

I. Forord

Masteroppgaven er skrevet våren 2008, og er et samarbeid mellom Universitetet i Agder, avdeling Grimstad og Skanska Norge AS. Retningslinjer for oppgaven er utarbeidet av Bo Terje Kalsaas, og godkjent av Skanska Norge AS. Bo Terje Kalsaas er også, sammen med Rein Terje Thorstensen, veileder fra Universitetet i Agder. Veiledere fra Skanska Norge AS er John Skaar ved distriktskontoret i Arendal, og Hans Petter Karlsen ved hovedkontoret i Oslo.

Opgaven tar for seg aktuelle problemstillinger rundt planpålitelighet i byggebransjen, og den belyser viktigheten av å ha pålitelige planer, samt årsaker og konsekvenser ved lav planpålitelighet. Bakgrunn for valg av oppgaven er først og fremst at begge forfatterne, før påbygging med denne mastergraden i Industriell Økonomi og Informasjonsledelse, har en bachelorgrad i Byggdesign. Dessuten er dette et høyaktuelt tema begge hadde lyst til å få et nærmere innblikk i.

Vi ønsker med dette å takke alle som har bidratt under utarbeidelsen av vår masteroppgave. Spesielt vil vi takke Bo Terje Kalsaas for den gode oppfølgingen og veiledningen gjennom hele oppgaven, både med å finne mulige innfallsvinkler og med metode for datainnsamling. Vil i denne sammenheng også takke Rein Terje Thorstensen for relevante innspill innen vårt fagområde. Vi vil også rette en stor takk til våre eksterne veiledere John Skaar og Hans Petter Karlsen for deres engasjement og interesse for oppgaven, blant annet ved jevnlig å skaffe oss oppdatert informasjon og aktuelle byggeprosjekter å følge. I forbindelse med disse byggeprosjektene vil vi spesielt takke Runar Nykvist, Frank Holta, Kjell Magne Jacobsen, Tron Inge Nilsen, Leo Hovden, Øyvind Marthinsen og Torben Johansen for å ha tatt imot oss på møter og svart på spørsmål. Ønsker også å takke Morten Lossius, leder for prosjektstyring, avdeling Oslo, som har vært en viktig informant for oss i denne oppgaven.

Grimstad 26. mai, 2008

Jorunn Fønstelien

Mariann Gundersen

II. Sammendrag

I bygge- og anleggslæringen er det betydelige utfordringer knyttet til å håndtere den kombinerte virkningen av avhengighet og variasjon i forsynings- og produksjonskjeden. Formålet med oppgaven er å arbeide teoretisk og empirisk med planpålitelighet for å bidra med kunnskapsutvikling om hva som skal til for å øke planpåliteligheten. Oppgaven er et samarbeid mellom Universitetet i Agder, avdeling Grimstad og Skanska Norge AS.

Bygg er en dynamisk og kompleks bransje der hvert prosjekt er unikt, med varierende ledetider som er vanskelig å fastslå på forhånd, prosjektplanen må derfor tilpasses hvert enkelt prosjekt. Kvaliteten på prosjektplanen avgjør i stor grad hvor pålitelig den er.

Forskerspørsmålet ble utarbeidet ifra oppgavens tittel; *Planpålitelighet i byggebransjen*. Underpunktene til forskerspørsmålet tar for seg forhold som må adresseres for å kunne svare utfyllende på det overordnede forskerspørsmålet. Disse punktene ble utarbeidet parallelt med skriving av teoridelen etter hvert som samtaler med sentrale personer, og et dypere innblikk i byggebransjen, ga signaler på utfordringer og hvor det tydeligste forbedringspotensialet ligger.

Forskerspørsmål:

Hvordan forbedre planpåliteligheten i byggeprosjekter?

- *Utforming av planer*
- *Måling av planpålitelighet og analyse av årsakene til redusert pålitelighet*
- *Risikovurderinger i planleggingen*

For å få et innblikk i hvordan planer utarbeides og hvor pålitelige disse planene er, ble det valgt å følge to pågående byggeprosjekter, Odderhei og C4 Markens senter. Begge lokalisert i Kristiansand. Det ble brukt kvalitativ metode for datainnsamling i form av casestudie, og innenfor dette kvantitativ metode for å utføre målinger av planpåliteligheten. I forbindelse med den kvalitative datainnsamlingen ble det foretatt intervju av sentrale informanter på hver av byggeplassene. I forkant av registreringen var det nødvendig å sette seg inn i prosjektet for å få en forståelse av hvordan planene ble lagt opp, hvem som utarbeidet dem og hvordan de ble fulgt. Observasjon har derfor vært en viktig innfallsport for å samle inn slike data.

Rapporten inneholder innledningsvis en teoridel der sentrale begreper relatert til forskerspørsmålene blir definert og satt i sammenheng. I empirikapittelet blir innsamlet data

presentert, før analysekapittelet sammenfatter empiri og teori i en drøfting basert på forskerspørsmålene.

Skanska har interne retningslinjer for hvordan planer skal utarbeides og følges. Disse retningslinjene kalles ”Slik gjør vi det” og er tilgjengelige på Skanskas intranett. I praksis viser det seg at planlegging ofte blir nedprioritert, særlig gjelder dette for små prosjekter. Resultatene etter måleperioden viser at planpåliteligheten er gjennomgående lav på de planene som ble målt, i begge prosjektene som ble fulgt. Årsakene til den lave planpåliteligheten ble ført opp i et eget skjema. På Odderhei, som er et mindre prosjekt, var årsakene til lav planpålitelighet hovedsakelig relatert til manglende kvalitet på planleggingen. På C4, som er et større prosjekt, var årsaker til lav planpålitelighet først og fremst eksterne forhold og uforutsette hendelser. Observasjon ved C4 resulterte også i et innblikk i hvordan en risikoanalyse blir utført, samt hvordan ORA fungerer i praksis.

Utformingen av planene er grunnlaget for høy pålitelighet. Det er derfor viktig å starte med å drøfte utarbeidelsen av disse planene helt i begynnelsen av prosjektets levetid. Last Planner er en god metode som gjør det mulig å få en jevn og forutsigbar flyt i planene. Fordi Last Planner er et hierarkisk oppbygget system med hovedfremdriftsplan, faseplan, periodeplan og rullerende ukeplan, er det mulig for planlegger å utarbeide gode ukeplaner i henhold til progresjonen i de overordnede planene. Påliteligheten vil dermed bli bedre fordi planleggingen blir lagt tett opp til utførelsen av aktivitetene. Derav navnet ”The Last Planner” eller ”den siste planleggeren”. Hindringsanalysen, som er en del av Last Planner, tar for seg forhold som må bli lagt til rette for at det skal være mulig å utføre aktivitetene som er ført opp i ukeplanen. Finnes det hindre som gjør at arbeidet ikke kan utføres blir ikke disse aktivitetene ført opp i ukeplanen.

Planene som utarbeides blir deretter målt fortløpende og aktiviteter som ikke blir fullført i tide registreres slik at en prosentvis fremstilling av planpåliteligheten kan utarbeides. Årsaker til aktiviteter som feiler tidsmessig i planen blir også registrert. Disse årsakene kan forhindres ved bedre planlegging under utarbeidelsen av hovedfremdriftsplanen, eller ved hjelp av risikoanalyser. Risikoanalysene er særlig til stor hjelp når det gjelder tidsplanlegging av de enkelte aktivitetene, samt uforutsette hendelser i form av eksterne forhold som vær og lignende.

Under utarbeidelsen av planene bør underentreprenører og andre involverte bidra med sin kompetanse i tillegg til prosjektledelsen. Dette for at aktivitetene i planen skal få en hensiktsmessig varighet og optimal rekkefølge seg i mellom. Det er også viktig at Skanska drar nytte av kunnskapen fra tidligere prosjekter under utarbeidelsen av nye planer.

Risikoanalyser og tiltak i forbindelse med resultatene fra disse bør inngå i prosjektet før hovedfremdriftsplanen utarbeides. Aktuelle metoder er Lichtenbergmetoden og Pertmaster, som er verktøy med gode resultater fra tidligere prosjekter. I tillegg bør kompetansen rundt ORA- analyser bli bedre ved distriktskontorene.

Denne oppgaven belyser at Skanska absolutt har et forbedringspotensiale når det kommer til planlegging og planpålitelighet. Mange av retningslinjene for å bli bedre på dette området er allerede til stede i det interne systemet deres, men de blir ofte ikke tatt i bruk i ønsket grad.

Det er derfor viktig at retningslinjene og kompetansen rundt risikoanalyser når ut til distriktene.

Videre er det viktig at Skanska fortsetter å fokusere på planlegging og hele tiden er beredt til å ta imot ny kompetanse rundt dette. På denne måten vil de være bedre rustet til å takle bransjens dynamikk og uforutsigbarheter.

III. Innhold

1	Innledning.....	1
1.1	Rapportens hoveddeler.....	1
2	Metodebeskrivelse.....	3
2.1	Metode for datainnsamling.....	3
2.2	Praktisk gjennomføring.....	4
2.3	Sterke og svake sider ved case studier.....	4
3	Teori.....	6
3.1	Planpålitelighet.....	6
3.1.1	Planers kvalitet.....	7
3.2	Prosjektplanleggingsverktøy.....	9
3.2.1	Gantt.....	9
3.2.2	PERT/CPM.....	10
3.2.3	Gantt vs. PERT/CPM.....	12
3.3	Bakgrunn for Lean Construction.....	13
3.3.1	Toyota Production System.....	13
3.3.2	Just In Time.....	13
3.3.3	Lean Production.....	14
3.4	Lean Construction.....	16
3.4.1	MTO vs. ETO.....	17
3.5	Supply Chain Management.....	18
3.6	Last Planner.....	19
3.6.1	Fire plannivåer.....	19
3.6.2	Bør- kan- skal- gjorde (Ballard, 2000).....	21
3.6.3	Ulike målemetoder.....	23
3.7	Risiko.....	26
3.7.1	Pertmaster.....	27
3.7.2	Lichtenbergmetoden.....	31
3.8	Analytisk sammenfatning.....	35
3.8.1	Presiserte forskerspørsmål.....	36
4	Empiri.....	37
4.1	Casebeskrivelse.....	37
4.1.1	Fakta om Skanska Norge AS.....	37
4.1.2	Skanska Norges historikk.....	38
4.1.3	Odderhei.....	38

4.1.4	C4 Markens senter.....	39
4.2	Skanskas styring av prosjekter	40
4.2.1	”Slik gjør vi det”.....	40
4.2.2	Operational Risk Assessment (ORA).....	44
4.2.3	Pertmaster.....	45
4.3	Prosjektstyring og bruk av planer i praksis	46
4.4	Målemetoder i andre arbeider.....	46
4.5	Resultater Odderhei.....	50
4.5.1	Ukesmåling tømrer; rullerende ukeplan	50
4.5.2	Dag til dag måling; hovedfremdriftsplan.....	54
4.5.3	Ukesmåling; hovedfremdriftsplan	57
4.6	Resultater C4.....	60
4.6.1	Risikovurderinger	60
4.6.2	Aile; faseplan.....	62
5	Analyse.....	65
5.1	Utforming av planer	65
5.1.1	Last Planner vs. ”Slik gjør vi det”	65
5.1.2	Rydding	67
5.1.3	”Slik gjør vi det” i praksis	68
5.1.4	Gantt- diagram og PERT/CPM- nettverk	69
5.1.5	Planlegging i store og små prosjekter.....	70
5.2	Måling av planpålitelighet og analyse av årsakene til redusert pålitelighet	72
5.2.1	PPU på egenproduksjon	72
5.2.2	Dag til dag måling og 4- ukersmåling	75
5.2.3	PPU- målinger av Aile.....	75
5.2.4	Last Planner på Odderhei	76
5.2.5	Sammenlikning med NTNU- oppgavens resultater.....	76
5.2.6	Årsaker; kontrollerbare og ukontrollerbare	78
5.3	Risikovurderinger i planleggingen	78
5.3.1	ORA.....	79
5.3.2	Lichtenbergmetoden vs. Pertmaster	81
6	Konklusjon	89
7	Videre arbeider	91

Vedlegg: 4

IV. Figurliste

Figur 3.1: Planleggingssystemets nivåer. (Ballard & Howell, 1998).....	7
Figur 3.2: Gantt- diagram. (C4, Skanska, 2008)	9
Figur 3.3: PERT/CPM. (Lindo Systems, 2003)	11
Figur 3.4: Aktiviteter i et produksjonssystem. (Koskela, 2000).....	16
Figur 3.5: Kundens dekoplingspunkt. (Kalsaas & Alfnes, 2006).....	18
Figur 3.6: Last Planners fire plannivåer. (Ebbesen, 2006)	20
Figur 3.7: Formingen av oppdrag i Last Planners planleggingsprosess. (Ballard, 2000).....	22
Figur 3.8: Hindringsanalyse. (Ballard, 2000).....	24
Figur 3.9: Stegforandringer i produktivitetsmarginer. (Mossman, 2004)	26
Figur 3.10: ALARP (As Low As Reasonably Practicable)- filosofien. (Lassen, 2007).....	27
Figur 3.11: Eksempel tripplestimat. (www.primavera.com)	28
Figur 3.12: Risikoens sannsynlighet satt inn i registeret. (www.primavera.com).....	29
Figur 3.13: Risikoens innvirkning på aktivitet A. (www.primavera.com).....	29
Figur 3.14: Nytt tripplestimat. (www.primavera.com).....	30
Figur 3.15: Risikobegivenheten lagt til aktiviteten. (www.primavera.com)	30
Figur 3.16: Sannsynlighetsfordeling tidsplananalyse. (www.personly.dk).....	34
Figur 3.17: Kritikalitet. (www.personly.dk).....	34
Figur 4.1: Organisasjonskart Skanska Norge. (www.skanska.no)	38
Figur 4.2: Illustrasjon Odderhei.	39
Figur 4.3: Illustrasjon C4 Markens senter.	40
Figur 4.4: ”Slik gjør vi det”- prosjektmatrise. (Skanska Intranett, 2008).....	41
Figur 4.5: Overordnet plan. (Skanska Intranett, 2008).....	41
Figur 4.6: Skanskas planhierarki. (Skanska Intranett, 2008).....	43
Figur 4.7: Årsaksanalyse fra NTNU- oppgaven. (Snarvold & Tveit, 2007)	48
Figur 4.8: Antall aktiviteter i ukesplan.....	51
Figur 4.9: PPU ukesplan.....	51
Figur 4.10: Antall aktiviteter i 2- ukersplan.	52
Figur 4.11: PPU 2- ukersplan.	52
Figur 4.12: Oversikt over aktiviteter og årsaker.....	53
Figur 4.13: Årsaksanalyse utvendig tømmer.....	54
Figur 4.14: Aktivitetenes status i forhold til hovedfremdriftsplanen.	57
Figur 4.15: Antall aktiviteter målt de ulike ukene.....	59
Figur 4.16: PPU hovedfremdriftsplan.	59
Figur 4.17: Største usikkerhetsmomenter. (Frønes, 2006)	61
Figur 4.18: PPU Aile.....	63

Figur 4.19: Aktivitetenes ferdigstillelsesdato.....	64
Figur 5.1: Last Planner vs. ”Slik gjør vi det”.....	65
Figur 5.2: Bertelsen vs. ”Slik gjør vi det”.....	66
Figur 5.3: PPU 2- ukersplan.....	72
Figur 5.4: PPU ukesplan.....	74
Figur 5.5: PPU Aile.....	75
Figur 5.6: Sammenlikning av årsaksanalyser i NTNU- oppgaven og Odderhei	77
Figur 5.7: Skanska behov for prosjektet. (Skanska Intranett, 2008)	79
Figur 5.8: Involverte parter i prosjektet. (Skanska Intranett, 2008)	80
Figur 5.9: Prosjektets fem største utfordringer. (Skanska Intranett, 2008)	80
Figur 5.10: Triangulær fordeling av aktiviteter. (www.primavera.com).....	83
Figur 5.11: Risikobegivenhet separert ut og innført i risikoregister. (www.primavera.com)	84
Figur 5.12: Ikke utseparert risiko. (www.primavera.com).....	84
Figur 5.13: Sannsynlighetskurve for ferdigstillelse på Steinkjer Amfi. (Skanska Intranett, 2008).....	85
Figur 5.14: Sannsynlighetskurve for ferdigstillelse på C4. (Frønes, 2006).....	85
Figur 5.15: Sammenlikning av risikoanalyser.....	87

1 Innledning

I byggebransjen er det flere faktorer som til sammen gjør at utfordringen rundt planlegging er spesielt stor. Mange samarbeidende parter som alle er opptatt av egen profitt, sammen med trang byggeplass og tidspress gjør dette til en meget kompleks bransje. En måte å definere planlegging på her er ressursbruk i forhold til aktiviteter, aktivitetenes rekkefølge, koordinering av samarbeidende aktører, samt innkjøp av materialer. En av hovedgrunnene til at dette er vanskelig er at bygg er en meget uforutsigbar bransje, hvor alle prosjekt som skal planlegges og gjennomføres er unike. Videre er det viktig å være lojal mot planene som er lagt, og at man tar sikte på å oppnå en tilfredsstillende grad av planpålitelighet. Fordi emnet er så komplekst og utfordrende finnes det egne nettverk innen bygg- og anleggsindustrien som fokuserer på utfordringene i næringen.

Det overordnede temaet for denne masteroppgaven er dermed planpålitelighet i byggebransjen. Dette er et høyaktuelt tema som Skanska i senere tid har begynt å fokusere mer på. Hovedgrunnen til dette er at det i byggebransjen er store utfordringer knyttet til den kombinerte virkningen av avhengighet og variasjon. Økt forutsigbarhet gjennom mer pålitelige planer vil derfor være en viktig innfallspor for å redusere kostnader og oppnå bedre flyt i produksjonen. God planlegging vil også bringe med seg besparelse av tid, høyere produktivitet og mindre sjanse for byggefeil.

For å avgrense temaet noe har det i denne oppgaven blitt valgt å utføre måling av planpålitelighet over en relativt kort periode, for deretter å gå mer i dybden av årsakene for eventuell lav planpålitelighet. På bakgrunn av dette lyder hovedforskerspørsmålet som følgende:

Hvordan forbedre planpåliteligheten i byggeprosjekter?

1.1 Rapportens hoveddeler

Oppgaven starter med en teoridel hvor begrepet planpålitelighet diskuteres. Videre følger en presentasjon av noen velkjente prosjektplanleggingsverktøy. I sammenheng med en utdypning av Lean Construction ses det også på hvordan dette kan bedre planpåliteligheten, etterfulgt av det viktigste og mest dagsaktuelle planleggingsverktøyet; Last Planner. Teorien tar også for seg viktigheten av å ha risikovurderinger med i planleggingen, her inkludert presentasjon av to aktuelle metoder. Denne delen av oppgaven avsluttes så med et lite sammendrag som ender i presiserte forskers spørsmål.

Oppgaven fortsetter så med empiridelen. Denne starter med en presentasjon av casene som oppgaven er bygget på, samt en beskrivelse av hvordan Skanska styrer prosjektene sine, både i teori og praksis. Videre følger en presentasjon av tidligere arbeider som har blitt studert som en forberedelse til denne oppgaven. Så kommer resultatet av målingene som er utført i forbindelse med to fulgte byggeprosjekter, og i tillegg årsakene til disse resultatene. Empiridelen avsluttes med en beskrivelse av risikovurderinger som gjennomføres, eller er under innføring, hos Skanska i dag.

I analysedelen drøftes resultatene fra datainnsamlingen i empirien med den aktuelle teorien. Hovedpunktene i analysen er satt opp for å gi et svar på denne oppgavens forskerspørsmål. Resultatene og årsakene analyseres og nødvendige risikovurderinger tas opp til diskusjon ved å gjennomgå både positive og negative sider.

Oppgaven ender så med en konklusjon som summerer opp de viktigste resultatene, og noen tanker rundt sentrale temaer for eventuelle videre arbeider. Disse videre arbeidene er et resultat av innblikket denne oppgaven har gitt i bransjen. Temaene ses på som meget dagsaktuelle, og bør utdypes med videre forskning ettersom dette ble for omfattende for denne oppgaven.

2 Metodebeskrivelse

For å belyse problemstillingen i denne oppgaven er det valgt å følge to av Skanskas pågående byggeprosjekter i Kristiansand. Prosjektene ligger på hver sin side av det som karakteriseres som store og komplekse byggeprosjekter. Spennet i dimensjonene kan gi innsikt i hvor forskjellig prosjektplanlegging og oppfølging må legges opp fra prosjekt til prosjekt.

2.1 Metode for datainnsamling

For å få innsikt i planpåliteligheten i byggebransjen er det altså valgt å følge to prosjekter. I forkant av registreringen er det nødvendig å sette seg inn i prosjektene for å få en forståelse av hvordan planene legges opp, hvem som legger planene og hvordan de følges.

Planpåliteligheten fastslås fortløpende ved å registrere utførelsen av planene. For å forstå avvik, årsakene til disse avvikene, og konsekvensene disse får, bør prosjektet følges over en viss tid.

På bakgrunn av dette ble det valgt å bruke kvalitativ metode for datainnsamling i form av case studie, og innenfor dette kvantitativ metode for å utføre målinger av planpåliteligheten.

Intervju og samtaler med prosjektledere og formenn stod sentralt for å få en dybdeforståelse av problemstillinger og løsninger rundt planpålitelighet. Det var også logisk først og fremst å bruke kvalitativ metode da det er lite å hente hos Skanska om planpålitelighet. Temaet blir sjeldent dokumentert, og for utenforstående finnes det dermed lite forhåndskunnskap å kunne sette seg inn i. For å få samlet inn mest mulig relevant data var teknikken i hovedsak åpne intervjuer med nøkkelpersoner i forbindelse med byggemøter, og observasjoner ved disse byggemøtene.

Noe annet som kjennetegner den kvalitative metoden er at man ønsker å få mye informasjon fra et begrenset antall informanter. Det er mange forskere som hevder at det bør gjennomføres dybdeintervjuer helt til man ikke lenger får noen ny informasjon (Johannessen et. al., 2004). Det vil likevel ikke være aktuelt i dette prosjektet på grunn av tid, og at det kun er to byggeprosjekter som skal følges. Informantene i dette prosjektet er i hovedsak prosjektledere, formenn og baser tilknyttet de aktuelle prosjektene. (Se vedlegg 1)

Observasjon har også vært en viktig kilde for å samle inn data i denne oppgaven. Observasjon gir tilgang til informasjon som kan være vanskelig å få frem ved å bruke andre metoder, som for eksempel intervju. Det er en bra måte å skaffe gyldig kunnskap på, for eksempel for å se

hva som skjer når det fattes viktige beslutninger i en bedrift. Ved sånn type informasjon er det ikke sikkert at det de sier at de gjør, er det de faktisk gjør. (Johannessen et. al., 2004)

2.2 Praktisk gjennomføring

For å behandle temaet planpålitelighet er det tatt utgangspunkt i å lære underveis mens man setter seg inn i konkrete prosjekter og prosjektstyring. På grunn av dette har det vært nødvendig å utarbeide kun delvis strukturerte intervjuer (se vedlegg 2) ved å ha klare overordnede spørsmål, og deretter stikkord for å få med de viktigste punktene fra teoridelen. Tidligere oppgaver som omhandler beslektede tema har også blitt studert og sammenlignet med for å se om resultatene ligger i nærheten av hverandre.

Ettersom de to byggeprosjektene ble valgt i begynnelsen av prosjektperioden førte det naturlig nok til at også intervjuobjektene ble valgt på dette tidspunktet. De som har blitt intervjuet og samtalt med, har vært deltakere på de fulgte byggemøtene. Det er her i hovedsak baser og formenn for tømmer, altså Skanskas egenproduksjon, samt noen baser for de forskjellige underentreprenørene. Prosjektlederen for hvert av byggeprosjektene har også vært en viktig informant, ettersom det er denne personen som i utgangspunktet har utarbeidet hovedfremdriftsplanen. Prosjektlederen vil dermed ha den beste oversikten over hvordan denne planen ligger an i forhold til virkelig fremdrift, og hvordan risikoen ble tatt hensyn til under utarbeidelsen av planen.

Ved deltakelse på møtene ble det i utgangspunktet observert og notert, og mange av de forhåndslagde, overordnede spørsmålene ble besvart før de ble stilt. Det dukket også opp nye spørsmål underveis ettersom hovedfremdriftsplanen ble utdelt og det ble tydelig hvilke aktiviteter som lå foran og hvilke som lå bak planen. Sammen med egne observasjoner ved flere runder på byggeplass ga dette et godt utgangspunkt for målinger. Observasjonene ute ga også muligheter for å være mer aktive på møtene, og det ble lettere å komme med gode og relevante spørsmål.

2.3 Sterke og svake sider ved case studier

Sterke sider ved å bruke kvalitativ metode er først og fremst at man har noen få, meget sentrale personer å forholde seg til. Åpne intervjuer fører til gode og utfyllende svar, hvor man får mer ut av intervjuet enn det man planlegger på forhånd. På den annen side kan intervju med få personer sette spørsmålsteget ved informasjonens reliabilitet. Man har få kilder å støtte seg til for å påstå at informasjonen er valid, og det er vanskelig å generalisere dette for

byggebransjen generelt sett. Å vurdere to prosjekter gjør informasjonen mer valid enn å vurdere bare ett, men det må tas med i betraktningen at prosjektene har geografisk nærhet. Dette kan for eksempel føre med seg at eksterne forhold, som vær og leveringstid, er forholdsvis like for disse to prosjektene, men ikke nødvendigvis for landet totalt sett.

Observasjon er en god måte å samle inn informasjon på ettersom man er tilstede og ser at ting faktisk blir utført slik informantene har fortalt. Man opplever selv hvordan eventuelle hindre for å oppnå god planpålitelighet takles, og informasjon fra intervjuer underbygges som enda mer reliabel. En svakhet ved observasjon er at informasjonen man oppfatter kan tolkes feil. Med manglende forhåndskunnskaper kan det også være vanskelig å se om en aktivitet er helt ferdig eller ikke. Det å ha utenforstående personer (studenter) til stede på møtene kan også være med på å påvirke møtenes tema og utfall, og dermed også møtenes validitet. Dette fordi de kanskje ønsker å fremstille prosessen og planene bedre enn de egentlig er.

Totalt sett er det å bruke observasjon sammen med kvalitativ metode en bra kombinasjon for å oppnå valide resultater. Resultatene blir som nevnt over mer pålitelige når man selv ser hvordan det man har blitt fortalt i et intervju foregår. For å underbygge egne resultater har som nevnt over også tidligere arbeider for Skanska blitt studert. På denne måten vil det i større grad være mulig å si at resultatene gjelder for byggebransjen generelt sett, og de kan ses på som enda mer valide.

3 Teori

I teorikapittelet blir begrepet planpålitelighet definert. Det belyses også hvilke utfordringer ønsket om god planpålitelighet gir aktørene i byggebransjen. Så følger en gjennomgang av aktuelle verktøy for å møte utfordringene på en hensiktsmessig måte. For å støtte opp om disse utfordringene kommer det videre en gjennomgang av Lean Construction og Supply Chain Management, etterfulgt av det mest sentrale og dagsaktuelle verktøyet for prosjektplanlegging; Last Planner.

Det andre hovedtemaet er viktigheten av å ta hensyn til ulike risikoer under planleggingen. Hovedgrunnen til bruken av risikovurderinger er at uforutsette hendelser påvirker fremdriften i stor grad, spesielt med hensyn på tidsaspektet, som er i fokus i denne oppgaven. Her inngår en gjennomgang av konkrete metoder for risikohåndtering.

3.1 Planpålitelighet

Planpåliteligheten sier noe om i hvilke grad planene for et prosjekt blir fulgt. I et produksjonsnettverk, hvor arbeid flyter mellom mange ulike produksjonsenheter, er pålitelige planer viktig. De ulike aktørene utfører forskjellige operasjoner på informasjonen eller materialene. Fordi mange aktører skal inn, er det viktig at planene som fastslår når de skal utføre sin del av arbeidet, er pålitelige.

En bransje som viser viktigheten av planpålitelighet er byggebransjen. Her er det nødvendig å koordinere planene med hensyn på tid, rekkefølge på aktivitetene og ressursbruk, og ettersom ferdigstillelsesdatoen er gitt vil det alltid være et visst tidspress. Bygg er en dynamisk bransje med mye usikkerhet når det gjelder tidsbruk og ledetid. Dette er derfor en bransje der det ikke er mulig å planlegge nøyaktig og detaljert langt frem i tid. En god plan må dermed ta hensyn til denne dynamikken og usikkerheten, og inneholde alle aspekter ved "fenomenet" byggeplass som trenger planlegging. Dette innebærer eksempelvis alle aktørene, avhengigheter, materialforsyning og kvalitetsutfordringer.

Innenfor hvert enkelt byggeprosjekt er det mange ulike aktører som er gjensidig avhengige av hverandre. Eksempel på dette er håndverkerne som skal innom hvert enkelt rom i bygget i en gitt rekkefølge. De vil være avhengige av at aktøren foran er ferdig med sitt arbeid etter planen, ellers blir det venting, noe som også går utover alle de etterfølgende aktørene. Slik forsinkelse kan føre til at byggets ferdigstillelsesdato ikke overholdes, og dagbøter er da en vanlig straff. Ettersom det er flere aktører som jobber sammen og er avhengige av hverandre,

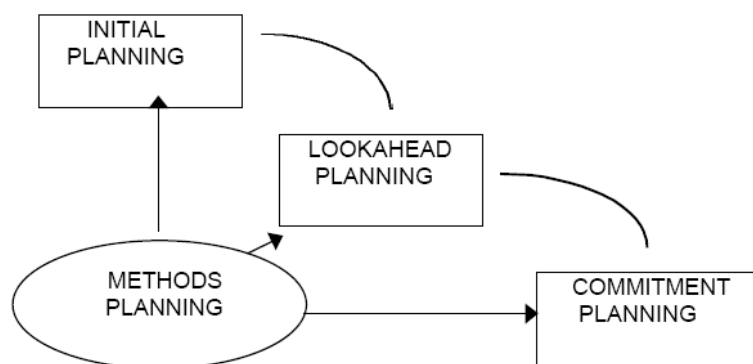
er det avgjørende at de vet en tid i forveien når en jobb skal starte. For å gjøre byggebransjen mer forutsigbar, er utfordringen å få til en god koordinering av aktivitetene, med planen som verktøy.

Selv om det er positivt å oppnå en god planpålitelighet er det viktig å være kritisk til kvaliteten på planen. Å være trofast mot en dårlig plan vil gi god planpålitelighet, men et dårlig resultat, for eksempel med hensyn på ressursbruk. Generelt sett bruker byggebransjen altfor mye ressurser for å rekke tidsfristen når ferdigstillelsesdatoen nærmer seg.

Pålitelige planer av god kvalitet kan føre til sparte kostnader og en forenklet hverdag for alle involverte i prosjektet. Det kan derfor være hensiktsmessig å bruke lengre tid på planleggingen istedenfor å starte prosjektet med innstillingen om at den detaljerte planleggingen kan tas etter hvert.

3.1.1 Planers kvalitet

For å oppnå god planpålitelighet er det viktig at det er god kvalitet på planene gjennom ønsket kvalitet på aktivitetene. Aktiviteter har god kvalitet når usikkerhet i arbeidsflyten ikke går utover produksjonen. Ballard & Howell (1998) skriver om et planleggingssystemets ulike nivåer. Figur 3.1 viser forfatterens identifisering av de ulike nivåene innen planleggingen av et byggeprosjekt.



Figur 3.1: Planleggingssystemets nivåer. (Ballard & Howell, 1998)

Metodeplanlegging bestemmer hvordan arbeidet faktisk skal gjøres, og er en komponent innen alle de tre nivåene, med stadig mer detaljerte spesifikasjoner. *Innledende planlegging* ender opp med prosjektets budsjett og tidsplan, og gir derfor en oversikt over ferdigstillelse av hele, og deler, av prosjektet. *Fremtidsrettet planlegging* skal gi et blikk fremover, altså en mer

detaljert oversikt over budsjett og tidsplan, og få plassert alle ressurser riktig.

Forpliktelsesplanlegging ender med en forpliktelse om hva som skal bli gjort etter en evaluering av hva som "bør" bli gjort i forhold til hva som "kan" bli gjort. En planleggingsprosess som er nærmere omtalt i kapittel 3.6.2. Dette baseres på de faktiske ressursene som skal brukes, sammen med de endelige forutsetningene for prosjektet.

Selv om alle disse nivåene er essensielle for å få til et effektivt kontrollsystem for produksjon, må man alltid starte med *forpliktelsesplanleggingen*. Innen dette nivået presenterer Ballard & Howell (1998) fem punkter som må oppfylles for å oppnå optimale pålitelige planer:

- Definisjon av aktivitet

Dette er en definisjon av arbeidet som skal gjøres, noe som også innebærer utstyr, materiale og mannskap. Det er også viktig at en aktivitet er godt definert når man skal avgjøre om den er ferdig eller ikke.

- Tilrettelegging for aktivitet

Her vil det si at man må sørge for at alt som er nødvendig for at en aktivitet skal kunne gjennomføres er på plass. I tillegg til at utstyr, materialer og tegninger må være på plass, er det viktig at foregående aktivitet er ferdig. Dette innebærer både at den skal være ferdigstilt, og at det skal være ryddet ordentlig opp. Det må også organiseres med andre fag som arbeider i samme område, for eksempel for å få plass til å frakte materialer og utstyr. Det poengteres også at så mye som mulig av denne tilretteleggingen bør gjøres uken før aktiviteten skal påbegynnes.

