

SNF-rapport nr. 14/05

**REALOPSJONER –
VERDSETTELSE AV INFORMASJONS-
OG KOMMUNIKASJONSTEKNOLOGI**

Morten Furholm Pettersen

SNF-prosjekt nr. 7310
Verdsetting med realopsjoner

PROGRAMOMRÅDET TELEØKONOMI

Denne publikasjonen inngår i en serie arbeidsnotater og rapporter om teleøkonomi fra Samfunns- og næringslivsforskning AS (SNF). Hovedmålsettingen med SNFs forskningsprogram om teleøkonomi er å studere teleindustriens reguleringsprosess, og de økonomiske og organisatoriske konsekvenser av endringer i marked, teknologi og regulering. Forskningsprogrammet er forankret i Senter for næringsøkonomi og økonomisk politikk, Senter for strategi og ledelse og Senter for finansiell økonomi ved SNF. Programmet er finansiert av Telenor AS.

**SAMFUNNS- OG NÆRINGSLIVSFORSKNING AS
BERGEN, JULI 2005**

© Dette eksemplar er fremstilt etter avtale med KOPINOR, Stenergate 1, 0050 Oslo. Ytterligere eksemplarfremstilling uten avtale og i strid med åndsverkloven er straffbart og kan medføre erstatningsansvar.

ISBN 82-491-0355-6

ISSN 0803-4036

Sammendrag

Utredningen kartlegger og analyserer potensialet for bruk av realopsjoner ved verdsettelse av informasjons- og kommunikasjonsteknologi. Det vises at i beslutningssituasjoner som er kjennetegnet av usikre kontantstrømmer, prosjektintern og prosjektekstern usikkerhet, irreversible investeringskostnader, trinnvise etableringer og fleksibilitet kan realopsjoner være et nyttig verktøy, spesielt egnet for styring og verdsettelse.

Et særtrekk ved IKT-selskaper er at markedsverdien i stor grad reflekterer inntjening på aktiva som enda ikke er på plass i selskapene (ikke utløste realopsjoner). Antagelsen om at prisingen er basert på store vekstmuligheter (opsjoner) bekreftes i en analyse av teknologiselskapene på Oslo Børs (PVGO på 60-75 %, P/E-tall på 19,6, og P/B-forhold på 3,2). Det antydes at mer presise realopsjonsbaserte verdivurderinger krever tilgang til informasjon som ikke er generelt tilgjengelig. Avslutningsvis konkluderes det med at de tradisjonelle definisjonene av risiko og usikkerhet kan (bør) brukes til å skille mellom kvantitativ og kvalitativ bruk av realopsjoner.

Forord

Denne rapporten omhandler verdsettelse av informasjons- og kommunikasjonsteknologi ved bruk av realopsjonsbaserte modeller. Utredningen er skrevet på oppdrag fra Senter for finansiell økonomi ved Samfunns- og næringslivsforskning (SNF).

Bakgrunnen for rapporten var å kartlegge og analysere hvorvidt innsikt fra tradisjonell opsjonsteori kan forenkle verdsettelsen av teknologibaserte prosjekter. Den endelige utgaven avviker en del fra opprinnelig disposisjon, fordi det viste seg å være vanskelig å få tilgang på nok informasjon til å kunne gjennomføre en realopsjonsanalyse basert på et empirisk case. Hovedgrunnen til dette var at det ikke har vært aktuelt å gjøre utredningen konfidensiell, og opprinnelige samarbeidspartnere falt av denne grunn bort. Formålet med rapporten har derfor blitt endret til å være begrenset til å antyde hvilke muligheter for prinsipiell innsikt en slik tilnærming kan gi og illustrere betydningen av tankegangen gjennom stiliserte eksempler. Utredningen er derfor tilrettelagt som en illustrasjon av muligheter og begrensinger ved praktisk anvendelse av realopsjoner innen IKT.

Den empiriske analysen av teknologiselskapene på Oslo Børs er basert på markedsdata og reelle meglerestimat. I denne sammenheng vil jeg takke Rolf Ernst Torsøe ved ABG Sundal Collier for meglerestimat (EPS_{2005}).

Jeg vil til slutt takke prosjektleder, professor Steinar Ekern, for innspill som han har kommet med underveis og konstruktiv tilbakemelding. Dette har hevet både nivået og kvaliteten på utredningen og økt undertegnede innsikt og kunnskap innen (real) opsjonsteori.

Bergen, mars 2005

Morten Furholm Pettersen

SAMMENDRAG	III
FORORD	V
1 INNLEDNING	1
1.1 REALOPSJONER OG MOTIVASJON FOR Å BRUKE REALOPSJONER I IKT	1
1.2 PRESENTASJON AV PROBLEMSTILLING, VURDERING OG AVGRENSNING.....	2
1.3 OPPGAVENS STRUKTUR.....	2
2 KARTLEGGING AV POTENSIALET FOR BRUK AV REALOPSJONSANALYSE	3
2.1 MARKEDSVERDIEN	3
2.2 PRISING AV AKSJER INNEN INFORMASJONS- OG KOMMUNIKASJONSTEKNOLOGI.....	3
2.3 REALOPSJONER PÅ OSLO BØRS	4
2.3.1 <i>Markedsdata</i>	4
2.3.2 <i>Verdien av fremtidige vekstmuligheter – Metode</i>	5
2.3.3 <i>Verdien av fremtidige vekstmuligheter – Resultater</i>	7
2.4 OPPSUMMERING OG KONKLUSJON.....	9
3 VIDEREUTVIKLING AV NÅVERDIMETODEN.....	10
3.1 NÅVERDIMETODEN	10
3.2 VERDIDRIVERE FOR ET PROSJEKTS NETTONÅVERDI.....	14
3.3 PROBLEMER VED BRUK AV TRADISJONELLE METODER.....	14
3.4 NÅVERDIMETODEN OG REALOPSJONER	16
3.5 KOBLINGEN MELLOM STRATEGI OG FINANS	18
3.6 EMPIRISK BEVIS OG DISKUSJON.....	19
3.7 OPPSUMMERING OG OVERGANG TIL REALOPSJONSANALYSE.....	21
4 REALOPSJONER I IKT-INVESTERINGER.....	22
4.1 DEFINISJON OG TYPER AV REALOPSJONER.....	22
4.1.1 <i>Opsjonstypene som er utgangspunkt for realopsjoner</i>	22
4.1.2 <i>De vanligste realopsjonene</i>	23
4.2 USIKKERHETSKILDER I INFORMASJONS- OG KOMMUNIKASJONSTEKNOLOGI	25
4.2.1 <i>Prosjektintern usikkerhet</i>	26
4.2.2 <i>Prosjektekstern usikkerhet</i>	28
4.2.3 <i>Korrelasjon mellom usikkerhetskildene</i>	29
4.3 REALOPSJONSANALYSE (ROA) – EN FIRETRINNS MODELLE.....	30
4.4 TEORETISK FUNDAMENT FOR REALOPSJONER - OPSJONSTEORI.....	31
4.4.1 <i>Underliggende aktiva (S_0)</i>	31
4.4.2 <i>Kontraktpris (K)</i>	31
4.4.3 <i>Volatilitet</i>	32
4.4.4 <i>Opsjonens løpetid</i>	33
4.4.5 <i>Rentekostnad</i>	33
4.4.6 <i>Dividende</i>	34
4.4.7 <i>Oppsummering av finansielle og realopsjoner</i>	34
4.5 HVA PÅVIRKER VERDIEN AV REALOPSJONER?	35
4.5.1 <i>Opsjonens løpetid (t, T):</i>	38
4.5.2 <i>Underliggende aktiva (S_0):</i>	38
4.5.3 <i>Investeringskostnad (K):</i>	39
4.5.4 <i>Usikkerhet angående fremtiden (σ):</i>	40
4.5.5 <i>Rentekostnad (r):</i>	42
4.5.6 <i>Dividende (δ):</i>	42
4.5.7 <i>Ledelsens handlinger (A):</i>	43
4.5.8 <i>Eiendomsrettigheter og klassifisering</i>	43
4.5.9 <i>Oppsummering av verdidrivere for finansielle og realopsjoner</i>	44

4.6 IDENTIFISERING AV REALOPPSJONSELEMENTENE I IKT-INVESTERINGER	45
4.6.1 Opticom ASA	47
5 VERDSETTELSE AV REALOPPSJONER.....	50
5.1 HOVEDPRINSIPP	50
5.1.1 Egenskaper ved opsjonsprisen	51
5.1.2 Anvendelse i IKT	52
5.2 BINOMISK PRISINGSMODELL	53
5.2.1 The Marketed Asset Disclaimer (MAD) og underliggende prisprosess	53
5.2.2 Risikonøytral verdsettelse.....	54
5.2.3 En-periodisk modell og ikke-dividendebetalende underliggende aktiva	54
5.2.4 To-periodisk modell.....	56
5.2.5 T-periodisk modell.....	56
5.2.6 Kobling av volatilitet med opp (u)- og nedgangs (d) faktorer.....	57
5.3 KONTINUERLIGE MODELLER	58
5.3.1 Avkastning og lognormalfordeling	58
5.3.2 Black & Scholes opsjonspringsmodell.....	60
5.4 VERDSETTELSE BASERT PÅ MONTE CARLO SIMULERING	61
6 ESTIMERING AV INDIKATORER FOR VOLATILITET.....	63
6.1 USIKKERHETSKILDER I FINANSIELLE OG REALOPPSJONER.....	63
6.2 ESTIMERING AV VOLATILITET	64
6.2.1 Logaritmisk avkastning	64
6.2.2 Subjektive estimat	65
6.2.3 Bruk av markedsdata – proxy variabler.....	66
6.2.4 Implisitt volatilitet	66
6.2.5 Praktisk anvendelse av markedsdata – standardavvik og implisitt volatilitet.....	67
6.2.6 Markedsdata - diskusjon	69
6.2.7 Oppsummering enkle metoder for å estimere volatilitet.....	70
6.3 SIMULERING AV VOLATILITETSINDIKATOR	70
6.3.1 Modell	70
6.3.2 Simulering av volatilitet	72
6.3.3 Problemer ved simulering – alternativer og utvidelser.....	73
6.3.4 Oppsummering simulering av volatilitet	74
6.4 KONKLUSJON VOLATILITET.....	74
7 NUMERISKE METODER FOR VERDSETTELSE AV REALOPPSJONER I IKT.....	75
7.1 VERDSETTELSE AV FORSKNING OG UTVIKLING	75
7.2 SOFTWARE	78
7.3 IKT PROSJEKT MED KOSTNADSUSIKKERHET	80
7.4 KVALITATIV REALOPPSJONSANALYSE	82
8 OPPSUMMERING.....	86
8.1 KVANTITATIV VERDSETTELSE.....	87
8.2 KVALITATIV VERDSETTELSE	87
8.3 REALOPPSJONER I PRAKSIS	88
8.4 FORSLAG TIL VIDERE FORSKNING.....	88
REFERANSELISTE	90

1 Innledning

Teknologi refererer seg til hvordan en organisasjon omdanner ressurser til ferdige produkter og tjenester. Informasjons- og kommunikasjonsteknologi (IKT) er en fellesbetegnelse for datateknologiske og kommunikasjonsteknologiske komponenter som virker sammen i den hensikt å innhente, behandle, lagre og kommunisere informasjon (software og hardware). Siden 1960-tallet har teknologiegenskaper som pris, pålitelighet, kapasitet og fysisk størrelse i gjennomsnitt blitt forbedret med mellom 30 og 50 % hvert år (Christensen m.f, 1999: 27). Teknologi skaper produkter og tjenester, endrer konkurranseforhold og reduserer kostnader. Kundeverdier skapes ved økt informasjonsinnhold i produktene og informasjonsintensive tjenester. Utnyttelse av teknologi kan gi varige konkurransefortrinn og strategiske posisjoner. Usikkerhet i teknologiutviklingen og store svingninger i markeds- og konkurranseforholdene gjør muligheten til å kunne utsette slike investeringsbeslutninger spesielt verdifull.

1.1 Realopsjoner og motivasjon for å bruke realopsjoner i IKT

Statiske evalueringsverktøy ser bort fra fleksibilitet, og verdsettelse er basert på utarbeiding av fremtidsregnskap. Prosjektene er "nå eller aldri" alternativer, der selskapet enten kan binde seg til å fullføre prosjektet eller forkaste det i sin helhet. Bjerksund og Ekern (1990) viser at det kan være problematisk å bruke tradisjonelle diskonterte kontantstrømmer ved evaluering av prosjekt som er gjenstand for usikkerhet og fleksibilitet. Opsjonsteori er bedre egnet til å verdsette slike prosjekt og finne optimal investeringsstrategi. Som eksempler (Trigeorgis, 1993) nevnes at en beslutning kan utsettes (timing option), vekstmuligheter eksisterer (growth option), tilpassningsmuligheter (flexibility option), det kan byttes mellom teknologi og produkter (option to switch), fleksibilitet i produksjonen (operating option) og prosjekter kan skrinlegges (exit option). Prosjekt er sammensatte opsjoner (compound option) som fullføres trinnvis (staging option), slik at ledelsen i etterkant kan skrinlegge (exit option) eller foreta ytterligere investeringer (expansion options).

Utstrakt bruk av ny teknologi og effektive organisasjonsformer er viktige nøkkelord for å forklare potensialet i teknologibaserte prosjekter. Fleksibilitet utgjør en stor del av verdien og må identifiseres ved verdsettelse. Prosjekt er sjelden "nå eller aldri" beslutninger og innebærer dermed ikke "commitment" til hele prosjektet i første fase. Trinnvise beslutninger kan gi en betydelig verdiøkning for teknologiprojekt. Realopsjoner kan være egnet ved

evaluering, fordi prosjektene har mange likhetstrekk med finansielle opsjoner. En initialinvestering gir eieren rett til kommersialisering (kjøpsopsjon) uten noen forpliktelse til videre satsning. Beslutningen kan utsettes til usikkerhet er avslørt, og deretter kan prosjektet realiseres eller skrinlegges. Ved å betale initialinvesteringen (opsjonspremien) reduseres risiko samtidig som oppsidepotensialet bevares. Kombinasjonen av usikre fremtidige kontantstrømmer med stort oppsidepotensial, trinnvise beslutninger og irreversible investeringskostnader medfører at en realopsjonsanalyse (ROA) kan være et godt verktøy for styring og verdsettelse. Om ikke annet vil en formulering som realopsjoner være et nyttig verktøy for prinsipiell strukturering.

1.2 Presentasjon av problemstilling, vurdering og avgrensning

Formålet med utredningen er å undersøke hvorvidt opsjonsteori er et egnet alternativ ved verdsettelse av IKT. Oppgaven går ut på å kartlegge og analysere potensialet for bruk av realopsjoner ved verdsettelse av teknologi. Markedsverdien på teknologiselskap reflekterer i stor grad inntjeningen på aktiva som enda ikke er i selskapets besittelse. Verdien reflekterer muligheter (opsjoner) som med en gitt sannsynlighet vil gi høy avkastning i fremtiden.

Et av problemene ved verdsettelse av IKT er at det ikke eksisterer et generelt verktøy som er både praktisk anvendbart og teoretisk velbegrunnet. Utredningens formål innebærer at det fokuseres på å analysere om opsjonsteori kan forenkle verdsettelsen av teknologi, og hvilke teoretiske og praktiske problemer det vil være knyttet til en slik anvendelse. Utredningen har dermed ikke noe selvstendig teoretisk formål, noe som medfører at teoretiske utledninger og bevis ikke prioriteres. Der metoder og teknikker ikke er selvforklarende, vil det bli henvist til egnet litteratur. Utredningen tilrettelegges derfor ikke som en "lærebok i realopsjoner", men heller som en illustrasjon av muligheter og problemer med praktisk anvendelse innen IKT.

1.3 Oppgavens struktur

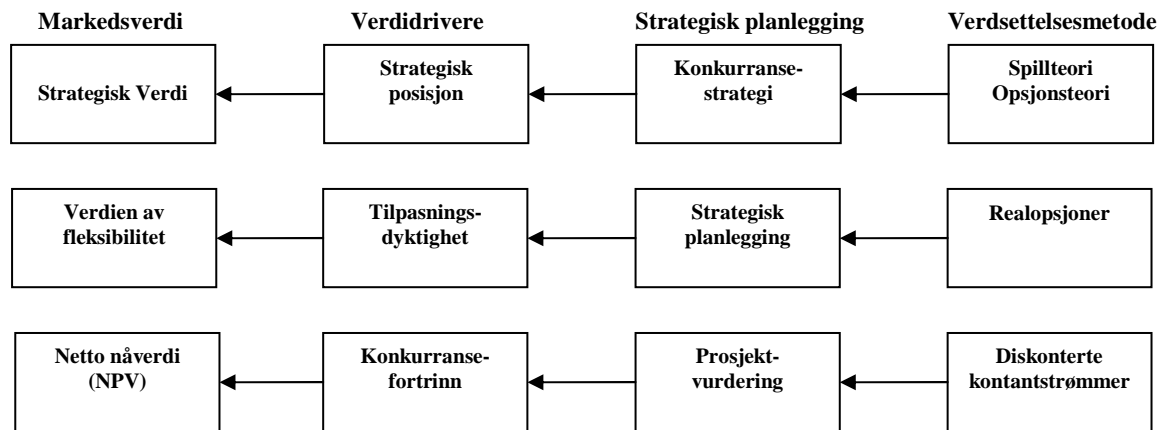
Utredningen innledes med en empirisk undersøkelse av IKT-selskapene på Oslo Børs, dette er utgangspunkt for analysen av potensialet for bruk av opsjonsteori til styring og verdsettelse. Nåverdimetodens svakheter anvendt i dynamiske bransjer drøftes i kapittel 3. I kapittel 4 sammenlignes finansielle og realopsjoner. Kapittel 5 gir en innføring i opsjonsbasert verdsettelse. Estimering og bruk av volatilitet drøftes i kapittel 6. Numeriske metoder for å kvantifisere verdien av fleksibilitet illustreres i kapittel 7. Oppsummering følger i kapittel 8.

2 Kartlegging av potensialet for bruk av realopsjonsanalyse

I følge Kester (1984) kan den kvantifiserte verdien av bedriftens vekstmuligheter brukes til å kartlegge potensialet for bruk av realopsjoner. Rammeverket kan brukes til å undersøke om det er opsjonselementer i prisingen på Oslo Børs. Innledningsvis vil det være hensiktsmessig å strukturere de underliggende verdidrivere for å forstå hvordan investeringer skal verdsettes.

2.1 Markedsverdien

Hensikten med dette avsnittet er å vise hvordan markedsverdien kan analyseres på en strukturert og informativ måte, for deretter å bruke innsikten til å identifisere opsjonsaspekter.



Figur 1: En bedrifts markedsverdi (Smit og Trigeorgis, 2004: 3-34)

Figur 1 splitter markedsverdien opp i netto nåverdi, verdien av fleksibilitet og strategisk verdi. Modellen viser overgangen fra strategisk planlegging, til identifisering av verdidriverne for deretter å kartlegge og kategorisere verdikildene og verdsette med egnet metode. Figuren kobler strategi med verdsettelse og betrakter de forskjellige formene for økonomisk verdi som kan skapes. Venstre kolonne viser at verdien ikke er fullstendig forklart av kontantstrømmer generert av aktiva som allerede er på plass i bedriften. Markedsverdien reflekterer strategiske muligheter og denne verdien er basert på opsjoner som kan utøves i fremtiden. Modellen viser at det er samspillet mellom verdikildene som bestemmer den totale markedsverdien.

2.2 Prising av aksjer innen informasjons- og kommunikasjonsteknologi

Et mål for evalueringsverktøy må være at kildene til verdiskapning identifiseres og verdsettes (jfr. figur 1). I følge Damodaran (2001b: 43) verdsettes en investering i finansmarkedet som

en funksjon av genererte kontantstrømmer, levetid, vekst og risiko. Forutsetningen for å bruke tilsvarende metoder ved verdsettelse av teknologi er at de samme variablene fastsetter denne verdien. Det er få teoretiske prinsipielle forskjeller mellom IKT og tradisjonelle investeringer, men ved praktisk anvendelse er det vanskelig å finne gode estimat på de nevnte variablene. Det spesielle ved IKT er at prosjektene ikke umiddelbart genererer positive kontantstrømmer. Dette er ikke et problem ved budsjettering, men er et tegn på at markedsverdien reflekterer vekstmuligheter. Analytikere bruker tre informasjonskilder ved verdsettelse av investeringer. Finansregnskapet gir informasjon om historiske inntekter/kostnader. Markedsdata gir informasjon om sykluser, fortjeneste, markedspriser, vekst og risiko. Komparativ verdsettelse¹ kan brukes til å verdsette prosjekt og selskap. Anvendt innen IKT gir kildene få gode verdiestimat, markedsdata er begrenset (fraværende) og komparativ prising gir ofte tvilsomme (ubegrunnede) verdiestimat.

2.3 Realopsjoner på Oslo Børs

Myers (1977) er blant de første som kobler markedsverdi og vekstmuligheter. Bedriftens investeringsnivå avhenger av nettonåverdien på mulighetene etter hvert som de oppstår i fremtiden. Under ugunstige fremtidige tilstander vil dermed investeringsnivået være lavt eller helt fraværende. Deler av markedsverdi er reflektert i nåverdien av muligheten til å gjøre fremtidige investeringer. Verdien avhenger av optimal utøvelse (investeringsstrategi) av realopsjonene. Bedriften består av to aktiva klasser, realaktiva som har markedsverdi uavhengig av fremtidig investeringsstrategi, og realopsjoner som er muligheter til å kjøpe realaktiva ved positiv markedsutvikling. Opsjonselementene er bransje- og selskapsavhengig.

