

## Risikoanalyse ved investeringer i eiendomsutvikling

**Stian Moe Johannesen**

**Veileder**

Terje Heskestad

*Masteroppgaven er gjennomført som ledd i utdanningen ved Universitetet i Agder og er godkjent som del av denne utdanningen. Denne godkjenningen innebærer ikke at universitetet inntår for de metoder som er anvendt og de konklusjoner som er trukket.*

**Innhold**

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Forskerspørsmål</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Presentasjon av case studier</b>	<b>7</b>
3.1	Dyster/Eldor . . . . .	7
3.2	Burumskogen . . . . .	9
<b>4</b>	<b>Teori</b>	<b>11</b>
4.1	Definisjoner . . . . .	11
4.2	Lønnsomhetsanalyse . . . . .	12
4.2.1	Net Present Value – Nåverdimetoden . . . . .	12
4.2.2	Diskonteringsfaktoren $k$ . . . . .	13
4.3	WACC som diskonteringsfaktor $k$ . . . . .	13
4.4	Følsomhetsanalyse . . . . .	14
4.5	Sannsynlighetsfordelinger- og kumulative sannsynlighetsfordelinger .	17
4.6	Simuleringsteknikker og Monte Carlo metoden . . . . .	18
4.7	Korrelasjon mellom stokastiske variabler . . . . .	19
4.8	Kalkulasjon av konfidensintervaller . . . . .	21
4.8.1	Konfidensintervallet til forventningen $\mu$ . . . . .	21
4.8.2	Konfidensintervallet til standardavviket $\sigma$ . . . . .	22
4.9	Stokastiske fordelinger . . . . .	22
4.9.1	Normalfordelingen/Gausskurven . . . . .	23
4.9.2	Uniform-fordeling . . . . .	23
4.9.3	Weibull fordelingen . . . . .	24
4.9.4	$\beta$ -fordelingen . . . . .	25
4.9.5	PERT-fordelingen . . . . .	26
4.9.6	Logistic fordeling . . . . .	28
<b>5</b>	<b>Metode og datainnsamling</b>	<b>29</b>
5.1	Kvalitative teknikker . . . . .	29
5.2	Kvantitative teknikker . . . . .	29
5.3	Innsamling av data . . . . .	30
<b>6</b>	<b>Modellbygging</b>	<b>33</b>
6.1	Modelkategori 1 - Modellutforming med visuell tilpasning og bruk av deskriptiv statistikk . . . . .	34
6.2	Modelkategori 2 - Parameterestimering ved bruk av Maximum likeli- hood estimator (MLE) . . . . .	37
6.3	Analyse av korrelasjon mellom inngangsvariabler . . . . .	44
<b>7</b>	<b>Case studier</b>	<b>44</b>
7.1	Burumskogen . . . . .	45
7.1.1	Scenarioanalyse for Burumskogen . . . . .	50

---

7.2	Dyster/Eldor . . . . .	51
7.2.1	Scenarioanalyse for Dyster/Eldor . . . . .	53
<b>8</b>	<b>Validitet</b>	<b>54</b>
8.1	Bruk av data fra tidligere prosjekter . . . . .	54
8.2	Bruk av data basert på ekspertuttalelser . . . . .	56
<b>9</b>	<b>Drøfting</b>	<b>56</b>
9.1	Risikomomenter som ikke fanges opp i modellen . . . . .	56
9.2	Presentasjon av resultater . . . . .	58
9.2.1	Burumskogen . . . . .	58
9.2.2	Dyster/Eldor . . . . .	60
9.3	Risikoreduserende tiltak . . . . .	64
<b>10</b>	<b>Konklusjon</b>	<b>66</b>
<b>11</b>	<b>Referanseliste</b>	<b>67</b>
<b>12</b>	<b>Vedlegg</b>	<b>68</b>

Masteroppgave  
Risikoanalyse ved investeringer i eiendomsutvikling  
Stian Moe Johannesen

---

**Sammendrag**

Beslutningstagnning under usikkerhet er et bredt emne som er relevant i de fleste bedrifter og bransjer. Denne oppgaven søker å beskrive hvilke usikkerheter som ligger i eiendomsutvikling hos bedriften Myrvoll Bolig AS. Hensikten med oppgaven har vært å utarbeide et verktøy som kan benyttes til beslutningstagnning.

Ved å benytte observasjoner fra tidligere prosjekter prøver oppgaven å beskrive hvilke usikkerheter som ligger i bedriftens fremtidige byggeprosjekter. Til dette er det laget to simuleringsmodeller som har utgangspunkt i monte carlo metoden. Det er benyttet to forskjellige teknikker til oppbygning av modell. Modellene er prøvd på to aktuelle tomteområder som bedriften vurderer å kjøpe i løpet av høsten 2013. Begge tomteområdene befinner seg i Ås kommune i Akershus og ligger omtrent 1 km fra hverandre. Tomteområdene er forskjellige i størrelse, utnyttelsesgrad, og begge tomteområdene er delt opp i flere byggefelt. I tillegg er tidsaspektet for gjennomføring av de to prosjektene forskjellige. Modellene prøver å beskrive usikkerheten som ligger i de samlede byggekostnadene til et byggefelt.

Ved å benytte tripplestimater fra et utvalg eiendomsmeglere er det gjort et forsøk på å beskrive utviklingen i boligprisene. Modellen kommer deretter med en anbefaling til en øvre grenseverdi hvor hva bedriften skal være villig til å betale for tomteområdene.

I tillegg er det gjort en følsomhetsanalyse på de forskjellige byggekostnadene som finnes i en prosjektgjennomføring.

## 1 Innledning

Myrvoll Bolig AS er et eiendomsutviklingsforetak i Akershus. Foretaket ble stiftet i 1999, og driver eiendomsutvikling og entreprenørvirksomhet i Oslo og Akershus regionen. I dag satser Myrvoll Bolig på eiendomsutvikling i ÅS kommune, ettersom kommunen er i vekst og har befolkningstilstrømming. Bedriften har et felt på 5 trinn under utbygging på Søndre Moer, som ligger sentralt i kommunen. Det er til sammen planlagt å oppføre 110 enheter over en 5 års periode. Utbyggingen av feltet ble startet i 2009 og skal ferdigstilles våren 2014. I dag er felt 1 og 2 solgt og overlevert til kundene. Det er til sammen overlevert 52 enheter. Bygningsmassen består av eneboliger, to-mannsboliger og rekkehus i kjede. Etter prosjektet er ferdig ønsker bedriften å satse videre på boligsalg i kommunen. Bedriften er i dag i dialog med to grunneiere for å diskutere mulige utviklingsområder.

Det er følgelig forbundet stor usikkerhet til utvikling av områdene. Hvis bedriften vinner budrunden på en av tomtene, bindes kapital opp i flere år, samtidig som bedriften mister muligheten til å investere i andre prosjekter. Bedriften blir da låst til en bestemt prosjektgjennomføring i lang tid fremover. Myrvoll Bolig deler sine byggeprosjekter opp i mindre del felt, hvor delfeltene gjennomføres med tidsintervaller opp til ett år. Tidshorisonten på anskaffelsesprosessen er kun en brøkdel i forhold til selve prosjektgjennomføringen. Beslutningsgrunnlag som benyttes til å fatte avgjørelser ved investeringstidspunktet  $t_0$  er selvfølgelig helt avgjørende for å få et godt prosjekt. I prosjektgjennomføringene er det flere faktorer som har innvirkning på prosjektresultatet og til disse faktorene er det knyttet forskjellige usikkerheter. Eksempler på usikkerheter kan være; boligpriser, materialkostnader, tomtepriser (grunnerverv), rentekostnader, prosjekteringskostnader, offentlige avgifter samt flere andre faktorer.

Bedriften har tradisjonelt utarbeidet bidragskalkyler basert på kostnader og inntekter de tror vil forekomme i løpet av en prosjektgjennomføring. Med utgangspunkt i kalkylene har bedriften tatt avgjørelser om et prosjekt skal gjennomføres ved bruk av følsomhetsanalyser. Her blir usikkerhetene reflektert gjennom "what if" scenarioer hvor bedriften har sett på virkningen på dekningsbidraget når uforutsette kostnadshendelser inntreffer. Bedriften mener at den tradisjonelle tilnærmingen ikke er tilstrekkelig god nok og ønsker å se på alternative metoder for å evaluere risiko i forskjellige prosjektgjennomføringer. Dette er også utgangspunktet for denne masteroppgaven.

I møte med Myrvoll Bolig i november 2012 ble det enighet om at det hadde vært interessant å se på andre teknikker for å evaluere byggeprosjekter. Fra bedriftens side var det ønskelig å lage en modell basert på prosjektene bedriften har gjennomført tidligere. Det ble stilt tilrådighet mye tilgjengelig data, i hovedsak kalkyle og

regnskapsdata.

Bedrifter i boligbransjen investerer i likhet med bedrifter i andre bransjer etter prinsippet om at de ønsker å ta minst mulig risiko og samtidig få høyest mulig avkastning på verdiene som investeres. Etersom prosjektene i mange tilfeller strekker over flere år, ønsker bedriften et evalueringsverktøy som diskonterer konstantstrømmer til et felles referansepunkt. Med utgangspunkt i bedriftens ønske, blir forskerspørsmålet for oppgaven definert i neste kapittel, men først må det gjøres en avgrensning av oppgaven.

## 2 Forskerspørsmål

Avgrensning av forskerspørsmål: Byggeprosjekter er utsatt for mange forskjellige former for risiko. Dette kan være risiko for at ulykker inntreffer under utførelsen, prosjektet går over estimert tid, risiko i reguleringsfasen tilknyttet utnyttelse, samt flere andre forhold. Det er derfor nødvendig å gjøre en avgrensning av oppgaven til et smalere område. Fra bedriftens side er det ønskelig å se på usikkerheten som ligger i fremtidige kostnader og inntekter. Dette er usikkerheter som er tilknyttet et prosjekts lønnsomhet og det er ønskelig å se på denne usikkerheten ved å benytte observasjoner fra tidligere byggeprosjekter. Det er ønskelig at oppgaven belyser usikkerhet i kostnadsutvikling separat. Forskerspørsmålet i oppgaven defineres derfor på følgende måte:

Forskerspørsmål i oppgaven:

*Er det mulig å utarbeide et evalueringsverktøy basert på tidligere byggeprosjekter som bedriften kan benytte til å evaluere usikkerhet i fremtidige byggekostnader? Er det mulig å utarbeide et verktøy til å evaluere den øvre grenseverdien for prisen bedriften skal være villig til å betale for en tomt?*

For å svare på forskerspørsmålet tas det utgangspunkt i de tradisjonelle metodene for beregning av lønnsomhet. Metodene blir presentert i teorikapitlet. Bedriften har i dag to potensielle tomter de ønsker å evaluere. Disse tomtene skal benyttes som case studier i denne oppgaven. Hvis bedriften kommer over flere potensielle tomter utover vårsemesteret 2013 skal disse også evalueres. Oppgaven begynner med en gjennomgang av de to aktuelle tometene.

### 3 Presentasjon av case studier

I dette kapitlet blir de aktuelle tomtene presentert.

#### 3.1 Dyster/Eldor

##### **Reguleringsplanreferanse: R151**

Dyster feltet er på tilsammen  $86.5 \text{ da}^1$  ( $86.5 \cdot 10^3 \text{ m}^2$ ) fordelt på 14 del felt. Tomten ligger på et jorde ca. 1km fra Ås sentrum. Området er fortsatt under regulering under skrivende stund (24.05.13), men reguleringsarbeidet er i en avsluttende fase. Det er Ås kommune som eier tomten og det er derfor kommunen som fremmer reguleringsforslag. På tomteområdet er det mulig å oppføre omtrent 199 enheter, med utnyttelsesgraden til planforslaget som nå er under behandling i kommunestyret. Utnyttelsesgraden i er satt til %BYA= 26%. På feltene som er aktuelle for Myrvoll Bolig reguleres det for tomannsboliger, rekkehus og frittliggende eneboliger. Boligområdene er markert med (lysegrønne og grønne soner). I tillegg til boligfeltene består *reguleringsplanen*<sup>2</sup> av områder for offentlig formål. Områdene for offentlige formål skal benyttes til grunnskole og barnehageplasser (røde soner).

Området benyttes i dag til jordbruk, og det er ikke opparbeidet vei eller kommunalteknisk anlegg på tomten. Infrastruktur og kommunalteknisk anlegg må derfor utbygges bekoste og overlevere kommunen ved ferdigstilling.

Eldorgården som befinner seg på B16 skal omgjøres til boligformål, men gårdsdammen skal beholdes som biotop for salamander og skal derfor ikke berøres av utbygging. På friområdene (grønne soner) skal det opparbeides balslette og turstier for beboerne. På friområdene er det også to kulturminner, en kullmine og et steingjerde. Disse områdene er beskyttet av kulturminneloven og skal ikke berøres. Reguleringsforslaget er utarbeidet slik at kulturminnene ikke vil være i konflikt med områdene som er avsatt til boligformål.

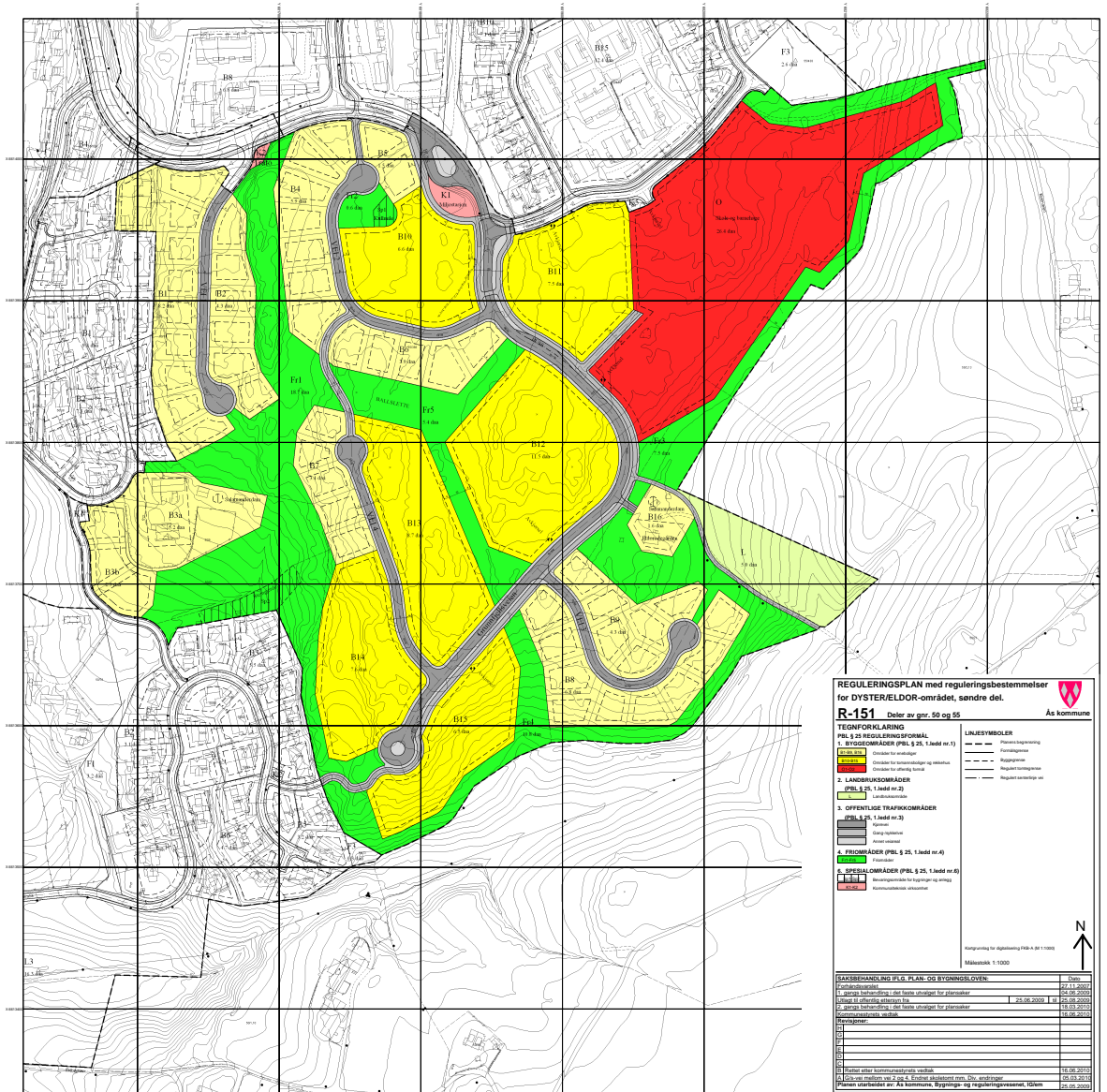
For å se hele planforslaget kan en se R-151 (2010).

---

<sup>1</sup>da: Måleenheten Dekar forkortes vanligvis da og er en enhet som benyttes for måling av areal. I dagligtalen betegnes også enheten *mål*. Mot SI systemet tilsvarer  $1 \text{ da} = 1000 \text{ m}^2$

<sup>2</sup>§12-1 i Plan og Bygningsloven. Reguleringsplan er et arealplankart med tilhørende bestemmelser som angir bruk, vern og utforming av arealer og fysiske omgivelser.

Masteroppgave  
 Risikoanalyse ved investeringer i eiendomsutvikling  
 Stian Moe Johannesen



Figur 1: Reguleringsforslag Dyster/Eldor området (Kartet er nedfotografert og ikke i målestokk).



## 3.2 Burumskogen

### Reguleringsplan referanse: R271

Planområdet utgjør 62.4 da ( $62.4 \cdot 10^3 m^2$ ) hvor 24 da søkes omregulert til boligformål. Tomten er lokalisert sentralt i Ås kommune i nærheten av universitetsområdet, Universitetet for miljø- og biovitenskap. Området ligger omtrent 1.5km fra Ås sentrum. Tomteområdet består av skog og dyrket mark.

Grunneieren er en privatperson. Denne privatpersonen har engasjert konsulentkontoret Rambøll til å fremme reguleringsforslag for kommunestyret. Reguleringsforslaget består av til sammen 7 del felt. Det reguleres fire byggefelter med frittliggende eneboliger (lysegule soner). Det reguleres også tre byggefelter med tomannsboliger og rekkehus på området (gule soner). Ut fra *utnyttelsesgraden*<sup>3</sup> i planforslaget er det mulig å oppføre omtrent 47 enheter på området. I sentrum av reguleringsområdet finnes også et friområde (grønn sone), her reguleres det en lekeplass for de yngste beboerne.

Reguleringsarbeidet er i en avsluttende fase og det ventes at det gjøres vedtak i reguleringssaken i kommunestyremøte 03.04.2013. Reguleringsarbeidet har ikke foregått uten komplikasjoner. Naboer i området har klaget på kotehøyder og utformelse av vei. Naboene mener at kotehodene i reguleringsforslaget *bryter fundamentalt*, med den eksisterende bebyggelsen i området (ØstlandetsBlad, 2012). Naboene mener også at Søråsveien, som skal benyttes som innfarts åre til området er for smal til å ta imot mer trafikk. I forbindelse med reguleringsarbeidet ble det gjort arkeologiske undersøkelser på tomten, sommeren 2012. Det ble registrert ett automatisk fredet kulturminne og 5 nyere tids kulturminner innenfor reguleringsområdet. De automatisk fredete lokalitetene består av to kokegroper, en nedgravning og to kullflekker. Reguleringsforslaget som behandles er ikke i konflikt med kulturminnene. Det er ikke opparbeidet vei eller kommunalteknisk anlegg på tomten. Infrastruktur og kommunalteknisk anlegg må derfor utbygges bekoste og overlevere kommunen ved ferdigstilling.