- I riktig sekvens

Under dette punktet kommer koordinering av aktiviteter. Dette innebærer at aktivitetene kommer i en rekkefølge som er riktig med hensyn til fremdriften, i tillegg til ferdigstillelsen av hele byggeprosjektet. Aktiviteter med lavere prioritet, bufferaktiviteter, bør også være med i koordineringen, slik at det ligger til rette for at det kan arbeides med disse hvis det er noe som gjør at de andre aktivitetene ikke kan gjennomføres.

- Aktiviteters størrelse

For at det skal være mulig å gjennomføre en aktivitet etter planen er aktivitetens størrelse viktig. Størrelsen på aktiviteten må være i overensstemmelse med den produktive kapasiteten til dem som skal utføre den.

- Læring

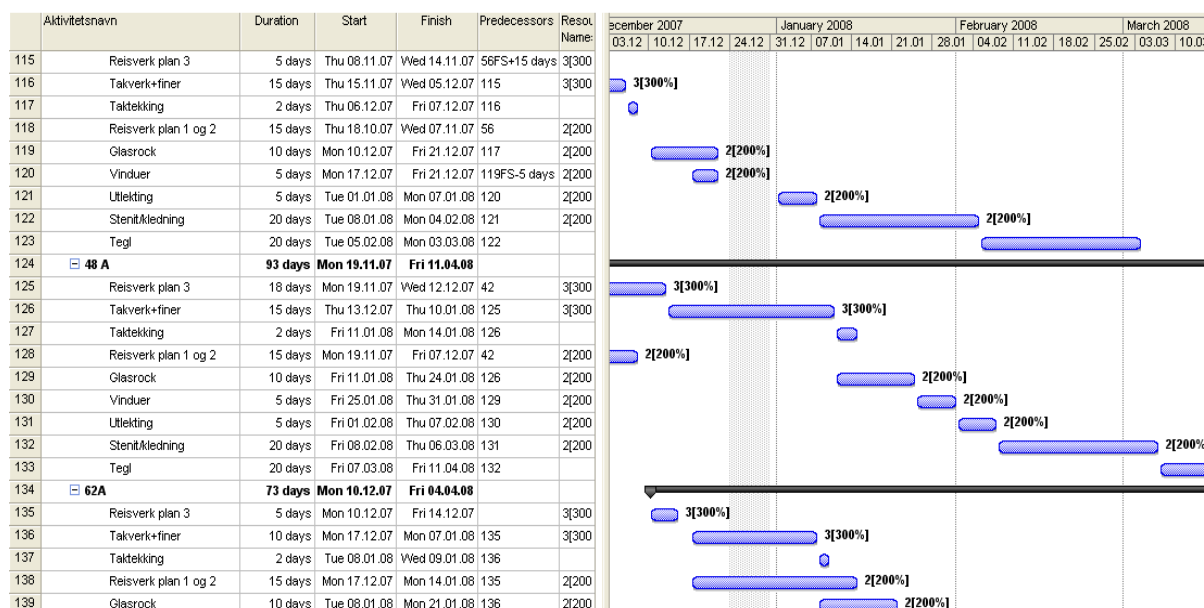
Når planleggingsperioden er over må det kontrolleres at alle aktiviteter som skulle vært ferdige faktisk er det. Om dette ikke er tilfelle må man identifisere årsakene, slik at man lærer av det og dermed kan forhindre at det skjer igjen.

3.2 Prosjektplanleggingsverktøy

Ved planlegging av et prosjekt finnes det ulike verktøy som kan brukes. Verktøyene skal være til hjelp for å få den nødvendige oversikten over de forskjellige aktivitetene prosjektet består av. De tar for seg de ulike start- og sluttdatoene, og hvilke aktiviteter som er avhengige av hverandre.

3.2.1 Gantt

Gantt- diagram (se figur 3.2) er et verktøy for å gi en oversikt over prosjektet og aktivitetene som skal bli utført. Start- og sluttdato for hver aktivitet er vist i full lengde i diagrammet. Diagrammet viser en billedlig fremstilling av produksjonsflyten og er mye brukt innen prosjektplanlegging.



Figur 3.2: Gantt- diagram. (C4, Skanska, 2008)

Et Gantt- diagram er en matrise som lister opp alle aktivitetene som skal bli gjort på den vertikale aksene. Hver rad inneholder en enkel aktivitetsidentifikasjon som vanligvis er et nummer og et navn. Den horisontale aksene starter med kolonner som indikerer aktivitetenes estimerte varighet, kunnskapsnivå som trengs for å utføre aktiviteten og navnet på personen

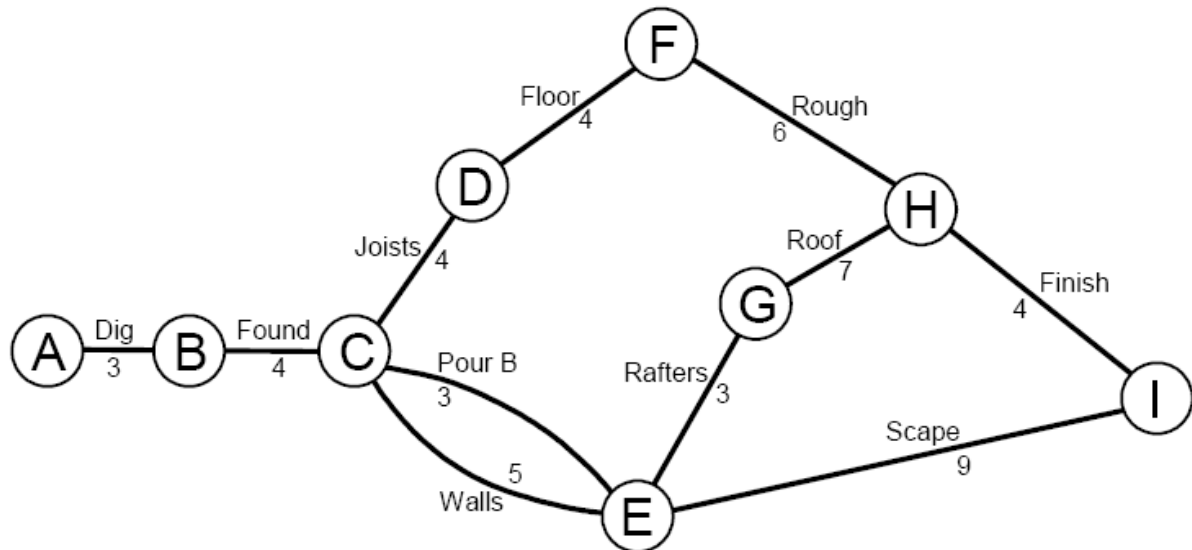
som er utpekt til oppgaven, fulgt av en kolonne for hver periode i prosjektets varighet. Hver periode kan bli uttrykt i timer, dager, uker, måneder eller andre tidsenheter. I noen tilfeller kan det være nødvendig å merke periodekolonnene med periode 1, periode 2, og så videre.

Den grafiske delen av Gantt- diagrammet består av en horisontal stolpe for hver aktivitet, som forbinder startdatoens og sluttdatoens kolonner. Et sett av markører er normalt brukt for å indikere estimert og virkelig start og slutt. I mange tilfeller når en slik type prosjektplan er brukt, er det en tom rad mellom aktivitetene. Når prosjektet er påbegynt, blir denne raden brukt til å indikere virkelig progresjon, ved hjelp av en andre stolpe som starter i periodekolonnen når aktiviteten virkelig starter og fortsetter til aktivitetens virkelige slutt. Sammenlikning mellom estimert start og slutt og virkelig start og slutt vil indikere prosjektstatus på en aktivitet- til- aktivitet basis.

Varianter av denne metoden inkluderer et lavere diagram som viser personfordeling på en person- for- person basis. For denne seksjonen inneholder den vertikale akselen antall mennesker utpekt for prosjektet. Skjemaet inneholder de samme søylene som i de øvre diagrammene og indikerer at personen jobber på en aktivitet. Verdien av dette er tydelig når det viser dødtiden for prosjektpersonalet, det vil si tiden de ikke arbeider på noe prosjekt. (Modell, 1996)

3.2.2 PERT/CPM

PERT/CPM er et nettverk som gir en oversikt over kritisk vei og relasjonene mellom aktivitetene i et prosjekt. Eksempel på dette er illustrert i figur 3.3.



Figur 3.3: PERT/CPM. (Lindo Systems, 2003)

”Program evaluation and review technique” (PERT)- diagram fremstiller aktivitet, varighet og avhengighetsinformasjon. Hvert diagram starter med en innføringsnode der den første aktiviteten, eller aktivitetene, starter. Hvis mange aktiviteter starter på samme tidspunkt, starter alle fra den samme noden eller grenen og spres utover fra startpunktet. Hver aktivitet er representert av en linje som bærer dets navn eller en annen form for identifikasjon, varigheten, antall mennesker knyttet til den og i noen tilfeller initialene til disse personene. Den andre enden av linjen er avsluttet med en annen node som identifiserer starten for en ny aktivitet, eller begynnelsen av dødtid, det vil si ventetid mellom aktivitetene.

Hver aktivitet er bundet sammen med sin etterfølgende aktivitet på en måte som former et nettverk av noder, og linjer som binder disse sammen. Diagrammet er komplett når alle de avsluttende aktivitetene kommer sammen i den siste noden. Når dødtid eksisterer mellom slutten av en aktivitet og begynnelsen av en annen, er den vanligste metoden å tegne en brutt eller stiptet linje mellom slutten av den første aktiviteten og starten av den neste, avhengige aktiviteten.

Et PERT- diagram har mange parallelle eller tilsluttende nettverk av aktiviteter. Hvis det oppsatte prosjektet har milepæler, kontrollpunkt, eller vurderingspunkt (som alle er anbefalt i en hvilken som helst prosjektplan), vil PERT- diagrammet sørge for at alle aktiviteter opp til dette punktet avsluttes i vurderings(review)noden; prosjektvurdering, godkjenninger, brukervurderinger og så videre tar tid. Denne tiden bør aldri undervurderes når prosjektplanen

skisseres opp. Det er ikke uvanlig at en vurdering tar en til to uker. Anskaffelse av ledelse og brukergodkjenninger kan ta enda lengre tid.

Når en plan utarbeides må det inkludere aktiviteter for dokumentasjonsskriving, dokumentasjonsredigering, prosjektrapportskriving og -redigering, og forandring av rapporter. Disse aktivitetene er ofte tidkrevende, derfor må ikke tiden for å gjennomføre dem undervurderes.

Et PERT- diagram er vanligvis tegnet på linjert papir der den horisontale aksene indikerer tidsperioden delt opp i dager, uker, måneder, og så videre. Selv om det er mulig å tegne et PERT- diagram for hele prosjektet er den vanligste praksisen å dele planen inn i mindre, mer meningsfulle deler. Dette er til stor hjelp hvis diagrammet av en eller annen grunn må skrives på nytt, for eksempel på grunn av uteglemte eller feilvurderte aktiviteter.

Mange PERT- diagram avsluttes ved de store vurderingspunktene, som ved enden av analysene. Mange organisasjoner inkluderer finansieringsvurderinger i prosjektets livssyklus. Når dette er tilfelle, avsluttes hvert diagram i noden for finansvurdering.

”Critical Path Method” (CPM)- diagram er like til PERT- diagram og er noen ganger kjent som PERT/CPM. I et CPM- diagram er den kritiske veien indikert. En kritisk vei inneholder et sett av avhengige aktiviteter (hver avhengig av den foregående aktivitet) som sammen tar den lengste tiden å gjennomføre. Selv om det oftest ikke blir gjort, kan et CPM- diagram definere mange, like kritiske veier. Aktiviteter som ligger på den kritiske veien bør merkes slik at de blir viet ekstra oppmerksomhet. En måte er å tegne linjene for kritisk vei med en dobbel linje istedenfor en enkelt linje.

Aktiviteter som faller på den kritiske veien bør vies spesiell oppmerksomhet av både prosjektledelsen og personalet knyttet til disse aktivitetene. Den kritiske veien kan endres i løpet av prosjektperioden. Endringen kan skje når aktiviteten er ferdigstilt, enten etter eller før planen. Dette fører til at andre aktiviteter, som fremdeles vil være på tiden, vil falle på den nye kritiske veien. (Modell, 1996)

3.2.3 Gantt vs. PERT/CPM

Gantt og PERT/CPM har med årene utviklet seg i samme retning og har derfor mange av de samme funksjonene. Hovedforskjellene er at ved Gantt vises progresjonen i planen bedre og alle aktivitetene er greit listet opp etter hverandre, mens PERT/CPM i større grad viser relasjonene aktivitetene imellom.

Gantt og PERT/CPM er tradisjonelle prosjektplanleggingsverktøy laget for utarbeidelse av planer. Verktøyene tar ikke høyde for dynamikken i byggebransjen. Problemet med planlegging i denne næringen er at det opereres med faste ledetider, hvor det må antas hvor lang til aktivitetene tar. Lean Construction og Last Planner er hjelpemidler for å integrere denne dynamikken i planene.

3.3 Bakgrunn for Lean Construction

Lean Construction er inspirert av Lean Production (se kapittel 3.3.3), en produksjonsfilosofi utviklet fra Toyota Production System (Ballard & Howell, 1998). I følge Ballard og Howell dekker ”construction” hele spekteret fra sikre og enkle prosjekter i den ene enden, til usikre og komplekse prosjekter i den andre. Det omhandler alt fra prefabrikkerte hus til unike enkeltprosjekter.

3.3.1 Toyota Production System

Toyota Production System ble utviklet i Japan etter 2. verdenskrig. Det var behov for en stor variasjon av kjøretøyer, og det var politisk vilje til å bygge opp en bilindustri. På grunn av begrensede ressurser ble det siktet mot å unngå sløsing og defekter, og oppnå en jevn produksjonsflyt. Taiichi Ohno er en sentral person innen utviklingen av dette systemet. Ettersom det var stor kapitalmangel gikk evolusjonen i den retning at det ville være avgjørende å møte kundenes behov. Dette behovet viste seg å kreve produksjon av et lite antall, av mange forskjellige biler. (Ballard & Howell, 1998)

3.3.2 Just In Time

På 1980- tallet spredte Toyota Production System seg til USA der det ble kjent som Just In Time (JIT). JIT er en lager/ innkjøpsstrategi for å redusere lagerbeholdningen, og dermed redusere kostnadene denne fører med seg. JIT handler om å ha de riktige materialene, til avtalt tid, på det avtalte stedet, og i den nøyaktig avtalte mengden. Det skal bruke minst mulig ressurser og sløsing skal elimineres. JIT starter med å eksponere problemer, studere dem, finne årsakene til problemene og gjøre forbedringer gjennom å fjerne årsakene. For å illustrere hvordan JIT- filosofien kan finne sløsing i sine prosesser kan man se på det japanske eksemplet med ”steinene i elven” (Eikeri, 1989). Her senkes vannstanden i elven slik at steinene som elven skjuler kommer til syne. Steinene er da hinderet som hindrer flyten av vannet. Med andre ord kan man redusere lagerbeholdningen for å få frem problemene og eliminere dem, slik at produksjonsflyten bedres. Vannet er lagerbeholdningen som skjuler steinene/ problemene.

3.3.3 Lean Production

Begrepet Lean Production ble introdusert i boken "The Machine that changed the World– the story of Lean Production" (Womack, Jones & Roos, 1990), og har Just In Time- prinsippet som det essensielle. I Lean ble det reflektert rundt Toyotas fokus på å redusere sløsing i sammenheng med kunsten å masseprodusere. Her var det igjen Ohno som mente at det er bedre å kvalitetssikre produktet når det produseres, enn å skulle fikse eventuelle småfeil når produktet er ferdig. Han ville ikke at det skulle fokuseres på å holde maskinene på maksimum produksjonen hele tiden, slik som i USA, men at hver enkelt arbeider skulle ha mulighet til å stanse produksjonslinjen dersom de oppdaget feil.

3.3.3.1 Pull vs. push

Samtidig med dette gikk Ohno inn for at det ville være bedre å produsere etter et såkalt pull-system. Systemet gikk ut på at etterspørselen hos nedstrømsbedrifter ble signalisert til oppstrømsbedrifter, og at man dermed kunne produsere basert på denne etterspørselen. Dette har flere fordeler sammenlignet med push, hvor man ofte vil produsere for mye og få store ferdigvarelagre. Pull er samtidig essensielt for å redusere varer i arbeid, det vil si få mindre kapitalbinding og lavere kostnader knyttet til eventuelle endringer i design. Hovedpoenget med pull- systemet er å få til en rask reaksjon på faktisk etterspørsel. For å oppnå dette innen byggebransjen, er det mulig å bruke Kanban for forsyning av materialer. Da sendes det signaler bakover i forsyningskjeden, med informasjon om hva som er blitt forbrukt eller produsert. På denne måten blir det bestilt nye varer når lagerbeholdningen går under et forhåndsbestemt minimumsnivå.

3.3.3.2 Redusere sløsing

I Lean- filosofien fokuseres det mest på reduksjon av sløsing, det vil si alle produksjonsaktiviteter som forbruker ressurser uten å tilføre produktet verdi. Taiichi Ohno (1988) opererer i sin bok med syv former for sløsing; overproduksjon, venting, transport, lager, overprosessering, unødvendige bevegelser og defekter.

- *Overproduksjon* vil si at det produseres mer enn ordrene. Dette fører med seg lagerbeholdning, overbemanning, forsinkelser for andre ordre, og mulig vraking av produkter.
- *Venting* er tid som går med uten at det skapes verdi for kunden. Typiske eksempler her kan være å vente på personale, vente mens produktet bearbeides, vente på transport og lignende.

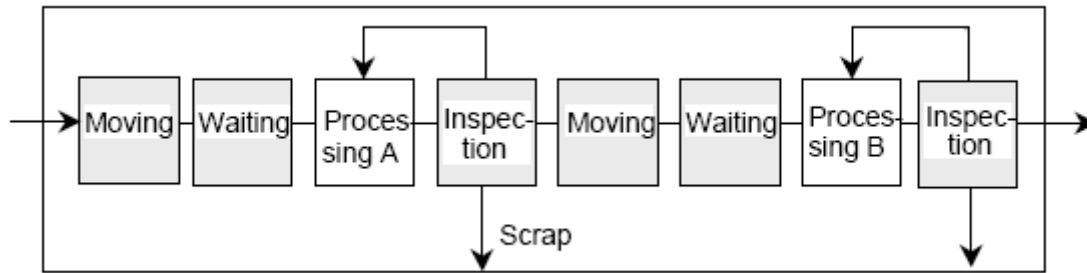
- *Transport* er en viktig aktivitet, men er ofte den vanligste formen for ikke-verdiskapende aktiviteter. Dette fordi et produkt mange ganger fraktes for langt mellom ulike arbeidsstasjoner, eller innom unødvendige mellomagre.
- *Lager* fører med seg større risiko for skade på varene, mer transport og ekstra plassbehov. Derfor bør både ferdigvarelagre, mellomagre og råvarelagre reduseres eller elimineres.
- *Overprosessering* kan være å tilføre et produkt høyere kvalitet enn det kunden er villig til å betale for, eller at en prosess må gjentas hvis den i første omgang ikke ble utført bra nok.
- *Unødvendig bevegelse* innebærer leting etter og henting av verktøy, og også vandring mellom arbeidsstasjoner som er lokalisert for langt ifra hverandre.
- Den siste formen for sløsing er *defekter*. Det som hører hjemme her er feilproduksjon, korrigering eller reparasjon av maskiner, gjenarbeid, skraping, samt inspeksjoner.

Innenfor byggebransjen vil alle disse formene for sløsing, med unntak av overproduksjon, være sentrale.

3.3.3.3 Transformasjon og flyt

I tillegg til å redusere sløsing fokuserer Lean på å forbedre flyten, få bedre kundeforståelse og å fokusere på prosessen. Etersom verdiskapning skjer, i en eller annen form, i alle deler av alle foretak, vil en del aspekter fra Lean være relevant for alle bransjer. Dette gjelder spesielt den prosjektbaserte produksjonen i byggebransjen, som er nevnt over som Lean Construction.

Transformasjon er alle verdiskapende aktiviteter, det vil si alle operasjoner og prosesser som er med på å tilføre produktet mer verdi. *Flyt* fokuserer på det som skjer mellom transformasjonene. Dette kan være flytting av materialer, inspeksjon og venting. I figur 3.4 viser de skraverte feltene aktiviteter som ikke er verdiskapende. De fleste aktivitetene på figuren er ikke verdiskapende, det er derfor viktig å fokusere på å eliminere eller redusere disse aktivitetene for å få lavere kostnader og bedre flyt. (Koskela, 2000)



Figur 3.4: Aktiviteter i et produksjonssystem. (Koskela, 2000)

3.3.3.4 Kognitiv Psykologi

Kognitiv psykologi er en del av psykologien som omhandler hvordan mennesker oppfatter, husker og bearbeider informasjon. Sentrale temaer er hukommelse, persepsjon, oppmerksomhet og menneskelig beslutningstaking. Kognisjon dekker både hvordan hjernen fungerer og hvordan man tenker. (Skarby, 2006)

Informasjonsflyt er viktig innen Lean- tankegangen. Formidling av planer blir derfor påvirket av det menneskelige og vil oppfattes forskjellig fra person til person.

3.4 Lean Construction

Motivasjonen for å overføre tankene fra fabrikkindustrien til byggebransjen, det vil si transformasjonen av *Lean Production* til *Lean Construction*, var de store kostnadsoverskridelsene og forsinkelsene som preget byggebransjen. I forhold til andre industrier hadde byggebransjen også lav produktivitet og langt flere skader. Lean Construction dreier seg om prosjektbasert produksjon av unike enkeltprodukter.

Lean Construction har som mål å kunne møte kundenes behov bedre, samtidig som det brukes færre ressurser. Alt som ikke tilfører produktet verdi skal elimineres, og produksjonen skal organiseres som en kontinuerlig strøm. Det handler om å forstå og forbedre den prosjektbaserte produksjonen i byggenæringen. Lean Construction kan brukes til å utforme produksjonssystemer for å minimalisere materialer, tid og innsats, og samtidig generere maksimum verdi. For å få dette til er det viktig med et godt samarbeid mellom de ulike prosjektdeltakerne på et så tidlig tidspunkt av prosjektet som mulig.

Lean Construction sikter mot å forbedre et prosjekt aktivitet for aktivitet. Ved å dele prosjektet inn i ulike aktiviteter, og sette disse sammen i optimal rekkefølge, kan tid og kostnad estimeres for hver enkelt aktivitet, og dermed også for prosjektet som helhet. Selv om

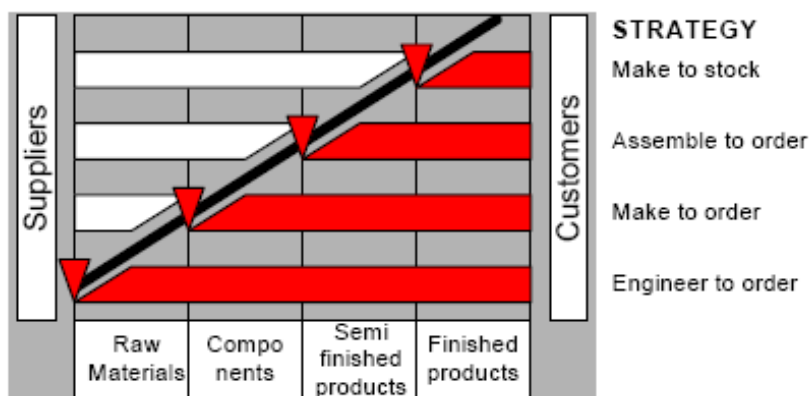
prosjektet er delt opp i forskjellige aktiviteter er det, som nevnt over, viktig å samarbeide mellom yrkesgrupper, og tenke på at egne handlinger påvirker andre involverte. At hver aktivitet har sitt ansvarlige "crew" er spesielt for Lean Construction, og er en av grunnene til at det er så viktig å planlegge et prosjekt nøye før man begynner. Det første som må håndteres innen Lean Construction er effekten av avhengighet kombinert med variasjoner.

Avhengigheter i byggebransjen er ofte serieavhengighet eller rekkefølgeavhengighet, for eksempel ved at murer må være ferdig før maler kommer til. På grunn av uforutsigbarheten i byggebransjen står man ofte ovenfor store eller små variasjoner, både i forhold til planen og i forhold til det endelige resultatet. Det er også viktig å ha i tankene at alle aktiviteter helt til slutt er gjensidig avhengig av hverandre for å kunne ferdigstille prosjektet. Dette blir mer viktig med hensyn på planlegging og kontroll ettersom det er ønskelig at prosjektenes varighet skal kortes ned, samtidig som de er like komplekse. (Howell, 1999)

Det finnes god kunnskap innenfor Lean Construction i dag. Hovedproblemet er imidlertid at innføringen i praksis går sent, og at store deler av byggebransjen tviholder på gamle rutiner istedenfor å tenke nytt. Et godt initiativ er opprettelsen av nettverket Lean Construction- NO. Nettverket samler aktørene i bransjen og sørger for utveksling av kunnskap dem imellom.

3.4.1 MTO vs. ETO

For å samkjøre produksjonen med markedet, kan en se på hvor kundens dekoplingspunkt er. Strategiene å velge mellom her er engineer-to-order (ETO), make-to-order (MTO), assemble-to-order (ATO) og make-to-stock (MTS). Disse strategiene innebærer problemstillinger rundt produksjon, variasjon i de produserte produktene, og bedriftens markedsandel. Strategiene kan også variere fra å komme opp med unike produkter til å skaffe standard produkter fra et ferdigvarelager. Hovedforskjellen på disse fire strategiene er da plasseringen av kundens dekoplingspunkt. Dette er illustrert i figur 3.5.



Figur 3.5: Kundens dekoplingspunkt. (Kalsaas & Alfnes, 2006)

Figur 3.5 viser altså hvordan kunden kommer inn i bildet på forskjellige punkter, avhengig av hvilke strategi som velges. I forhold til Lean Construction er det MTO og ETO som står sentralt. Ved å bruke strategien ETO er kundens dekoplingspunkt helt i begynnelsen. Entreprenøren har da en totalentreprise, hvor byggherren kommer med en beskrivelse av hva de ønsker før engineeringen (ingeniørarbeidet) påbegynnes. Her er både produksjonsplanlegging og prosjektplanlegging viktig. I MTO kommer entreprenøren inn noe senere, etter at engineeringen er ferdig, og man har da en delentreprise. Da brukes det for eksempel tegninger fra tidligere prosjekt, eller kunden står for engineeringen selv. Utenom byggebransjen er det vanlig å bruke strategien MTO når det er snakk om stor variasjon i produkter, og lave produksjonsvolum. (Kalsaas & Alfnes, 2006)

3.5 Supply Chain Management

Supply Chain Management (SCM) omfatter hele prosessen med å planlegge, iverksette og styre driften av forsyningskjeden så effektivt som mulig. Det vil si alt som skjer fra råvarer og helt til produktet er hos den endelige kunden. Supply Chain Management innebærer dermed all flytting og lagring av råstoffer, arbeid i prosesser og ferdige varer. I tillegg bidrar Supply Chain Management til bedre samarbeid og relasjoner mellom leddene og organisasjonene i kjeden. Dette fører til konkurransefortrinn, blant annet på grunn av bedre informasjonsdeling. Forsyningskjeden som helhet vil klare å skape verdi til en lavere kostnad. (Chopra & Meindl, 2007)

Styring av forsyningskjeden (SCM) står sentralt i forhold til om Lean Construction oppnås. Samarbeid mellom byggherre, entreprenør, underentreprenører og leverandører, og det store nettverket disse utgjør, er relasjoner som gjør styring av forsyningskjeden viktig. For å klare å

holde en jevn flyt uten forsinkelser i byggebransjen er planleggingen i forkant, samt en nøyaktig og detaljert fremdriftsplan, avgjørende. En slik plan vil også gjøre årsaker til lav effektivitet og høye kostnader tydeligere, og det blir dermed enklere å se hvilke forbedringer og tiltak som gir de beste resultatene.

3.6 Last Planner

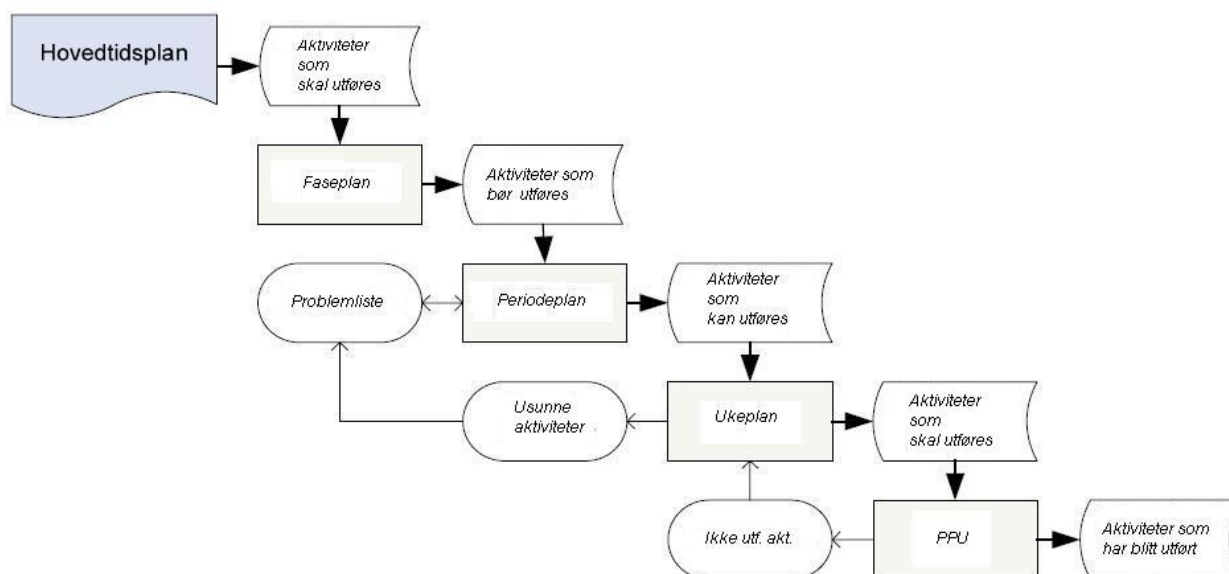
Design og konstruksjon krever planlegging og kontroll utført av forskjellige personer i forskjellige deler av organisasjonen, til forskjellige tider i løpet av prosjektets livssyklus. Planlegging høyt oppe i organisasjonen har en tendens til å fokusere på mål og begrensninger som gjelder for prosjektet som en helhet. Disse målene driver et lavere nivå av planlegging som spesifiserer tiltak som må til for å oppnå ønsket resultat. Til sist vil noen (individ eller gruppe) bestemme hva slags fysisk, spesifikt arbeid som blir gjort i morgen. Denne typen planer blir kalt aktiviteter (assignments). Disse er unike fordi de driver det direkte arbeidet. Det er altså laveste nivået av planer, og ingen nye planer utarbeides fra disse. Personen eller gruppen som fremstiller aktivitetene blir kalt "The Last Planner". (Ballard 2000)

Last Planner er et prosjektplanleggingssystem som tar hensyn til dynamikken og uforutsigbarheten i byggebransjen. Kontrollfokus flyttes fra arbeiderne og over til flyten av arbeidet som binder dem sammen. Til forskjell fra tradisjonell prosjektplanlegging tar Last Planner for seg flere plannivåer, hvordan planene skal bygges opp og hva de skal inneholde, med flyt i produksjonen som målsetning. Gantt og PERT/CPM er prosjektplanleggingsverktøy som kan brukes innenfor Last Planner systemet for å visualisere planene.

3.6.1 Fire plannivåer

"The Last Planner System" (LPS) legger til rette for flyt i produksjonen gjennom fire plannivåer (se figur 3.6) fra:

- 1) hovedtidsplanen som den overordnede, via
- 2) fase- og
- 3) periodeplan til en
- 4) rullerende ukeplan, som er det mest detaljerte plannivået.



Figur 3.6: Last Planners fire plannivåer. (Ebbesen, 2006)

3.6.1.1 Hovedtidsplanen

Hovedtidsplanen (hovedfremdriftsplanen) er avtalen mellom byggherren og entreprenørene. Den tar for seg hva som skal skje for å tilfredsstille byggherren. Prosjektet fastlegger verdien og betingelsene beskriver prosessen. Hovedtidsplanen fastlegger de milepælene som er vesentlige for byggherren. Hvis en ser på planen som en avtale er det snakk om noen få milepæler, eventuelt en liste over kritiske milepæler for beslutninger. (Bertelsen, 2005)

Funksjoner til hovedtidsplanen (Ballard & Howell, 2006):

- Vise at det er mulig å gjennomføre arbeidet innenfor tilgjengelig tid.
- Utvikle og fremvise strategiene for fullføring.
- Avgjøre når materialer med lang ledetid trengs.
- Understreke viktigheten av milepælene for klientene og andre interessegrupper.