2.3.1 Markedsdata

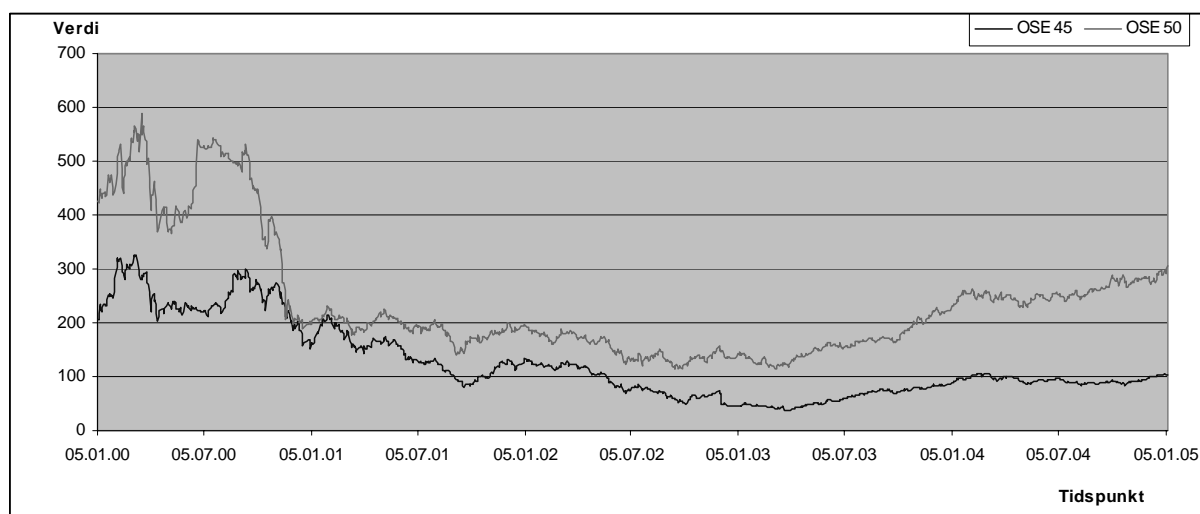
Vekstselskaper² brukes om de børselskapene hvor man tror det kommer en vekst snart ("growth stocks"), alternativt kan aksjene være verdiaksjer³ ("value stocks"). Grunnlaget for

¹ Bedriftens ressurser prises relativt til sammenlignbare selskaper, f. eks ved bruk av multiplikatormodeller. Det vi mener selskapet bør bli eller kommer til å bli priset til tatt i betraktning hvordan sammenlignbare selskaper prises. Utgangspunktet er faktiske markedspriser på tilsvarende selskaper/eiendeler.

² Selskap er klassifisert som vekstaksjer, fordi den høye prisingen (høye P/E, P/B og PVGO verdier) reflekterer store forventninger til fremtidig vekst i salg og inntjening. Endringer i disse forventningene kan gi store utslag i selskapenes aksjekurs, noe som normalt forbindes med høy risiko.

³ Aksjer som kjennetegnes av modne bransjer innenfor konsum, energi og råvarer, samt bil- og verkstedsindustri. Denne kategorien kalles gjerne verdiaksjer, fordi forventningene til fremtidig inntjeningsvekst er relativt lave, med tilhørende lav prising (lave P/E, P/B og PVGO verdier). Salgs- og resultatutvikling følger den generelle veksten i verdensøkonomien (BNP).

analysen er teknologiaksjene på Oslo Børs, som har egenskapene til typiske vekstaksjer (jfr. analyse i avsnitt 2.3.3). Selskapene er representert på OSE 45 Information technology og OSE 50 Telecommunication services, som omfatter leverandører av software, hardware og telekommunikasjonstjenester. Figur 2 antyder at indeksene er preget av store svingninger over korte tidsperioder. Ved å benytte Hulls (2003: 238-241) fremgangsmåte for estimering av volatilitet basert på historiske data bekreftes dette. Basert på logaritmisk avkastning og 252 årlige handledager estimeres standardavvik til 43 % og 39 % for henholdsvis OSE 45 og 50.



Figur 2: Utviklingen i OSE 45 og OSE 50: kilde Oslo Børs 05.01 2000 til 05.01 2005

2.3.2 Verdien av fremtidige vekstmuligheter – Metode

I følge standard lærebok, jfr. f. eks Bodie, Kane og Marcus (2002: 565), er verdien i dag (V_0) av en aksjeplassering med en investeringshorisont på ett år nåverdien av dividende mottatt (D_1) og forventet salgspris (P_1). D_1 og P_1 er usikre størrelser og verdien blir funnet ved å diskontere forventede verdier med et gitt avkastningskrav (k). Tilsvarende er verdien (V_1) nåverdien av dividende mottatt (D_2) og forventet salgspris (P_2) etter endt investeringsperiode for en identisk investering etter ett år. Forutsatt at omsetningen av aksjen etter 1 år skjer i et effisient kapitalmarked⁴ vil $P_1 = V_1$. En reformulering av V_0 gir et uttrykk for en toårig investeringshorisont. For en n -periodisk horisont splittes verdien opp i nåverdien av dividende i n år og salgspris (P_n). Bruk av modellen til prising krever at dividendestrømmene kan predikeres. Dersom det innføres stabilt stigende vekst (g), innsettes i en n -periodisk modell,

⁴ I et effisient (svak, halvsterk og sterk effisiens) marked vil et sett av informasjon raskt og fullt ut reflekteres i markedsprisen (du betaler en "fair pris", og investering har NPV=0). Ved svak effisiens reflekterer prisen all informasjon lagret i historiske pris- og omsetningsdata. Ved halvsterk effisiens forutsettes det i tillegg at prisene reflekterer all offentlig tilgjengelig informasjon, og ved sterk effisiens reflekteres også privat informasjon.

og uttrykket manipuleres finnes Gordons formell ved konstant vekst $V_0 = \frac{D_1}{k-g}$ som kun krever prediksjon av dividende første året, foruten avkastningskrav og vekstrate. Videre kobles vekst (g) til fortjeneste pr. år slik at veksten blir en funksjon av tilbakeholdt andel av overskudd (b) og den regnskapsmessige rentabiliteten (R) på tilbakeholdt overskudd. Forventet fortjeneste (E_t) kan skrives som en funksjon $E_t = E_{t-1} + R(b \cdot E_{t-1})$ av forrige års fortjeneste (E_{t-1}) og rentabiliteten på tilbakeholdt andel av denne fortjenesten. Det forutsettes en gitt kapitalbase. Vekstraten $g = b \cdot R$ ved internfinansiering. Dersom det ikke holdes midler tilbake ($b=0$) eksisterer det ikke interne vekstmuligheter. Verdien er nåverdien av årets resultat, under forutsetning av at resultatet er evigvarende ($g=0$). Dersom midler holdes tilbake for reinvestering, er det muligheter for vekst og verdiskapning. $V_0 = \left(\frac{E_1}{k}\right) + PVGO$ ⁵ er nå nåverdien av vekstmuligheter (PVGO) og den kapitaliserte verdien (E_1/k) av nettoresultatet neste år under forutsetning av ingen nettoresultatvekst. Potensialet for bruk av realopsjoner kan kartlegges ved å analysere PVGO, P/E-tallet og P/B-tallet. PVGO er differansen mellom aksjekurs og verdi funnet ved diskontering av neste års resultat pr. aksje (EPS_1) under forutsetning av at resultatet er evigvarende. P/B er det relative forholdet mellom bokført verdi og markedsverdien på egenkapital, og P/E er aksjekursen sett i forhold til EPS_1 .

For å finne verdien av PVGO, er det brukt aksjekurser pr. 03.01 2005 og meglerestimat⁶ på fortjeneste pr. aksje (EPS) i 2005. Analysen dekker stort sett alle selskapene⁷ som er notert på OSE 45 og 50, men det er noen huller siden ikke alle selskapene har analysedekning. Det bør bemerkes at kvaliteten på estimatene kan være varierende siden enkelte selskap dekkes smalt og uregelmessig. Aksjekursen splittes dermed opp i verdien på aktiva som er på plass i selskapet og verdien av fremtidige vekstmuligheter. PVGO finnes ved å trekke den kapitaliserte verdien av EPS_{2005} fra aksjekursen pr. 03.01 2005. For å få et skalauavhengig relativt mål, er PVGO satt i forhold til aksjekursen. PVGO er satt til 100 % dersom EPS er

$$^5 P_0 = \frac{D_1}{k-g} = \frac{E_1}{k} + PVGO = \frac{R}{k} B_0 + \left(\frac{b \cdot E_1}{k}\right) \left(\frac{R-k}{k-g}\right) = \frac{k+(R-k)}{k} B_0 + \left(\frac{g}{k}\right) \left(\frac{R-k}{k-g}\right) B_0. \text{ Positiv nåverdi av}$$

vekstmuligheter ($PVGO > 0$) kun dersom rentabiliteten er større enn avkastningskravet ($R > k$), positiv tilbakepløying ($b > 0$) og positiv vekst ($g = b \cdot R > 0$). Verdiskapning kun ved positiv nåverdi av vekstmuligheter ($R < k$). Dette gjelder ved stasjonær, evig vekst.

⁶ ABG Sundal Collier ASA pr. 03.01 2005, et nordisk basert meglerhus som tilbyr tjenester innenfor aksjeanalyse, omsetning av verdipapirer og finansiell rådgivning (corporate finance).

⁷ Aksjekurser og selskapsdata er hentet fra Oslo Børs (www.ose.no) 03.01 2005.

negativ, siden markedsverdien da utelukkende reflekterer vekstforventinger. Intervallet i PVGO i % er funnet ved bruk av avkastningskrav fra 15 % til 25 %.⁸ For en diskusjon av estimat på EPS, avkastningskrav og bruk av modellen generelt kan det henvises til Danbolt, Hirst og Jones (2002). Dersom PVGO representerer store deler av markedsverdien er dette et tegn på at verdien avhenger av fremtidig verdiskapning på nye aktiva fremfor verdiskapning på materielle og eksisterende aktiva. P/E-tallet⁹ er funnet ved bruk av meglerestimat (EPS_{2005}) og kurs pr. 03.01.05. P/B-forholdet er funnet ved bruk av bokført verdi av egenkapital pr. 3 kvartal 2004 og kursen dagen etter offentliggjøring av kvartalsrapporten.

2.3.3 Verdien av fremtidige vekstmuligheter – Resultater

Først bør det kommenteres at de analyserte selskapene har relativt kort historie, i gjennomsnitt har de kun vært børsnotert i underkant av 7 år. Regnskapsdata bør dermed benyttes med forsiktighet siden selskapene fremdeles er i introduksjons- og vekstfasen. Tabell 1 viser en oppsummering av PVGO, P/E-tallet og P/B-forholdet for teknologiindeksene. PVGO i % er mellom 0 og 100 % for alle de analyserte selskapene, med et snitt intervall på 60 – 75 %.

Det er hovedsakelig to forklaringer på hvorfor PVGO utgjør en stor andel av verdien i denne bransjen. Bedriftene opererer i volatile markeder kjennetegnet av teknologisk innovasjon og intensiv konkurranse. Volatilitet øker oppsidepotensialet, og dermed også opsjonsverdien. For det andre tenderer de til å ha en stor andel av sammensatte vekstoppsjoner, som er mer verdifull enn enkle opsjoner. Enkle opsjoner gir kun opsjon på en fremtidig kontantstrøm. Derimot gir sammensatte opsjoner tilgang på kontantstrømmer i fremtiden, og i tillegg ytterligere opsjoner videre i fremtiden. Det er verdien av fremtidige opsjoner som ikke fanges opp av statiske analyser. Dersom verdien skal kunne forklares med utgangspunkt i dagens inntekter og kostnader, må bedriften tolkes som en samling av realopsjoner. Dagens aksjepris er opsjonspremien som må betales for å få rettighetene til alle fremtidige kontantstrømmer.

Teoretisk forteller aksjens P/E-verdi hvor mye investorene er villig til å betale pr. krone i fortjeneste, og forholdstallet reflekterer markedets forventinger til vekst. "Growth" aksjer har

⁸ Avkastningsintervallet er valgt med utgangspunkt i det som er foreslått i Kester (1984). Etter diskusjon med Ole Petter Kjerkreit ved First Securities (et av Norges ledende meglerhus, med en sterk posisjon i det norske verdipapirhandelmarkedet) kunne det vært hensiktsmessig å endre intervallet til 7,5 – 17,5 % (se diskusjon vedrørende avkastningskrav innen IKT i avsnitt 3.1).

⁹ $\frac{P_0}{E_1} = \left(\frac{1}{k}\right) \left(1 + b \cdot \frac{R - k}{k - g}\right)$ $\frac{P_0}{B_0} = 1 + \frac{R - k}{k - g} = \frac{R - g}{k - g}$

et høyere P/E-tall og høyere P/B-tall sammenlignet med aksjer preget av stabilitet og predikerbarhet ("value stocks"). Immaterielle verdier og vekstmuligheter bestemmer store deler av verdien for IKT selskap. Typiske vekstaksjer¹⁰ har P/E-verdier over 25 og P/B over 2, hvilket indikerer at markedet har store forventninger til fremtidig vekst. Det er dermed forventet fremtidig resultatvekst som bestemmer markedsverdien. Beregningene for P/E og P/B på OSE 45 og 50 viser et gjennomsnitt på henholdsvis 19,6 og 3,2. I utgangspunktet gir det liten mening å si noen om hvorvidt størrelsene er høye eller lave (jfr. vekstforventninger), men en sammenligning med Oslo Børs i perioden 1993 – 2002¹¹ kan likevel være informativt.

Tabell 1: Beregninger for OSE 45 og 50

OSE 45 og OSE 50	Børsnotert	Kurs 03.01.05	EPS2005	P/E	P/B	PVGO i %
Apptix	08.04 2002	8,88	0,86	10,3	11,3	35-61%
Birdstep Technology ASA	12.06 2002	11,20	-0,29	-38,6	2,4	100 %
Catch Communications ASA	21.03 2004	23,00	1,60	14,4	2,1	54-72%
Consorte Group	13.06 2001	8,29	0,25	33,2	1,7	80-88%
Data Respons	05.12 1997	9,50	0,54	17,6	3,3	62-77%
EDB Business Partner	31.08 1999	49,30	1,86	26,5	2,1	75-85%
Eltek	09.07 1998	72,25	4,37	16,5	3,1	60-76%
Fast Search & Transfer	21.06 2001	13,20	0,35	37,7	4,2	82-89%
Itera Consulting Group	27.01 1999	2,51	0,20	12,6	1,6	47-68%
Kitron	16.01 1998	2,86	0,56	5,1	1,4	0-22% ¹²
Komplett	06.11 2000	46,00	3,60	12,8	1,5	48-69%
Nera	26.01 1995	14,80	0,31	47,7	1,3	86-92%
Nordic Semiconductor ASA	29.04 1996	64,75	2,05	31,6	13,0	79-87%
Otrum	06.07 1998	28,10	1,20	23,4	1,5	72-83%
PSI Group	11.06 2001	2,63	0,23	11,4	2,4	42-65%
Q-free	03.04 2002	16,50	1,03	16,0	3,0	58-75%
Software Innovation	18.09 1998	21,50	1,65	13,0	0,9	49-69%
Super Office	10.03 1997	26,70	1,96	13,6	5,2	51-71%
Tandberg	03.01 1983	77,25	3,34	23,1	3,4	71-83%
Tandberg Data	23.05 1985	10,70	0,91	11,8	1,8	43-66%
Tandberg Television	13.02 1997	54,25	2,96	18,3	6,0	64-78%
Telecomputing	26.06 2000	9,02	0,37	24,4	1,4	73-84%
Telenor ASA	04.12 2000	56,25	3,66	15,4	2,0	57-74%
Visma	23.01 1996	77,00	4,42	17,4	1,8	62-77%
Vmetro	31.10 1997	28,00	1,63	17,2	2,7	61-77%

P/E tallet på Oslo Børs har i perioden variert mellom 10,8 og 16,1, medianen er i samme periode på 13,2. Medianen varierer mellom bransjene, der transport (9,5) og IKT (25,7) er

¹⁰ Bioteknologi, farmasøytisk industri og informasjons- og kommunikasjonsteknologi (IKT).

¹¹ Tall er basert på beregninger gjort av Kjell Henry Knivsflå i 2004 (Associate professor, dr. oecon ved NHH).

¹² Kitron var på analysetidspunktet relativt lavt priset i forhold til EPS₂₀₀₅, PVGO var dermed negativ. I dette spesial tilfellet ble PVGO satt til 0 ved avkastningskrav under 19,6 %.

ytterkanter. P/E-tall på 19,6 kan dermed karakteriseres som høyt (i den betydning at det impliserer høye vekstforventninger). P/B tallet har en medianverdi på 1,3 på Oslo Børs i samme periode, med Shipping (0,9) og IKT (2,884) som ytterpunkter. Beregnet P/B-tall for selskapene på 3,2 viser at det ligger store vekstforventninger i prisingen av selskapene. P/E og P/B bekrefter inntrykket fra beregningene av verdien på fremtidige vekstmuligheter (PVGO).

First securities ASA¹³ viser tilsvarende beregninger i perioden 1992-2003 (sektorene finans og shipping er ekskludert), der snitt beregninger for P/B tallet viser 1,80. Videre indikeres det en utvikling fremover der P/B går mot 2, for 2005 indikeres det en snitt verdi opp mot 2,1 (historisk sett høyt). Det vises også at norske aksjer er moderat priset i forhold til historisk P/E, for 2005 indikeres det et gjennomsnittlig P/E tall på rundt 12,5. Innen IKT i USA indikeres det for 2005 i overkant av 20 for informasjonsteknologi og rundt 15 for telekommunikasjon. Tilsvarende tall for europeiske bedrifter indikeres å være rundt 13 for både telekommunikasjon og teknologi. Tabell 1 sammenlignet med estimat for 2005 viser at P/B forholdet er høyt sammenlignet med forventet gjennomsnitt for Oslo Børs. Beregnet P/E tall på 19,6 samsvarer med tilsvarende tall for informasjonsteknologi i USA. Under forutsetningen av at norske og europeiske teknologiselskaper er sammenlignbare, kan det virke som de norske IKT selskapene er noe overpriset (høyere P/E-tall).

2.4 Oppsummering og konklusjon

Selskapsverdien er høyere enn verdi funnet ved statistisk analyse. Fleksibilitet og strategiske posisjoner representerer en signifikant del av markedsverdien. Analysen av teknologiaksjene på Oslo Børs viser at prisingen i stor grad reflekterer vekstforventninger. Beregning av PVGO gir et intervall på 60 – 75 %, med ytterpunkter på henholdsvis 0 og 100 %. Gjennomsnittlige P/E- og P/B-tall er 19,6 og 3,2. Ved verdsettelse bør verdien av fleksibilitet og strategisk posisjonering identifiseres av den enkle grunn at dette bidrar signifikant til markedsverdien (jfr. figur 1). Det kan være interessant å benytte realopsjoner innen IKT, PVGO er relativt stor og P/E- og P/B-tallene indikerer vekstforventninger. I tillegg har investeringene mange av egenskapene til finansielle opsjoner (jfr. opsjonspremie/initialinvestering, rett, men ikke plikt osv.). Selskapene har også usikre og ofte negative kontantstrømmer på kort sikt. Prosjektene har lav sannsynlighet for suksess, samtidig som suksessfulle prosjekter genererer høy avkastning. Investeringene gjøres trinnvise med høye og delvis irreversible kostnader.

¹³ Resultater presentert av Ole Petter Kjerkreit (First Securities ASA), gjesteforelesning (Tittel: Finansanalyse i praksis) ved NHH 01.03 2005.

3 Videreutvikling av nåverdimetoden

Markedsverdien til et prosjekt kan splittes opp i de tre komponentene statistisk nåverdi, verdien av fleksibilitet og strategisk verdi (jfr. figur 1). Et første steg ved verdsettelse er å kartlegge verdiene som identifiseres ved bruk av nåverdimetoden. For å forstå når det er riktig å benytte alternative metoder, er det viktig å innse når (hvorfor) statistiske modeller svikter. Videre følger en kort gjennomgang av metoden med fokus på implikasjoner for IKT-prosjekter. En teoretisk og praktisk gjennomgang av metoden kan finnes i Damodaran (2002) og Benninga (2000).

3.1 Nåverdimetoden

Dersom prosjektets fremtidige kontantstrømmer kan beskrives ved hjelp av forventede verdier (relativt liten spredning i mulige utfall) er nåverdimetoden godt egnet ved verdsettelse. Prinsippet er at en krone er mer verdt i dag enn i morgen og dette må det justeres for ved sammenligning av kontantstrømmer fra ulike perioder. Nåverdien (V_0) av et prosjekt finnes ved å diskontere forventede kontantstrømmer ($E(CF_t)$) med et risikojustert avkastningskrav (WACC). Nettonåverdien finnes ved å trekke fra investeringskostnaden (I_0). Alternativt kan nåverdien finnes ved å diskontere sikkerhetsekvivalenten (CE) med risikofri rente.¹⁴ Dersom differansen er positiv ($NPV \geq 0$), aksepteres prosjektet. Alternativ kan internrentemetoden (IRR) brukes, der IRR er diskonteringsraten som gir prosjektet en nettonåverdi lik null. Prosjektet aksepteres dersom internrente er større enn avkastningskravet ($IRR \geq k$). IRR har svakheter¹⁵ dersom prosjektet krever betydelige oppfølgingsinvesteringer. Fortegnsskift i kontantstrømmer og betydelige oppfølgingsinvesteringer er vanlig innen IKT. Utfyllende drøfting av prosjekt med fortegnsskift i kontantstrømmene kan finnes i Pratt og Hammond (1979). Alternativt kan ”Time dominance efficiency analysis” (Ekern, 1981) benyttes.

Fishers separasjonsprinsipp viser at eierne uavhengig av egne preferanser er enig om at bedriftens mål er å maksimere aksjeverdien ved å godta prosjekter der avkastningen av den

¹⁴ Med sikkerhetsekvivalent (CE) menes et sikkert beløp som gjør at beslutningstaker er indifferent mellom å motta dette beløpet eller å delta i selve prosjektet. Risikopremien er definert som differansen mellom prosjektets forventningsverdi og sikkerhetsekvivalenten. Det følger av dette at CE kan diskonteres med risikofri rente.

¹⁵ Fortegnsskift i kontantstrømmene kan føre til flere internrenter, hvilket blir problematisk ved bruk av metoden for valg mellom ulike prosjekter. Høy internrente trenger heller ikke nødvendigvis å si noe om formuesøkningen. Internrenten til ($CF_0 = -100500, CF_1 = 511500, CF_2 = -740250, CF_3 = 330750$) er 200 %, men det er likevel ikke et fantastisk godt prosjekt, da det uansett avkastningskrav bare gir en liten formuesøkning.

siste krone investert overstiger den markedsbaserte alternativkostnaden. Standard lærebok, f. eks Levy og Sarnat (1993: 76-86), grunngir kriteriet med utgangspunkt i en likevektsmodell for finansmarkedet. Perfekte finansmarked separerer konsum- og produksjonsbeslutninger, og optimal beslutning er uavhengig av eiernes preferanser i et velfungerende marked. Prinsippet gjør modellering av investeringer mindre komplisert siden beslutningstaker kan se bort fra individuelle preferanser.