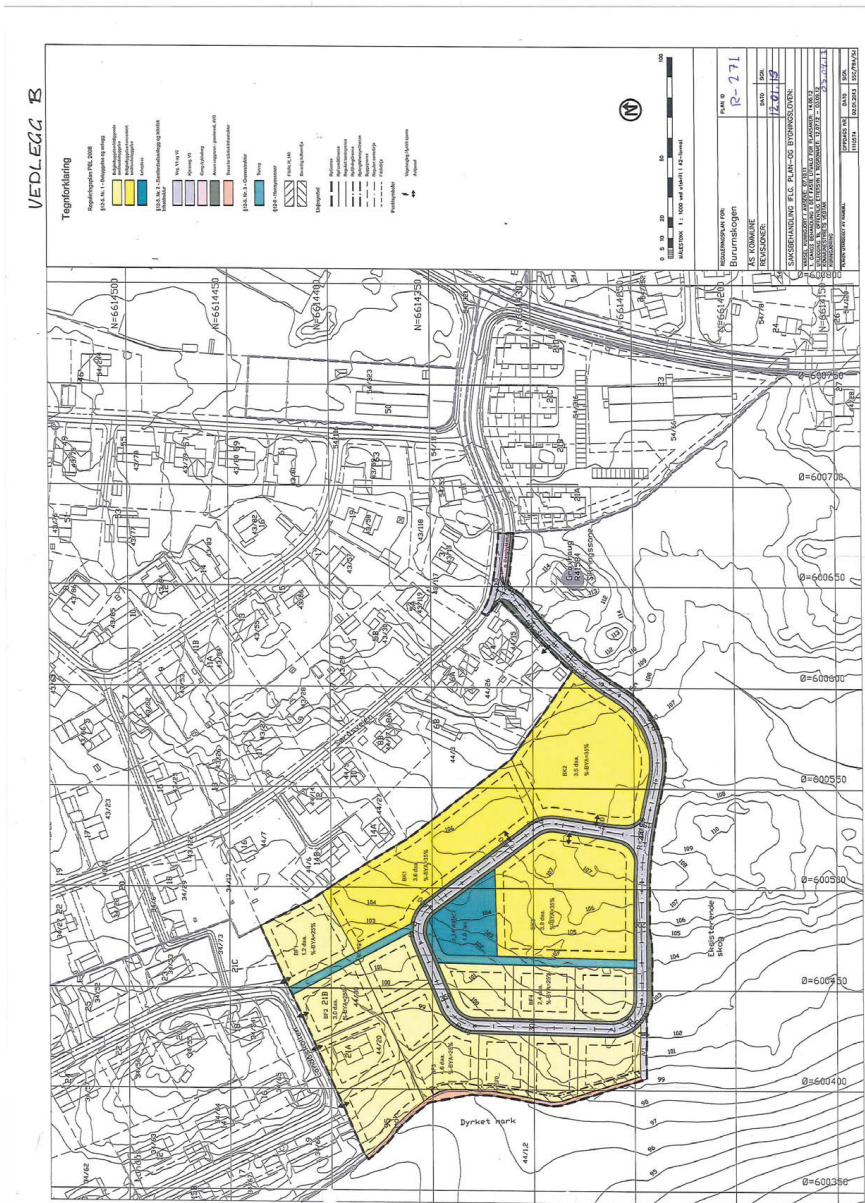
I reguleringsforslaget er det rekkefølgebestemmelser. Det skal opparbeides anleggsvei på område før byggearbeidet kan begynne.

For å se hele planforlaget kan en se R-271 (2012).

---

<sup>3</sup>Utnyttelsesgrad er definert etter Norsk Standard 3940:2012 og oppgis i prosentvis bebygd areal(%-BYA)

Masteroppgave  
 Risikoanalyse ved investeringer i eiendomsutvikling  
 Stian Moe Johannesen



Figur 2: Reguleringsforslag Burumskogen (Kartet er nedfotografert og ikke i målestokk).

## 4 Teori

Litteraturområdet innenfor beslutningstagning under usikkerhet er enormt, dette på grunn av at emnet er komplisert. Emnet er sentralt for alle bedrifter som må hankses med avgjørelser de ikke vet utfallet av. Det finnes et stort antall forskjellige modeller innenfor emnet. I dette kapitlet skal noen av disse modellene presenteres for å bevise at oppgaven er forankret i litteraturen. Det blir presentert nok til å få en grunnleggende forståelse av beslutningstagning, men hvis en ønsker mer inngående informasjon må en gå til litteraturen.

### 4.1 Definisjoner

Generell definisjon av risiko:

$$Risiko = P_i C_i \quad (1)$$

Generell definisjon av risiko: Faren for uønskede hendelser. I investeringsanalyse kan konsekvensen gis i form av en kostnad. I uttrykket representerer  $P_i$  =Sannsynlighet for uønsket hendelse og  $C_i$  =Konsekvensen av hendelsen. Definisjonen er hentet fra Lassen (2005).

Prosjektrisiko:

Prosjektrisiko er faren for at prosjektet skal gå over estimert tid eller faren for at uforutsette hendelser inntreffer, slik at kostnaden ved gjennomføring blir større en antatt. Blir gjennomføringen av prosjektet forsinket i tid, vil det kunne påløpe dagmulkt fra byggherre overfor kunden som vil påføre byggherren økonomiske tap. For sen levering vil på denne måten bidra til lavere inntjening i prosjektet og ved store tidsoverskridelser, kan forsinkelser føre til negativ inntjening.

Investeringsrisiko

Med investeringsrisiko menes faren for negativ inntjening. Investeringsrisikoen er avhengig av flere usikkerheter. Usikkerhetene er typiske fremtidige endringer i boligpriser etter prosjektoppstart, kostnader på tilvirkningsmaterialer, og kostnad ved å leie inn arbeidskraft. Investeringsrisikoen kjennetegnes derfor ved at informasjonen om fremtidens kontantstrøm (2) er usikkert på tidspunktet hvor beslutningen om å gjennomføre et prosjekt blir tatt.

Kjøpsopsjoner

Opsjoner er en type verdipapirer, ofte kalt derivater, hvor verdien er knyttet til verdien av et underliggende finansobjekt, typisk en aksje. Det finnes flere typer opsjoner. Kjøpsopsjoner gir eieren rett til å kjøpe det underliggende papiret til en

gitt kontraktspris. Det er eieren som avgjør om opsjonen skal benyttes. (Brekke, 2004).

## 4.2 Lønnsomhetsanalyse

Utvikling av bolig har de samme investeringsproblemstillingene som andre investeringsmuligheter. Det er begrensede ressurser tilgjengelig og det er ønskelig å velge det alternativet som gir høyest avkastning. Boligprosjekter spenner over forskjellige tidsperioder avhengig av størrelse og kompleksitet. For å avgjøre hvilket prosjekt som skal gjennomføres blir det derfor nødvendig å sammenligne prosjektene mot hverandre på en måte som tar hensyn til tidsspenn og usikkerheten på avkastningen. Det blir derfor nødvendig å analysere prosjektets kontantstrøm og behandle alle faktorer som påvirker tilbakebetalingen som stokastiske variabler.

Definisjon av kontantstrøm:

$$X_0, X_1, X_2, \dots, X_t \quad (2)$$

Hvor  $X_t$  er investeringens kontantstrøm ved tidspunkt  $t$ .  $t$  går fra tidspunkt 0 og spenner til investeringens levetid  $T$ .  $X_0$  er prosjektets investeringskostnad. Utrykket er hentet fra Bøhren og Gjerdrum (2009).

### 4.2.1 Net Present Value – Nåverdimetoden

Ettersom prosjektets tilbakebetaling ikke forekommer på samme tidspunkt som investeringen, men er spredt utover lengre tidshorisont, er det nødvendig og diskontere alle kontantstrømmer til et felles referansepunkt. På denne måten er det mulig å sammenligne prosjektene mot hverandre. Ved å diskontere alle kostnadene og inntektene til år 0 har vi definisjonen av net present value (NPV). Ligningen er presentert nedenfor.

Definisjon av NPV:

$$NPV = -X_0 + \frac{X_1}{(1+k)} + \frac{X_2}{(1+k)^2} + \frac{X_3}{(1+k)^3} \dots + \frac{X_n}{(1+k)^n} \quad (3)$$

$$NPV = -I_0 + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{X_n}{(1+k)^n} \quad (4)$$

$X_0$  representerer prosjektets investeringskostnader i år 0.  $X_1, X_2, X_3, X_i$  representerer alle fremtidige tilbakebetalinger i prosjektet. Diskonteringsfaktoren  $k$  forklares

nærmere i neste kapitell. Merk at *NPV* er et absolutt mål på prosjektets tilbakebetaling av investeringen. Utrykket er hentet fra Gjesdal og Johnsen (1999).

Generelle regler for tolkning av *NPV*:

- Prosjekter som gir nåverdi=0 er det likegyldig om en gjennomfører.
- Gjennomfør prosjektet med høyest nåverdi>0.
- Prosjekter med positiv nåverdi skal gjennomføres.
- Prosjekter med negativ nåverdi skal ikke gjennomføres.

Utrykket er hentet fra Bøhren og Gjerdrum (2009).

#### 4.2.2 Diskonteringsfaktoren $k$

Diskonteringsfaktoren  $k$  benyttes fordi bruk av kapitalen også har en kostnad. Ved å unnlate å gjennomføre investeringen kan kapitalen benyttes i en alternativ investering. Kostnaden ved å binde kapitalen opp i et prosjekt skal en "ha betalt for". Fenomenet betegnes alternativkostnaden/kapitalkostnaden til prosjektet. Hvis innbetalingene ikke er justert for inflasjon, medregnes også vanligvis dette i diskonteringsfaktoren.

Forhold som diskonteringsrenten tar forbehold om.

- Inflasjons kostnad - Prisstigning fører til fallende kjøpekraft. Avhenger om en velger å benytte faste eller flytende verdier.
- Kapitalkostnad - Kostnad på tapt inntekt en kunne oppnådd i en alternativ investering.
- Vanligvis har en også innregnet en faktor som reflekterer risikoen til investeringen. Risikoen skal reflekteres i prosjektets inngangsvariabler som er innbakt i tilbakebetalingene  $X_i$ . Dette blir nærmere gjennomgått senere.

### 4.3 WACC som diskonteringsfaktor $k$

'Weighted average cost of capital' er en vanlig metode for å definere avkastningskravet til total kapitalen. Ved å benytte WACC finner vi ut hva hver investert krone vil gi i avkastning for å forrente avkastningskravet til både eierne og kreditorene til selskapet. Lånegiverne skal ha forrentet markedsverdi av lånekapitalen, og aksjonærene av egenkapitalen. Det tas bare med den rentebærende gjelden i vektene. Utrykket kan settes opp på følgende måte:

$$WACC = \frac{E}{E+G}R_e + \frac{G}{E+G}R_g(1-s) \quad (5)$$

- E = Markedsverdi egenkapital
- G = Markedsverdi rentebærende gjeld
- $R_e$  = Avkastningskrav til egenkapital etter skatt
- $R_g$  = Gjennomsnittlig rentekostnad på gjeld etter skatt
- s = skattesats

Ligningen er hentet fra Gjesdal og Johnsen (1999).

#### 4.4 Følsomhetsanalyse

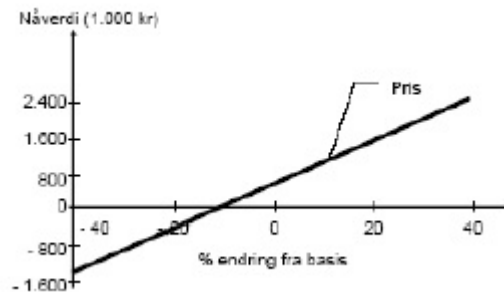
Følsomhetsanalyse er et utbredt verktøy for å undersøke usikkerheter som ligger i et prosjekts inngangsvariabler. Inngangsvariablene er alle faktorer som kan påvirke prosjektets resultatvariabel. I en bidragskalkyle vil inngangsvariablene være inntekter- og kostnader, mens resultatvariabelen vil være dekningsbidraget. Generellt vil typiske inngangsvariabler være kostnader- og inntekter som påløper gjennom en prosjektgjennomføring, mens resultatvariabelen vil være et mål på fortjeneste eller en annen faktor som det er ønskelig å evaluere etter påvirkning fra inngangsvariablene. Det er ønskelig å skape innsikt i hvilke påvirkninger endringer i inngangsvariablene har på resultatvariabelen i prosjektet, samtidig som det er ønskelig å kartlegge sannsynligheten for at inngangsvariablene endrer seg fra sine baseverdier.

Påvirkningen en inngangsvariabel har på nåverdien finnes ved å plote forskjellige utfall av inngangsvariabelen mot nåverdien. Dette plottet er inngangsvariabelens følsomhetsdiagram. Etersom nåverdien er et mål på fortjeneste, vil nåverdien være en funksjon av alle inngangsvariabler som vil påvirke prosjektet. Alle inngangsvariabler må derfor behandles. Ofte er sammenhengen mellom en inngangsvariabel og en resultatvariabel lineær, men det er fullt mulig å ha ikke-lineære sammenhenger i følsomhetsdiagram.

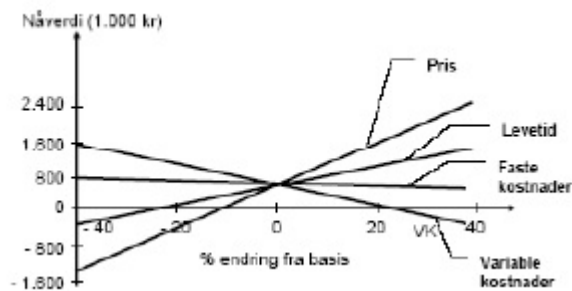
Hvis et prosjekt har 30 inngangsvariabler vil en få 30 følsomhetsdiagrammer. Dette gjør usikkerhetsbilde i prosjektet uoversiktlig for personen som er beslutningstager. Det er vanlig å samle usikkerhetsbilde i prosjektet i en felles grafisk fremstilling. Denne fremstillingen har navnet stjernediagram. For å gjøre sammenligning mellom inngangsvariablene mulig er den horisontale akse i stjernediagrammet et relativt mål på endring i inngangsvariablene. Alle inngangsvariablene får derfor den samme benevnningen langs den horisontale akse.

Masteroppgave  
Risikoanalyse ved investeringer i eiendomsutvikling  
Stian Moe Johannesen

---



Figur 3: Effekten på et prosjekts nåverdi, ved endring av basisverdiene til en av inngangsvariablene. Illustrasjonen er hentet fra Bøhren og Gjerdrum (2009)



Figur 4: Stjernediagram med alle prosjektets inngangsvariabler. Illustrasjonen er hentet fra Bøhren og Gjerdrum (2009)

Ulempen ved den tradisjonelle bruken av følsomhetsanalyse er at det bare er mulig å se endringen i resultatvariabelen når kun en av inngangsvariablene blir endret av gangen. I praksis vil mange inngangsvariabler ha mulighet til å endre seg fra basisverdiene under prosjektgjennomføringen. Det er derfor ønskelig å benytte et verktøy som ser på endringer fra basisverdiene for alle inngangsvariablene. For å gjøre dette benyttes simulering i kombinasjon med følsomhetsanalyse.

Et tornadodiagram er en metode som benyttes til å presentere resultater av følsomhetsanalyser. Tornadodiagrammer kan utarbeides på forskjellige måter, men tar vanligvis utgangspunkt i regresjon som benytter minste kvadraters metode.

Generelt kan trekninger fra inngangsvariablene som påvirker resultatvariabelen frem-

Masteroppgave  
 Risikoanalyse ved investeringer i eiendomsutvikling  
 Stian Moe Johannesen

---

stilles med matrisenotasjoner. Her vil  $Y_{(N,1)}$  være den  $n$ 'te realiseringen av resultatvariabelen og  $X_{(N,1+p)}$  være realiseringer av inngangsvariablene.  $\epsilon$  representerer den uforklarte variansen i modellen.

$$Y_{(N,1)} = X_{(N,1+p)}\beta_{(p+1,1)} + \epsilon_{(N,1)} \quad (6)$$

I et prosjekt som har 25 inngangsvariabler og det gjøres 1000 trekninger fra sannsynlighetsfordelingene som påvirker nåverdien kan datasettes fremstilles på følgende måte:

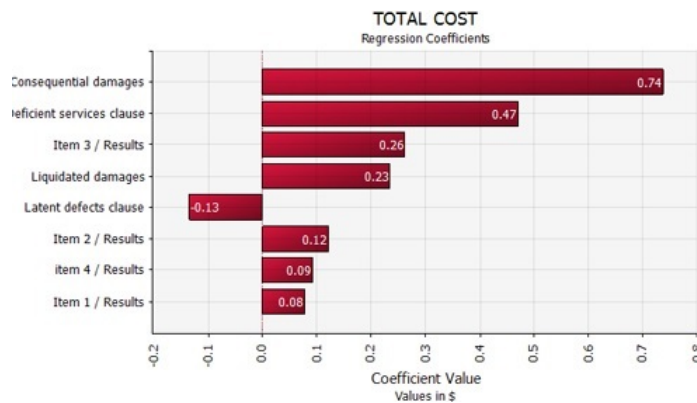
$$Y_{(1000,1)} = X_{(1000,1+25)}\beta_{(25+1,1)} + \epsilon_{(25,1)} \quad (7)$$

Eller på matriseform

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ \vdots \\ y_{1000} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & X_{1,1} & X_{1,2} & X_{1,3} & X_{1,4} & \cdots & X_{1,25} \\ 1 & X_{2,1} & X_{2,2} & X_{2,3} & X_{2,4} & \cdots & X_{2,25} \\ 1 & X_{3,1} & X_{3,2} & X_{3,3} & X_{3,4} & \cdots & X_{3,25} \\ 1 & X_{4,1} & X_{4,2} & X_{4,3} & X_{4,4} & \cdots & X_{4,25} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & X_{1000,1} & X_{1000,2} & X_{1000,3} & X_{1000,4} & \cdots & X_{1000,25} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \\ \vdots \\ \beta_{25} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \epsilon_1 \\ \epsilon_2 \\ \epsilon_3 \\ \vdots \\ \epsilon_{1000} \end{bmatrix}$$

Det kan vises at regresjons koeffisientene til inngangsvariablene kan beregnes ved:

$$\hat{\beta} = (X^T X)^{-1} X^T Y \quad (8)$$



Figur 5: Illustrasjonen av tornadodiagram med regresjons koeffisienter. Illustrasjonen er hentet fra Palisade (2009)



Diagrammet er en grafisk fremstilling av en regresjon av inngangsvariablene mot den resultatavhengige variabelen. Regresjons koeffisientene med høyest stigningstall ha størst påvirkning på den resultatavhengige variabelen, med en enhets endring i inngangsvariabelen. En kan lese mer om regresjon i Brooks (2008).

Det er også vanlig å fremstille tornadodiagram som endringen i den resultatavhengige variabelen, når sannsynlighetsfordelingen til inngangsvariabelen endres med ett positivt standardavvik.

#### 4.5 Sannsynlighetsfordelinger- og kumulative sannsynlighetsfordelinger

Hvis en stokastisk variabel  $X$  er kontinuerlig vil den kumulative sannsynlighetsfordelingen beskrive sannsynligheten for at en stokastisk variabel  $X$  er mindre eller lik  $x$ .

Definisjon av kummulativ fordeling (CDF).

$$F(x) = P(x \leq x) \tag{9}$$

Uttrykk er hentet fra Ross (2009)

En kumulativ fordeling har følgende egenskaper:

- $F(x)$  har aldri negativt stigningstall.
- $F(X) = 0$  når  $x = -\infty$
- $F(x) = 1$  når  $x = \infty$

Frekvensfunksjonen (PDF) er den deriverte av den kumulative sannsynlighetsfordelingen (CDF). PDF er funksjonen til stigningstallet til CDF. Funksjonens maksverdi vil være variabelen sin mode, som er den verdien med høyest sannsynlighet. Forventningsverdien vil ligge i fordelings tyngdepunkt. Det er ikke mulig å observere sannsynligheten for en eksakt verdi, men det er mulig å beregne sannsynligheten for at  $x$  ligger mellom to eksakte verdier. Hvis differansen mellom punktene går mot null, vil vi nærme oss punktsannsynligheten.