3.6.1.2 Faseplanen

Faseplanen beskriver hele byggeprosessen innenfor rammene av hovedtidsplanen som er fastsatt i kontrakten. Ut ifra faseplanen bestilles materialer og den fastlegger samtidig den ”riktige” byggeprosessen, det vil si hva som **bør** skje (Bertelsen, 2003). Planen utarbeides i begynnelsen av prosjektet og kan dekke én fase av prosjektet, eller hele utførelsen.

Ved å involvere alle med relevant ekspertise i faseplanleggingen oppnår man den optimale faseplanen. For å forsikre seg om at alle involverte forstår og støtter planen blir den utviklet i et team. I faseplanen er det viktig at utvalget av verdiskapende oppgaver utløser annet arbeid ved å ta utgangspunkt i ferdigstillelsesdatoen, og derfra arbeide seg bakover for å lage en pull-plan. Det skal i tillegg bestemmes tilgjengelig tid for alternative situasjoner og fastsettes som et team hvordan denne tiden skal brukes.

3.6.1.3 *Periodeplanen*

Periodeplanen er en rullerende avtale der foregående uke kontinuerlig blir erstattet av en ny uke. Planen tar for seg hva som må skaffes, og kan derfor kalles en logistikkplan. En periodeplan ser fem til åtte uker fremover i tid avhengig av prosjektets karakter.

Periodeplanen sikrer sunne aktiviteter og er derfor styrkende for logistikken. Planen er ikke selve produksjonsplanen, men gir en oversikt over potensielle aktiviteter som kan ventes i den neste perioden. Planen fastlegger derfor hva som *kan* gjøres.

Funksjoner til periodeplanen (Ballard & Howell, 2006):

- Skape rekkefølge og hyppighet
- Opprettholde en logg med sunne bufferaktiviteter
- Tilpasse arbeidsflyt med kapasitet
- Utvikle en detaljert plan for hvordan aktiviteter skal bli utført

3.6.1.4 *Ukeplanen*

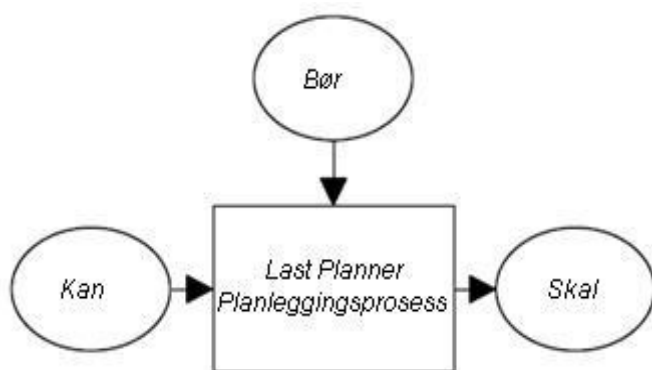
Ukeplanen er den endelige styringen av produksjonen, og kan betegnes som *utførelsen*.

Planens varighet varierer fra en til tre uker og inneholder en liste med aktiviteter som *skal* fullføres i løpet av gitt tidsperiode. Ukeplanen er i likhet med periodeplanen rullerende, dette betyr at når en uke er ferdig blir en ny uke planlagt. Planene lages så sent som mulig og det skal kun tillates sunne aktiviteter (se kapittel 3.6.3.1). Ukeplanen skal derfor kontrolleres slik at alle forutsetningene for sunne aktiviteter er til stede (Bertelsen, 2003). Planen skal gjøre arbeidet enklere for alle fag ved å være lettfattelig, med oversikt over hvem som jobber med hva de bestemte ukene. En viktig del av Last Planner er å måle PPU på ukeplaner (se kapittel 3.6.3.3).

3.6.2 **Bør- kan- skal- gjorde (Ballard, 2000)**

Planleggingsprosessen i Last Planner systemet skal resultere i å si hva som *skal* bli gjort, forhåpentligvis i overensstemmelse med det som *bør* bli gjort, innenfor restriksjonene om hva

som *kan* bli gjort (se figur 3.7). Det vil her være planpåliteligheten som avgjør om denne overensstemmelsen er tilstede.



Figur 3.7: Formingen av oppdrag i Last Planners planleggingsprosess. (Ballard, 2000)

Last Planner systemet blir noen ganger evaluert som om det ikke skulle være noen forskjell mellom *bør* og *kan*. Arbeidsledere ser det som deres jobb å holde press på deres underordnede for å gjennomføre aktiviteter selv om det oppstår hindre. Altså at det som står på planen fra uke til uke skal gjøres uansett, selv om aktivitetene ikke er sunne (se kapittel 3.6.3.1). Men på grunn av uregelmessig levering av for eksempel informasjon, og uforutsigbar ferdigstillelse av nødvendig arbeid, er det ikke alltid det er mulig å gjøre det man *bør* gjøre. Dette kan da føre til at man ikke kan følge den planen som anviser faktisk produksjon.

Last Planner produksjonskontrollsystem er en filosofi. Denne inneholder regler og prosedyrer som forteller hvordan planene skal bygges opp ved hjelp av verktøy som *hindringsanalyse* (se kapittel 3.6.3.1). For å kunne flytte kontrollfokus fra arbeiderne og over til flyten av arbeidet som binder dem sammen har systemet to komponenter: produksjonsenhetskontroll og arbeidsflytkontroll. Jobben til den første er å lage progressivt bedre aktiviteter (assignments) for å dirigere arbeiderne gjennom kontinuerlig læring og forbedrede handlinger. Funksjonen til arbeidsflytkontrollen er å linke arbeid til strømmen på tvers av produksjonsenheter i den best mulige rekkefølge og hastighet (rate).

3.6.2.1 Produksjonsenhetskontroll

Det viktigste for et planleggingssystem på produksjonsenhetskontrollnivået er kvaliteten på output, med andre ord; kvaliteten på planene utarbeidet av "The Last Planner".

Produksjonsenhetskontrollen er en sjekklister for aktiviteten før den blir utført, der det sørges for at alle nødvendige tiltak er gjort slik at aktiviteten kan gjennomføres. (Ballard, 2000)

Det er fire slike kritiske kvalitetskarakteristikker:

- Aktiviteten er godt definert, det vil si at man vet hva aktiviteten innebærer og at det ikke er usikkerheter i hvordan den skal gjennomføres
- Riktig sekvens/rekkefølge av arbeidet er valgt
- Riktig mengde arbeid er valgt
- Det valgte arbeidet er anvendelig eller sunt (se kapittel 3.6.3.1)

3.6.2.2 Arbeidsflytkontroll

Mens produksjonsenhetskontroll koordinerer utførelsen av arbeid innenfor produksjonen, tar arbeidsflytkontroll for seg koordineringen av arbeidsflyten igjennom de forskjellige produksjonsenheter. I hierarkiet av planer har periodeplanen ansvaret for kontroll av arbeidsflyten. (Ballard, 2000)

3.6.3 Ulike målemetoder

En viktig del av planleggingsarbeidet er å få oversikt over hvor pålitelig planen er, om aktivitetene i planen faktisk *kan* gjennomføres, hvor effektivt arbeidet er utført og hva som er grunnene til at aktiviteter ikke ferdigstilles i tide. For å få denne oversikten følger her målemetoder og analyser som er relevante å bruke.

3.6.3.1 Hindringsanalyse

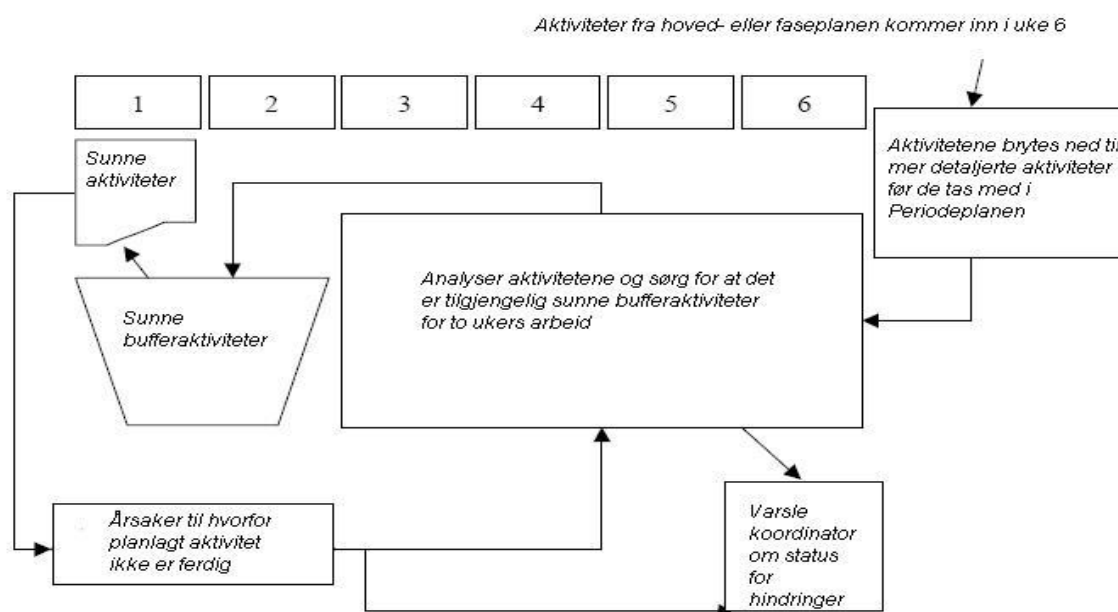
Ifølge Last Planner er det viktig at de aktivitetene som tas med i planen er sunne. For å avgjøre om en aktivitet er sunn, analyseres forutsetningene for at de kan gjennomføres ved hjelp av en hindringsanalyse. Ifølge Bertelsen (2003) skal syv forutsetninger være oppfylt før en aktivitet kan betegnes som sunn, og det er dette som er hindringsanalysen:

- Foregående arbeider skal være avsluttet
- Det skal være plass
- Arbeiderne skal være tilstede
- Materialet skal være tilstede
- Utstyr skal være tilstede
- Tegninger og informasjon skal være tilstede
- Eksterne forhold (for eksempel været), godkjenninger og lignende, må være i orden

Disse syv forutsetningene er én av de fire kritiske kvalitetskarakteristikkene under kapittel 3.6.2.1 om produksjonsenhetskontroll. I likhet med forutsetningene i hindringsanalysen (sunn aktiviteter) må også kvalitetskarakteristikkene være til stede for å få gjennomført en

aktivitet. Hvis aktivitetene ikke er klare til gjennomføring bør det være et sett med bufferaktiviteter som kan utføres istedenfor, dette for å unngå venting. Bufferaktiviteter vil si aktiviteter som ikke ligger på kritisk linje og som kan utføres innenfor et større tidsrom. (Se nivåer innen forpliktelsesplanlegging i kapittel 3.1.1.)

Ved bruk av hindringsanalyse ligger man i forkant med klargjøring av aktivitetene i periodeplanen før de tas med i ukeplanen. Derfor skal forutsetningene for sunne aktiviteter, og hvem som er ansvarlig for å legge forutsetningene til rette, være utført før aktiviteten settes i gang. Hindringsanalysen gir leverandører av varer og tjenester mulighet til å styre produksjonen og leveranser hensiktsmessig og gir dessuten tidlig varsel om problemer. Analysen utføres i periodeplanen (se figur 3.8 under) for å angi hvilke aktiviteter som kan tas med i ukeplanen. Disse kalles sunne bufferaktiviteter, og danner et utvalg av sunne aktiviteter som er grunnlaget for ukeplanene. (Ballard, 2000)



Figur 3.8: Hindringsanalyse. (Ballard, 2000)

Pull er en måte å få materialer, aktiviteter eller informasjon inn i en produksjonsprosess. Den alternative metoden er å "pushe" input inn i en prosess basert på ønsket leveringstid eller ferdigstillelsesdatoer. Konstruksjonsplaner har som oftest vært push- mekanismer. I kontrast til push gjør pull- metoden det mulig å kun sette inn aktiviteter i en prosess hvis prosessen har kapasitet til å utføre arbeidet. Ved hjelp av hindringsanalysen i Last Planner- systemet gjør

godkjenning av aktivitetene og kvalitetskriteriene i periodeplanen det mulig å sjekke denne kapasiteten. Å gjøre aktiviteter klare i periodeplanprosessen er en eksplisitt anvendelse av pull- teknikker. Ballard argumenterer dermed for at Last Planner er en pullprosess. (Ballard, 2000)

3.6.3.2 Årsaksanalyse

En årsaksanalyse viser grunnen til at ikke enkelte aktiviteter er blitt gjort. Årsakene/ kategoriene som hver aktivitet blir plassert under er (Ballard, 2000):

- Mangel på arbeidskraft
- Foregående aktivitet
- Utilstrekkelig tid
- Mangel på tegninger
- Prioritetsendringer
- Tekniske endringer
- Vær, vind og eksterne forhold
- Lagerkapasitet, plassmangel
- Utstyr og materiell
- Sykdom
- Andre

Hindringsanalyse utføres før aktiviteten gjennomføres, mens årsaksanalysen benyttes etterpå for å kartlegge hvor aktiviteten feilet. Årsaksanalysen vil være et godt hjelpemiddel for å se hvilke kategorier i analysen hovedtyngden ligger i. Ut i fra disse opplysningene vil det være mulig å gjennomføre tiltak for å bedre påliteligheten.

3.6.3.3 Prosent Plan Utført

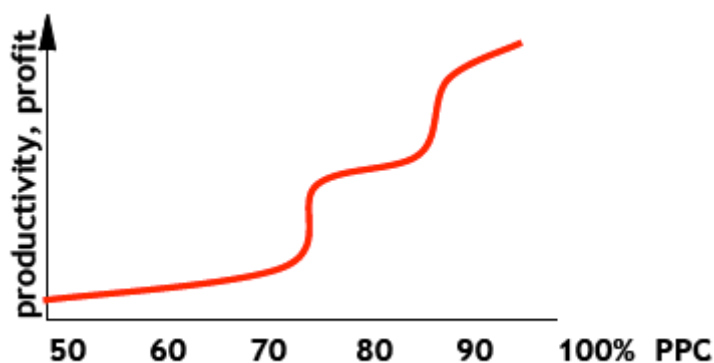
Prosent Plan Utført (PPU) er et metrisk mål på påliteligheten til en plan. PPU viser andelen av de planlagte arbeidsoppgavene som blir utført innenfor et avgrenset tidsrom, ofte forrige ukes aktiviteter. Man finner PPU ved hjelp av en enkel likning:

$$PPU = \frac{\text{antall ferdigstilte aktiviteter}}{\text{antall planlagt ferdigstilte aktiviteter}}$$

PPU gir en indikasjon på hvor god planen er i forhold til virkeligheten. Et prosjekt med en lav PPU har i stor grad avveket fra den opprinnelige planen. Avvikene eller årsakene kan bli kartlagt gjennom en årsaksanalyse for å finne ut hvor ting gikk galt. En kan da fordele

prosentene i PPU på årsakene i årsaksanalysen, og derfra finne hvor den viktigste årsaken til svikt ligger.

Byggeplasser som ikke bruker Last Planner har en gjennomsnittlig PPU på 30 %, altså utføres kun en tredjedel av aktivitetene i tide. Studier i USA og Storbritannia viser at det er stegforandringer i produktivetsmarginer (se figur 3.9) ved en PPU på rundt 75 % og 90 %. (Mossmann, 2004)



Figur 3.9: Stegforandringer i produktivetsmarginer. (Mossman, 2004)

3.7 Risiko

Risiko defineres som kombinasjonen av sannsynligheten for at en hendelse inntreffer, og hendelsens konsekvens. Uforutsette hendelser påvirker et prosjekts fremdrift. Det er derfor viktig å identifisere prosjektets risikoer og finne måter å redusere disse på. Ved å styre forsyningskjeden hensiktsmessig, der informasjon og kommunikasjon er det essensielle, vil usikkerheter mellom leddene i kjeden minimaliseres, og risikoen dermed reduseres. Innenfor hvert ledd i kjeden kan det utarbeides egne risikoanalyser og deretter tiltak for å redusere de identifiserte risikoene.

Det finnes flere typer risiko. Eksempler er praktisk risiko, kontraktsrisiko og usikkerhetshåndteringer, samt risiko i forhold til rykte (mediarisiko), økonomi, tid, miljø og kvalitet.

Severity class	Annual probability						
	Negligible		Very Low		Low		High
	1E-06	1E-05	1E-04	1E-03	1E-02	1E-01	1
Catastrophic					NOT	ACCEPTABLE	
Severe			ALARP				
Moderate							
Limited		ACCEPTABLE					

Figur 3.10: ALARP (As Low As Reasonably Practicable)- filosofien. (Lassen, 2007)

Figur 3.10 presenterer ALARP (As Low As Reasonably Practicable)- filosofien, og viser at kombinasjonen av sannsynlighet og konsekvens bestemmer risikoen. Hvis konsekvensen av hendelsen er liten, kan akseptabel sannsynlighet være høyere enn hvis konsekvensen er stor. Det grønne feltet viser akseptabel risiko.

Begrepet risiko vil i denne oppgaven hovedsaklig omhandle risiko i forhold til tid. Det vil si å identifisere potensielle risikoer i prosjekter i planleggingsfasen, og deretter estimere tilstrekkelig tid for aktivitetene ut ifra disse. Risikovurderinger kan også avdekke feil i tidsplanleggingen av eksisterende planer, og gi en pekepinn på hvor det realistiske tidsbehovet virkelig ligger.

Det kan utføres tiltak for å redusere sannsynligheten for at hendelser inntreffer. En slik reduksjon av sannsynligheten vil i sin tur redusere risikoen. Med en redusert risiko kan aktivitetenes varighet kortes ned og ferdigstillelsesdatoen fremskyndes.

For å behandle denne risikoen finnes det ulike verktøy og analyser som kan gjennomføres i forkant, og under planleggingen av prosjektene.

3.7.1 Pertmaster

Pertmaster er en risikoanalyse som tar for seg hele prosjektets levetid, og integrerer risikoen rundt kostnader og tidsplan. Pertmaster er et omfattende verktøy for bedre å sikre seg et suksessfullt prosjekt. Med dette har man raske og enkle teknikker for å komme frem til uforutsette hendelser som kan påvirke aktivitetene i tidsplanen, og tiltak for hvordan disse eventuelt skal håndteres.

Standard kritisk vei- analyser (PERT/CPM og Gantt) bruker bare ett enkelt estimat av aktivitetenes lengde for å kalkulere prosjektplanen. Pertmaster bruker derimot Monte Carlo simulering (se kapittel 3.7.1.2) for å utforme et sett av verdier, og ut ifra disse beregne aktivitetenes sannsynlige varighet.

Pertmaster opererer med et risikoregister. Tidligere utviklede risikoregistre integreres i prosessen, samtidig som det defineres nye risikoregistre direkte med Pertmaster. Det modelleres både kvalitative og kvantitative, positive og negative risikobegivenheter (trusler og muligheter) sammen med tilhørende responsplaner som formilder omstendighetene. Pertmaster integrerer automatisk de identifiserte risikobegivenhetene i planen ved å lage en risikobegivenhetsplan. Disse risikobegivenhetsplanene kan deretter bli analysert for å avgjøre nøkkelisikodriverne så vel som kostnadseffektiviteten av de identifiserte formildende strategiene.

Risikoregisteret gir brukeren mulighet til å utføre en detaljert risikobedømmelse for aktivitetene i et prosjekt. Hvis det ikke brukes risikoregister under risikobedømmelsen er man bundet til å beskrive risikoen ved å bruke tripplestimater. Tripplestimater (se kapittel 3.7.2.2) er et stort fremskritt fra bruk av enkeltpunktestimering, men tripplestimatene gjør det heller ikke mulig å sile ut årsakene til de forskjellige resultatene. (www.primavera.com)

3.7.1.1 Eksempel på risikobedømmelse

I dette eksempelet på risikobedømmelse skilles ikke risiko og muligheter fra usikkerheten.

Et team vurderer risikoen rundt varigheten til aktivitet A, som har blitt bestemt til å ha en varighet på 10 dager. For å prøve å forstå usikkerheten som omslutter dette identifiseres sannsynligheten for at det skal bli forsinket. Verst tenkelig kan aktiviteten ta 45 dager. Derfor brukes dette som et maksimum i tripplestimatet. Beste tid er satt til å være åtte dager. Figur 3.11 viser hvordan dette ser ut i programmet.



Figur 3.11: Eksempel tripplestimat. (www.primavera.com)

Pertmasters risikoregister tillater en å være mer spesifikk med usikkerheten rundt denne aktiviteten. Teamet har identifisert at ”verstetid” på 45 dager er utarbeidet på grunn av én spesifikk begivenhet. Denne hendelsen kan settes inn i risikoregisteret og deretter:

- bli bestemt separat
- bli forstått, rapportert og håndtert
- bli håndtert bedre, ved å fordele spesifikt ansvar

Ut ifra hva teamet mener om risikobegivenheten estimerer de at det er 5 % sannsynlighet for at den skal inntreffe, og den spesifikke forsinkelsen risikobegivenheten forårsaker vil være mellom 20 og 30 dager. Deretter går dette inn i risikoregisteret (se figur 3.12), og dette gir en innvirkning på aktivitet A som vist i figur 3.13.

ID	T/O	Title	Quantified	Probability
1	T	Risk 1	<input checked="" type="checkbox"/>	5%

Figur 3.12: Risikoens sannsynlighet satt inn i registeret. (www.primavera.com)

Impacts for Risk 1		Schedule			
Task ID	Description	Shape	Min	Likely	Max
0010	Task A	Triangle	20	25	30

Figur 3.13: Risikoens innvirkning på aktivitet A. (www.primavera.com)

Nå vet en at risikobegivenhetene er den eneste grunnen til at aktivitet A kan bli forsinket. Selv uten risikobegivenheten føler teamet at aktiviteten kan bli forsinket opp til fem dager. Som et resultat justeres det originale tripplestimatet tilsvarende, vel vitende om at den ekstra forsinkelsen er notert og dermed tatt med i analysen ved hjelp av risikoregisteret. Figur 3.14 viser det nye tripplestimatet.



Figur 3.14: Nytt tripplestimat. (www.primavera.com)

Resultatet blir en "verstetid" på 15 dager. "Verstetiden" på 45 dager har ikke blitt ignorert, men en har blitt gitt muligheten til å tenke grundig igjennom dens sannsynlighet, og det er satt inn i en sammenheng.

Det er ytterligere fordeler ved å bygge og vedlikeholde et risikoregister på denne måten. Et separat risikoregister kan forsterke kontraktsforhandlingene ved at spesifikke risikoer kan ekskluderes fra kontrakten, og det kan avklares på forhånd hvilken part som skal bære risikoen. Det kan også utarbeides tiltak mot uforutsette hendelser basert på risikoene som kommer frem i risikoregisteret, og ut ifra risikoanalysen.

Når alt er klart til å kjøre en risikoanalyse i Pertmaster, vil risikobegivenheten automatisk legges til aktiviteten. Resultatet er illustrert i figur 3.15.



Figur 3.15: Risikobegivenheten lagt til aktiviteten. (www.primavera.com)

Den liggende søylen i Gantt- diagrammet i figur 3.15 viser hvordan risikobegivenheten forsinker aktiviteten. Den viser at risikobegivenheten har null varighet fordi det her planlegges at den ikke skal inntreffe.

Dette enkle eksempelet dekker ikke Pertmasters evne til å sammenfatte både risiko og muligheter. Det dekker heller ikke forhold der en risiko/ mulighet påvirker flere enn en aktivitet, eller hvis man har mange risikoer/ muligheter som påvirker en aktivitet.

Alle slags kombinasjoner av risikoer og muligheter påvirker flere aktiviteter i prosjektet. Pertmaster kombinerer automatisk alle disse risikoene og mulighetene som påvirker hver

aktivitet, sammen med hver aktivitets usikkerhet, på måten vist over i figur 3.15. Ved hjelp av Monte Carlo simulering blir resultatene analysert.

3.7.1.2 Monte Carlo simulering

Monte Carlo simuleringen har fått sitt navn fra casinoene i Monte Carlo, Monaco, der spill som rulett, terning og spilleautomater er basert på tilfeldig atferd. Monte Carlo er en teknikk som involverer tilfeldige tall og sannsynlighet for å løse problemer. Dersom en viktig funksjon er avhengig av flere stokastiske variabler, kan fordelingen til funksjonen finnes ved å generere flere sett av disse variablene og fremstille statistikk over funksjonen. Variablene i funksjonen varierer samtidig i tråd med deres usikkerhet. Dersom variablene korrelerer med hverandre knyttes variablene sammen i forhold til hvor sterk korrelasjonen er. (Lassen, 2007)

Med Pertmaster har man en objektiv oversikt over mulige uforutsette hendelser, og kan dermed ta høyde for dette i usikkerheten rundt tidsplanen, samtidig som man kan analysere kostnadseffektiviteten av de eventuelle nye planene. Disse sammen gir en tidsplan som kan justeres i forhold til risiko, og er i ferd med å bli normen innen planleggingsprosessen.

3.7.2 Lichtenbergmetoden

Lichtenbergmetoden (The Successive Principle) er en strukturert tilnærming til modellering av fremtiden. Metoden forbedrer planer og avgjørelser ved bruk av større forståelse for nøkkelfaktorer, antagelser og risiko som er med på å påvirke disse. Originalkonseptet er utviklet av professor Steen Lichtenberg ved Technical University i København, og er en metode som er mye brukt i Skandinavia og Nord- Europa innenfor strategisk planlegging og prosjektkontroll.

Metoden er en noe uortodoks flerbruks ledelsesprosedyre som bringer en, ifølge Lichtenberg selv, nær en garanti mot overskridelser, unntatt ved store katastrofer. Metoden fokuserer på to særpreg: (1) Bruk av gruppesynergi mellom kunnskap, intelligens og intuisjon, og (2) systematisk å fokusere på kun de få viktigste sakene under de suksessive stegene til forbedring.

Lichtenbergmetoden kan brukes til (Lichtenberg, 2005):

- Kvalitetsforsikring av budsjetter, bud- eller anbudsestimater, tidsrammer, lønnsomhetsanalyser og andre finansielle analyser
- Risiko- og mulighetsanalyser
- Foreslåtte handlingsplaner for forbedringer

- Rangering av alternative løsninger
- Teambuilding og økt overensstemmelse

Lichtenbergmetoden involverer en analysegruppe som i en kreativ, tverrfaglig prosess oppbringer og utformer kvalitative og kvantitative data om fremtiden. Prosessen ledes av en nøytral gruppeleder. Valget av medlemmene i analysegruppen bør baseres på ønsket om å ivareta et diversifisert spekter av fagfelt og personlighetstyper. Dette muliggjør en rikere utveksling av syn og informasjon, samt en mer balansert evne for beslutningstaking. Lichtenbergmetoden tar høyde for at uklare spørsmål og intuisjon må bli håndtert mer seriøst.

3.7.2.1 Steg 1: Kvalitativ bedømmelse

Kvalitativ bedømmelse involverer frembringelsen av en kort beskrivelse av formålet og hensikten med analysen. Videre følger en identifisering av nøkkelfaktorene for prosjektet, antakelsene bak dem og hvordan de kan variere.

Formål: Først utvikler gruppen en beskrivelse av analysen som inneholder nøkkelbetingelser og omfang av situasjonen som blir analysert. Dette omfatter hensikt og mål, grunnleggende fakta som start- og slutt punkt for analysen, viktige milepæler, hvor unikt prosjektet er, analysens rekkevidde/ begrensninger, de mest fundamentale forutsetningene, og kvalitetsparametre.

Prosjektets verden: Når hensikten med analysen er definert fokuserer gruppen på emnet analysen skal omfatte. "Prosjektets verden" inneholder både harde og myke faktorer. De kan være av teknisk art, men de kan også være menneskelige eller kommersielle faktorer. Analysegruppen utfører en brainstorming for å fastsette faktorene i "Prosjektets verden". En matrise er oftest brukt for å stimulere til tilstrekkelig tankeomfang.

"Overall Influences": Matrisen vil inneholde faktorer som kan relateres til (1) spesifikke aspekter i prosjektet, og (2) faktorer som kan påvirke alle deler, eller en betydelig del, av prosjektet. Faktorer som kommer inn under den andre kategorien er kjent som "Overall Influences", det vil si at de påvirker et vidt spekter. "Overall Influences" har en systematisk effekt på resultatet, det er derfor svært viktig å utvikle en omfattende forståelse for prosjektet og hvordan det kvalitative stadiet blir taklet. Grunnen til at mange store prosjekter går over tidsmessig og kostnadmessig er at den systematiske effekten av "Overall Influences" ofte blir sterkt undervurdert.

Det er en statistisk korrelasjon mellom de individuelle aktivitetene og faktorene. Ved å overse dette vil resultatet av en analyse bli misledende. Et kjent eksempel på dette er PERT-tidsplanleggingsprosedyren der den samlede usikkerheten i stigende grad kan bli redusert etter ønske, bare ved å bryte ned planen i nok spesifikke kritiske aktiviteter. Andre metoder multipliserer usikkerhetene sammen, noe som også gir et galt bilde av virkeligheten. (Lichtenberg, 2005)

Scenarioer: Etter å ha plassert relaterte faktorer sammen for å fremskaffe "Overall Influences" definerer analysegruppen hva som vil bli antatt for hver enkelt av disse. Det vil si hva som skjer ved likevekt/ planleggingsreferansen, og hvordan disse kan variere positivt eller negativt.

3.7.2.2 Steg 2: Kvantitativ bedømmelse

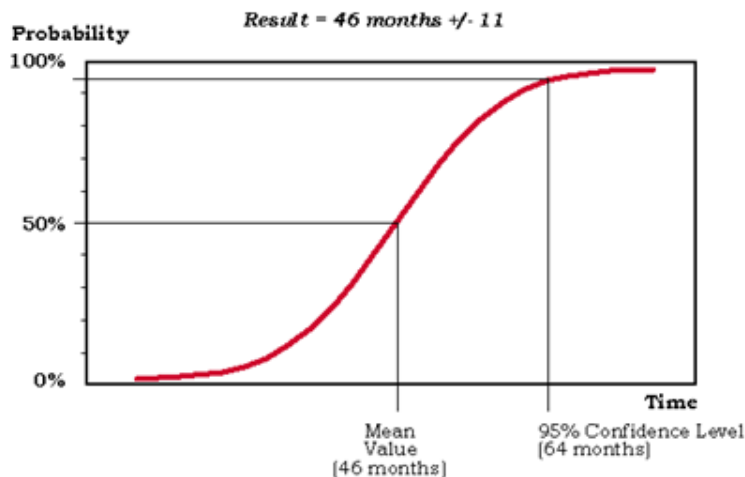
Formålet med det kvantitative bedømningssteget er å etablere et grunnlag for modellering av situasjonen som blir analysert. Den kvantitative bedømmingen som nå følger kan bli i form av tid, et slags budsjett, eller begge.

Lichtenbergmetoden bruker et tripplestimat for å definere usikkerheten til variablene, der analysegruppen er påbudt å bestemme de tre følgende verdiene:

- Den mest ekstreme minimumsverdien (1 % sannsynlighet)
- Den mest sannsynlige verdien (verdien med den høyeste sannsynligheten)
- Den mest ekstreme maksimumsverdien (99 % sannsynlighet)

Tripplestimat vil si at middelveien og standardavviket til en usikkerhet er evaluert som en vektet sum av det ekstreme minimum, det ekstreme maksimum og den mest sannsynlige verdien. (Lichtenberg, 2005)

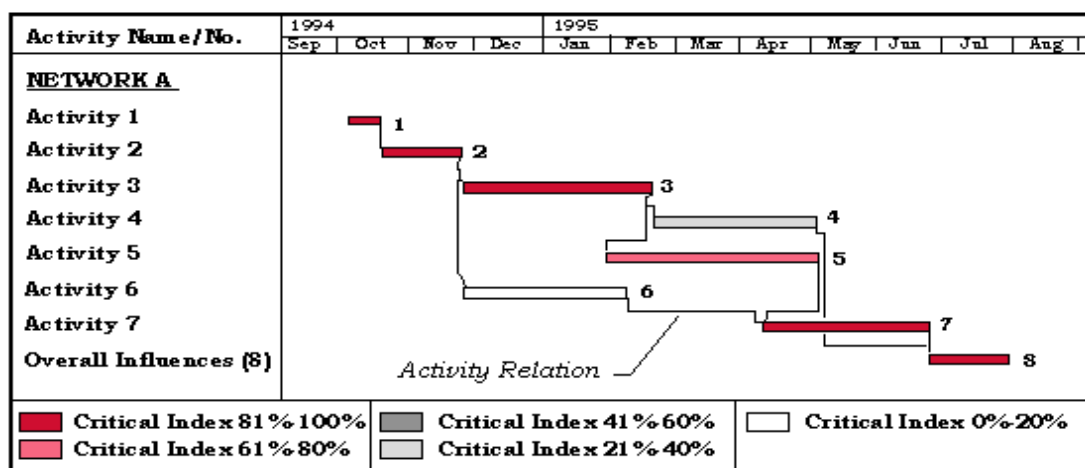
Presentasjon og tolkning av resultatene: Resultatene fra en usikkerhetsanalyse er som oftest vist som en sannsynlighetsfordeling. I tradisjonelle analyser er sannsynlighetsfordelingen av resultatet som oftest skrånende, slik at "worst case" ofte er mye lengre fra gjennomsnittet enn "best case". Lichtenbergmetoden er derimot basert på uavhengige variabler og resultatet er normalfordelt, selv om de individuelle tilfeldige variablene som utgjør modellen ikke er det. Normalfordelingen er symmetrisk fordelt rundt middelveien, og sannsynligheten for en spesiell variasjon i begge retninger er derfor den samme. Figur 3.16 viser en typisk sannsynlighetsfordeling av resultatet for en tidsplananalyse.