Estimering av prosjektets *kontantstrømmer* er det første steget ved bruk av nåverdimetoden. Kontantoverskuddet (K_t) til et foretak er differansen mellom alle inn- og utbetalinger. Kontantstrømmen til et prosjekt er endringen i kontantstrømmen til et foretak forårsaket av prosjektet. Ved verdsettelses bør kontantstrømmene i følge Damodaran (2001b: 105-138) estimeres etter skatt, før gjeldsbetalinger og etter reinvesteringstkostnader. Kontantstrømmer og vekst kan estimeres ved bruk av historiske data, meglerestimat, kvalitative anslag eller komparativ analyse. Kontantstrømmer fra etablert virksomhet blir fremskrevet med utgangspunktet i historisk finansregnskap. Dette kan være en lite egnet fremgangsmåte for teknologibedrifter, fordi selskapene ofte har begrenset historie, aktivsiden består av immaterielle eiendeler som gir liten verdirelevant informasjon, og estimat på fremtidig vekst (og resultat) er sjelden gode. I tillegg er den største kapitalutgiften FoU, og denne utgiften er ofte behandlet som en driftskostnad for bokføringsformål. Praksisen fører til feilmåling av inntekter og kostnader i finansregnskapet, samtidig som de balanseførte postene gir liten verdirelevant informasjon¹⁶. Meglerestimat bør brukes med forsiktighet, estimatene er ofte dårlige på lang sikt og kan være påvirket av interessekonflikter. Komparativ analyse kan ikke brukes siden selskapene sjelden har sammenlignbare etablerte konkurrenter. Bruk av kvalitative estimat kan være uheldig (jfr. incentiver¹⁷). Teknologiselskap kjennetegnes av usikkerhet i kontantstrømmene, negativ fri kontantstrøm¹⁸ og fleksibilitet. Statistiske metoder er i slike tilfeller lite egnet siden de ikke tar hensyn til at det kan velges andre stier med alternative sannsynlighetsfordelinger og andre forventede verdier i løpet av prosjektet levetid.

¹⁶ Fast, Consorte, Opticom og Tandberg Storage er eksempler på selskap med resultat som ikke kan forklare markedsverdien, i tillegg er immaterielle eiendeler og kontantbeholdning de dominerende balansepostene.

¹⁷ I alle prosjekt der verdsettelse og evaluering i stor grad er basert på beslutningstakers subjektive antagelser og estimat vil det alltid være en viss fare for at resultatene kan være sterkt påvirket av individets preferanser. Beslutningstaker kan i slike tilfeller vektlegge andre kriterier enn bedriftsøkonomiske incentiver (maksimering av aksjeverdien), f. eks kan ledelsen foretrekke kortsiktig vekst fremfor langsiktig verdiskapning. Ledelsen har dermed personlige motiver (incentiver) for å avvike fra det som er bedriftsøkonomisk lønnsomt.

¹⁸ Utbyttet etter overskuddsskatt er det som er igjen i foretaket etter at skatt, renter og avdrag er betalt. Det omfatter både utbetalt utbytte og tilbakeholdt overskudd, og kalles ofte det frie kontantoverskuddet til eierne. Alternativt det som kunne vært betalt ut til eierne.

Avkastningskravet er den risikojusterte avkastningen et prosjekt må tjene for å bli akseptert av aksjeeierne, kravet forutsettes for praktiske formål å være konstant over tid. Ved verdsettelse benyttes et vektet gjennomsnitt (WACC) av egenkapital- og gjeldskostnaden, der vektene avhenger av markedsverdien på kapitalen. Markedsvekter benyttes da det er markedsverdien av kapitalinnsats som avgjør den totale kontantstrømmen et prosjekt krever. Bruk av WACC ved diskontering sikrer at kontantstrømmene betaler for begge kapitalkildene. Det er mange grunner til at kapitalkostnaden kan variere mellom prosjekt. Dette kan skyldes ulik risiko (slik at risikojustert avkastning varierer), forskjellig gjeldsandel og skattemessige årsaker. I følge Damodaran (2001b: 87-88) kan estimering av WACC være spesielt komplisert innen IKT. Bedriftene er uforholdsmessig avhengig egenkapital, og mange prosjekt er utelukkende finansiert av egenkapital. Dette gir en kapitalkostnad som er veldig nær egenkapitalkostnaden. Når slike bedrifter låner penger, har de en tendens til å utstede hybride verdipapirer¹⁹. Videre er både egenkapital- og gjeldskostnad og markedsvekter forventet å endre seg over tid, etter hvert som bedriften blir større og mer stabil. Dette vil føre til at kapitalkostnaden vil være forskjellig fra år til år. I tillegg er estimering av egenkapital- og gjeldskostnad (som tenderer til å avhenge av historiske data) vanskelig siden selskapene ofte har kort og volatil historie. Catch Communications²⁰ er et selskap der det vil være vanskelig å finne et godt estimat på kapitalkostnaden. Historiske regnskapsdata er fraværende, store svingninger i aksjekurs og egenkapital er dominerende finansieringskilde.

Avkastningskrav i forbindelse med IKT-selskaper er et område der det er vanskelig å finne "fasitsvar". Noe av det som kjennetegner disse selskapene er gjerne høy risiko, men dog primært i form av (diversifiserbar) selskapsspesifikk risiko. Den markedsrelaterte risikoen, som hensyntas gjennom betaen (som igjen påvirker avkastningskravet), er ikke nødvendigvis spesielt høy (markedsrelatert risiko er begrenset). Intuitivt bør derfor ikke IKT-selskapene nødvendigvis ha spesielt høy beta selv om risikoen er høy.²¹ I praksis ser man gjerne at betaen i forhold til aksjemarkedet i realiteten er høy om man måler denne basert på markedsdata. Det gjelder ikke minst om man måler betaen de siste 6-7 årene for en del av IKT-selskapene. Det

¹⁹ Verdipapir som er sammensatt av (har egenskapene til) to eller flere andre verdipapir. Et eksempel kan være konvertibel gjeld som har mange fellestrekk med gjeld og egenkapital og er velegnet for selskap i vekstfasen, små/spekulative selskaper og ved restrukturering.

²⁰ Catch er leverandør av datakommunikasjon og internettjenester, typisk vekstbedrift (børsnotert 2004).

²¹ Ved å spre investeringene på flere investeringsobjekt (kjøpe aksjer i flere bedrifter), blir totalrisikoen til porteføljen redusert og konvergerer mot den systematiske risikoen. Så lenge investorene kan diversifisere risiko, er bare systematisk risiko relevant. Dersom selskapsspesifikk risiko er relevant, vil slik risiko bli reflektert i risikopremien, som en separat "likviditetspremie". Denne reflekterer graden av "markedssvikt som oppstår fordi investorene ikke kan eller ønsker å være perfekt diversifiserte.

kan derfor synes som om det er en forskjell mellom det som intuitivt burde vært beta for selskapene, og det man kan måle at den historisk har vært (i alle fall i perioder). Når det gjelder beta for IKT-selskapene er den markedsrelaterede risikoen ofte begrenset. Det er kun i begrenset grad svingninger i økonomien som vil avgjøre selskapets inntjening fremover, selskapsspesifikke faktorer (som kan diversifiseres bort) er trolig langt viktigere. Tar man utgangspunkt i en risikofri rente etter skatt på 4,0 % (omtrent der ti årsrentene ligger i dag) og en risikopremie på 4 %²², og bruker en beta på 1,5 kommer man frem til et avkastningskrav på 10%. Hvilket viser at avkastningskrav i denne sektoren ikke nødvendigvis trenger å være spesielt høye. Men som nevnt tidligere, ”fasitsvar” i denne bransjen er det vanskelig å finne.

Et hypotetisk prosjekt (OPTImalt) krever to år med forskning, gir deretter positive forventede innbetalinger i 4 år ($CF_3=260$, $CF_4=650$, $CF_5=910$ og $CF_6=260$) og er verdiløst etter år 6. Investeringene er fordelt på utlegg i dag ($I_0=19,5$), om et år ($I_1=65$) og investering i et produksjonsanlegg etter to år ($I_2=1560$). WACC og risikofri rente er hhv 15 % og 4 %. Dersom beslutningstaker ser bort fra fleksibilitet og antar at bedriften i dag binder seg (commitment) til fullføring av prosjektet, kan det verdsettes ved bruk av nåverdimetoden.

Tabell 2: Nåverdiberegninger for et forskning og utviklings prosjekt (OPTImalt)

År	0	1	2	3	4	5	6
Investeringer og innbetalinger	-19,5	-65,0	-1560,0	260,0	650,0	910,0	260,0
Diskontert kontantstrøm til tidspunkt 0	-19,5	-62,5	-1442,3	171,0	371,6	452,4	112,4
Nåverdi av investeringskostnad (I_0), $r_f=4\%$	-1524,3						
Nåverdi av innbetalinger (V_0), WACC=15 %	1107,4						
Netto nåverdi ved tidspunkt 0 (NPV₀)	-416,9	IRR = 9,5 %²³					
Investering i produksjonsanlegg (I_2)			-1560,0				
Nåverdi av fremtidige kontantstrømmer (V_2)			1464,6	226,1	491,5	598,3	148,7
Netto nåverdi ved år 2 (NPV₂)			-95,4	IRR=12,1 %			

²² Når det gjelder risikopremie for aksjer ift. renter kan det også antas et annet estimat. Mange bruker en risikopremie som er høyere. Aksjemarkedet har imidlertid ikke gitt så høy meravkastning ift. rentemarkedet over tid som 5,0 % i Norge, og det er få andre land der aksjemarkedet over lang tid har gitt såpass høy meravkastning ift. renter som 5,0 %. I det amerikanske aksjemarkedet har imidlertid aksjer gitt høy meravkastning (gjerne 5-7 %, avhengig av måleperiode), men dette er spesielt høyt i en internasjonal sammenligning. Gjennomsnittlig risikopremie på Oslo Børs i perioden 1997-2003 var 4,7 % etter skatt.

²³ Internrente er beregnet etter tradisjonell fremgangsmåte. I mange sammenhenger benyttes en modifisert internrente eller en justert internrente. I korte trekk går dette ut på at de ulike kontantstrømmene diskonteres tilbake til ulike perioder, deretter beregnes tilhørende internrente. I dette tilfellet kan investeringene diskonteres tilbake til tidspunkt 0, mens innbetalingene kommer som anvist i tabell 2. IRR=7,1 % for NPV₀ og 8 % for NPV₂ ved bruk av en slik beregningsmetode. NPV₀ kan ved bruk av justert IRR variere fra 3 til 12 %, i praksis kan beslutningstaker ofte få den internrente som er ønsket. Sammenligning av investeringsalternativer er dermed påvirket av beregningsmåten.

Verdien (V_2) av forventede inntekter ved begynnelsen av kommersialiseringsfasen er 1464,6, ved å trekke fra investeringsutlegget blir nettonåverdien -95,4 (NPV_2). Kommersialisering er ikke lønnsomt uansett kostnadsnivå på FoU-prosjektet. Totalverdien av prosjektet er brutto nåverdien av kontantstrømmene fra driften diskontert etter 15 % ($V_0 = 1107,4$) fratrukket investeringene diskontert med risikofri rente ($I_0 = 1524,30$). Verdien ved "commitment" i dag er -416,90, ved bruk av kriteriet²⁴ for nåverdimetoden ($NPV < 0$) forkastes prosjektet.

3.2 Verdidrivere for et prosjekts nettonåverdi

De underliggende verdidriverne må identifiseres og analyseres for å forstå hvordan prosjekter kan verdsettes. Interne og eksterne kilder må kartlegges, siden verdien avhenger både av bedriftens konkurransefortrinn og bransjens attraktivitet (Smit og Trigeorgis, 2004: 35-90). For at et prosjekt skal være spesielt lønnsomt, må bedriftens ressurser gi konkurransefortrinn overfor de etablerte aktørene. En bedrift har konkurransefortrinn når dens lønnsomhet er bedre enn gjennomsnittet for bransjen, og den har varige konkurransefortrinn når dette opprettholdes over flere år (Hill og Jones, 2004: kapittel 4). For at ressurser skal gi opphav til konkurransefortrinn, må de være sjeldne og viktige i det nye markedet, de må være vanskelige å imitere og substituere bort, og verdien må kunne beholdes av selskapet selv. Fortrinn oppstår enten når bedriften har lavere kostnader enn konkurrentene (kostnadsledelse) eller når bedriften kan ta høyere pris for produktet (differensiering). En bedrift har lavere kostnader eller bedre produkter fordi den har fortrinn innen kostnadsstruktur, innovasjon, kvalitet eller kundeorientering. For IKT er det kostnadsstruktur, innovasjon, kvalitet og kundeorientering som påvirker konkurransefortrinn, og bedriftens ressurser påvirker evnen til å drive effektiv innovasjon, ha lave kostnader, kundeorientering og produsere kvalitet. Det er særlig samspilleffekten mellom innovasjon og kundeorientering som kan gjøre IKT-prosjekt spesielt lønnsomme. Drøfting av strategiske innspill og utnyttelse av konkurransefortrinn kan finnes i Christensen m.f (1999: 1-303) eller Hayes m.f (2005: kap 1-11).

3.3 Problemer ved bruk av tradisjonelle metoder

Det er flere momenter en analytiker bør være oppmerksom på ved bruk av statiske modeller ved verdsettelse av teknologi. Gjennomgangen av svakheter ved nåverdimetoden fokuserer

²⁴ Internrenten som beslutningskriterium ses bort fra i denne sammenheng, bruk av dette vil kreve en grundig diskusjon av beregningsmåte og hvilket avkastningskrav det skal sammenlignes med.

utelukkende på forutsetninger som ikke er konsistent med virkeligheten. En grundig diskusjon av teoretiske og praktiske problemer kan finnes i Mun (2003b) og Damodaran (2002). Ved bruk av nåverdimetoden antar beslutningstaker at hele investeringsbeslutningen må tas i dag (commitment) og verdsetter selskapene som summen av prosjektene som er akseptert eller som kan aksepteres umiddelbart. De nevnte forutsetningene medfører at beslutningstaker implisitt antar at aksepterte prosjekt administreres passivt og at forventede fremtidige kontantstrømmer ikke vil endres senere på grunn av nye beslutninger eller ny informasjon. Nåverdimetoden kan være egnet dersom de nevnte forutsetningene (jfr. tabell 3) kan forsvares, men dette er sjelden tilfellet for investeringer i teknologi.

Ledelsen har fleksibilitet til å forvalte underveis når usikkerhet avsløres, det er nettopp det at deler av investeringen kan utsettes eller forandres som gjør at det faktisk investeres i prosjekt som er preget av stor usikkerhet. De fleste av de analyserte børsnoterte teknologiselskapene i kapittel 2 består av immaterielle eiendeler, der FoU er den største utgiftsposten.

Tabell 3: Problemer med diskonterte kontantstrømmer basert på Mun (2003: 59)

Forutsetninger ved NPV	Realiteter
Beslutninger blir tatt i dag og fremtidige kontantstrømmer er låst (commitment).	Investeringene er utsatt for flere usikkerhetskilder og beslutninger kan utsettes til mer usikkerhet er avslørt.
Prosjekt verdsettes som "mini-bedrifter", selskapets verdi er summen av disse.	Nettverkseffekter, diversifisering, gjensidig avhengighet og synergier fører til at prosjektene ikke kan evalueres enkeltvis (Portefølje).
Etter investering blir prosjektene passivt administrert.	Fleksibilitet forutsetter aktiv administrasjon.
Fremtidige kontantstrømmer kan predikeres og deres forventninger er deterministiske.	Estimering av kontantstrømmer blir komplisert når de er stokastiske og preget av mange usikkerhetskilder.
Prosjektene diskonteres med WACC. Bruk av konstant WACC er meget tvilsomt.	Flere kilder til risiko med ulike karakteristikk, mulig med diversifisering på tvers av prosjekter og tid.
All risiko er tatt hensyn til i avkastningskravet, eller alternativt i sikkerhetsekvivalenten.	Risiko kan endres i løpet av prosjektets levetid.
Alle faktorene som kan påvirke verdien av prosjektet er reflektert i diskonterte kontantstrømmer gjennom NPV eller IRR.	Kompleksitet i prosjekter kan gjøre det vanskelig eller umulig å kvantifisere alle faktorene ved hjelp av budsjettering. Strategisk verdi kan være betydelig.
Ukjente, immaterielle eller ikke målbare faktorer får verdi lik null.	Immaterielle eiendeler og strategiske posisjoner skaper fremtidige muligheter.

Den fulle verdien av slike eiendeler finnes ikke ved bruk av nåverdimetoden (jfr. 3.1), og bruk av metoden vil dermed føre til en undervurdering av slike prosjekt. Teknologiinvesteringer er kjennetegnet av en betydelig andel irreversible kostnader, det er dermed sjelden at slike prosjekt settes i gang uten å ha brukt betydelige midler på FoU og markedsundersøkelser. En initialinvestering gir dermed bedriften verdifull fleksibilitet, siden hovedinvesteringen kan utsettes til beslutningsgrunnlaget er bedre. Prosjektene administreres aktivt, slik at det er mulig å skrinlegge prosjektet uten betydelige kostnader på ett hvert tidspunkt frem til den endelige investeringsbeslutningen. Begrenset informasjon om usikkerhet gjør at verdien av å kunne utsette beslutningen er stor dersom prosjektet er påvirket av flere usikkerhetskilder. Mange investeringer gjøres i den hensikt å bygge fleksibilitet, plattformer og kompetanse. Statiske metoder er dermed lite hensiktsmessig når investeringene utelukkende er gjort for å skape fleksibilitet. Tabell 3 gir en oppsummering av nåverdimetoden og viser hvordan forutsetningene bryter med realitetene.

3.4 Nåverdimetoden og realopsjoner

Tradisjonelle diskonterte kontantstrømmodeller forutsetter at punkttestimatene til en viss grad er kjente og sikre størrelser. Estimatene diskonteres med et risikojustert avkastningskrav, og en økning i risiko blir tatt hensyn til ved å øke diskonteringsraten. Høy risiko gir dermed høye avkastningskrav, som igjen reduserer prosjektets markedsverdi. Effekten av risiko er dermed utelukkende negativ ved verdsettelse. Opsjonsverdien er en positiv funksjon av volatiliteten til underliggende aktiva. Generelt vil en økning i volatilitet føre til en større spredning i fremtidige verdier for underliggende aktiva. Dette betyr at det kan være lønnsomt å akseptere prosjekt med stor risiko, fordi aktiv forvaltning og styring av nedsiderisiko kan gi prosjektene en betydelig verdiøkning. Realopsjoner illustrerer at prosjekt (uten forpliktelser) med negativ nettonåverdi kan være lønnsomme, gitt at investeringene har et stort oppsidepotensial.

Realopsjoner tar hensyn til at prosjektene kan forvaltes og administreres under levetiden. Metoden forutsetter at det eksisterer fleksibilitet i beslutningsprosessen. Den fleksibiliteten består i opsjonen til å utsette (jfr. utredningens side 6 for andre realopsjoner) eller avstå fra den endelige investeringen. Fordelen med realopsjoner er at beslutningstaker får et kvantitativt verdiestimat, og samtidig en beslutningsregel som er konsistent med usikkerhet og fleksibilitet som er antatt i prosjektet. Beslutningen kan bli tatt i dag, på et senere bestemt tidspunkt, på et gitt tidspunkt mellom i dag og bortfalltidspunktet for investeringsmuligheten,

eller et vilkårlig fremtidig tidspunkt (Bjerksund og Ekern, 1990). Utsettelsesmulighetene påvirker beslutningsregelen og prosjekts verdi. Nåverdimetoden kan brukes til å finne dagens "commitment value" på et prosjekt, den finnes ved å diskontere forventede kontantstrømmer under antagelsen om at prosjektet må aksepteres i dag for ikke å falle bort. Dersom beslutningen må tas på et fremtidig tidspunkt, kan dette tolkes analogt med en europeisk²⁵ opsjon. En tredje mulighet er at beslutningen kan tas på ethvert fremtidig tidspunkt²⁶, det innebærer at rettigheter og verdien aldri vil opphøre. Den siste typen realopsjon er prosjekt som kan aksepteres på ethvert tidspunkt i et gitt tidsrom. Dette kan tolkes som en amerikansk opsjon med endelig løpetid. I virkeligheten er det mange utfall som kan realiseres i løpet av levetiden. Verdielementet (fleksibilitet) ved å kunne utsette den endelige beslutningen er at investeringen kan gjøres når mer usikkerhet er avslørt. Verdien kan dermed splittes opp i statisk nettonåverdi og verdien av fleksibilitet (opsjonsverdien).

Utvidet nettonåverdi = statisk netto nåverdi + opsjonsverdien

Neste steg for å identifisere og verdsette alle verdidriverne er å kombinere realopsjoner med spillteori (jfr. figur 1). Beslutninger blir tatt med den viten om at de vil føre til reaksjoner fra konkurrentene. Den strategiske verdien av tidlig forpliktelse for å påvirke konkurrentenes atferd må derfor innarbeides i beslutningsmodellen. Investering i dag har to effekter sammenlignet med en "vente og se" strategi. Den første er verdien av fleksibilitet som reflekterer ledelsens evne til å vente, og dermed ikke investere under usikre betingelser. Tidlig investering ødelegger verdien av fleksibilitet. Videre er det en strategisk effekt siden tidlig investering kan signalisere en troverdig binding som kan påvirke konkurrentenes handlinger. Strategisk verdi er sårbar for tiltak fra nåværende konkurrenter og nye aktører med teknologi som kan endre bransjens konkurranseforutsetninger (Porter, 1980). Miltersen og Schwartz (2002) viser blant annet hvordan en realopsjonsmodell kan ta hensyn til at konkurrerende prosjekt (investering under usikkerhet) framskynder tidspunkt for investering, fordi konkurransen i mange tilfeller reduserer verdien av å vente. I denne artikkelen utvikles en modell for å analysere patent beskyttede FoU-prosjekt når det er (imperfekt) konkurranse i utviklingen og markedsføringen av sluttproduktet. De konkurransemessige interaksjoner som inntreffer kompliserer løsning på investeringsproblemet siden beslutningstakeren ikke bare

²⁵ Europeisk opsjon er en kjøps- (c_0) eller salgsoptjon (p_0) som kan utøves på et avtalt tidspunkt T i fremtiden.

²⁶ Amerikansk opsjon (C_0 eller P_0) (uendelig levetid) som kan utøves på eller inntil et gitt tidspunkt i fremtiden.

må ta hensyn til faktorene som påvirker egne beslutninger, men også faktorene som påvirker konkurrentenes investeringsstrategi.