Definisjon av frekvensfunksjon

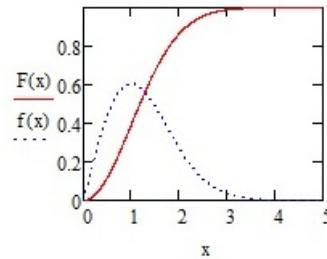
$$f(x) = \frac{d}{dx} F(x) \tag{10}$$

Uttrykk er hentet fra Ross (2009)

Beregning av sannsynlighet i intervallet  $x$

$$P(a \leq x \leq b) = F(B) - F(A) \quad (11)$$

Siden den kumulative aldri vil ha negativt stigningstall, vil dette bety at den kumulative  $f(x) \geq 0$ . Utrykk er hentet fra Ross (2009).



Figur 6: Frekvensfunksjon (PDF) med tilhørende kumulative frekvensfunksjon (CDF).

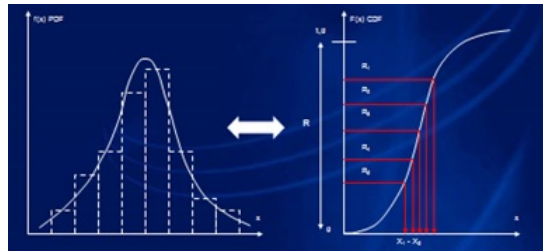
## 4.6 Simuleringsteknikker og Monte Carlo metoden

Simulering/Monte Carlo er en utbredt teknikk som benyttes i mange forskjellige fagområder. Teknikken benyttes like godt innenfor spill-teori som i bygningsfysikk. I simulering er det ønskelig å se på alle mulige utfall inngangsvariablene kan ha, og sannsynlighetene for at disse utfallene inntreffer, for deretter å avgjøre om prosjektet skal gjennomføres. Grunnen til at simulering har blitt en slagkraftig teknikk er at det er vanskelig å gjøre regneoperasjoner på frekvensfunksjoner som er tilpasset datasett vi ønsker å analysere. Det er derfor enklere og trekke tilfeldige realiseringer fra de tilpassede funksjonene, og benytte disse til å lage nye sannsynlighetsfordelinger. For å lese mer om Monte Carlo teknikker kan en se Vose (2008).

Fremgangsmetode:

- Generer et stort antall slumptall. Slumptallene er uniform fordelt (alle utfall er like sannsynlige). Tallene skal være uavhengige av hverandre og spenne i utfallsrommet 0 og 1.  $U[0, 1]$ .
- For å gjøre gjennomføre simulering må en ta utgangspunkt i datasett en har til rådighet. Datasettene tilpasses frekvensfunksjoner, ved bruk av kurvetilpasningsteknikker. Tilpasningene gjøres gjerne ved bruk av maksimum likelihood estimator (MLE) eller minstre kvadraters metode (MKM). Hvis en ikke har mulighet til å benytte eksisterende data, kan en lage sannsynlighetsfordelinger basert på antagelser gjort av eksperter. En tilpasser sannsynlighetsfordelinger til alle inngangsvariablene som er nødvendige i modellen.

- Når sannsynlighetsfordelingene er beskrevet; beregnes de kumulative funksjonene (CDF). Hvis funksjonene er integrerbare kan dette gjøres ved integrasjon. Hvis ikke finnes det forskjellige teknikker til å bestemme kumulative frekvensfunksjoner, avhengig av hvilken sannsynlighetsmodeller som er tilpasset.
- Slumptallene settes inn for sannsynligheten i den kumulative sannsynlighetsfordelingen og en løser funksjonen slik at en får tilfeldige realiseringer av  $x$ . Dette gjøres et stort antall ganger, slik at en får mange realiseringer av  $x$  for alle inngangsvariablene en trenger i modellen.
- Utfallene fra CDF fordelingene er et mulig å gjøre regneoperasjoner på, fremfor å gjennomføre regneoperasjoner direkte på fordelingene.



Figur 7: Illustrasjonen er hentet fra Lassen (2012)

Monte Carlo trekninger fra en CDF.: Ut i fra uniform fordelte tall  $R$  mellom 0 og 1, kan en finne realiseringene  $x$  for alle sannsynlighetsfordelinger:

Generell formel for å beregne realisering fra CDF:

$$F(x) = R \quad (12)$$

$$x = F^{-1}(R) \quad (13)$$

Uttrykket er hentet fra Lassen (2012).

#### 4.7 Korrelasjon mellom stokastiske variabler

Slumptallene er uniform fordelte. Alle slumptall er like sannsynlige og uavhengige. Dette medfører at en av forutsetningene for å benytte monte carlo teknikken er at variablene også er uavhengige av hverandre. Hvis inngangsvariablene i virkeligheten er korrelerte, må også trekningene gjøres med korrelasjon.

Masteroppgave  
 Risikoanalyse ved investeringer i eiendomsutvikling  
 Stian Moe Johannesen

---

Korrelasjonens faktoren  $r$  er definert som:

$$r = \frac{Cov(X, Y)}{\sigma_X \sigma_Y} \quad (14)$$

Kovariansen  $Cov(X, Y)$  er definert som:

$$Cov(X, Y) = E[(X - E[x])(Y - E[y])] \quad (15)$$

Omskrevet får vi uttrykket:

$$r = \frac{E[(X - E[x])(Y - E[y])]}{\sigma_X \sigma_Y} \quad (16)$$

- $r=1$ : Det finnes en perfekt positiv lineær sammenheng mellom variablene X og Y.
- $r=-1$ : Det finnes en perfekt negativ lineær sammenheng mellom variablene X og Y.
- $r=0$ : Det finnes ingen korrelasjon mellom de to variablene.

	NBATH	LSPACE	NGARAGE	AGE	SPRICE	NBROOMS	NROOMS
NBATH	<b>1.0000</b>						
LSPACE	<b>0.8940</b>	<b>1.0000</b>					
NGARAGE	<b>0.3998</b>	<b>0.3635</b>	<b>1.0000</b>				
AGE	<b>-0.2009</b>	<b>-0.1775</b>	<b>-0.0577</b>	<b>1.0000</b>			
SPRICE	<b>0.9251</b>	<b>0.9217</b>	<b>0.4617</b>	<b>-0.2993</b>	<b>1.0000</b>		
NBROOMS	<b>0.7264</b>	<b>0.7913</b>	<b>0.5397</b>	<b>0.1069</b>	<b>0.7006</b>	<b>1.0000</b>	
NROOMS	<b>0.7575</b>	<b>0.8405</b>	<b>0.5663</b>	<b>0.0113</b>	<b>0.7771</b>	<b>0.9244</b>	<b>1.0000</b>

Figur 8: Korrelasjonsplot fra observasjoner gjort fra 28 omsatte husstander.

Korrelasjonsplot fra observasjoner gjort på 28 omsatte husstander. Vertikal akse fra toppen: antall bad, boareal, antall garasjer, alder, salgspris, antall soverom og antall oppholdsrom. Merk at salgsprisen har høy positiv korrelasjon med boareal og negativ korrelasjon med alder. Datasettet er hentet fra (Narula & Wellington, 1977).

## 4.8 Kalkulasjon av konfidensintervaller

### 4.8.1 Konfidensintervallet til forventningen $\mu$

Når  $\sigma$  er ukjent er det mulig å kalkulere konfidensintervallet til forventningsverdien  $\mu$  ut fra student-T fordelingen. Konfidensintervallet er gitt ved:

$$\left[ \hat{X} - t_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\hat{S}}{\sqrt{n}}, \hat{X} + t_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\hat{S}}{\sqrt{n}} \right] \quad (17)$$

Hvor  $n$  er antall observasjoner i datasettet,  $\hat{S}$  er beste estimat på standardavviket og  $\hat{X}$  er beste estimat på forventningsverdien.  $\alpha$  er konfidensnivået. Ligningen er hentet fra G.Løvås (2004). Frekvensfunksjonen er gitt ved:

$$f(t) = \frac{\Gamma \frac{v+1}{2}}{\sqrt{v\pi} \Gamma \frac{v}{2}} \left(1 + \frac{t^2}{v}\right)^{-\frac{v+1}{2}} \quad (18)$$

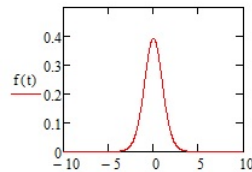
Student t distribution:

$n := 19$  Observasjoner

$v := n - 1$  Degree of freedom

Frekvensfunksjon:

$$f(t) = \frac{\Gamma\left(\frac{v+1}{2}\right)}{\sqrt{v\pi} \Gamma\left(\frac{v}{2}\right)} \left(1 + \frac{t^2}{v}\right)^{-\frac{v+1}{2}}$$



Figur 9: Frekvensfunksjonen til t fordelingen med  $v=18$  frihetsgrader

Beregning av t-statistics

$$t_{\alpha} = 1.734$$

$$\int_{-\infty}^{t_{\alpha}} \frac{\Gamma\left(\frac{v+1}{2}\right)}{\sqrt{v\pi} \Gamma\left(\frac{v}{2}\right)} \left(1 + \frac{t^2}{v}\right)^{-\frac{v+1}{2}} dt = 0.95$$

$$X_{\text{hat}} = 1.0517 \quad S_{\text{hat}} = 0.1577$$

$$CI = \left( X_{\text{hat}} - t_{\alpha} \frac{S_{\text{hat}}}{\sqrt{n}}, X_{\text{hat}} + t_{\alpha} \frac{S_{\text{hat}}}{\sqrt{n}} \right) = (0.989 \quad 1.114)$$

Figur 10: Beregning av konfidensintervall.

#### 4.8.2 Konfidensintervallet til standardavviket $\sigma$

Beregning av konfidensintervallet til standardavviket  $\sigma$  gjøres på nesten tilsvarende måte som beregning av konfidensintervallet til forventningsverdien  $\mu$ . Hovedforskjellen er at standardavviket  $\sigma$  følger en kji-kvadrat fordeling  $\chi^2$  i motsetning til forventningen  $\mu$  som følger en student-t fordeling. Konfidensintervallet til standardavviket beskrives som:

$$\left[ \frac{(n-1)\hat{S}^2}{\chi_{\frac{\alpha}{2}}}, \frac{(n-1)\hat{S}^2}{\chi_{1-\frac{\alpha}{2}}} \right] \quad (19)$$

Uttrykket er hentet fra G.Løvås (2004).

$$f(x; k) = \frac{1}{2^{\frac{k}{2}} \Gamma\left(\frac{k}{2}\right)} x^{\frac{k}{2}-1} e^{-\frac{x}{2}} \quad (20)$$

Hvor  $k=n-1$  degress of freedom. Uttrykket er hentet fra (Ross, 2009).

#### 4.9 Stokastiske fordelinger

Bruk av stokastiske fordelinger er avgjørende for å gjennomføre monte carlo simulering. Dette kapittelet skal derfor benyttes til å vise fordelingene som blir brukt i simuleringsmodellene senere. De blir ikke forklart i detalj, men særegne egenskaper skal belyses.

### 4.9.1 Normalfordelingen/Gausskurven

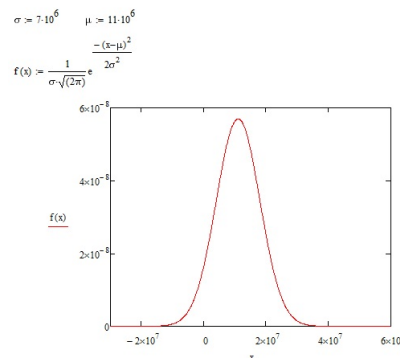
Normalfordelingen er den sannsynlighetsfordelingen som er mest brukt i økonomisk simulering. Fordelingen kjennes igjen på klokkeformen og har parameterne  $\mu$  og  $\sigma$ . Funksjonen til fordelingen er vist nedenfor. Funksjonen er ikke integrerbar, slik at den kumulative beregnes numerisk i simuleringsprogrammer.

Frekvensfunksjonen til normalfordelingen beskrives ved:

$$f(x; \mu, \sigma^2) = \frac{1}{\sqrt{2\sigma^2}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (21)$$

Siden den frekvensfunksjonen ikke kan integreres, beskrives den kumulative bare ved et integral:

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\sigma^2}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (22)$$



Figur 11: Illustrasjon av normalfordelingen.

Ligningene er hentet fra Lassen (2012).

### 4.9.2 Uniform-fordeling

Den uniforme modellen benyttes i tilfeller hvor en ønsker å tilordne alle utfall den samme sannsynligheten. Alle mulige realiseringer av  $X$  har derfor samme sannsynlighet. Frekvensfunksjonen til den uniforme modellen er definert som:

Frekvensfunksjonen

$$f(x) = \frac{1}{b-a} \text{ for } X \in [a, b] \quad (23)$$

Kumulative funksjonen

$$F(x) = \frac{x - a}{b - a} \text{ for } X \in [a, b] \quad (24)$$

### 4.9.3 Weibull fordelingen

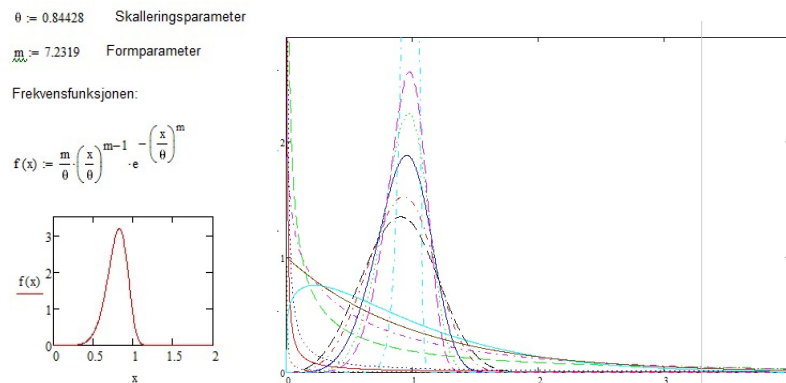
Weibull fordelingen har hovedbruksområdet innenfor levetidsberegninger. Fordelingen får sitt utseende etter formparameteren  $m$  og skalerings parameteren  $\theta$ . En tilnærming til den virkelige verdien til formparameteren er gitt ved  $m = \frac{1}{(\frac{\sigma}{\mu})^{1.08}}$  (Lassen, 2005). Denne sammenhengen gir et relativt mål på spredning i forhold til forventning. Sammenhengen mellom forventningsverdien og skalerings parameteren er gitt igjennom gamma funksjonen.  $E(X) = \theta * \Gamma(1 + 1/m)$  hvor  $\Gamma(1 + 1/m)$  er gammafunksjonen. Gammafunksjonen er gitt ved  $\Gamma(z) = \int_0^\infty t^{z-1} e^{-t} dt$ . Bruksområdene til weibull fordelingen blir store fordi den har uendelig positiv støtte og formparameteren gir funksjonen mange mulige former.

Frekvensfunksjonen

$$f(x) = \frac{m}{\theta} \left(\frac{x}{\theta}\right)^{m-1} e^{-\left(\frac{x}{\theta}\right)^m} \quad (25)$$

Den kumulative funksjonen

$$F(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x}{\theta}\right)^m} \quad (26)$$



Figur 12: Illustrasjon av Weibull fordelingen. Variasjon av formparametere til Weibull fordelingen. Parameterne spenner i området  $0 < m < 20$ .



#### 4.9.4 $\beta$ -fordelingen

$\beta$  funksjonen kan reflektere både symmetriske og asymmetriske situasjoner. Disse har i hovedsak verdiområder fra 0 til 1, med rektangulærfordelingen som spesialtilfelle.  $\beta$  fordelingen lar seg enkelt modifisere, slik at den passer til alle intervaller på tallinjen. Dette er gjort i kombinasjon med PERT funksjonen i 4.9.5 For  $\beta$  funksjonen gjelder:

$$B(\alpha, \beta) = \int_0^1 u^{\alpha-1}(1-u)^{\beta-1} du \quad (27)$$

$\beta$ -fordelingen beskrives på følgende måte:

$$f(x; \alpha, \beta) = \frac{x^{\alpha-1}(1-x)^{\beta-1}}{B(\alpha, \beta)} \quad (28)$$

$$f(x; \alpha, \beta) = \frac{x^{\alpha-1}(1-x)^{\beta-1}}{\int_0^1 u^{\alpha-1}(1-u)^{\beta-1} du} \quad (29)$$

Varians og forventningsverdi beskrives på følgende måte:

$$\mu = a + (b-a)\left(\frac{\alpha}{\alpha+\beta}\right) \quad (30)$$

$$\sigma^2 = \left(\frac{\alpha}{\alpha+\beta}\right)\left(\frac{\beta}{\alpha+\beta}\right)\left(\frac{(b-a)^2}{\alpha+\beta+1}\right) \quad (31)$$

Ligningen for forventningsverdi ( $\mu$ ) skrives om og løses for  $\left(\frac{\alpha}{\alpha+\beta}\right)$  slik at:

$$\left(\frac{\alpha}{\alpha+\beta}\right) = \left(\frac{\mu-a}{b-a}\right) \quad (32)$$

Uttrykket settes deretter inn i variansen:

$$\sigma^2 = \left(\frac{\mu-a}{b-a}\right)\left(\frac{\beta}{\alpha+\beta}\right)\left(\frac{(b-a)^2}{\alpha+\beta+1}\right) \quad (33)$$

Løser for  $\alpha + \beta$  og algebra fører til:

$$(\alpha + \beta) = \frac{(\mu-a)(b-\mu)}{\sigma^2} - 1 \quad (34)$$

Løser for  $\alpha$  og  $\beta$ . Har nå et uttrykk avhengig av  $\mu$  og  $\sigma^2$ . Dette blir utgangspunktet for innsetning av forventning og varians til PERT fordelingen.

$$\alpha = \left(\frac{\mu-a}{b-a}\right)\left(\frac{(\mu-a)(b-\mu)}{\sigma^2} - 1\right) \quad (35)$$

$$\beta = \left(\frac{b-\mu}{b-a}\right)\left(\frac{(\mu-a)(b-\mu)}{\sigma^2} - 1\right) \quad (36)$$

#### 4.9.5 PERT-fordelingen

Fordelingstypen har hovedsakelig blitt brukt innenfor prosjektplanlegging og i kombinasjon med tripplestimer fra eksperter Vose (2008). For PERT-fordelingen har vi følgende sammenhenger:

$$\mu = \frac{a + 4m + b}{6} \quad (37)$$

$$\sigma^2 = \frac{b - a}{36} \quad (38)$$

Forventningen til den opprinnelige PERT fordelingen er 4 ganger mer sensitiv til forventningen, en til minimums og maksimums verdier. I utviklingen av fordelingen ble faktoren 4 valgt for å få ett standardavvik som tilsvarer omtrent  $\frac{1}{6}$  av fordelings spennområde. Nedenfor blir den opprinnelige fordelingen vist.

Ved å substituere disse inn i uttrykkene inn i  $\beta$  fordelingen får vi følgende sammenheng. Pert/ $\beta$  fordelingen er kun avhengig av (Mode= $m$ ,  $a$ =laveste forekommende verdi og  $b$ =høyeste verdi). Fullstendig utledning er beskrevet i Davis (2008).

Masteroppgave  
 Risikoanalyse ved investeringer i eiendomsutvikling  
 Stian Moe Johannesen

---

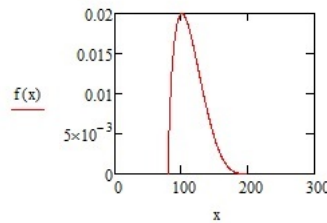
Eksempel ved bruk av PERT- $\beta$  fordelingen

$\beta$  funksjon:

$m := 100$       mode= Mest forekommende verdi  
 $a := 80$       a= Nederste verdi  
 $b := 200$       b=Høyeste forekommende verdi  
 $\alpha := \frac{2(b + 4m - 5a)}{3(b - a)} \left[ 1 + 4 \frac{(m - a)(b - m)}{(b - a)^2} \right] = 1.728$   
 $\beta := \frac{5b - 4m - a}{b + 4m - 5a} \alpha = 4.494$

Skalering av funksjonen

$$f(x) := \frac{\left( \frac{x-a}{b-a} \right)^{\alpha-1} \left( 1 - \frac{x-a}{b-a} \right)^{\beta-1}}{\int_a^b \left( \frac{s-a}{b-a} \right)^{\alpha-1} \left( 1 - \frac{s-a}{b-a} \right)^{\beta-1} ds}$$



Figur 13: Eksempel på bruk av Pert/ $\beta$  funksjoner.

