje-kritisk, men utrekna med sannsynlighet for at aktiviteten er kritisk. Sannsynlegheita for at ein aktivitet er kritisk blir oppgjeve med *kritisk indeks* (Rolstadås, 2001). Stokastiske relasjonar (korrelasjon) mellom aktivitetane kan inkluderast i utrekningane. Spesielle kombinasjonar av sannsynlighetsfordelingar og spesielle fordelingsfunksjonar set avgrensingar for matematisk moglegheit for dette, slik at simuleringsprogramma utfører sortering av trekte verdiar for å få til korrelasjon (Frode Drevland, 2006).

Monte Carlo – simulering er krevjande operasjonar. Enkle nettverk og kalkyler kan utreknas ved hjelp av standard rekneark. Komplekse simuleringar kan utførast best med dataprogram med Monte Carlo – simulering som berekningsmetode. Crystal Ball ("Crystal Ball", 2005) køyrer på toppen av Excel. Risk+ køyrer på toppen av MS Project. Trinna i prosessen med å utføre simulering er litt ulik avhengig av kva dataprogram som nyttast. Nedanfor er vist ein oversikt som er tilnærma rett uavhengig av program.

Simuleringsprosessen ved simulering av framdriftsplan

For å utføre ein simulering av ein verkeleg prosess samansett av fleire stokastiske variablar, skjer dette gjennom 3 trinn. Trinna i ein simulering er:

1. Modellering av verkeleg system
2. Simulering

3. Vurdering av resultat

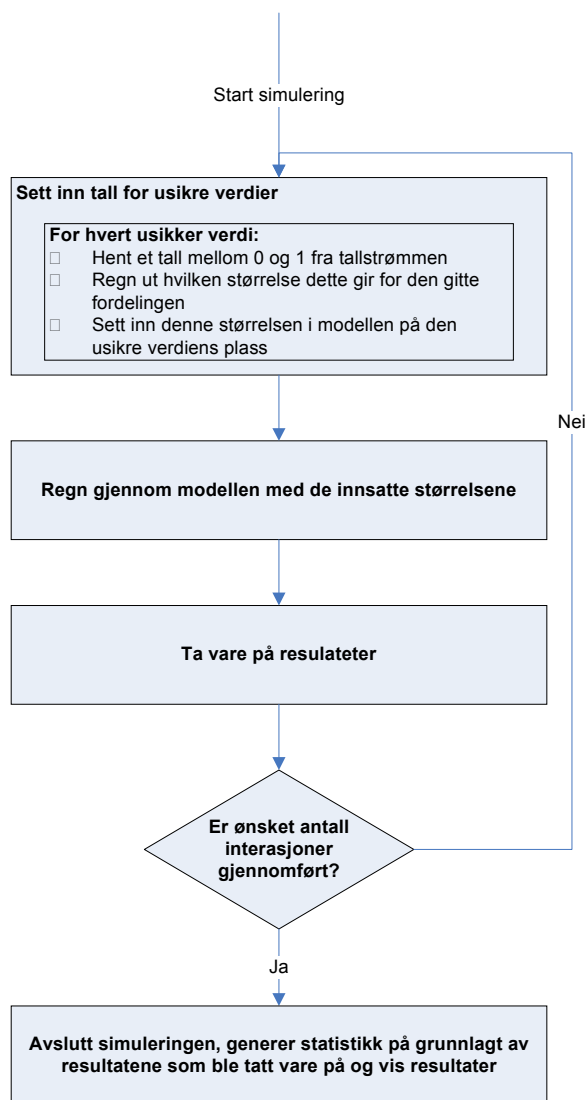
Under følger ei kort forklaring av kvart trinn i prosessen

Modellering

Det verkelege systemet som ynskjest å teste ut, må modellerast. Fyrst må det klart definerast kva i verkelegheita som ynskjes å inkludere i modellen. Deretter planleggjast og implementerast dette inn i dataverktøyet. For framdriftsplanar definerast aktivitetar, sannsynlegheitstettleikfunksjon (fordelingsfunksjon) per aktivitet og avhengigheitar mellom aktivitetane. I nokon program oppgjevast korrelasjon. Det er også litt ulikt frå program til program kva verdiar som leggjast inn som anslag for varigheitsintervallet. I Risk+ kan trippelanslag leggjast inn eller mest sannsynleg verdi og prosentvis grense for minimum og maksimum sannsynleg verdi. I andre program kan 50 % kvantilen leggjast inn og ikkje mest sannsynleg verdi.

Simulering

Simuleringa startar når tilgjengeleg informasjon om aktivitetane er lagt inn. Ved start av simulering oppgjevast antal interasjonar. Figur 2-22 syner gangen i simuleringa. Som ein ser skjer det ei trekning for kvar usikker verdi (for framdriftsplan blir det for kvar aktivitet). Når verdi er funne utifrå kumulativ fordelingsfunksjon for aktiviteten, inkluderas verdien som varigheit for aktiviteten i framdriftsplanen. Når dette er gjort for alle aktivitetane, er ein iterasjon klar med deterministiske varigheiter for alle aktivitetane. Eit sett med verdiar for nettverket bereknas på tradisjonell måte for å få fram prosjektslutt og kritisk veg m.m.



Figur 2-22 Gangen i kjøring av ein simulering (Frode Drevland, 2006).

Når det ynska antal interaksjonar er gjort, avsluttast simuleringa. Programmet klargjer statistikkar på grunnlag av alle interasjonane.

Vurdering av resultat

Dataprogram som utfører simulering presenterer resultata på fleire format. Kritisk veg berekningar, tornadodiagram og S-kurve er vanlege presentasjonar av resultatet. Vurderinga av resultatet og etterarbeid av analysen blir som når det nyttast analytiske metodar, og er forklara i avsnitt 2.5.2

Simulering er ein vanleg metode å nytte til usikkerheitsanalyse, og det finnast mange dataprogram på markedet som brukar simulering som berekningsmetode. Simuleringsprosessen er ein enkel og forståeleg prosess, og bør vere lett å implementere.

Resultatet av simulering er ein representativ statistikk dersom det blir køyrd eit stort antal interasjonar. Kvaliteten på resultatet kan aukast dersom det er avhengigheit mellom aktivitetar og det leggjast inn rett korrelasjonsverdi. På den andre sida kan dette vere vanskeleg å forstå og vanskeleg å estimere rett hevdast det i kritikk av metoden (Lichtenberg, 2000).

2.6 Oppsummering av teori – samanlikning av berekningsmetodane

Teorien forklarar litt om kjeldene til usikkerheit i prosjekt og prosessar og metodar for å styre prosjekt på ein slik måte at usikkerheita blir nytta til beste for gjennomføring av prosjektet.

I verdikjedeprosessen som er del av byggeprosessen, definerast ei oppdeling av byggeprosessen i fasar utover i tid. Fasene ligg til grunn for oppdeling av hovudaktivitetar i framdriftsplanen.

Val av entreprisform bestemmer fordeling av ansvar mellom byggherre og entreprenør(ar). Val av entreprisform bestemmer også kor stor påverking og risiko byggherren har.

Usikkerheit i prosjekt kan identifiserast og styrast etter ein dokumentert usikkerheitsstyringsprosess. For PTL AS sin del passar ein usikkerheitsstyringsprosess inn i Støtteprosessane i byggeprosessen. Usikkerheitsanalyse dekker ein del av fasane i ein usikkerheitsstyringsprosess. For å utføre usikkerheitsanalyse kan fleire metodar nyttast. Analytiske metode og simuleringsmetodar blir forklara.

Begge metodane er vanlege i bruk i prosjektmiljø i Norge, og begge er interessante som bruk for stokastisk analyse i masteroppgåva.

I det pågåande Concept-programmet⁸ har baa metodane blitt granska og samanlikna. Tabell 2-8 viser ein oversikt av samanlikninga. I rapporten frå forskingsprogrammet hevdast det at begge metodane i prinsippet skal gjeve det same resultatet.

⁸ Forskingsprogram med Finansdepartementet som oppdragsgjevar, og som skal ”utvikle kunnskap som sikrer bedre ressursutnytting og effekt av store statlige investeringer”. www.concept.ntnu.no

Simulering		Trinnvis kalkulasjon per idag	Potensial for analytiske metoder
Struktur	Fullstendig fri	Krever en viss rigiditet i strukturen	Teoretisk sett mulig å ha like fri struktur som i simulering, men det vil kreve modeller og beregningsmetoder som er langt mer avanserte og kompliserte enn det som finnes per idag.
Nøyaktighet	Svært nøyaktig forutsatt gode inndata og tilstrekkelig antall iterasjoner	Forventningsverdi tilnærmet helt nøyaktig. En del feil i standardavviket.	100% nøyaktig.
Korrelasjon	Korrelasjon modelleres fritt	Ingen muligheter for å modellere korrelasjon	Stort forbedringspotensial over dagens analytiske metoder. Men der er uvisst om det lar seg gjøre like bra som simulering
Typer fordelinger	Flere enn man trenger	Begrenset til Gamma-/Erlangfordeling	Teoretisk mulig å få inn hvilke som helst fordelinger
Tilbakemelding på endringer	Simulering må kjøres for å se effekten av endringer i modellen	Beregningene vises umiddelbart etter at en verdi er endret	Beregningene vises umiddelbart etter at en verdi er endret
Brukererskel	Stiller i utgangspunktet store krav til brukerens kompetanse, både på selve programmet og ren statistikk. Friheten i strukturen gjør at man er nødt til å ha kontroll over hva man gjør. Mulig å lage spesialtilpassende verktøy som har lavere brukerterskel	Krever mindre teoretiske forkunnskaper enn simulering, men har i realiteten en høy brukerterskel på grunn av at all tilgjengelig programvare har horribles brukergrensesnitt.	Stort forbedringspotensial i brukergrensesnittet. Lavest brukerterskel av alle.
Innlegging av data	Vanskelig å legge inn tradisjonelle trippelanslag	Trivielt	Trivielt
Gjennomslutning	Vanskelig å følge de enkelte data gjennom beregningen	Rimelig enkelt å følge de enkelte data gjennom beregningen	Noe vanskeligere å følge de enkelte data som følge av at man går over til dynamiske formler som ikke lar seg kontrollere 100% ved håndregning.

Tabell 2-8 Forskjellar mellom simulering og analytiske metodar (Frode Drevland, 2006).

I Tabell 2-8 er simulering betre med omsyn til struktur, modellering av korrelasjon og val av fordelingar. Samtidig hevdast det at simulering ikkje er tilpassa for innlegging av trippelanslag. Erfaringane til PTL AS og erfaringar frå arbeidet med masteroppgåva viser imidlertid at i dataprogrammet Risk+ som brukar Monte Carlo simulering, er det mogleg å legge inn trippelanslag.

Dersom metodane gjev dei same resultata med like inndata , må val av berekningsmetode gjørast utifrå det spesifikke prosjektet det skal utførast analyse på, og utifrå erfaringar med gjennomføring av analysearbeid. Val av berekningsmetode kan inndelast i fleire val:

1. Val av analyseprosess
2. Val av verktøy

Analyseprosessen til suksessivprinsippet i avsnitt 2.5.2 skil seg frå simuleringsprosessen i avsnitt 2.5.3 i måten kjelder til usikkerheit blir behandla. Med suksessivprinsippet blir eksterne og interne påverknadar identifisert og estimert separat og inkludert som eigne element i framdriftsplanen. I simuleringsprosessen kan identifisering også skje separat, men utslaget påverknadane har på framdriftsplanen inkluderast i estimeringa av aktivitetane. Val av analyseprosess vil dermed føre til prinsipielle val av metode og framstilling.

Suksessivprinsippet sin separate estimering og framstilling av generelle forhold kan vere fordelaktig for å få fokus på desse forholda. Ulempen kan vere at det kan opplevast som litt unaturleg og vanskeleg for dei som er utrekna med metoden.

Kvaliteten på gjennomføringa av analyseprosessen er avgjørande for kvaliteten på resultatet. Forsking viser at einkvar feil i inngangsdata vil gjeve større utslag enn eventuell feil som følgje av formelen i berekningsmetoden (Frode Drevland, 2006).

Som innleiinga i avsnitt 1.3 viser, byggjer arbeidet på eit ynskje om å utføre stokastiske analysar på tidsplanlegging i prosjekt og vurdere nytten i høve til tradisjonell deterministisk planlegging. Både analytiske metodar og simuleringsmetodar er metodar for å utføre stokastiske analysar av kostnad- og framdriftsplanar.

Problemstilling og studieobjekt dannar grunnlaget for val av metoder for arbeidet med problemstillinga. Alternative metoder vil skildrast og val av metoder vil forklarast i det følgjande kapitlet.

3 Metode

Ut frå valte problemstilling vil det forklarast kva forskingsdesign som skal fungere som den overordna strategien for å få tak i ønska informasjon. Metode for innsamling av data vil bli presentera og begrunna. Val av forskingsdesign og metoder bør tilpassast problemstilling og rammene for arbeidet i form av studieobjekt, tidsperspektiv og involvering. Prosessen med å finne svar på forskarspørsmålet skreddarsyast.