Utvidet nettonåverdi = statisk netto nåverdi + opsjonsverdien + strategisk verdi

Under realistiske forutsetninger kan bedriften gjøre trinnvise investeringer slik at den ikke er forpliktet til å fullføre investeringen. FoU genererer en fremtidig rett til kommersialisering. Forskning kan tolkes analogt med en opsjon fordi det skapes verdifulle muligheter uten forpliktelse til å fullføre prosjekter. Dersom beslutningstaker forutsetter ”commitment”, vil verdien undervurderes. I det hypotetiske prosjektet OPTImalt må det tas to beslutninger, først må bedriften bestemme om FoU skal startes, deretter hvorvidt sluttproduktet skal kommersialiseres. Den første beslutningen må tas i dag, men den andre kan utsettes til mer usikkerhet er avslørt. Kommersialisering kan dermed tolkes som en europeisk kjøpsopsjon med to år til forfall (T), der kontraktsprisen (K) er kostnaden ved å bygge produksjonsanlegget. Underliggende aktiva (S_0) er den diskonterte verdien av prosjektets forventede fremtidige kontantstrømmer. I tillegg må det investeres i FoU for å få tilgang til kommersialiseringsfasen. Prosjektet tolkes som en sammensatt opsjon (compound option).

Dette kan illustreres ved å anta usikkerhet (σ) i kontantstrømmene tilsvarende OSE 45 (jfr. 2.3.1), og at Black & Scholes opsjonsprisinde modell (jfr. 5.3.2) kan brukes.²⁷ Opsjonsparametrene er som følger $S_0 = 1107$, $K = 1560$, $\sigma = 0,428$, $T = 2$, $r = 0,04$ og $\delta = 0$, notasjon og betydning blir forklart og illustrert i senere avsnitt (jfr. 4.4 og 4.5). Rettighetene til kommersialisering blir 163,7, fratrukket FoU ($PV=82$) er prosjektverdien beregnet til 81,7.

3.5 Koblingen mellom strategi og finans

Myers (1984) er blant de første til å koble strategisk planlegging og finans. Med strategi i denne sammenhengen menes det forvaltning av bedriftens portefølje av realopsjoner. Dagens investeringskostnad settes i sammenheng med fremtidige investeringsmuligheter (opsjoner), og investeringene analyseres ved bruk av en opsjonstankegang der investering i første fase må gjøres for å få tilgang til den neste (strategisk planlegging). Av senere litteratur kan det henvises til Amram og Kulatilaka (1999a, 1999b), som viser at analogien til finansielle

²⁷ Notasjon og modeller er ikke innført enda, eventuelle lesere som ikke er kjent med begrepene anbefales å lese kapittel 4 og 5 (evt. standard lærebøker innen opsjonsteori f.eks Hull (2003), for deretter se på dette eksempelet.

opsjoner er egnet til strategisk planlegging siden det strukturerer og identifiserer strategiske muligheter. En videreutvikling av Myers tankegang finnes i Luehrman (1998), som tolker bedriften som en portefølje av realopsjoner. Ved bruk av enkle numeriske beregninger knyttes realopsjoner opp mot optimalt strategisk valg for timing av investeringer. Luehrman benytter en matrise der den horisontale akse er en "value to cost" verdi, som tilsvarende verdien av underliggende delt på nåverdien av investeringskostnaden. Den vertikale akse er usikkerhet i kontantstrømmene målt ved standardavvik. Matrisen er dermed utgangspunktet for strategisk planlegging, der prosjektene kategoriseres ut fra "value to cost" verdi og standardavvik. Prosjekt med "value to cost" større enn 1 er typisk prosjekt som aksepteres, optimal timing (umiddelbart, kanskje nå eller senere) avhenger av usikkerheten i kontantstrømmene. Dersom prosjektet har "value to cost" verdi mellom 0 og 1, er optimal timing (kanskje senere, sannsynligvis ikke eller aldri) også avhengig av svingningene i kontantstrømmene. Matrisen viser at prosjekt som i utgangspunktet er lite lønnsomme, kan være verdifulle i fremtiden ved en gunstig utvikling i økonomien. Realopsjoner er dermed et egnet verktøy for strategisk planlegging og styring. Rammeverket skaper kontakt mellom kvantitativ verdsettelse og den kvalitative strategiske tankeprosessen, og fokuserer på kildene til verdiskapning.

3.6 Empirisk bevis og diskusjon

Det er gjort mange undersøkelser som viser at nåverdimetoden er den mest utbredte metoden ved investeringsanalyse. En undersøkelse gjort av Klammer (1972) viste at 19 % av 100 store selskap brukte metoden ved prosjektanalyse i 1959, og innen 1970 hadde tallet steget til 50 %. Schall, Sundem, og Geijsbeek (1978) gjorde en tilsvarende undersøkelse som viste at 86 % av 424 store bedrifter brukte nåverdimetoden. Av nyere forskning kan det henvises til Graham og Harvey (2001), som viser at over 75 % av Fortune 500 selskapene i USA bruker NPV og IRR, tilsvarende bruker bare 25 % realopsjoner. Brounen, Jong og Koedjik (2004) viser at realopsjonsbaserte modeller brukes i 30- 50 %²⁸ av europeiske bedrifter, tilsvarende tall for Amerika er i følge artikkelen i underkant av 27 %. En alternativ innfallsvinkel ved vurdering av nåverdimetoden og realopsjoner kan være å se på empiriske undersøkelser som tar for seg hvorvidt metodene forklarer aktivaenes markedsverdi. Slike undersøkelser mangler i IKT, og analysen vil derfor fokusere på om metode og innsikt fra tilgjengelig litteratur kan overføres.

²⁸ USA: 26,56 %, UK: 29,03 %, Nederland: 34,69 %, Tyskland: 44,04 % og Frankrike: 53,06 %.

Paddock, Siegel og Smith (1988) undersøkte leasingkontrakter i oljesektoren. Prøveboring er opsjonspremien som betales for å gi bedriften rettigheter til å hente opp olje dersom testresultatene blir positive. Beslutningen om å hente opp oljen kan utsettes (timing option). Undersøkelsen viser at verdi funnet ved bruk av realopsjoner er nærmere bud på kontrakter enn det som blir funnet ved nåverdimetoden. Realopsjoner gir i tillegg en regel for optimal timing av utnyttelse av oljeressurser. Det blir vanskelig å anvende dette rammeverket innen IKT, dette skyldes blant annet at det for teknologi er vanskelig å finne markedspriser på sammenlignbare aktiva. Prosjektene er ofte unike, noe som medfører at en realopsjonsanalyse må spesialtilpasses hvert prosjekt. En empirisk undersøkelse vil derfor bli komplisert. Innen oljesektoren er det i tillegg mulig å finne gode estimat på kostnad til prøveboring, utvikling og opphenting av olje, mens dette er ikke tilfellet for teknologiprojekter. Kontraktsprisen for slike prosjekt er ofte påvirket like mange usikkerhetskilder som underliggende aktiva.

Quigg (1993) bruker en kontinuerlig modell med uendelig horisont og to usikkerhetskilder (utviklingskostnad og underliggende aktiva) for å undersøke investeringer i fast eiendom. Her brukes data fra bebygde områder til å finne verdien av landområder med opsjon på utbygging. Undersøkelsen viser at markedsverdien på landområder reflekterer en opsjonspremie for optimal utvikling på omtrent 6 % av verdien. Det blir også indikert at for eiendommer av mer spekulativ karakter vil opsjonspremien øke, dette er intuitivt da usikkerhet øker verdien på en kjøpsopsjon. Det blir vanskelig å anvende modellen innen teknologi, siden den er basert på at det eksisterer markedspriser på allerede bebygde industriområder (sammenlignbare aktiva).

Berger, Ofek og Swary (1996) undersøker hvorvidt substansverdien på bedriftens aktiva kan tolkes som en nedleggelsesopsjon. Poenget er at ledelsen kan skrinlegge prosjektene og selge produksjonsanleggene når usikkerhet i fremtidige kontantstrømmer er avslørt. Bokførte verdier brukes til å estimere verdien av en amerikansk nedleggelsesopsjon. Undersøkelsen finner en positiv og signifikant sammenheng mellom markedsverdi og nedleggelsesverdi. Det er intuitivt at opsjonens verdi øker med salgsprisen på produksjonsmidlene. En tilsvarende undersøkelse innen teknologibaserte bedrifter ville vært problematisk. Som nevnt tidligere er de bokførte verdien enten ekstremt lave eller fraværende for teknologibedrifter, i tillegg består prosjektene av spesialiserte innsatsfaktorer hvilket reduserer utraneringsverdien vesentlig.

Moel og Tufano (2000) analyserer gruvedrift ved hjelp av rammeverket til Brennan og Schwartz (1985). Ved bruk av en database (kostnadsstruktur, gullpriser, volatilitet, driftsstatus

osv.) for amerikanske gruver i periode 1988-1997 bekreftes det at gruvestatus (drift, stengt og midlertidig stengt) og fleksibilitet i gruvedrift forklares godt med utgangspunkt i en realopsjonsmodell. Driftsstatus er påvirket av pris og volatilitet i gullavkastning, bedriftens kostnadsstruktur og størrelsen på gruvereservene. Det er problematisk å bruke rammeverket innen teknologi, først og fremst fordi tilgang på empiriske data er begrenset/fraværende.

Undersøkelsene finner bevis på at realopsjoner gir større forklaringskraft når det gjelder markedsverdi enn nåverdimetoden. Forklaringen på hvorfor NPV dominerer i praksis kan derfor ikke være at metoden gir bedre verdiestimer. Det kan være interessant å gjennomføre en empirisk undersøkelse av hvorfor realopsjoner ikke anvendes i praksis for å belyse temaet.

3.7 Oppsummering og overgang til realopsjonsanalyse

Kapittel 1-3 viser at det kan være komplisert å modellere og verdsette investeringer som er preget av mange usikkerhetskilder og som har fleksibilitet til å utsette hele eller deler av investeringsbeslutningen. Tradisjonell nåverdianalyse basert på en umiddelbar beslutning ignorerer et prosjekts opsjonsegenskaper. Et mål for evalueringsmetoder bør være at de avdekker kildene til verdiskapning. Markedsverdien på teknologiprojekt består av statisk nåverdi, verdien av fleksibilitet og strategisk verdi, der de to sist nevnte kildene er betydelige. Dette medfører at nåverdimetoden ikke er egnet for slike prosjekter. Det bør benyttes metoder som er basert på innsikt fra opsjonsteori og spillteori av den enkle grunn at de ivaretar verdien av fleksibilitet og strategisk verdi på aktiva som enda ikke er på plass i bedriften. Bedriften betraktes som en portefølje av realopsjoner som aktivt forvaltes og påvirkes av konkurrenters handlinger og teknologisk utvikling. Analysen av bedriftene på Oslo Børs og diskusjonen av nåverdimetoden viser at verdsettelse av teknologi er komplisert. En analyse av hvorvidt dette kan forenkles ved å benytte analogien til finansielle opsjoner følger i de neste kapitlene.

4 Realopsjoner i IKT-investeringer

Realopsjoner er en metode for å evaluere og styre investeringer i realaktiva som er preget av usikkerhet og fleksibilitet. Opsjoner er verdifulle fordi de gir eieren en rett, men ikke plikt til utøvelse. Prinsipielt handler realopsjoner om verdien av å beholde eller skape valgfrihet i enhver økonomi der grunnlaget for beslutninger endres kontinuerlig. Videre drøftes hvorvidt tradisjonell opsjonsteori kan benyttes til å identifisere og verdsette realopsjoner innen IKT.

4.1 Definisjon og typer av realopsjoner

En realopsjon kan defineres som en beslutning eller rett, men ingen forpliktelse til å kjøpe eller selge realaktiva til en spesifisert alternativkostnad (Trigeorgis, 1996: 1-388). Ved å formulere investeringen som et betinget krav²⁹ på underliggende aktiva og bruke analogien til finansielle opsjoner, kvantifiseres verdien av fleksibilitet i realinvesteringer. Underliggende er nåverdien av prosjektets kontantstrømmer dersom det realiseres i fremtiden. Opsjonen kan være betinget av materielle og immaterielle eiendeler.³⁰ Metoden krever at prosjektet er preget av usikkerhet og fleksibilitet under levetiden. For at en realopsjon skal være verdifull, må i tillegg opsjonen utøves rasjonelt, hvilket innebærer forvaltning med profittmaksimerende atferd. Realopsjoner er ansett for å være egnet dersom det eksisterer usikkerhet vedrørende fremtidige utfall, som i tillegg kan påvirkes av ledelsens fleksibilitet og evne til å reagere (Dixit og Pindyck, 1994). Det forutsettes at investeringene er helt eller delvis irreversible, og at utbetalingsstrukturen har asymmetriske egenskaper.³¹ Det antas at alle perspektiv vedrørende et realprosjekt kan kvantifiseres, slik at det blant annet er tatt hensyn til faktorer som etiske perspektiv i kontantstrømmene.

4.1.1 Opsjonstypene som er utgangspunkt for realopsjoner

Kjøps- og salgsopsjoner er de vanligste opsjonstypene. Begrepet eksotiske opsjoner brukes om andre typer opsjonskontrakter med mer kompliserte vilkår. Det skilles mellom standardiserte (børsomsatte) og ikke-standardiserte opsjoner. Ved verdsettelse benyttes det at realopsjoner kan tolkes som kjøpsopsjoner, salgsopsjoner eller sammensetninger av begge to.

²⁹ Betinget krav brukes ofte fordi utbetalingen er "betinget" av verdiutviklingen på en underliggende variabel.

³⁰ Eiendeler uten fysisk tilstedeværelse, som forskning og utvikling, patenter, lisenser, goodwill osv.

³¹ Opsjonsverdien kan splittes i to, den verdien opsjonen har med dagens markedspriser og verdien den kan få ved fremtidige prisendringer. Dagens opsjonsverdi er forskjellen mellom spotprisen og kontraktsprisen. Hvis spotprisen er lavere enn kontraktsprisen er verdien null for en kjøpsopsjon. Men fordi spotprisen svinger, kan den i fremtiden bli høyere enn kontraktsprisen (selv om den på verdifastsettelsestidspunktet er lavere). En opsjon representerer en rett, dette betyr at negative verdier ved forfall ikke realiseres (derav asymmetrisk utbetaling).

Kjøpsopsjon: En kjøpsopsjon er en rett, men ikke en plikt til å kjøpe et aktivum på et forhåndsbestemt tidspunkt eller periode, til en forhåndsbestemt pris. Utstederen plikter å levere underliggende dersom opsjonen benyttes. Kontraktsprisen er den forhåndsbestemte prisen som betales ved utøvelse. Opsjonen gir utbetaling når verdien av underliggende aktiva overstiger kontraktsprisen. Profitt er utbetaling fratrukket framtidig verdi av kjøpskostnaden.

Salgsopsjon: En salgsopsjon gir eieren rett, men ikke plikt til å selge underliggende aktiva til en forhåndsbestemt pris på et forhåndsbestemt tidspunkt eller periode. Utstederen plikter å kjøpe underliggende aktiva dersom opsjonen utøves. Utbetaling skjer når kontraktsprisen er høyere enn verdien på underliggende. Profitt defineres på samme måte som for kjøpsopsjoner.

4.1.2 De vanligste realopsjonene

Realopsjoner kan anvendes i mange beslutningssituasjoner, noe som illustreres (jfr. 1.1) i blant annet Trigeorgis (1993). For diskusjon av hvilke situasjoner og prosjekt realopsjoner faktisk er egnet kan det henvises til Adner og Levinthal (2004). Opsjonsaspektene innen IKT struktureres i denne utredningen ved bruk av Amram og Kulatilakas (1999b) rammeverk.³²

Timing Options: En bedrift kan ofte utsette hele eller deler av investeringsbeslutningen til usikkerhet(en) i fremtidige kontantstrømmer er helt eller delvis avslørt. Verdien av å investere i dag må sammenlignes med nåverdien av å investere på et gitt tidspunkt i fremtiden (McDonald og Siegel, 1986). Verdien avhenger av at usikkerhet helt eller delvis avsløres i løpet av levetiden. Opsjonspremien er prisen som betales for å kunne utsette uten å miste fremtidige rettigheter.

Growth Options: En initialinvestering kan gi bedriften kompetanse som gjør den i stand til å utnytte fremtidige vekstmuligheter bedre enn konkurrentene (Kulatilaka og Perotti, 1998). Slike strategiske investeringer definerer bedriftens langsiktige konkurranseposisjon. Aksept av prosjekt med lav eller negativ nettonåverdi kan dermed forklares (og forsvares) ut fra strategiske hensyn. FoU kan gi rettigheter til ekspansjon i nye markeder og produkter. Kunnskap og kompetanse kan gi strategiske posisjoner ovenfor konkurrenter, som kan gi ytterligere vekstmuligheter.

³² Benaroch (2002) skiller mellom to typer av realopsjoner i IKT: "operating options" (timing, scale og scope) og "strategic growth options" (vekstmuligheter). Turvey (2001) bruker timing option, growth option, flexibility option, exit option, learning options, hybrid options, compound og plattform options og rainbow options.

Staging Option: Nåverdimetoden antar at bedriften i dag binder seg til å fullføre prosjektet, realopsjoner tillater trinnvise beslutninger. Prosjektene styres optimalt, og bedriften unngår å binde ressurser i senere trinn ved negativ markedsutvikling (Kort, Murto og Pawlina, 2004). Bedriften kan avvike fra opprinnelig investeringsplan. Prosjekt kan utsettes, fremskyndes eller skrinlegges (optimal strategi) når usikkerhet rundt kontantstrømmene helt eller delvis avsløres (Majd og Pindyck, 1987). Dette innebærer en avveining mellom fleksibilitet og strategisk posisjonering. Det er dyrt å akseptere trinnvis og en utsettelse kan svekke konkurranseevnen.

Exit options: Dersom en investering er mindre lønnsom enn tidligere antatt, er det ønskelig raskt og effektivt å unngå de negative kontantstrømmene (Trigeorgis, 1996). Et prosjekt skrinlegges (abandonment option) når substansverdien overstiger verdien ved fortsatt drift (Myers og Majd, 1990). Exit opsjoner kan kunstig bygges inn i prosjekt. En softwareutvikler kan "kjøpe" en slik opsjon ved å ansette på korttidskontrakter og (eller) leie lokaler. Premien kommer i form av høyere lønns- og leiekostnader. Denne kostnaden kan det være optimalt å betale hvis bedriften opererer i volatile markeder, med stor sannsynligheten for ikke å lykkes.

Flexibility options: Flexibilitet kan bygges inn i et prosjekt for å kunne dra nytte av endrede markedsforhold. Det er klart at et prosjekt med valgmuligheter (som har verdi) vil være mer verdifullt enn et med begrensede muligheter (Kulatilaka og Trigeorgis, 1994). Flexibilitet må vurderes opp mot kostnaden ved å bygge inn opsjonen og ved å bytte mellom teknologiene.

Operating Options: Analogt med en exit opsjon kan det være gunstig å kunne skalere opp og ned produksjonen ved endrede omgivelser (Trigeorgis, 1996). En softwareprodusent kan ha noen programmerere på korttidskontrakter og tilpasse lønnskostnadene til svingningene i etterspørselen. Hardwareprodusenter kan inngå opsjonskontrakter på produksjon i to land, og har dermed mulighet til å bytte mellom landene dersom det relative kostnadsforholdet endres.

Compound Options: Amram og Kulatilakas (1999b) gir en systematisert oversikt som ikke reflekterer markedsforholdene. Prosjekt er sammensatte opsjoner (compound option), noe som også bemerkes avslutningsvis i artikkelen. For en enkel illustrasjon av verdsettelse av sammensatte opsjoner kan det henvises til Ekern (1988).³³ IKT har ikke bare vekstopsjoner, de kan utsettes, skrinlegges og utbygging kan gjøres trinnvis. Prosjektene er betinget av en initialinvestering i FoU. Strategiske investeringer gir muligheter, som er påvirket av

³³ Utvinning av olje er betinget av en første investering i utvikling av et oljefelt, og beslutningene må tas etter hverandre. Utvikling av feltet (opsjon), gir mulighetene til å utvinne olje på et senere tidspunkt (opsjon).

usikkerhet og utvikling over tid. Initialinvesteringen gir tilgang på infrastruktur, erfaring og nye produkter (biprodukt), som deretter gir reduserte kostnader og kvalitetsforbedringer på nåværende og nye produkter. Plattformen og infrastruktur kan gi eiendomsrett til teknologi og varige konkurransefortrinn.

4.2 Usikkerhetskilder i informasjons- og kommunikasjonsteknologi

Usikkerhet er ofte den viktigste grunnen til at det kan være lønnsomt å utsette eller å velge en annen realinvestering enn det som umiddelbart virker mest attraktivt. Lønnsomhet kan bedres ved å investere senere eller annerledes. Det spesielle med IKT er at investeringskostnaden kan være mer usikker enn fremtidige inntekter, spesielt for store prosjekt med lang fullføringstid. Pindyck (1993) analyserer prosjekt med irreversible kostnader og kostnadsusikkerhet, og viser at usikkerhet bør vurderes grundig før bruk av realopsjoner. Ekern og Stensland (1993) skiller mellom prosjektintern og prosjektstern usikkerhet, og knytter dette opp mot usikkerhet og verdsettelse. Prosjektintern usikkerhet avsløres kun ved (delvis) implementering (læringseffekt osv.). Prosjektstern usikkerhet avsløres uavhengig av når prosjektet iverksettes og gir venteverdi. Teknologisk risiko³⁴ (FoU, effektivitet), markedsrisiko (etterspørsel, priser), usikkerhet om markedsstruktur og konkurranse (fra monopol via oligopol til frikonkurranse), og politisk risiko (skatt, regulering) er aktuelle i ulik grad i forskjellige realprosjekt. Risikoen er ofte vanskelig å kvantifisere, særlig ved korrelasjon og interaksjoner. Det forutsettes at utsettelse avslører helt eller delvis usikkerheten i fremtidige utbetalinger. Videre diskuteres usikkerhet for investeringer i realaktiva, med spesielt fokus på IKT. Det indikeres også hvilke opsjoner som kunstig kan konstrueres for å redusere usikkerheten i et prosjekt. Usikkerhet i underliggende og kontraktspris som verdidrivere for et prosjekt diskuteres i avsnitt 4.5.4.