Ved å redusere/øke forventningen endres usikkerhetsområdet rundt fordelingsmode. Dette gjøres ved å endre ligning (37) til

$$\mu = \frac{a + \gamma m + b}{\gamma + 2} \tag{39}$$

En reduksjon av  $\gamma$  fører til tyngre haler, slik at fordelingen blir mindre forventningsrett. En økning i  $\gamma$  øker tyngden rundt moden i fordelingen, slik at den blir mer forventningsrett. Dette er ideelt når en skal intervju ekspert, slik at  $\gamma$  kan tilpasses ekspertens oppfatninger av tyngden på halene.

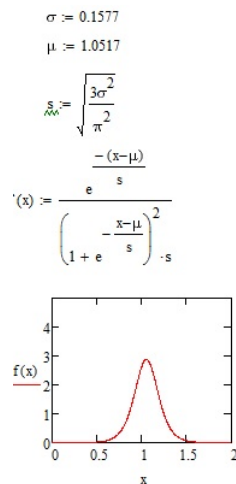
#### 4.9.6 Logistic fordeling

Logistic fordelingen har et ganske likt utseende som normalfordelingen. Fordelingen er spissere rundt tyngdepunktet enn normalfordelingen. Bruken har tradisjonelt vært innenfor demografi og økonomi. Ofte brukt til å modellere vekstkurver (Vose, 2008). Frekvensfunksjon er gitt ved:

$$f(x) = \frac{e^{-\frac{x-\mu}{s}}}{(1 + e^{-\frac{x-\mu}{s}})^2} s \quad (40)$$

$s$  er en skaleringsparameter som har følgende sammenheng med standardavviket:

$$s = \sqrt{\frac{3\sigma^2}{\pi^2}} \quad (41)$$



Figur 14: PDF logistic fordeling

## 5 Metode og datainnsamling

For å gjennomføre oppgaven er det nødvendig å ha et kapittel som beskriver metodene som er benyttet. Metodekapittelet har til hensikt å beskrive hvordan innhenting av data til oppgaven har foregått og hvilken datainnsamlingsteknikk som er benyttet. Først skal det gjennomgås litt generelt om metode og innhenting av data. Det finnes i hovedsak to kategorier for metodeteknikker som kan benyttes. Det finnes kvalitative- og kvantitative teknikker.

### 5.1 Kvalitative teknikker

Kvalitative datainnsamlingsteknikker gjennomføres vanligvis som deltagende observasjon eller gjennom intervjuer. Fellesnevneren for deltagende observasjon og intervju er at en ønsker å skape forståelse og innsikt, fremfor å komme med harde og bastante konklusjoner. Grunnen til at de harde konklusjonene uteblir er fordi utvalgene gjerne er av begrenset størrelse. Det er ofte ikke nødvendig å intervju alle ansatte i en bedrift, for å skaffe den informasjonen som observanden ønsker. Intervjuobjektene får mulighet til å utdype sine meninger. Observanden har mulighet til og dra dialogen i den retningen observanden mener er relevant. Fordelen ved bruk av teknikkene er at det er mulig å stille oppfølgingsspørsmål etterhvert som intervjuobjektene utdyper sin informasjon. Dette gir personen som innhenter dataene mulighet til å gå i bredden, samtidig som en har mulighet til å gå i flere dimensjoner.

### 5.2 Kvantitative teknikker

De kvantitative metodene er forskningsmetoder som bygger på tall og elementer som er målbare (kvantifiserbare). Problemstillingen er gjerne ferdig utformet før datainnsamlingen begynner. I motsetning til de kvalitative metodene som går i bredden innenfor utdypningsspørsmålet, går de kvantitative metodene i dybden. Det er vanligvis få spørsmål som skal besvares ut fra mange observasjoner. Et eksempel på en kvantitativ teknikk kan være måling av korrelasjon mellom statistiske datasett. Har en flere elementer som støtter opp under en hypotese, kan det være en kausal sammenheng.

### 5.3 Innsamling av data

I denne oppgaven er datainnsamlingene gjort med begge teknikktypene. Vi skal nå se litt på hvordan datainnsamlingen er gjort.

Det bygges mange boliger, kontorlokaler og blokker rundt i landet hvert eneste år. Basert på innsamlede data fra slike byggeprosjekter kan en skape statistikk som sier noe om for eksempel hvor mye enhetsprisen på en  $m^2$  vegg bør koste. Det er flere aktører i dag i bransjen som lager sine kalkyler basert på slike statistikker. Gode eksempler på dette er Holtegruppen og Statens vegvesen. Statens vegvesen utarbeider en kostnadsbank hvor regnskapsmateriale fra tidligere prosjekter blir lagret, slik at dette datamaterialet kan benyttes i risikoanalyser i fremtiden. Siden Myrvoll Bolig ble etablert har firmaet gjennomført mange byggeprosjekter. Kalkylene som i tidligere tid ble brukt som beslutningsgrunnlag for å bestemme om et prosjekt skulle gjennomføres eller ikke er bevart til ettertiden. Alle prosjekter som er gjennomført har sitt eget prosjektrekskap, slik at kalkylene og regnskapene kan sammenlignes mot hverandre. Igjenom årene bedriften har eksistert har det bygget seg opp en egen informasjonsdatabase om hvordan prosjektene har utviklet seg kostnadsmessig. En del av denne oppgaven har vært å samle alle tidligere kalkyler og regnskaper og samle disse i en egen database. I denne databasen har avvikene mellom kalkyle og prosjektrekskap blitt beregnet og det er valgt å benytte en relativ måleenhet for å beskrive avvikene i de forskjellige byggeprosjektene. De relative dataene er samlet i en egen prosjektdatabase. Denne databasen har kolonner med relative måledata fra alle tidligere prosjekter innenfor de forskjellige kostnadskategoriene. Den relative måleenheten kan tolkes på følgende måte. Hvis en observerer en kostnadsgruppe med  $rm = 1$  vil prosjektrekskapet ha samme verdi som prosjektkalkylen som ble utarbeidet i forkant av prosjektet. Dette betyr at verdien i prosjektrekskapet ble identisk med prosjektkalkylen. Hvis  $rm > 1$  vil vi få en teller virkning som tilser at det er snakk om en overskridelse av kostnader, slik at verdiene i prosjektrekskapet er større en kalkyleverdiene (prosjektrekskap > kalkyle). På tilsvarende måte vil  $rm < 1$  tilsi at det er brukt mindre penger i et prosjekt enn hva som var antatt i kalkylen.

$$rm = \frac{\text{Prosjektrekskap}_i}{\text{Prosjektkalkyle}_i} \quad (42)$$

Ved å benytte kurveestimeringsteknikker på de relative datasettene er det mulig å tilordne de forskjellige kostnadspostene sannsynlighetsfordelinger. Fordelingene fremstiller den historiske sannsynligheten for underestimering og overestimering av den relative kostnaden i kostnadsposten. Fordelinger som bygger på relative data er det mulig å skalere opp, slik at fordelingene kan benyttes til å beskrive usikkerheten i kostnadsposten i fremtidens kalkyler. Grunnen til at det er ønskelig å benytte en relativ måleenhet er fordi prosjektene er ulike i omsetning og størrelse. Ved å benytte et relativ mål er det mulighet å beskrive avvikene i enkeltprosjekter med en fraksjon. Fordelen med den relative enheten er at en tilnærmet kan se bort fra inflasjon siden de tidligere prosjektgjennomføringene ikke strekker over lange

tidsperioder. De fleste prosjekter blir ferdigstilt innen 1 år. For de prosjektene som spenner over større tidsperioder har det vært vanlig å dele opp prosjektene i mindre byggefelt. Disse byggefeltene har intervaller på ca. 1 år. Bruk av tidligere prosjekter som datagrunnlag blir diskutert videre i 8.1.

Til noen av de kostnadspostene har det ikke vært tilgjengelige data til å tilpasse noen frekvensfunksjoner. I disse tilfellene har fordelingen utseende vært avhengig av ekspertuttalelser og hva ekspertene tror om usikkerheten til en inngangsvariabel. I denne sammenhengen er det benyttet kvalitative intervjumetoder. Intervjuobjektet har blitt spurt om definere hvilke verdi de tror med høyest sannsynlighet vil forekomme, i inngangsvariabelen. De har deretter blitt spurt om å definere en maksimal grenseverdi, som konvergerer mot null sannsynlighet. Dette blir fordelingen øvre grense. Tilsvarende blir intervjuobjektet spurt om å definere en minimal verdi som konvergerer mot null sannsynlighet. Ut ifra de 3 verdiene kan en tilordne en sannsynlighetsfordeling. Teknikken er kjent som tripplestimat-teknikken og benyttes med sannsynlighetsfordelinger med avgrenset støtte. Triangulær, gamma og pert fordelingene benyttes ofte i slike sammenhenger. En kan lese mer om teknikken i Drevland, Austeng og Torp (2005).

Det finnes flere teorier på hvordan en skal innhente data fra eksperter. Teoriene er utviklet for å motvirke bias i tilbakemeldingene. Disse teoriene bygger i hovedsak på at det er bedre å bygge modell på flere ekspertestimer fremfor og kun benytte ett estimat. Teoriene tar også for seg vektning av estimer. I denne oppgaven skal Delphi metoden benyttes som innsamlingsteknikk. Delphi metoden er en teknikk som fokuserer på hvordan ekspertene skal intervjues, slik at en får best mulig estimat på usikkerheten i en resultatavhengig variabel. Teknikken er i hovedsak utviklet for å motvirke *Bandwagon*-<sup>4</sup> og Halo effekter. Begge disse effektene er former for gruppetenkning og det er ønskelig at ekspertene ikke skal ha mulighet til å påvirke hverandres estimer.

Drevland (2005) har følgende anbefaling for prosedyre av gjennomføring av en Delphi undersøkelse:

- En analytiker definerer målsetningen for undersøkelsen og velger ut respondenter (eksperter) som skal besvare undersøkelsen. Ekspertene er anonyme for hverandre og svarene er anonyme.
- Analytikeren forbereder et foreløpig skjema som han/henne sender ut til ekspertene for kommentarer.
- Svarene gjennomgås og endelig spørreskjema etableres.

---

<sup>4</sup>Bandwagon effect: er et veldokumentert psykologisk fenomen hvor en person fatter beslutninger etter indirekte påvirkning fra andre mennesker.

Masteroppgave  
Risikoanalyse ved investeringer i eiendomsutvikling  
Stian Moe Johannesen

---

- Ekspertene svarer på spørreskjemaet og definerer ytre grenseverdier og hvilken verdi som de tror mest sannsynlig vil forekomme. Hver enkelt ekspert definerer også tyngden i fordelings haler. Skjemaene sendes deretter tilbake til datainnsamleren.
- Datainnsamleren prosesserer svarene.
- Resultatene returneres til tilfeldige respondenter slik at en ikke argumenterer for sine egne anslag. Ekspertene argumenterer og korrigerer svarene.
- Korrigerte anslag med argumentasjon blir returnert til datainnsamleren. Datainnsamleren sender nå ut de korrigerede svarene til tilfeldige respondenter, som igjen argumenterer og returnerer svarene. Prosessen blir gjentatt 3-4 ganger. Tanken bak prosessen er at i de siste rundene vil en nærme seg en slags konsensus.
- Verdier for siste runde blir brukt som anslag i tripplestimat.

Etter å ha anslått alle nødvendige inngangsvariabler utarbeides modellen. I neste kapittel skal oppbygningen av simuleringsmodellene som er laget forklares.



## 6 Modellbygging

Formålet med et eget kapittel om modellbygging er å vise hvordan simuleringmodellene er bygd opp. Utgangspunktet for modellene er kalkylen bedriften tradisjonelt har benyttet som grunnlagsmateriale når de skal evaluere potensiale i byggeprosjekter. Kalkylen har i alt 20 poster. I dette kapitlet skal alle kostnads-postene/inngangsvariablene i kalkylen gjennomgå og tilordnes sannsynlighetsfordelinger. Formålet er å vise hvordan en har valgt å modellere usikkerhetene som ligger i de forskjellige kostnadspostene i kalkylen.

Det er ønskelig å lage flere forskjellige modeller som beskriver risikobilde i fremtidige prosjekter. Det er ønskelig å ha en modell som kun fremstiller sannsynligheten for kostnadene som vil forekomme på hvert byggetrinn, i tillegg er det ønskelig å ha en modell som presenterer nåverdien til hele byggeprosjektet. En viktig grunn til at det er hensiktsmessig å dele opp i flere modeller er at sannsynlighetsfordelingen til byggekostnadene er basert på parameterestimerings-teknikker fra de 19 siste byggeprosjektene bedriften har gjennomført. Innbetalingsoverskuddet i NPV beregningene er også basert på kostnadsdata fra de 19 siste byggeprosjektene, men i tillegg er inntektene basert på menneskelige estimater på boligprisutviklingen.

Modelltyper:

- Modell av byggekostnader som kan påløpe i hvert byggetrinn.
- Modell av NPV.

I tillegg er det ønskelig å lage to forskjellige modellkategorier. En kategori med utgangspunkt i bruk av MLE og en modell ved bruk av visuell tilpasning og deskriptiv statistikk. For å kjøre modellene benyttes dataprogrammet @Risk.

## 6.1 Modelkategori 1 - Modellutforming med visuell tilpassning og bruk av deskriptiv statistikk

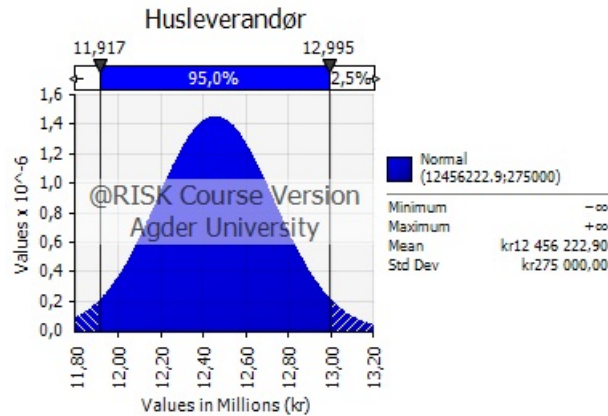
I dette kapitlet skal det lages en simuleringsmodell som baseres på de mest brukte sannsynlighetsfordelingene. Normalfordeling, uniform fordeling og trekantfordelingen benyttes. Histogrammene til datasettende plottes og sannsynlighetsfordelingen tilpasses histogram ved bruk av konfidensgrenser for forventingsverdien  $\mu$  og beste estimat på standardavvik  $\hat{\sigma}$ . Under følger en utskrift at konfidensintervallene til inngangsvariablene.

Konfidensintervaller for relative avvik prosjektkalkyle-prosjektregnskap:

```
StatTools Report
Analysis: Confidence Interval
Performed By: Stian Moe Johannesen
Date: 14. mars 2013
Updating: Live
```

	Grave Betong	Pros Provi	Salg Rigg/drift
Conf. Intervals (One-Sample)			
Sample Size	19	19	16
Sample Mean	1.0517	0.9301	1.1859
Sample Std Dev	0.1577	0.1579	0.6331
Confidence Level (Mean)	90.0%	90.0%	90.0%
Degrees of Freedom	18	18	15
Lower Limit	0.9889	0.8673	0.9340
Upper Limit	1.1144	0.9929	1.4377
Confidence Level (Std Dev)	90.0%	90.0%	90.0%
Degrees of Freedom	18	18	15
Lower Limit	0.1245	0.1247	0.4999
Upper Limit	0.2183	0.2186	0.8765

**Husleverandør:** Kostnadsgruppen husleverandør har det ikke vært mulig å tilpasse noen sannsynlighetsfordeling basert på eksisterende data. I tidligere prosjekter har kalkyleestimatene blitt anslått ved å bruke flere sammensatte kalkyler og det har vært vanskelig å sammenligne prosjektregnskap og prosjektkalkyle. Dette fordi eldre kalkyler inkluderer kostnader som i nyere prosjektregnskaper registreres under prosjekteringskostnader. For å simulere kostnadsposten husleverandør har det blitt gjort en kvalitativ vurdering av en representant fra bedriften. For å forenkle modellen ble det antatt at standardavviket for et levert rekkehus ikke skal overstige  $\sigma=25.000$ . For 11 rekkehus med forventningsverdien  $\mu=12.456.222$  og  $\sigma=11*25000=275.000$  blir modellen lik figuren under.



Figur 15: Kvalitativ vurdering av leveranse over bunnsvill.

For de resterende inngangsvariablene som ikke kan antas å være låste (inngangsvariabler som kun har et utfall) er øvre konfidensgrense til  $\mu$  og beste estimat på  $\hat{\sigma}$  benyttet. Det er tatt utgangspunkt i et 90% konfidensintervall, slik at en er 95% sikker på å dekke den virkelige verdien. Rigg og driftskostnader har blitt antatt uniform fordelt, mens betongarbeider antas triangulærfordelt. Resten av inngangsvariablene antas normalfordelte.

**Salgsinntekter og rentekostnader på byggelån** I tillegg til å definere alle kostnader må vi lage en modell som beskriver usikkerhetene til inntektene i byggeprosjektet. Det forutsettes en fast effektiv byggelånsrente på 9,11%. Denne verdien er antatt for å kjøre casestudiene senere i oppgaven.

En del av oppgaven har vært å gjennomføre en spørreundersøkelse hos eiendomsmeglere i Drøbak, Ski og Kolbotn. Denne undersøkelsen har hatt til hensikt å lage en modell for boligprisutviklingen de neste årene. Det har blitt intervjuet tilsammen 5 meglere. Delphi metoden som er beskrevet i 5.3 er benyttet som intervjuteknikk. Av undersøkelsen har en kommet frem til følgende estimater for boligprisutviklingen i Ås kommune. Pert fordelingen benyttes til å modellere boligprisutviklingen, ettersom intervjureultatene legger opp til en asymmetrisk fordeling hvor det er hensiktsmessig å vekte halene.

Resultat av meglerundersøkelse:

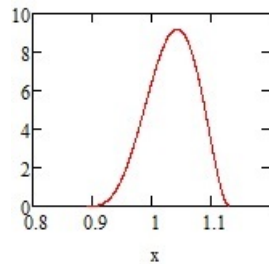
Foss & Co Eiendomsmegling, DnB Drøbak

Laveste verdi som kan forekomme: -11%

Verdi med størst sannsynlighet vil forekomme: 4.5%

Høyeste verdi som kan forekomme: 13%

I modellen er det valgt og benyttet en Pert fordeling for å beskrive vekstraten i boligprisutvikling.



Figur 16: Vekstrate boligpriser basert på estimater fra eiendomsmeglere

**Kostnader som ikke er forbundet med usikkerhet:** I modellen finnes også flere kategorier som ikke er tilknyttet usikkerhet/betydelig usikkerhet. Disse kostnadspostene er satt til faste verdier i simuleringen

- Lekeapparater
- Konsulent
- Byggeledelse
- Utstikning og stikningsdata
- Tilknytningsavgift kloakk
- Tilknytningsavgift strøm
- Rentekostnad byggelån (bundet rente)
- Finanskostnader og garantier (se neste avsnitt)

Kalkylen har en post som heter; finanskostnader og garantier. Dette er en forsikring som utbyggeren er pålagt og stille ovenfor kunden og er ikke rentekostnader forbundet med byggelån. Forsikringen har til hensikt å verne kundens interesser hvis utbyggeren går konkurs i byggeperioden, eller i reklamasjonsperioden etter overlevering. Denne garantiordningen er festet i Bustadsoppføringslova og er en ordning utbygger er pålagt å kjøpe. Kalkyleposten består av to selvstendige garantiordninger og begge disse ordningene er også kontraktfestet i mellom utbygger og kunde.

- §47- Egenkapitalgaranti - Garanterer kunden innskuddet ved konkurs i byggeperioden.
- §12 - Utførelsesgaranti 3% av kjøpesum i byggeperiode, 5% etter overlevering til kunden. Utførelsesgarantien garanterer kunden refundert 5% av kjøpesummen hvis huset har mangler og utbyggeren går konkurs i 5års perioden etter overtagelsen.

Mer om dette i Justisdepartementet (1997).