I teori om metode for oppgåveskriving (Ghauri & Grønhaug, 2005) delast forskingsdesign inn i tre hovudgrupper: undersøkjande forskning, beskrivande forskning og årsaksforskning. Undersøkjande forskning nyttast når problemstrukturen er ustrukturera og arbeidet går ut på å observere, få informasjon som kan føre til nye retningar mot løysing og konstruere forklaring. Problemstillinga i masteroppgåva er imidlertid ikkje av ein slik ustrukturera karakter. I masteroppgåva vil det bli arbeidd systematisk med planlagde detaljar, og undersøkjande forskning er difor ikkje rett strategi for arbeidet. Når problemet er strukturert kan beskrivande forskning nyttast. Beskrivande forskning skjer strukturert etter planlagte rutiner og reglar. Analysearbeidet av framdriftsplanen for TKS vil skje strukturert ved å følgje ein viss metode for detaljering og inkludering av usikkerheit i tidsestimat. Det vil vere fastlagt kva som skal gjerast, kor detaljert og kva retning forskinga skal take, og beskrivande forskning vil derfor vere passande.

Skulle det vere av interesse å gjøre kvalitativ innsamling av data i form av intervju for å få vurderingar frå ekspertar innan særskilde område vil ikkje strukturen vere like fast, og beskrivande forskning kan trekkas i tvil. Men formålet og bruken av data frå intervju vil vere nøye planlagt og vil ikkje gjeve ny retning i forskinga slik at beskrivande forskning fortsatt vil vere rett val. Det er og slik at ei slik metode-triangulering ofte er ynskjeleg og naudsynt. Den siste hovudgruppa av forskingsdesign er ikkje aktuell då den brukas for forskning der årsaker isolerast for å undersøkje samanheng årsak – virkning.

3.1 Val av studieobjekt

Arbeidet vil skje i form av studie av ein case: eit særskild prosjekt. Dermed er det mogleg å gjøre grunding forskning og erfaringsinnsamling, og opparbeide ei god forståing for prosessar

og mekanismar rundt usikkerheit i tidsestimering. Ulempe med ein case er avgrensa høve til generalisering, då særskilde faktorar ved prosjektleiing og planlegging i valte prosjekt ikkje lett lar seg filtrere ut som ved fleire-case studie. Med fleire studieobjekt kjem ulikheit fram. Djup studie i ein case er dermed valt framfor samanlikning og generalisering. Generalisering vil diskuterast i avgrensa grad ved vurdering av data opp mot vurdering av casen.

TKS prosjektet blei valt samstundes som val av problemstilling. Eg ynskte å gjøre forskning innan sentrale delar av prosjektleiingsfaget. Sidan prosjektet skulle ha fokus på usikkerheit i framdriftsplanlegging, var prosjektet egna for problemstillinga.

Når problemformulering og val av forskingsdesign og studieobjekt er spesifisera, er det naturlege neste steg å spesifisere korleis datainnsamling skal skje.

3.2 Innsamling av data

Datainnsamling inkluderar all innsamling av data for å finne løysing på forskingsspørsmåla. Det er naturleg å skilje mellom primær- og sekundærdata. Primærdata er nye data som skal samlas inn gjennom arbeidet med problemstillinga, og sekundærdata er data samla inn av andre. Det bør klargjerast kva tidsperspektiv det er for datainnsamling: om det skal vere tverrsnittundersøking eller tidsserieundersøkingar. Metoden for datainnsamling kan vere kvalitativ eller kvantitativ og går ut på breidda og djupna på datainnsamlinga.

Den stokastiske analysen av framdriftsplanen for TKS prosjektet går ut på å gjøre berekningar med tidsestimat. Data som skal samlas inn til analysa er varigheit for aktivitetar i prosjektet og usikkerheit som påverkar framdriftsplanen. Dette er dei data som utgjør primærdata. Tidsperspektivet for innsamling av primærdata må veljast utifrå problemstilling og tidsrammene for masteroppgåva.

Type undersøking utifrå tidsperspektiv

Er innsamla primærdata relatert til eit tidspunkt er forskingsdesignet av type tverrsnittundersøking. Alternativet er tidsserieundersøkingar (longitudinelle studiar). Styrken med tverrsnittundersøking er at variasjonar i fenomen på eit tidspunkt kan kartleggjast. Men utvikling over tid og samanlikning av fenomenet i ulike tidsepoker er ikkje mogleg. Med tidsserieundersøkingar kan ein utnytte å innsamle data på eit eller fleire tidspunkt for å sjå ei utvikling i fenomenet i studieobjektet over tid. Ein kan også studere fenomenet i ulike

tidsepoker for eksempel. Sjølv om tidsrammene for ei masteroppgåve lett kan utelukke tidsserieundersøkingar, er det mogleg å oppnå dersom data er av eit slag det er mogleg å få ifrå tidlegare undersøkingar eller det er mogleg å intervju personar som har kjennskap til fakta frå tidspunkt forut i tid. Tidsserieundersøkingar viser utvikling over tid. Men ein svakheit med data frå ulike tidspunkt er at om ein har oppnådd å vise ei endring, kan det vere vanskeleg å avgjøre årsaken til endring.

For problemstillingar innan emnet usikkerheit i prosjekt kunne longitudinelle studiar vere ønskeleg i TKS, tidsrammene for masteroppgåva utelukkar dette. Teori om emnet usikkerheitstyring i prosjekt framhevar at det er viktig å foreta identifisering og kvantifisering av usikkerheit fleire gonger i løpet av eit prosjekt (Chapman & Ward, 2003). Innsamling av primærdata kunne bli gjort ved oppstart av framdriftsplanleggjinga, ved fleire av delfasane i prosjekteringsfasen og før oppstart av utføring. Ved tidsserieundersøkingar ville forskingsspørsmålet vore annleis enn det som er valt for mi masteroppgåve. Ein mogleg del av forskingsspørsmålet kunne vore å sjå på nytten av usikkerheitsanalyse i dei ulike fasane av prosjektet, og om usikkerheita verd redusert og kva som ”slår til”. Når eg har valt tverrsnittundersøking betyr det at eg skal gjøre ei grundig analyse av usikkerheit på eit visst tidspunkt i prosjektet. Tidspunkt vil bli valt utifrå tidsramma for oppgåva og utifrå eigna fase i prosjektet. Tverrsnittundersøking vil vere ein analyse som viser utslaget som usikkerheit gjør på framdriftsplanen. Konkluderinga og resultatet frå arbeidet i masteroppgåva vil bli basis for diskusjon omkring omfang og tidspunkt for usikkerheitsanalyse i TKS prosjektet og andre prosjekt der PTL Kristiansand AS står for prosjektleiing.

Utover å velje tidsperspektivet for innsamling, vil val av kvantitativ eller kvalitativ innsamlingsmetode gjeve ulikt resultat. Kvantitativ (ekstensiv) metode vil seie at ein får noko informasjon om mange element (Ghuri & Grønhaug, 2005). Ein får oversikt over antal, kjenneteikn osv. Data er harde data og det er liten fleksibilitet. Innsamling skjer ofte ved spørjeskjema med lukka svaralternativ. Dataanalyse skjer i form av analyse og oppteljing og skjer etter innsamling. Kvantitativ metode eignar seg som basis for statistisk generering, men er ikkje eigna dersom det ynskjes å få fram årsakar til fenomen. Kvalitativ metode er som namnet seier ein metode som kan gjeve djubdekunnskap om elementa/objekta, og det samlas inn mykje data frå få element. Innsamling skjer iform av åpne intervju og observasjon og metoden er fleksibel. Dataanalysa kan skje fortløpande og integrert i datainnsamlinga.

Innsamla data blir fortolka. Kvalitativ metode blir nytta for å finne årsakssamanhengar i eitt eller få tilfelle. Samstundes kan det vere vanskeleg å generalisere til element/tilfelle som ikkje er undersøkt.

I masteroppgåva vil det bli arrangert ei usikkerheitsanalyse i form av gruppearbeid under leiding av prosessleiar for å få fram innspel frå mange roller i prosjektet. Det er ikkje aktuelt med lukka svaralternativ, og analysa vil vere ei gruppeoppgåve med fortløpande vurdering og utvikling. Kvar aktivitet vil bli vurdert grundig for å få mykje informasjon. Det særskilde med planlagt analysearbeid i tilfellet i masteroppgåva mi er at innsamling av data som mest ser ut til å falle innunder kvalitativ metode, vil bli etterfølgt av ei statistisk bearbeiding med bruk av analyseverktøy. Slik sett kan det vere lett å tolke det som kvantitativ metode. Identifisering og estimering av usikkerheit blir gjort med bruk av begge metodane. Identifisering av generelle forhold er i form av kvalitativ metode, medan estimeringa av varigheit er kvantitativ metode. Analysearbeidet er dermed ei blanding av begge. Fleksibiliteten med kvalitativ metode vil nyttast for å sikre gode data.

I tillegg til primærdata er sekundærdata nytta som innleiande støtte for fordjuping og undersøking av problemstillinga.

3.3 Sekundærdata

I innleiande fase av arbeidet med masteroppgåva er mykje ressursar nytta på litteraturgranskingar. Årsak til søk i litteratur har vore å få auka kompetanse på risiko i prosjekt og særleg forbetring av framdriftsplanleggjing. Søk har gjeve oversikt over fagområdet og aktuelle metodar og verktøy for forbetring av planleggjing. På internettsider er fora og aktivitetar innan problemstillinga presentert, og fagområdet ser ut til å vere aktuelt fokusområde nasjonalt og internasjonalt. Sekundærdata nyttast for å auke kompetansen og ikkje for innsamling av data til empirisk undersøking.

Omfanget og nytten av søk etter sekundærdata er oppført på kortfatta måte i Tabell 3-1.

Kjelde	Type søk/informasjon	Nytte og omfang
Via hialib: bibliotek	Tilgjengelig litteratur	Relativ god tilgang på aktuelle lærebøkar
Hialib sine databasar, bl.a.datab	Aktuelle tema, kjelder	Fekk kjennskap til aktuelle tema nå
Veileidar, andre faglærarar	Anbefaling av tema og forfattarar	Hjelp til å velje rette forfattarar og kjelder
www: google, scholar.google.com,	Aktuelle tema	Kun for å få oversikt over dei mest aktuelle tema
Miljø: Norsk Forening for Prosjektledelse, Concept-programmet,	Rapportar, seminar, forskingsresultat	God nytte i deltaking på 2 seminar om usikkerheit i prosjekt, og god nytte av rapportar frå Concept-programmet
Ingemund Jordanger, Kjell Austeng, Sten Lichtenberg, Ole Jonny Klakegg	Rådgeving	Veldig god hjelp med avklaring av spørsmål eg måtte ha

Tabell 3-1 Oversikt over søk etter sekundærdata.

Prosessen med å finne fram til sekundærdata har vore ei veksling mellom søk og diskusjon med veileidar. Hovudkjelder er valt ut frå anbefaling frå veileidar. Undersøkingar har støtta val av hovudkjelder. Det ser ut som at kjeldene (Klakegg, 1993) og (Lichtenberg, 2000) er sentrale innan fagområdet, og den fyrste baserar seg på teorien i den andre. Lichtenberg er referert til i mykje anna litteratur, og er den kjelda som forklarar ein detaljert praktisk framgangsmåte for inkludering av usikkerheit i prosjektplanlegging.

3.4 Dataanalyse

Ved hjelp av egna metoder skal innsamla data analyserast og nyttiggjørast for å få svar på forskerspørsmåla. Samanhengar mellom verkelegheita og data om fenomenet det er innsamla

data om, kan forklarast med systemanalyse. Når samanhengen i prosessen med analyse av data er klar, kan det veljast metode for berekning av stokastiske anslag av framdriftsplanen.

Systemanalyse

Systemanalyse vert forklara som ein metodevitenskap som nyttar modell for å gjøre problemløysing (Lundequist, 1995). Lundequist støttar seg særleg til Gustafsson et al (I: Lundequist, 1995) sine beskrivingar av systemanalysen for å forklare begrepa system og modell og korleis dei heng i hop. Eit system blir forklara som den del av verkelegheita som skal granskas. Modell er ein representasjon av systemet. Det typiske for systemet er at det består av eit antal delar som er relatert til kvarandre. Relasjonane dannar ein struktur. Til sammen har systemet eigenskapar som er meir enn eigenskapane til delane tilsaman. Vidare er det slik at systemet blir påverka av sine omgjevnadar. Systemet må definerast for den særskilde samanhengen det skal nyttast til. Ein modell er ein begrensa representasjon av dei relevante aspekt av systemet. Bruken av modellen bestemmer utforminga av modellen. Modellen brukast til å eksperimentere med for å undersøkje systemet. Dette gjørast ved å endra inndata, utdata eller modellstruktur. På den måten kan verkelegheita simulerast i ein modell. Simuleringar i modellen kan vere basis for beslutningar i verkelegheita.