En forutsetning for bruk av realopsjoner er at det eksisterer usikkerhet vedrørende fremtiden. Prinsipiell innsikt i de ulike usikkerhetskildene er dermed sentralt. Som nevnt innledningsvis er det hovedsakelig to usikkerhetskilder som det refereres til i standard opsjonslitteratur. Det er vanlig å skille mellom endogen og eksogen usikkerhet (alternativt prosjektintern og

³⁴ Utredningen skiller mellom begrepene risiko og usikkerhet (Knight, 1921: 195-232), risiko omfatter svingninger i kontantstrømmene der det er mulig å finne passende sannsynlighetsfordeling (kvantifiserbar) som gjenspeiler alle fremtidige utfall. En slik sannsynlighetsfordeling impliserer at fremtidige utfall kan kvantifiseres. Betegnelsen usikkerhet brukes om investeringsalternativ der konsekvensene av hvert alternativ hører til en delmengde av alle mulige fremtidige konsekvenser, men beslutningstaker kan ikke fastsette sannsynligheter for de forskjellige utfallene.

prosjektekstern). Endogen er bedriftsspesifikk som kan diversifiseres bort ved konstruksjon av porteføljer, enten på selskapsnivå (prosjekt/produkt) eller på investorsiden (porteføljer). Eksogen refererer seg til markedet og er ikke diversifiserbar ettersom alle prosjekt er påvirket.

4.2.1 Prosjektintern usikkerhet

Prosjektusikkerhet forventes utelukkende å være endogen, og kan splittes opp i usikkerhet i tid og kompleksitet. Fullføringstiden for de fleste IKT prosjekt er preget av usikkerhet, i følge Erdogmus (2002) blir mer enn 20 % av software prosjekt aldri fullført og mindre enn 20 % blir fullført i henhold til budsjetter og tidsestimater. Artikkelen indikerer videre at dette skyldes vanskeligheter med å finne gode estimater på de nevnte størrelsene, av grunner nevnes det spesielt teknologisk utvikling, kunnskap og kompetanse, forretningsmiljø og bedriftskultur. Kompleksiteten øker ettersom prosjektene blir større og mer fremmed (Dey, 2002). Det er usikkerhet i alt fra planlegging og design, ressurser, likviditet, tilgjengelighet, økonomisk, teknologisk og politisk utvikling og statlige reguleringer og konkurranse. Prosjektusikkerhet bør analyseres grundig før en eventuell investering. Datta og Mukherjee (2001) understreker betydningen av å ha et godt system for identifisering og kvantifisering av risiko, respons og risikokontroll ("risk management"). Usikkerhet må vurderes og evalueres i sammenheng, kildene vurdert isolert er en dårlig indikator på prosjektets totale risiko (usikkerhet). Ved økende kompleksitet og omfang indikerer også artikkelen at det er optimalt å konsentrere analyse om kildene av signifikant betydning for prosjektverdien.

Jiang og Klein (2001) gir en oppsummering fra flere undersøkelser som blant annet anslår at mer enn 50 % av softwareprosjekt i Amerika overskrider budsjetter. Halvparten av informasjonssystemene overskrider både tidsplaner og budsjetter, en tredjedel blir aldri fullført og bare en sjettedel blir fullført etter planen (tid og kostnad). For store og komplekse IKT-prosjekt antyder artikkelen at 85 % av prosjektene mislykkes i utviklingsfasen. Av mulige forklaringer antydes det ikke eksisterende eller motvillige brukere, omfattende implementeringsfase, manglende brukerstøtte, dårlig ledelse, utilstrekkelige ressurser, teknologisk kompleksitet og manglende erfaring. Avslutningsvis konkluderes det med at en utfordring for å øke fullføringsgraden og dermed lønnsomheten av IKT relaterte prosjekter er å identifisere usikkerhet og kartlegge handlingsalternativer. Artikkelen indikerer dermed indirekte at en kvalitativ realopsjonsanalyse har stor verdi (jfr. 7.7), siden realopsjoner kan kontrollere og redusere prosjektusikkerhet (jfr. prosjekt størrelse, kompleksitet og teknologisk

utvikling). Et annet moment artikkelen antyder er at usikkerhet i fullføringstid er den mest omfattende og betydningsfulle usikkerhetskilden innen IKT. Det kan dermed være uheldig å anvende en modell som antar en spesifisert levetid. Formulering som amerikanske opsjoner kan være hensiktsmessig, men det vil allikevel være problematisk å anslå forfallstidspunktet.

Dersom usikkerhet i fullføringstid identifiseres og kartlegges, kan Benaroch (2002) være nyttig. Her indikeres det at usikkerheten kan reduseres ved enten å utsette investeringen, investere trinnvis, full investering (men med outsourcing og leasing) eller full investering med muligheter for skalering og skrinlegging. Trinnvis planlegging og bygging (staging options) kan dempe prosjektets nedside, skrinlegging (exit option) og muligheten til å endre prosjektets skala (contract/expand) er spesielt verdifulle. Utsettelse og trinnvis investering kan delvis avsløre slik usikkerhet, spesielt dersom det eksisterer sammenlignbare prosjekter som allerede er iverksatt (læringseffekter).

Immaterielle eiendeler er ofte et kjennetegn på høyteknologiske prosjekter. Generelt er usikkerheten relatert til slike eiendeler endogene. Dette inkluderer humankapital (ansattes produktivitet, gjennomtrekk osv.), kunnskap, kompetanse og merkevare. Usikkerheten kan reduseres ved å ha muligheten til å bytte produksjonen mellom regioner og land. Muligheten til å skrinlegge eller skalere kan være verdifull dersom det økonomiske grunnlaget endres. Immaterielle eiendeler er som oftest verdiløse dersom IKT-prosjektet mislykkes, fordi det er sjelden slike eiendeler har en substansverdi. FoU, patenter og kontrakter er immaterielle eiendeler, analysert i en opsjonssammenheng kan det være nyttig å kjøpe rettighetene, for deretter utsette prosjektet til usikkerhet er avslørt eller til usikkerhetskildene kan kvantifiseres (eller alternativt for å hindre "brysomme konkurrenter" tilgang til markedet).

Finansiell usikkerhet kan være en betydelig risikofaktor for et realprosjekt, spesielt innen IKT der fullføringstiden er usikker (jfr. prosjektusikkerhet). Dersom fullføringstid er usikker er prosjektet avhengig av å ha nok finansielle resurser tilgjengelig til enhver tid. Likviditet er dermed et viktig nøkkelord ved verdsettelse av slike realopsjoner. Dersom bedriften ikke har kapital og resurser til å forvalte og administrere prosjektene, har dette stor betydning for prosjektverdien. Dette er spesielt tilfellet innen IKT der egenkapital er den dominerende kapitalkilden, tilgang på ny egenkapital i løpet av implementeringsfasen er omfattende og tidkrevende hvilket kan gi konkurrenter store konkurransefortrinn. Usikkerhet i likviditet kan

reduseres ved å utsette prosjektet eller bygge inn skrinleggingsmuligheter. Alternativt kan kostnadsusikkerhet avsløres ved FoU, outsourcing, leasing eller pilotprosjekter.

Produktusikkerhet: Usikkerhet vedrørende produktet kan splittes opp i usikkerhet om kvalitet (Pawlina og Kurt, 2002), ytelse og eiendomsrettigheter (Kester, 1984) og standarder. Kvalitet refererer seg til kvaliteten på innsatsfaktorene, ytelse refererer seg til funksjonalitet (i henhold til spesifikasjoner), eiendomsrettigheter er ofte usikre (og lite betydningsfulle) siden konkurrenter kan komme med produkter med tilsvarende funksjoner og kopisperrer kan oppheves (jfr. musikk og filmbransjen). Usikkerhet i kvalitet og ytelsen kan reduseres og kontrolleres ved trinnvis implementering (staging option), hvilket gir muligheter til skalering og skrinlegging (exit option) i løpet av prosjektets levetid. Eiendomsrettigheter og standarder kan bare avsløres ved å utsette prosjektet eller ved å bygge inn muligheter til alternativ bruk av ressursene og prosjektet. Det er i tillegg et problem at eiendomsrettigheter bare er verdifulle for en kort periode, kontinuerlig teknologisk utvikling kan føre til nye produkter som erstatter patenterte produkt (dekker behovet ved bruk av andre teknologiske løsninger).

4.2.2 Prosjektekstern usikkerhet

Markedsusikkerhet: Markedsusikkerhet er hovedsakelig eksogen. Men siden bedriftene er en del av markedet og dermed en kilde som påvirker markedet, kan markedsusikkerhet også være delvis endogen (monopol, oligopol). Markedsusikkerhet kan være usikkerhet vedrørende eksisterende og potensielle konkurrenter, volum og pris på tilbudssiden og i produktmarkedene. Virkningen av usikkerhet i produktmarkedet kan reduseres ved å legge inn muligheter til å bytte mellom teknologier, innsatsfaktorer og produkter. I tillegg kan skaleringsopsjoner og muligheten til å skrinlegge være verdifull. Det kan også være verdifullt å utsette slik prosjekt, da usikkerhet avsløres uavhengig av bedriftens handlinger.

Regionspesifikk usikkerhet: En annen kategori usikkerhet er regionspesifikk usikkerhet. Dette dreier seg om usikkerhetskilder som påvirker hele regionen, og er dermed eksogent gitt for den enkelte bedriften. Dette kan være politisk risiko (krig, regulering, skatt og lovgivning) og naturfenomen (klima endringer og naturkatastrofer), infrastruktur og sosial risiko (tradisjoner, verdier og religion). Den viktigste opsjonen vedrørende regionspesifikk usikkerhet er muligheten til å bytte (option to switch), siden den får sitt verdielement av muligheten til å reagere på endringer (skatt osv.) ved å flytte bedriftens ressurser og produksjon til en annen

region eller et annet land. Verdien av å kunne utsette investeringen kan også være stor, bedriften kan vente med å investere til usikkerhet vedrørende politisk risiko er avklart. Det kan også være usikkerhet tilknyttet statlige reguleringer og bestemmelser. Alleman og Rappoport (2002) fokuserer på hvordan konsesjonsregulerte krav til utbygging av fysiske nett påvirker verdien av nettutbygging (f. eks ikke mulighet til å begrense levering av bredbånd).

Ukjent usikkerhet finnes i nesten alle prosjekt, og spesielt innen IKT. I følge Royer (2000) er dette en av hovedårsakene til at investeringene mislykkes. Ufullstendig risikospesifikasjon er en av de største årsakene til at prosjektene ikke fullføres til forventet tid og budsjetter, i følge artikkelen kan "risk management" redusere usikkerheten. Dette innebærer identifisering av risiko, utarbeiding av strategier og betingende planlegging. Det påpekes videre at dersom risiko lett kan identifiseres og kvantifiseres ved økende ressursbruk i planleggingsfasen, er prosjektstyring ikke noe problem, men det indikeres at dette sjelden er tilfellet. Usikkerhet må identifiseres og klassifiseres, betydning for prosjektverdien må kartlegges og det må legges planer for å identifisere utvikling for de forskjellige risikokildene. Artikkelen skiller videre mellom gjenkjennelig usikkerhet og "unmanaged assumptions", hvor førstnevnte faller inn under kategorien risiko og kan kvantifiseres, sistnevnte refererer seg til antagelser som er påvirket av usikkerhetskilder som ikke kan kartlegges før prosjektet settes i gang. Det er vanskelig å redusere usikkerhet som ikke kan identifiseres og kvantifiseres. Trinnvis investering (staging option), med mulighet til ekspansjon og skrinlegging kan redusere nedsiderisikoen og effekten av denne typen usikkerhet. Det forventes at usikkerheten avsløres i løpet av opsjonens løpetid, slik at det er verdifullt å kunne gjøre investeringene når mer usikkerhet vedrørende prosjektets fremtidige kontantstrømmer er avslørt.

4.2.3 Korrelasjon mellom usikkerhetskildene

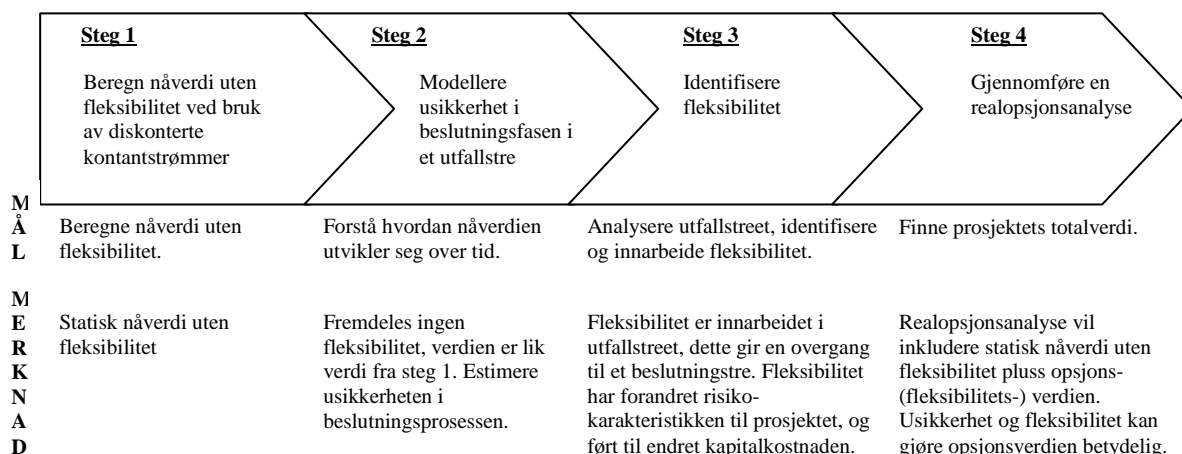
Usikkerhetskildene som realopsjonene er gjenstand for kan være korrelerte. Dette må det tas hensyn til ved verdsettelse. Politiske endringer vil påvirke både reguleringer, skatt og lovgivning. Korrelasjon mellom opsjoner har vært analysert i mange tilfeller, mens problemet med korrelasjon mellom usikkerhetskildene har fått mindre oppmerksomhet. Verdidriverne for realopsjoner (usikkerhetskildene) kan være korrelerte. Korrelasjon mellom opsjoner kan tas hensyn til ved verdsettelse, beslutningstaker kan finne optimal strategi ved hver beslutningsnode og tilhørende kontantstrøm. Korrelasjon mellom usikkerhetskilder kan generelt ikke bestemmes på en matematisk presis måte. Ofte vil det være et subjektivt

korrelasjonsestimat som blir estimert og visualisert.³⁵ Det er viktig med gode anslag på korrelasjonen, siden det er prosjektets totale usikkerhet som må estimeres for å kunne få gode indikatorer på volatilitet ved opsjonsberegninger. Som nevnt tidligere er slike estimat ofte kvalitative anslag, men det kan også være mulig å estimere korrelasjon med utgangspunkt i historiske markedsdata (dersom det er tilgjengelig). Dette illustreres i avsnitt 7.3.

4.3 Realopsjonsanalyse (ROA) – en firetrinns modell

Ved bruk av realopsjoner kan det være hensiktsmessig å benytte Copeland og Antikarovs (2003: 220) firetrinns modell.³⁶ Først beregnes verdien uten fleksibilitet, deretter modelleres usikkerhet og fleksibilitet, til slutt verdsettes realopsjonene ved bruk av numeriske metoder.

Første steg er estimering av kontantstrømmene under forutsetning av fravær av fleksibilitet (commitment). Det *andre steget* er å modellere utfallstreet, som modellerer usikkerheten som driver verdien av underliggende aktiva over tid (ingen beslutningsnoder). Det *tredje steget* kobler ledelsens fleksibilitet opp mot utfallstreet. Det blir dermed et beslutningstre med beslutningsnoder som viser utbetaling fra optimal strategi betinget av videre hendelsesforløp. I det *fjerde steget* gjøres numeriske beregninger ved bruk av opsjonsteori. Beslutningstaker kan dermed ta en beslutning basert på en modell som tar hensyn til fleksibilitet og usikkerhet.



Figur 3: Generell fremgangsmåte ved en realopsjonsanalyse (Copeland og Antikarov, 2003: 220)

³⁵ Et alternativ kan være konstruksjon av "causal maps", der usikkerhetskilder kobles ved hjelp av tankekart. Kan også utvides ved å sette subjektive sannsynligheter på de forskjellige utfallene. Spesielt interesserte henvises til Nadkarni og Shenoy (2001).

³⁶ Alternativt kan det benyttes rammeverket til Luehrman (1998), der systematiseres prosessen fra første steg som er beskrivelse og identifisering av realopsjoner, til slutt knyttes resultatene opp mot en beslutningsregel.

4.4 Teoretisk fundament for realopsjoner - opsjonsteori

Et derivat er et finansinstrument der verdien avhenger av verdien på et underliggende aktiva. Det finnes tre hovedtyper derivater: opsjoner, terminer og swapper. Aktørene kan ha korte (salg) og lange (kjøp) posisjoner i derivatene. Verdien på finansielle kjøps- (C_0) og salgsoptjoner (P_0) avhenger av underliggende (S_0), kontraktsprisen (K), risikofri rente (r_f), volatilitet (σ), forfall (t, T) og dividende (δ). Analysen av realopsjoner er strukturert rundt de samme variablene, eksemplene er basert på avrundede verdier fra tabell 2.

4.4.1 Underliggende aktiva (S_0)

For finansielle opsjoner er underliggende aktiva typisk et verdipapir som en aksje, obligasjon, børsindeks eller valuta, men det kan også være en råvare eller et annet derivat. Underliggende aktiva defineres som det aktivum opsjonen gir rett på ved utøvelse. Felles for realopsjoner er at underliggende aktiva er verdien av de underliggende kontantstrømmene som genereres ved realisering av en realinvestering (utøvelse av realopsjonen). Et prosjekt tolkes som en opsjon på å motta en fremtidig kontantstrøm (representert ved nåverdien av prosjektet). Opsjonen kan verdsettes analogt til en finansiell kjøpsopsjon, ved at investeringskostnaden tolkes som utøvelsesprisen på opsjonen. For et patent er underliggende aktiva verdien av fremtidige kontantstrømmer som genereres og tilhørende vekstopsjoner. Underliggende i OPTImalt er nåverdien av kontantstrømmene som genereres ved aksept av prosjektet ($S_0=1107$).

4.4.2 Kontraktspris (K)

Kontraktsprisen er det som eierne kan kjøpe eller selge underliggende aktiva til. For opsjoner med aksjer som underliggende, er kontraktsprisen det som opsjonseiere kan kjøpe (selge) aksjen til på forfallsdato. Utstederen plikter å innfri kontrakten dersom innehaveren utøver opsjonen.³⁷ For finansielle opsjoner er det dermed ikke motpartsrisiko. Investeringskostnaden er den diskonterte verdien av fremtidig kjøpskostnad, og dette beløpet er kontraktsfestet. For realopsjoner er kontraktsprisen det som utøver kan kjøpe (selge) underliggende aktiva til. Kostnaden kan være kontraktsbasert, men ofte er det markedsprisen på investeringskostnaden på utøvelses tidspunktet. I OPTImalt er kontraktsprisen kostnaden ved kommersialisering. Ved

³⁷ For å kunne utstede en opsjon eller inngå en terminavtale kreves det at det stilles sikkerhet. Børsen vil kontinuerlig beregne sikkerhetskrav, og dette beløpet varierer fra sekund til sekund (www.nordnet.no).

utviklingen av et IT-system kan det være kostnaden ved å gjøre det kompatibelt med andre systemer. For en exit opsjon kan det være kontantstrømmene som genereres ved skrinlegging.

Problemet med realopsjoner er at det ofte ikke eksisterer en motpart som plikter å kjøpe eller selge (kjøp/salg fra "naturen") underliggende aktiva ved utøvelse. Både underliggende aktiva og kontraktsprisen må dermed modelleres ved bruk av en stokastisk prosess. McDonald og Siegel (1986) er blant de første som finner opsjonsverdien ved å investere i et prosjekt med irreversible kostnader og en beslutningsregel for optimal timing når både prosjektets verdi og investeringskostnaden er stokastisk. Ved modellering av kontraktspris kunne det alternativt vært bygd inn en konkurssannsynlighet hos entreprenør dersom investeringen ligger langt frem i tid eller det er få leverandører av "kontraktsprisen". Ved skrinlegging av et prosjekt er det ikke gitt at det er en motpart som ønsker å kjøpe maskiner og produksjonslokaler.³⁸ I IT-prosjekt kan det være vanskelig å inngå kontrakter på investeringskostnaden. Kontraktsprisen for en vekstoppsjon som utløses ved å gjøre et program kompatibelt med øvrige systemer er programmeringskostnaden. En kontrakt på programmeringstimer innebærer at bedriften selv ansetter programmerere i dag eller inngår en kontrakt med en leverandør. Førstnevnte er dyrt for bedriften (ansettelse utover dagens behov), det andre alternativet medfører store kostnader for leverandøren. Poenget er at kontraktsprisen må analyseres før realopsjoner benyttes, slik at egenskapene modelleres riktig. Modellering av en stokastisk prosess for kontraktsprisen er en kompleks oppgave, siden IKT-prosjekt er påvirket av mange (korrelerte) usikkerhetskilder.³⁹

4.4.3 Volatilitet

Volatilitet beskriver bevegeligheten (opp og ned) i verdien på underliggende aktiva som kan forventes i løpet av en periode. Ved verdsettelse av finansielle opsjoner er volatilitet estimert fra historiske data en akseptert fremgangsmåte. Det kan imidlertid være problematisk å anvende historiske størrelser ved verdsettelse av realopsjoner. Historiske data er mangelfulle eller fraværende og realmarkedene er imperfekte, i tillegg kan det være tvilsomt å anta at historisk usikkerhet kan være representativt for fremtiden siden prosjektene er ofte fundert på ny og revolusjonerende teknologi. Det er vanskelig å få realistiske anslag på volatilitet i nystartede bedrifter og i bransjer som er preget av vanskelig kvantifiserbare usikkerhetskilder. Luehrman (1998) skisserer tre alternativer for estimering av volatilitet. Kvalifiserte anslag

³⁸ Skrinlegging av et prosjekt er ofte et tegn på at produkter og ressurser ikke er lønnsomme.

³⁹ Teknologisk og markedsmessig risiko, usikkerhet i prosjektets levetid, konkurranse og politisk risiko (jfr. 4.2).

basert på markedsdata, bruk av historiske data og simulering. Estimering av volatilitet er ofte et problem fordi det mangler gode data som karakteriserer usikkerheten i realmarkeder. Dersom en ikke har grunnlag for å kvantifisere usikkerheten, er det vanskelig å avgjøre hvilke konsekvenser realopsjoner får for prosjektene. Bruk av volatilitet drøftes grundig i kapittel 6.