## 6.2 Modelkategori 2 - Parameterestimering ved bruk av Maximum likelihood estimator (MLE)

Dataprogrammet @Risk benytter *Maximum likelihood estimator* som parameterestimeringsteknikker for å tilpasse sannsynlighetsfordelinger til datasett. Dette er innbygde algoritmer som tester alle kjente sannsynlighetsfordelinger mot datasettet som lastes inn. MLE beregnes på følgende måte for en fordeling med en parameter  $\alpha$ :

$$L = \prod_{i=1}^n f(X_i, \alpha) \quad (43)$$

For å beregne MLE deriveres L med hensyn på  $\alpha$ . Maksverdien vil være hvor uttrykket er lik 0.

$$\frac{dL}{d\alpha} = 0 \quad (44)$$

Deretter løses ligningen for  $\alpha$ .  $\alpha$  vil være den parameteren som tilpasser sannsynlighetsfordelingen best til datasettet. @Risk benytter MLE på sannsynlighetsfordelinger som har flere parametere. Dette blir ikke vist nærmere i denne oppgaven. Ligningene over er hentet fra Palisade (2012).

I denne oppgaven benyttes  $\chi^2$  testen for å evaluere hvor god tilpasningen er til datasettet:  $\chi^2$  verdien beregnes på følgende måte:

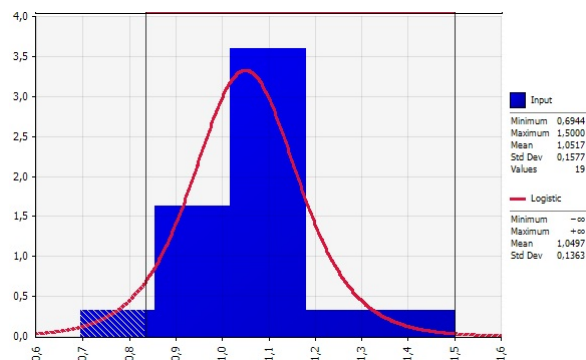
$$\chi^2 = \sum_{i=1}^K \frac{(N_i - E_i)^2}{E_i} \quad (45)$$

- $K$  = Søyleinndelinger
- $N_i$  = Antall observasjoner i søyleinndeling  $i$  (histogram søyle).
- $E_i$  = Forventet antall observasjoner i søyleinndeling  $i$  (sannsynlighetsfordeling).

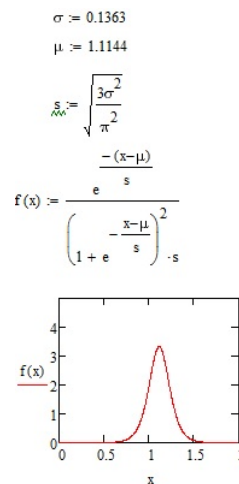
Hvis en observerer at  $N_i$  er tilnærmet lik som  $E_i$  betyr dette at histogram søylenes inndeling nærmer seg formen til sannsynlighetsfordelingen som tilpasses, slik at det finnes omtrent det samme antall observasjoner i histogram søylen som det er forventet fra sannsynlighetsfordelingen. Desto lavere  $\chi^2$  verdi, desto bedre er tilpasningen. Ligningen over er hentet fra Palisade (2012).

**Husleverandør:** Samme sannsynlighetsfordeling som i 6.1 er valgt.

**Gravearbeider, infrastruktur og grøfteledninger:** Det beste estimatene vi har på forventningsverdi og standardavvik til inngangsvariabelen; Gravearbeider, infrastruktur og grøfteledninger er  $\hat{\mu} = 1.0517$  og  $\hat{\sigma} = 0.1577$ . Med utgangspunkt i MLE blir en logistic sannsynlighetsfordeling best for datasettet. Tilpasningsfunksjonen får en  $\mu_{dist} = 1.0497$  og standardavvik  $\sigma_{dist} = 0.1363$ . Den tilpassede funksjonen har standardavvik og forventningsverdi som ligger nærmere estimatene på  $\hat{\mu}$  og  $\hat{\sigma}$ . Modellen tar utgangspunkt i 90% prosentilet til estimatet  $\hat{\mu}$  og beste estimat på  $\hat{\sigma}$ . Konfidensintervallet for gravearbeider og grøfteledninger er beregnet til  $CI_{\mu_{90\%}} = [0.9889, 1.1144]$  og  $CI_{\sigma_{90\%}} = [0.1245, 0.2183]$ .



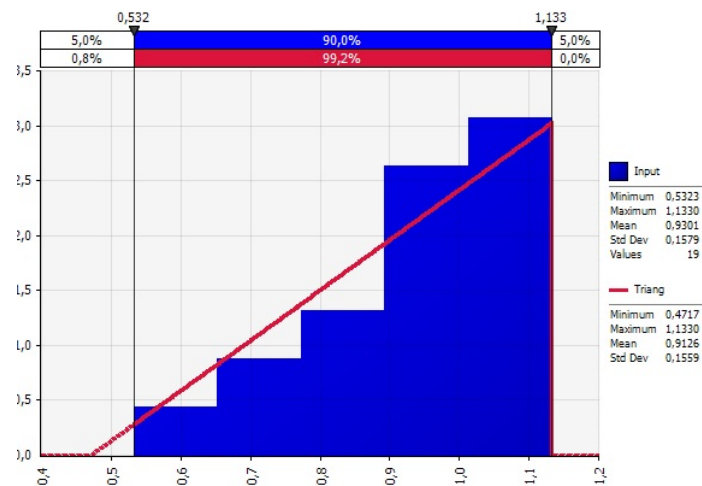
Figur 17: Histogram og logistic tilpasningsfunksjon for gravearbeider, infrastruktur og grøfteledninger



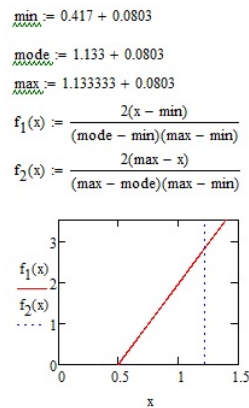
Figur 18: Logistic sannsynlighetsfordeling for gravearbeider og grøfteledninger med 90% prosentilet til estimatet  $\hat{\mu} = 1.1144$  og  $\sigma_{dist} = 0.1363$ .

**Betongarbeider:** For betongarbeider tas det utgangspunkt i en triangulærforde-

ling. Estimatene på forventning og standardavvik er beregnet til  $\hat{\mu} = 0.9301$  og  $\hat{\sigma} = 0.1579$ . For betongarbeider kan vi se av figuren at bedriften har hatt en tendens til og overestimere kostnaden i sine kalkyler. Tilpasningsfunksjonen får  $\mu_{dist} = 0.9126$  og  $\sigma_{dist} = 0.1559$  som ligger nærme estimatene. Konfidensintervaller for forventning og standardavvik er  $CI_{\mu_{90\%}} = [0.8673, 0.9929]$  og  $CI_{\sigma_{90\%}} = [0.1247, 0.2186]$ . I modellen er 90% prosentilet til estimatet  $\hat{\mu} = 0.9929$  benyttet som forventningsverdi.



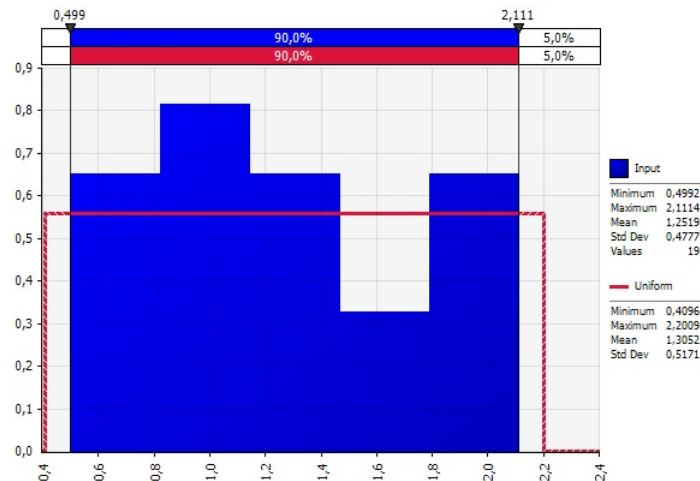
Figur 19: Histogram og tilpasningsfunksjon for betongarbeider.



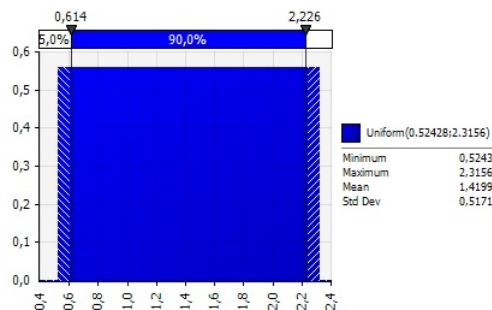
Figur 20: Betongarbeider  $\mu_{90\%} = 0.9929$ ,  $\sigma_{dist} = 0.1559$ .

**Rigg og driftskostnader:** For rigg og driftskostnadene er estimert forventning  $\hat{\mu}=1.2519$  og standardavviket er  $\hat{\sigma}=0.4777$ . Estimatet på standardavviket er relativt høyt i forhold til de andre kostnadspostene som tyder på at rigg og drift kostnadene har vært problematisk for bedriften og kalkulere. Konfidensintervallene er beregnet

til  $CI_{\mu_{90\%}} = [1.0619, 1.4419]$  og  $CI_{\sigma_{90\%}} = [0.3772, 0.6613]$ . Det tas utgangspunkt i en uniform fordeling med 90% prosentilet til estimatet til forventningen  $\hat{\mu} = 1.4419$  og  $\sigma_{dist} = 0.5171$ .



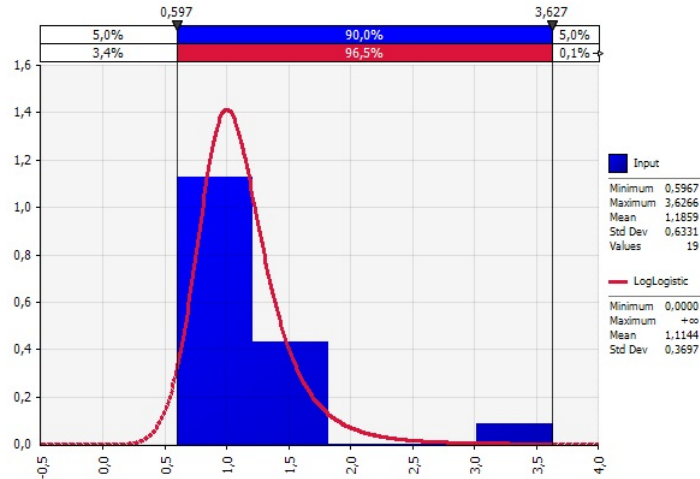
Figur 21: Uniform sannsynlighetsfordeling for rigg og driftskostnader



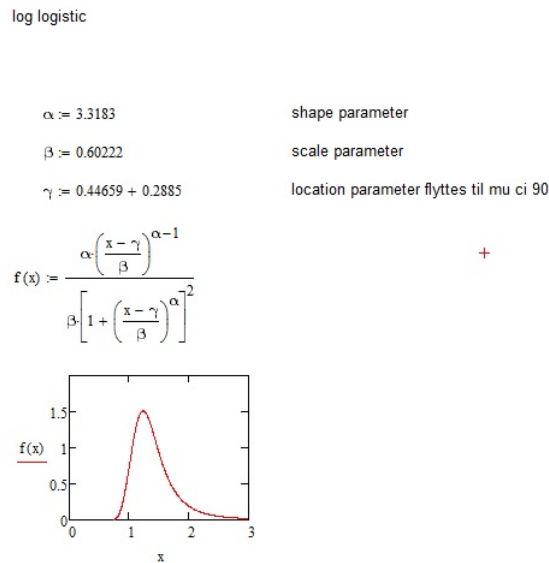
Figur 22: Rigg og driftskostnader  $\mu_{90\%} = 1.4419$ ,  $\sigma_{dist} = 0.5171$ .

**Prosjektering:** Prosjekteringskostnadene beskriver kostnadene som er forbundet med utarbeidelse av tegninger. Dette er tegninger som benyttes i produksjon og som benyttes i byggemelding til kommunen. Estimaten på standardavvik og forventningsverdi er  $\hat{\mu} = 0.1859$  og  $\hat{\sigma} = 0.6331$ . Prosjekteringskostnadene har det største standardavviket av alle de inngangsvariablene. Funksjonen som er tilpasset med MLE er en logaritmisk logistic funksjon. Funksjonen som er tilpasset har mindre standardavvik en estimatet  $\hat{\sigma}$ , men det er den beste tilpasningen som er mulig å gjøre på datasettet basert på 19 tilgjengelige observasjoner. Tilpasningen har  $\mu_{dist} = 1.1144$  og  $\sigma_{dist} = 0.3697$ .





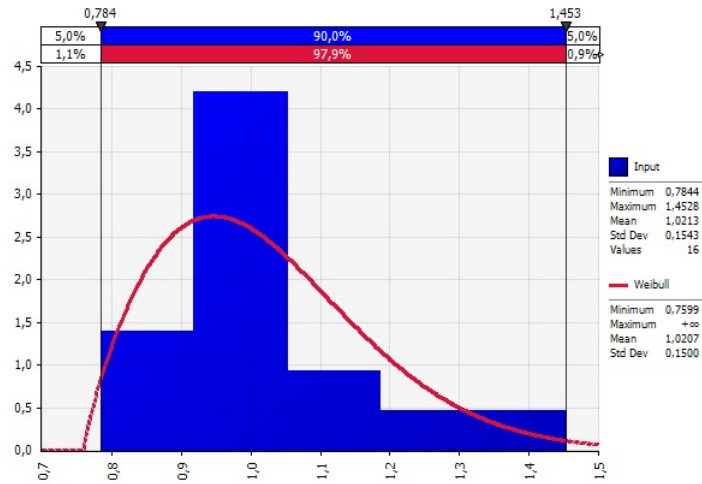
Figur 23: Histogram og Log logistic tilpasning til prosjekteringskostnader



Figur 24: Prosjekteringskostnader  $\mu_{90\%} = 1.4377$ ,  $\sigma_{dist} = 0.3697$ .

**Meglerprovisjon:** For å modellere provisjonskostnadene til meglerne som selger boligene benyttes en Weibull fordeling. Estimaten på forventning og standardavvik er  $\hat{\mu} = 1.0213$  og  $\hat{\sigma} = 0.1543$ . Som det kommer frem av diagrammet under, treffer tilpasningsfunksjonen godt på estimatene. Tilpasningsfunksjonen får parameterne  $\mu_{dist} = 1.0207$  og  $\sigma_{dist} = 0.1500$ . Benytter 90% prosentilet til forventningen i

modellen.

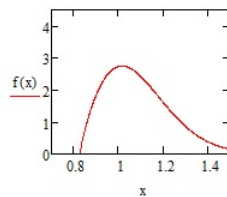


Figur 25: Tilpasning av en Weibull fordelingen til meglerprovisjon

$\theta := 0.29319$  Skaleringsparameter  
 $m := 1.799$  Formparameter  
 $shift := 0.75994 + 0.0682$  Flytter mean til øvre CI

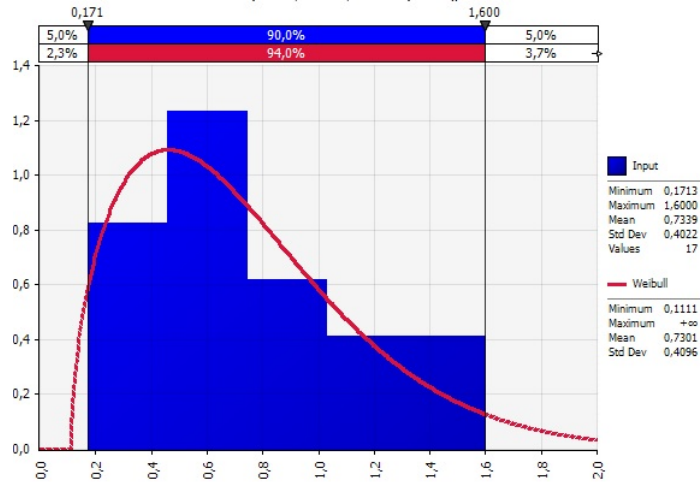
Frekvensfunksjonen:

$$f(x) := \frac{m}{\theta} \left( \frac{x - shift}{\theta} \right)^{m-1} \cdot e^{-\left( \frac{x - shift}{\theta} \right)^m}$$



Figur 26: Provisjon megler  $\mu_{90\%}=1.0889$   $\hat{\sigma}=0.1500$

**Salg og markedsføring:** For salg og markedsføringskostnader tas det utgangspunkt i en Weibull fordeling med utgangspunkt i MLE. Beste estimat på forventning og standardavvik er  $\hat{\mu} = 0.7339$  og  $\hat{\sigma} = 0.4022$ . Tilpasningsfunksjonen får  $\mu_{dist} = 0.7301$  og  $\sigma_{dist} = 0.4096$ . Konfidensintervaller for salg og markedsføringskostnader er  $CI_{\mu_{90\%}} = [0.5636, 0.9042]$  og  $CI_{\sigma_{90\%}} = [0.3137, 0.5702]$ . I modellen benyttes 90% prosentilet til estimatet til forventningen.

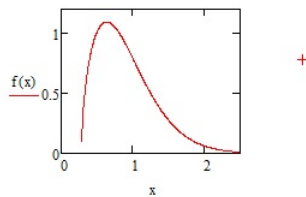


Figur 27: Histogram og tilpasningsfunksjon til salg og markedsføringskostnader

$\theta := 0.68783$  Skaleringsparameter  
 $m := 1.5423$  Formparameter  
 $shift := 0.1111 + 0.1741$  Flytter mean til øvre CI

Frekvensfunksjonen:

$$f(x) := \frac{m}{\theta} \left( \frac{x - shift}{\theta} \right)^{m-1} \cdot e^{-\left( \frac{x - shift}{\theta} \right)^m}$$



Figur 28: Salg og markedsføringskostnader  $\mu_{90\%} = 0.9042$   $\hat{\sigma} = 0.4096$

**Kommunalteknisk anlegg:** Kommunalteknisk anlegg er den delen av et byggeprosjekt som kommunen overtar etter et byggeprosjekt er gjennomført. Den stokastiske variabelen har samme fordelingsform som gravearbeider, infrastruktur og grøfteledninger. Dette er den samme inngangsvariabelen, men posten opptrer på to steder i kalkylen. Dette er fordi kommunen blir eier av deler av infrastrukturen etter et byggeprosjekt er gjennomført.

**Salgsinntekter og rentekostnader på byggelån:** Samme sannsynlighetsfordeling som i 6.1 er valgt.

**Kostnader som ikke er forbundet med usikkerhet:** Samme forutsetninger som 6.1 er valgt.

### 6.3 Analyse av korrelasjon mellom inngangsvariabler

Korrelasjon mellom inngangsvariabler

	maskin~r	betong~r	prosj~s	provis~r	salgma~g	riggdr~t
maskinentr~r	1.0000					
betongentr~r	0.4505	1.0000				
prosjekter~s	-0.0677	0.2258	1.0000			
provisjonm~r	-0.3946	-0.0411	0.7387	1.0000		
salgmarked~g	0.1136	0.0405	-0.2515	-0.6239	1.0000	
riggdrift	0.1966	-0.1061	0.0357	0.2366	-0.5123	1.0000

Figur 29: Korrelasjonsmatrise av inngangsvariabler.

Trekningene er gjort med korrelasjon mellom inngangsvariablene.

## 7 Case studier

I denne delen blir de forskjellige prosjektalternativene presentert. Hensikten med å gjennomføre casene er å prøve risikomodellen på to mulige fremtidige prosjekter. Risikomodellen presentert i 6 er basert på relative fordelinger, slik at fordelingene kan tilpasses hvert enkelt prosjekt. Siden modellen tar utgangspunkt i bedriftens bidragskalkyle begynner en med å lage kalkyler for begge prosjektene bedriften ønsker å evaluere. Hva som ligger til grunn for beregning av kostnadene blir ikke presentert i oppgaven, ettersom Myrvoll Bolig ikke ønsker at andre aktører skal ha innsikt hvordan bedriften beregner sine prosjektkostnader. Estimaten på kostnadene på de forskjellige prosjektene blir presentert senere i kapittelet. Kostnadene som estimeres er delvis basert på enhetspriser og andre teknikker.