Systemanalyse blir sagt å ha tre hovudtrekk:

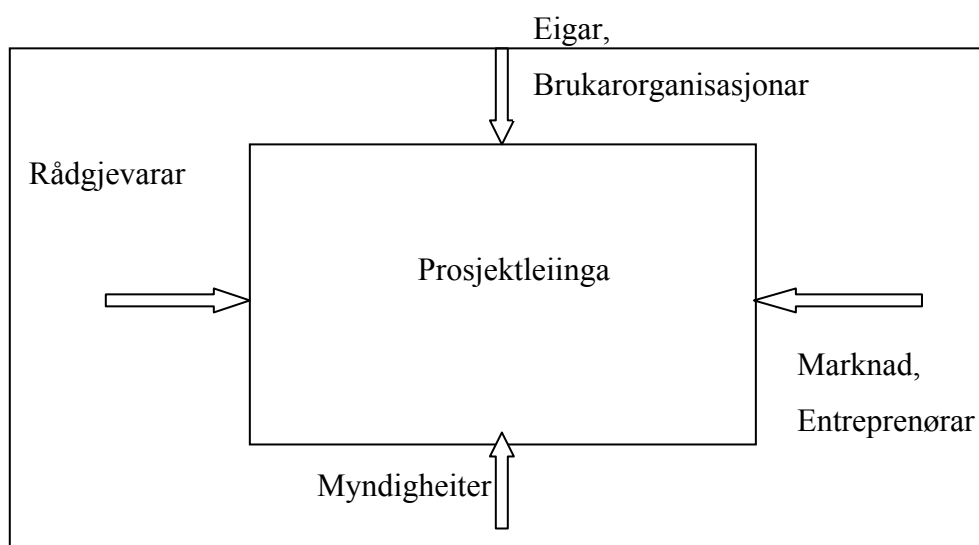
1. Systemtanken: At det problemområdet som blir studera blir sett på som eit begrensa system, bestående av delar som verkar saman.
2. Modellbegrepet: At analyse og problemløysing skjer ved hjelp av ein modell av det systemet som blir studera. Modellen blir utforma for å løyse det aktuelle problem.
3. Det systemanalytiske prosjektet: Ein generell tverrfagleg arbeidsmåte frå initiering av problem til ferdig løysing. Gjennomføringa skjer med ekspertar på særrområde organisert for å samarbeide over eit avgrensa tidsrom.

Systemanalyseteorien er nytta for å gjøre stokastisk analyse av framdriftsplanen

For problemstillinga i masteroppgåva mi definerast prosjektleiinga som hovudsystem. Prosjektleiinga skal foreta framdriftsplanleggjing for prosjektet. Omgjevnaden til prosjektleiinga påverkar planlegginga og er årsak til ein stor del av usikkerheita som bør inkluderast i tidsplanlegginga. Påverknaden frå omgjevnaden kan simulerast i ein modell ved å endre inndata. Samstundes kan systemet internt ha ein del relasjonar som kan simulerast i modell av systemet.

Noko av påverknaden frå omgjevnaden på prosjektleiinga:

- Byggherre: evne og vilje til å ta beslutningar
- Rådgjevarar: seie og ukomplette leveransar
- Entreprenørar: forsinkingar, leveringsproblem
- Bygningsmyndigheiter: handsaming av søknadar, godkjenningar
- Brukarorganisasjonar: behov og kompetanse, informasjonstilgang
- Marknad: om prosjektet er interessant å få kontrakt på arbeid i. (entreprenørar osv)



Figur 3-1 Prosjektleiing som system.

Prosjektleiinga er ein organisasjon bestående av infrastruktur og fleire personar i ulike roller. Relasjonane imellom delane i systemet bestemmer strukturen i modellen.

Ein forenkla framdriftsplan kan vere ein delmodell av prosjektleiingssystemet. I framdriftsplanen visualiseras relasjonar mellom aktivitetar i TKS prosjektet. Påverknad frå omgjevnaden kan simulerast. Ved å leggje inn påverknaden i form av pessimistiske og optimistiske anslag for tidsvarigheiter simuleras påverknaden i modellen. Dersom utdata frå simulering i modellen ikkje er akseptable, kan prosjektleiinga nytte utdata som grunnlag for å hindre at ein uønska påverknad skjer i verkelegheita. Prosjektleiinga kan også endre relasjonane mellom aktivitetar slik at effekten av ein påverknad vert annleis. Ved å samle så mykje av mogleg påverknad frå omgjevnaden og interne relasjonar i modellen, simulerar modellen konsekvensane det ville hatt i det verkelege prosjektleiingssystemet.

Alternativt kunne prosjektets framdriftsplan vere systemet, og modellen vere ein forenkla framdriftsplan. Denne definisjonen er ikkje valt. Det er vurdert slik at det er prosjektleiinga som faktisk blir påverka, og prosjektets framdriftsplan er kun ein visualisering av dette.

Modellen blir utsett for dei same ytre påverknadane som systemet slik det er vist i Figur 3-1.

Avgrensingar i å nytte systemanalyse som middel for å analysere eit problemområde, er at ein modell er avgrensa i mengde informasjon i høve til verkelegheita. Modellen er ein forenkling som kan mangle viktige element for å kunne gjeve ein realistisk simulering av verkelegheita. Det er avgjørande for kvaliteten på simuleringa at modellen blir validert. Validering bør skje med uttesting av modellen og ved at ekspertar gjør ei gransking av modellen før utføring av analysearbeidet. I etterkant av simulering må utdata granskas kritisk på tilsvarande måte før utdata blir bruka for endring av systemet i verkelegheita.

Berekningsmetode

Modellen kan simulerast på ulike måtar. I teorikapitlet har to metodar blitt skildra: suksessivprinsippet (trinnavisemetoden) og simulering etter monte carlo metoden. Begge to kan nyttast for å legge inn stokastiske anslag for usikkerheit slik at modellen kan simulere interne relasjonar og påverknadar på det verkelege systemet. Metodane er ulike på fleire punkt både i innsamlingsmetode og utrekningsteknikk. Begge berekningsmetodane kan utførast i analysegruppe med subjektive vurderingar av ekspertar.

Både suksessivprinsippet og monte carlo simulering har blitt vurdert som interessante metodar å nytte for arbeidet i masteroppgåva. Prinsipp for innsamling av usikkerheitsanslag og tilgang på verktøy har påverka endeleg val av metode. Dersom suksessivprinsippet skulle veljast, ville TIDUS⁹ programmet vore aktuelt verktøy å nytte. Programmet er relativt gamalt men har ein fordel at det er enkelt å forstå og bruke. I markedet finnast det fleire verktøy for monte carlo simulering. PTL AS nyttar Risk+¹⁰ som gjør Monte Carlo simulering av planar i MS Project.

⁹ Program til bruk for tidsplanlegging under usikkerhet. Utvikling initiert av Institutt for Bygg og Anleggsteknikk ved NTNU. versjon 1.0 klar i 1994.

¹⁰ Risk+ blir levera av C/S Solution og fungerer integrert med Microsoft Project, og utfører risikoanalyse med monte carlo simulering av kostnad og tids usikkerheit. www.cs-solution.com

Som teorien om suksessivprinsippet syner, blir all påverknad frå omgjevnaden identifisert adskilt og gruppert som eigne aktivitetar i modellen av framdriftsplanen. Dei blir eit tillegg som ikkje i praksis er ein aktivitet, men visast slik. Prinsippet er nyttig for visualisering av usikkerheita, men er vanskeleg å jobbe med vidare då dei vil ligge i eit konkret tidsrom i planen. I monte carlo simulering kan påverknad frå omgjevnaden også identifiserast separat, men usikkerheit som er aktuell for kvar og ein aktivitet i framdriftsplanen vert inkludert i aktiviteten i form av intervallet med pessimistisk og optimistisk anslag.

Målet med arbeidet i masteroppgåva mi er å gjøre god stokastisk analyse av usikkerheit i TKS prosjektet. Prosjektet gjorde det mogleg for meg å få PTL AS sin spesialist innan usikkerheit, Ingemund Jordanger til å leie den praktiske gjennomføringa av analysearbeidet. Som teorien om metodane også viser, er kvaliteten på gjennomføringa av analysearbeidet i gruppe viktigare enn val av metode. Ingemund Jordanger har erfaring i bruk av Risk+ og innsamlingsmetoden for innsamling og ordninga av usikkerheit i verktøyet er det som deltakarane var mest kjent med. Det blei difor eit naturleg val å gjøre monte carlo simulering og bruke Risk+ i hovudanalysen. Risk+ verktøyet vil også gjøre det enklare å lage ein modell til bruk for analysen, då TKS prosjektet sin framdriftsplan i MS Project kan tilpassast litt for å bli simuleringsmodell. Det er også forventa at implementering av resultatet frå simuleringa vert lettare overførbart til prosjektleiingens planer når formatet er det same som prosjektleiinga sine verkelege planar.

Ved at Ingemund Jordanger leiar og kvalitetssikrar analysearbeidet, blir mi rolle på sida av den. Eg vil ha ei meir aktiv rolle i analysen i etterkant av usikkerheitsseminaret.

I tillegg til ei omfattande analyse med monte carlo simulering, blir trinnvismetoden nytta i ei innleiande analyse av framdriftsplanen. Trinnvismetoden vil bli nytta for å undersøkje framdriftsplanleggjing med stokastiske verdiar, og vil ikkje innebere gruppeanalyse.

3.5 Forskars rolle under arbeidet med oppgåva

Som oversikten nedanfor syner, kan rolla til forskar i høve til studieobjekt variere. Forskar kan vere meir eller mindre involvert og deltakande. I valte case skal arbeidet med analyse av framdriftsplanen vere eit nyttig bidrag i prosjektet.

Forskningsdesign	Forskars rolle under prosjekt/ endringsprosess	Aktørars rolle i endringsprosess
Tradisjonell forskning	Nøytral observatør og analytiker	Som informanter
(Slutt-) evaluering	Resultatvurdering i etterkant. Forslag til forbedringer	Som informanter
Følge-forskning	Prosesskonsulent. Rådgiver underveis. Påvirke utviklinga. Aktiv deltaker i noen faser, kritisk observatør i andre faser (gjennomføring)	Innflytelse på hva som evalueres, metode, tolking, anvendelse av resultater
Aksjons-forskning	Endringsagent. Aktiv deltaker i endringsprosess. (Del)ansvarlig for gjennomføring av tiltak	Forsker er aktør på linje med andre

Tabell 3-2 Forskningsdesign og ulik grad av innvolvering (Isaksen, 2005).

Med arbeidet mitt med usikkerheitsanalyse i TKS prosjektet deltek eg i planleggjingsarbeidet i løpet av halvåret. I gjennomføringa av analysearbeidet i gruppe deltek eg i vurdering av påverking frå omgjevnaden i tillegg til å utføre sekretærarbeid i løpet av analysen. Samtidig påverkar eg val av prosess. Inkludert i masteroppgåva er ei vurdering av resultatet av den stokastiske analysen. Dermed er rolla mi ei blanding av følgeforskning og sluttevaluering.

3.6 Vurdering

Innsamlingsmetode for masteroppgåva er valt utifrå kriteriet om kvalitative og kvantitative data. Kvaliteten på modellen er avgjørande for om vi greier å samle inn data som er pålitelege. Ein komplett verkeleg framdriftsplan for TKS prosjektet er stor og kompleks med omlag 2500 aktivitetar. Ein forenkla modell til å bruke til simulering kan lett mangle alle avhengighetar som finnast i verkelegheita.

Eit anna aspekt med valte metode med gruppeanalyse, er at det er avgjørande at gruppeprosessen fungerer bra og at dei rette ekspertane deltek.

I ein slik gruppeprosess er det subjektive anslag som kjem opp, men basis i ekspertars erfaring. I teorien er det diskusjon om kva som er best som basis for vurdering av tidsanslag. Ole Jonny Klakegg diskuterar dette (Klakegg, 1993). Det same gjør Steen Lichtenberg (Lichtenberg, 2000). Kjell Austeng har diskutert dette i foredrag om usikkerheitsstyring og

konkludert med at alternativ ikkje gjev betre kvalitet¹¹. Alle desse framhevar styrken med subjektiv gruppevurdering basert på erfaring og kompetanse til å vurdere gjeldande prosjekt.

Planen for analysearbeidet er å gjøre ein relativ kort gjennomgang i løpet av mindre enn ein arbeidsdag. Det er i følge teorien ein ulempe at det er avgrensa i tid og det blir anbefala minimum ein dag (Klakegg, 1993). Samstundes blir det hevda at 6 timar er grensa for effektivt arbeid, slik at planlagt gjennomgang er innan det som er tilrådeleg.

Aktørane som skal danne analysegruppa i usikkerheitsseminaret, er godt kompetente og erfarne personar med over 30 års gjennomsnittleg erfaring med bygg- og anleggsprosjekt. Dette sikrar ein god kvalitet på datainnsamlinga. PTL AS sin spesialist innan usikkerheitsstyring, Ingemund Jordanger skal leie usikkerheitsprosessen. Dette er ein sikring for at gruppeprosessen vil fungere bra og at det ikkje blir ein skeivheit i innsamla data, med for optimistiske eller for pessimistiske anslag.