Figur 3.16: Sannsynlighetsfordeling tidsplananalyse. (www.personly.dk)

Usikkerhetsprofil: Usikkerhetsprofilen viser de viktigste usikkerhetene i modellen i prioritert rekkefølge. Denne informasjonen blir brukt til å spesifisere de mest usikre faktorene i detalj, og til å lede beslutningstakeren i forhold til prioriteringene.

Kritikalitet av aktiviteter i tidsplansanalyser: I stedet for å bruke den tradisjonelle ideen om kritisk vei bruker Lichtenbergmetoden konseptet *kritikalitet*. Dette betyr at beslutningstakeren ikke bare kan se de aktivitetene som sannsynligvis er nærme til, eller i den kritiske veien, men også de aktivitetene som har noe kritikalitet. Dette er illustrert i eksempelet i figur 3.17 under. Figuren viser resultatet fra en tidsplananalyse der kritikaliteten til forskjellige aktiviteter og deres gjennomsnittlige varighet er vist.



Figur 3.17: Kritikalitet. (www.personly.dk)

Beslutningstakeren vil være spesielt interessert i aktiviteter som har en høy sannsynlighet for å bli kritisk og som har en høy usikkerhet. De er med andre ord betydelige i usikkerhetsprofilen.

3.7.2.3 Steg 3: Reaksjon på resultatene

Gruppen bør konsentrere seg om de faktorer, aktiviteter og "Overall Influences" som viser seg å være topprioriteringene i usikkerhetsprofilen(e). Erfaring viser at der handlingsplanen er for lang vil resultatene være ineffektive. Kort fortalt vil konsentrasjon om tre eller fire nøkkelpromområder gi langt større gevinst enn ved å prøve å håndtere et dusin mindre faktorer separat.

I tillegg til å bli enige om hva som skal bli gjort må det bestemmes hvem som vil være ansvarlige og når arbeidspakken vil være ferdig. Det siste resultatet fra en usikkerhetsanalyse bør derfor være en handlingsplan.

I tillegg til handlingsplaner bør ledelsen også utvikle mål for alternative muligheter i tilfelle noen av de ukontrollerbare risikoer faktisk oppstår, eller sette til side midler mot mulige kostnadsoverskridelser. (www.personly.dk)

3.8 Analytisk sammenfatning

Teorien som er nevnt over tar for seg emner som virker inn på påliteligheten av planer innenfor byggebransjen. Teorien legges til grunn for besvarelsen av de presiserte forskerspørsmålene.

Utformingen av planene er grunnlaget for at god pålitelighet kan oppnås. Det er derfor viktig å starte helt i begynnelsen av et prosjekts levetid og drøfte utarbeidelsen av planene.

Teorikapittelet har gjennomgått filosofier og metoder som er med på å heve kvaliteten på planene.

Lean Construction og utviklingen av denne filosofien fra Toyota Production System legger grunnlaget for den videre teorien rundt Last Planner. Hovedfokuset er å oppnå god flyt og mindre sløsing av tid og ressurser i form av gode planer og bruk av pullsystemet. Slike planer kan utarbeides ved hjelp av planleggingsverktøy som Gantt- diagram og PERT/CPM nettverk. Verktøyene er med på å gi oversikt og sammenheng over alle aktivitetene som skal utføres.

Påliteligheten til planene avhenger av evnen til å få utført aktivitetene i planen til fastsatt tid. Det må derfor være en sammenheng mellom hva som skal bli gjort i overensstemmelse med

det som *bør* bli gjort, innenfor restriksjonene om hva som *kan* bli gjort. For å oppnå dette må aktivitetene i planene derfor være sunne og av god kvalitet, noe som kan oppnås ved hjelp av en hindringsanalyse. I hindringsanalysen bør også kommunikasjon og informasjon, altså hensynet til kognitiv psykologi, tas inn som en faktor for å sikre sunne aktiviteter. Dette er ikke tatt inn i Bertelsens syv forutsetninger. For å oppnå sunne aktiviteter er det avgjørende at kommunikasjonen i hele verdikjeden flyter, det vil si fra øverste ledelse, via prosjektledelsen på byggeplassen og ut til entreprenører og leverandører. Etter at aktivitetene er definert som sunne kan de gå inn i den siste planen i planhierarkiet.

For å kunne vurdere planpåliteligheten i et prosjekt må det utføres målinger som sier noe om denne. Påliteligheten av den siste planen i planhierarkiet blir målt ved hjelp av PPU (Prosent Plan Utført). Ut av dette prosenttallet er det mulig å se hvor mange aktiviteter som faktisk blir utført i henhold til planen og hvilke som ikke blir utført til riktig tid. Disse aktivitetene blir deretter registrert i en årsaksanalyse.

Årsaksanalysen tar for seg svikt i planpåliteligheten og identifiserer årsakene til hvorfor aktivitetene som forårsaket denne svikten ikke ble utført som de skulle. Her finner en aktiviteter som ikke har blitt utført i henhold til planen på grunn av feil i planleggingen. Disse aktivitetene er derfor kontrollerbare og kan bekjempes ved god planlegging.

Aktiviteter som skyldes eksterne faktorer og som er vanskelige å forutsi kan ses på som ukontrollerbare. Det er disse aktivitetene som til en viss grad kan bekjempes ved hjelp av en risikoanalyse, som for eksempel Pertmaster eller Lichtenbergmetoden.

3.8.1 Presiserte forskerspørsmål

Ut ifra den analytiske sammenfatningen blir de presiserte forskerspørsmålene som følger:

Hvordan forbedre planpåliteligheten i byggeprosjekter?

- Utforming av planer
- Måling av planpålitelighet og analyse av årsakene til redusert pålitelighet
- Risikovurderinger i planleggingen

4 Empiri

Empirikapittelet består i hovedsak av observasjoner og intervjuer, med Skanska og Skanska-ansatte som kilder. Tyngden av informasjon er innsamlet fra to konkrete byggeprosjekter i Kristiansand. For å få mest mulig ut av de fulgte byggemøtene, og finne frem til de mest relevante spørsmålene, har også tidligere arbeider blitt studert på forhånd. Dette for å få et innblikk i hvordan målinger tidligere har blitt gjennomført. Empirikapittelet inneholder også litt fakta om Skanska og hvordan de vanligvis håndterer prosjektplanlegging og planpålitelighet.

En annen viktig del av empirikapittelet omhandler risikoen som er til stede i alle byggeprosjekter. Dette gjelder da særlig risikoen som må tas hensyn til ved planleggingen for å oppnå en god planpålitelighet.

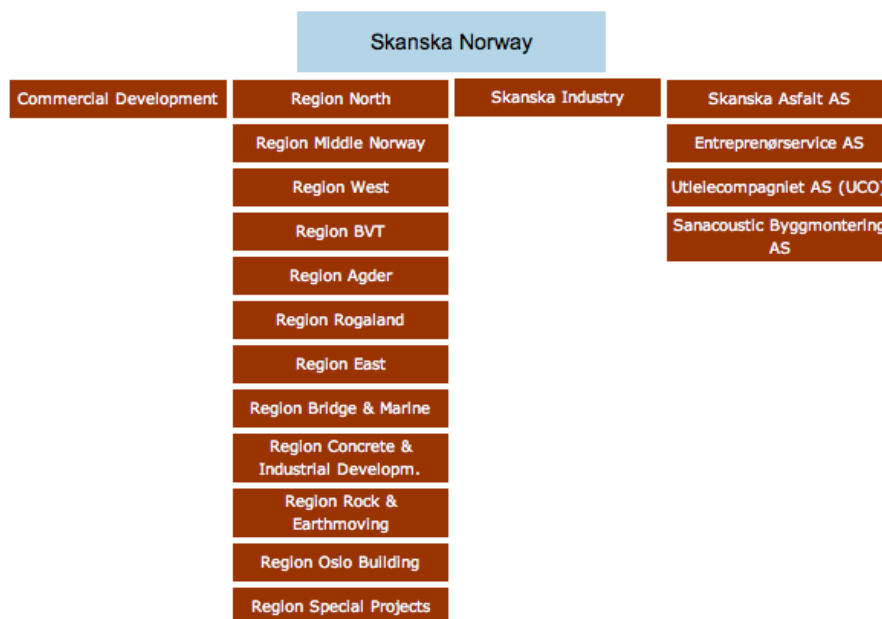
4.1 Casebeskrivelse

Hovedcasen i denne masteroppgaven er Skanska, med Odderhei og C4 Markens senter som de to konkrete byggeprosjektene.

4.1.1 Fakta om Skanska Norge AS

Skanska Norge AS er en av Norges ledende entreprenørselskap. De har etableringer over hele landet og er et heleid datterselskap i Skanska AB. Skanska Norge AS hadde i 2006 en omsetning på 9,9 milliarder norske kroner, med en markedsandel på 7,4 %. Skanska er et stort selskap og har totalt ca. 4 400 ansatte i Norge, med hovedkontor i Oslo.

Skanska AB er et av verdens ledende entreprenørkonsern med ekspertise innen bygg og anlegg, utvikling av kommersielle lokaler, boliger og prosjekter i offentlig- privat samarbeid. Dette gjør at selskapet er verdens 3. største entreprenør med sine 56 000 ansatte i utvalgte hjemmemarkeder i Europa, USA og Latin Amerika. Bare i Norden har de 20 000 ansatte. Omsetningen i 2006 var på 126 milliarder svenske kroner. Bedriften er kvalitetssertifisert og miljøsertifisert etter ISO 9001:2000 og ISO 14001:2004. Figur 4.1 viser hvor stor og omfattende organisasjonen Skanska Norge er. (www.skanska.no)



Figur 4.1: Organisasjonskart Skanska Norge. (www.skanska.no)

4.1.2 Skanska Norges historikk

Det firmaet som i dag går under navnet Skanska Norge AS ble etablert i 1906 under navnet Ingeniør F. Selmer AS. Ingeniør Thor Furuholmen er også et viktig firma i Skanskas historie. Dette firmaet ble etablert i 1930, og kjøpt opp av Ingeniør F. Selmer AS i 1983. De to selskapene fusjonerte så i 1985 og tok navnet Selmer Furuholmen AS. Videre fisjonerte Selmer Furuholmen AS i ti selvstendige entreprenørbedrifter i 1987. Konsernselskapet fikk navnet Selmer- Sande Entreprenør AS.

Skanska AB, som ble grunnlagt allerede i 1887, kjøpte i 1989 1/3 av aksjene i Selmer- Sande Entreprenør. Året etter skiftet de navn til Selmer AS, og gjorde en rekke oppkjøp i årene etter de ble børsnotert i 1995. Skanska AB overtok Selmer AS i 2000, og selskapet skiftet navn igjen til Selmer Skanska AS. Selskapet fikk sitt nåværende navn, Skanska Norge AS, i 2004. (www.skanska.no)

4.1.3 Odderhei

Odderhei er et prosjekt i regi av Skanska Bolig AS, med Skanska Norge AS som entreprenør. Prosjektet er en totalentreprise for Skanska. Leilighetene ligger ca. 12 minutters kjøring fra Kristiansand sentrum, og ca. åtte minutter fra Sørlandsparken. Innenfor området blir det til sammen 34 leiligheter, i størrelsen 56- 120 kvadratmeter. Disse er fordelt på seks bygninger:

62B: 1. etasje; tre leiligheter, 2. etasje; tre leiligheter, 3. etasje; tre leiligheter

62A: 1. etasje; to leiligheter, 2. etasje; to leiligheter, 3. etasje; to leiligheter

48B: 1. etasje; to leiligheter, 2. etasje; to leiligheter, 3. etasje; to leiligheter

48A: 1. etasje; en leilighet, 2. etasje; fire leiligheter, 3. etasje; fire leiligheter

52, 54 og 56, 58: To vertikaldelte tomannsboliger

Prosjektet omfatter også felles garasjeanlegg under blokkene, en sportsbod per leilighet, terrasser, to heiser og ett trappehus i 62 og ett i 48.



Figur 4.2: Illustrasjon Odderhei.

Tomannsboligene er trehus og terrasseblokkene bygges i betong, stål og tre. Skanska har kun utvendig tømmerarbeid som egenproduksjon på dette prosjektet. Ulike underentreprenører tar seg av grunnarbeid, arkitektarbeid, elektro, rør, maler og murer. Også alt innvendig tømmerarbeid er satt til en underentreprenør.

4.1.4 C4 Markens senter

C4 Markens senter ligger midt i Kristiansand sentrum. Skanska jobber på oppdrag fra Storebrand Eiendom AS. Prosjektet er en totalentreprise for Skanska. Senteret vil ved ferdigstilling inneholde et parkeringshus i to etasjer under bakken med 187 plasser, et kjøpesenter i tre etasjer hvor nederste av disse også ligger under bakkenivå, og et kontorbygg i tre etasjer over kjøpesenteret. Kjøpesenteret vil bli et Steen og Strøm senter eid av Storebrand Eiendom AS.

Utbyggingen består av både nybygg og ombygging. Byggegrøp etableres ved å montere en spuntvegg rundt bygget, så graves byggegrøpa ut og det støpes en betongplate under bakkenivå. Betongplaten blir gulv i parkeringsetasjen, og spuntveggen forblir yttervegger i bygget under bakken. Utenom noe plasstøpt betong i forbindelse med parkeringsetasjene er det et rent prefabrikkert bygg i betong og stål.



Figur 4.3: Illustrasjon C4 Markens senter.

Egenarbeider for Skanska på dette prosjektet er rigg og betongarbeider, samt tømmerarbeider for tett råbygg.

4.2 Skanskas styring av prosjekter

Frem til ganske nylig har Skanskas prosjekter blitt styrt etter "Prosjekthåndboken". Dette var et omfattende kvalitetssikringssystem for styring av prosjekter. Formålet med Prosjekthåndboken var å få en felles mal som ivaretok kvalitet og helse, miljø og sikkerhet (HMS) i planleggingen, gjennomføringen og avslutningen av prosjektene. Prosjekthåndboken inneholdt over 700 dokumenter og vokste seg stadig større, noe som førte til at den ble uoversiktlig og vanskelig å bruke.

4.2.1 "Slik gjør vi det"

Prosjekthåndboken er nå under full revisjon og erstattes av det nye programmet "Slik gjør vi det". I starten av alle prosjekt går det igjennom syv steg for å definere prosjektet, disse kalles også for et prosjektintervju. I løpet av disse stegene får man opp alle dokumenter som må gjennomgås. Deretter gjøres det en vurdering av dokumentenes relevans ut ifra prosjektets beskaffenhet og risiko. Dokumentene det ikke er behov for blir ikke tatt med videre. Alle går så videre til DM (Document Management)- håndtering og gjøres prosjektspesifikke.

HOVEDPROSESS / FASE	Ide/Program	Skisse	Forprosjekt	Tilbud	Prosjektering	Mobilisering	Produksjon	Demobilisering	Garantiperiode
Prosjektutvikling									
Prosjekteringsledelse									
Planlegging, utførelse og kontroll									
Kalkulasjon									
Økonomistyring									
Innkjøp									
Helse, Miljø og Sikkerhet									
Ytre miljø									
Risikohåndtering									
Prosjektadministrasjon									
Personalbehandling									
Kundekontakt									
Myndighetskontakt									

Figur 4.4: "Slik gjør vi det"- prosjektmatrix. (Skanska Intranett, 2008)

Figur 4.4 illustrerer prosjektmatriksen i "Slik gjør vi det", der man videre "trykker" seg inn på de aktuelle feltene for å finne frem til dokumentene som trengs.

Videre utvikling av "Slik gjør vi det" blir at brukeren vil få to valg: Om prosjektmatriksen skal vise Skanskas standard dokumenter (som i dag), eller om matriksen skal vise styringsdokumentene i "Ditt prosjekt", det vil si den genererte prosjektplanen. Dokumentene som genereres i prosjektintervjuet og som overføres til DM, vil da tilbakeføres til prosjektmatriksen slik at matriksen blir prosjektspesifikk

"Slik gjør vi det" har retningslinjer innenfor planlegging og produksjon. En overordnet plan utarbeides og vedlikeholdes (se figur 4.5). Denne planen kalles produksjonsplanen og består av fire trinn, omsluttet av to kategorier som gjelder i alle fire trinn.



Figur 4.5: Overordnet plan. (Skanska Intranett, 2008)

Prosjektgransking: Hensikten med granskingen er å få innblikk i alle sider av prosjektet og å utarbeide struktur. Strukturen defineres gjerne ved hjelp av område/ geografi, fag/ entrepriser eller en kombinasjon av disse.

Planlegge: Hvert element på prosjektstrukturen splittes ytterligere opp i aktiviteter. Aktivitetene bindes sammen i et logisk nettverk som reflekterer byggsekvens og produksjonsmetode. Ressurser som timeverk, kostnader og andre typer ressurser, tilordnes aktuelle aktiviteter. Aktivitetenes varighet bestemmes ut ifra ressursinnsats og tilgjengelig tid. Kritisk linje i nettverket må vurderes, og planen må eventuelt justeres. Planen må også justeres slik at den totale ressursinnsatsen, for eksempel bemanning, er kontinuerlig og uten for store variasjoner. For større og/ eller kompliserte prosjekter anbefales det å fryse planen, slik at man har en målplan og en "baseline" som fremtidig fremdrift og endringer kan måles mot.

Oppfølging, korrigerende tiltak: Fremdrift registreres på hver enkelt aktivitet og beregnes ut ifra fysisk utførte mengder, gjenværende varighet eller en kombinasjon av disse. Hensikten med tett oppfølging av fremdriften er å få tidlig varsel om et eventuelt tidsavvik, og dermed mulighet til å sette inn tiltak i tide.

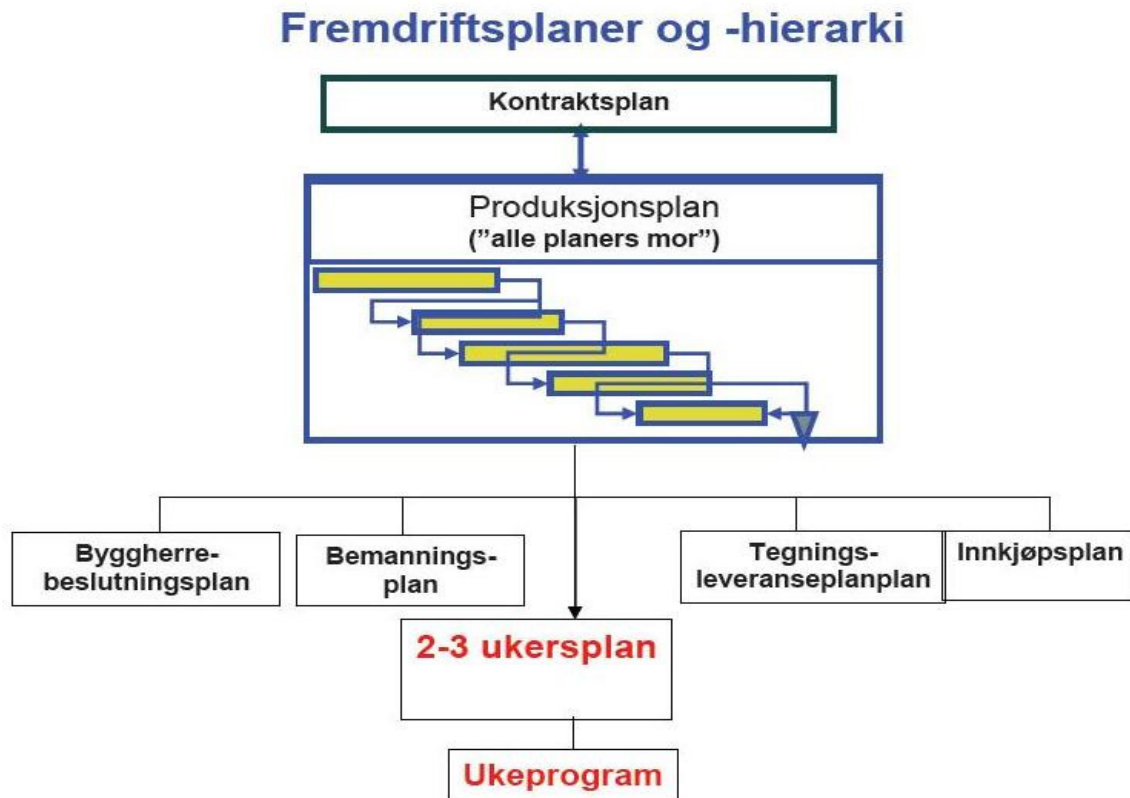
Ferdigstillelse: I forbindelse med ferdigstillelse er gjerne produksjonsplanens aktiviteter alt for grove. I denne perioden vil som oftest fremdriften styres av detaljerte lister som viser feil og mangler.

Rammebetingelser: Med rammebetingelser menes prosjektspesifikke forhold som det må tas hensyn til i planleggingen, det vil si forhold det ikke er godt å få gjort noe med. Eksempler er klima, adkomst, riggområde, naboer og trafikk.

Lagspill: Produksjonsplanen skal ideelt sett krystallisere den samlede kompetansen på prosjektet, samtidig som det er viktig at alle føler et eierskap til helheten og "sin" del av planen. Planen må derfor utarbeides gjennom en prosess der sentrale aktører får komme med innspill.

4.2.1.1 Planhierarki

For å utarbeide detaljerte produksjonsplaner må nødvendige dokumenter og informasjon innhentes. Dette innebærer en ressurskalkyle, tegninger og beskrivelse, ressursituasjon for mannskap, maskiner og lignende, og at produksjonsplanen for prosjektet viser til dokumentet "Utarbeide produksjonsplan for prosjektet".



Figur 4.6: Skanskas planhierarki. (Skanska Intranett, 2008)

Figur 4.6 viser planhierarkiet hos Skanska. Produksjonsplanen er grunnlaget for underliggende delplaner. Disse planene er (Skanska Intranett, 2008):

- *Byggherrebeslutningsplan*, som angir frister for de beslutninger byggherren må ta for at arbeidet skal kunne gjennomføres etter kontraktens forutsetninger.
- *Tegningsleveranseplan*, som inneholder minimum seneste leveransedato for tegninger i forhold til oppstart av tilhørende innkjøps- eller produksjonsaktiviteter.
- *Innkjøpsplan*, som viser frister for forskjellige steg i innkjøpsprosessen, fra utsendelse av forespørseldokumenter til kontrakt er skrevet, og materialer er levert til byggeplass, eller underentreprenør har startet opp.
- *Bemanningsplaner/ oversikter*
- *Detaljerte produksjonsplaner*, det vil si 3- ukersplaner innenfor særskilte fagområder. Den overordnede produksjonsplanen for prosjektet, med milepæler, danner ramme for intensiteten for den detaljerte fagplanen eller 3- ukersplanen. Planen viser avhengigheter mellom fagområder og aktører. Dersom varighetene i den detaljerte planen ikke møter rammene som er gitt i den overordnede produksjonsplanen, må det

settes på flere ressurser og det må vurderes om enkelte aktiviteter skal utføres parallelt.

- Det anbefales at basen i arbeidslaget setter opp et *ukeprogram* med basis i 3-ukersplanen. Ukeprogrammet er en detaljert opplisting av hva som skal utføres dag for dag, og hvem som skal utføre hva.

Skanska mener at planpåliteligheten bør ligge på over 70 % for at driften skal være forutsigbar. Den detaljerte planen bør derfor være realistisk og ingen aktiviteter bør settes opp på 3-ukersplanen før den er tilstrekkelig tilrettelagt. Forhold som må sjekkes ut er (Skanska Intranett, 2008):

- Er rett utstyr tilgjengelig?
- Er nødvendige materialer på plass?
- Er det adkomst (forrige aktør ferdig)?
- Er arbeidsmetoden diskutert og gjort kjent?
- Finnes det tilstrekkelig og presis informasjon i form av tegninger og beskrivelse?

I tillegg til retningslinjene for hvordan planene skal utarbeides har Skanska analyser som omhandler prosjektets risiko. Disse er ORA (Operational Risk Assessment) og Pertmaster. ORA tar for seg risikoen forbundet med prosjektet før det leveres anbud, og Pertmaster tar for seg risiko som virker inn på progresjonen av planen tidsmessig.

4.2.2 Operational Risk Assessment (ORA)

Skanska utviklet og innførte ORA- analysen (Operational Risk Assessment) i 2001. ORA er en sjekklister med punkter som må gjennomgås før anbud kan leveres. Dette for å identifisere og kalkulere risikoer som ligger i prosjektet og dermed iverksette tiltak for å få disse risikoene ned på akseptabelt nivå. Det grønne og gule feltet i ALARP- filosofien i kapittel 3.7 illustrerer dette akseptable nivået.

Kategoriene punktene ligger under er:

- Teknisk risiko: Det tekniske ved prosjektet som innbefatter prosjektorganisasjon og anbudsteam, krav fra kunden, ressurser, produksjonsmetode.
- Juridisk Risiko: Kontrakt.
- Finansiell risiko: Det økonomiske i prosjektet som handler om å passe på at Skanska ikke finansierer hele prosjektet selv og dermed sitter med renteutgiftene. Det må fås

garantier fra alle byggherrer for å ta et oppdrag. Standard forsikringer er vanlig, ORA avslører om det trengs ekstra forsikringer.

- Omverdenen og berørte parter.

Det som avgjør om et prosjekt må igjennom en ORA- analyse er:

- Hva slags type prosjekt det er
- Hvilket segment det ligger innenfor
- Størrelse og kompleksitet

Prosjektene plasseres i soner på bakgrunn av hva den kalkulerte kostnaden på prosjektet er. Sonene er altså delt inn etter kostnader:

Grønn = 0 – 50 millioner: Standard kalkulering.

Blå = 50 – 100 millioner: ORA blir utarbeidet og sendt til Regionskontoret. Grensen for bygg, bro og marine arbeider er 50 millioner, anlegg er 100 millioner.

Gul = 100 – 500 millioner: ORA blir utarbeidet og sendt til Ledergruppen.

Oransje = Over 250 millioner: De fem største risikoene fra ORA- analysen blir sendt til Sverige. Dette gjelder for spesielle prosjekter, for eksempel dammer.

Det er også innført forenklet ORA, denne blir utført for de mindre prosjektene, i hovedsak de under 50 millioner kroner, og er en mindre omfattende gjennomgang.

4.2.3 Pertmaster

Skanska er i innføringsfasen av Pertmaster. Dette er et verktøy som bidrar til å fastlegge nødvendig tid i hovedfremdriftsplanen ut ifra risikoberegninger. Skanska har allerede brukt Pertmaster på noen prosjekter og erfaringen er at det oppnås større kontroll og planpålitelighet. Alle aktørene som er involvert i et prosjekt deltar på et møte der ulike risikoer blir belyst og vurdert. Pertmaster er en tidsmessing risikovurdering av hovedfremdriftsplanen, der rekkefølgen på aktivitetene først blir vurdert og deretter varigheten på hver aktivitet. Prosjektet blir analysert i separate deler for deretter å bli slått sammen. Ved hjelp av Monte Carlo simulering beregnes aktivitetenes sannsynlige varighet.

Resultatene fra Pertmaster gjør det mulig for Skanska å utarbeide en mer pålitelig fremdriftsplan. Skanska Oslo utfører analysen for alle regioner, dette fordi ordningen er ny og det er få som sitter med tilstrekkelig kompetanse.

4.3 Prosjektstyring og bruk av planer i praksis

Bruken av planer og detaljgraden av disse varierer fra prosjekt til prosjekt. Vår erfaring er at det i små prosjekter ikke legges like stor vekt på den mest detaljerte delen av planleggingen, og oppfølgingen av denne, i forhold til i større prosjekter. Små prosjekter har gjerne en hovedfremdriftsplan, en 2-ukersplan og ukeplan. 2-ukersplanen kan i hovedsak ses på som veiledende og har i følge våre erfaringer meget lav planpålitelighet. Ukeplanen har noe større planpålitelighet, men også denne planen kan ofte ses på som veiledende. I mindre prosjekter er det færre aktiviteter som pågår samtidig, noe som fører til at prosjektlederne har større oversikt over hva som skjer. Det er da ikke like viktig å skrive ned i detalj hva som skal skje når. Holdningen er at formenn og baser, ut ifra tidligere erfaringer, vet hvordan progresjonen vil være og ikke ser behovet for skriftlig oppfølging.

I større prosjekter er det viktigere at planene blir fulgt fordi aktivitetene i større grad ligger på en kritisk linje. Det er flere aktiviteter å koordinere og hvis aktivitetene ikke blir gjort når de skal kan det bli vanskelig å få oversikt over prosjektet. I større prosjekter har vi derfor erfart at det er mer fokus på planlegging og at planene skal bli fulgt. Det er også et mye større hierarki av planer. Planer i slike prosjekter kan være milepælplan, hovedfremdriftsplan, 2-måndersplan, 2-ukersplan, ukeplan, dagsplan og visuelle planer og tiltaksplaner. I tillegg kommer egne planer knyttet opp mot underentreprenørene.

C4 (se kapittel 4.1.4) er et slikt stort prosjekt, og planer utarbeides av anleggsleder ut ifra prosjektets hovedfremdriftsplan. Denne planen formidles så til formennene, som i sin tur setter opp ukeplaner for og sammen med basene. Planen henges så opp som oppslag, og basene videreformidler til tømmerne ved å gjennomgå planen muntlig.

Risikovurderinger av hovedfremdriftsplanen er lite utbredt hos Skanska i dag. Innføring av Pertmaster er som tidligere nevnt i startfasen, og det er foreløpig få prosjekter som gjennomgår en slik analyse, men analysen vil bli en større del av prosjektplanleggingen hos Skanska fremover. Funksjonene til ORA- analysene er hovedsakelig å sile ut tapsjobber og innarbeide nødvendige forbehold i tilbudet, i tillegg til at man blir bedre forberedt til å utarbeide hovedfremdriftsplanen.

4.4 Målemetoder i andre arbeider

Tidligere Masteroppgaver som er skrevet for Skanska har blitt studert som en forberedelse til denne oppgaven. Dette er oppgaver med omtrent samme, eller beslektede tema, og ble studert

for å se hvordan målinger er blitt gjort tidligere. Denne oppgaven bygger delvis videre på tidligere tanker om hvordan det er hensiktsmessig å utføre måling av planer.

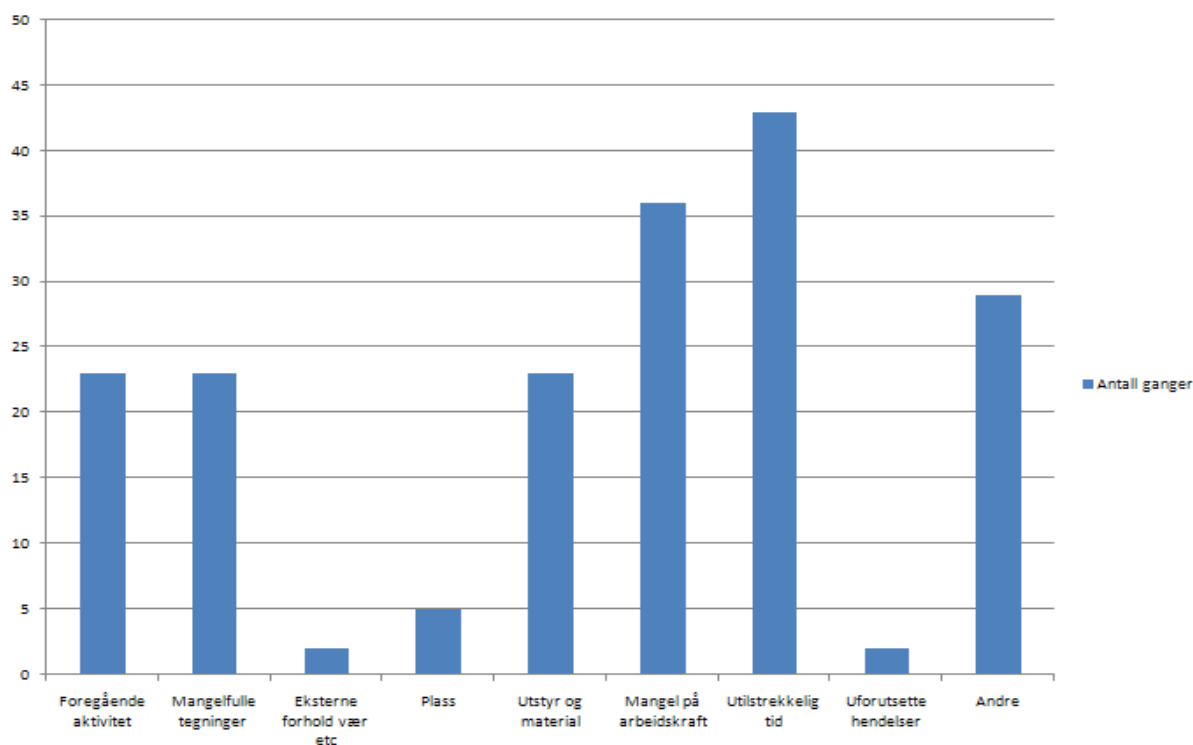
I de tidligere Masteroppgavene har det blitt registrert om en aktivitet er ferdig eller ikke etter planen, det vil si målinger av "Prosent Plan Utført" (PPU). For å registrere dette har det vært gjort en kombinasjon av egne, direkte observasjoner, og intervju av nøkkelpersoner.