Siden å estimere kostnadene til alle delfeltene i prosjektene er veldig tidkrevende arbeid, har denne oppgaven måtte avgrensnes til estimere kostnadene på ett del felt i hvert aktuelt byggeprosjekt. Kostnadene fordeles til de andre feltene ved å skalere opp i antall enheter feltene har. Dette er en forenkling av virkeligheten som vil påvirke kvaliteten av simuleringene som presenteres senere, ettersom feltene i virkeligheten vil ha forskjellig antall  $m^2$  utearealer, internveistruktur osv og derfor ikke kan skaleres med utgangspunkt i hvor mange enheter som skal kan oppføres

på byggefeltet.

For å estimere kostnadene må en utarbeide *skisseprosjekter* som beskriver tomteområdene. Et skisseprosjekt er en visuell plan av et ferdig prosjekt som oppfyller alle krav i reguleringsplanen og tekniske forskrifter. Ut fra skisseprosjektet kan en anslå hvor mye internveistruktur som må opparbeides, plassering av boliger, lengder på kabelgrøfter, størrelse på parkeringsplasser, plassering av tekniske installasjoner, volum av masser som må transporteres bort, samt flere andre faktorer som vil ha påvirkning på kostnadsutviklingen i et byggeprosjekt. Skisseprosjektet er derfor et veldig viktig verktøy for å gjøre estimater på byggekostnadene i prosjektgjennomføring. Vi skal nå se nærmere på de to aktuelle tomtene.

## 7.1 Burumskogen

Utgangspunktet for å lage skisseprosjekt for Burumskogen er reguleringsplanen Rambøll har fremmet for kommunestyret i Ås. Vi skal først se litt på denne reguleringsplanen, deretter blir skisseprosjektet og prosjektkalkylen for Burumskogen B9 presentert. Etter prosjektkalkylen er utarbeidet blir prosjektet simulert i usikkerhetsmodellen.

Ingeniørfirmaet Rambøll har utarbeidet en privat reguleringsplan av feltet B9 på vegne av grunneieren. B9 er en del av tomten gnr: 44 bnr: 1. Dette betyr at hele tomten ikke skal reguleres til boligformål. B9 ble avsatt til boligformål i *kommuneplanen*<sup>5</sup> i 2011. Informasjon om kommuneplanen finnes i (Kommuneplan, 2011). Rambøll sin oppgave har vært og fremme reguleringsplanen ovenfor kommunestyret for deretter og få planen godkjent, slik at grunneieren kan selge planområdet når feltet er ferdig regulert. B9 består i dag av skog og ligger i utkanten av et jorde. På planområdet ligger det også tidligere regulert friområde. På reguleringsområdet foreslås det av Rambøll oppføring av 12 frittliggende eneboliger. Disse boligene kan oppføres med utleiedel. I tillegg foreslås det 3 felt, med konsentrert småhusbyggelse. Siden planforslaget ikke anses som omfattende er det ikke behov for en konsekvensutredning. Rambøll har gjennomført en *ROS*<sup>6</sup> av planforslaget. Det skal legges til at teknisk sjef i kommunen finner planforslaget til Rambøll '*godt gjennomarbeidet*' og anbefaler at planforslaget skal legges ut til offentlig ettersyn,

---

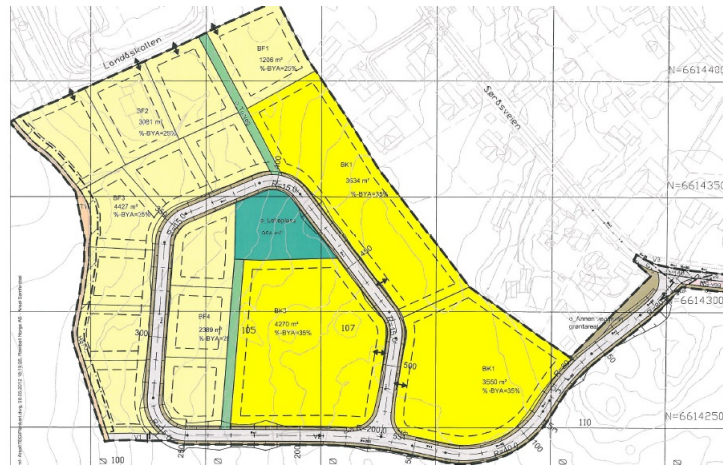
<sup>5</sup>Kommuneplan: Overordnet strategi som skal ivareta både kommunale, regionale og nasjonale mål, interesser og oppgaver, og bør omfatte alle viktige mål og oppgaver i kommunen. § 11-7 i Plan og bygningsloven fastsetter at kommuneplanen skal ha en arealdel som fastsetter arealdisponeringen av landområdene i kommunen.

<sup>6</sup>Ros er forkortelsen for risiko og sårbarhetsanalyse. § 4-3 i Plan og bygningsloven fastsetter at planmyndigheten skal påse at det gjennomføres en risiko og sårbarhetsanalyse for planområde. Analysen har til hensikt å påvise at området er egnet til tenkt utbyggingformål.

Masteroppgave  
Risikoanalyse ved investeringer i eiendomsutvikling  
Stian Moe Johannesen

---

R-271 (2012). Reguleringsplanen er nå ute på offentlig ettersyn. Etter denne prosessen kan kommunestyret ta stilling til om de ønsker å vedta reguleringsplanen. I planforslaget er områdene BF1-BF4 avsatt til frittliggende eneboliger og BK1-BK3 avsatt til konsentrert småhusbebyggelse. V2 og V3 er offentlige veier, mens V-1 er en privat vei. Trase for teknisk infrastruktur legges i T1. I planforslaget ønskes feltene BF2-BF4 regulert med utnyttelse %-BYA=25%. På BF1 reguleres det tomannsboliger med samlet utnyttelse på %-BYA=25%. Områdene med konsentrert småhusbebyggelse (BK1, BK2 og BK3) reguleres med en utnyttelse på %-BYA=35%. For å lese hele planforslaget kan en se R-271 (2012).



Figur 30: Rambølls planforslag av Burumskogen

Hvis kommunestyret vedtar reguleringsplanen vil grunneieren legge feltene BF1, BF3, BK1, BK2 og BK3 ut for salg, gjennom sin eiendomsmegler. Disse feltene er relevant for Myrvoll Bolig.

For BK1, BK2 og BK3 er det laget skisseprosjekter. Ettersom BF1 og BF3 er eneboligtomter er det ikke laget egne skisseprosjekter for disse. På eneboligtomtene er det kalkulert med utgangspunkt i byggegrensene i reguleringsforslaget.

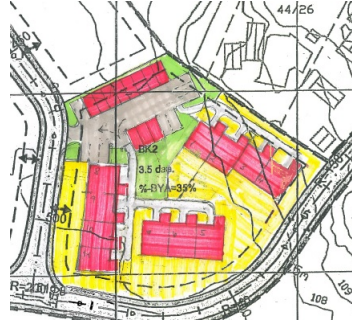


Figur 31: Skisseprosjekt Burumskogen byggetrinn 1 (BK-1). Byggetrinnet er kalkulert med utgangspunkt i tomannsboliger. Reguleringsforslaget legger opp til at det kan oppføres rekkehus.

Burumskogen Skisseprosjekt BK-1		Areal
Enhetsflate (kvm)		
Utnyttelse av tomt		
Krav: Reguleringsplan § 4-1 setter %-BYA=35%		
Tomteareal	3600	
%-BYA=35% Utnyttelse av tomt	1260	
12 enheter m/boder	828	69
12 garasjer	216	18
12 P-plasser	216	18
BYA utnyttelse av tomt	1260	
BYA er ok i henhold til reguleringsplan		
Uteoppholdsareal		
Krav: Reguleringsplan §4.8 min 80kvm/enhet		
Tilgjengelig uteareal	2340	
Uteareal pr enhet		195
Uteoppholdsareal er ok i henhold til reguleringsplan		

Masteroppgave  
Risikoanalyse ved investeringer i eiendomsutvikling  
Stian Moe Johannesen

---



Figur 32: Skisseprosjekt Burumskogen byggetrinn 2(BK-2). Skisseprosjekt vist med kjedehus.

	Areal	Enhetsflate
Burumskogen Skisseprosjekt BK-2		
Krav: Reguleringsplan § 4-1 setter %-BYA=35%		
Tomteareal	3500	
%-BYA=35% Utnyttelse av tomt	1225	
11 boliger m/boder	764.5	69.5
11 garasjer	198	18
11 P-plasser	162	18
BYA utnyttelse av tomt	1124.5	
BYA er ok i henhold til reguleringsplan		
Uteoppholdsareal		
Krav: Reguleringsplan §4.8 min 80kvm/enhet		
Tomteareal	3500	
Parkeringsplasser	700	
11 boliger med boder	764.5	
Disponibelt uteareal	2035.5	
Uteareal pr enhet		185
Uteoppholdsareal er ok i henhold til reguleringsplan		





Figur 33: Skisseprosjekt Burumskogen byggetrinn 3. Skisseprosjekt vist med kjedehus.

	Areal	Enhetsflate
Burumskogen Skisseprosjekt BK-3		
Krav: Reguleringsplan § 4-1 setter %-BYA=35%		
Tomteareal	3900	
%-BYA=35% Utnyttelse av tomt	1365	
13 boliger m/boder	905	69.5
13 garasjer	234	18
10 P-plasser	180	18
BYA utnyttelse av tomt	1319	
BYA er ok i henhold til reguleringsplan		
Uteoppholdsareal		
Krav: Reguleringsplan §4.8 min 80kvm/enhet		
Tomteareal	3900	
Parkeringsplasser	1100	
11 boliger med boder	905	
Disponibelt uteareal	2800	
Uteareal pr enhet		215
Uteoppholdsareal er ok i henhold til reguleringsplan		

Med utgangspunkt i skisseprosjektene blir estimatene på kostnadene ved Burumskogen presentert i tabell under.

Masteroppgave  
 Risikoanalyse ved investeringer i eiendomsutvikling  
 Stian Moe Johannesen

Felt	BF 1	BF 3	BK 1	BK 2	BK 3
Boligtype	Tomannsbolig	Eneboliger	Rekke / tomanns	Rekke / tomanns	Rekke / tomanns
Antall enheter	2 enheter	9 enheter	12 enheter	11 enheter	13 enheter
Areal BRA i m <sup>2</sup> : bolig og sportsbod	290	1665	1443.6	1323.3	1563.9
Husleverandør	kr 2 729 770.00	kr 15 672 645.00	kr 13 588 606.80	kr 12 456 222.90	kr 14 720 990.70
Sum eks mva over svill	kr 2 729 770.00	kr 15 672 645.00	kr 13 588 606.80	kr 12 456 222.90	kr 14 720 990.70
Gravearebider, grøfteledninger	kr 500 000.00	kr 2 700 000.00	kr 2 760 000.00	kr 2 530 000.00	kr 2 990 000.00
Betongarbeider inkl. garasjer	kr 189 703.50	kr 1 089 159.75	kr 944 330.94	kr 865 636.70	kr 1 023 025.19
Lekeapparater, lekeplass	kr 10 000.00	kr 45 000.00	kr 60 000.00	kr 55 000.00	kr 65 000.00
Sum eks mva under svill	kr 699 703.50	kr 3 834 159.75	kr 3 764 330.94	kr 3 450 636.70	kr 4 078 025.19
Prosjektering	kr 60 000.00	kr 270 000.00	kr 360 000.00	kr 330 000.00	kr 390 000.00
Konsulent / byggeledelse	kr 200 000.00	kr 900 000.00	kr 1 200 000.00	kr 1 100 000.00	kr 1 300 000.00
Utstikning stikningsdata	kr 10 000.00	kr 45 000.00	kr 60 000.00	kr 55 000.00	kr 65 000.00
Rigg / drift	kr 50 000.00	kr 270 000.00	kr 300 000.00	kr 275 000.00	kr 325 000.00
Meglerprovisjon	kr 123 200.00	kr 691 200.00	kr 643 200.00	kr 589 600.00	kr 696 800.00
Salg og markedsføring	kr 18 500.00	kr 83 250.00	kr 111 000.00	kr 101 750.00	kr 120 250.00
Sum eks mva felles kostnader	kr 461 700.00	kr 2 259 450.00	kr 2 674 200.00	kr 2 451 350.00	kr 2 897 050.00
Tilkn. Avgift kloakk	kr 63 800.00	kr 366 300.00	kr 317 592.00	kr 291 126.00	kr 344 058.00
Anleggsbidrag elektristet	kr 42 000.00	kr 189 000.00	kr 252 000.00	kr 231 000.00	kr 273 000.00
Anleggsbidrag tv / tlf / data	kr 5 000.00	kr 22 500.00	kr 30 000.00	kr 27 500.00	kr 32 500.00
Kommunale avgifter	kr 36 000.00	kr 243 000.00	kr 168 000.00	kr 154 000.00	kr 182 000.00
Kommunalteknisk anlegg	kr 250 000.00	kr 1 125 000.00	kr 1 500 000.00	kr 1 375 000.00	kr 1 625 000.00
Sum eks mva spesielle kostnader	kr 396 800.00	kr 1 945 800.00	kr 2 267 592.00	kr 2 078 626.00	kr 2 456 558.00
MVA grunnlag	kr 4 287 973.50	kr 23 712 054.75	kr 22 294 729.74	kr 20 436 835.60	kr 24 152 623.89
25% mva	kr 1 071 993.38	kr 5 928 013.69	kr 5 573 682.44	kr 5 109 208.90	kr 6 038 155.97
Sum byggekostnader	kr 5 359 966.88	kr 29 640 068.44	kr 27 868 412.18	kr 25 546 044.49	kr 30 190 779.86
Finanskostnader, garantier	kr 250 000.00	kr 1 125 000.00	kr 1 080 000.00	kr 990 000.00	kr 1 170 000.00
Finansinntekter	kr -	kr -	kr -	kr -	kr -
Sum totale kostnader inkl. mva	kr 5 609 966.88	kr 30 765 068.44	kr 28 948 412.18	kr 26 536 044.49	kr 31 360 779.86

Figur 34: Kostnadsestimater Burumskogen B9

### 7.1.1 Scenarioanalyse for Burumskogen

I dette avsnittet presenteres scenarioet for Burumskogen.

**Scenario: Prosjektet antas 25% finansiert av egenkapital og 75% finansiert med lån.**

Scenarioet forutsetter at 75% av kostnadene utbyggeren påtar seg under byggeprosjektet finansieres med lån. De resterende 25% finansieres med egenkapital. I formel (4.3) settes  $G = 0.75$  og  $E = 0.25$ . Det forutsettes en effektiv fast byggelånsrente på

$R_g=9.12\%$ . Egenkapitalavkastningskravet settes til  $R_e=12\%$ . Investeringsrisikoen simuleres over brøkstreken i nåverdiberegningen.

Dette er eksempelverdier for å gjennomføre casestudiene og verdiene er ikke basert på hvilke avkastningskrav aksjonærene til bedriften krever av egenkapitalen. Gjeldsrenten er også et anslag. Formålet er å fastsette et scenario for å evaluere de to prosjektene.

## 7.2 Dyster/Eldor

Teknikken for å estimere prosjektkostnader på Dyster/Eldor prosjektet er gjort på tilsvarende måte som på Burumskogen prosjektet. Først utarbeides et skisseprosjekt på grunnlag av reguleringsforslaget. Deretter benyttes bedriftens enhetspriser og kalkyleteknikker for å komme frem til kostnads estimater.

En forskjell på Dyster-Eldor prosjektet og Burumskogen er at tomten på Dyster-Eldor eies av kommunen. I planforslaget kommunen har fremmet er 8 av feltene er avsatt til tomter med frittliggende eneboliger. Dette omfatter feltene B1-B8. Her tillates oppføring av eneboliger med hybelleilighet på inntil  $60m^2$ . Utnyttelse innenfor byggegrensene er satt til  $\%BYA=26\%$ . Garasje kan oppføres som frittliggende bygning eller sammenbygd med bolig, arealet skal ikke overstige  $50m^2$  og  $25m^2$  pr hybelleilighet. Minimum tomtestørrelse for enebolig skal ikke overstige  $700m^2$ .

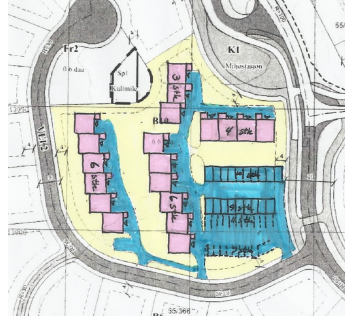
For B10-B15 tillates oppføring av rekkehus innenfor byggegrensene. Utnyttelsen er satt til  $\%BYA=26\%$ , inkludert garasje. Det reguleres også garasje på inntil 25  $m^2$  BYA per enhet.

I planen er det tilført at B16 ikke skal bygges ut grunnet kommunens ønske om å bevare gårdsdammen som biotop for salamander og frosk.

Skisseprosjekter for to av feltene på Dyster.

Masteroppgave  
Risikoanalyse ved investeringer i eiendomsutvikling  
Stian Moe Johannesen

---



Figur 35: Skisseprosjekt Dyster B10

	Areal	Enhetsflate
Dyster Eldor Skisseprosjekt B10		
Krav: %-BYA=26%		
Tomteareal	7500	
%-BYA=26% Utnyttelse av tomt	1716	
19 boliger m/boder	1368	72
19 garasjer	342	18
BYA utnyttelse av tomt	1710	
BYA er ok i henhold til reguleringsplan		



Figur 36: Skisseprosjekt Dyster B11

	Areal	Enhetsflate
Dyster Eldor Skisseprosjekt B11		
Krav: %-BYA=26%		
Tomteareal	7500	
%-BYA=26% Utnyttelse av tomt	1950	
21 boliger m/boder	1512	72
21 garasjer	378	18



## 8 Validitet

I dette kapitlet skal validiteten til modellen diskuteres. Som beskrevet i metodekapitlet er det brukt forskjellige tilpasningsteknikker for å anslå sannsynlighetsfordelingenes utseende. Hvordan formene er utformet avhenger naturlig nok av datasettet og hvilken tilpasningsteknikk som er benyttet. Hvordan datasettet er tilpasset fordelingen blir derfor en faktor som påvirker kvaliteten på modellen. Hva som er akseptabel tilpasning blir opp til modellbyggeren å avgjøre, gjennom bruk av statistiske tester og visuell kontroll. Det er personen som lager modellen som bestemmer hvilken tilpasningsteknikk som benyttes og hvilken frekvensfunksjon som er ideell. Dataprogrammer som benyttes til simulering har forhåndsdefinerte tester som gjøres på datasett automatisk. Disse testene fører frem til anbefalinger til modellbyggeren. Det er allikevel viktig å huske på at personen som utarbeider modellen gjør subjektive valg som vil påvirke kvaliteten. I denne oppgaven benyttes  $\chi^2$  testen, som beskrevet i metodedelens (45).

### 8.1 Bruk av data fra tidligere prosjekter

Det finnes flere kilder som kan føre til at usikkerhetene en simulerer avviker fra de virkelige usikkerhetene som er tilknyttet inngangsvariablene. Når en benytter datasett hentet fra tidligere prosjekter ligger den første kilden i selve datasettet. Denne kilden omfatter hvordan registreringen av dataene er gjort i bedriften. I denne oppgaven er det derfor lagt vekt på å kontrollere om kostnadene i postene til bedriftens kalkyler faktisk representerer riktig post i prosjektregnskapene. Denne kontrollen er viktig og gjennomføre slik at det ikke blir systematiske feil i datasettene. Denne kontrollen er gjort sammen med Myrvoll Bolig og har vært viktig og tidkrevende arbeid.