¹¹ ”Usikkerhet i prosjekt” foredrag den 13.03.2006 på HIA i Kr.sand, i regi av Norsk Forening for Prosjektledelse

4 Empirisk analyse og drøfting

Som innleiing til kapitlet vil planleggingsprosessen så langt i prosjektet bli forklara. Det blir lagt vekt på framdriftsplanleggjing og korleis og når endringar har blitt gjort. Vidare blir analysearbeidet presentert og drøfta. Den stokastiske analysen av framdriftsplanen for TKS prosjektet er todelt:

1. Fyrst har eg gjort ein analyse av framdriftsplanen ved hjelp av TIDUS programmet og prosentvise +/- anslag for å teste ut suksessivprinsippet.
2. Deretter har ei analysegruppe gjort grundig usikkerheitsvurdering av prosjektet. Til å berekne stokastiske anslag av resultatet frå gruppeanalysen har det blitt utført Monte Carlo simulering med Risk+.

4.1 Framdriftsplanleggjing i prosjektet

4.1.1 Organisering av framdriftsplanleggjinga

Prosjektleiinga er organisera med prosjektleiar og eit utval av spesialiststøtte til å ta seg av deloppgåver innan prosjektstyringa. Yngve Eilertsen frå PTL Kristiansand AS er engasjert som framdriftsansvarleg og har ansvaret for dokumentering og justering av framdriftsplanen til TKS. Strukturen på framdriftsplanen og oppdelinga av prosjektet i delprosjekt er på grunnlag av verdikjedeprosessen i byggeprosessen. Framdriftsplanleggjinga blir gjort i nært samarbeid med prosjekteringsleiar, byggeplansjef, adm. byggjeleiar og prosjektsjef. I tillegg har andre frå PTL AS bidrege med rådgjeving. Geir Hansen frå PTL Trondheim AS har gjeve rådgjeving til planlegging av rapporteringsmetodar og delteke i forbereding og deltaking av usikkerheitsanalysen. Ingemund Jordanger frå PTL Trondheim AS har delteke i forbereding av plan for usikkerheitsanalyse og har leia og slutført arbeidet med usikkerheitsanalyse av prosjektet.

Arbeidsmetodikk

Framdriftsansvarleg Yngve Eilertsen lagar utkast til framdriftsplan og foretek justeringar i samarbeid med prosjekteringsleiar Einar Bøgwald. Nye utkast til framdriftsplan blir levera til rådgjevarane (dei prosjekterande). Rådgjevarane brukar utkastet som grunnlag for utarbeiding av forslag til prosjektering. Rådgjevarane gjev tilbakemeldingar på framdriftsplanen dersom dei meiner planen må justerast.

I skisseprosjektet som pågår under arbeidet med masteroppgåva, foregår ei tilpassing av framdriftsplanen for å møte krav frå byggherre og brukarorganisasjonar. Byggherre og brukarorganisasjonar må vurdere funksjonskrav og tids- og kostnadsrammer på ny. Samstundes leiar framdriftsansvarleg og prosjekteringsleiar arbeidet med å justere framdriftsplanen for å redusere estimert totaltid.

Prosjektet blir styrt i hovudsak på kostnad, men det er samstundes ein utfordring for framdriftsansvarleg å lage framdriftsplanar som held seg innan tidsrammene. Eit av prinsippa som det blir forsøka å nyttiggjere er prinsippet med ”fast tracking”. Framdriftsansvarleg og prosjekteringsleiar prøvar å følgje dette prinsippet ved å definere tre parallelle prosjekt. Løysinga reduserar tida, men fører til utfordringar som må granskas.

Usikkerheitsanalisa vil også vere innspel i framdriftsplanleggjinga.

Under følgjer ein oversikt over dei viktigaste versjonane av framdriftsplanen for prosjektet til nå.

4.1.2 Hovudframdriftsplan datert 08.08.2005

Framdriftsplanen blei presentera for styret for Teater- og Konserthus for Sørlandet IKS i sak 54/05 som forslag og blei vedteke. Planen konkludera med at overtaking frå entreprenør(ar) skal skje 01.06.2010 og åpningsforestilling tidlegast 25.12.2010 (Eilertsen, 2005).

I slutten av januar 2006 fremma prosjektleiar Øystein Meland forslag til ny plan datert 18.01.2006.

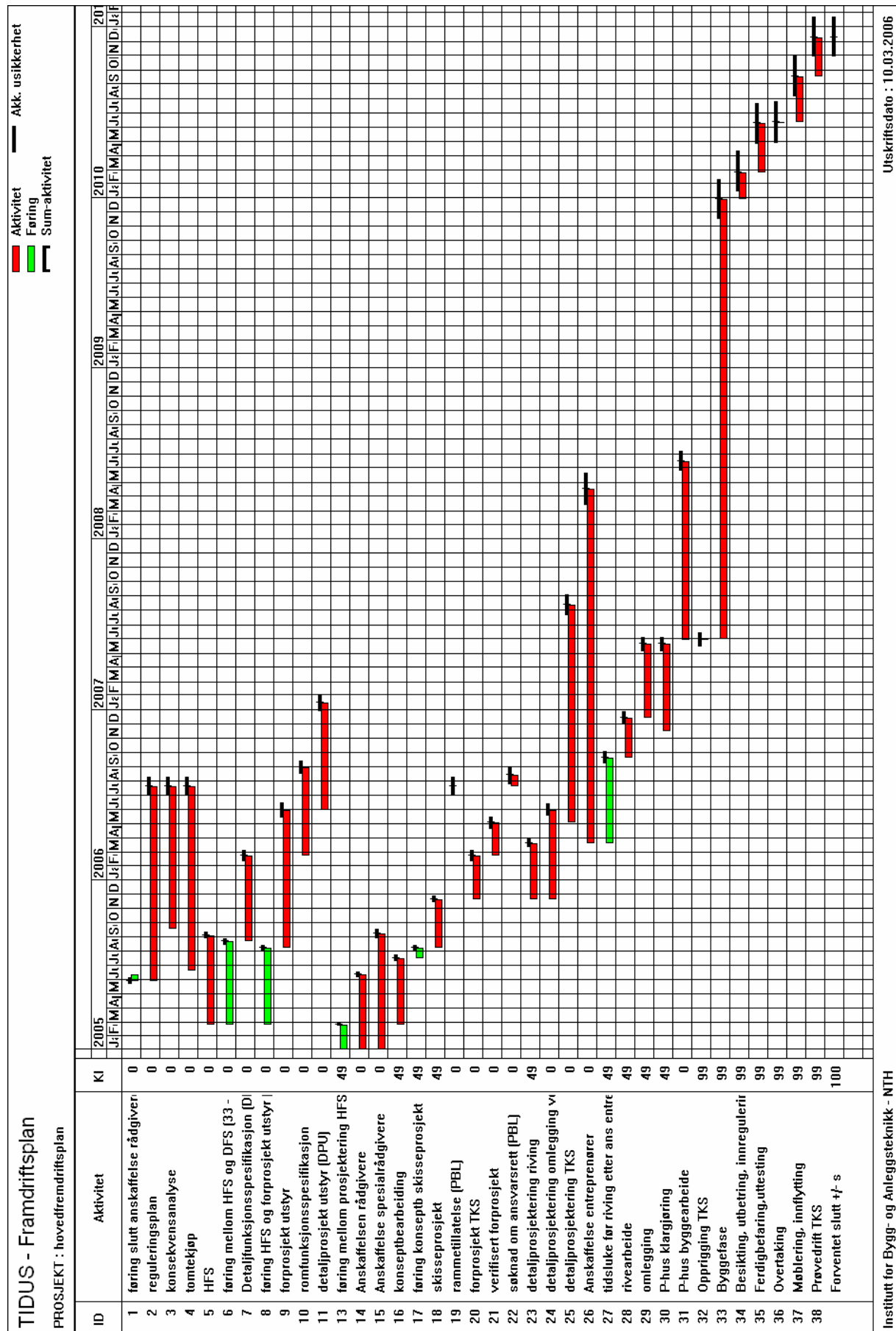
4.1.3 Forslag til hovudframdriftsplan datert 18.01.2006

I styremøtet 24.01.2006 blei saksframlegg frå prosjektsjef om ny framdriftsplan av 18.01.2006 behandla (Meland, 2006). Forslaget om endra plan var blant anna begrunna med at reguleringsplan er planlagt å bli behandla seinare enn det som er anteke i gjeldande framdriftsplan. Ein annan årsak er utsetjing av finansiering slik at aktivitetar må utsetjast. Planen konkludera med at overtaking frå entreprenør(ar) skal skje 10.05.2011 og åpningsforestilling tidlegast 9.11.2011 (Eilertsen, 2006). Forslag til ny revidert plan blei ikkje vedteke, og opprinneleg plan av 08.08.2005 er gyldig inntil vidare.

Utover våren pågår det arbeid med å leggje fram eit nytt forslag til framdriftsplan som skal behandlast av styret i juni 2006.

4.2 Enkel analyse i TIDUS

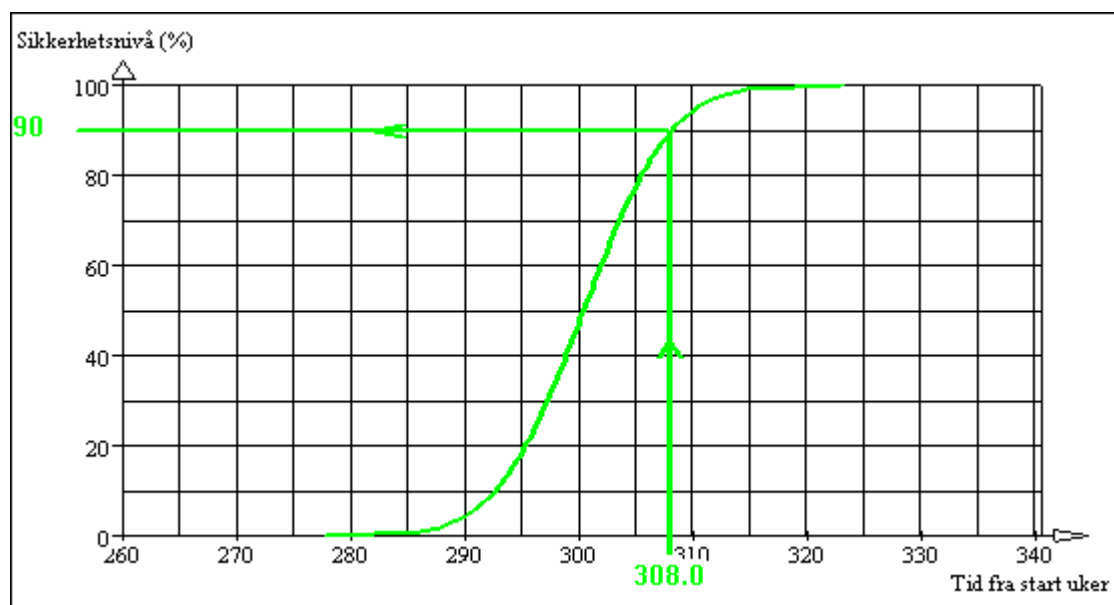
På basis av opprinneleg framdriftsplan datert 08.08.2005 har analysar blitt gjort ved hjelp av verktøyet TIDUS. Opprinneleg plan er gjort med deterministiske anslag av tidsvarigheit for aktivitetane. For å analysere korleis innverknad innlegging av trippelestimat med mest optimistisk og mest pessimistisk anslag for varigheit har på framdriftsplanen, blei +/- 10 % av opprinneleg deterministisk anslag lagt inn. Det er ikkje identifisert og estimert nokon generelle forhold som er lagt inn i analysen. Restriksjonane mellom aktivitetane er lagt inn på grunnlag av bindingane mellom fasene i verdikjedeprosessen i avsnitt 2.2.1.



Figur 4-1 TIDUS framdriftsplan med usikkerheit inkludert med 10 % +/-

4.2.1 Resultat av inkludering av usikkerheit i framdriftsplan av 08.08.2005

Figur 4-1 viser framdriftsplanen som er generert i TIDUS når alle deterministiske verdiane er bytta ut med stokastiske verdier. Analysen viser at sluttdato kan bli omlag 2 månadar seinare enn sluttdatoen i deterministisk plan. S-kurva i Figur 4-2 viser sannsynlegheita at opprinneleg sluttdato nåast. I prosjektet sin framdriftsplan er totaltid estimert til 308 veker. Det er 90 % sannsynleg at dette nåast, dersom ein antek at usikkerheita er så lite som det som er lagt inn i estimata. I verste fall vil usikkerheitsfaktorane føre til ei forsinking på 7 veker. I beste fall kan positiv usikkerheit føre til at prosjektet innkortas med 23 veker. Dette er imidlertid dersom alle slår ut. Positiv innkorting på 23 veker kan forståast som potensialet for tidssparing.



Figur 4-2 S-kurve for analysen i TIDUS

4.2.2 Konklusjon av arbeidet med TIDUS:

Innleggjing av usikkerheit i form av 10 % +/- på deterministiske anslag gjev ein indikasjon på utslaget som usikkerheit har på framdriftsplanen. S-kurva inneheld nyttig tillegginformasjon til tradisjonell deterministisk plan. Sikkerhetsnivåa er nyttige for å setje styringsmål og styringsrammer etter ønska sikkerhetsnivå. Prosjektleiinga kan hauste av den positive usikkerheita dersom den er identifisert.