Resultatene av dette har så blitt registrert i et skjema utarbeidet etter de syv forutsetningene for at en aktivitet skal være sunn, basert på The Last Planner System. De syv forutsetningene er ideelle for tilretteleggelse av en aktivitet, men de tar ikke hensyn til sykdom, uforutsette hendelser eller om det er planlagt korrekt med tanke på arbeidsmengde per aktivitet. Derfor er det laget egne kategorier der det tas hensyn til andre årsaker som ikke omhandler tilretteleggelse.

Følgende kategorier er brukt for å finne årsaker til ikke- utførte aktiviteter:

- Foregående aktivitet; dersom en aktivitet er avhengig av at en tidligere aktivitet må være ferdiggjort. Om det ikke er klargjort for neste fag til å igangsette.
- Mangelfulle tegninger; utydelige og ikke gjennomførbare tegninger.
- Eksterne forhold, vær etc.; dårlig vær, streik og andre faktorer som er vanskelig å kontrollere.
- Plass; plassmangel for å gjennomføre aktiviteten.
- Utstyr og material; feil eller forsinket leveranse av utstyr og material.
- Mangel på arbeidskraft; sykdom, eller andre grunner til at det ikke er planlagt nok arbeidskraft.
- Utilstrekkelig tid; planlagt for knapp tid i forhold til virkelig produktivitet.
- Uforutsette hendelser; ting som dukker opp som det er vanskelig å ha oversikt over.
- Andre; omprioriteringer og andre diverse faktorer.

Registreringsskjemaet ble fylt ut av observerende, ofte i samråd med formann/ bas, ved å notere statusen for aktivitetene og å begrunne årsakene til at planlagte aktiviteter ikke ble ferdigstilt. Dette kalles for en årsaksanalyse.



Figur 4.7: Årsaksanalyse fra NTNU- oppgaven. (Snarvold & Tveit, 2007)

Figur 4.7 viser årsakene til ikke- ferdigstilte aktiviteter som ble registrert i masteroppgaven fra NTNU, der fire av Skanskas byggeprosjekter ble fulgt.

Årsakene til ikke- ferdigstilte aktiviteter ble så fordelt i grupper etter om årsaken var ”potensielt kontrollerbar”, ”feil i tidsplanlegging” eller ”lite beregnelige”. Eksempel på ”potensielt kontrollerbar” er foregående aktivitet og utstyr eller materialer, ”feil i tidsplanlegging” kan kun skyldes utilstrekkelig tid, og ”lite beregnelige” er for eksempel værforhold eller mangel på arbeidskraft på grunn av sykdom. (Snarvold & Tveit, 2007)

Ut fra registreringen av om aktivitetene er ferdige eller ikke kan en beregne PPU. En PPU på 100 % vil ikke være noe mål i seg selv. PPU på 100 % kan være et resultat av at det arbeides meget godt og effektivt, men på en annen side kan det også bety at det er satt av for lang tid til aktivitetene. (Bertelsen, 2006)

Bertelsen (2005) argumenterer for at en PPU på mellom 80 og 90 % er et bra siktemål. Når PPU ligger på dette nivået vil alltid noe som kan gjøres bedre komme til overflaten; man har funnet noe som har sviktet i arbeidsflyten. Dermed er det mulig å gjøre det bedre neste gang.

Eksempel på dette vises i et av byggeprosjektene som ble fulgt ved denne tidligere masteroppgaven. Hadde samtlige årsaker i gruppen ”potensielt kontrollerbare” her vært eliminert og aktivitetene blitt utført, ville PPU gått fra 47 % til 72 %. Hadde begge gruppene ”potensielt kontrollerbare” og ”feil i tidsplanlegging” vært eliminert og aktivitetene utført, ville PPU gått fra 47 % til 83 %. (Snarvold & Tveit, 2007)

Prosjektene som er fulgt og målt i de tidligere oppgavene viser hvor stor variasjon det er i hva slags planer som utarbeides. Det som går igjen er at alle prosjektene har en overordnet hovedfremdriftsplan som utarbeides av prosjektleder og anleggsleder/ driftsleder. Utenom dette har de ulike prosjektene en eller flere av følgende planer; produksjonsplan, som enten er det samme som en hovedfremdriftsplan eller en mer detaljert utgave av denne, 8- ukersplan, eller 3- ukersplan som revideres hver uke og dermed fungerer som en rullerende ukeplan. Disse planene inneholder vanligvis (Snarvold & Tveit, 2007):

Produksjonsplan/ Hovedfremdriftsplan:

- Tar for seg prosjektet som helhet
- Inneholder oppstartsdatoer og sluttdatoer
- Er i hovedsak for byggherre og utenforstående
- Denne planen skal ikke revideres ettersom den er et produkt av kontrakten mellom byggherre og entreprenør
- Forsinkelser i forhold til denne planen kan føre til for eksempel dagbøter

8- ukersplan:

- Inneholder mer nøyaktige datoer
- Denne planen brukes aktivt i planleggingen av prosjektet
- Den brukes for å koordinere aktivitetene på prosjektet, og samkjøre dette med hovedfremdriftsplanen
- Utarbeides av anleggsleder i samarbeid med formenn
- Den inneholder aktiviteter som skal utføres av underentreprenører, samt egenproduksjon
- Blir for eksempel oppdatert og revidert hver 4. uke

3- ukersplan:

- 8- ukersplan på detaljnivå

- Aktivitetene er her delt opp i små etapper (eks. per dag eller per etasje)
- Denne planen dekker kun egenproduksjon
- Utarbeides av tømmerformann i samarbeid med bas
- Den revideres en gang i uka

4.5 Resultater Odderhei

Odderhei har en hovedfremdriftsplan og en 2- ukersplan/ ukeplan. Hovedfremdriftsplanen er utarbeidet av prosjektlederen i samarbeid med formann for tømmer. 2- ukersplanene/ ukeplanene utarbeides hver uke av formann og bas for utvendig tømmerarbeider.

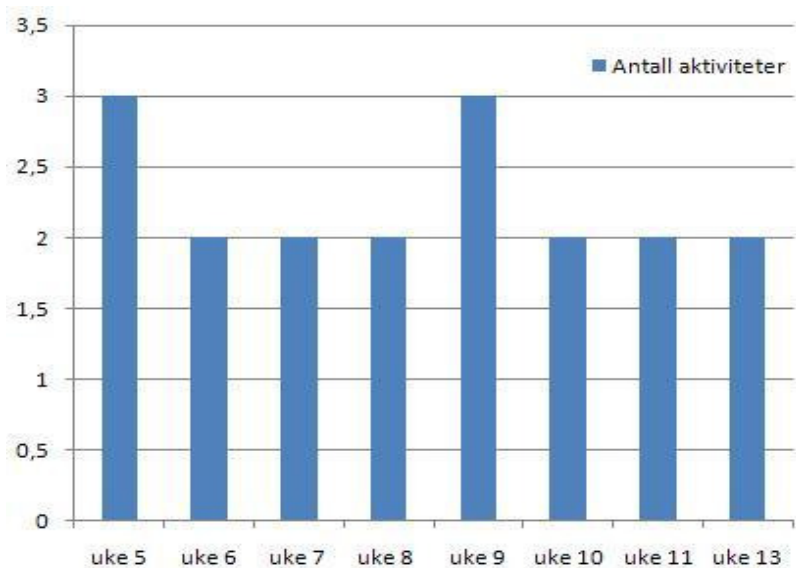
4.5.1 Ukesmåling tømmer; rullerende ukeplan

På Odderhei ble det deltatt på det ukentlige basmøtet for utvendig tømmer over en periode på åtte uker. Her legger bas og formann for utvendig tømmer planer for kommende uke og neste uke. Disse planene er kun for Skanskas egenproduksjon. Det ble planlagt aktiviteter i henhold til hovedfremdriftsplanen, men også aktiviteter som ikke hadde kommet med her. Tiltak for å ta igjen tid for å kunne følge hovedfremdriftsplanen ble også gjort.

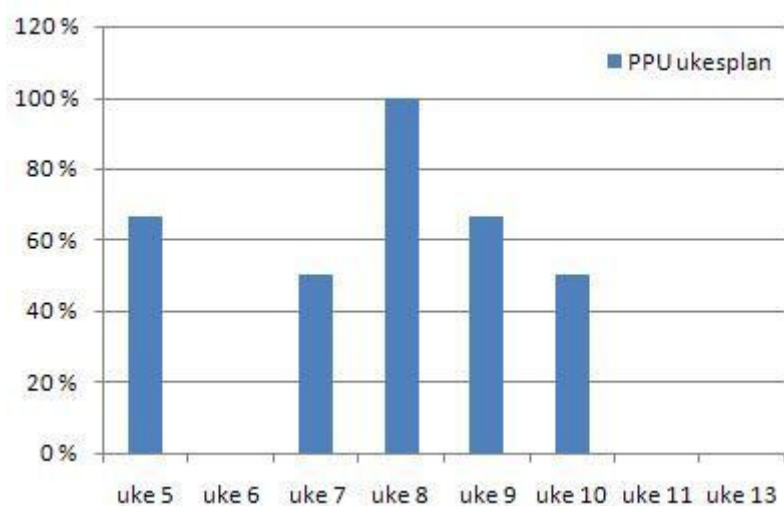
På disse ukentlige møtene planlegges det hvor mange mann det skal være på hver aktivitet. I etterkant av møtene henger basen opp ukeplanen så tømmerne kan være oppdatert på hva som skal gjøres.

4.5.1.1 Resultater fra måleperioden

Resultatet fra basmøtene for tømmer er Prosent Plan Utført- målinger (PPU), samt en årsaksanalyse som viser de vanligste grunnene til ikke- ferdigstilte aktiviteter.



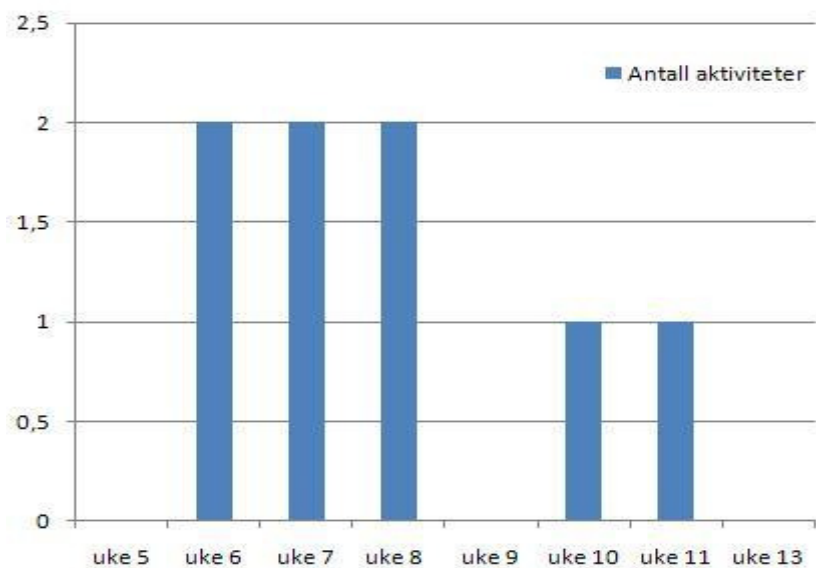
Figur 4.8: Antall aktiviteter i ukesplan.



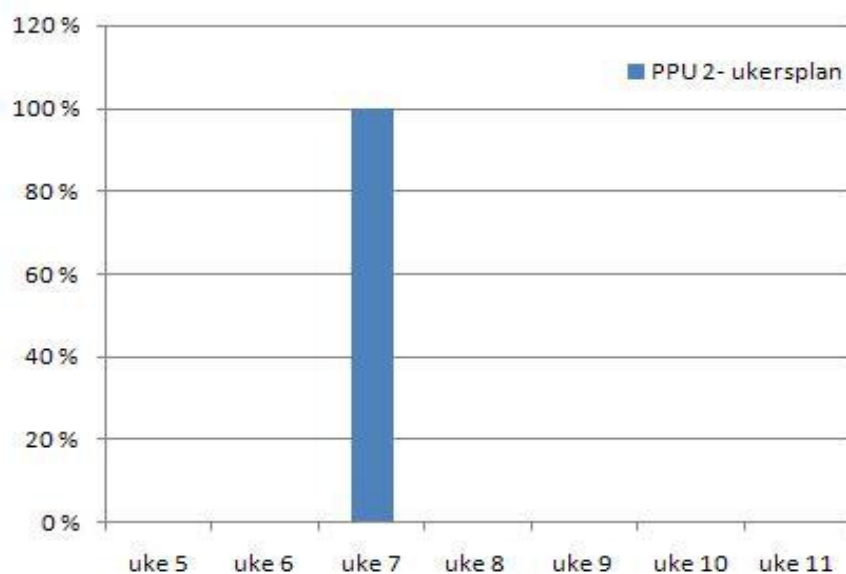
Figur 4.9: PPU ukesplan.

Figur 4.8 og 4.9 illustrerer resultatene for ukesplanen. Figur 4.8 viser hvor mange aktiviteter som skulle ferdigstilles de forskjellige ukene, og figur 4.9 viser PPU i forhold til ukesplanen for Skanskas egenproduksjon på Odderhei fra uke 5 til og med uke 13.

For ukeplanen varierer PPU mellom 0 og 100 %, der gjennomsnittet blir 42 %. Antall aktiviteter i de fleste ukene var to, med unntak av uke 5 og uke 9 der det var tre.



Figur 4.10: Antall aktiviteter i 2- ukersplan.



Figur 4.11: PPU 2- ukersplan.

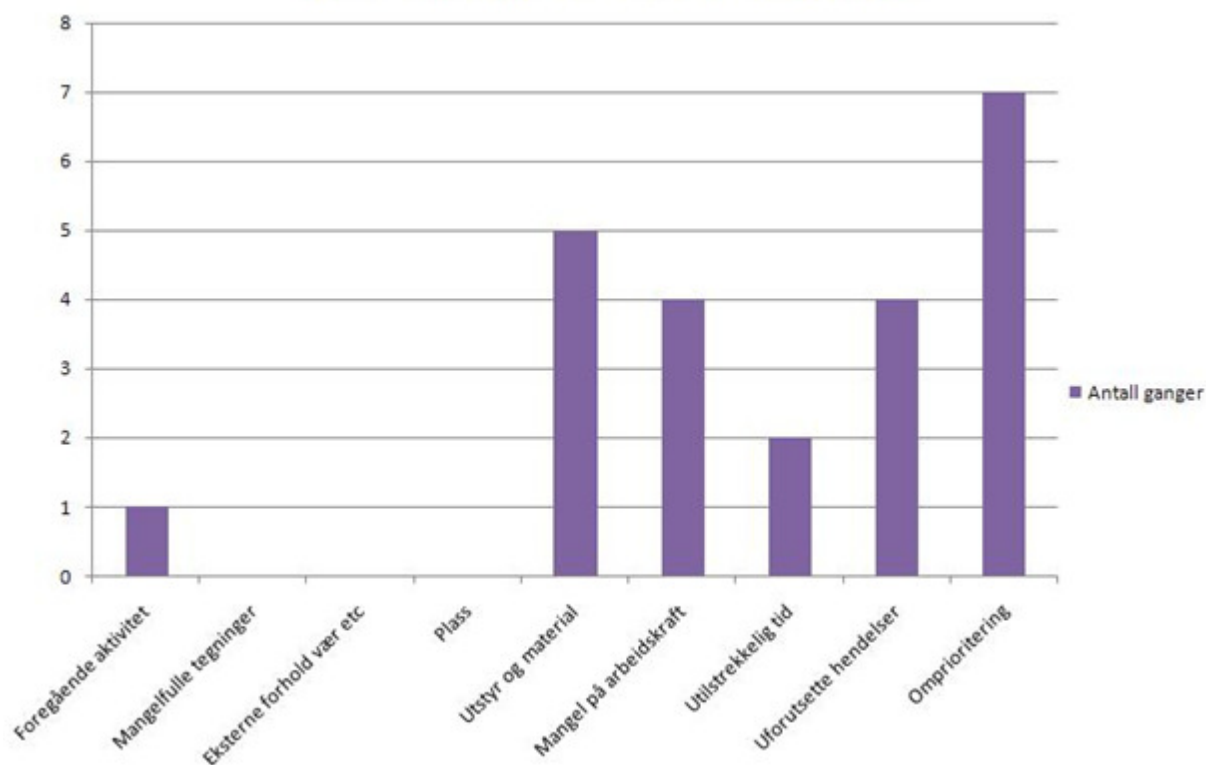
Figur 4.10 og 4.11 tar for seg 2- ukersplanen på tilsvarende måte som det ble gjort for ukesplanen. PPU for 2- ukersmålingene varierte også mellom 0 og 100 %. Her var PPU 0 % i alle ukene unntatt uke 7 der PPU var på 100 %. Gjennomsnittelig PPU blir da 20 %. I uke 5, 9 og 13 var det ingen aktiviteter som skulle være ferdige ifølge 2- ukersplanen, uke 10 og 11 var det én aktivitet som var planlagt å bli ferdig, og i uke 6, 7 og 8 var to aktiviteter planlagt å bli ferdig.

For å få en oversikt over aktiviteter og årsaker ble det, med Ballards årsaksanalyse som kilde, utarbeidet et skjema (se figur 4.12). Årsakene for ikke-ferdigstilte aktiviteter er noe mer spisset enn det Ballard opererer med, skjemaet er derfor blitt tilpasset dette spesifikke prosjektet. I skjemaet kommer de vanligste årsakene til forsinkelser frem. Skjemaet følger ferdig utfylt, med alle aktiviteter og årsaker, i vedlegg 4.

Aktivitet	fredag	mandag	tirsdag	onsdag	torsdag	Ferdig?	Årsaker for ikke-ferdigstilte aktiviteter										Andel ferdig, %	Er aktiviteten på kritisk linje?
							Foregående aktivitet	Mangelfulle tegninger	Eksterne forhold vær etc	Plass	Utstyr og material	Mangel på arbeidskraft	Utilstrekkelig tid	Uforutsette hendelser	omprioritering			

Figur 4.12: Oversikt over aktiviteter og årsaker.

Figur 4.13 viser resultatet for årsaksanalysen, altså årsaker til ikke-ferdigstilte aktiviteter. I følge årsaksanalysen var grunnene til at planpåliteligheten ikke var 100 %: omprioritering, utstyr og material, mangel på arbeidskraft, uforutsette hendelser, utilstrekkelig tid og foregående aktivitet. Hovedgrunnen til svikt var i hovedsak omprioritering, utstyr og material, mangel på arbeidskraft og uforutsette hendelser.



Figur 4.13: Årsaksanalyse utvendig tømmer.

4.5.1.2 Oppsummering

PPU av Skanskas egenproduksjon på Odderhei er relativt lav. På målingene av ukesplanene er den i gjennomsnitt 42 %, og for målingene av 2- ukersplanen ligger gjennomsnittet på 20 %. Årsakene til lav PPU er i hovedsak kontrollerbare, og kan reduseres ved bedre planlegging og risikoberegninger i forkant av planarbeidelsen.

4.5.2 Dag til dag måling; hovedfremdriftsplan

Fra fredag 29.02.08 til torsdag 06.03.08 ble det utført en dag til dag måling av hovedfremdriftsplanen på Odderhei. I forhold til hovedfremdriftsplanen ble det registrert på forhånd hvilke aktiviteter som skulle vært påbegynt, ferdigstilt eller under arbeid for hver enkelt dag.

Hver dag ble hele byggeplassen gjennomgått, og alle aktiviteter registrert samt fotografert for å gjøre arbeidet i etterkant enklere. Bildene som ble tatt i alle leilighetene ga oversikt underveis over hvor mye som ble gjort fra en dag til neste. Resultatet ble notert og avtegnet som en vertikal strek på hovedfremdriftsplanen i Gantt- diagrammet. Hvis det var avvik mellom planlagt og faktisk status på aktivitetene resulterte dette i en forskyvning av streken til

høyre eller venstre. Samtaler med arbeiderne på byggeplassen gjorde det enklere å avklare andelen av utført arbeid der dette var nødvendig.

Etter første dags måling ble det bestemt, i samråd med veilederne, å se bort fra aktivitetene som skulle utføres av elektriker og rørlegger. Det ble klart at det er svært vanskelig for et utrent øye å fastslå ferdig/ ikke ferdig, og hvor langt aktivitetene har kommet.

4.5.2.1 Resultater fra måleperioden

I løpet av denne måleperioden har det kommet frem at aktiviteter som ikke er kritiske ofte ikke utførts på lik linje som andre. Dette gjelder spesielt tegl og stenit/ kledning. Aktiviteter har også blitt omrokkert av underentreprenørene for å få de i en mer hensiktsmessig rekkefølge. I hovedsak gjaldt dette malerne og hvor de valgte å sandsparkle. Det ble også omrokkert på hvor i bygget isoleringen ble lagt først. Grunnen til at det ble begynt med isolering i en annen rekkefølge enn det som opprinnelig stod på planen var at det var en forsinkelse i å få tett bygg. Det ble derfor startet med himling istedenfor vegger. Hvis isolering av vegger hadde startet før de var ordentlig tørre ville dette ført til fuktproblemer på isoleringen.

Andre grunner til at hovedfremdriftsplanen ikke ble holdt var mangel og feil på materialer. Eksempler på dette var mangel på materialene til utlekting og feil på skyvedørene. Mangelen på materialene til utlekting førte til en forsinkelse i kledningen av stenit, og feil på skyvedører førte til forsinkelser på uttørking og isolering. Dette viser at når først en aktivitet avviker fra planen får dette en dominoeffekt på de etterfølgende aktivitetene.

En konkret ”uforutsett hendelse” var at hulldekkene i enkelte leiligheter ikke hadde den ønskelige kvaliteten. Her måtte det da fores ned i taket istedenfor den planlagte sandsparklingen.

4.5.2.2 Oppsummering

Figur 4.14 viser en oversikt over hvordan aktivitetene som er registrert i løpet av uken ligger an i forhold til det som er planlagt i hovedfremdriftsplanen. Figuren tar kun for seg aktivitetene som ifølge hovedfremdriftsplanen skulle pågå eller ferdigstilles i løpet av denne uken.

Figur 4.14 illustrerer også sammenhengen mellom hvor langt aktiviteten *sandsparkling* har kommet i de forskjellige leilighetene. Det er tydelig hvordan aktiviteten ligger foran i det ene bygget og bak i det andre. All sandsparkling ligger til sammen, i arbeidsmengde, riktig an etter planen, men maleren har prioritert leilighetenes rekkefølge ut ifra hvilke det er enklest å

jobbe i. Figuren tydeliggjør også at det er typiske ikke- kritiske aktiviteter som ligger bak i forhold til hovedfremdriftsplanen. Det blir igjen tydelig hvordan de ligger bak planen i 62B, av grunner som er nevnt over. Mer kritiske aktiviteter som ligger bak planen har likevel blitt ferdigstilt i løpet av uka.

48B	Ferdig	Påbegynt	Ikke påbegynt	Foran plan	I henhold til plan	Bak plan
Stenit/ kledning		X				X
Tegl			X			X
Stenderverk plan 2	X			X		
Stenderverk plan 1	X				X	
Gips innvendig + isolering, plan 3	X				X	
Gips innvendig + isolering, plan 1 & 2		X		X		
Gipsoverflater plan 3		X		X		
Sandsparkling plan 3		X				X
48A						
48A	Ferdig	Påbegynt	Ikke påbegynt	Foran plan	I henhold til plan	Bak plan
Utlekking		X				X
Stenit/ kledning			X			X
Isolering vegger plan 1 & 2	X					X
Granab plan 2 & 3	X					X
Spongulv plan 2 & 3	X					X
Stenderverk plan 2		X		X		
Himling plan 3, isolering + lekter	X			X		
Sandsparkling plan 3			X			X
Sandsparkling plan 1 & 2	X			X		
62A						
62A	Ferdig	Påbegynt	Ikke påbegynt	Foran plan	I henhold til plan	Bak plan

Stenit/ kledning		X				X
Tegl			X			X
Uttørking	X					X
Isolering	X					X
Gips innvendig + isolering, plan 3		X		X		
Himling plan 3, gips	X			X		
Sandsparkling plan 3		X				X
Sandsparkling plan 1 & 2	X			X		
62B						
	Ferdig	Påbegynt	Ikke påbegynt	Foran plan	I henhold til plan	Bak plan
Vinduer	X					X
Utlekking	X					X
Stenit/ kledning			X			X
Uttørking		X				X
Isolering			X			X
Himling plan 3, isolering		X		X		
Tomannsboliger						
	Ferdig	Påbegynt	Ikke påbegynt	Foran plan	I henhold til plan	Bak plan
Fliser		X				X
Trapp		X				X
Dører/ foringer/ listverk			X			X

Figur 4.14: Aktivitetenes status i forhold til hovedfremdriftsplanen.

4.5.3 Ukesmåling; hovedfremdriftsplan

Over en periode på fire uker har hovedfremdriftsplanen blitt målt ved å gå rundt på byggeplassen én gang i uka å registrere alle aktiviteter. Dette ble utført på samme måte og under like forutsetninger som dag til dag målingene. Forskjellen er at en periode på fire uker gir et bedre bilde totalt sett på om de ligger foran eller bak planen. Det gir en bedre indikasjon på om resultatene er typiske for prosjektet eller om det kun gjaldt denne ene uka som dag til dag målingene resulterte i.

I forbindelse med denne målingen ble det også deltatt på koordineringsmøter for å få en bedre og helhetlig oversikt over prosjektets fremdrift. Deltakere her var basene for de ulike underentreprenørene på prosjektet. Disse møtene besvarte også en del spørsmål knyttet til årsakene til at aktivitetene ikke ble gjort i den rekkefølgen som stod på planen.

4.5.3.1 Resultater fra måleperioden

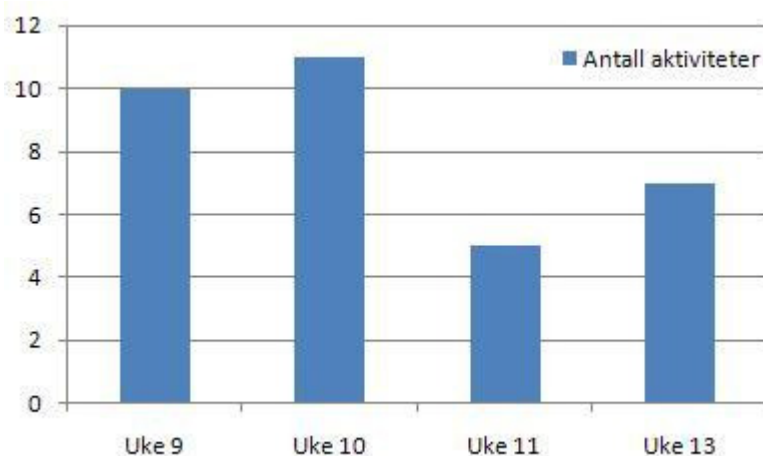
På samme måte som i dag til dag målingene var både stenit/ kledning og tegl tydelig nedprioriterte aktiviteter. I løpet av denne målingen over fire uker var de i gang med stenit/ kledning på alle byggene, men ingen var ferdigstilt og alle lå langt bak planen. Foruten tomannsboligene var tegl heller ikke påbegynt ved slutten av denne måleperioden.

For sandsparkling har disse målingene mange av de samme avvikene som ble funnet ved dag til dag målingene. Det er derfor en gjenganger i prosjektet at malerne heller begynner der det er lettest å komme til, og raskest å gjennomføre aktiviteten, fremfor å gjøre det i den rekkefølgen som står i planen.

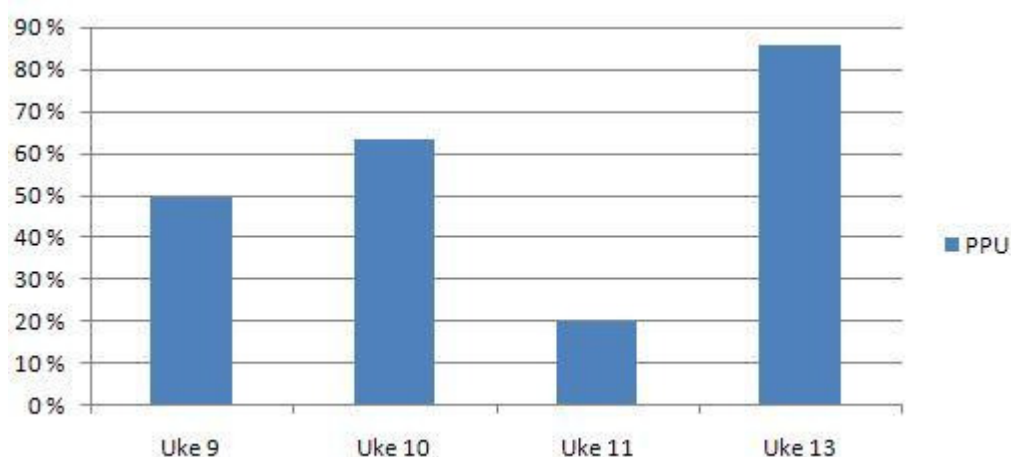
Til forskjell fra dag til dag målingene har arbeidet innvendig i tomannsboligene blitt tatt opp igjen i løpet av denne måleperioden. Aktiviteten ”dører/ foringer/ listverk” er påbegynt, men avviker allikevel en del fra planen. ”Baderomsinnredning” ligger derimot foran planen, mens ”parkett” ikke var påbegynt som planlagt i slutten av måleperioden.

Arbeidet i 62B har også hatt en stor fremgang denne perioden. Det er fortsatt en del avvik fra planen, men de ligger langt bedre an nå enn det dag til dag målingene tilsier. Dette viser at det er mulig å hente seg inn igjen etter planen når arbeidet først kan settes i gang. Noe av grunnen til dette kan være at de ligger foran andre steder, nettopp fordi arbeidet i 62B har latt vente på seg grunnet forsinkelse i tett bygg og dermed uttørking.

I tomannsboligene sto det helt stille i en uke, men på tredje måling hadde de igjen hatt en tydelig progresjon. Dette er også med på å belyse at resultatene blir mer pålitelige når det måles over en lengre periode.



Figur 4.15: Antall aktiviteter målt de ulike ukene.



Figur 4.16: PPU hovedfremdriftsplan.

Figur 4.15 viser antall aktiviteter som er målt de forskjellige ukene, og figur 4.16 viser PPU målt i forhold til hovedfremdriftsplanen. PPU varierer fra 20 % til 86 % der gjennomsnittet ligger på 55 %.

4.5.3.2 Oppsummering

Denne måleperioden har gitt resultater som i stor grad er med på å bekrefte at dag til dag målingene er reelle, men at resultatene blir mer pålitelige jo lengre måleperioden er. Man ser også at grunnene til avvik går igjen. Den har også tydeliggjort at det å ligge foran planen ett sted, kan gjøre at det er mulig å ta igjen arbeid et annet sted hvis det her ikke har vært mulig å begynne som planlagt.

Målingen har, i tillegg til måling av PPU, resultert i samme type skjema som det i dag til dag målingen i kapittel 4.5.2.2, og er presentert i samme skjematiske oversikt i vedlegg 3.

4.6 Resultater C4

Ettersom C4 er et såpass omfattende og komplekst prosjekt ble det besluttet å fokusere på risikovurderinger i prosjektet, i tillegg til å følge én underentreprenør som avslutter sin prosjektperiode parallelt med at denne oppgaven pågår.

4.6.1 Risikovurderinger

Alle prosjekter Skanska leverer tilbud på gjennomgå på forhånd. I denne gjennomgangen blir vanligvis marked, kalkyler, kunden, omgivelser og risiko vurdert. Når et prosjekt overstiger 50 millioner kroner blir denne faste gjennomgangen utvidet. Det utføres da, som tidligere nevnt, en Operational Risk Assessment (ORA).