Den neste usikkerheten ligger i observasjonene. Antall observasjoner i datasettet er en faktor som definerer området hvor en vil finne den virkelige forventningsverdien  $\mu$  og intervallet for det virkelige standardavviket  $\sigma$ . Datasettenes estimerte forventningsverdi  $\hat{\mu}$  er den beste gjetningen vi har på den virkelige, men uobserverbare fordelings forventningsverdi  $\mu$ . Siden utvalgsstørrelsen til modellen er begrenset er det hensiktsmessig å beregne konfidensintervallene til forventningsverdien  $\mu$  og standardavviket  $\sigma$ . En tar utgangspunkt i et 90% konfidensintervall, slik at ved trekning fra samme populasjon vil dekke den virkelige forventningsverdien  $\mu$  i 95% av tilfellene.

Den neste usikkerheten ligger i tilpasningen til datasettet. Som nevnt i teorikapitlet benyttes MLE som parameterestimeringsteknikk for datasettene basert på tidligere prosjekter. Når antall observasjoner går mot uendelig, vil en nærme oss

Masteroppgave  
Risikoanalyse ved investeringer i eiendomsutvikling  
Stian Moe Johannesen

---

den virkelige sannsynlighetsfordelingen til inngangsvariabelen som modelleres. Når  $n \rightarrow \infty$  vil sannsynlighetsfordelingen komme i en steady state, hvor tilførelsen av nye observasjoner fra populasjonen ikke vil påvirke sannsynlighetsfordelingens utseende i nevneverdig grad. Med et datasett på 19 observasjoner, har neppe inngangsvariabelen kommet i en steady state. Med flere referanseprosjekter ville en derfor hatt mulighet til å lage en bedre modell av inngangsvariabelen. Ettersom en kun har tilgang på data fra 19 byggeprosjekter, er desverre dette ikke mulig.

Eldorfeltet og Burumskogen er på til sammen 149 da og består av tilsammen 20 byggefelt. Å lage kalkyleestimer på alle delfeltene er en svært tidkrevende jobb. Oppgaven har derfor tatt ut ett felt for hvert prosjekt og det er gjort kalkyleestimer på disse to byggefeltene. Basert på estimatene har anslag på blitt fordelt til de andre byggefeltene, ut fra hvor mange enheter det er mulig å oppføre. At det ikke er gjort nøyaktige estimater på alle byggefeltene vil selvfølgelig påvirke kvaliteten på modellen, men dette betyr ikke at modellen ikke kan benyttes senere, hvis bedriften gjør kalkulasjoner på alle feltene.

Forutsetningen for å bruke tidligere data som grunnlagsmateriale i en modell er at bedriften ikke har blitt noe bedre- eller dårligere på å treffe på sine kalkyler i forhold til prosjektresultatene i perioden bedriften har eksistert. En enkel måte å sjekke om dette faktisk er tilfelle, er å plote de relative prosjektresultatene mot årene prosjektene ble gjennomført. Hvis bedriften hadde blitt bedre på å treffe på sine kalkyler ettersom tiden går, ville vi observert en trend i de plottede verdiene. De relative resultatene ville nærmet seg tallet 1 ettersom verdiene på tidsaksen  $t$  blir høyere. Hadde bedriften generelt blitt dårligere til å treffe på sine kalkyler ville plottet beveget seg fra tallet 1 (større avvik i mellom kalkyle og prosjektresultat). For å kunne benytte tidligere data, er det derfor helt nødvendig at de relative avvikene forekommer tilfeldig langs tidsaksen  $t$ . Er ikke dette tilfellet må de eldre dataene avgrenses, slik at de ikke er representative i modellen. Det er lite hensiktsmessig å modellere med tidligere verdier hvis en kan påvise at bedriften har hatt lavere relativt avvik som opptrer innenfor et avgrenset område de siste årene.

Det er viktig å huske på at modellen ikke simulerer sannsynligheten for at en prosjektkostnad overstiger eller understiger en bestemt verdi. Modellen baserer seg på det relative avviket mellom tidligere kalkyler og prosjektregnskapene. Det er derfor viktig når en evaluerer resultatene å ha i bakhodet at disse er avhengig av hvordan bedriften tidligere har kalkulert. Tankemåten blir som følger; Gitt alle bedriftens tidligere prosjektkalkyler siden foretak stiftelsen vil kostnaden  $X$  overstiges med for eksempel 20%. Hvis kalkuleringsmetodikk endres til en annen metodikk kan dette ha innvirkning på modellens resultater. I Myrvoll Bolig har kalkyleteknikkene vært de samme siden bedriften ble opprettet.

## 8.2 Bruk av data basert på ekspertuttalelser

Det finnes også kilder til usikkerhet ved bruk av estimater basert på ekspertuttalelser. Usikkerheten er uavhengig av hvilken frekvensfunksjon som blir benyttet til tilpasningen. Er usikkerheten som eksperten gir representativ til den virkelige usikkerheten i boligprisene vil modellen (med egnet frekvensfunksjon) være en god modell på usikkerheten som eksisterer i realiteten. Dette er i realiteten sjelden/aldri tilfelle. Ekspertene er fortsatt mennesker som gjør estimater på verdier de tror vil forekomme. Hvis oppgaven skal utvides i fremtiden hadde det vært interessant å se på andre metoder for å modellere usikkerhet i boligprisutvikling, fremfor å benytte tripplestimater.

## 9 Drøfting

### 9.1 Risikomomenter som ikke fanges opp i modellen

Før drøftingen av resultatene begynner er det nødvendig å si noe om risikomomenter som ikke fanges opp i modellen. De fleste av disse momentene befinner seg i tidligfasen i prosjektgjennomføringen. En drøftning av disse momentene er derfor viktig for å forstå når en kan benytte modellen som beslutningstagningsverktøy.

Det første forholdet som er relevant er den *'asymmetriske informasjonen'* mellom de handlende partene. Dette vil typisk være grunneier og utbygger. Denne informasjonen kan være grunnlaget for at noen av partene velger og opptre opportunistisk for å skjermeg egne interesser. *'Det er en risiko for at agenten kan opptre på en måte som ivaretar egeninteressen heller enn prinsippalens interesser'* Kalsaas (2009). Det er tenkelig at utbyggeren sitter med informasjon om markedet og juridiske forhold, mens grunneier sitter på informasjon om grunnforhold og andre tekniske forhold rundt eiendommen. Dette er informasjon som partene kan velge og ikke oppgi under forhandlinger av prisen på eiendommen. Hvis det ikke er gjort geotekniske undersøkelser på tomten, vil dette være et typisk usikkerhetsmoment for utbyggeren. Det kan være at grunneier holder tilbake slik informasjon som vil fordyre prosjektgjennomføringen.

Hvis tomten ikke er ferdig regulert når den legges ut for salg vil det foreligge en usikkerhet forbundet med utvikling av reguleringsplaner for tomten. Denne risikoen betegnes *reguleringsrisiko*. Det er viktig å huske på at dette ikke nødvendigvis trenger å være usikkerhet som reduserer inntjeningen på investeringen. Daglig leder i Myrvoll Bolig forteller at de tidligere har kjøpt tomter og fått høyere utnyttelse av disse en hva som var antatt, etter at reguleringsplanen ble vedtatt. Usikkerhetene i reguleringsrisikoen er klassifisert som; *arealbrukskategori, utnyttelsesgrad og tidsas-*



Masteroppgave  
Risikoanalyse ved investeringer i eiendomsutvikling  
Stian Moe Johannesen

---

*pekt for reguleringsarbeidet.* Her vil arealbrukskategori være den definitivt viktigste kategorien. Gjennom plan og bygningsloven gis en rekke arealbrukskategorier. Er tomten regulert for næringseiendom vil grunneier ikke ha mulighet til å bygge boliger på tomten. Tomteeier kan imidlertid gjennomføre en privat reguleringsprosess hvor en fremmer en privat reguleringsplan for kommunens faste utvalg for plansaker PBL (2008). Hvis grunneieren får endret arealbrukskategorien og reguleringsplanen blir godkjent har tomteeieren mulighet til å bygge boliger på tomten, men det finnes ingen garantier for gjennomslag av private regulerings saker. Reguleringsplanen bestemmer også hvor stor utnyttelsesgrad en eiendom skal ha. Utnyttelsesgraden oppgis i %-BYA etter Pronorm (2012). Ansettelsen av utnyttelsesgraden påvirker tomtens utbygningspotensiale ettersom dette vil påvirke antall enheter som kan oppføres. Ansettelse av kotehøyder for møne og gesims vil ha en tilsvarende påvirkning på potensielle inntekter. Ettersom modellen ikke håndterer usikkerheter som er tilknyttet reguleringsrisiko, må en ta utgangspunkt i at tomten som evalueres har en ferdig utarbeidet reguleringsplan, med arealbrukskategori: bolig. En forutsetter også en definert utnyttelsesgrad, med oppgitte møne- og gesimshøyder.

Når grunnarbeidene begynner i et byggeprosjekt, vet utbyggeren lite om hva som ligger i byggegrunnen. Det er ikke uvanlig at det avdekkes kulturminner. I begge reguleringsplanene til de aktuelle tomtene finnes et punkt som omhandler *automatisk fredning av kulturminner*. Dette punktet skal være i alle reguleringsplaner som utarbeides etter § 12-7-4 PBL (2008).

*Dersom det under anleggsarbeider treffes på automatisk fredete kulturminner, eksempelvis i form av helleristninger, brent leire, keramikk, flint, groper med trekull og/eller brent stein etc., skal arbeidet øyeblikkelig stanses og Fylkeskonservatoren varsles.R-271 (2012).*

I slike tilfeller vil byggearbeidet automatisk bli stanset i vente på utgravninger. Slike arkeologiske utgravninger kan være tidkrevende og forsinke byggearbeidet i lengre perioder. Dette kan medføre at utbyggeren får økte byggekostnader. Det er derfor en risiko for utbyggeren at prosjektet møter på automatisk fredede kulturminner. Slik risiko blir ikke reflektert i modellen. Under reguleringsarbeidet på begge de aktuelle tomtene har planfremmerne gjennomført undersøkelser for å avdekke kulturminner på tomtene. Dette er bare undersøkelser som er gjennomført på overflaten. Det er ingen parametere i modellen som medregner usikkerheten i hva som kan ligge i byggegrunnen.

Den siste kategorien som skal nevnes er *institusjonell risiko*. Denne risikoen omhandler endringer i forskrifter som utbygger er pliktig til å følge selv om disse blir innført etter at reguleringsplanen er vedtatt. Et eksempel på dette kan være innføringen av Teknisk Forskrift 2010 som overtok etter Tek 2007. I Tek 10 ble kravet

Masteroppgave  
Risikoanalyse ved investeringer i eiendomsutvikling  
Stian Moe Johannesen

---

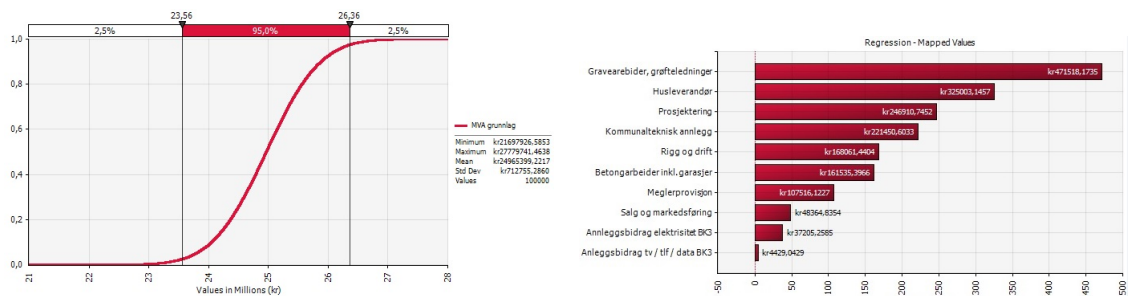
til U-verdi i vegger ble redusert til  $0.18 W/m^2K$  (TEK10, 2010). Dette medførte et økt behovet for isolasjon i vegger som fordyrer byggeprosessen, i forhold til den tidligere forskriften. Modellen behandler ikke institusjonell risiko og en må se bort fra dette.

## 9.2 Presentasjon av resultater

Formålet med oppgaven var å lage et internt styringsverktøy til å evaluere risiko i alternative prosjektgjennomføringer, ved å benytte bedriftens kalkuleringsmetoder i kombinasjon med simulering og data basert på tidligere prosjekter. Resultatene fra casestudiene blir presentert nedenfor.

### 9.2.1 Burumskogen

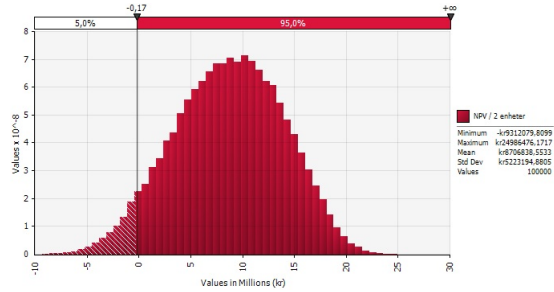
#### Resultater Burumskogen – Modell 1 – Visuell tilpasning og bruk av deskriptiv statistikk



Figur 38: Byggekostnader for BK3 ved oppføring av 13 enheter (rekkehus).

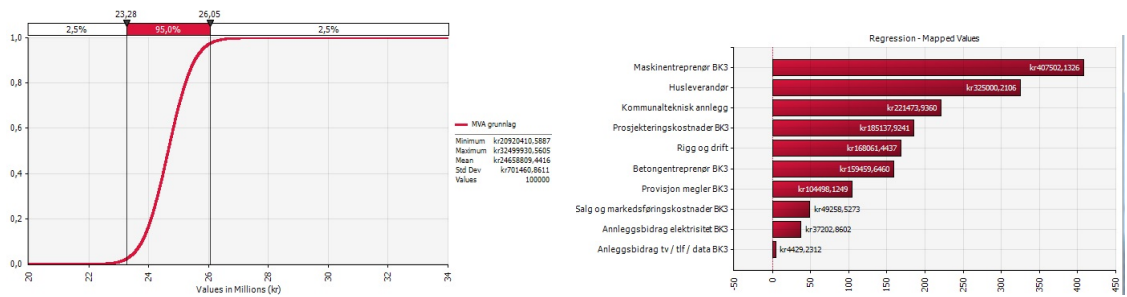
Masteroppgave  
 Risikoanalyse ved investeringer i eiendomsutvikling  
 Stian Moe Johannesen

---

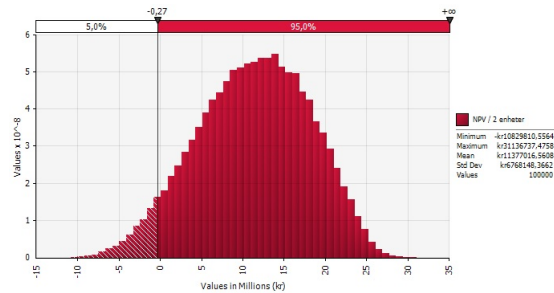


Figur 39: Målsøking av 5% prosentil til NPV ved å variere grunnverv. Verdi av grunnverv som oppfyller egenskapen er 26.483.166.-

**Resultater Burumskogen – Modell 2 – MLE**



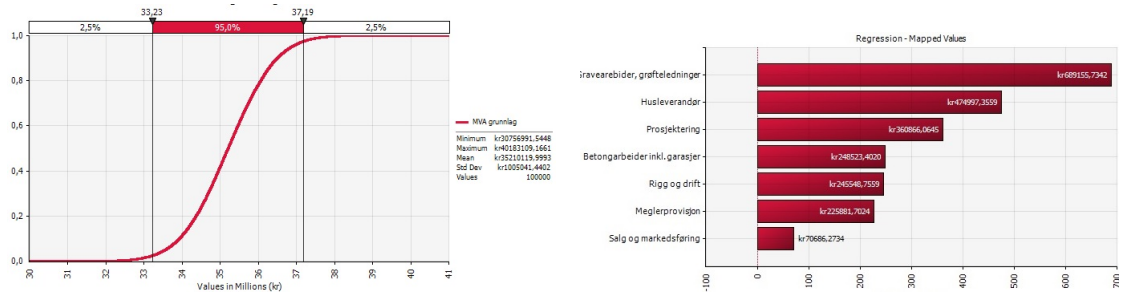
Figur 40: Byggekostnader for BK3 ved oppføring av 13 enheter(rekkehus).



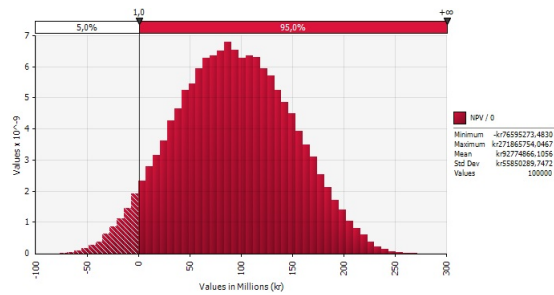
Figur 41: Målsøking av 5% prosentil til NPV ved å variere grunnverv. Verdi av grunnverv som oppfyller egenskapen er 27.682.105.-

### 9.2.2 Dyster/Eldor

#### Resultater Dyster/Eldor – Modell 1 – Visuell tilpasning og deskriptiv statistikk



Figur 42: Byggekostnader for B10 ved oppføring av 19 enheter(rekkehus).

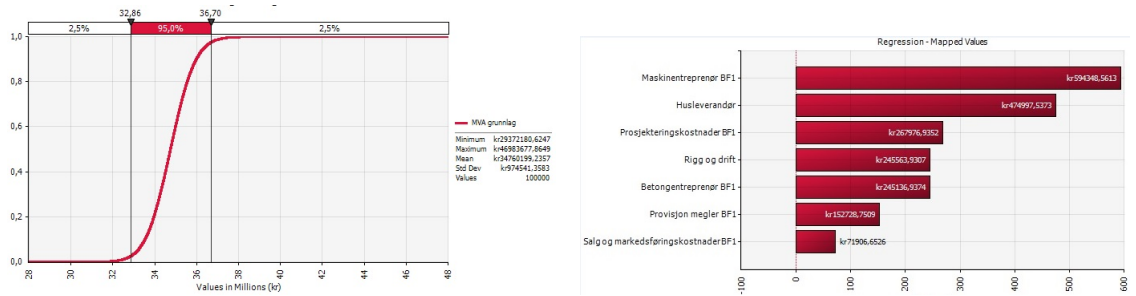


Figur 43: Målsøking av 5% prosentil til NPV ved å variere grunnerverv. Verdi av grunnerverv som oppfyller egenskapen er 62.555.425.-

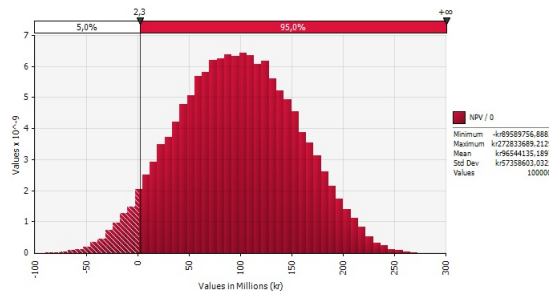
Masteroppgave  
 Risikoanalyse ved investeringer i eiendomsutvikling  
 Stian Moe Johannesen

---

**Resultater Dyster/Eldor – Modell 2 – MLE**

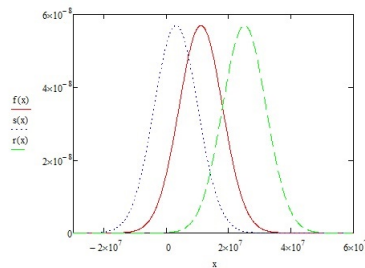


Figur 44: Byggekostnader for B10 ved oppføring av 19 enheter(rekkehus).