4.4.4 Opsjonens løpetid

Finansielle opsjoner har kontraktsfestet løpetid, enten europeisk (utøves på et avtalt tidspunkt) eller amerikansk (utøves inntil et gitt tidspunkt). Det eksisterer også mellomsituasjoner der opsjonen kan utøves i kortsiktige ”vinduer” eller fastsatte tidsintervall. Realopsjoner har sjelden en spesifisert innløsningsdato. En mulighet vil ha begrenset levetid, men innenfor dette tidsrommet kan ledelsen kunne utøve når det er optimalt. De fleste realopsjoner vil dermed være av amerikanske type med (u)endelig levetid. Amerikanske opsjoner har mer fleksibilitet enn europeiske, slik at verdien på europeiske opsjoner er en nedre grense. Denne nedre grensen benyttes ofte siden verdsettelse av amerikanske opsjoner er komplisert og tidkrevende.⁴⁰ I OPTImalt er levetiden den tid kommersialiseringsbeslutningen kan utsettes.

Bedriften kan gjøre investeringer som forlenger opsjonens levetid. Teknologisk usikkerhet kan føre til at det er stor usikkerhet knyttet til levetiden. Intens konkurranse i bransjen og små (fraværende) inngangsbarrierer kan føre til tidligere utøvelse av opsjonen enn optimalt for å forhindre at konkurrentene får strategiske posisjoner (Ankum og Smit, 1993). Et patent beskytter teknologi og opsjonens løpetid tilsvarer levetiden på patentet (Reiss, 1998).

4.4.5 Rentekostnad

Ved verdsettelse må det anvendes en alternativ rente på en risikofri plassering med samme tid til forfall som opsjonen. Som nevnt tidligere er løpetiden på realopsjoner preget av usikkerhet, noe som gjør det vanskelig å anslå rentekostnaden. Problemet kan løses ved å forutsette kjent og konstant rente over levetiden, eller alternativt bruke en stokastisk rente. IKT er påvirket av mange usikkerhetskilder slik at en stokastisk rente bør vurderes. For praktiske formål kan det forsvares å benytte et estimat (statspapirer), siden renteeffekten ofte er av mindre betydning.

⁴⁰ Selv for enkle amerikanske salgsoptjoner med endelig løpetid finnes det f. eks ikke noe formeluttrykk svarende til B&S.

4.4.6 Dividende

Finansielle opsjoner utbetaler en årlig dividende basert på årsresultat og investeringsplaner. Dividende blir vedtatt på styremøter i forkant av utbetaling slik at det er enkelt å ta hensyn til ved verdsettelse. For realopsjoner kan dividende tolkes som verdien av tapte kontantstrømmer som oppstår fordi investeringen utsettes. Det kan også være ekstrakostnader forbundet med å holde opsjonen i live. I følge Amram og Kulatilaka (1999a) representerer dette kostnaden ved å ha opsjonen, verdiforringelse ved lagring av opsjonen eller tapte markedsandeler. Dividende tilfaller eieren av underliggende, men ikke eieren av en terminkontrakt på underliggende. For tolkning av dividende kan det henvises til Bjerksund og Ekern (1990).⁴¹ Dersom "prosjektet" eller innsatsfaktorene omsettes i markedet, kan dividendeparameteren estimeres ved bruk av historiske markedsdata (Davis, 1998). Estimering av dividendeindikator er komplisert dersom underliggende prosjekt ikke omsettes i markedet, og når det ikke eksisterer et "tvilling aktivum". Problemene forsterkes dersom prosjektet er fundert på ny teknologi, og konkurransen i markedet er vanskelig kvantifiserbar. Ved fravær av gode anslag på dividende settes ofte parameteren i praksis til $\delta = 0$ ⁴² (Mann m. f, 1992, Trigeorgis, 1990). Eventuelt kan "convenience yield" forbundet med prosjektets sluttprodukt brukes, eller parameteren kan settes vilkårlig og deretter gjøre sensitivitetsanalyser (Majd og Pindyck, 1987, Quigg, 1993). Tolkningen av dividende for realopsjoner krever ofte kreativitet, men bruk av overnevnte definisjon kan være til god hjelp. Netcoms investering i 3G UMTS kan tolkes som en kjøpsopsjon. I denne forbindelsen kan Samferdselsdepartementets dagsbøter (pga. mangelfull utbygging) tolkes som dividende (kostnaden forbundet med å utsettes beslutningen).

4.4.7 Oppsummering av finansielle og realopsjoner

Oppsummeringen i tabell 4 er basert på Mun (2003b: 100), under følger innspill fra litteratur som diskuterer noen av momentene. Poenget er ikke å problematisere bruken av realopsjoner, men å illustrere praktiske og teoretiske problemer ved bruk av realopsjoner. Ved verdsettelse av finansielle opsjoner er det kun underliggende aktiva som er preget av usikkerhet, både kontraktspris, løpetid, dividende og oppgjør er sikret gjennom kontrakter og institusjoner. Problemet med realopsjoner er at investeringer i realaktiva er påvirket av vesentlig flere

⁴¹ Dividende tolkes som "rate of return shortfall" (alternativkostnad) og convenience yield (minus lagringskostnad).

⁴² For oljeinvesteringer antas ofte $\delta \geq 0$, for at det ikke skal være lønnsomt å la oljen bli liggende i reservoaret. Bjerksund og Ekern (1990) forutsetter at $\delta > 0$. Det kan også nevnes at amerikanske opsjoner med $\delta = 0$ ikke vil utøves, hvilket medfører at amerikanske og europeiske opsjoner prises likt.

usikkerhetskilder, i tillegg er det vanskelig å modellere og estimere alle opsjonsparametrene. Ved prising av teknologiprojekt må det formuleres analytiske uttrykk for utviklingen i underliggende aktiva og kontraktspris ved bruk av en passende stokastisk prosess. I tillegg vil det være vanskelig å finne gode estimat både på løpetid, dividende og volatilitet, samtidig som det må avgjøres hvorvidt ledelsen evner å forvalte og administrere realopsjonene riktig.

En praktisk løsning på problemet med ingen sammenlignbare ”tvillingaktiva” i markedet kan finnes i Copeland m.f (2005). Her brukes antagelsen om at nåverdien av prosjektet uten fleksibilitet kan brukes som tvillingaktiva ved verdsettelse. Antagelsen kalles ”the marketed asset disclaimer” (MAD), og behandler nåverdien av prosjektet uten fleksibilitet som om den omsettes i markedet. Tilsvarende forutsetning tas (i det minste implisitt) ved standard NPV-beregninger. Forutsetninger ved bruk av realopsjoner drøftes i kapittel 5, 6 og 7.

Tabell 4: Finansielle versus realopsjoner (Mun 2003: 100)

Finansielle opsjoner	Realopsjoner
Kort og spesifisert tid til forfall (3 og 6 mnd vanlig).	Lengre og usikker tid til forfall (ofte flere år).
Underliggende verdidriver er prisen på andre finansielle instrumenter.	Verdidriver er kontantstrøm generert av prosjektet, påvirket av konkurranse, etterspørsel og forvaltning.
Opsjonsverdien kan ikke manipuleres.	Beslutningstakers fleksibilitet påvirker verdien.
Relativt små verdier.	Beslutninger av stor økonomisk verdi og betydning.
Lang historie, handel siden 70-tallet.	Enda ikke allment akseptert beslutningsverktøy.
Black og Scholes varianter og simulering/varians-reducerende teknikker for eksotiske opsjoner.	Modellering ved bruk av binomisk tre og simulering av underliggende variabler.
Finansielle opsjoner er basert på instrumenter som omsettes i markedet, eiendomsrettigheter eksisterer.	Mange realopsjoner har ikke spesifiserte eiendomsrettigheter, fravær av handel og tvilling aktiva.
Ledelsens forutsetninger og handlinger har ingen påvirkning på opsjonens verdi.	Aktiv forvaltning og administrasjon er avgjørende for verdien på en realopsjon.

4.5 Hva påvirker verdien av realopsjoner?

Utgangspunktet er en beslutningssituasjon der ledelsen har fleksibilitet til å gjøre endringer underveis og at det dermed eksisterer realopsjoner i investeringen. Et krav til realopsjoner er at det eksisterer en reell beslutningssituasjon som kan formuleres analogt med finansielle opsjoner. Det er viktig å ha klart for seg at det må eksistere en reell beslutningsmulighet for at opsjonen skal ha verdi, det hjelper lite at bedriften antar at prosjektet kan skrinlegges dersom

det i konsesjonssøknaden allerede er fastsatt krav om fullføring. Gjennomgangen vil være strukturert rundt verdidriverne for finansielle opsjoner. Verdien avhenger av underliggende aktiva (S_0), kontraktspris (K), løpetid (t , T)⁴³, usikkerhet i kontantstrømmene (σ), risikofri rente ved kontinuerlig forrentning (r), dividende (δ), i tillegg er eierrettigheter avgjørende for verdien på en realopsjon. Endringer i noen av faktorene kan ha stor påvirkning realopsjonsverdien. Derav følger det at det er viktig å diskutere de faktorene grundig for å kunne verdsette ved bruk av realopsjoner. Data i tabell 5 er basert på eksempelet i tabell 2 (jfr. avsnitt 3.1), i tillegg antas det at beste estimat på volatilitet ($\sigma = 0,428$) er standardavviket til den logaritmiske avkastningen for OSE 45 i perioden 05.01 2000 til 05.01 2005 (jfr. 2.3.1).

Tabell 5: Analyse av verdidriverne med utgangspunkt i OPTimalt (verdier er avrundet)

Prosjekt	A	B	C	D	E	F	G
S	1107	1107	1278	1107	1107	1066	1107
K	1560	1560	1560	1800	1560	1560	1560
T	0	2	2	2	2	2	2
r ⁴⁴	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04
σ	0,428	0,428	0,428	0,428	0,300	0,428	0,428
δ	0	0	0	0	0	0	0,05
Kommersialiseringsopsjon	0,0	163,7	248,2	120,2	86,5	151,6	119,8
Verdi Forskning og Utvikling	0,0	81,7	166,2	38,2	4,5	70,2	37,8
Fleksibilitet	0,0	498,5	412,7	677,0	421,4	501,0	454,7
NPV	-416,9	-416,9	-246,5	-638,8	-416,9	-430,8	-416,9
Prosjektverdi	0,0	81,7	166,2	38,2	4,5	70,2	37,8

Verdidriverens betydning for et prosjekt er funnet ved bruk av Luehrmans (1998) rammeverk, der utgangspunktet er et prosjekt uten fleksibilitet (A). Deretter konstrueres det 6 uavhengige prosjektalternativer (B-G) med fleksibilitet, med forskjellige opsjonsparametere. Dette kan tolkes som en sensitivitetsanalyse for samme prosjekt, "grekerne"⁴⁵ kunne også vært brukt (jfr. McDonald, 2003: 372-379). Før virkning for de ulike parametrene illustreres enkeltvis kan det være hensiktsmessig å først forklare de ulike beregningene for et prosjekt alternativ i tabell 5, deretter diskuteres alternativene for verdien på underliggende aktiva.

⁴³ T = forfallstidspunktet til opsjonen. ($T - t$) angir resterende løpetid for opsjonen, der t viser påløpt tid.

⁴⁴ Det er antatt risikofri rente på 4 % ved verdiberegninger (identisk med tabell 2, avsnitt 3.1). Da beregningene er gjort ved bruk av B&S (kontinuerlig forrentning) burde det vært brukt $\ln(1,04) \approx 0,039221$ ved opsjonsverdiberegninger. Illustrasjonsmessig er dette imidlertid av mindre betydning i denne sammenheng.

⁴⁵ Grekerne er standardresultater for sensitivitetsanalyse for opsjoner (Cox og Rubinstein, 1985 kap 2). De kvalitative resultatene er generelle, og kvantitative resultater kan finnes når B&S holder.

I investeringsalternativ B kan prosjektet utsettes i to år (europeisk kjøpsopsjon, med løpetid på to år). Verdien av kommersialiseringsopsjonen (163,70) finnes ved å sette de angitte opsjonsparametrene inn i B&S opsjonsprisindeformell (antar at "closed form" resultater foreligger), verdien av FoU (81,7) finnes ved å trekke fra nåverdien av FoU kostnadene ($19,50 + \frac{65}{1,04} = 82$, jfr. tabell 2). Ved beregning av fleksibilitetsverdien som skapes ved at investeringsbeslutningen kan utsettes er det imidlertid viktig å presisere hvilke forutsetninger som legges til grunn. Dersom prosjekt A enten må gjennomføres på tidspunkt $t = 0$ (ikke aktuelt å forkaste prosjektet) eller utsettes til tidspunkt $t = 2$ vil verdien av fleksibilitet være som angitt i rekken for "fleksibilitet", i dette tilfellet 498,5. Et annet alternativ er at prosjektet forkastes ved tidspunkt $t = 0$ (negativ NPV), verdien av prosjektet er dermed 0 (ikke -416,9) slik at verdien av fleksibilitet er gitt ved prosjektverdien (i dette tilfellet 81,7).

Startverdien på underliggende aktiva kan i dette tilfellet ha flere størrelser, men hvis en er konsistent i samtidig beregninger av S_0 og δ har ikke det betydning for verdiberegningen. Imidlertid bør en være presis mht. forutsetninger, og sørge for at en er klar over hva som er forutsatt. Videre vises alternativer for det hypotetiske prosjektet som er angitt i tabell 2 og 5.

Generalisert dividenderate ("eierfordel") reflekterer hva som tilfaller eieren av underliggende aktiva, men ikke tilfaller eier av en terminkontrakt på underliggende. En enkel fortolkning er at dividenderaten er forskjellen mellom avkastningskrav og vekstraten i forventet verdi av underliggende $\delta = \hat{\alpha} - \alpha$ (jfr. Bjerksum og Ekern 1990: likning 2), hvor $\hat{\alpha}$ er avkastningskravet svarende til forventet avkastning på et hypotetisk "twin asset", og α er vekstraten i forventet verdi av underliggende aktiva. Formuleringen innebærer at en (implisitt) må ta stilling til vekstraten i underliggende aktiva fra nå til opsjonshorisonten. Hvis kontantstrømmen i et gitt år etter produksjonsstart er uavhengig av kalendertid, så er vekstraten null, og dividenderaten lik avkastningskravet. Dersom kontantstrømmen i et gitt år etter produksjonsstart eskaleres med en gitt prosentsats svarende til avkastningskravet for hvert år produksjonsstart utsettes, så er dividenderaten lik null. For andre eskaleringssatser i kontantstrømmer ved endringer i produksjonsstart, så tas altså differansen mellom eskaleringssatsen og avkastningskravet. I tabell 2 er det diskrete avkastningskravet $WACC = 15\%$, svarende til avkastningskrav $\alpha = \ln(1,15) \approx 13,98\%$ og $V_2 = 1464,6$.

Med full opptrapping av kontantstrømmer, så blir $\delta = 0$ og $S_0 = 1107,4$. Innsetting i B&S opsjonsprisindeformell gir en verdi $c_0 \approx 163,7$. Med ingen opptrapping av kontantstrømmer, så blir $\delta \approx 13,98\%$ og $S_0 = 1464,6$ (V_2), opsjonsverdien beregnet ved bruk av B&S blir fremdeles $c_0 \approx 163,7$. Et annet alternativ kan være opptrapping av kontantstrømmer etter risikofri rentesats. $S_0 = e^{(-0,04 \cdot 2)} \cdot 1464,6 \approx 1352$ og $\delta \approx 9,98\%$ gir en verdi ved bruk av B&S tilsvarende $c_0 \approx 163,7$. Det forutsettes videre full opptrapping av kontantstrømmer.

4.5.1 Opsjonens løpetid (t, T):

Tidsrommet et prosjekt kan utsettes påvirker opsjonsverdien, det er blant annet denne fleksibiliteten som kan gjøre et prosjekt spesielt verdifullt. Verdien av opsjonen øker med løpetiden (jfr. standard opsjoner) og en utsettelse gir ledelsen et bedre beslutningsgrunnlag. Spredning av underliggende verdi øker med tiden og nåverdien av kontraktsprisen reduseres med tiden. Effektene er utelukkende positiv på opsjonsverdien ved fravær av konkurranse. Konkurranse i markedet kan medføre store tap ved utsettelse av et prosjekt (jfr. dividende).

I alternativ B kan kommersialisering utsettes to år, dette medfører en økning i prosjektverdien. Enkle beregninger (eksempelet er illustrert og gått detaljert igjennom innledningsvis, jfr. avsnitt 4.5) viser at det er optimalt å utsette investeringen. Prosjektet har i dag negativ nettonåverdi, men gir mulighet til senere investering som kan gi en positiv prosjektverdi. Et prosjekt med negativ nettonåverdi kan være en verdifull "out of the money"⁴⁶ vekstopsjon hvis selskapet investerer trinnvis. Opsjonen opprettholdes selv om det kreves utgifter til FoU forutsatt at det er en tilstrekkelig sjanse for at prosjektet blir verdifullt i fremtiden (jfr. volatilitet og asymmetriske opsjonsegenskaper).

4.5.2 Underliggende aktiva (S_0):

Dersom bruttoverdien på investeringstidspunktet av et hypotetisk kommersielt prosjekt øker (punkttestimat på alle fremtidige kontantstrømmer øker med 15,38 %), er det åpenbart at verdien av retten til å kjøpe underliggende kontantstrømmer også øker. I alternativ C har

⁴⁶ En kjøpsopsjon sies å være "in the money" hvis man på et tidspunkt t har at $S_t > K$. Tilsvarende sier man at opsjonene er "out of" eller "at the money" dersom henholdsvis $S_t < K$ eller $S_t = K$.

nåverdien av de fremtidige kontantstrømmene økt til $V_0 = 1277,8$, dermed har prosjekt- og opsjonsverdien økt til henholdsvis 166,20 og 248,20 (under forutsetning av full opptrapping av kontantstrømmene). Verdien av fleksibilitet har gått ned, dette henger sammen med at prosjektet er blitt mer lønnsomt slik at verdien av å kunne utsette beslutningen er lavere. Alternativt kan det benyttes at $S_0 = V_2 = 1689,9$ og at $\delta \approx 13,98$, B&S gir da en opsjonsverdi på 248,2 og prosjektverdi på 166,20. Beregninger under forutsetning av opptrapping av kontantstrømmer etter risikofri rentesats gir $S_0 = V_2 \cdot e^{(-0,04 \cdot 2)} = 1689,9 \cdot e^{-0,08} \approx 1559,97$ og $\delta \approx 9,98\%$. Opsjons- og prosjektverdien blir i dette tilfellet også hhv. 248,20 og 166,20.

Alternativt kunne "grekerne" vært benyttet, opsjonens delta ($\frac{\partial C_0}{\partial S_0} = e^{-\delta T} N(d_1)$) angir endring i opsjonsverdien for hver enhet endring i underliggende aktiva (Hull, 2003: 210). Delta for prosjektalternativ B er $N(d_1) = 0,44778$, ny opsjonsverdi ved $\Delta S_0 = 1277,8 - 1107,4 = 170,4$ beregnes dermed til $\Delta S_0 \cdot N(d_1) + S_0 \approx 76,3 + 163,7 \approx 240$. Avvik fra tidligere beregnet verdi på 248,20 pga. konveksetet, treksikkerheten til en slik tilnærming kan økes ytterligere ved å i tillegg justere for de andre grekerne (jfr. McDonald, 2003: 401-426).

4.5.3 Investeringskostnad (K):

En økning i investeringskostnaden medfører en reduksjon i opsjonsverdien. Dette er intuitivt ($\frac{\partial c}{\partial K} = -e^{-r \cdot T} \cdot N(d_2) \leq 0$) fordi det blir dyrere å kjøpe det realaktivum som genererer kontantstrømmene. I alternativ D har investeringskostnaden økt med 15,4 % (prisøkning på produksjonsanlegg). Sammenlignet med prosjekt B har verdien på prosjektet (38,2) og opsjonen (120,2) gått ned, mens verdien på fleksibilitet har økt fordi verdien av "commitment" er blitt enda mer negativ. Det er ønskelig å få avslørt mer usikkerhet vedrørende prosjektet, fordi prisen som må betales for å få tilgang til kontantstrømmene har økt (irreversible og relativt store kostnader). Beregninger ved bruk av "grekerne" gir $-0,21296 \cdot \Delta K = -51,11$, sammenlignet med nøyaktig beregning er dette et avvik på 7,61. Dette skyldes at $N(d_2)$ endres for hver K, slik at tilnærmingen kun gir nøyaktig verdiestimat ved små endringer i K (alternativt bruk gjennomsnitt av alle $N(d_2)$ for de ulike K verdiene).

I realopsjoner er utøvelsesprisen kostnaden ved å akseptere prosjektet. Denne kostnaden er vanligvis ikke kjent på investeringstidspunktet og ofte kan kostnadsusikkerhet kun avsløres ved å akseptere prosjektet (Pindyck, 1993). Pindyck splitter usikkerhet i kostnadsstrukturen i teknologisk usikkerhet (avsløres ved aksept av prosjektet) og innsatsfaktorkostnad (usikkerhet uavhengig av investeringsbeslutning). Ekern og Stensland (1993) splitter som tidligere nevnt opp i prosjektintern og prosjektekstern usikkerhet, prinsippet er det samme. Ved modellering av usikkerhet er den første ukorrelert med økonomien, og den siste er delvis korrelert med resten av økonomien. Teknologisk usikkerhet relaterer seg til prosjektets fullføringstid. Det er påløpt tid og materiale som er gjenstand for usikkerhet. Usikkerheten kan kun avsløres ved å gå i gang med prosjektet, faktiske kostnader og konstruksjonstid fremkommer etter hvert som prosjektet går fremover. Kostnadene kan være større eller mindre enn antatt, men den totale kostnaden er kun kjent når prosjektet er fullført. Dette betyr at teknologisk usikkerhet er diversifiserbar. Den oppstår blant annet fordi det er vanskelig å predikere prosjektets fullføringstid, som er forventet å være uavhengig av den generelle økonomiske utviklingen.

Den andre usikkerhetskilden er relatert til inputkostnader, denne kostnaden antas å være eksogen (uavhengig av investering). Usikkerheten er et resultat av at priser på arbeidskraft, ressurser og materialer som trengs for å bygge prosjektet svinger uforutsigbart, eller når uforutsigbare endringer i statlige reguleringer endrer kostnadsstrukturen. Reguleringer og priser forandrer seg uavhengig av om bedriften investerer, og det er mer usikkerhet desto lengre inn i fremtiden investeringen fullføres. Kostnadsusikkerhet er spesielt viktig for prosjekter som har lang fullføringstid og som forventes å være påvirket av mange utsettelse. Usikkerheten er helt eller delvis ikke-diversifiserbar, endringer i markedsprisene er forventet å korrelere med den generelle utviklingen i økonomien.