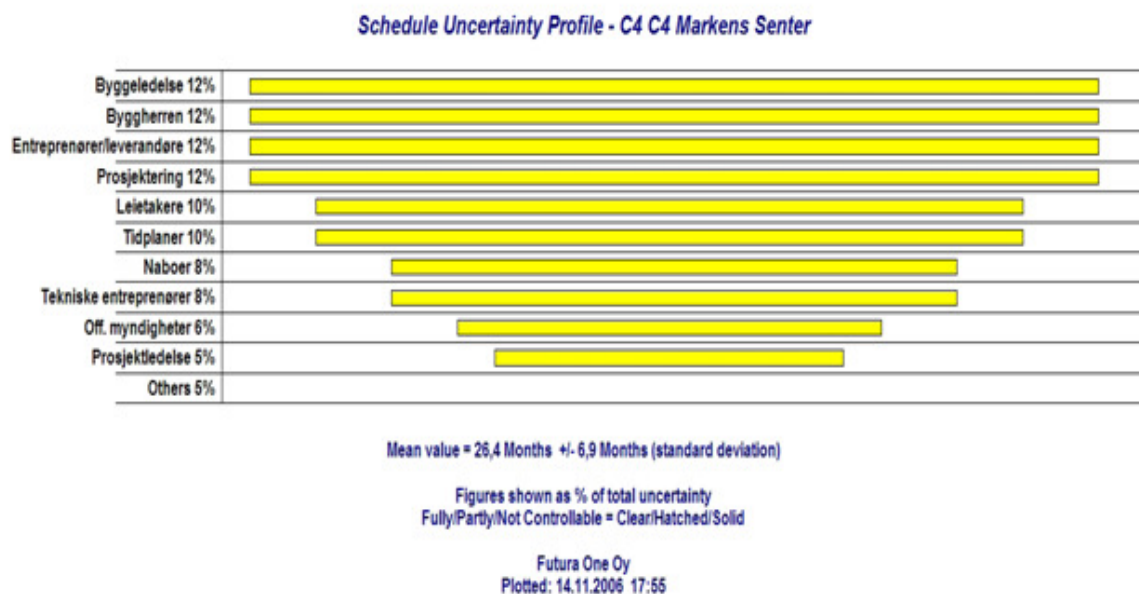
C4 er i størrelsesorden over 50 millioner kroner og det ble derfor utført en ORA i forkant av prosjektet. Analysen ble, som tidligere nevnt, utført av personer som er involvert i prosjektet og utenforstående. I denne analysen blir aktiviteter/ elementer delt inn i klasser der H= høy risiko, M= akseptabel risiko og L= lav risiko. Hvis noen elementer befinner seg i klasse H kan ikke Skanska levere tilbudet, det må derfor settes inn tiltak for å få elementet fra klasse H til klasse M.

På C4 var blant annet muligheter for asbest i eksisterende bygg og undervannsarbeider klassifisert som høy risiko. Det måtte derfor utarbeides ekstra sikkerhetstiltak for undervannsarbeidene, og for asbestmistankene måtte det kalkuleres inn for miljøvurderinger og befaringer, samt sanering for å oppnå klasse M. I tillegg kan tett byggegrop og fremdrift også være i klasse H, og det må da gjøres tiltak for å få disse ned til M.

I november 2006 ble det utført en usikkerhetsanalyse på C4 i samarbeid med ProsjektAnalyse AS. Denne analysen er basert på en metode av professor Steen Lichtenberg. Analysen ble utført på initiativ av prosjektledelsen på C4, og er ikke vanlig praksis hos Skanska i dag.

Figur 4.17 viser hva som i usikkerhetsanalysen ble beregnet til å være de største usikkerhetsmomentene for C4. Tallene i figuren er prosent av den totale risikoen i prosjektet. Et moment i figur 4.17 som kan, ifølge prosjektledelsen på C4, være misvisende er at kun 5 % av usikkerheten ligger hos dem. De mener at denne i utgangspunktet er større, men at man som prosjektleder ofte delegerer bort en del av usikkerheten til de valgte

anleggslederne (byggeledelsen). Prosentandelen til prosjektledelsen kunne likevel vært noe høyere, ettersom prosjektlederen fremdeles sitter i møter med anleggslederne og følger med på at alt ligger etter planen og at alt gjøres som det skal. Dette er da videre grunnen til at byggeledelsen har fått en så stor del av usikkerheten som 12 %.



Figur 4.17: Største usikkerhetsmomenter. (Frønes, 2006)

Etter analysen av potensielle risikoer ble det gjennomført en fremdriftsanalyse for å se hvilken påvirkning usikkerhetsmomentene hadde på tidsplanen. Utfallet av usikkerhetsanalysen fastslo at det var en sannsynlighet på kun 29 % for å ferdigstille prosjektet innen tidsfristen. De seks øverste grupperingene av usikkerhet beskrevet i figur 4.17 ble behandlet videre i handlingsplanene. Disse seks grupperingene utgjorde omtrent 70 % av usikkerheten i prosjektet, og en reduksjon ville derfor være til stor hjelp for fremdriften. For å klare å møte disse usikkerhetene med tiltak ble det anbefalt å legge inn en slakk i planene på to til tre måneder for å kunne oppnå en anbefalt sikkerhet på 80, 85 %. Dette var vanskelig å gjennomføre i praksis fordi prosjektet allerede var satt i gang. Løsningen ble derfor å legge en membran over kjøpesenterdelen, som inkludert parkeringshus består av de fem første etasjene. Ved å gjøre dette var det mulig å få tett bygg før de øverste etasjene var ferdige, og på den måten spare inn et par måneder. I tillegg ble det jobbet skift på prefabrikkert betong for å klare å få tett bygg tidligere.

Usikkerhetsanalysen belyste forhold som ikke ble ansett som risikable i ORA- analysen. Spesielt kom dette fram i forhold til myndigheter. Dette er et element det ligger mye usikkerhet rundt i usikkerhetsanalysen, men som ikke er nevnt i ORA- analysen. Det viste seg etter hvert at deler av fasaden på kjøpesenteret hadde kommet for langt ut i forhold til planen. Dette førte til byggestopp i tre måneder før det kom frem en løsning som alle parter godtok.

4.6.2 Aile; faseplan

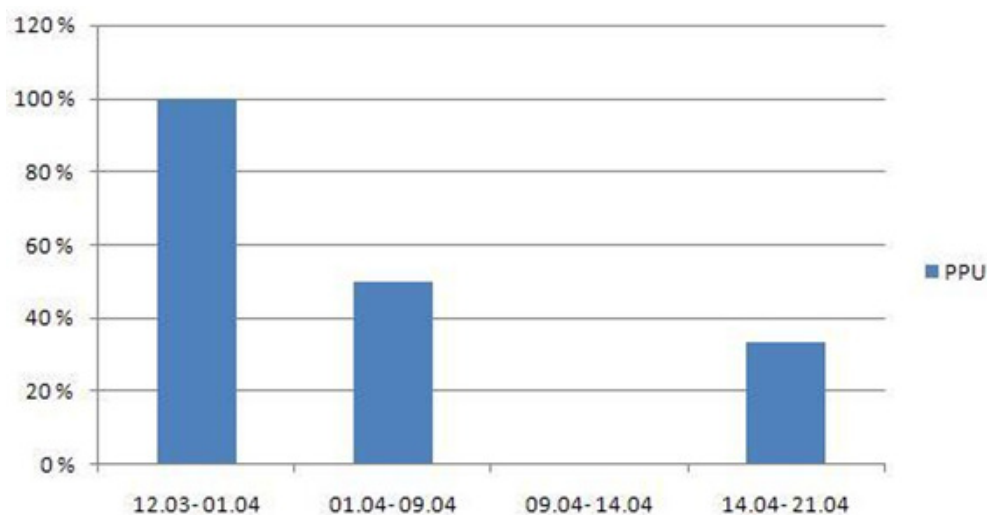
Aile er en latvisk underentreprenør som leverer glassfasader til C4. Fasadene vender inn mot ”luftegårdene/ uteområdene” i midten av senteret, og er nærmest ikke synlige fra bakkenivå utenifra.

En representant for Aile har kontorplass på riggen fra begynnelse til slutt av deres prosjektperiode, som i utgangspunktet er fra 23.01.08 til 18.04.08. Han har også med seg åtte arbeidere som utfører jobben.

I rundt en måned i slutten av Ailes prosjektperiode ble det på noen av deres ukentlige møter observert, i tillegg ble referat fra alle møtene formidlet via mail. Deltakere på møtene er Ailes representant som sitter på kontoret på riggen, og Skanskas mann som følger denne delen av prosjektet. På møtene tas det opp mye teknisk om hvordan ting skal løses, og inntransport for kommende uke kartlegges. Et viktig tema er også fremdrift, hvor de nøye følger hvordan de ligger an etter planen.

4.6.2.1 Resultater fra måleperioden

Resultatet av deltakelse på disse møtene er i hovedsak Prosent Plan Utført- målinger, altså prosentvis hvor gode de er til å følge planen.



Figur 4.18: PPU Aile.

Figur 4.18 viser PPU for Aile. PPU varierer fra 0 % til 100 % der gjennomsnittet er 46 %.

Det ble likevel påpekt av deltakere på møtene at de dagene aktivitetene har gått over planlagt tid ikke har gått utover den endelige ferdigstillelsen. På slutten av Ailes prosjektperiode er det lagt inn en uke til overlevering, altså noe slakk som gjør at det relativt lave PPU resultatet ikke får konsekvenser for de etterfølgende aktivitetene.

4.6.2.2 Oppsummering

Under følger en skematisk oversikt over aktivitetene i perioden, og datoen disse ble ferdigstilt på i forhold til det som var planlagt.

12. mars – 1. februar	Planlagt ferdig	Faktisk ferdig
Structure ASK 306	13. mars	17. mars
Fittings ASK 304	14. mars	14. mars
Structure ASK 304	19. mars	19. mars

1. februar – 9. februar	Planlagt ferdig	Faktisk ferdig
Structure ASK 307	3. april	1. april
Structure Roof 003	3. april	14. april

9. februar – 14. februar	Planlagt ferdig	Faktisk ferdig
Glass Roof 003	14. april	21. april

14. februar – 21. februar	Planlagt ferdig	Faktisk ferdig
Glass ASK 307	15. april	7. april
Covercups, flashing ASK 307	18. april	22. april
Covercups, flashing Roof 003	18. april	23. april

Figur 4.19: Aktivitetenes ferdigstillelsesdato.

Skjemaet i figur 4.19 viser at det er særlig på takarbeidet det er forsinkelser. Årsaker til dette er forsinkelser i forsendelse av profiler og beslag fra et tysk firma på halvannen til to uker, feil ved montering, omprioritering av arbeid for å komme lettere til og at helligdagene i forbindelse med påske ikke var tatt med i den opprinnelige fremdriftsplanen.

5 Analyse

Følgende forskerspørsmål vil her bli drøftet på grunnlag av innsamlet empiri og relevant teori:

Hvordan forbedre planpåliteligheten i byggeprosjekter?

- Utforming av planer
- Måling av planpålitelighet og analyse av årsakene til redusert pålitelighet
- Risikovurderinger i planleggingen

5.1 Utforming av planer

For å unngå kostnadsoverskridelser, forsinkelser og lav produktivitet i byggebransjen bør det siktes mot å oppnå flyt i produksjonen, eliminere venting og redusere transport. Det vil si at prinsippene i Lean Construction følges for å organisere produksjonen som en kontinuerlig strøm, og eliminere alt som ikke tilfører produktet verdi. I Lean Construction prioriteres planlegging høyt ettersom det er forskjellige "crew" (ofte yrkesgrupper) som har ansvar for de ulike aktivitetene. Last Planner er et verktøy og en måte å se planlegging på innen Lean Construction.

5.1.1 Last Planner vs. "Slik gjør vi det"

Skanska har, i retningslinjene "Slik gjør vi det", et hierarkisk oppbygget plansystem, som til en viss kan grad relateres til Last Planners fire plannivåer. Dette er tydeliggjort i figur 5.1.

	Last Planner	"Slik gjør vi det"
1. Nivå	Hovedtidsplan	Produksjonsplan
2. Nivå	Faseplan	Byggherrebeslutningsplan Bemanningsplan Tegningsleveranseplan Innkjøpsplan
3. Nivå	Periodeplan	
4. Nivå	Rullerende ukeplan	2- eller 3- ukersplan
5. Nivå		Ukeprogram

Figur 5.1: Last Planner vs. "Slik gjør vi det".

Planene som inngår i Last Planner er også hierarkisk oppbygd og består av hovedplan som den overordnede, deretter faseplan og periodeplan, som til slutt resulterer i en detaljert rullerende ukeplan. I følge Skanskas "Slik gjør vi det" består deres planer av en

produksjonsplan som kan sies å være alle planers mor, deretter kommer byggherrebeslutningsplan, bemanningsplan, tegningsleveranseplan og innkjøpsplan som alle ligger på samme nivå i hierarkiet. Under disse kommer så 2- eller 3- ukersplan og deretter ukeprogram. Det er dermed tydelig at Skanska sine planer har noe til felles med Last Planners plannivåer.

Plannivåene som er utviklet har til hensikt å sikre en pålitelig framdrift, og det har kommet frem at Skanska selv har som mål at planpåliteligheten bør ligge over 70 %.

I tillegg til planene er det ifølge Last Planner viktig at aktivitetene i periodeplanen skal være klargjort og sunne før de tas med i ukeplanen.

Det er ifølge Bertelsen (2003) syv forutsetninger (se kapittel 3.6.3.1, Hindringsanalyse) som skal være oppfylt før en aktivitet kan betegnes som sunn; foregående arbeider skal være avsluttet, tilstrekkelig plass, arbeiderne, materialer, utstyr og tegninger skal være til stede, og eksterne forhold må være i orden. Skanska har retningslinjer for forhold som må sjekkes ut før aktivitetene kan settes opp på 3- ukersplanen; er rett utstyr tilgjengelig, er nødvendige materialer på plass, er det adkomst (forrige aktør ferdig), er arbeidsmetoden diskutert og gjort kjent, finnes det tilstrekkelig og presis informasjon i form av tegninger og beskrivelse. I tillegg er det krav om at rammebetingelser (produktspesifikke forhold) som klima, adkomst, riggområde, naboer og trafikk skal være tatt hensyn til i produksjonsplanen. Figur 5.2 tydeliggjør likhetene mellom Bertelsens syv forutsetninger og forutsetningene i Skanskas ”Slik gjør vi det”.

Bertelsens syv forutsetninger	Forutsetninger i ”Slik gjør vi det”
Foregående arbeider skal være avsluttet	
Det skal være plass	Er det adkomst?
Arbeiderne skal være tilstede	
Materialet skal være tilstede	Er nødvendige materialer på plass?
	Er arbeidsmetoden diskutert og kjent?
Utstyr skal være til stede	Er rett utstyr tilgjengelig?
Tegninger og informasjon skal være tilstede	Finnes det tilstrekkelig og presis informasjon i form av tegninger og beskrivelse?
Eksterne forhold (for eksempel været), godkjennelser og lignende, må være i orden	Rammebetingelsene; klima, adkomst, riggområde, naboer, trafikk

Figur 5.2: Bertelsen vs. ”Slik gjør vi det”.

Flere av punktene likner på hverandre og det eneste Skanska ikke har spesifisert i sine krav er:

- Foregående arbeider skal være avsluttet
- Arbeiderne skal være tilstede

Dette er to viktige forhold som en aktivitet ikke kan gjennomføres uten. Skanska bør derfor vurdere å legge til disse forutsetningene i ”Slik gjør vi det” og dermed forbedre aktivitetenes mulighet til å bli gjennomført.

Likheten mellom Last Planners hindringsanalyse og Skanskas forutsetninger i ”Slik gjør vi det” viser at Skanska i teorien tar planlegging alvorlig, utfordringen for Skanska fremover blir å sette denne teorien ut i praksis, slik at de aktivitetene som blir satt på ukeplanene er kontrollert sunne.

5.1.2 Rydding

Tilgjengelig teori om kunsten å planlegge på en god og hensiktsmessig måte, vektlegger behovet for å ha en ryddig byggeplass. I kapittel 3.1.1 er dette omtalt i de fire plannivåene til Ballard & Howell (1998). Under *forpliktelsesplanlegging* presiseres det at en stor del av det å tilrettelegge for en aktivitet er at det skal være ryddet ordentlig opp. Også i teorien om Last Planner inngår viktigheten av rydding når man ser på hvordan sunne aktiviteter skal oppnås. Et punkt her sier at det skal være plass til neste aktivitet, og for at det skal være mulig må det være ryddig. I forbindelse med prosjektene som er fulgt i denne oppgaven, samt deltakelse på møter, har det blitt tydelig hvor stor vekt Skanska legger på å ha en ryddig arbeidsplass. De fleste er ikke fornøyde med nivået på ryddigheten, og det settes stadig inn tiltak for at den skal bli bedre.

I følge prosjektledelsen på Odderhei har andre prosjektledere og folk fra ledelsen som har vært innom byggeplassen på Odderhei sagt at det ser bra ut med hensyn på ryddighet. For å opprettholde dette gjennomføres det en vernerunde annenhver uke hvor det blir påpekt hvis ikke det er ryddig nok. Når et prosjekt nærmer seg slutten kommer det ofte mye materialer og lignende samtidig, og det er da viktig å ha orden for at det ikke skal bli kaos. Det er også viktig å ha det ryddig for å unngå unødvendig slitasje. Samtidig må en passe på at ryddingen ikke går utover effektiviteten.

Odderhei er en kontrast til C4. På C4 mener prosjektledelsen at ryddigheten på bygget ikke er god nok. De har for tiden tre personer som kun har dette som jobb, og rydder kontinuerlig. I tillegg har de en fast ryddedag i uka hvor også alle underentreprenørene er med. I

utgangspunktet skal hver mann rydde etter eget arbeid, noe som er nedfelt i overenskomster. Men på tross av alle disse systemene er det, i følge prosjektledelsen, ikke ryddig nok, og de er nå i ferd med å prøve et nytt tiltak for å øke ryddeinnsatsen. Dette tiltaket går på å fordele kostnadene som følger på grunn av rot, på samtlige underentreprenører.

Dette viser hvordan også det å holde byggeplassen ryddig blir et større problem når prosjektene blir større og mer komplekse. Det at det er betraktelig flere folk i arbeid gjør at det blir vanskeligere, men det gjør også at det blir desto viktigere. En annen hovedgrunn til at ryddigheten på C4 ser ut til å være så mye vanskeligere enn på Odderhei er utfordringen de har med lite riggområde.. På C4 er det tilnærmet ingen lagringsplass, og de materialene og det utstyret det er helt nødvendig å lagre må lagres på tildelte plasser av bygget innvendig. Dette gjør rydding til en enda større utfordring.

I tillegg må det nevnes at avgjørelsen om hvor ryddig det er, er en subjektiv vurdering. Dette kom tydelig frem da Skanskas veilederne til denne oppgaven, besøkte Odderhei. Veilederne mente at ryddigheten hadde stort forbedringspotensiale, og at det burde ha eksistert en bedre riggplan for lagring og avfallshåndtering.

5.1.3 "Slik gjør vi det" i praksis

Etter å ha fått et innblikk i Skanska sitt intranett virker det som om retningslinjene for prosjektplanlegging, langt på vei er i samsvar med Last Planner. Dette gjelder særlig ettersom "Prosjekthåndboken" er i ferd med å få en bedre og mer oversiktlig struktur i "Slik gjør vi det", der planhierarki og forutsetninger kommer tydeligere frem. Det som derimot har vist seg i løpet av denne periodens observasjoner er at disse retningslinjene ikke alltid blir fulgt under planleggingen av et prosjekt. En har sett innslag av det som står i "Slik gjør vi det", men når det kommer til sunne aktiviteter, detaljerte planer, oppfølging av disse, og navngitte aktiviteter kunne rutineene ha blitt bedre. Det vil si, rutineene er der, men de blir ikke fulgt. Det kan dermed virke som om det ikke har blitt presisert nok til de ansatte at retningslinjene skal følges. Prosjektlederne har stor påvirkning på et prosjekt og sjefene på distriktskontorene krever ikke at Skanska sine retningslinjer blir fulgt. Skanska sin intensjon med revisjonen og omorganiseringen av "Prosjekthåndboken" til det nye systemet "Slik gjør vi det" er nok et ønske om at retningslinjene skal bli fulgt mer lojalt. Dersom dette systemet gjennomgås steg for steg, helt ifra begynnelsen med definering av prosjektet, vil planene nesten automatisk få bedre kvalitet. Nødvendige dokumenter som beskriver steg i planleggings- og utførelsesprosessen kommer da frem og prosjektledelsen blir gjort oppmerksom på disse

dokumentene og forpliktet til å følge dem. Produksjonsplanen/ hovedfremdriftsplanen som utarbeides i henhold til ”Slik gjør vi det” blir ført opp i et Gantt- diagram.

5.1.4 Gantt- diagram og PERT/CPM- nettverk

Skanska benytter Gantt- diagrammet fra MS Project. Gantt- diagrammet gir en oversiktlig fremstilling av alle aktivitetene, og rekkefølgen og varigheten disse har. I Gantt- diagrammet er det mulig å markere etterfølgende, kritiske aktiviteter med piler slik at en ser rekkefølgen og avhengigheten tydeligere. Ansvarlig person for hver aktivitet kan også skrives inn.

Det er forskjellig fra prosjekt til prosjekt hvor detaljert diagrammet er. På C4 ble aktiviteter som var avhengige av hverandre merket med pil, dette var ikke gjort på Odderhei. Dette betyr at det på C4 er enklere å se den kritiske linjen ut fra Gantt- diagrammet. På Odderhei må hver enkelt aktør tolke ut ifra diagrammet hvor den kritiske veien går. Det er da mulig å blande kritiske og ikke- kritiske aktiviteter sammen fordi de kritiske ikke er markert, noe som igjen kan føre til muligheter for feilprioriteringer i form av at ikke- kritiske aktiviteter blir prioritert foran de kritiske.

På C4 ble ansvarlige personer for hver aktivitet merket med initialer foran hver søyle i diagrammet, mens på Odderhei var det derimot ingen persontilknytning til hver aktivitet. I følge ”Slik gjør vi det” skal det kun i ukeprogrammet merkes hvem som skal utføre hva. Dette ble gjort på C4 men ikke på Odderhei. På Odderhei ble kun beregnet antall mann på hver aktivitet notert ned på 2- ukersplanen og ukeplanen. Ved å knytte personer direkte opp mot aktiviteter oppnås det et eierskap mellom aktivitetene og personene som skal utføre disse. Eierskap til aktivitetene er viktig for de som skal utføre oppgaven, fordi de føler et større ansvar dersom de vet at det er de som er utpekt til denne oppgaven, og ser på planen at aktiviteten de skal gjøre er i et nettverk der andre aktører er avhengig av at den blir gjort. Hvis dette hadde blitt gjort på Odderhei er det en mulighet for at aktivitetene som ble satt opp på ukeplanene i større grad ville ha blitt ferdig i tide.

For å belyse kritiske aktiviteter og aktiviteter som kategoriseres som ”Overall Influences”, det vi si de aktivitetene som virker inn på andre aktiviteter i sterk grad, kan disse settes inn i et PERT/ CPM- nettverk. PERT/ CPM- nettverket vil da ta for seg betydningsfulle deler av prosjektet. Avhengighetene visualiseres på den måten bedre for prosjektets deltakere. Å lage et PERT/ CPM- nettverk av hele prosjektet vil derimot ikke ha noen hensikt, da dette ville ha blitt et veldig stort nett, og derfor for innviklet å få oversikt over.

Skanska er nå i ferd med å innføre Pertmaster. Dette programmet kan ses på som en slags kombinasjon av PERT/ CPM og Gantt ved at først rekkefølgen på aktivitetene blir vurdert, så varigheten av disse. Ved hjelp av Monte Carlo simulering (se kapittel 3.7.1.2, Monte Carlo simulering) inkluderer dette også beregning av den mest sannsynlige tiden det vil ta å utføre hver aktivitet, inkludert et spenn mellom best mulig varighet og verst mulig varighet. Kritisk vei blir også fremhevet, og det kan på forhånd planlegges hvilke tiltak som skal iverksettes hvis det skulle forekomme noen overskridelser her. Det blir i Pertmaster tatt høyde for variasjoner i blant annet ledetid. Hovedårsaken til disse variasjonene er at det blir antatt en fast ledetid. Slike faste ledetider har ikke rot i virkeligheten grunnet blant annet menneskelige forskjeller som ulik erfaring, ulik dyktighet og ulik helse. Betingelsene for å utføre aktiviteten kan også være ulike, for eksempel knapphet i markedet på materialer. Pertmaster drøftes mer i kapittel 5.3.2.

5.1.5 Planlegging i store og små prosjekter

Det er stor variasjon i hvordan prosjekter i Skanska blir planlagt. Odderhei, som er et mindre prosjekt, består av en hovedfremdriftsplan og en rullerende 2- ukersplan. C4 har derimot en rekke flere planer, fra hovedfremdriftsplan, via 2- månedersplan, 2- ukersplan, ukeplan og til dagsplan. I tillegg har de visuelle planer, tiltaksplaner og planer knyttet opp mot underentreprenørene.

”Slik gjør vi det” gir oppsettet på hvilke planer som skal lages og hva de skal inneholde, men det er prosjektlederen som bestemmer hvor mange plannivåer som er nødvendig for deres spesifikke prosjekt. Størrelsen og kompleksiteten på prosjektet bestemmer hvor mange planer det er nødvendig å ha, dette fordi store prosjekter har flere aktiviteter som skal koordineres.

Prosjektlederen bestemmer også hvor nøye disse planene skal utarbeides. Fordi prosjektlederen har ansvaret for hvilke planer som brukes i praksis og hvordan disse planene utformes, blir det forskjeller i kvalitet fra prosjekt til prosjekt avhengig av hvem som er prosjektleder. Her kommer den kognitive psykologien inn, der persepsjon er en sentral del. Skanska kan gjøre flere av planene påkrevd og bestemme et oppsett på disse planene slik at den nødvendige informasjonen, med hensyn på kritisk vei og eierskap til aktivitetene, blir definert.

Erfaringene gjort fra Odderhei, samt uttalelser fra Skanska om at det tapes mest penger på de små prosjektene, kan tyde på at det er i de små prosjektene de mest detaljerte planene utelates, særlig gjelder dette hvis det ikke eksisterer et hardt tidspress. Disse prosjektene har også ofte

færre ressurser avsatt til planleggingsfasen. Etter samtale med aktuelle personer i prosjektledelsen på Odderhei, kom det frem at det jobbes etter planen, ikke sluttdato. Byggherrens sluttdato er 1. desember, Skanska sin er 1. november, og etter planen er sluttdato begynnelsen av september. De har derfor så god tid at ferdigstillelsesdato vil være før byggherren krever det, men tross også dette er det god tid på prosjektet. I møte med planansvarlig hos Skanska ble det presisert at god planlegging er viktig, også for de små prosjektene. Det er ikke noe som heter å ha god tid i et prosjekt, da bør heller ferdigstillelsesdatoen fremskyndes.

I større prosjekter kan det derimot virke som om retningslinjene følges bedre. Desto større prosjektet er desto mer er det selvfølgelig som må koordineres, og da kreves det en bedre oversikt for å klare å komme i mål. Et eksempel her er C4, hvor representanter fra prosjektledelsen kunne fortelle at anleggsleder utarbeider en mer detaljert plan ut ifra prosjektets hovedfremdriftsplan, og at denne formidles til formennene. Sammen med basene setter så formennene opp ukeplaner som henges opp som oppslag. Basene videreformidler til snekkerne ved å gjennomgå planen muntlig. Her ville kanskje snekkerne føle mer eierskap til sin del av planen hvis de ble hengt opp med navngitte aktiviteter istedenfor kun å få det muntlig. Med hensyn på å oppnå flyt i produksjonen er også oppslag av detaljerte planer en god løsning. På denne måten har alle som jobber på prosjektet tilgang til å se hva som skal skje når. En vil da også helt konkret se hvilke aktiviteter som er avhengige av at ens egen er ferdig, og en vil langt på vei redusere venting ved at alle vet på forhånd hva neste aktivitet er. På C4 kom det frem på et driftsmøte at de forskjellige fagene ikke alltid har hverandres fremdriftsplaner. Dette gjør det vanskelig å koordinere aktivitetene ordentlig, og det er vanskelig å vite hvordan de andre ligger an og hvor de holder på. På grunn av dette, sammen med menneskelige ulikheter som virker inn på hvordan hver enkelt oppfatter, husker og bearbeider informasjon, såkalt kognitiv psykologi, vil det være hensiktsmessig å henge den detaljerte, navngitte planen opp så den er tydelig for alle, også på tvers av faggruppene.

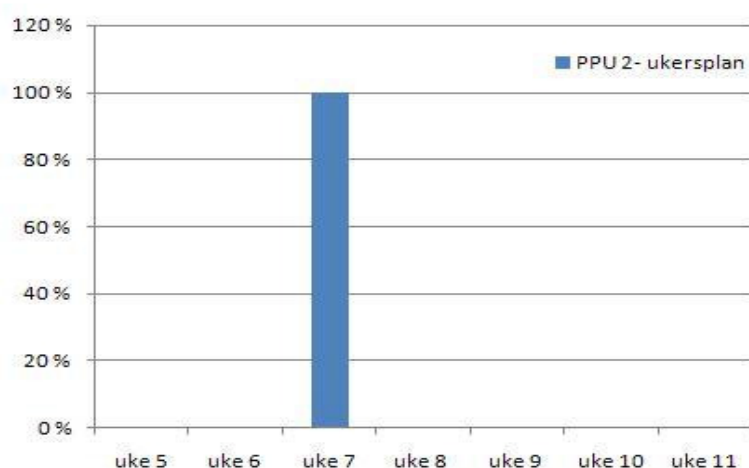
På C4 fortalte de også at det er viktig å se på hva som påvirker fremdriften mest, for så å organisere prosjektet riktig ut ifra det som kommer frem. På C4 var dette å ha én anleggsleder for kontordelen, og én for kjøpesenterdelen. Mye fokus på fremdrift resulterte også i en milepælplan, altså et initiativ gjort av prosjektledelsen som ikke står i retningslinjene i ”Slik gjør vi det”. Denne planen har vist seg som meget nyttig på C4 ettersom dette er et såpass stort prosjekt med mange milepæler å ha oversikt over.

5.2 Måling av planpålitelighet og analyse av årsakene til redusert pålitelighet

Som et ledd i å innføre Lean i hele virksomheten bør tiltak for å oppnå høy planpålitelighet, ved hjelp av bedre planlegging, inngå. Odderhei er som nevnt et mindre prosjekt i regi av Skanska som opererer med en hovedfremdriftsplan og rullerende 2- ukersplaner. I følge Last Planner er Prosent Plan Utført et måltall som skal benyttes for å gi et bilde av planpåliteligheten av det laveste plannivået, det plannivået ”The Last Planner” eller ”den siste planleggeren” har utarbeidet. Bertelsen mener at denne planpåliteligheten bør være opp mot 80 %.

5.2.1 PPU på egenproduksjon

Ut ifra målingene som ble gjort av 2- ukersplanene kom det frem en gjennomsnittlig planpålitelighet på 20 %. Totalt var det fem av syv uker der det foregikk aktiviteter som skulle ferdigstilles, og det var en til to aktiviteter hver gang. Planpåliteligheten var 0 % i fire av disse ukene og 100 % i en, se figur 5.3. I denne forbindelse bør det nevnes at den uken hvor planpåliteligheten var 100 % var målingen overlatt til bas og formann for tømmer, ettersom forfatterne av denne oppgaven ikke hadde mulighet til å delta på møtet. Resultatet kan være en tilfeldighet, eller så viser det at å ha detaljerte planer nedskrevet i et skjema kan være med på å forsterke ønsket om å bli ferdig med de aktivitetene som det er planlagt å ferdigstille. Dette er et eksempel på problemet knyttet til reliabilitet ved at prestasjonene muligens blir annerledes fordi de er med i en undersøkelse og blir overvåket og registrert.

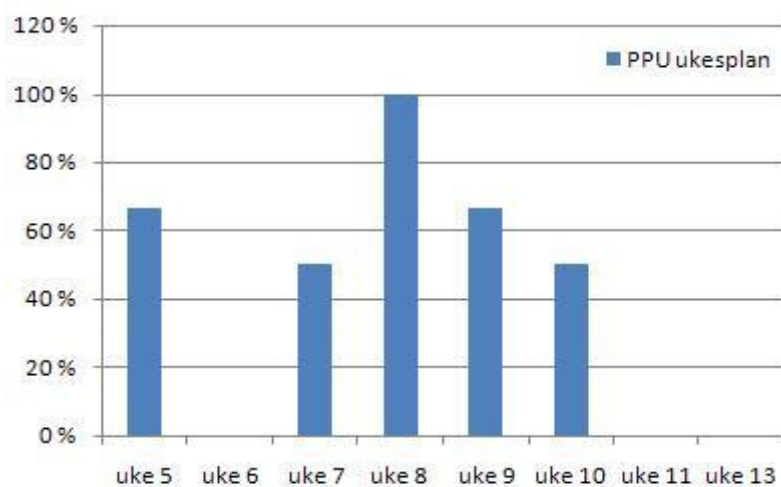


Figur 5.3: PPU 2- ukersplan.