Figur 45: Målsøkning av 5% prosentil til NPV ved å variere grunnverv. Verdi av grunnverv som oppfyller egenskapen er 66.967.474.-

Investeringskostnaden ikke er forbundet med usikkerhet, ettersom kjøper av tomten står fritt til å bestemme hvor mye en er villig til å betale for tomteområdet i en eventuell budrunde. Investeringskostnaden er derfor ikke tilordnet noen sannsynlighetsfordeling i simuleringmodellene. Partene som deltar i en budrunde kan velge når de vil avslutte budprosessen og trekke seg fra budrunden. Etter samtale med en representant fra bedriften har en kommet frem til at det ikke er hensiktsmessig å presentere resultatene fra simuleringene som en sannsynlighetsfordeling som underliggende er avhengig av en antatt investeringskostnad. Det bedriften er ute etter er et estimat på hva de maksimalt skal være villige til å by for tomten i en budrunde. Det er langt mer aktuelt å presentere investeringskostnaden som en funksjon av de antatte kostnadene og sannsynlighetsfordelingen til inngangsvariablene, slik at en kan bestemme den øvre grenseverdien for investeringskostnaden. Ettersom investeringskostnaden ikke er tilordnet noen sannsynlighetsfordeling, vil endringer i denne kun føre til forskyvninger av sannsynlighetsfordelingen til NPV langs den horisontale akse. Dette vil ikke føre til endringer i de andre inngangsvariablene, men kun ha påvirkning på resultatvariabelen. Under er det vist en illustrasjon av NPV for et prosjekt med forskjellige utfall av investeringskostnaden.



Figur 46: Horisontal forskyvning av sannsynlighetsfordeling ved å endre investeringskostnaden. Ved å øke investeringskostnaden vil fordelingen forskyve seg mot venstre.

NPV diagrammene presentert i resultatene er en målsøking som er gjennomført ved å la kostnaden ved å kjøpe tomten få et stort antall forskjellige utfall. Målsøkingen stanses når 5% prosentilet til NPV befinner seg hvor  $NPV=0$ .

Verdien for inngangsvariabelen grunnverv som gir denne egenskapen, er den verdien bedriften skal være villig til å betale for tomen for å være 95% sikker på at investeringen forrenter avkastningskravet og fortsatt generer  $NPV \geq 0$ . Verdien blir derfor en øvre grense for hva bedriften skal være villig til å betale for tomten, hvis den godtar en 5% sannsynlighet for at prosjektets genererer en  $NPV \leq 0$ . Hvis bedriften skal forhandle om pris på tomtene med grunneierne vil verdiene være pekepinner på hva bedriften maksimalt skal være villige til å betale for tomtene ved å godta en 5% sannsynlighet for at  $NPV \leq 0$ .

Det er viktig å diskutere prosentilnivået som er benyttet i fremstillingen. Det kan argumenteres for at 5% prosentilet vil generere en  $NPV \leq 0$  i hvert 21 prosjekt og at dette utfallet vil inntreffe med for raske intervaller. Alternativt kunne 2.5% prosentilet vært benyttet som ville medført  $NPV \leq 0$  ville forekommet i hvert 41. prosjekt. Eller 10% prosentil som ville generert  $NPV \leq 0$  i hvert 11. prosjekt. Ved å redusere prosentilet ville den maksimale prisen på tomten bedriften ville vært villige til å betale bli redusert. Fastsettelse av prosentilnivå avhenger derfor av bedriftens holdning til risiko og det må gjøres en individuell evaluering av hva som er akseptabel risiko. I oppgaven presenteres bare 5% prosentilet.

I tillegg må bedriften fastsette et avkastningskrav. I de to casene er et avkastningskrav antatt for å gjøre kjøring av modellene mulig.

Masteroppgave  
Risikoanalyse ved investeringer i eiendomsutvikling  
Stian Moe Johannesen

---

Øvre verdi for hva bedriften skal være villig til å betale for tomtene:	
Burumskogen	
Modell 1	26.483.166.-
Modell 2	27.682.105.-
Dyster/Eldor	
Modell 1	62.555.425.-
Modell 2	66.967.474.-

Modellen anbefaler at bedriften ikke skal være villig til å betale mer en omtrent det doble av verdien til Burumskogen for Dysterfeltet, selv om det på Dysterfeltet er mulig å bygge omtrent 199 enheter, mot 47 på Burumskogen. Dette skyldes at modellen forutsetter at prosjektene gjennomføres selv om vekstfaktoren til boligprisene er negativ i prosjektfasen. Modellen forutsetter at vekstfaktoren kan være negativ til hele prosjektet er ferdigstilt og at alle feltene gjennomføres i perioden som er planlagt. I virkeligheten vil investorer ha et valg hvis det skjer radikale endringer i markedet. En kan blant annet velge og utsette oppstart på nye felter hvis boligprisene synker dramatisk. En grunneier kan også velge å utvikle deler av et prosjekt, for deretter å selge de resterende feltene til andre utviklere. Ettersom Dysterfeltet har en 5års utviklingshorisont mot Burumskogen som har en 2års horisont, vil modellen være «strengere» mot prosjekter som strekker over langere tid, ettersom det er tilknyttet mer usikkerhet i boligprisene i år nummer 5, en i år nummer 2.

For prosjektene gir de to modellene relativt like estimater på usikkerhetene i byggekostnadene på et byggefelt, basert på de 19 siste prosjektene. Visuell tilpasning og deskriptiv statistikk oppgir 2.5 prosentilet til  $23.56 * 10^6 Kr$  og 97.5 prosentilet til  $26.36 * 10^6 Kr$ , slik at bygge kostnadene skal ligge innenfor dette intervallet i 95% av tilfellene. Modellen basert på MLE gir et tilnærmet samme resultat, med 2.5 prosentilet lik  $23.28 * 10^6 Kr$  og 97.5 prosentilet  $26.06 * 10^6 Kr$ . Begge modellene gir et smalt intervall på byggekostnadene, men bedriften mener at dette virker fornuftig. Bedriften mener de alltid har hatt god kontroll over hva en entreprise skal koste og at de kjenner teknikkene som mange av entreprenørene benytter til å prise jobber. Ettersom underentreprenørene også i stor grad benytter enhetspriser i sine kalkyler. Siden intervallet er smalt, må det også diskuteres hvordan innhenting av entrepriser foregår i bedriften. Hvis det er slik at bedriften gir entreprisen til aktøren som er villig til å gjennomføre arbeidet til kalkyleverdien, er det naturlig at intervallet vil være smalt, basert på de tidligere prosjektene. Daglig leder forteller at innhenting av entrepriser mellom private aktører ikke foregår på samme måte som ved offentlig anskaffelser.<sup>7</sup> Daglig leder forklarer at de ikke er pliktige til å holde anbuds konkurranser med konkurransegrunnlag og strenge regler for utvelgelse. Daglig leder forklarer videre at det er vanlig å kontakte et utvalg aktører og lage en spesifisering på hva som ønskes levert av entreprenøren. Entreprenøren leverer deretter en pris på arbeidet. Etter dette er det vanlig og forhandle om kontraktens

---

<sup>7</sup>Anskaffelser i det offentlige reguleres av lov om offentlige anskaffelser. LOV 1999-07-16 nr 69: Lov om offentlige anskaffelser.

innhold, selv om prisen på arbeidet er satt.

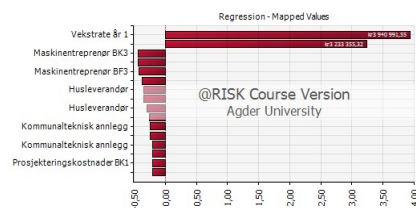
Ut fra modellen som er laget er det derfor 95% sannsynlighet for at bygge kostnadene ved å oppføre 13 hus på felt BK3 på Burumskogen vil ligge mellom 23.56 og 26.36 millioner kroner basert på tidligere prosjekter.

For Dyster feltet vil B10 ligge i intervallet 33.23 til 37.18 millioner, med 95% sannsynlighet, basert på tidligere prosjekter.

### 9.3 Risikoreducerende tiltak

Fra bedriftens ståsted er det ønskelig å fjerne alle usikkerheter som ligger i fremtidens tilbakebetalinger før de bestemmer seg for å gjennomføre et byggeprosjekt. På denne måten har bedriften fullstendig kontroll over hvilke kostnader og inntekter som vil påløpe igjennom prosjektfasen etter investeringstidspunktet i år 0. Hvor risikoen i prosjektet hviler avhenger i stor grad av hvilken entreprisform og gjennomføringsmodell byggherren velger å benytte i byggeprosjektet.

Følsomhetsanalyse for nåverdien viser at vekstraten i boligprisene vil være den inngangsvariabelen som har størst påvirkning på NPV ved endring. Det tiltaket som mest effektivt reduserer investeringsrisikoen for utbyggeren vil være ved bruk av opsjoner. En opsjon på enhetene som skal selges, kan derfor garantere utbyggeren en forhåndsbestemt salgspris når enhetene ferdigstilles. På denne måten vil fremtidige endringer i boligprisene ikke ha innvirkning på utbyggingen av feltet. Hvis markedsverdien på enhetene er høyere en verdien i opsjonen trenger ikke utbyggeren å realisere den. Opsjoner er derfor et effektivt virkemiddel for å redusere risiko. Hvis opsjonen benyttes påløper det heller ingen kostnader forbundet med salg og markedsføring eller honorarer til eiendomsmeidler.



Figur 47: Tornadodiagram NPV Burumskogen

Valg av gjennomføringsmodell kan også redusere investeringsrisikoen for bedriften. Ved å benytte store entreprisemodeller som generalentrepriser og totalentrepriser, vil entreprenørene som vinner anbudene på entreprisene ta seg betalt for å bære risiko i prosjektet. Ved bruk av totalentrepriser vil hele risikoen som ligger i kostna-



Masteroppgave  
Risikoanalyse ved investeringer i eiendomsutvikling  
Stian Moe Johannesen

---

dene ved å gjennomføre prosjektet ligge hos totalentreprenøren. Totalentreprenør vil være ansvarlig for både prosjektering, kontakt med offentlige organer og utførelse. I en slik modell vil totalentreprenøren være ansvarlig for hele prosjektet og gjennomføre etter spesifikasjon fra byggherre. I et slikt tilfelle vil utbyggeren kun bære markedsrisikoen i prosjektet. Bruk av store entreprisemodeller vil ofte redusere det økonomiske potensiale i tomten for utbyggeren, ettersom totalentreprenør tar seg betalt for å bære risikoen.

For Myrvoll Bolig har det aldri vært aktuelt å benytte totalentrepriser i sine prosjekter. Dette fordi bedriften mener fortjenesten i prosjektene reduseres betraktelig i forhold til ulempen ved å bære risikoen for kostnadsoverskridelse. Bedriften har alltid benyttet hovedentrepriser i kombinasjon med *delt leverandørorganisasjon*<sup>8</sup>. Her vil flere entreprenører være ansvarlige for produksjonen. Bedriften mener at gjennomføringsformen er nøkkelen til lønnsom drift. Daglig leder mener at ved å dele opp prosjektene i flere entrepriser økes fleksibiliteten til å gjøre endringer underveis. Det er også mulig å benytte opsjoner på entreprisene i prosjektet. For å redusere risikoen kan utbyggeren kjøpe opsjoner på de entreprisene som vil ha størst utslag i nåverdien ved et standardavviks endring. For å avgjøre om dette er hensiktsmessig å kjøpe opsjonen må det gjøres en nytte vurdering av ekstrakostnaden ved å redusere usikkerheten.

Det hadde vært interessant og observere små entrepriser med stor spredning, i forhold til de større entreprisene. Hvis dette hadde vært tilfellet ville det vært hensiktsmessig å begynne med disse for å redusere risikoen. Dette var dessverre ikke utfallet av følsomhetsanalysen og det er derfor ikke noe entydig svar på hvilke entrepriser som bedriften bør kjøpe opsjoner på for å redusere risikoen mest effektivt. Resultatene fra følsomhetsanalysene kommer frem til at det er de største entreprisene som vil ha størst utslag i NPV ved endring av et standardavvik. Følgelig vil det være naturlig å starte med disse. Etter å ha analysert resultatene av følsomhetsanalysen har en kommet frem til at de største entreprisene er de som er rangert høyest. I praksis betyr dette at det ikke er noen spesielle entrepriser som har veldig stor spredning i forhold til de andre. Hvis bedriften ønsker å redusere usikkerheten som ligger i prosjektene vil det være naturlig å begynne med disse. Det er særlig entreprisene som omfatter grunnarbeid og leveranse av husene(over bunnsvill) som er relevant, se figur 38 og 42. Dette gjelder begge byggefeltene.

For å benytte opsjoner generelt må utbyggeren stille en form for spesifikasjon på hva som skal leveres til rådighet til entreprenøren for at det skal være mulig å få i stand en opsjonsavtale. Ettersom bedriftens gjennomføringsmodell er delt leve-

---

<sup>8</sup>Byggherren er ansvarlig for koordineringen mellom de prosjekterende og entreprenør(er) og bærer, overfor entreprenør(ene), risikoen for feil i prosjekteringsmaterieell og for forsinkelser i leveringen av dette. Byggherren er i en ren oppdragsgiverposisjon med direkte kontrakter med prosjekterende (enkelkontrakter eller gruppekontakt) PromSys (2005)

randørorganisasjon og det er utbyggerens ansvar og stille prosjekteringsmateriale til rådighet for entreprenørene må prosjektene prosjekteres før opsjonsavtalen kommer i stand. For utbyggeren vil kostnaden forbundet med prosjektering være «sunked cost», slik at bedriften vil ha kostnader forbundet med prosjektet før grunnervet er gjennomført. Alternativt kan gjennomføringsmodellen endres til *Integrert leverandørorganisasjon*<sup>9</sup>, hvor en utarbeider en opsjonsavtale med en totalentreprenør som påtar seg prosjektering og utførelse for hele prosjektet.

## 10 Konklusjon

Bakgrunnen for denne oppgaven var å lage et verktøy som Myrvoll Bolig kan benytte til å evaluere risiko i forskjellige eiendomsprosjekter. Evalueringsverktøyet som er laget benytter simulering og baseres på det de 19 siste byggeprosjektene bedriften har gjennomført. Prosjektkalkyler og prosjektregnskap er benyttet som grunnlagsmateriale. I kombinasjon med data fra tidligere prosjekter baseres modellen på eksperterts individuelle oppfatninger av om hvordan boligprisen kan utvikle seg i fremtiden. MLE og bruk av deskriptiv statistikk er benyttet som tilpasningsteknikk for sannsynlighetsfordelingene. Det er lite trolig at histogrammene til datasettene nærmer seg en «steady state». Dette fordi fordelingene er basert på 19 observasjoner. Øvre 90% prosentil i konfidensintervallene til forventningsverdien  $\mu$  og beste estimat  $\hat{\sigma}$  benyttes derfor for å lage sannsynlighetsfordelinger, basert på de tidligere prosjektene.

Viktig kritikk av oppgaven er at modellen i stor grad er basert på menneskelige estimater av boligprisutvikling og et lite datasett på 19 observasjoner pr inngangsvariabel. Modellen er derfor et verktøy som må benyttes i kombinasjon med andre evalueringsteknikker.

En sentral del av oppgaven har vært å kalkulere utbygnings kostnader på to aktuelle boligprosjekter bedriften evaluerer i løpet av våren 2013. Dette har blitt gjort ved å benytte bedriftens kalkuleringsmetoder og prisdatabaser. Til slutt har modellen blitt testet på de to aktuelle prosjektene.

Oppgaven angir to anbefalinger på en øvre pris bedriften bør være villig til å betale for at prosjektene med 95% sannsynlighet vil forente avkastningskravet i caseoppgaven.

---

<sup>9</sup>Integrert leverandørorganisasjon betyr at en part tar ansvar for "alt" og integrerer leveransene slik at byggherren slipper å forholde seg til mer enn en kontrakt. I dagligtale og som tradisjonell gjennomføringsmodell benyttes navnet totalentreprise. PromSys (2005)

Oppgaven anbefaler bruken av opsjoner hvis bedriften ønsker å redusere investeringsrisikoen i sine byggeprosjekter. En har kommet frem til at det er de største entreprisene som har høyest påvirkning på de samlede byggekostnadene ved et positivt standardavviks endring i inngangsvariabelen. Av følsomhetsanalysen kommer det derfor frem at det er disse entreprisene som bedriften bør evaluere og kjøpe opsjoner på, før grunnerverv gjennomføres.

## 11 Referanseliste

- Bøhren, O. & Gjerdrum, P. (2009). *Prosjektanalyse investering og finansiering*.
- Brekke, K.A. (2004). Concept rapport 8 realopsjoner.
- Brooks, C. (2008). *Econometrics for finance*.
- Davis, R. (2008). Teaching project simulation using pert-beta distributions.
- Drevland, F. (2005). Concept rapport 11. usikkerhetsanalyse - metoder.
- Drevland, F., Austeng, K. & Torp, O. (2005). Usikkerhetsanalyse, modellering, estimering og beregning.
- Gjesdal, F. & Johnsen, T. (1999). *Kravsetting lønnsomhetsmåling og verdivurdering*.
- G.Løvås, G. (2004). *Statistikk for universiteter og høyskoler*.
- Justisdepartementet. (1997). *Lov om avtaler med forbruker om oppføring av ny bustad m.m.*
- Kalsaas, B.T. (2009). *Ledelse av verdikjeder*.
- Kommuneplan. (2011). *Kommuneplan for Ås kommune 2011-2023*.
- Lassen, T. (2005). *Pålitelighetsbasert vedlikehold. statistiske metoder og levetidsmodeller*.
- Lassen, T. (2012). *Forelesningsnotater univervitetet i agder risikostyring og kvalitetledelse*.
- Narula, S.C. & Wellington, J.F. (1977). Linear regression and the minimum sum of relative errors.
- Palisade. (2009). *Palisade decision tools*. Hentet fra [www.palisade.com/news/2012/DTS6\\_EN.asp](http://www.palisade.com/news/2012/DTS6_EN.asp)
- Palisade. (2012). Palisade decision tools, instruction manual. Hentet fra [http://faculty.apec.umn.edu/gpederso/documents/4501/Chapter6\\_Risk45.pdf](http://faculty.apec.umn.edu/gpederso/documents/4501/Chapter6_Risk45.pdf)
- PBL. (2008). *Plan og bygningsloven 2008*.

Masteroppgave  
 Risikoanalyse ved investeringer i eiendomsutvikling  
 Stian Moe Johannesen

---

- PromSys. (2005). *Veiledning – metode for valg av anskaffelses- og kontraktstrategi.*
- Pronorm. (2012). *Ns 3940 – arealberegning av bygninger.*
- R-151. (2010). *Reguleringsplan r-151 dyster/eldor feltet Ås kommune.*
- R-271. (2012). *Htm-sak 61/12 r-271 - reguleringsplan for burumskogen-detaljregulering.*
- Ross, S. (2009). *Probability and statistics for engineers and scientist.*
- ØstlandetsBlad. (2012). *Østlandetsblad 13.09.2012 – uforsvarlig saksbehandling, beboere i søråsveien opplever at vi må godta en tvilsom utbygging.*
- TEK10. (2010). *Teknisk forskrift 2010 § 14-3 energiltak.* Direktoratet for byggkvalitet.
- Vose, D. (2008). *Risk analysis - a quantitative guide.*

## 12 Vedlegg

maskinentr~r	betongentr~r	prosjekter~s	provisjonm~r	salgmarked-g	riggdrift
.694444	.712274	1.08	1.21115	.218	1.79688
1.20219	1.01594	.596727	.852952	.	1.9273
1.13331	1.133	1.14171	.976634	.429355	.814467
.871794	.779805	.743952	.	1.05417	1.1478
1.07803	.991764	1.2853	.998743	1.38508	.790426
1.0805	.823711	.808612	1.10743	.493857	1.49472
1.11731	.901296	1.30278	1.03692	.752661	2.11138
1.07283	1.02726	.991935	.	.83926	1.00667
.982454	.843298	.837563	.969763	.728229	1.37204
1.10978	.724907	1.04153	1.02493	.659528	1.03462
.	.	.	.	.	.
1.03103	.999999	1.30414	1.01028	.741423	1.38028
.920926	.897243	1.08632	.918578	.691703	.85537
1.04035	1.10842	3.62661	1.45282	.182731	1.42417
.912149	.532336	1.49637	1.05175	.807598	1.01874
1.04603	1.04905	.833863	1.074	.171296	1.58812
1.11094	1.00332	1.03087	.784446	1.59998	1.06522
1.06889	1.05775	1.31932	.	.	.506323
.	.	.	.	.	.
1.5	1.01244	.96875	.87037	.5303	1.95258
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
1.00859	1.05873	1.03491	1	1.19092	.499153

Figur 48: Datasett med tidligere prosjekter i Myrvoll Bolig