4.5.4 Usikkerhet angående fremtiden (σ):

Opsjonens asymmetriske utbetalingsstruktur begrenser nedsiderisikoen og bevarer oppsidepotensialet. Dette impliserer at en økning i volatilitet vil føre til en økning i opsjonsverdien. Prosjektets volatilitet refererer seg til ex. ante risiko/usikkerhet og har stor betydning for opsjonsverdien $\left(\frac{\partial c_0}{\partial \sigma} = S_0 e^{-\delta T} \sqrt{T} N'(d_1) \geq 0 \right)$. Dersom to prosjekter har identisk nettonåverdi og kan utsettes like lenge, er det optimalt å velge det med størst volatilitet (Kolbe, Morris og Teisberg, 1991), fordi opsjonsverdien da er størst. Volatilitet i fremtidige

kontantstrømmer øker bredden av mulige fremtidige utfall. Analysen bør splittes opp i systematisk og usystematisk risiko (påvirker verdien i forskjellig retning), dersom innehaveren av realopsjonen ikke holder diversifiserte posisjoner. Økt systematisk risiko kan resultere i at fremtidige kontantstrømmer blir diskontert med et høyere avkastningskrav (jfr. beta-effekt CAPM), og får en lavere markedsverdi.⁴⁷ Alternativ E har lavest volatilitet ($\sigma=0,3$) og prosjektverdi (4,5) av alternativene, beregningene bekrefter de generelle kommentarene ovenfor. Volatilitet er en betydelig verdidriver i realopsjoner.

Analysen av usikkerhet som verdidriver og verdipåvirker på et realprosjekt kan i tillegg splittes opp i den tidligere presentert kategoriseringen av usikkerhetskilder. De to typene usikkerhetskilder påvirker investeringsbeslutningen forskjellig. Teknologisk usikkerhet gjør en investeringsmulighet mer attraktiv. Et prosjekt kan ha forventet inntekter og kostnader som gir en negativ nettonåverdi, men det kan fremdeles være lønnsomt å gjøre en initialinvestering i prosjektet. Grunnen til dette er at investering avslører informasjon om kostnader, og derfor har det en verdi utover det direkte bidraget til fullføringskostnaden, denne verdien senker den fulle forventede investeringskostnaden. Informasjon om kostnaden ankommer kun ved investering, det er dermed ikke noen verdi i å utsette beslutningen. Usikkerhet i innsatsfaktorene gjør en umiddelbar investering mindre attraktivt. Utsettelse av et prosjekt med en lav positiv nettonåverdi kan dermed være optimalt, fordi kostnaden på innsatsfaktorer endrer seg uavhengig av om investeringen finner sted. Utsettelse er dermed verdifullt fordi den gir informasjon om fremtidig kostnadsstruktur før bedriften binder ressurser prosjektet.

Teknologisk og innsatsfaktor usikkerhet har forskjellig effekt på investeringen, det er dermed viktig å innarbeide begge typene ved bruk av realopsjoner. Pindyck (1993) finner at prosjekter er mest påvirket av usikkerhet i innsatsfaktorene, selv om det er stor teknologisk usikkerhet. Resultatene viser at det er viktig å innarbeide begge typer av usikkerhet i analysen, isteden for å behandle kildene separat. Mange FoU prosjekt involverer betydelig teknologisk usikkerhet, det er dermed ikke gitt at en timing opsjon er verdifull (avveining mellom læring og venting). Usikkerhetskildene må dermed analyseres grundig før realopsjoner brukes til å verdsette IKT.

⁴⁷ I dette eksempelet brukes den en konstant WACC, uavhengig av volatilitet, som påvirker, som påvirker opsjonsverdien direkte, og de øvrige elementene indirekte. Andre alternativer er selvfølgelig mulig.

4.5.5 Rentekostnad (r):

For finansielle kjøpsopsjoner fører en renteøkning $\left(\frac{\partial c_0}{\partial r} = T \cdot K \cdot e^{-rT} N(d_2) \geq 0\right)$ til en økning i opsjonsverdien, av den enkle grunn at den diskonterte verdien av kontraktsprisen reduseres. Denne effekten er noe uklart for realopsjoner. Renten påvirker opsjonsverdien, men retningen avhenger av prosjektets egenskaper. Høyere rente vil føre til et høyere avkastningskrav, som medfører en lavere diskontert verdi på framtidige kontantstrømmene. En renteøkning reduserer nåverdien av oppfølgingsinvesteringene, og også diskonterte FoU kostnader. Samspillet mellom høyere avkastningskrav og lavere diskontert verdi av framtidige kostnader avgjør effekten av en renteendring. Hvilken effekt som vil dominere avhenger av når kontantstrømmene kommer. Tilsvarende som ved nåverdimetoden påvirker diskonteringsfaktoren verdien. I alternativ F har rentekostnaden økt til 5 %, i dette eksempelet har det ført til en tilsvarende økning i prosjektets avkastningskrav (fra 15 til 16 %). Nettonåverdien ($NPV_0 = -430,80$) er redusert sammenlignet med alternativ B, dette henger sammen med at investeringsutlegget kommer først mens de positive kontantstrømmene kommer i etterkant. Prosjektverdien er også redusert fra 81,7 til 70,2. I denne sammenheng bør det imidlertid bemerkes at konklusjonen avhenger av forutsetningene. Dersom det antas konstant WACC (hvilket er vanlig, men ofte tvilsomt) påvirkes ikke S_0 . Kostnadene blir imidlertid diskontert med en høyere diskonteringsfaktor, som igjen gir en høyere prosjekt- og opsjonsverdi sammenlignet med alternativ B (effekt er identisk som for finansielle opsjoner).

4.5.6 Dividende (δ):

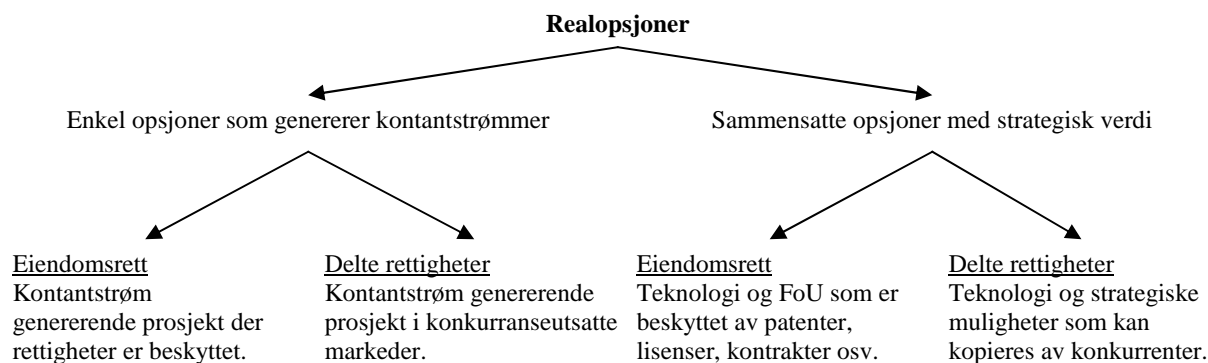
Dividende vil ha en negativ innvirkning på opsjonsverdien $\left(\frac{\partial c_0}{\partial \delta} = -T \cdot S_0 \cdot e^{-\delta T} N(d_1) \leq 0\right)$, siden det er kostnaden som må betales for å kunne utsette beslutningen. I prosjekt G er det en kostnad forbundet med å utsette beslutningen ($\delta = 0,05$). Kostnaden medfører en sterk reduksjon i prosjektverdien (37,8), fordi opsjonsverdien reduseres fra 163,7 til 119,8. Denne kostnaden tolkes som en kontinuerlig dividendeparameter, for mulig tolkning henvises det til tidligere gjennomgang av dividende. Det kan imidlertid bemerkes at nettonåverdien er den samme som alternativ A, siden dividende er kostnaden forbundet med utsettelse og verdi ved nåverdimetoden er verdien uten fleksibilitet. Effekten av dividende er negativ, men ved stor usikkerhet i kontantstrømmene kan det likevel være optimalt å utsette beslutningen.

4.5.7 Ledelsens handlinger (A):

Verdi avhenger av ledelsens evne og dyktighet til å administrere og forvalte realopsjonene. Det er viktig å ta hensyn til at dersom ikke opsjonene blir utøvd optimalt, er opsjonene mindre verdifulle eller verdiløse. Forvaltning innebærer menneskelige motiver og handling (jfr. avsnitt 3.1 fotnote 17). Ved modellering kan det derfor være hensiktsmessig å ta hensyn til ledelsens kompetanse. Anslaget kan baseres på beslutningstakers dyktighet eller bransjespesifikke egenskaper. I en realopsjonsanalyse forutsettes det at opsjonene forvaltes utelukkende med hensyn på maksimering av aksjeverdi. Dersom selskapet er børsnotert, kan dette være en god antagelse, fordi bedriften blir overvåket av aksjonærer, analytikere og aviser. For unoterte selskaper med få aksjonærer, liten interesse fra analytiker og media er antagelsen tvilsom. En realopsjonsanalyse bør da ta hensyn til menneskelig atferd ved verdsettelse. Gitt at realopsjoner kun har sin fulle verdi dersom de er utøvd i samsvar med optimal investeringsstrategi, er forvaltning, administrasjon og kontroll viktige verdiaspekt ved realopsjoner. Videre i denne utredningen forutsettes det at opsjonene til enhver tid utøves i hht. optimal investeringsstrategi, selv om momentene i dette avsnittet forventes å være til stede i en realistisk investeringsituasjon. Kontroll og forvaltning er viktig for å sikre at prosjektene blir administrert i følge beslutningsreglene/ investeringsstrategien som er beregnet ved hjelp av realopsjonsanalysen. Derav følger det at overvåkning og kontroll av prosjekt (prosjektstyring) må bygges inn i realopsjonsmodellene og korrekt utøvelse er nødvendig for å kunne maksimere opsjonsverdien.

4.5.8 Eiendomsrettigheter og klassifisering

Figuren skiller mellom enkle og sammensatte realopsjoner innen IKT, videre kategoriseres opsjonene ut fra om det eksisterer eiendomsrettigheter til underliggende aktiva (Kester, 1984). Enkle opsjoner genererer kontantstrømmer. Dette kan typisk være en exit eller timing opsjon.



Figur 4: Klassifisering av realopsjoner med utgangspunkt i Kester (1984)

Prosjekter som gir tilgang til en rekke (avhengige) strategisk muligheter er sammensatte opsjoner (growth option). For finansielle opsjoner eksisterer det klare eiendomsrettigheter til underliggende aktiva. For realopsjoner kan eiendomsrettighetene være delte, det blir dermed viktig å ta stilling til eiendomsrettigheter ved evaluering av investeringer. Realopsjoner med eiendomsrettigheter gir innehaveren av opsjonen en eksklusiv rett til underliggende aktiva ved utøvelse av opsjonen, dette kan være teknologi som er beskyttet av konsesjoner, patenter og kunnskap, eller rett til å utnytte naturressurser. Kjennetegnet på delte rettigheter er at muligheten er felles for bransjen og kan bli utøvd av en eller flere bedrifter. Investeringer som reduserer kostnader er eksempler på delte opsjoner siden konkurrentene kan respondere med tilsvarende kostnadsreduksjoner. Delte opsjoner er mindre attraktive fordi konkurrentenes mottiltak reduserer gevinstene. Strategiske posisjoner eller eiendomsrettigheter er nødvendig for at realopsjoner skal være verdifulle.

4.5.9 Oppsummering av verdidrivere for finansielle og realopsjoner

Tabell 6 oppsummerer effekter ved endring i parametere for finansielle og realopsjoner. Det er i utgangspunktet få forskjeller mellom opsjoner på finansielle og realaktiva. Kapittelet viser imidlertid at verdidriverne for realopsjoner er noe mer komplisert og må vurderes grundig i hvert tilfelle. Konklusjonen (virkning) er stort sett identiske for finansielle og realopsjoner (jfr. tabell 6), men definisjon av opsjonsparametere og antall usikkerhetskilder som påvirker opsjonsverdien er annerledes for realopsjoner. Volatilitet kan forekomme i underliggende og kontraktsprisen, og kan være vanskelig kvantifiserbar i begge tilfeller (jfr. kapittel 6).

Tabell 6: Effekten på finansielle/ real kjøps/salgsoptjoner gitt en økning i variablene. Positiv(+) Negativ(-)

Variabel	Finansiell optjon	Realoptjon	Kjøpsoptjon		Salgsoptjon	
			Finansiell	Real	Finansiell	Real
S_0	Dagens aksjekurs	Nåverdi av forventede kontantstrømmer	+	+	-	-
K	Avtalt pris på aksjen ved utøvelse	Kostnaden for å få tilgang til underliggende aktiva	-	-	+	+
σ	Standardavvik	Usikkerhet i kontantstrømmer	+	+	+	+
t	Tid til forfall	Tiden som beslutningen utsettes	+	+	+	+
r	Risikofri rente	Pengenes tidsverdi	+	(+)?	-	(-)?
δ	Utbytte	Kostnaden ved utsettelse	-	-	+	+
A	Optimal utøvelse	Ledelsens evne og dyktighet	+	+	+	+

Virkingen av rentendringer trenger ikke være entydig for realoptjoner, og for mange prosjekter er effekten avhengig av når de ulike kontantstrømmene kommer. Videre er dividende kjente og sikre størrelser for finansielle optjoner, men for realoptjoner eksisterer det både definisjonsmessige og beregningsmessige problemer. Hovedpoenget med å analysere verdidriverne er at dette gir beslutningstaker en mulighet til umiddelbart (kvalitativt) å vite hvordan endringer i optjonsparametrene påvirker verdien på realoptjonen. Rammeverket er dermed godt egnet til styring av investeringer som er preget av usikkerhet og fleksibilitet.

4.6 Identifisering av realoptjonselementene i IKT-investeringer

Ved identifisering av realoptjoner kan det være hensiktsmessig å bruke et rammeverk som analyserer og fokuserer på prosjektets usikkerhetskilder, siden det nettopp er usikkerhet i prosjektets fremtidige utbetalinger som gjør realoptjoner verdifulle. Amram og Kulatilaka (1999b) antyder at identifisering av optjonsaspektene ofte er den vanskeligste prosessen ved en ROA. Hensikten med avsnittet er å vise at realoptjoner kan brukes til å skille mellom det konseptuelle og det beregningsmessige. Det fokuseres på hvilke optjoner som eksisterer naturlig, og hvilke som kan konstrueres "kunstige" for å redusere usikkerhet og nedsiderisiko.

Benaroch (2002) viser hvordan opsjonstankegangen kan brukes til å redusere virkningen av usikkerhet i et realprosjekt. Dette kan være et godt utgangspunkt for identifisering av realopsjoner siden usikkerhet er en verdidriver for de fleste realopsjoner.⁴⁸ Videre må analysen begrenses til de verdirelevante opsjonene. Royer (2000) understreker at en analyse av alle usikkerhetskilder og potensielle realopsjoner vil bli for omfattende, komplisert og ressurskrevende. Beslutningstaker må også kartlegge samspilleffekter mellom opsjonene og usikkerhetskildene i en slik totalanalyse. Videre presenteres rammeverket hentet fra Benaroch (2002) og Turvey (2001), deretter anvendes dette til å analysere Opticom ASA.⁴⁹

Benaroch (2002: 59-70) viser hvordan prosjektverdien kan økes ved å fokusere på usikkerhet, verdiskapning og opsjonstankegang. Prosessen starter med en analyse av risiko/ usikkerhet og prosjektspesifikke egenskaper, deretter identifiseres potensielle verdirelevante realopsjoner. Innsikten brukes til å tilpasse investeringen (design), deretter evalueres investeringene. Artikkelen illustrerer (side: 63-65) også hvilke opsjoner som er godt egnet alt etter hvilke usikkerhetskilder som er dominerende. Turvey (2001) komplementerer ved å illustrere potensielle realopsjoner, og knytter dette opp mot usikkerhet i kontantstrømmer og prosjekt.

For en illustrasjon av hvordan realopsjoner kan brukes (kvalitativt) i IKT kan det henvises til blant annet Mun (2002a), som illustrerer bruk av realopsjoner innen telekommunikasjonsteknologi (Trådløse nettverk, 3G og infrastruktur). I denne artikkelen påpekes det at innen telekommunikasjon er den kvalitative struktureringen ved bruk av realopsjoner og analysen av prosjektene (verdidriverne) minst like viktig som de kvantitative verdiestimatene. Mun (2002b) påpeker hvordan bruk av realopsjoner kan identifisere (og kvantifisere) usikkerhet (verdidrivere), og dermed bidra til å øke omsetningen av patenter og immaterielle eiendeler. Realopsjoner kan også effektivisere FoU investeringer, og bidra til å finne den fulle verdien av FoU gjennom å verdsette de sammensatte opsjonene som forskning skaper (Mun, 2002c).

⁴⁸ Davis (2002) analyserer virkningene av volatilitet for vekstopsjoner, og skiller mellom "in the money" og "out of the money" opsjoner. I følge artikkelen vil verdien av "in the money" opsjoner reduseres ved økt volatilitet, mens "out of the money" opsjoner har økende verdi med volatilitet. Hovedargumentet er at økt volatilitet vil øke diskonteringsraten, og dermed reduserer nåverdien av prosjektets kontantstrømmer. IKT prosjekt er ofte betinget av en relativt liten initialinvestering, hvilket impliserer at økt volatilitet ikke nødvendigvis vil påvirke avkastningskravet. Argumentet faller dermed bort, dette forutsettes også å være tilfellet i denne utredningen.

⁴⁹ Basert på tilgjengelige materiell hentet fra www.dn.no, www.opticomasa.com, www.digi.no og www.ose.no.

4.6.1 Opticom ASA

Opticom ASA er et norsk selskap som driver forskning og utvikling av et revolusjonerende optisk lagrings-medium, selskapet har vært børsnotert siden 1999 og på hovedlisten siden begynnelsen av 2000. Opticoms operative datterselskap Thin Film Electronics (TFE) utvikler patenterte⁵⁰ polymer-minnebrikker for elektronisk utstyr. Brikkene kombinerer høy ytelse og lav kostnad. Opticom er i tillegg en betydelig⁵¹ aksjonær i FAST Search and Transfer som leverer løsninger for søk på internett etter filer, html-sider, databilder i tillegg til diverse teknologi for andre søk, samt komprimering av databilder og video slik at dette kan sendes over internett uten å kreve spesielt høy overføringshastighet. Den operative virksomheten er fundert på en samarbeidsavtale med Intel. 7. februar 2005 bestemt Intel seg for å droppe denne teknologien. Intel har konkludert med at teknologien ikke er egnet som komponent i mulige Intelprodukter. Lisensavtalen er fremdeles gyldig, men det forventes ikke innbetaling av royalty i overskuelig framtid, og ikke i det hele tatt med mindre den tekniske status endres.

Opticoms tall for fjerde kvartal 2004⁵² viser at det norske teknologiselskapet fortsatt ikke har noen inntekter. Det fallerte samarbeidet med Intel gjør at ledelsen nå vil se på hvordan Opticom skal drives videre. Nå varsler selskapet at det har startet en prosess med å se på den videre driften. Opticom har påbegynt en grundig gjennomgåelse av Thin Film Electronics (TFE) virksomhet for å bestemme fremtidig retning og aktivitetsnivå. I denne sammenhengen kan det være informativt å anvende en kvalitativ realopsjonsanalyse.

Usikkerhetskildene som påvirker og bestemmer verdien på en realopsjon, er også med på å definere hvilke realopsjoner som kunstig kan konstrueres for å øke prosjektverdien. Det lyktes ikke å få tilgang på nok informasjon til å utføre en ROA, gjennomgangen begrenses derfor til å illustrere aktuelle problemstillinger. Opticom har som nevnt tidligere ikke inntekter som overstiger de løpende utgiftene til administrasjon, forvaltning og forskning. Det kan derfor forventes at det eksisterer finansiell usikkerhet (jfr. 4.2.1), dette kan underbygges med at det er stor usikkerhet rundt fullføringstiden for utvikling av minnebrikkene (ved børsnotering i

⁵⁰ Oppfinnelser spiller en nøkkelrolle for den økonomiske utviklingen i norsk næringsliv. Bruk av patent stimulerer til forskning, teknologisk utvikling og innovasjon. Et patent beskytter en konkret løsning på et teknisk problem, og gir enerett til utnyttelse av en oppfinnelse kommersielt for et begrenset tidsrom. I denne perioden kan eieren hindre andre i å produsere, importere eller selge oppfinnelsen som er patentert.

⁵¹ Selskapet prises (pr. 07.02.05) til 803 millioner kroner. Opticom eier 30 % av aksjene i Fast, denne aksjeposten har en markedsverdi på 1,16 milliarder kroner. Opticom er dermed priset lavere enn verdiene av selskapets aksjer i Fast.

⁵² Kilde: www.ose.no (08.02 2005). Omsetning på null kroner. Resultatet før skatt ble på -35,9 millioner kroner i fjerde kvartal 2004, mot et tap på 183,7 millioner kroner i samme periode i 2003. Driftsresultatet -18,9 millioner.

1999 forventet selskapet å ha salgbare produkter i løpet av 2000). Med usikkerhet i fullføringstid, følger det også stor kostnadsusikkerhet (hvilket også øker den finansielle risikoen). Benaroch (2002) påpeker at kjennetegn på slik usikkerhet er at bedriften ikke har ressurser til å fullføre investeringen, i tillegg til at kostnader overstiger fremtidige inntekter. Av mulige realopsjoner indikeres det for førstnevnte at investeringen kan utsettes, initialinvestering i FoU, outsourcing og leasing. For Opticom kan de tre første realopsjonene være et godt alternativ, i den betydning at de kan redusere effekten av fremtidig usikkerhet. For kostnadsusikkerhet gjengir artikkelen alle realopsjonene som er illustrert i Turvey (2001, jfr. side 20). I dette tilfellet er hovedproblemet for Opticom at den operative driften er fundert på en lisensavtale med Intel, utover denne avtalen er det ikke betydelig aktivitet i selskapet. Markedsusikkerhet (jfr. 4.2.2) spiller dermed en sentral rolle, i dette tilfellet fordi kunden (Intel) velger å satse på alternativ teknologi eller utvikle egne teknologiske løsninger. I denne sammenheng kan utsettelse, FoU, nedleggelsesopsjon (evt. skalering) og switch option (bytte produkt/teknologi) være aktuelle i ulik grad. Fleksibilitet til å kunne skalere eller legge ned kan være verdifull dersom ledelsen er av den oppfatning at det ikke eksisterer alternative bruksområder for teknologien. Aksjen er i tillegg priset lavere enn markedsverdien på eiendelene (FAST aksjen), hvilket kan indikere at det vil være betydelige kostnader forbundet med en nedleggelse eller verdiløsning ved fortsatt drift.⁵³ Det er også intuitivt at det i denne sammenheng ville vært verdifullt å kunne tilpasse teknologien (switch) til andre bruksområder og produkter (verdien er i denne sammenheng betinget av Intels satsing).