Det kan konkluderes med at planen i dette tilfellet måtte ha vært svært upålitelig grunnet den lave prosenten av utførte aktiviteter. Men her er det viktig å ta i betraktning at det hver uke kun var en eller to aktiviteter som skulle ferdigstilles. Det er derfor slik at hvis kun én aktivitet ble ferdig ville dette føre til en planpålitelighet på 50 eller 100 %, og hvis kun én aktivitet ikke var ferdig ville dette igjen føre til en planpålitelighet på 0 eller 50 %. Det kan derfor sies at resultatet av undersøkelsen er noe grov. På den annen side er det slik på små prosjekter at det nødvendigvis ikke er så mange aktiviteter som skal ferdigstilles hver gang. Hvis det er ønskelig å måle PPU for disse prosjektene må det aksepteres at skillet mellom høy og lav PPU er snever. En delvis løsning på dette kan være å vekte PPU- resultatet etter hvor mange aktiviteter som skal være ferdigstilt. På denne måten er det mulig at den gjennomsnittlige PPU vil gi et mer beskrivende resultat. Slik det er i dag tyder det på at det er av liten hensikt å måle PPU av de mest detaljerte planene på prosjekter av denne størrelsen. Å finne frem til gjennomsnittet mellom noen uker med 0 % og en uke med 100 % har en lav grad av forklaring. På mindre prosjekter kan det derfor ha større hensikt å måle PPU ut ifra hovedfremdriftsplanen fordi denne inneholder aktiviteter for hele prosjektet og alle underentreprenørene, og over en lenger periode, selv om Last Planner opererer med at PPU skal måles på den siste planen i hierarkiet. En annen svakhet ved PPU er at den ikke tar hensyn til hvor mange prosent av aktiviteten som er ferdig. PPU registrerer kun ferdig/ ikke-ferdig. En aktivitet som er 90 % ferdig vil da bli kategorisert som ikke-ferdig sammen med aktiviteter som ikke engang er påbegynt, og kan derfor gi et noe skjevt bilde av virkeligheten. PPU viser heller ikke om aktiviteten ligger på kritisk linje. PPU kan derfor gi et dystre bilde av planprogresjonen enn virkeligheten. Prosjekter med lav PPU kan utmerket klare å levere prosjektet i tide hvis avvik som er registrert ikke er av kritisk art. På Odderhei var ingen av aktivitetene på ukeplanene definert som bufferaktiviteter, det vil si ikke-kritiske aktiviteter, som derfor kan gjøres uavhengig av andre og ha et større tidsspenn. Disse aktivitetene blir da gjort når det finnes tid til dem. Hvis Odderhei hadde definert flere aktiviteter som bufferaktiviteter hadde resultatet av PPU- målingene blitt bedre selv om aktivitetene ble ferdige til samme tid som registrert i målingene. Det er derimot viktig at disse bufferaktivitetene ikke er aktiviteter med serieavhengighet. Generelt i byggebransjen trenger ikke aktiviteten ligge på kritisk linje for at den skal være kritisk for den enkelte underentreprenør.

Bertelsen argumenterer for at en PPU på 100 % ikke vil være noe mål i seg selv, men at et bedre siktemål er PPU på 80 %. En PPU på 100 % kan være et resultat at det arbeides meget godt og effektivt, men det kan på en annen side også bety at det har blitt satt av for lang tid på aktivitetene.

Fordi 2- ukersplanen er rullerende og blir revidert hver uke på et basmøte ble det også foretatt en PPU- måling av planen på ukebasis for å få et innblikk i hvor pålitelige planene er fra uke til uke. Den gjennomsnittlige PPU ble her 42 %. Målingene ble gjort i løpet av åtte uker og PPU varierte også her mellom 0 og 100 %, se figur 5.4.



Figur 5.4: PPU ukesplan.

Aktivitetene per uke var enten to eller tre. PPU på ukebasis ble dobbelt så høy som for 2- ukersplanen. PPU er her høyere fordi det planlegges kortere fram i tid, men så stor forskjell bør det i utgangspunktet ikke være. Skal det først legges en 2- ukersplan bør denne være omtrent like pålitelig som ukeplanen. I dette eksempelet fremstår den mer som en veiledende plan, og ikke en plan det gjøres et ordentlig forsøk på å jobbe etter. En kan derfor si at PPU for både 2- ukersplanene og ukeplanene er for lav og ikke lever opp til kravet fra Skanska om en PPU på 70 %.

Sett fra en annen synsvinkel er det faktisk også mulig at lav PPU er et positivt resultat. Hvis det har vært en bra flyt imellom aktivitetene, og arbeidet har blitt gjort effektivt og uten venting, kan det være at det er planen som er mangelfull, eller rekkefølgen på aktivitetene i planen som er feil. Og det er ikke bra å være trofast mot en dårlig plan. Da ser en igjen hvor viktig det er med god planlegging, og at det ofte er bedre å bruke litt ekstra tid på å oppnå god

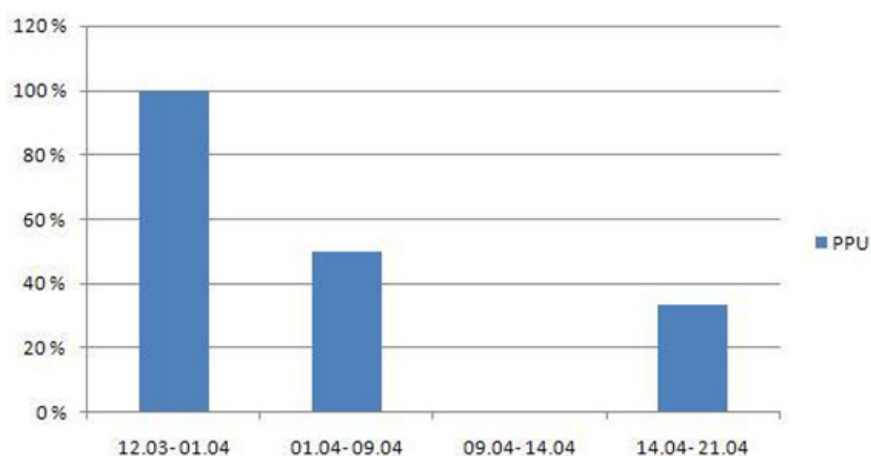
kvalitet på planene, enn stadig å støte på uforutsette hendelser som krever omprioriteringer og lignende.

5.2.2 Dag til dag måling og 4- ukersmåling

Dag til dag måling og 4- ukersmåling av hovedfremdriftsplanen på Odderhei viser hvordan det sjongleres med aktiviteter om hverandre, at aktivitetene ikke gjøres i den rekkefølgen som står på planen. Dette påvirker påliteligheten av planen, noe som er et direkte resultat av at Last Planner ikke blir brukt. Planene er som nevnt over bare veiledende og følges ikke lojalt. Når en undrentreprenør endrer aktivitetenes rekkefølge underveis mister fort ledelsen og andre underentreprenører oversikten over hva som blir gjort og hvor det blir gjort. På denne måten kan det oppstå misforståelser, feil og unødig bruk av tid for å få oversikt. På Odderhei har de et koordineringsmøte for å bli oppdatert på hva underentreprenørene gjør på byggeplassen. Her blir man enig om hva som skal gjøres neste uke samt en oppsummering av hva som skjedde i den forrige. Dette koordineringsmøtet bidrar til at ledelsen får en oversikt over hva som skjer hvor. Hvis planene hadde blitt fulgt som de skulle ville disse møtene blitt mindre avgjørende, og tiden kunne blitt brukt mer effektivt.

5.2.3 PPU- målinger av Aile

Resultatene fra målingene av den latviske underentreprenøren Aile ved C4, viser tydelig at deres PPU ikke er bemerkelsesverdig bedre enn på Odderhei. Gjennomsnittet her er 47 %, og den varierer også her fra 0 til 100 % (se figur 5.5).



Figur 5.5: PPU Aile.

Ettersom dette er måling av denne ene underentreprenøren, som kan sies å være et lite prosjekt inni prosjektet, er det igjen få aktiviteter som skal ferdigstilles fra periode til periode.

Så på samme måte som beskrevet over kan det også her være aktuelt å vekte PPU resultatet for at det skal bli mer beskrivende. Resultatet er likevel noe bedre enn på Odderhei, og man ser tydelig at planleggingen for Aile er bedre ut ifra grunnene til ikke-ferdigstilte aktiviteter. Årsakene er i hovedsak ukontrollerbare hendelser i forbindelse med takarbeider, som for eksempel leveringsforsinkelser.

5.2.4 Last Planner på Odderhei

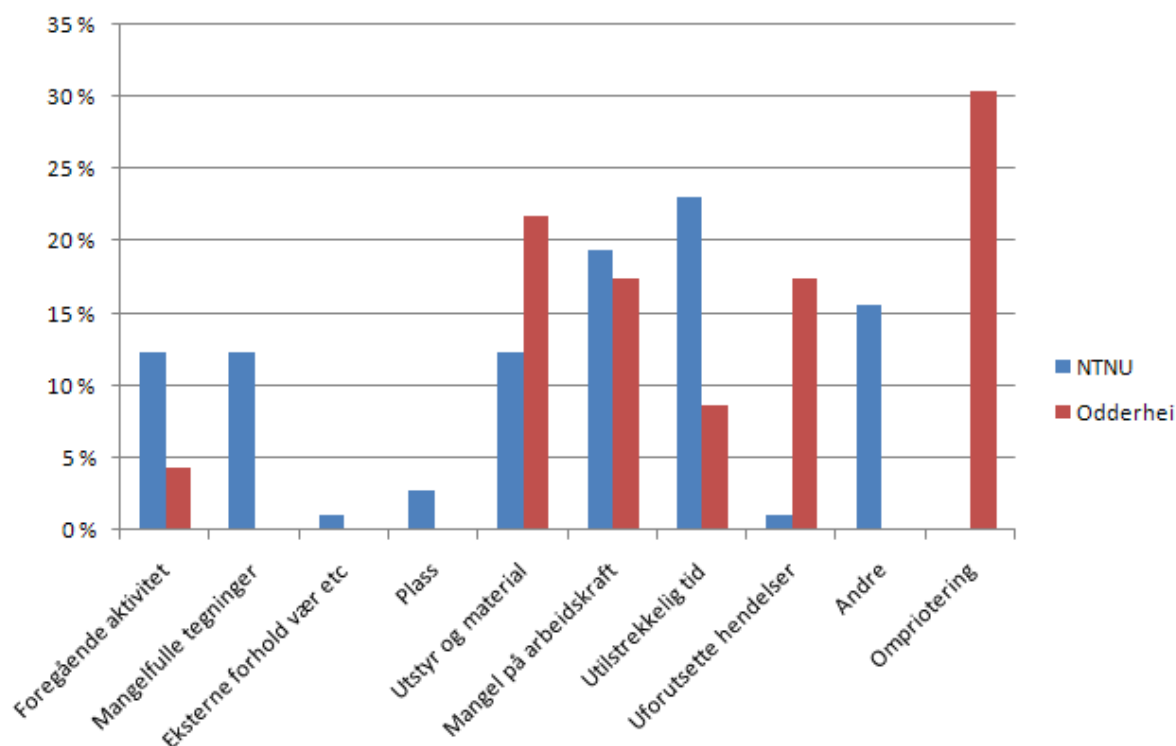
Det går an å spekulere i hvordan fremdriften på Odderhei ville vært hvis de hadde planlagt etter Last Planner. Hvis Last Planner- filosofien hadde ligget til grunn i utarbeidelsesfasen av planene ville Odderhei operert med et sett på fire planer istedenfor to, der også faseplanen og periodeplanen hadde vært med. Ved utarbeidelsen av de rullerende 2- ukersplanene ville basene være nødt til å forsikre seg om at aktivitetene som ble satt opp her var sunne. Ifølge årsaksanalysen fra Odderhei var grunnene til at planen ikke ble holdt; ”foregående aktivitet”, ”utstyr og material”, ”mangel på arbeidskraft”, ”utilstrekkelig tid” og ”uforutsette hendelser”. Tilfellet som oppsto flest ganger var ”omprioriteringer”, med ”utstyr og material” på en god andreplass, tett etterfulgt av ”mangel på arbeidskraft” og ”uforutsette hendelser” (se figur 4.13).

Som beskrevet over belyste dag til dag målingene og 4- ukersmålingene av hovedfremdriftsplanen hvordan det sjongleres med aktiviteter, altså hvordan det stadig blir omprioritert på aktivitetenes rekkefølge. En annen grunn til omprioritering var at det heller ble satt folk til å rive stillaser etter hvert som disse ble overflødige. Dette for å slippe å betale mer leie for dem. Hindringsanalysen i Last Planner, som sikrer sunne aktiviteter, ville ha luket ut mesteparten av årsakene som ligger i kategoriene; ”foregående aktivitet”, ”utstyr og material” og ”mangel på arbeidskraft”. Dette er forhold som, ifølge Last Planner, blir gjort rede for og ordnet før de settes inn i ukeplanen. Årsaken som omhandler utstyr og material hadde også blitt redusert hvis Skanskas retningslinjer i ”Slik gjør vi det” hadde blitt fulgt. Her tas det nemlig opp at forhold som gjelder utstyr og materialer skal være klargjort og tilgjengelig før aktiviteten kan settes opp i ukeplanen.

5.2.5 Sammenlikning med NTNU- oppgavens resultater

I denne oppgaven har det blitt tatt med resultatet av en årsaksanalyse fra en tidligere NTNU- oppgave. Dette for til en viss grad å kunne se om det er samsvar mellom de fremtredende årsakene i årsaksanalysene. Figur 5.6 under viser resultatene av disse i forhold til hverandre samlet i samme søylediagram. ”Antall ganger” er vist som en prosentvis fordeling av alle

årsakene samlet, derfor kommer ikke forskjellen i antall aktiviteter mellom Odderhei og NTNU- oppgaven frem. Kategorien ”andre” i NTNU- oppgaven har blitt byttet til ”omprioriteringer” i denne oppgaven. Dette fordi ”omprioriteringer” var dekkende nok, og at det også er presisert i NTNU- oppgaven at det oftest var ”omprioriteringer” som lå bak deres ”andre” kategori. Når en så ser på resultatet fra NTNU- oppgaven er de tre hyppigste årsakene ”utilstrekkelig tid”, ”mangel på arbeidskraft” og ”andre”. At resultatene fra Odderhei ikke har ”utilstrekkelig tid” på topp i årsaksanalysen har sin naturlige forklaring, som presisert igjennom hele oppgaven, at de har mer enn god nok tid på dette prosjektet. Ved å sammenligne kategorien ”andre” med ”omprioriteringer” ser man at disse ligger forholdsvis høyt i begge årsaksanalysene. Også ”utstyr og material” og ”mangel på arbeidskraft” støttes opp om hverandre i analysene, og viser at dette er årsaker som ofte dukker opp. Når det så kommer til ”uforutsette hendelser” er det ingen likheter mellom de to analysene. Den mest logiske forklaringen på dette må være at planene for prosjektene som er fulgt i NTNU- oppgaven må ha bedre kvalitet enn de på Odderhei. Dersom man klarer å forutse risikoer og lignende når man legger planen, vil man naturlig nok unngå at det oppstår mange uforutsette hendelser.



Figur 5.6: Sammenlikning av årsaksanalyser i NTNU- oppgaven og Odderhei

5.2.6 Årsaker; kontrollerbare og ukontrollerbare

Ut ifra målingsresultatene fra Odderhei kan det virke som om årsakene til svikt i planpåliteligheten kan plasseres i to kategorier. Den ene kategorien er årsaker som kan sies å være forutsigbare og derfor kan forebygges med god planlegging i forkant. For å unngå feil i disse kategoriene er det viktig at prosjektledelsen samarbeider med involverte underentreprenører når planen legges, slik at estimert rekkefølge og tid på aktivitetene blir så korrekt som mulig. utfordringen her er at det ofte er vanskelig for underentreprenørene å fastslå nøyaktig hvor lang tid de bruker på hver aktivitet fordi hvert prosjekt er unikt.

I tillegg til involveringen av prosjektets deltagere må aktivitetene som tas med i ukeplanene være klargjort på forhånd slik at det er sikret at de er sunne. Dette er det basen for de forskjellige fagfelt som har ansvar for. Hvis dette blir gjort ligger forholdene til rette for utførelsen av aktivitetene, og sannsynligheten for svikt vil være sterkt redusert.

Den andre kategorien av årsaker er uforutsigbare og kan involvere eksterne aktører, været og andre uforutsette hendelser. Disse forholdene er vanskelige å beregne når planen skal legges. En kan derfor si at disse årsakene er lite kontrollerbare. Eksempler her er mye regn når man holder på å lukke bygg. Dette kan gjøre at uttørking tar lengre tid enn planlagt, og det vil igjen hindre alle innvendige aktiviteter i å komme i gang på tida. En får dermed en slags dominoeffekt. Et annet eksempel er om det er for mye vind til at kranen kan brukes. Når man kommer opp i høyden av et bygg er man avhengige av at denne kan brukes, ofte kontinuerlig. Dette opplevde de på C4 i januar i år, hvor det blåste for mye til at den kunne brukes 10 av dagene, og på dette prosjektet ligger det i planene at kranene skal gå hele tiden.

Årsakene til svikt i planpåliteligheten kan altså være kontrollerbare, og de kan være ukontrollerbare. For de kontrollerbare årsakene er det mulig for prosjektleder, bas og formann for egenproduksjon og de medvirkende underentreprenørene å forutse ved god planlegging hvilke rekkefølge aktivitetene skal komme i, og hvor lang tid hver aktivitet mest sannsynlig vil ta. Ukontrollerbare årsaker er ofte de uforutsette årsakene som sykdom, vær og andre eksterne faktorer en ikke rår over. Det er her viktigheten av risikoanalyser kommer fram.

5.3 Risikovurderinger i planleggingen

Lite kontrollerbare årsaker kan forebygges ved hjelp av risikoanalyser. Skanska har frem til nylig ikke fokusert på risikoberegninger i forhold til tidsaspektet i fremdriftsplanen. Til nå har risikovurderinger utført hos Skanska vært tilknyttet ORA (Operational Risk Assessment).

5.3.1 ORA

ORA- analysen er med på å avgjøre om Skanska skal levere anbud eller ikke. Analysen gjør det mulig å bedømme ulike former for risiko og kalkulere disse inn i prisgrunnlaget, men de som priser må også huske å ta med konkurransesituasjonen i vurderingen.

Hos Skanska sentralt finnes det god erfaring og kompetanse på ORA, mens det i distriktene ikke er uvanlig at en prosjektleder kun har én slik analyse hvert tredje år. Dette fordi prosjektene ikke overstiger summen som krever en ORA- analyse. Fordi prosjektlederne og andre involverte i prosjektet utfører disse analysene så sjeldent opparbeider de seg ikke tilstrekkelig kompetanse og erfaring for å utarbeide den tilfredsstillende. Det er retningslinjer som må gjennomgås og repeteres for hver eneste gang fordi man glemmer hvordan det skal gjøres. Det er nok også en del som lar være å lese retningslinjene og går rett på analysen uten tilstrekkelig innsyn i hvordan den bør gjøres. Den nylig innførte forenklete ORA- analysen vil øke antall ORA- gjennomganger betraktelig, og bedre dette problemet. I tillegg har regionledelsen blitt utvidet og de vil derfor ha en større delaktighet i gjennomføringen av ORA. På regionsnivå vil det dermed være hyppigere avholdelse av ORA, noe som også kan bidra til økt erfaringsutveksling.

ORA er delt inn i tre klasser der H er for høy risiko, M er akseptabel risiko og L er lav risiko. Gruppen som utfører ORA- analysen må selv vurdere hvilken kategori de forskjellige forholdene skal ligge i. Grunnet manglende kompetanse i distriktene er det, i følge sentrale kilder i Skanska, vanligvis mye ”synsing” under utarbeidelsen av en ORA. Prosjektledelsen er med i utarbeidelsen av ORA noe som kan være uheldig fordi prosjektledelsen kan ha lyst/ ikke lyst på prosjektet og la dette påvirke prosessen. Det er derfor mulig at ledelsen i enkelte tilfeller kan være noe inhabil. Slike ”følelser” knyttet til prosjektet, kan føre til at elementer som opprinnelig burde vært i klasse H bevisst eller ubevisst blir ”synset” til å kunne plasseres i klasse M, og omvendt. Imidlertid er det grunn til å tro at prosjektledelsen burde ha interesse av å være realistiske i utarbeidelsen av ORA, slik at de ikke møter seg selv i døren ved prosjektslutt, eller under gjennomføringen.

Skanska behov for prosjektet		
Liten: <input type="checkbox"/>	Middels: <input type="checkbox"/>	Stor: <input checked="" type="checkbox"/>

Figur 5.7: Skanska behov for prosjektet. (Skanska Intranett, 2008)

Figur 5.7 viser et utsnitt fra en forenklet ORA- analyse. Skjemaet viser at Skanska har et stort behov for å få prosjektet.

Videre i skjemaet blir viktige involverte parter i prosjektet vurdert. Figur 5.8 viser at ingen av de viktige partene i prosjektet er registrert i Startbank, en database med registrerte bedrifter for å sikre kvalitet og seriøsitet. Det er et krav i Skanska om at aktørene skal være registrert i Startbank. Figuren viser også at Skanska har dårlig erfaring med en av partene.

2. Vurdering av viktige involverte parter (Arkitekt, prosjekterende, UB;UL osv,)				
Firma	Sum (mill)	Tidligere erfaring (dårlig, middels, god)	Gjennomføringsevne (dårlig, middels, god)	Registrert i Startbank
Arkitekt		Dårlig	Middels	Nei
prosjekterende	0,5	God (Skanska Arn)	God	Nei
UB	0,1	God	God	Nei
UL	Tiltransp.	Ingen	Usikkert	Nei

Figur 5.8: Involverte parter i prosjektet. (Skanska Intranett, 2008)

I tillegg til vurderingen av viktige parter blir det gjort en vurdering av de fem største utfordringene i prosjektet (se figur 5.9). Man ser her at de har dårlige erfaringer særlig med byggherre og arkitekt. Det er utarbeidet tiltak for å få risikoområdene ned til akseptabel risiko, men dette har ikke lyktes når det gjelder byggherren.

5. Prosjektets 5 største utfordringer (For eksempel: Byggherreorganisasjon, marked og prisutvikling, prosjektering mobiliseringstid, byggetid Kompetanse, kapasitet, tekniske utfordringer, kontraktsmessige forhold, risikomomenter omverden osv.)		
Risiko Nivå (H/M)	Risikoområde	Tiltak
M	Prosjektorg. DK har dårlige erfaringer med bolig.	Erfaringsoverføring tidligere prosjekt. Målstyring med ekstern deltaker. Bruker etablert prosjektorg (fra Odderhei) Egen boligavd. YS og TIN involvert i kalkulasjonen
M	Risikoanalyse: Evnen til å vurdere prosjektets risiko.	Involverer RIB og Brannråd i tidligfase. Krever godt tegningsgrunnlag før pris – avklares i eget møte. Tydelig beskrivelse på vår leveranse tas med i kontrakt.
M	Grunnforhold: Dybde/ setninger. Infrastruktur: Nytt felt. Vei, strøm, tlf, rør.	Forbehold i kontrakt. Ansvarlig YS.
H	Byggherre/ - leder: Leverer ikke	Byggherrebeslutningsplan med tydelige frister. Byggherremøter hver 14. dag. Formell og tydelig kommunikasjon (skriftlig)
M	Arkitekt: Har dårlige erfaringer. Sliter med å få gode tegninger.	Tegningsleveranseplan etableres og følges opp. Avklare hvilke tegninger vi trenger og hva de skal inneholde av informasjon. TIN og YS ansv. Tiltakene må inkluderes i kontrakt.

Figur 5.9: Prosjektets fem største utfordringer. (Skanska Intranett, 2008)

Dette prosjektet er altså viktig for Skanska å få, selv om ikke forholdene ligger til rette i henhold til Skanskas egne retningslinjer. Det er en mulighet for at høyrisikoområder blir satt som akseptable slik at prosjektet kan bli godkjent og anbud levert. Det er derfor mulig å gjøre en ORA- analyse akseptabel hvis en ønsker det. Tiltakene for å forebygge risikoene er påkrevd i skjemaet, men representanter fra prosjektledelsen på C4 forklarte at i noen tilfeller blir slike tiltak bare notert, men ikke fulgt opp. En ORA- analyse er ikke objektiv, og hvis vanskelige prosjekter blir godkjent vil dette gå ut over progresjonen når hindre oppstår. Dette kan igjen føre til tidsoverskridelser og økonomiske tap for Skanska.

En forklaring på hvorfor dette prosjektet ble godkjent var at det er Skanska Bolig som er byggherren. Skanska ønsker av ulike årsaker å bygge opp forholdet til byggherren ved å ta på seg prosjektet. Og fordi det er byggherren som har bestemt hvilken arkitekt som skal brukes, må Skanska tilsynelatende bare godta dette.

På C4 opplevde de å ikke vite hva som skulle gjøres før de ”åpnet” veggene og fikk se hva slags konstruksjon som skjulte seg bak. Grunnen var flere ombygginger, mange år tilbake, som ikke det fantes dokumentasjon på. De vet for eksempel at søyler og lignende må forsterkes, men løsningene som allerede er der avdekkes ikke før man faktisk kommer til og skal begynne. I ORA- analysen ble det kalkulert inn noe generelt for slikt arbeid på eksisterende bygg, men helt klart altfor lite. Det beregnes ofte feil i både tid og kostnader når det gjelder ombygging. Ombygging er nesten ikke nevnt i den opprinnelige planen for C4, som ble utarbeidet av to til tre personer ved Distriktskontoret i Kristiansand. Det er denne planen som er grunnlaget for kontrakten, og kalkylen/ prisen er basert på ORA- analysen.

Et annet eksempel fra C4 var at i ORA- analysen stod det at eksisterende leietakere skulle gi Skanska tilkomst. I praksis har det vært mange konflikter med leietakerne som har ført til at Skanska ikke har sluppet til. Det er dermed nok et element som bare ble antatt som ”i orden” da ORA- analysen ble utført. Entreprenøren har ingen kontrakt med leietakerne, og det juridiske rundt dette er ikke tatt med i ORA- analysen.

Resultatene som kommer frem i ORA- analysen vil være med å forme fremdriftsplanen, særlig hvis det har kommet frem spesielle forhold som kan påvirke fremdriften.

5.3.2 Lichtenbergmetoden vs. Pertmaster

Prosjektledelsen ved C4 besluttet å utføre en usikkerhetsanalyse i regi av ProsjektAnalyse AS. Denne analysen er laget etter en metode utarbeidet av professor Steen Lichtenberg. Ifølge

Lichtenberg selv gir korrekt bruk av metoden nærmest en garanti mot overskridelser i prosjektet, med unntak av ved katastrofer. Ved C4 var det en ekstern aktør som kom inn og utførte analysen, dette fordi Skanska ikke har innarbeidede rutiner og tilstrekkelig kompetanse på utførelsen av slike analyser. Aktøren hadde oversikt over hvilke forhold som mest sannsynlig utgjorde den største risikoen for prosjektet. Tidligere erfaringer har derfor mye å si når en skal identifisere og beregne risiko. Blant de største usikkerhetsmomentene viste det seg å være forhold som ikke ble ansett som risikable i ORA- analysen. I byggebransjen er det ingen prosjekter som er like, det nytter derfor ikke å ha de samme usikkerhetsmomentene for alle prosjektene. Slik sett er det nyttig å ha et register der forhold/ aktiviteter med høy risiko blir registrert. På denne måten blir det mulig å gå inn i registeret senere for å se hvor de største usikkerhetsmomentene ligger i forhold til den typen prosjekt som blir utført.

Lichtenbergmetoden bruker tripplestimat for å definere usikkerheten til variablene. Det vil si at middelverdien og standardavviket til en usikkerhet er evaluert som en vektet sum av det ekstreme minimum, det ekstreme maksimum og den mest sannsynlige verdien (Lichtenberg, 2005). Under beskrivelsen av Pertmaster i teorien var et av argumentene for at Pertmaster er en god analysemetode at det ble benyttet risikoregistre istedenfor tripplestimat for å definere usikkerheten til variablene. Risikoregisteret gir en mer detaljert risikobedømmelse for aktivitetene enn tripplestimatet. Ifølge Primavera, som har utviklet Pertmaster, gir beregning ut ifra tripplestimater et unødvendig pessimistisk resultat. Det viser seg at ”verste tid” blir mye høyere enn hvis man hadde benyttet risikoregistrene.

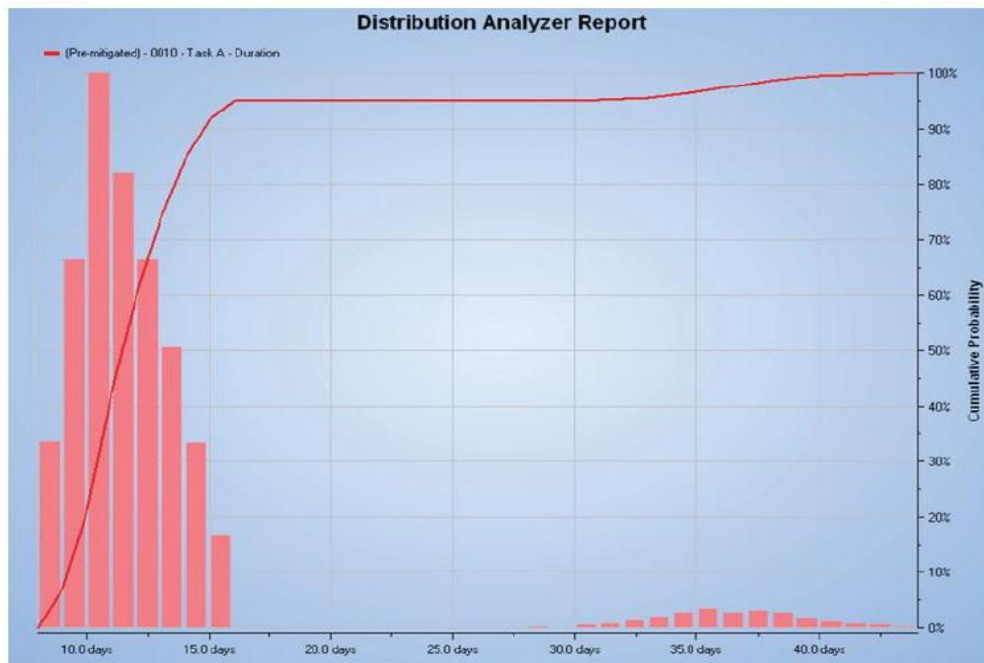
Figur 5.10 viser hvordan en aktivitet har en triangulær fordeling fordi det ikke har blitt benyttet risikoregistre, men tripplestimat.



Figur 5.10: Triangulær fordeling av aktiviteter. (www.primavera.com)

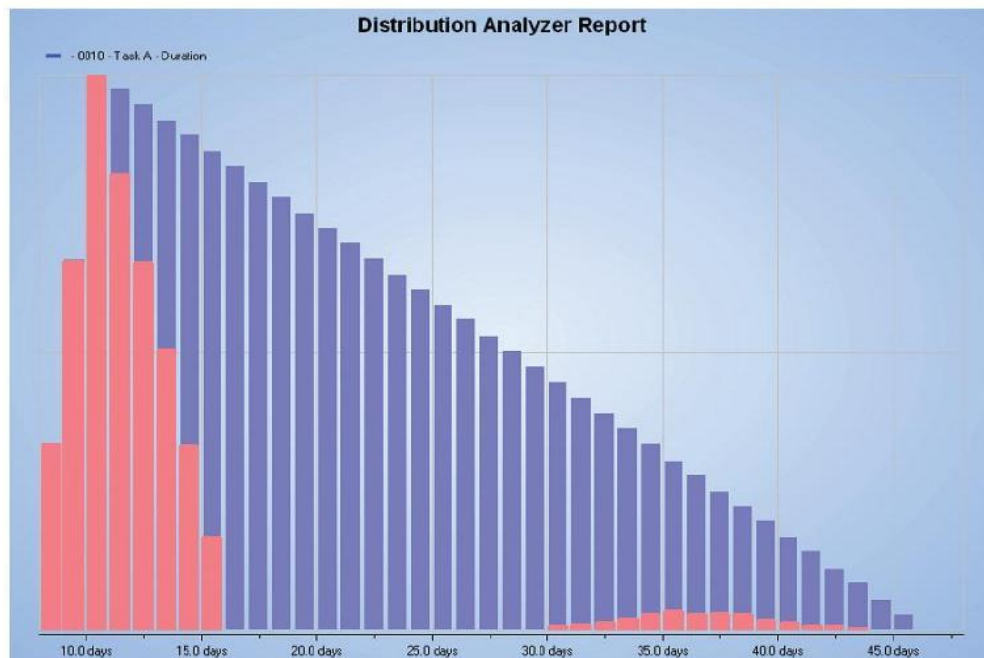
Pertmaster er nå under innføring hos Skanska. Analysen går ut på å identifisere risikoene i prosjektet og deretter estimere forventet varighet på aktivitetene ved hjelp av risikoregistre og Monte Carlo simulering. Dette har vist seg å være vellykket på de prosjektene det har blitt gjort på, blant annet A-hus i Lørenskog utenfor Lillestrøm.

Figur 5.11 viser hva som skjer når risikobegivenheten er separert ut og innført i et risikoregister. Aktivitetens varighetsfordeling ser helt annerledes ut enn den gjør i figur 5.10. Området helt til venstre i begge figurene viser forholdet da risikoen ikke inntreffer, mens området helt til høyre viser forholdet da risikoen inntreffer.