Men analysen gjev liten informasjon om fakta for dette prosjektet. 10 % +/- i usikkerheit utifrå mest sannsynleg verdi kan i prosjekt med ein del usikkerheit vere for lite. Usikkerheitsmarginane er lagt på deterministiske anslag i prosjektets framdriftsplan.

Framdriftsplanen som er utgangspunkt for analysen er ikkje forberedt for påslag av usikkerheit, og det er ikkje gjort justering for eventuelle marginar for usikkerheit som alt kan vere inkludert i dei deterministiske anslaga. Relasjonar mellom aktivitetar er antakingar og ikkje kvalitetssikra.

4.3 Usikkerheitsanalyse etter PTL sin usikkerheitsprosess

Usikkerheitsanalysen blei praktisk arrangert i form av eit usikkerheitsseminar med 10 deltakarar. Usikkerheitsanalysen blei gjort i form av estimering og identifisering i gruppa, og berekning med simuleringsmetode etter avslutta usikkerheitsseminar. Gjennomføringa av analysen er skildra og vurdert på grunnlag av foreløbig rapport frå usikkerheitsseminaret (Jordanger, 2006b).

4.3.1 Målet med usikkerheitsseminaret:

- Skaffe eit realistisk grunnlag for fremdriftsplanen
- Identifisere relevant usikkerhet

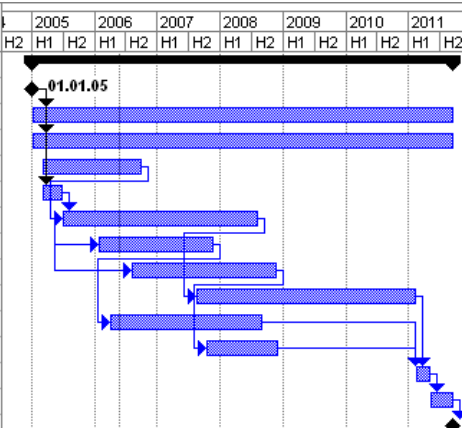











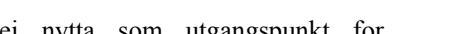
Gjennom seminaret skal deltakarane bidrage til underlaget for usikkerheitsanalysen med å:

- Definere usikkerheit i prosjektets hovudaktivitetar
- Detaljere hovudaktivitetane dersom naudsynt for analysen
- Varigheit per aktivitet estimeras med ”gruppe-trippelestimat”
- Forklare kjelder til usikkerheit
- Identifisere, prioritere og skildre indre/ytre faktorar som kan påvirke framdrifta
- Kvantifisere usikkerheit frå indre/ytre faktorar

Seminaret skal gjeve auka kunnskap og felles forståing av underlaget for framdriftsplanen. Dette gjørast med å kombinere erfaring og kompetanse frå ulike bidragsytarar og fagdisiplinar. Målet er å få fram ein realistisk framdriftsplan der relevant usikkerheit er teken hensyn til. Fokuset i analysen skal vere overordna nivå.

4.3.2 Førebuing til gruppeanalyse

Framdriftsplanen er under bearbeiding i den perioden som usikkerhetsseminaret blir arrangert. Siste versjon av framdriftsplanen vert nytta som utgangspunkt for usikkerhetsseminaret. Prosjektets sin framdriftsplan er imidlertid for detaljert til å brukast til simulering, og planen blei forenkla til å innehalde hovudaktivitetane som skal analyserast. Dei fleste av fasane i verdikjedeprosessen i 2.2.1 er med som hovudaktivitet.

ID	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors	Timeline											
						2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011					
						H2	H1	H2	H1	H2	H1	H2	H1	H2	H1	H2	
1	TKS-prosjektet	1750d	Sat 01.01.05	Fri 16.09.11													
2	Start prosjekt	0d	Sat 01.01.05	Sat 01.01.05		◆ 01.01.05											
3	Byggherreadministrasjon	1750d	Mon 03.01.05	Fri 16.09.11	2												
4	Prosjektadministrasjon	1750d	Mon 03.01.05	Fri 16.09.11	2												
5	Spesifikasjon	412d	Tue 01.03.05	Wed 27.09.06													
6	Konsept (ide, skisse, evaluering, valg)	82d	Tue 01.03.05	Wed 22.06.05	2FS+41d												
7	Prosjektering Kilden	810d	Thu 23.06.05	Wed 30.07.08	6,5FS-350d												
8	Prosjektering infrastruktur	479d	Thu 19.01.06	Tue 20.11.07	7SS+150d												
9	Prosjektering P-hus	606d	Fri 28.07.06	Fri 21.11.08	7SS+286d												
10	Utførelse Kilden	916d	Thu 09.08.07	Thu 10.02.11	7FS-255d												
11	Utførelse infrastruktur	635d	Mon 27.03.06	Fri 29.08.08	8FS-432d												
12	Utførelse P-hus	297d	Tue 09.10.07	Wed 26.11.08	9FS-294d												
13	Overtakelse	60d	Fri 11.02.11	Thu 05.05.11	10;11;12												
14	Prøvedrift	94d	Fri 06.05.11	Wed 14.09.11	13												
15	Avslutning prosjekt	0d	Wed 14.09.11	Wed 14.09.11	14	◆											

Tabell 4-1 Hovudaktivitetsplan med deterministiske anslag som blei nytta som utgangspunkt for usikkerhetsseminaret.

4.3.3 Gjennomføring

Program for usikkerhetsseminaret fredag 5.5.2006

08:00 Innledning
- Analysemetode
- Verktøy
08:15 TKS-prosjektet
- Forutsetninger, rammebetingelser
- Spesielle utfordringer
- Prosjekt karakteristika, indre/ytre faktorer
08:45 Prosjektets fremdriftsplan
- Hovedaktiviteter
- Avhengigheter, spesielle utfordringer
09:30 Analyse av usikkerhet i fremdriftsplanen
- Usikre forhold pr. aktivitet
- Usikkerhetsspenn (min/maks/sannsynlig varighet)
11:30 Lunch
12:00 Analyse av usikkerhet i fremdriftsplanen, forts.
12:45 Oppsummering
Pauser ved behov

Figur 4-3 Agenda for usikkerhetsseminaret 5.5.2006 (Jordanger, 2006b).

Deltakarar i analysegruppa:

Øystein	Meland	TKS-prosjektet	prosjektsjef
Yngve	Eilertsen	TKS-prosjektet	framdriftsansvarleg
Dag	Tjøm	TKS-prosjektet	adm. Byggeleiar
Geir	Hansen	PTL	rådgjevar innan framdriftsplanleggjing
Margit Vik	Sundal	HiA	masterkandidat
Ingemund	Jordanger	PTL	prosessleiar
Per	Myklebust	TKS-prosjektet	anskaffelsar
Christian	Jørgensen	TKS-prosjektet	økonomi
Einar	Bøgwald	TKS-prosjektet	prosjekteringsleiar
Odd A.	Moi (delvis)	RIB	

Tabell 4-2 Analysegruppa i usikkerheitsseminaret (Jordanger, 2006b).

Analysegruppa er sett saman av personar med sentrale roller i prosjektleinga og kompetanse utanfor i form av rådgjevande ingeniør og PTL ansatte med høg spesialistkompetanse.

4.3.4 Identifiserte kjelder til usikkerheit:

”Momenter som blei identifiserte og som danner grunnlag for analysen:

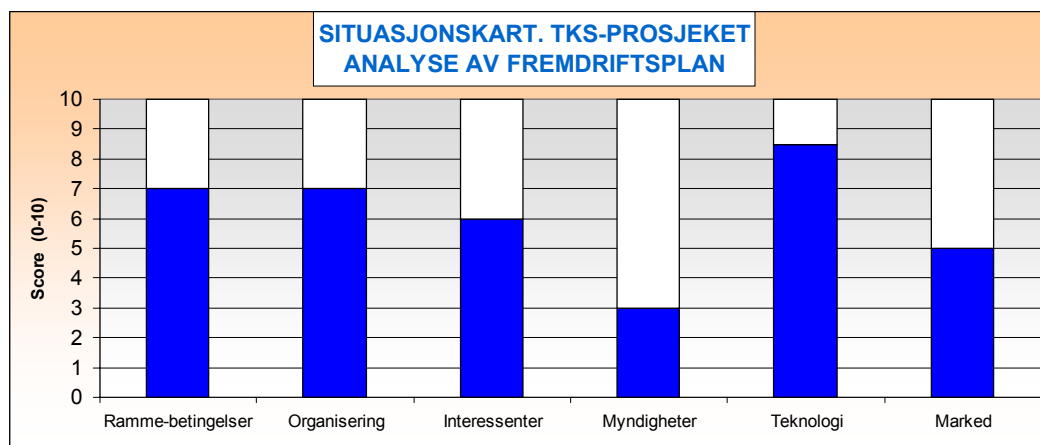
- Prioritering mellom tid, kostnad og kvalitet: Første prioritet er kostnad. Åpningskonsert må planleggast i lang tid, det trengs robust plan for å kunne sikre en sluttdato. Dvs. prioritet endres frå kostnad til tid når en kommer lenger ut i projektet
- Nå pågår en prosess med forsøk på kutt i funksjonalitet for å komme inn i rammene. Usikkerhet for projektet hva som må kuttes. Ramme for kutt: 300 mill. Det er sterk motstand mot kutt
- Markedsituasjonen for entreprenør, arbeidskraft i 2009 / 2010? Faktoren kan påvirke pris og friheten til å kunne forsere i en gitt situasjon. Store aktører kan trekke en del arbeidskraft
- Få aktører har arbeid på lang sikt. Er vi tidlige ute er det mange entreprenører som er interessert i å sikre seg på lang sikt og dermed interessert i projektet
- Konkurransen store projekter: Tangen vgs og Badeland-prosjeket. Dessuten, innen samme projektkategori: Rogaland kulturhus
- Markedet totalt: Stor aktivitet generelt som betyr rift om arbeidskraft og aktører
- Utfordring å få vedtak på en robust plan vi har tro på. Har vi prøvd oss på dette har vi fått den i retur

- Bør trigge til oppdragsgiver at beslutningspunkt for åpningskonsert bør stadfestes
- Vi skal bygge om et års tid: og det skjer mange prosjekt i regionen (E18)
- Lite av arbeidet i prosjektet som konkurrerer med anleggsfolk. Bygg og installasjon er store deler av prosjektet
- Bearbeiding for å redusere. I møter skjer heller at det kommer fram ønske om mer areal. Risiko for at fristene for skisse og forprosjekt skli i tid
- Problem med å få tegninger. Etterspørsel etter ingeniører. Brukar opp tida uten å ha tegninger
- Entreprenørstyrt kontra byggherre styrt
- Modell for gj.føring påvirker. Ved å gå ut nå til entreprenør (partnering) sikrer en seg ressurser
- Gjennomføringsmodell påvirker også kostnader.”

(Jordanger, 2006b)

Situasjonskart

Situasjonskartet er eit overordna bilde som viser grad av styringsmessig kompleksitet knytt til utvalgte forhold.



Figur 4-4 Situasjonskart for TKS prosjektet (Jordanger, 2006b).

Kommentar til situasjonskartet i Figur 4-4:

”Rammebetingelser er usikre. Bare prosjektledelsen prøver å redusere.

Ikke vedtak om areal, men retningslinjer!

Organisering.

Ikke beslutningsprosess på plass. Uklare grenser. Uklart fra prosjektleder og oppover. Styret ikke tilpasset situasjonen. Topptungt. Farlig å være deffensiv: prosjektledelsens ansvar å legge fram på rett måten. (Bør definere frysdatoer, beslutningsplan.) Informere om konsekvenser av manglende beslutninger oppover er viktig. Hovedbeslutninger er definert.

Interessenter

Grupperinger, media, miljøer. Er det viktig å se på disse? En del grupper ikke ivaretatt. (musikk, quartfestivalen, skolesektoren). Interesseanalyse ikke gjennomført. Kan dukke opp interessenter med makt. Hovedbrukerne er på banen.

Myndigheter

Riksantikvar, med mer.

Teknologi

Teatertekniske. En del vi ikke vet ennå. Leveringstid er usikker. Scenetekniske installatører kan være lite fleksible med tidsvindu (globalt opptatte). Treverk kan trenge lang tid for tørking osv før levering. Kompleksitet med akustikk: materiale. Brist i teknologien er kritisk. (akustikk scene avgjør leveringa). Mange andre prosjekt (operahuset i København, Namsos, Oslo konserthus) har hatt akustikkproblem. Problem er at det må gjøres valg og ikke halvgode løsninger for å tekkes mange behov. Arkitektene har liten erfaring med slike prosjekt, og kan føre til problem med gj.føring. (hovedgrunnlag for prosjektering) Utfordring med flerbruksbygg noko som ikke er gjort før. Momentalbygg-utfordringer. I praksis er det ikke tatt hensyn til arkitektsituasjonen.

I kalkylen er det nok tenkt på erfaringer frå problemprosjekt og inkludert buffer.

Marked

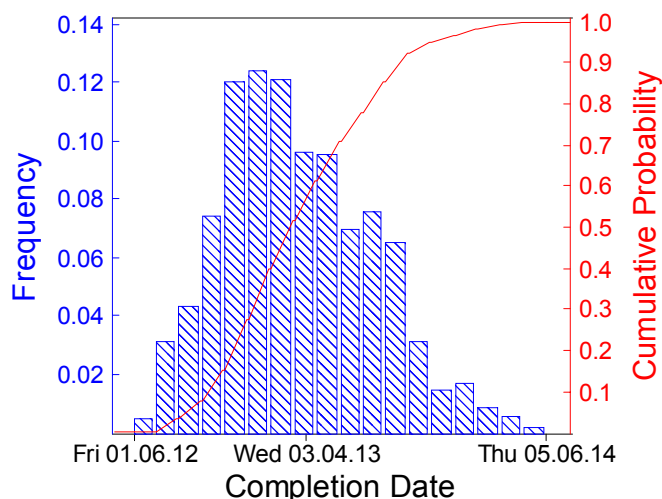
Bygg som er attraktivt. Installasjonsarbeid fra globale aktører. Bygg: Hovedsakelig lokale aktører. Ref. tidligere uttalelser.” (Jordanger, 2006b).

4.3.5 Estimering under usikkerhetsseminaret:

Estimering i form av gruppe-trippelestimat blei gjennomført på følgjande måte for alle hovudaktivitetane i framdriftsplanen:

Date: 08.05.2006 17:27:12
 Samples: 1000
 Unique ID: 1
 Name: TKS-prosjektet

Completion Std Deviation: 97,65d
 95% Confidence Interval: 6,05d
 Each bar represents 30d



Completion Probability Table

<u>Prob</u>	<u>Date</u>	<u>Prob</u>	<u>Date</u>
0.05	Wed 12.09.12	0.55	Thu 04.04.13
0.10	Mon 22.10.12	0.60	Wed 24.04.13
0.15	Thu 15.11.12	0.65	Fri 17.05.13
0.20	Mon 03.12.12	0.70	Mon 10.06.13
0.25	Wed 19.12.12	0.75	Tue 09.07.13
0.30	Fri 04.01.13	0.80	Mon 05.08.13
0.35	Thu 24.01.13	0.85	Fri 30.08.13
0.40	Fri 08.02.13	0.90	Fri 04.10.13
0.45	Tue 26.02.13	0.95	Thu 28.11.13
0.50	Thu 14.03.13	1.00	Thu 05.06.14

Figur 4-5 Resultat av fyrste simulering basera på analysen i usikkerhetsseminaret.

4.3.6 Simulering per. 26.05.2006

Revidert framdriftsplan det er gjort Monte Carlo simulering på 26.05.2006 er vist i Tabell 4-4. Estimeringa er justert med innspel frå fleire av aktørane på usikkerhetsseminaret. I hovudsak er det justert i anslaga for desse aktivitetane: *Skisseprosjekt Kilden, kompettering Kilden, forprosjekt infrastruktur, komplettering infrastruktur og prosjektering P-hus inkl. Komplettering.*

4.3.7 Resultat av simulering per. 26.05.206

Nedanfor visast resultatet av analysen slik det er idag. Resultatet er høgst overordna og foreløbig. Prosjektet vil optimalisere planen vidare. Underlaget vil bli vidare kvalitetssikra etter avslutning av arbeidet med masteroppgåva.

Resultata er ifrå Monte Carlo simulering av framdriftsplanen som er vist i Tabell 2-1. Monte Carlo simuleringa har teke utgangspunkt i fordelingsfunksjonen som er definert for alle aktivitetane i framdriftsplanen. Fordelingsfunksjonen definerast ut frå gjeven usikkerheit gjennom trippelanslaget. I analysen har aktivitetane blitt lagt inn med trekantfordelingar. Det har blitt nytta eit relativt stort antal iterasjonar i simuleringa: 10 000.

Prosjektets totale varigheit er basera på avhengigheiter i aktivitetsnettverket.

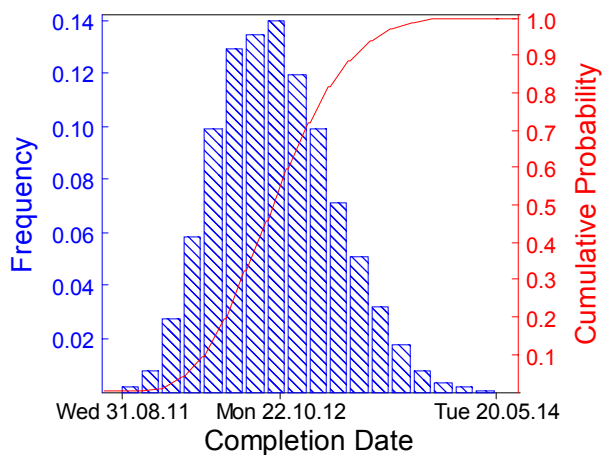
Resultatet er vist i form av kumulativ fordelingsfunksjon. I kumulativ fordelingsfunksjon kan sannsynlegheita for at varigheita blir mindre eller lik ein gjeven verdi lesast av. Avlesing av sannsynlegheit kan nyttast som grunnlag for vedtak av prosjektets tidsramme, avsetning av tidsbuffer og styringsmål.

Framdriftsplan totalt

Nedanfor visast resultatet frå analysen av prosjektets sluttdato, framstilt som ein kumulativ fordeling. På høgre sida visast ein prosenttabell som på ulike trinn, kvantitativt viser sannsynlegheita for at varigheitane skal bli mindre eller lik visse verdiar.

Date: 26.05.2006 10:47:56
 Samples: 10000
 Unique ID: 1
 Name: TKS-prosjektet

Completion Std Deviation: 110,37d
 95% Confidence Interval: 2,16d
 Each bar represents 40d



Completion Probability Table

Prob	Date	Prob	Date
0.05	Thu 01.03.12	0.55	Wed 31.10.12
0.10	Fri 13.04.12	0.60	Wed 21.11.12
0.15	Mon 14.05.12	0.65	Fri 14.12.12
0.20	Thu 07.06.12	0.70	Mon 07.01.13
0.25	Mon 02.07.12	0.75	Fri 01.02.13
0.30	Fri 20.07.12	0.80	Fri 01.03.13
0.35	Mon 13.08.12	0.85	Mon 08.04.13
0.40	Fri 31.08.12	0.90	Mon 20.05.13
0.45	Fri 21.09.12	0.95	Thu 18.07.13
0.50	Thu 11.10.12	1.00	Tue 20.05.14

Figur 4-6 Usikkerhetsanalyse sluttdato prosjekt

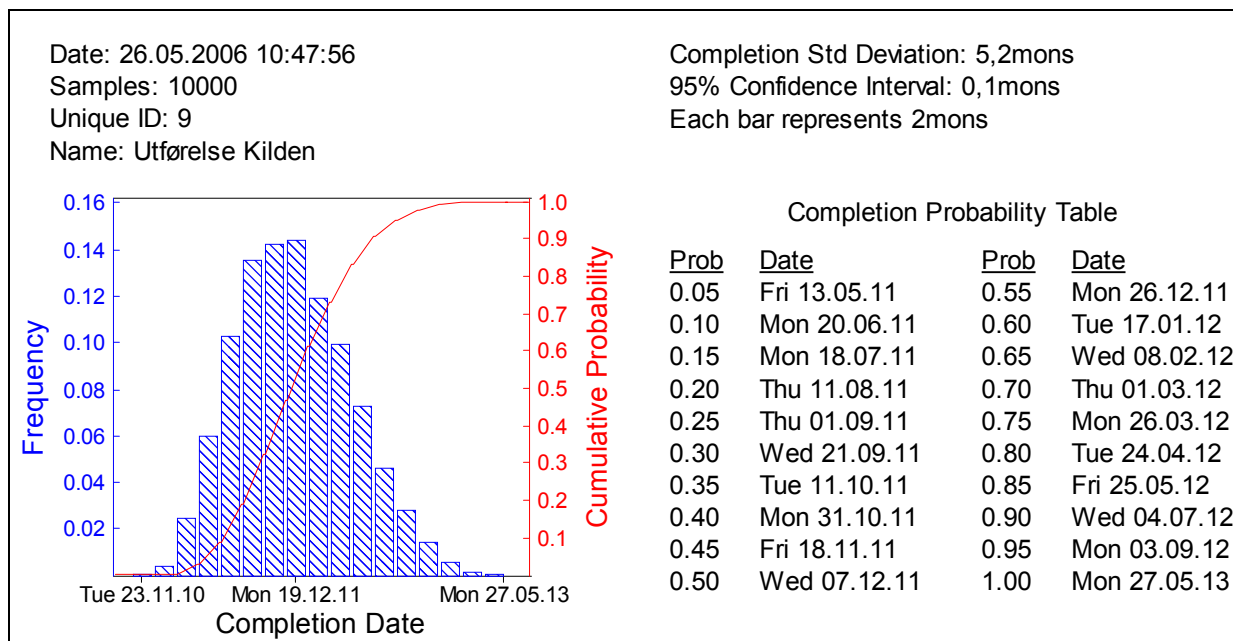
Eksempel på fortolkning av figuren ovanfor:

- 1) Det er 50 % sannsynlegheit for at TKS-prosjektet avsluttast innan 11. oktober 2012 , dvs. det er også 50 % sannsynlegheit for eit sluttidspunkt seinare enn denne datoen.
- 2) Dersom ein vil vere 85 % sikker på at tidsramma ikkje skal bli overskride, bør ein velje 8. april 2013 som offisiell, planlagt sluttdato .

Framdriftsplanens standardavvik er ca. 103 dagar.

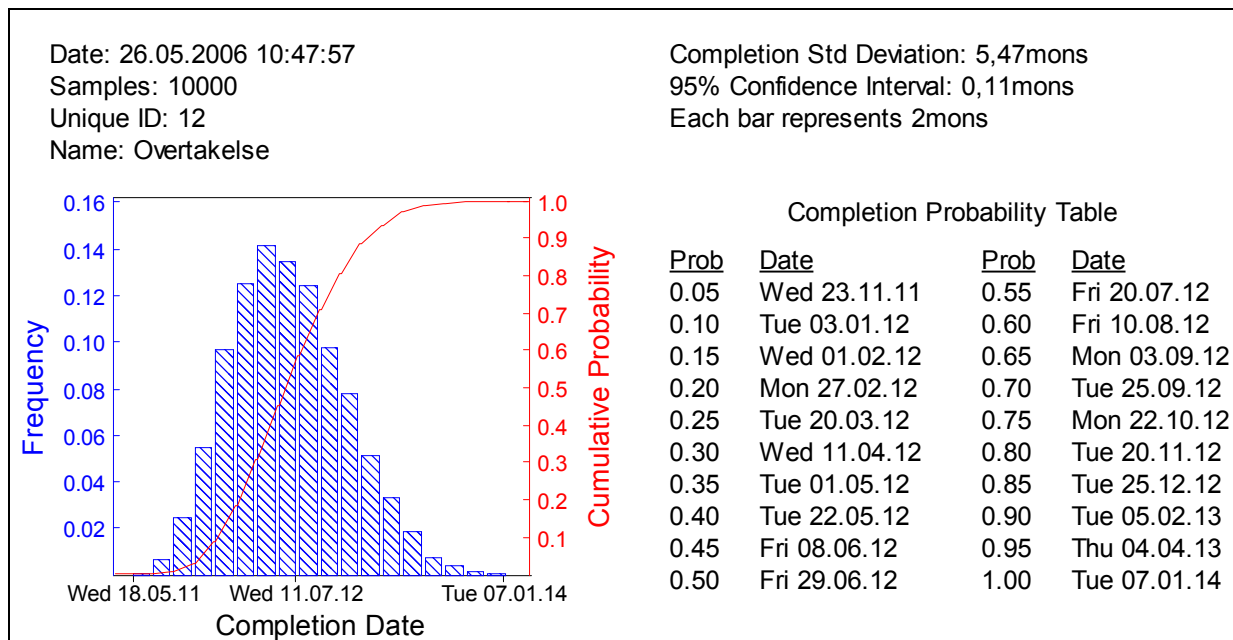
Separat analyse for sluttdato for Utførelse Kilden

(Før overtaking og prøvedrift)