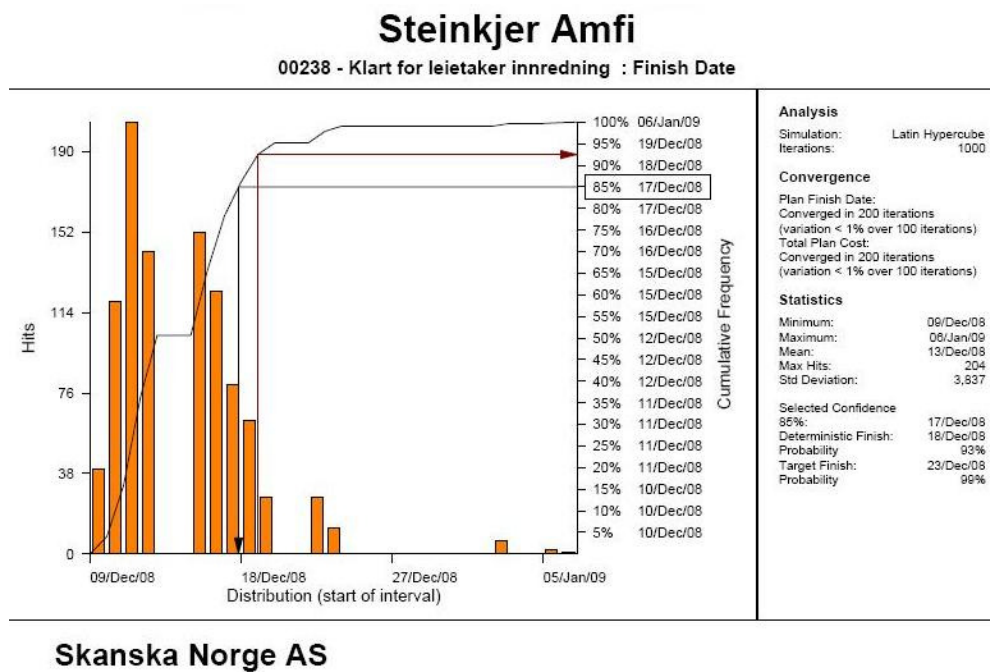
Figur 5.11: Risikobegivenhet separert ut og innført i risikoregister. (www.primavera.com)

Forskjellen mellom de to metodene er stor. Figur 5.12 viser at ved å ikke separere ut risikoen, antas det en unødvendig pessimisme representert ved de blå søylene i grafen.



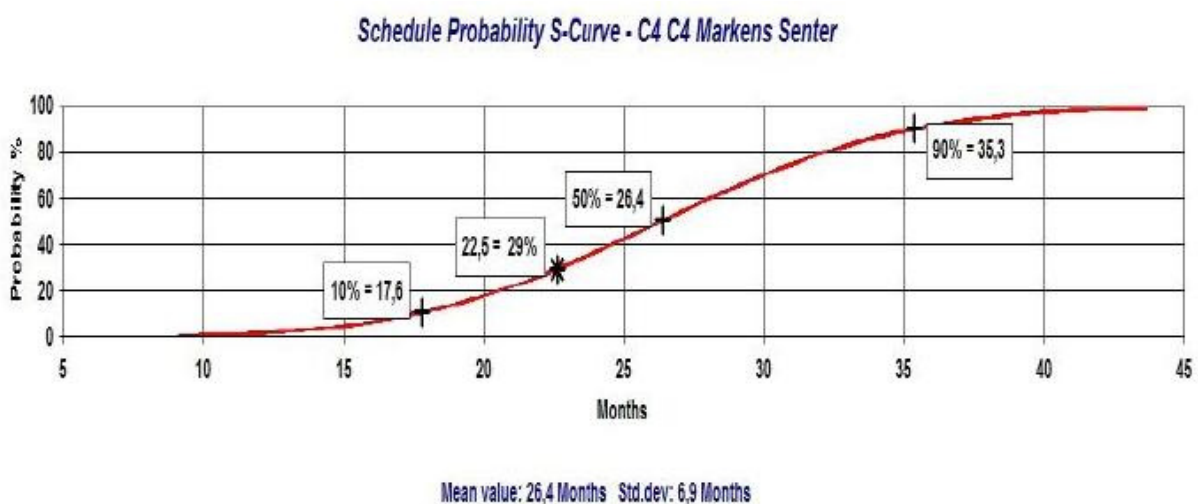
Figur 5.12: Ikke utseparert risiko. (www.primavera.com)

Figur 5.13 viser sannsynlighetskurven for ferdigstillellesdatoen da leietakerne kan begynne med innredning på Steinkjer Amfi. Dette er ett av prosjektene hvor Skanska har brukt Pertmaster, og en ser klart likhetene med figur 5.11.



Figur 5.13: Sannsynlighetskurve for ferdigstillelse på Steinkjer Amfi. (Skanska Intranett, 2008)

Forskjellen er merkbar i forhold til resultatet fra usikkerhetsanalysen som ble gjennomført på C4. Figur 5.14 viser sannsynlighetsfordelingen for ferdigstillellesdatoen her.



Figur 5.14: Sannsynlighetskurve for ferdigstillelse på C4. (Frønes, 2006)

Sannsynlighetsfordelingen er representert ved en S- kurve som minner om grafen i figur 5.10 for risikovurderinger ut ifra tripplestimat- beregninger. I tradisjonelle analyser er sannsynlighetsfordelingen av resultatet som oftest skrånende, slik at ”worst case” ofte er mye lengre fra gjennomsnittet enn ”best case”. Lichtenbergmetoden er derimot basert på uavhengige variabler og resultatet er normalfordelt, selv om de individuelle tilfeldige variablene som utgjør modellen er avhengige av hverandre. Dette forklarer forskjellen på figur 5.14 og figur 5.10.

Utskrifter fra usikkerhetsrapporten til C4, viser at tripplestimater ble benyttet ved utregningen. Selv om Primavera mener at tripplestimater ikke på langt nær er like bra som risikoregistre og Monte Carlo simulering, har C4 hatt god nytte av analysen som ble utført. ProsjektAnalyse AS som utførte vurderingen i samarbeid med Skanska, har bred erfaring fra tidligere. Dette resulterte i at C4 ble gjort oppmerksom på risikoer som kunne påvirke aktivitetene og fremdriftsplanen. Flere av disse risikoene hadde ikke C4 ansett for å være sannsynlig at kom til å inntreffe. En av de største risikoene, som var ”myndigheter”, inntraff imidlertid, noe som viser at Lichtenbergmetoden har noe for seg. Lichtenbergmetoden tar kun for seg de fire- fem største problemområdene og behandler dem med mottiltak, dette er fordi Lichtenberg mener at dette er langt mer hensiktsmessig en å ta for seg alle faktorene som har kommet frem. Pertmaster regner kun ut varigheter på aktivitetene i forhold til estimert risiko, hvilke tiltak som skal gjøres for å redusere disse risikoene må avgjøres av analysegruppen. Lichtenbergmetoden vektlegger også intuisjon. Ut ifra hva som så langt har kommet frem om Pertmaster virker det ikke som om dette er tilfellet her.

Pertmaster går mer i dybden ved å bruke risikoregistre og Monte Carlo simulering. Programmet sammenfatter risiko og muligheter, det vi si at programmet tar høyde for det som spiller inn, uavhengig av om det er negativt eller positivt. Alle risikoene og mulighetene blir automatisk kombinert. Forhold der risiko påvirker flere aktiviteter, og der flere risikoer påvirker en aktivitet, blir også beregnet. Systemet til Skanska for gjennomføring av Pertmaster, involverer alle involverte kontrakter som er kontahert på tidspunktet for gjennomføring av planen. Pertmaster fanger derfor opp et bredt spekter, og kan sies å være et pålitelig analyseverktøy. På grunnlag av denne sammenlikningen kan det virke som om Pertmaster er et mer nøyaktig risikoanalyseverktøy enn Lichtenbergmetoden.

Samme hvilken analysemetode som velges er det viktig, i startfasen når analysegruppen er samlet og skal definere prosjektets risiko, at ingen risikoer blir oversett. Hvis store

usikkerheter ved prosjektet ikke kommer med i analysen vil resultatet bli misvisende, og den utarbeidede planen vil bli upålitelig. Det er derfor viktig å sette av nok tid slik at analysen blir utført så grundig som mulig. I tillegg er det mest hensiktsmessig å ha en diversifisert analysegruppe bestående av involverte parter i prosjektet, samt eksterne hjelpere uten egeninteresse for prosjektet. Skanska får dette ved å involvere UE og rådgivende ingeniør.

I figur 5.15 følger en skjematisk sammenlikning av ORA, Lichtenbergmetoden og Pertmaster, der likhetene og forskjellene kommer tydeligere frem.

	ORA	Lichtenbergmetoden	Pertmaster
Metode for å vurdere usikkerheten i variablene	Vurderer ikke usikkerheten knyttet til varighet av aktivitetene, men forhold som er sentrale for om anbud gis. Her brukes det enkeltestimater.	Tripplestimater	Monte Carlo simulering ved hjelp av risikoregistre
Hensyn synergi/korrelasjon	Nei	Ja	Ja
Vektlegging av menneskelige faktorer som intuisjon	Ja	Ja	Nei
Bruk av innsamlet erfaring	Erfaringen som blir lagt til grunn er den personlige erfaringen til de som utfører analysen	Erfaring samlet inn fra liknende prosjekter blir brukt til å vurdere sannsynligheten	Tidligere utviklede risikoregistre integreres i prosessen, samtidig som nye defineres med pertmaster
Validitet av resultatet	Forholdsvis stor fare for menneskelige (kognitive) feilkilder som kultur, erfaring, gruppesammensetning spiller sterkt inn. Vurderes kun av Skanska internt.	Separerer ikke ut risikoen og bruker tripplestimat i utregningen, resultatet blir derfor noe pessimistisk	Forsøker å ta med alle involverte faggrupper og subkontrakter, dette øker validiteten. Eierskap fra UE øker tillitt til baseplan.
Tiltak som blir gjort for å redusere risikoen	Setter opp tiltaksplaner for de forhold forbundet med "Høy risiko"	Tiltak for å redusere de største risikoene som inneholder "Overall Influences"	Valgfritt om tiltak skal gjøres, er ingen anbefalinger for å ta de største risikomomentene

Figur 5.15: Sammenlikning av risikoanalyser

Ut ifra hva vi har sett om planlegging og påliteligheten av disse planene, samt årsakene til svikt i planpåliteligheten, mener vi bestemt at risikoanalyse er et område Skanska bør satse videre på. Skanska er derfor, etter vår mening, på riktig vei når de nå innfører Pertmaster. For at risikoanalysene skal være hensiktsmessige er det avgjørende at Skanska tar med seg erfaringer fra tidligere prosjekter. Disse erfaringene kommer til nytte blant annet igjennom risikoregistrene.

6 Konklusjon

Hvordan forbedre planleggingen i byggeprosjekter?

- Utforming av planer
- Måling av planpålitelighet og analyse av årsakene til redusert pålitelighet
- Risikovurderinger i planlegging

For å oppnå god planpålitelighet må planen som utarbeides være av god kvalitet. De som er involvert i prosjektet må delta med sin kunnskap om varighet og rekkefølge på aktivitetene. Å utnytte tidligere erfaringer med liknende prosjekter er med på å utforme planen riktig.

Skanska bør derfor i større grad sørge for at tidligere erfaringer blir utnyttet når nye prosjekter skal planlegges.

Det har blitt nevnt at Skanska taper mest på de små prosjektene. Av målingene som har blitt gjort i forbindelse med denne oppgaven har det kommet frem at de mindre prosjektene ikke er like trofast mot planen som de større. Grunnen er hovedsakelig at prosjektledelsen mener at fordi det er så få aktiviteter er det ikke nødvendig å ha planen skriftlig. Planene som utarbeides skriftlig blir ofte veiledende, slik at det som blir gjort foregår etter hver enkelts hode ut i fra hva de mener må gjøres. Skanska bør presisere for disse prosjektlederne at planen er et viktig verktøy som skal brukes og som man skal være trofast mot, i tillegg må mer ressurser bevilges planleggingsfasen av de mindre prosjektene.

Planer av god kvalitet kan oppnås ved å bruke et planleggingssystem lik Last Planner.

Skanska har et system som likner på dette, utfordringen blir derfor å få prosjektlederne til å bruke systemet. I tillegg er klargjøring av aktivitetene, før de kommer på den siste ukeplanen, med på å bedre påliteligheten. Her burde kanskje Skanska ta inn noen flere av Bertelsens (2003) faktorer for sunne aktiviteter, i tillegg til det sentrale punktet som også Bertelsen mangler; informasjonsflyt og kommunikasjon.

I denne masteroppgaven har PPU blitt brukt til måling av planpålitelighet. Fra resultatene av disse målingene har vi funnet ut hvilke årsaker til lav planpålitelighet som har gått igjen. Det finnes likevel svakheter ved PPU målinger. De tar ikke hensyn til hvor stor prosentdel av aktiviteten som er ferdig, og heller ikke om den målte aktiviteten er på kritisk linje. For små prosjekter, med få aktiviteter som skal ferdigstilles hver uke, blir dessuten PPU- målingen noe grov.

Ved hjelp av en årsaksanalyse har grunnene til at aktiviteter ikke ferdigstilles i tide blitt registrert. I denne forbindelse har det også blitt utført en sammenlikning mellom denne årsaksanalysen og årsaksanalysen i en tidligere NTNU- oppgave. Dette viser at det er kategoriene ”omprioriteringer”, ”utstyr og material” og ”mangel på arbeidskraft” som støtter opp om hverandre som hyppigste årsaker til lav planpålitelighet.

Årsakene har også blitt delt i kontrollerbare og ukontrollerbare, der de kontrollerbare årsakene kan unngås med bedre planlegging og de ukontrollerbare håndteres ved hjelp av risikoanalyser. Lichtenbergmetoden er tidligere blitt brukt av C4 og Pertmaster har nylig blitt innført hos Skanska. Frem til nå har eneste risikovurdering vært ORA, en metode som i mange tilfeller har vist seg å være mangelfull når noen uten tilstrekkelig kompetanse skal utføre den. Ettersom gjennomgang av denne kun kreves i forkant av store prosjekter, har det nå også kommet en forenklet ORA som skal gjennomgås før anbudslevering på mindre prosjekter. Dette fordi erfaring viser at det er disse det tapes mest penger på, nettopp fordi planleggingen ikke tas like alvorlig.

Ut ifra tilgjengelig informasjon om de to metodene Lichtenberg og Pertmaster virker det som om Pertmaster er den mest nøyaktige fordi den bruker Monte Carlo simulering. Men tidligere erfaringer fra andre bedrifter viser at Lichtenbergmetoden også gir gode resultater.

Oppsummering:

- Det må brukes tid og ressurser på å lage planene, og underentreprenører og andre involverte bør få en større rolle her. Last Planner, hindringsanalyse, PPU og årsaksanalyse er verktøy som kan bidra til å oppnå høyere planpålitelighet.
- Det må fokuseres mer på planlegging i små prosjekter, ettersom det er her Skanska vanligvis taper penger.
- Risikoanalyser og tiltak i forbindelse med resultatene fra disse bør inngå i prosjektet før hovedfremdriftsplanen utarbeides. Aktuelle metoder er Lichtenbergmetoden og Pertmaster, i tillegg til at kompetansen rundt ORA- analyser bør bli bedre ved distriktskontorene.
- Skanska må bruke kunnskapen fra tidligere prosjekter.

7 Videre arbeider

PPU er en forholdsvis grov målemetode som ikke tar hensyn til hvor stor prosentandel av aktiviteten som er ferdig og om aktiviteten ligger på kritisk linje. PPU tar heller høyde for hvor mange aktiviteter som skal ferdigstilles mellom hver måling. Det ville derfor være interessant om det var mulig å vekte PPU, og å separere målinger av aktiviteter på kritisk linje ut fra de som ikke er av kritisk art. Eventuelt om det finnes en annen beslektet metode som er mer beskrivende enn PPU.

Effektivitet og hvordan denne blir påvirket av eksempelvis hvor mange mann som jobber på hver oppgave er også et relevant tema som burde belyses. Det har kommet fram at det er en vanlig oppfatning i bransjen at flere mann på en oppgave fører til lavere effektivitet. Dette fordi flere mann sammen fører til unødig prating og muligens litt fraskrivelse av ansvar. Det er mulig å studere dette fenomenet videre og se hvordan det påvirker planpåliteligheten, men også varigheten på prosjektene og det økonomiske perspektivet.

En annen ting som burde vurderes er hvordan Last Planner kan bli integrert i Skanska der ”Slik gjør vi det” allerede ligger til grunn. En burde se på om det er mulig å legge til de faktorene som mangler for å få et fullverdig system. Et annet stort tema er hvordan en skal klare å utføre teorien rundt planlegging i praksis. Hos Skanska er det ofte slik at prosjektplanlegging fortsetter å bli gjort slik det alltid har blitt gjort. En bør finne frem til tiltak kan gjøres for å nå ut til hele organisasjonen med budskapet om at planlegging er viktig, og at retningslinjer skal følges uansett størrelse på prosjektet.

Det burde også studeres videre på aktuelle risikoanalyser for å utarbeide mer pålitelige fremdriftsplaner. Her kan Pertmaster og Lichtenbergmetoden studeres dypere enn hva som er blitt gjort i denne oppgaven, slik at fordeler og svakheter ved hver av metodene blir sterkere belyst. Det er også positivt å finne andre relevante analysemetoder.

Man bør også se mer på det menneskelige aspektet, jfr. kognitiv psykologi, som påvirker påliteligheten av planene når disse mangler skriftlig. Det kan greies mer ut disse menneskelige faktorene for å finne ut hvordan informasjonsflyt og kommunikasjon blir påvirket av menneskelig individualitet.

V. Kildehenvisning

Glenn Ballard & Gregory A. Howell (1998), *Shielding Production: An Essential Step in Production Control*

Glenn Ballard & Gregory A. Howell (1998), *What kind of production is construction?*

Glenn Ballard (2000), *The Last Planner System of Production Control*

Glenn Ballard & Greg A. Howell (2006), *Introduction to Lean Construction: Work Structuring and Production Control*

S. Bertelsen (2003), *Trimmet Byggeri – Teori og Tænkning*

S. Bertelsen (2005), *UPPs – Et gensyn med Last Planner*

S. Bertelsen et. al. (2005), *Håndbok Trimmet Byggeri*

Sunil Chopra & Peter Meindl (2007), *Supply Chain Management: Strategy, Planning & Operation – Third Edition*

Randi Muff Ebbesen (2006), *Udviklingen av den danske byggebranchen og Introduktion til Trimmet Byggeproduktion*

Oddvar Eikeri (1989), *Just-in-time. Kundeorientert materialadministrasjon*

Geir Frønes (2006), *Usikkerhetsanalyse Tidplan, C4 Markenssenter*

Gregory A. Howell (1999), *What is lean construction?*

Asbjørn Johannessen m. fl. (2004), *Introduksjon til samfunnsvitenskapelig metode – 2. utgave*

Bo Terje Kalsaas & Erlend Alfnes (2006), *Supply Chain Control. A case of three production units*

Lauri Koskela (2000), *An exploration towards a production theory and its application to construction*

Tom Lassen (2007), *Kvalitetsledelse og risikostyring*

Steen Lichtenberg (2005), *How to avoid overruns and delays successfully – nine basic rules and an associated operable procedure*

Lindo Systems (2003), *Project Planning with PERT/CPM*

Martin E. Modell (1996), *A Professional's Guide to Systems Analysis – Second Edition*

Alan Mossman (2004), *Last Planner. Collaborative production planning. Collaborative programme coordination*

Taiichi Ohno (1988), *Toyota Production System: Beyond Large- Scale Production*

Christian Skarby (2006), *Hva er kognitiv vitenskap?*

Halvor Strømshoved Snarvold & Tore Tveit (2007), *Planlegging av bygg- og anleggsprosjekter i Skanska*

www.personly.dk

www.primavera.com

www.skanska.no

Skanska Intranett (2008), *“Slik gjør vi det”*

VI. Vedlegg

Vedlegg 1: Informanter

John Skaar, KS leder og HMS rådgiver (Region Agder)

Hans Petter Karlsen, Innkjøpssjef (Hovedkontoret Oslo)

Morten Lossius, avdelingsleder for KS og prosjektstyring (Hovedkontoret Oslo)

Odderhei: Tron Inge Nilsen, prosjektleder (Skanska)

Leo Hovden, formann tømmer (Skanska)

Øyvind Marthinsen, formann drift (Skanska)

Torben Johansen, bas tømmer (Skanska)

C4: Runar Nykvist, prosjektleder (Skanska)

Frank Holta, anleggsleder (Skanska)

Kjell Magne Jacobsen, assisterende anleggsleder (Skanska)

Vedlegg 2: Intervjuguider

Intervjuguide: Prosjektleder ved C4; Runar Nykvist

Hvordan formidles planene til arbeiderne? Er det basene som formidler planene fra møter videre til sine arbeidere? Og skjer dette i tilfelle mest muntlig?

Er dere fornøyde med ryddingen på arbeidsplassen?

Usikkerhetsanalyse:

1. Hvordan/ hvorfor ble usikkerhetsanalysen utført?
2. Har dere egne ansatte i Skanska som tar seg av risikovurderinger?
3. Er det standard for Skanskas prosjekter å utføre en slik analyse?
4. Hvor kommer usikkerhetsfaktorene på grupperingene fra? Hvordan er de beregnet?
5. Hva synes dere om den lave sannsynligheten for å få prosjektet ferdig i tide?
6. Hvilke tiltak ble gjort for å redusere risikoen på de største usikkerhetsmomentene?
7. Ble det beregnet en ny sannsynlighet for å få prosjektet ferdig i tide(22,5 mnd)?
8. Ble hovedfremdriftsplanen endret etter analysen?
9. Føler du at det var hensiktsmessig å utføre en slik analyse?
10. Hva menes det med at dere måtte legge slakk i planene på 2-3 mnd? Hvordan gjorde dere dette? Forskjøv dere ferdigstillingspunktet?
11. Tas det hensyn til økonomisk risiko?
12. Hva er ORA?

Hovedfremdriftsplanen:

1. Hvem bidro med utarbeidelsen av hovedfremdriftsplanen?
2. Har det dukket opp mange overraskelser som har forandret hovedfremdriftsplanen underveis?
3. Hva må etter din mening til for å få en mest mulig pålitelig hovedfremdriftsplan?
4. Hvorfor planlegges det så knapp tid?
5. Er det mulighet for å rekke å ferdigstille prosjektet innen fristen?
6. Hvordan koordineres de forskjellige planene? Særlig hvis det blir forandringer underveis?

Intervjuguide: Assisterende anleggsleder ved C4; Kjell Magne Jacobsen

Hvordan er det med transport og leveringstid fra Ailes leverandører? Har de latviske leverandører? Har de i tilfelle mellomagre for å klare å få ting i tide, eller har Aile mye lagerplass på byggeplassen?

Er det noen av Ailes aktiviteter som er kritiske i forhold til andre fag/ håndverkere? Det vil si om det er noen tidsfrister Aile MÅ overholde på dagen fordi andre håndverkere skal til rett etter dem?

Intervjuguide: Prosjektleder ved Odderhei; Tron Inge Nilsen

Hvem var med på utarbeidelsen av hovedfremdriftsplanen? Burde underentreprenørene kunne komme med innspill for å få aktivitetene i den mest hensiktsmessige rekkefølgen for dem?

Hvordan håndterer dere tidsaspektet nå?

Har dere fremdeles like god tid som det dere hadde tidligere i prosjektet, eller merker dere at det blir mer travelt?

Kommer dere til å være ferdig før tiden slik dere ligger an nå?

Kunne dere planlagt et strammere tidsskjema og på denne måten ha spart penger?

Hvordan er planene å følge for håndverkerne? Er de vanskelige å følge, eller burde de kanskje vært planlagt i en annen rekkefølge som er mer hensiktsmessig for de enkelte fagene?

Hvordan formidles planene til arbeiderne? Er det kun basene som får tildelt hovedfremdriftsplanen, også bestemmer de selv hvordan de formidler planene videre til den enkelte arbeider? Skjer dette i tilfelle mest muntlig?

Er dere fornøyde med ryddingen på arbeidsplassen?

Vedlegg 3: 4- ukersmålinger Odderhei

48B, 1. måling (28.02.08)	Ferdig	Påbegynt	Ikke påbegynt	Foran plan	I henhold til plan	Bak plan
Stenit/ kledning			X			X
Tegl			X			X
Stenderverk plan 2	X			X		
Stenderverk plan 1		X			X	
Sandsparkling plan 3			X			X
48A, 1. måling (28.02.08)	Ferdig	Påbegynt	Ikke påbegynt	Foran plan	I henhold til plan	Bak plan
Utlekking		X				X
Stenit/ kledning			X			X
Isolering vegger plan 2		X				X
Granab plan 3	X					X
Granab plan 2		X				X
Spongulv plan 2 & 3		X				X
Himling plan 3, isolering	X			X		
Sandsparkling plan 3			X			X
Sandsparkling plan 1 & 2		X		X		
62A, 1. måling (28.02.08)	Ferdig	Påbegynt	Ikke påbegynt	Foran plan	I henhold til plan	Bak plan
Stenit/ kledning			X			X
Uttørking		X				X
Isolering		X				X
Sandsparkling plan 3			X			X
Sandsparkling plan 1 & 2		X		X		
62B, 1. måling (28.02.08)	Ferdig	Påbegynt	Ikke påbegynt	Foran plan	I henhold til plan	Bak plan
Vinduer		X				X

Utlekking		X			X	
Uttørking			X			X
Tomannsboliger, 1. måling (28.02.08)	Ferdig	Påbegynt	Ikke påbegynt	Foran plan	I henhold til plan	Bak plan
Fliser		X				X
Trapp		X				X

48B, 2. måling (06.03.08)	Ferdig	Påbegynt	Ikke påbegynt	Foran plan	I henhold til plan	Bak plan
Stenit/ kledning		X				X
Tegl			X			X
Gips innvendig + isolering plan 3	X				X	
Gips innvendig + isolering plan 1 & 2		X		X		
Stenderverk plan 1	X				X	
Sandsparkling plan 3		X				X
Gipsoverflater plan 3		X		X		
48A, 2. måling (06.03.08)	Ferdig	Påbegynt	Ikke påbegynt	Foran plan	I henhold til plan	Bak plan
Utlekking		X				X
Stenit/ kledning			X			X
Isolering vegger plan 2	X					X
Stenderverk plan 2		X		X		
Granab plan 2	X					X
Spongulv plan 2 & 3	X					X
Himling plan 3, lekter	X			X		
Sandsparkling plan 3			X			X
Sandsparkling plan 1 & 2		X			X	

62A, 2. måling (06.03.08)	Ferdig	Påbegynt	Ikke påbegynt	Foran plan	I henhold til plan	Bak plan
Stenit/ kledning		X				X
Tegl			X			X
Uttørking		X				X
Isolering	X					X
Gips himling plan 3	X			X		
Sandsparkling plan 3			X			X
Sandsparkling plan 1 & 2		X		X		
62B, 2. måling (06.03.08)	Ferdig	Påbegynt	Ikke påbegynt	Foran plan	I henhold til plan	Bak plan
Vinduer	X					X
Utlekking	X				X	
Stenit/ kledning			X			X
Uttørking		X				X
Isolering av yttervegger			X			X
Himling plan 3, isolering		X		X		
Tomannsboliger, 2. måling (06.03.08)	Ferdig	Påbegynt	Ikke påbegynt	Foran plan	I henhold til plan	Bak plan
Fliser		X				X
Trapp		X				X
Dører/ foringer/ listverk			X			X

48B, 3. måling (13.03.08)	Ferdig	Påbegynt	Ikke påbegynt	Foran plan	I henhold til plan	Bak plan
Stenit/ kledning		X				X
Tegl			X			X
Gips innvendig + isolering plan 1 & 2	X			X		
Flis plan 3			X			X

Sandsparkling plan 3		X				X
Gipsoverflater plan 1, 2 & 3		X		X		
48A, 3. måling (13.03.08)	Ferdig	Påbegynt	Ikke påbegynt	Foran plan	I henhold til plan	Bak plan
Utlekking		X				X
Stenit/ kledning			X			X
Tegl			X			X
Stenderverk plan 2		X		X		
Himling plan 3, gips		X		X		
Sandsparkling plan 3			X			X
Sandsparkling plan 1 & 2	X			X		
62A, 3. måling (13.03.08)	Ferdig	Påbegynt	Ikke påbegynt	Foran plan	I henhold til plan	Bak plan
Stenit/ kledning		X				X
Tegl			X			X
Uttørking	X					X
Stenderverk plan 3		X				X
Stenderverk plan 1 & 2		X		X		
Sandsparkling plan 3			X			X
Sandsparkling plan 1 & 2	X			X		
62B, 3. måling (13.03.08)	Ferdig	Påbegynt	Ikke påbegynt	Foran plan	I henhold til plan	Bak plan
Stenit/ kledning			X			X
Uttørking		X				X
Isolering av yttervegger		X				X
Himling plan 3, isolering	X			X		
Granab plan 3		X		X		
Granab plan 2			X			X
Spongulv plan 3		X		X		

Tomannsboliger, 3. måling (13.03.08)	Ferdig	Påbegynt	Ikke påbegynt	Foran plan	I henhold til plan	Bak plan
Fliser		X				X
Trapp		X				X
Dører/ foringer/ listverk		X				X
Baderomsinnredning		X		X		

48B, 4. måling (27.03.08)	Ferdig	Påbegynt	Ikke påbegynt	Foran plan	I henhold til plan	Bak plan
Stenit/ kledning		X				X
Tegl			X			X
Baderomsinnredning		X			X	
Flis plan 3	X			X		
Sandsparkling plan 3		X				X
Gipsoverflater plan 3	X			X		
Gipsoverflater plan 1 & 2		X		X		
48A, 4. måling (27.03.08)	Ferdig	Påbegynt	Ikke påbegynt	Foran plan	I henhold til plan	Bak plan
Utlekting		X				X
Stenit/ kledning			X			X
Tegl			X			X
Stenderverk plan 2		X		X		
Stenderverk plan 3			X			X
Himling plan 3, gips		X			X	
Sandsparkling plan 3			X			X
Sandsparkling plan 1 & 2	X				X	
62A, 4. måling (27.03.08)	Ferdig	Påbegynt	Ikke påbegynt	Foran plan	I henhold til plan	Bak plan
Stenit/ kledning		X				X

Tegl			X			X
Stenderverk plan 3		X				X
Stenderverk plan 1 & 2		X		X		
Sandsparkling plan 3			X			X
Sandsparkling plan 1 & 2	X				X	
62B, 4. måling (27.03.08)	Ferdig	Påbegynt	Ikke påbegynt	Foran plan	I henhold til plan	Bak plan
Stenit/ kledning		X				X
Uttørking		X				X
Isolering av yttervegger		X				X
Granab plan 3	X			X		
Granab plan 2			X			X
Spongulv plan 3	X			X		
Spongulv plan 2			X			X
Himling plan 3, isolering	X			X		
Sandsparkling plan 3			X			X
Tomannsboliger, 4. måling (27.03.08)	Ferdig	Påbegynt	Ikke påbegynt	Foran plan	I henhold til plan	Bak plan
Fliser		X				X
Trapp		X				X
Dører/ foringer/ listverk		X				X
Baderomsinnredning		X		X		
Parkett			X			X

Vedlegg 4: Utfylte skjemaer fra basemøter på Odderhei

Uke	Aktivitet	fredag	mandag	tirsdag	onsdag	torsdag	Ferdig?	Årsaker for ikke-ferdigstilte aktiviteter										Andel ferdig 1%	Er aktiviteten på kritisk linje?	kommentarer
								Forgående aktivitet	Mangelfulle tegninger	Eksterne forhold/ vær etc	Plass	Utstyr og material	Mangel på arbeidskraft	Utstrøketlig tid	Uforutsette hendelser	omprioritering	Andre			
5	Ukesplan																			
	Vinduer 48A						Ja												Ja	
	Vinduer 62A						Ja												Ja	
	Gesims 48A						Nei						x	x					Nei	
6	2-ukersplan																			
	Gesims 48B						Nei								x				Nei	aktiviteten er utsatt
	Gesims 48A				PF		Nei					x		x					Nei	
	Ukesplan																			
	Gesims 48B					PF	Nei	x							x				Nei	
	Gesims 48A			PF			Nei							x					Nei	

7	2-ukersplan																			
	Takverk 62B					PF	Nei								x				Ja	Mer krevende enn anntatt
	Oppkanter terrasse 62B				PF		Nei										x		Nei	
	Ukesplan																			
	Reisverk			PF/FF			Ja												Nei	
	Takverk 62B					PF	Nei								x				Ja	
8	2-ukersplan																			
	Glasrock 62B					PF	Ja												Nei	
	Gesims 48B	PF					Ja												Nei	
	Ukesplan																			
	Gesims 62A			PF			Ja												Nei	
	Glasrock 62B					PF	Ja												Nei	

9	2-ukersplan																			
	ingen																			
	Ukesplan																			
	Oppkant terrasse 62B		PF	FF			Ja												Nei	
	Vinduer	PF/FF					Ja												Ja	
	Skyvedører utvendig	PF					Nei					x			x				Ja	Feil med dørene, lekker
10	2-ukersplan																			
	Utlekking fasadepl.48A					PF	Nei												Nei	
	Ukesplan																			
	Utlekking fasadepl.48A					PF	Nei												Nei	
	Skyvedører utvendig	PF/FF					Ja												Ja	

11	2-ukersplan																			
	Terrasser 52-54					PF	Nei												x*	Nei
	Ukesplan																			
	Utlekking 48A					PF	Nei												x	Nei
	Terrasser 52-54					PF	Nei												x*	Nei
13	Ukesplan																			
	Utlekking						Nei				x									Nei
	Terrasser 52-58						Nei				x								x	Nei

PF: Planlagt Fullført

FF: Faktisk Fullført

* Læregutter som får øvd seg. Har gjort om på når aktiviteten skal være ferdig