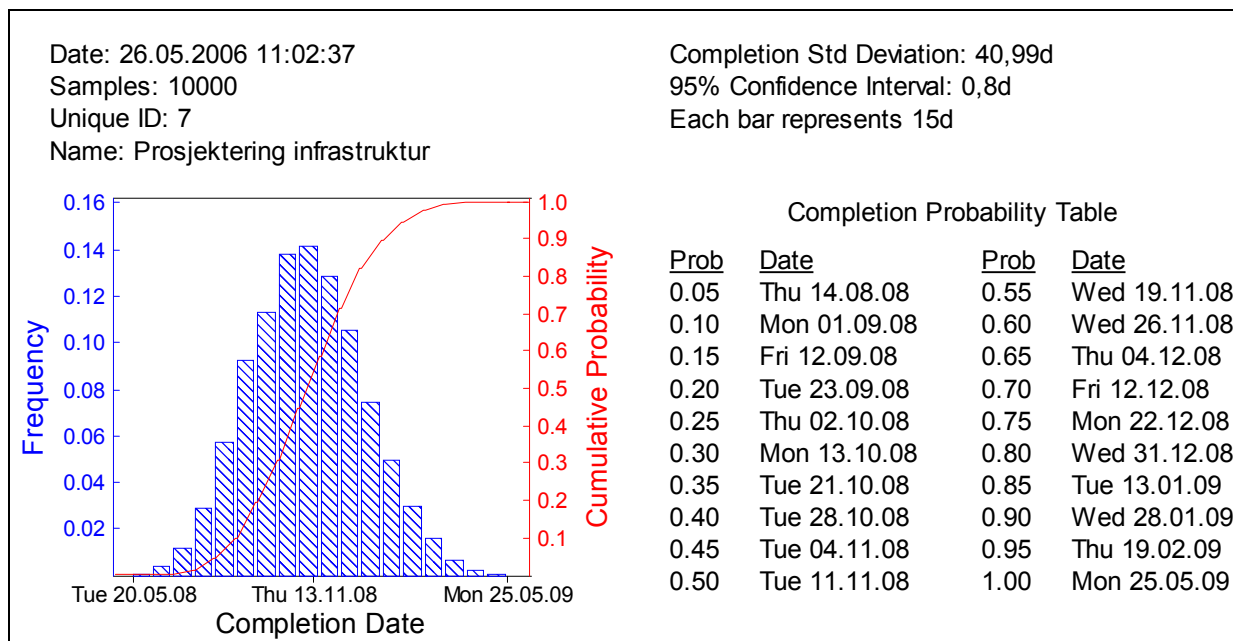
Figur 4-7 Usikkerhetsanalyse sluttdato Utførelse Kilden

Analyse av overtaking



Figur 4-8 Usikkerhetsanalyse overtaking.

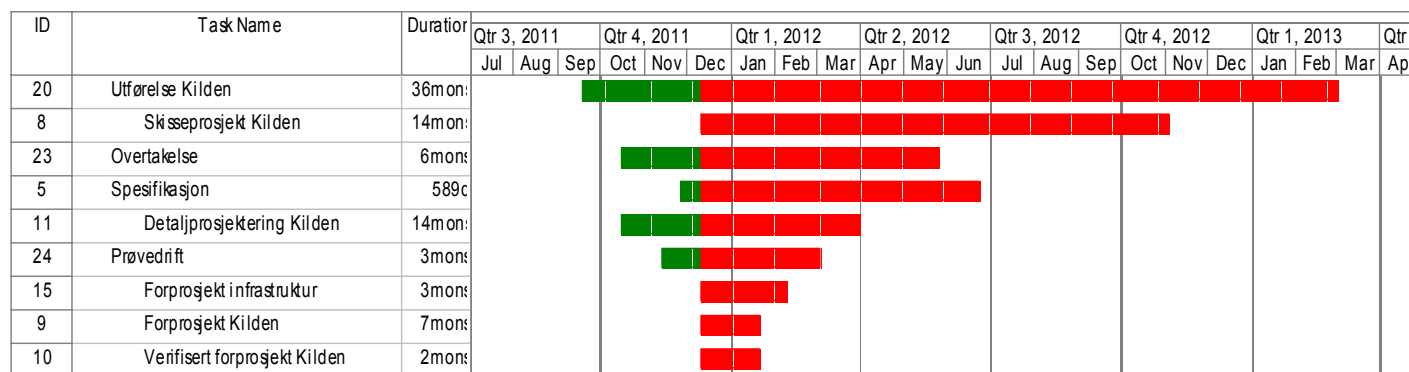
Analyse Prosjektering infrastruktur



Figur 4-9 Usikkerheit i aktivitet Prosjektering infrastruktur

Usikkerheitshistogram

Nedanfor visast dei usikkerhetsforholda som har størst innvirkning på totalprosjektets usikkerheit. Det grøne området av søylene viser potensialet for varigheitsreduksjonar, og den raude delen viser risikoen for forsinkingar.



Figur 4-10 Usikkerheitshistogram

Histogrammet syner at aktiviteten *Utførelse Kilden* bidreg mest til Framdriftsplanens usikkerheit. *Utførelse Kilden* kan i beste fall medføre ei innkorting av framdriftsplanen på 75 dagar. I verste fall vil denne aktiviteten føre til ei forsinking på ca 1 år og 3 månadar.

Kritisk veg analyse

ID	Task Name	Total Slack	Critical	% Critical	Risk Critical	200 H1
1	TKS-prosjektet	0d	Yes	100	No	
2	Start prosjekt	10d	No	79	Yes	
3	Byggherreadministrasjon	0d	Yes	100	No	
4	Prosjektadministrasjon	0d	Yes	100	No	
5	Spesifikasjon	0d	Yes	18	No	
6	Konsept (ide, skisse, evaluering, valg)	10d	No	79	Yes	
7	Prosjektering Kilden	0d	Yes	97	No	
8	Skisseprosjekt Kilden	0.5mons	No	79	Yes	
9	Forprosjekt Kilden	0.5mons	No	79	Yes	
10	Verifisert forprosjekt Kilden	0mons	Yes	97	No	
11	Detaljprosjektering Kilden	0mons	Yes	97	No	
12	Komplettering Kilden	0d	Yes	97	No	
13	Prosjektering infrastruktur	77d	No	3	No	
14	Skisseprosjekt infrastruktur	77d	No	3	No	
15	Forprosjekt infrastruktur	3.85mons	No	3	No	
16	Verifisert forprosjekt infrastruktur	77d	No	3	No	
17	Detaljprosjektering infrastruktur	77d	No	3	No	
18	Komplettering infrastruktur	837d	No	0	No	
19	Prosjektering P-hus inkl. komplettering	50,2mons	No	0	No	
20	Utførelse Kilden	0mons	Yes	100	No	
21	Utførelse infrastruktur	3.85mons	No	3	No	
22	Utførelse P-hus	50,2mons	No	0	No	
23	Overtakelse	0mons	Yes	100	No	
24	Prøvedrift	0mons	Yes	100	No	
25	Avslutning prosjekt	0d	Yes	100	No	

Tabell 4-5 Kritisk veg analyse

Forklaring til Tabell 4-5: "Critical-feltet" sei om aktiviteten var på kritisk veg med mest sannsynleg verdi (og dermed synleg som kritisk dersom deterministisk plan). "% Critical-feltet" viser kor mykje aktiviteten var kritisk under simulering i %. "Risk Critical-feltet" viser "yes" dersom aktiviteten normalt ikkje var kritisk (utan simulering og med mest sannsynleg verdi), men er kritisk under simulering over ei viss definert prosentvis grense. Her er bruka 75 %.

Tabell 4-5 syner at nokon aktivitetar er nær-kritiske og sannsynlegheita blir avdekka her. *Konsept*, *Skisseprosjekt Kilden* og *Forprosjekt Kilden* er alle kritiske på grunn av usikkerheit

som er i varigheitene. Sannsynlegheita for at desse aktivitetane blir kritiske er 79%, og er så stor at nærmare vurdering bør gjørast for å definere tiltak. I tillegg til nær-kritiske aktivitetar stadfestar simuleringa andre kritiske aktivitetar i form av sannsynlegheit. *Spesifikasjon, Prosjektering* og *Utførelse Kilden* er kritiske fasar av prosjektet.

4.3.8 Kommentar til usikkerheitsanalysen

I litteratur om gjennomføring av usikkerheitsanalyser er det lagt opp til å identifisere og estimere aktivitetar. I gjennomføringa av usikkerheitsseminaret var ein eksisterande detaljert framdriftsplan med omlag 2500 aktivitetar input til analysen. Eksisterande framdriftsplan blei etter beste evne omgjort til ein plan med 12 hovudaktivitetar med omlag dei same varigheitane, relasjonane og overlapp som den eksisterande planen. Ei slik forenkling av ein detaljert plan viste seg å vere vanskeleg, og resultatet var ein lite nøyaktig forenkla plan. Kvalitetssikringa av analyseresultatet etter usikkerheitsseminaret sikrar at feilkjelder i forenkla plan, som var basis for usikkerheitsseminaret, rettast opp.

Utfordringar med Hammock-aktivitetar

”Hammock-aktivitetar” er aktivitetar som skal pågå frå oppstart av visse andre aktivitetar, og til avslutning av spesifikk(e) aktivitet(ar). ”Hammock-aktivitetar” skal dermed ikkje vere styrande for framdriftsplanen, og ikkje kome på kritisk veg. Det er imidlertid ikkje mogleg å definere slike aktivitetar logisk rett i MS Project. Resultatet kan dermed bli at ”Hammock-aktivitet” gjev feil resultat i tornado-diagram og kritisk veg kalkuleringar.

Nokre verkemiddel kan takas i bruk for å delvis korrigere for dette. Eit middel er korrelasjon. Problemet er at det ikkje er mogleg å definere korrelasjon mellom aktivitetars varigheiter. Makro er eit anna alternativ. Makro si begrensing er at det er vanskeleg å få eksekvert dette for kvar iterasjon under simulering. Ei løysing som nok kan vere meir effektiv er å sørge for å redusere varigheita slik at ”hammock-aktiviteten” ikkje kjem på kritisk veg. Dette kan gjørast i form av stutt mest optimistisk verdi, og mest pessimistisk verdi lik mest sannsynleg verdi. Aktiviteten vil då ikkje bli oppført med realistisk anslag, men misvisning i form av stor innverknad på usikkerheita blir fjerna. Siste løysing på problemet er antakeleg å fjerne aktiviteten frå analysen.

”Hammock-aktivitetens” avhengigheiter til andre aktivitetar kan avgjøre løysinga på problemet. Det bør også vurderast utifrå målet med analysen, og kva delar av prosjektet som mest ynskjes å analyserast.

I usikkerheitsanalysa kom prosjektadministrasjon og byggherreadministrasjon opp som ”hammock-aktivitetar”. Begge er administrative aktivitetar som utan utslag for resultatet elles kan fjernas frå analysen. Begge er fortsatt med og er lagt inn med stutt minimumsvarigheit og SS-binding til startmilepæl og FF-binding til sluttmilepæl.

Gjennomføringa av analysen

Usikkerheitsseminaret blei leia av erfaren spesialist på området. Dei fleste av deltakarane var spesialistar innan sitt felt med lang erfaring. Dette gjør at usikkerheitsseminaret resulterte i god identifisering av forhold som påverkar prosjektgjennomføringa. Estimeringa blei imidlertid ikkje avslutta med gjennomføring av seminaret, men fullførast over eit tidsrom på omlag ein måned. Denne bearbeidinga og justeringa overtid kan vere ei god kvalitetssikring av resultatet, med at det er mogleg å gjøre detaljerte vurderingar og sjekk mot erfaringsdata. På den andre sida kan dette vere negativt for kvaliteten då fokuset på analysen kan forsvinne over tid. Referansen (prosjektets framdriftsplan) kan endrast, slik at det kan bli vanskeleg for aktørar å justere og forbetre delar av analysematerialet dersom andre delar er forelda. Tida jobbar imot kvaliteten på analysen. Andre av delmåla med analysen kan også forsvinne når analysen dreg ut i tid. Kommunisering av resultatet tilbake til deltakarane for å gjeve auka kunnskap blir mindre effektivt etter lang tid.

4.3.9 Analyse av resultatet

Analyse av resultatet vurderast utifrå målet med arbeidet i masteroppgåva: at resultatet skal sikre framdriftsplanane og betre grunnlaget for beslutningar i prosjektet.

I Tabell 4-4 i avsnitt 4.3.6 sjåast deterministisk plan som viser at prøvedrifta avsluttast 9.12.2011.

I Figur 4-6 i avsnitt 4.3.7 sjåast resultatet av stokastisk analyse som viser at sannsynlegheita for at prøvedrifta er ferdig til 9.12.2011 er nær null. Dersom prosjektleiinga skal styre etter 50 % sannsynlegheit, er avslutningsdato 11.10.2012.

S-kurva for prosjektet avdekkjer lite utslag i positiv retning som kan utnyttast til fordel for framdrifta. Prosjektet er prega av stor grad av negativ usikkerheit. Konsekvensen av usikkerheita er i verste fall at prøvedrifta avsluttast 20.05.14. Usikkerheita kan gjeve ei forsinking i verste fall på 2 år og 5 månadar!

Med å vurdere den stokastiske analysen utifrå at framdriftsplanen er ein modell av prosjektleiinga som system, indikerar analysen graden av påverknad frå omgjevnaden. Framdriftsplanen har blitt analysert ved at forhold som påverkar modellen har blitt identifisert og kvantifisert. Den stokastiske analysen har sikra ein kvalitativ vurdering av påverknadar på prosjektleiinga som system. Analysen har kvalitetssikra prosjektleiingas framdriftsplan. Samstundes er analysen ennå preliminær, og verkeleg usikkerheit er mykje mogleg mindre enn det som resultatata viser. Ein del av påverkningane har også vore kjent for prosjektleiinga forut for usikkerheitsseminaret, og tiltak for redusering av usikkerheita er antakeleg identifisert og under vurdering. Det betyr at sannsynlegheita for nokon av dei mest pessimistiske anslaga kan vere mindre.

Analysen av kritisk veg avdekkjer at aktivitetar er nær-kritiske. Den stokastiske analysen av kritisk veg gjev informasjon som gjør at fokus må rettast til andre aktivitetar enn dei som i deterministisk plan blei berekna som kritiske. Informasjonen om nær-kritiske aktivitetar er viktig tilleggsinformasjon til den deterministiske planen sin berekning. Den stokastiske analysen gjev ein stor forbetring av kritisk veg berekningar.

Prosjektet har gjort analysen på grunnlag av prosjektets val av entrepriseform som er byggherrestyre sideentrepriser. Resultatet avdekkjer påverknadar som er i samsvar med valet av entrepriseform. Prosjektleiinga som system får store påverknadar frå alle entreprenørane. Valet av entrepriseform kan vere medverkande til mengda av usikkerheit. Samstundes blei det ikkje identifisert usikkerheit knytt til FDVU kostnadar. Entrepriseform ser dermed ut til å ha sørga for sikring av kvalitet og kostnadar i heile bruksperioden.

5 Konklusjon

Gjennomføringa av stokastiske analysar av framdriftsplanen avdekkjer at betydeleg kvalitetssikring av framdriftsplanen kan gjørast i form av ein usikkerheitsstyringsprosess.

Ein komplett gjennomført usikkerheitsstyringsprosess sikrar ein kvalitativ og kvantitativ vurderinga av alle påverknadane som prosjektleiinga blir utsett for frå omgjevnaden.

Begge berekningsmetodane som er nytta i den empiriske analysen har vist at resultatet i form av S-kurve er nyttig for å velje styringsrammer etter ønska sikkerheitsnivå. S-kurvane har vist at usikkerheita er så stor at deterministisk plan ikkje er realistisk å nå.

Resultatet i form av usikkerheitshistogram viser at nokre av hovudaktivitetane bidreg mykje på totalprosjektet sin usikkerheit. Usikkerheitsdiagrammet gjev ein rangering etter bidrag, og gjør det mogleg å fokusere på tiltak mot særskilde aktivitetar for å redusere sannsynlegheita for forsinking. Grøne markeringar bør føre til andre typar tiltak for å utnytte identifiseringa til å velje betre løysingar.

Simuleringsmetoden resulterte i meir detaljert informasjon om kritisk veg enn det som var mogleg med deterministisk plan. Fleire aktivitetar som før var definerte som ikkje-kritiske, er nær-kritiske med høg sannsynlegheit for å bli kritiske. Når aktivitetane blei lagt inn som stokastiske variablar, er resultatet av statistiske berekningar at kritisk veg blei vist som stokastisk verdi med sannsynlegheit. For å hindre forsinkingar på grunn av nær-kritiske aktivitetar kan tiltak definerast.

Begge berekningsmetodane tek omsyn til at parallelle aktivitetar krev tidstillegg for å ta høgde for sannsynleg forsinking av ein/nokon av aktivitetane. Prosjektet TKS planlegg med høg grad av parallelle aktivitetar etter bl.a. "Fast Tracking" prinsippet. Deterministiske anslag utan simulering får ikkje fram tidsforsinking på grunn av parallelle vegar.

Eit av dei viktigaste resultatane frå arbeidet i analysegruppa er gruppeprosessen med å identifisere påverknadar frå omgjevnaden. Ei rad av moment blei identifisert. Resultatet er forklara med tekst i rapporten frå usikkerheitsseminaret. Identifiseringa av påverknadar var grunnlaget for estimering av aktivitetane i framdriftsplanen. Identifiseringa sikra ei betre estimering slik at mest optimistisk og mest pessimistisk verdi kan ha blitt mindre sentrerte om mest sannsynleg verdi. Utover påverkinga på estimering, er opplistinga av påverknadar eit nyttig innspel til prosjektleiinga til anna enn framdriftsplanleggjing.

Gruppenanalysen i usikkerheitsseminaret var eit planleggingsmøte der aktørar med forskjellig fagkompetanse gjorde planlegging saman. Effektane er mange. Samarbeidet fungera bra slik at kommunikasjonen om detaljar kan ha skjedd betre enn dersom det skulle skjedd via mail, telefon eller anna. Samspelet mellom aktørane kvalitetssikra estimeringa, fordi bildet i plenum blei komplett (eller nær komplett). Under gjennomføringa av usikkerheitsseminaret var det mogleg for framdriftsansvarlege i prosjektet å presentere og forklare prinsippa og tankar rundt framdriftsplanen slik status er idag. Dette resultera i kunnskapsoverføring til dei andre deltakarane, samstundes som framdriftsansvarlege fekk kommentarar på planen. Usikkerheitsseminaret blei leia på ein fleksibel måte med rom for spørsmål og avklaringar.

Ein del andre sosial-relaterte aspekt kan også ha blitt resultatet av gruppeanalysa. Å medvirke i slik felles planlegging kan gjeve auka motivasjon for eige arbeid i prosjektet. Prosjektdeltakarane blir betre kjent og samansveisa som seinare kan gjeve positiv effekt på innsats. Usikkerheitsseminaret gjekk føre seg i ei uhøgtidleg tone utan stress.

Arbeidet med masteroppgåva har bestått i å gjøre ein stokastisk analyse av framdriftsplanen til TKS. Målet var at stokastisk analyse skulle vere eit middel for å sikre planane og betre grunnlaget for beslutningar. Dette vil kunne føre til at prosjektleiinga og byggherren kan setje inn tiltak slik at virkninga av negativ usikkerheit reduserast. Prosjektleiinga og byggherren kan nytte informasjonen om positiv usikkerheit til beste for prosjektet.

Resultatet vil dermed bli reduserte kostnader og betre kvalitet på sluttproduktet.

Resultatet av den stokastisk analysen av framdriftsplanen avdekkjer mangelen på informasjon som kan ligge i ein tradisjonell deterministisk framdriftsplan. Resultatet viser kva storleik det kan bli på overskridingar dersom ikkje prosjektleiinga identifiserer usikkerheita og set i verk

tiltak for å unngå sprekk. Analysen er gjort på framdriftsplan, men resultatet og konklusjonen er overførbart til kostnadsplanlegging. TKS prosjektet si prosjektleiing består av høgt kompetente og erfarne aktørar, med god støtte av spesialister. Det er derfor grunn til å vurdere resultatet som overførbart til andre prosjekt.

Feilkjelder

Estimering er vanskeleg, og uavhengig av fagkompetanse og erfaring har dei fleste store vanskar med å vere nøyaktige i anslag. Samtidig er det vanleg å snevre inn område i anslaga, og det er vanskeleg å sikre at deltakarane greier å vurdere varigheit utifrå sannsynlegheit. Dette er noko av årsaka til at prosjektet sørger for god kvalitetssikring av anslaga i etterkant av usikkerheitsseminaret. Anslaga kan då vurderast opp mot erfaringsdata frå tidlegare. Så langt som arbeidet med analysen er fullført, eksisterar det ennå ein del feil i varigheitsverdiane i planen.

Ei anna mogleg feilkjelde er manglande implementering av identifiserte påverknadar. Usikkerheitsseminaret avdekka ein del påverknadar som verkar inn på varigheitene av aktivitetane. I vurderinga og kvantifiseringa av kvar og ein aktivitet blei på ny forhold som påverkar varigheita nemnt. Det er imidlertid ikkje gjort kvalitetssjekk av implementeringa av påverknadane. Ein del av påverknadane som blei identifisert innleiingsvis kan vere utelate frå estimeringane. Suksessivprinsippet har ei separat estimering av generelle forhold. Implementering blir sikra med dette. Imidlertid kan dette føre til feilkjelde i estimering av generelle forhold, då det kan vere vanskeleg å vurdere dette uavhengig av spesifikk aktivitet.

Gruppeanalysen fungera bra og kravet til kompetanse og erfaring var i stor grad oppfylt. Imidlertid var det liten spreidning i alder, kjønn, utdanning og stilling. Ei gruppe av personar med ulik bakgrunn og eigenskapar har mykje større ressursar til å vinkle ulikt og produsere brei kartlegging.

Status i framdriftsplanen til prosjektet kan vere ei mogleg kjelde til feil. Ustabil versjon som grunnlag for analysen og i ettertid alt endringar i prosjektets framdriftsplan, gjør det vanskeleg å få realistisk resultat frå analysen som lar seg gjøre å implementere i prosjektets planar. Verknaden er minimalisert med at framdriftsansvarleg er sentral deltakar i analysearbeidet etter usikkerheitsseminaret.

5.1 Forslag til vidare forskning

I arbeidet med oppgåva har to berekningsmetodar blitt skildra og litt ulikt nytta til empiri. Concept-programmet har gjort forskning på formelverka for dei to metodane, og funne at dei i prinsippet gjev same resultat. Ein ide for vidare arbeid er å gjøre meir forskning på erfaringane med dei to metodane. Implementering og bruk av dei ulike metodane er interessante problemstillingar for vidare arbeid.

5.2 Ethiske vurderingar

Det er, så langt meg som forfattar er kjent med, ingenting tvilrådig med prosessar eller anna som er gjort i samanheng med oppgåva. Det er ingenting tvilrådig med formetodikken som er nytta. Det er referansar til alle nytta kjelder og nytta korrekt måte for vising til sitat. Forfattaren stiller heller ikkje spørsmål til truverdigheita til kjeldene. Kjeldene som er nytta er autoritetar innan fagfelte og kan og bør derfor sjåast på som truverdige. Med dette som utgangspunkt stiller forfattaren ingen etisk tvil til oppgåva.

6 Litteraturreferansar

- Chapman, C., & Ward, S. *Project Risk Management* (2 ed.): John Wiley & Sons Lth. 2003.
- Crystal Ball. Decisioneering, Inc., www.decisioneering.com 2005.
- Eilertsen, Y. Hovudfremdriftsplan Teater- og Konserthus for Sørlandet: PTL AS. 2005.
- Eilertsen, Y. Hovudfremdriftsplan Teater- og Konserthus for Sørlandet: PTL AS. 2006.
- Frode Drevland, K. A., Olav Torp. *Usikkerhetsanalyse - Modellering, estimering og beregning* (No. 11): Concept-programmet. 2006.
- Ghauri, P., & Grønhaug, K. *Research Methods in Business Studies* (3 ed.): Pearson Education Limited. 2005.
- Isaksen, A. Metodeseminar: Høgskolen i Agder. 2005.
- Jordanger, I. Usikkerhetsanalyser. Produktark: PTL AS. 2003.
- Jordanger, I. Agenda for 4.5.2006. 2006a.
- Jordanger, I. *TKS-prosjektet. Usikkerhetsanalyse fremdrift*: PTL AS. 2006b.
- Kjell Austeng, J. T. M., Ingemund Jordanger, Ole Morten Magnussen, Olav Torp. *Usikkerhetsanalyse - Kontekst og grunnlag* (No. 10): Concept-programmet. 2006.
- Klakegg, O. J. *Trinnvis-prosessen* (Vol. 1): Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet Institutt for bygg- og anleggsteknikk. 1993.
- Lassen, T. forelesningsnotater i Risikostyring og kvalitetsledelse: Høgskolen i Agder. 2005.
- Lichtenberg, S. *Proactive Management of Uncertainty using the Successive Principle* (1 ed.): Polyteknisk Press. 2000.
- Lundequist, J. *Design och produktutveckling , Metoder och begrepp* (1 ed.): Studentlitteratur. 1995.
- Meland, Ø. Forelesningsnotatar om gjennomføringsmodeller: Høgskolen i Agder. 2005a.
- Meland, Ø. Forelesningsnotatar om prosjektstyring KTR: Høgskolen i Agder. 2005b.
- Meland, Ø. Framdriftsanalyse-Hovedfremdriftsplan. 2006.
- Project Management Institute. *A guide to the project management body of knowledge: Automated Graphic Systems*. 1996.
- Prosjekt Byggherren i Fokus. (16.01.2006). *Byggherren i fokus*. Norske boligbyggelags Landsforbund og Norges Bygg og Eiendomsforening og Foreningen Næringseiendom, <http://www.promsys.no/byggherren>. 2006.
- PTL AS. (08.02.2006). <http://www.ptl.no>. 2006.



- Rolstadås, A. *Praktisk Prosjektstyring* (3 ed. Vol. 1): Tapir Akademisk Forlag. 2001.
- Teater- og Konserthus for Sørlandet. (18.02.2006). www.teater-konserthus.no. 2006.
- Teater- og Konserthus for Sørlandet IKS. *Nytt teater- og konserthus for Sørlandet i Kristiansand; Åpen internasjonal designkonkurranse for arkitekter*. Teater- og Konserthus for Sørlandet IKS. 2004.
- Zdanovska, L. *Brukermanual til PTL sin KUNNSKAPSBASE*: PTL AS. 2004.