Intel har formelt informert TFE om at Intels utviklingsaktiviteter for polymerminner blir vesentlig redusert i første kvartal 2005. Intel har konkludert med at polymermaterialet ikke er egnet som komponent i mulige Intel-produkter. Dette indikerer at Opticom er utsatt for teknologisk risiko. Produktet viser seg å ikke være kompatibelt med tiltenkt bruksområdet og/eller at Intel har funnet alternative lagringsmedier. Av mulige realopsjoner som illustreres i Benaroch (2002) er utsettelse, switch, FoU, skalering og outsourcing. Et alternativ kan være å utsette investeringen (mnd, år). Utsettelse kan avsløre usikkerhet i etterspørsel, ved å vente og se om etterspørselen for sammenlignbare produkter øker. Et annet alternativ er å investere i et mindre pilot prosjekt. Dette vil gi bedriften verdifull innsikt, og de kan lære om hvordan etterspørsel vil bli. Et tredje alternativ er å investere fullt ut, for deretter å skalere

⁵³ Alternative forklaringer kan finnes innen "Behavioural finance", spesielt interesserte kan henvises til Montier (2002: 1-28). Se spesielt kapittel 1 (Psychological foundations), aktørene i finansmarkedet kan ha en tendens til å overreagere når de først reagerer.

investeringen opp eller ned. Nedskalering kan komme i form av bemanningsreduksjon eller reduserte leiekostnader. Oppskalering betyr ekspansjon, f.eks innen tilsvarende eller nye markeder. Alle de tre alternativene kan være med å øke verdien på Opticom, siden opsjonene tilfører verdifull fleksibilitet. Det kan også nevnes at det virker som Intel har tilegnet seg en verdifull "exit option" da samarbeidet ble iverksatt, ved at de uten ytterligere forpliktelser kan avslutte samarbeidet med Opticom og tilpasse bemanningen deretter.

Analysen av Opticom ASA er som nevnt basert på tilgjengelig informasjon, hvilket også påvirker kvaliteten og nytten av analysen. Dersom beslutningstaker har tilstrekkelig prosjektspesifikk, markedsrelevant og teknologisk innsikt, kan rammeverket som er beskrevet og illustrert være et godt utgangspunkt for en kvalitativ og kvantitativ realopsjonsanalyse.

5 Verdssettelse av realopsjoner

Den kvantitative opprinnelsen av realopsjoner er hentet fra Black og Scholes (1973) og Mertons (1973) prising av finansielle opsjoner. Cox, Ross og Rubinsteins (1979) binomiske modellering gir en forenklet måte for å verdsette opsjoner i diskret tid. Hovedforskjellen er at ved binomisk tilnærming deles tiden opp i intervaller (diskret), mens ved bruk av Black og Scholes modelleres tid kontinuerlig. Innledningsvis drøftes egenskaper ved opsjonsprisen for finansielle og realopsjoner (spesielt innen IKT), deretter presenteres de nevnte modellene.

5.1 Hovedprinsipp

Realopsjoner benytter rammeverket for prising av finansielle opsjoner ved verdssettelse av investeringer i realaktiva eller realmarkeder. Black og Scholes (1973) utviklet en modell for finansielle opsjoner som fokuserte på faktorene som påvirker opsjonsverdien over tid. B&S fastsetter opsjonsverdien ved å anta at en dupliserende portefølje av finansielle instrumenter kan konstrueres slik at den har samme avkastning som opsjonen i enhver tilstand i fremtiden. Denne porteføljen må ha identisk pris som opsjonen ("law of one price"). Aktiva med identisk fremtidige utbetaling må prises likt i markedet, ellers eksisterer det arbitrasjemuligheter. Porteføljen består av andeler i underliggende aktiva og andeler i opsjoner på det risikable aktiva i en kort og en lang posisjon og i en korrekt proporsjon slik at porteføljen blir risikofri (kan dermed diskonteres ved bruk av risikofri rente). Passende andeler i underliggende aktiva og et risikofritt aktiva kan duplisere opsjonens utbetalinger. Dersom porteføljen rebalanseres hyppig er dette en selvfinansierende strategi som dupliserer opsjonens kontantstrømmer på alle fremtidige tidspunkt. Opsjonsverdien må derfor være lik porteføljens kostnad.

Hovedprinsippet for prising i finansmarkedet er "the fundamental theorem of asset pricing", som innebærer fravær av arbitrasje, antagelse om lineær prising, verdiadditivitet og en optimal allokering for en investor som foretrekker mer fremfor mindre. Arbitrasje er et nøkkelbegrep ved prising av derivater. Arbitrasje kan defineres som en mulighet for å realisere en strengt positiv gevinst som er kostnads- og risikofri. Alternativt, som en positiv sannsynlighet for positiv gevinst og med null sannsynlighet for negativ gevinst. Arbitrasje antas å være fraværende i et likvid og transparent marked.⁵⁴ Med dette som utgangspunkt kan man komme frem til prismodeller for en rekke typer derivater. Arbitrasje oppstår dersom det

⁵⁴ Under forutsetning av at aktørene er rasjonelle, vil et prisbilde som avdekker arbitrasje i et likvid og transparent marked raskt endre seg slik at den risikofrie gevinsten elimineres.

kan konstrueres en portefølje av finansinstrumenter som gir en positiv kontantstrøm i dag, og ingen fremtidige netto utbetalinger. Ingen lønnsomme arbitrasjemulighet innebærer positive risikojusterte sannsynligheter, positive tilstandspriser og positive stokastiske diskonteringsfaktorer. Byggekløssene må prises slik at det ikke er mulig å oppnå risikofrie gevinster ved kunstig konstruksjon av tilsvarende kontrakter. Det er imidlertid nødvendig å gjøre visse antagelser utover betingelsen om ingen lønnsom arbitrasje. I den enkleste modellen for prising av derivater er det i tillegg vanlig å forutsette dynamiske komplette markeder,⁵⁵ fravær av markedsfrikasjoner⁵⁶ og at alle aktører kan foreta inn- og utlån til samme konstante rentesats.

5.1.1 Egenskaper ved opsjonsprisen

Finansielle opsjoner har en del generelle egenskaper som kan være tvilsomme ved anvendelse innen realopsjoner. Begrensningene kan illustreres ved en lang posisjon i en europeisk call. Alternativet til denne opsjonen er å kjøpe underliggende aktiva, hvilket impliserer at dagens opsjonspris ikke kan overstige prisen på et direkte kjøp av underliggende. Krav med mulig positiv fremtidig verdi har også en positiv verdi i dag. En opsjon er en rett (uten tilsvarende plikt) slik at prisen heller ikke kan være negativ. Et krav med fremtidig verdi null har ingen verdi i dag. Opsjonsprisen må være minst like stor som en portefølje av underliggende aktiva (S_0) og et lån ($NV(K)$). Dette er en portefølje med identisk utbetaling ved forfall som en kjøpsopsjon dersom prisen på underliggende aktiva er større enn kontraktsprisen, men med negativ utbetaling hvis prisen på underliggende ikke overstiger kontraktsprisen. Opsjonen dominerer porteføljen og må ha høyere verdi ($C_0 \geq S_0 - NV(K)$).

Put-call paritet ($\text{Call}(K, t) - \text{Put}(K, t) = NV(F_{0,t} - K)$)⁵⁷ er en sentral sammenheng innen opsjonsteori, den begrunner at nettokostnaden ved å kjøpe underliggende gjennom opsjoner må være lik nettokostnaden ved å kjøpe underliggende gjennom en forwardkontrakt. Dette begrunnes med at identiske framtidige kontantstrømmer må prises likt i dag. Så lenge en ser bort fra dividendeutbetalinger, er tidspunktet for levering av aksjen irrelevant. Prisen på en

⁵⁵ Komplet marked: Like mange lineært uavhengige aktiva som tilstander ("states of the world"). Et finansmarked er komplett dersom enhver investor kan kvitte seg med all personlig finansiell risiko gjennom handel i markedene. Investorene vil da kun sitte igjen med andeler av den systematiske risikoen i økonomien.

⁵⁶ Typiske markedsfrikasjoner er skatter, transaksjonskostnader og kredittbegrensninger.

⁵⁷ Put-call paritet kan også uttrykkes ved $S_0 - NV(D) + p_0 = c_0 + NV(K)$, basert på kontantstrømmene ved bortfall.

forhåndsbetalt forward må da være lik nåværende aksjepris, dvs. $F_{0,t} = S_0$ (der aksjen er kjøpt på tidspunkt 0 og levert på tidspunkt t). Call(K, t) og Put(K, t) er premiene til (markedspris) kjøps- og salgsoptjoner med utøvelsespris (K) og tid (t) til forfall. Dette holder for europeiske optjoner med identisk kontraktspris og løpetid, dersom short salg er mulig og ved fravær av transaksjonskostnader.

5.1.2 Anvendelse i IKT

Finansmarkeder er kjennetegnet av høy likviditet, noe som medfører at optjons egenskapene og prinsippene som oftest vil være en god forutsetning for finansielle optjoner. Likviditeten i realmarkeder er ofte dårlig, og i mange tilfeller eksisterer ikke velfungerende og transparente markeder for underliggende kontrakter. Poenget med denne gjennomgangen er å illustrere aktuelle problemstillinger som kan oppstå ved anvendelse av optjonsteori innen IKT.

Alternativ til kjøp i dag: For investeringer i teknologi er det i mange tilfeller tvilsomt å anta at det eksisterer et alternativ til å kjøpe en realoptjon (FoU, patenter osv). Kommersialisering av et teknologibasert produkt krever en initialinvestering, dette medfører at underliggende ikke kan kjøpes i dag (uansett pris) siden teknologien ikke eksisterer på det nåværende tidspunkt.

Rett, men ikke plikt: Optjoner gir en rett, men ikke plikt til utøvelse. For realoptjoner kan ulønnsomme prosjekt likevel bli akseptert selv om det ikke er optimalt å utøve optjonen. Dette kan illustreres ved en bedrift som har fått konsesjon (kjøpsoptjon) til å bygge ut et nytt nettverk for tele og datakommunikasjon. Det eksisterer en rett, men ikke plikt til å bygge ut nettverket. Dersom verdien av underliggende ikke overstiger kontraktsprisen ved forfall vil ikke bedriften foreta nødvendige investeringer og prosjektet skrinlegges. Manglende satsing på teknologi kan skade bedriftens omdømme (goodwill), og føre til sviktende etterspørsel etter eksisterende produkter. Bedriften må dermed fullføre prosjektet uansett utvikling, dette illustrerer at realoptjoner ikke trenger å være optjoner gitt alle fremtidige utfall.

Put-call paritet: Sammenhengen forutsetter at optjoner og underliggende aktiva omsettes i markedet. Pariteten bygger på to strategier som gir identisk utbetaling ved forfall. Dette er en selvfølge i finansmarkeder kjennetegnet av god likviditet, men trenger ikke å være tilfellet for realoptjoner. Den forutsetter at faktorene (S, K, σ , t, r) er like for kontraktene, noe som kan være vanskelig å finne i realmarkeder. Likviditet er et problem siden underliggende ofte ikke

omsettes i markedet. De fleste realopsjoner er amerikanske, noe som gjør at pariteten ikke kan benyttes. Det er ytterligere komplikasjoner knyttet til "dividende" (jfr. avsnitt 4.4.6).

5.2 Binomisk prisingsmodell

Det er mange varianter av den binomiske prisingsmodellen, hovedforskjellen er hva som tilnærmes ved alternative opp- og nedgangsfaktorer samt sannsynligheter. Ulike modeller kan tilpasses forskjellige periodelengder. I denne utredningen benyttes Cox, Ross og Rubinsteins (1979) prisingsmodell (CRR). Binomisk opsjonsprising er en metode for å finne prisen på en opsjon, gitt karakteristika for underliggende. Modell antar at prisen på underliggende aktiva er binomisk fordelt, dette betyr at prisen for hver periode kan gå opp (u) eller ned (d) med en spesifisert faktor. CRR tar utgangspunkt i at en passende belånt posisjon i aksjer vil duplisere de fremtidige kontantstrømmene til en call. Det betyr at ved kjøp av aksjer og lån i passende posisjoner kan en ren posisjon i en call dupliseres. Sammen med forutsetning om ingen lønnsom arbitrasje impliserer dette at det eneste som er nødvendig ved verdsettelse av en opsjon, er de tidligere spesifiserte opsjonsfaktorene $(S_0, K, t, r, \sigma, \delta)$ og antagelser om prisprosess for underliggende aktiva. Det er dermed ikke nødvendig med informasjon om faktiske sannsynligheter for pris opp- og nedgang.

5.2.1 The Marketed Asset Disclaimer (MAD) og underliggende prisprosess

Prising av opsjoner krever dynamisk komplette markeder i den forstand at det til enhver tid er nok handlede aktiva til å lage en portefølje av finansinstrumenter, slik at porteføljens utbetaling dupliserer opsjonenes utbetaling i alle tilstander i neste fremtidige periode. Forutsetningen kan være tvilsom for mange realopsjoner. Ufullstendige og lite likvide markeder gjør det vanskelig å sette sammen en slik dupliserende portefølje. Spesielt for IKT-prosjekt er det vanskelig å finne "tvillingaktiva". Copeland m.f (2005: 313) har utviklet en mer generell fremgangsmåte for å verdsette realopsjoner som kan brukes dersom det ikke eksisterer korrelerte handlede aktiva. Metoden forutsetter at nåverdien av prosjektet uten fleksibilitet er det beste forventingsrette estimatet på markedsverdien av prosjektet. Under denne forutsetningen er verdien av prosjektet uten fleksibilitet underliggende aktiva i dupliseringsporteføljen, slik at markedet blir komplett for prosjekter med fleksibilitet. Forutsetningen for bruk av MAD er de samme som ved bruk av nåverdimetoden (jfr. 4.4.7). Dersom beslutningstaker allerede bruker nåverdimetoden, er det ingen grunn til å bruke andre

antagelser i en realopsjonsanalyse. Den sterkeste antagelsen i MAD er at tvillingaktivaene virkelig er sammenlignbare. Dette impliserer at sannsynlighetsfordelingen for avkastningen av det prisede instrumentet er korrelert med prosjektet. Antagelsen kan diskuteres siden sannsynlighetsfordelingen blir flyttet mot høyre ved innføring av opsjoner, og det er heller ikke er noen garanti for at tvillingaktivaene er korrelert.

Den andre antagelsen ved prising er at "properly anticipated prices fluctuate randomly", noe som innebærer at prisene følger en gitt stokastisk prosess (f. eks random walk). Samuelsons teorem (1965) gjør det mulig å kombinere usikkerhetskilder i en modell ved bruk av simulering, dette resulterer i et estimat på nåverdien av prosjektet betinget av tilfeldige variabler generert fra simulering med utgangspunkt i underliggende sannsynlighetsfordeling. MAD og Samuelsons teorem gjør at realopsjoner kan verdsettes ved bruk av opsjonsteori.

5.2.2 Risikonøytral verdsettelse

Under forutsetning av risikonøytral verdsettelse kan en opsjon verdsettes *som om* verden er risikonøytral. Dette betyr for verdsettelsesformål at det kan antas at forventet avkastning fra alle handlede verdipapir er den risikofrie renten. Dermed kan fremtidig kontantstrømmer verdsettes ved å diskontere "forventet" verdi med den risikofrie rentesatsen. Prisingsformelen kan fortolkes som å være avledet av sannsynligheter, der f^* er risikonøytral sannsynlighet for verdioppgang. Ved å tolke f^* som risikonøytral sannsynlighet, kan opsjonsprisingsformelen diskonteres med risikofri rente. Med risikonøytral verdsettelse menes det ikke at aktørene faktisk er risikonøytrale, men at sannsynlighetene for opp- og nedgang er risikojustert slik at forventede kontantstrømmer kan diskonteres med risikofri rente. f^* er ulik den sanne sannsynligheten (f).

5.2.3 En-periodisk modell og ikke-dividendebetalende underliggende aktiva

Utgangspunktet er å anta at prisen på underliggende aktiva følger en multiplikativ binomisk prosess over diskrete perioder. Ved utløpet av en periode vil underliggende enten ha steget med en oppgangsfaktor (u) eller blitt redusert med en nedgangsfaktor (d). Alle størrelsene er kjente bortsett fra opsjonsprisen (jfr. 5.1). Risikofri rente er basert på kontinuerlig forrentning (e^{rt}) og tilfredsstillende $u > e^{rt} > d$ (fravær av arbitrasjemuligheter). Ved å anta at det kan konstrueres en portefølje ($t=1$) med andeler i aksjer (ΔS) og et gitt beløp plassert risikofritt

(B) og benytte en strategi som dupliserer opsjonens kontantstrømmer, kan opsjonen prises ut fra ingen lønnsom arbitrasje. Strategien går ut på å sette sammen en portefølje av underliggende aktiva og lån slik at porteføljen for hvert utfall, og på et hvert tidspunkt, er lik opsjonsverdien.⁵⁸

En alternativ fremgangsmåte er å anta at dagens pris på underliggende aktiva er lik forventet fremtidig pris diskontert med risikofri rente, og innføre risikojusterte sannsynligheter. Markedsprisen på underliggende aktiva settes lik "forventet" fremtidig pris, diskontert med risikofri rentesats $S = S_0 = e^{-r} \cdot E^*[\tilde{S}_1]$. "Forventet" pris med periodelengde $T = \Delta t = 1$ kan skrives som $E^*[\tilde{S}_1] = f^*S_u + (1-f^*)S_d$, eller alternativt $E^*[\tilde{S}_1] = (f^*uS + (1-f^*)dS)$. Substitusjon gir uttrykket $e^r \cdot S = f^*uS + (1-f^*)dS$, manipulering og omorganisering gir $(e^r - d)S = f^*(u - d)S$. Uttrykket løses ut, dermed finnes $f^* \equiv \frac{e^r - d}{u - d}$ og $1 - f^* \equiv \frac{u - e^r}{u - d}$. Av dette følger det videre at $V_0 = e^{-r}(f^*V_u + (1-f^*)V_d)$ som er konsistent med verdi funnet ved en dupliseringsstrategi.

Alternativt kan det tas utgangspunkt i dagsprisen ved verdsettelse av opsjoner. Verdien av en kjøpsopsjon ved forfall er $\tilde{c}_T = \max[\tilde{S}_T - K, 0]$ med kontraktspris (K) og en periode til forfall ($T = \Delta t = 1$). Ved en prisoppgang er verdien $c_u = \max[uS - K, 0]$ og ved prisnedgang er verdien $c_d = \max[dS - K, 0]$. Opsjonsverdien finnes ved å benytte at $c_0 = E^*[\tilde{C}_T]e^{-r}$, som utskrevet blir $c_0 = e^{-r}[f^*c_u + (1-f^*)c_d]$. Videre antas det at omstendighetene rundt utøvelsen av opsjonen er usikker. For en en-periodisk binomisk modell impliserer dette at opsjonen blir utøvd i en tilstand og er verdiløs i den andre ($uS > K > dS$). Verdien kan den matematisk formuleres som $c_0 = e^{-r}[f^*(uS - K) + (1-f^*)(0)]$. Formelen forenkles ved å definere en justert sannsynlighet for prisoppgang $f' \equiv \left(\frac{u}{e^r}\right)f^*$, og er dermed gitt ved $c_0 = f'S - e^{-r}f^*K$. Forenklingen gjør utledning av en fler-periodisk binomisk prisingsmodell mer oversiktlig.

⁵⁸ For matematisk utledning henvises det til Cox, Ross og Rubinstein (1979).

5.2.4 To-periodisk modell

Dersom det antas en to årig ($T=2$) investering med to perioder ($\Delta t=1$), kan verdien på tidspunkt t for et derivat beregnes ved å benytte at verdien ved oppgang $V_u = e^{-r} [f^* V_{uu} + (1-f^*) V_{ud}]$ og ved nedgang $V_d = e^{-r} [f^* V_{du} + (1-f^*) V_{dd}]$ kan finnes på tilsvarende fremgangsmåte som i 5.2.3. $V_{ud} = V_{du}$ i et rekombinerende tre, men ikke i et sporuavhengig tre.⁵⁹ Det forutsettes her som i CRR at modellen er rekombinerende. Dette trenger ikke være en god antagelse, men antas ofte for praktiske formål. $V_0 = e^{-r} [f^* V_u + (1-f^*) V_d]$ på $t=0$ finnes ved å sette inn for V_u og V_d . Uttrykket er dermed gitt ved $V_0 = e^{-2r} [(f^*)^2 V_{uu} + 2f^*(1-f^*) V_{ud} + (1-f^*)^2 V_{dd}]$.

5.2.5 T-periodisk modell

Dersom det er ønskelig med en mer nøyaktig binomisk modell, kan opsjonen modelleres ved bruk av en T-periodisk modell. På tid $t=0$ er verdien på underliggende aktiva kjent og lik S_0 . Ved å benytte et rekombinerende tre med opp (u) og nedgangs (d) faktorer, er den tilstandsavhengige verdien på et gitt fremtidig tidspunkt $S_{nj} = S_0 u^j d^{n-j}$, $j=0,1,\dots,n$. Der antall oppganger (suksess) er gitt ved j , og antall nedganger (ikke suksess) er gitt ved $n-j$. Sannsynligheten for nøyaktig j antall prisoppganger i n (antall perioder som løpetiden er delt inn i) uavhengige forsøk, med sannsynlighet f^* for oppgang i et enkelt forsøk, er gitt ved:

$$\Pr[j; n, f] = \binom{n}{j} (f^*)^j (1-f^*)^{n-j} \quad \text{og} \quad \binom{n}{j} = \frac{n!}{j!(n-j)!}$$

Sannsynligheten for minst a oppganger i n uavhengige forsøk, med sannsynlighet f for oppgang i enkelt forsøk, er gitt ved $\Pr[j \geq a; n, f] \equiv B(a; n, f) \equiv \sum_{j=a}^{j=n} \binom{n}{j} f^j (1-f)^{n-j}$.

⁵⁹ Den binomiske prisprosessen er en "random walk" prosess, der prisen over neste periode enten går opp eller ned. Ved fravær av dividende vil dermed en slik modell være rekombinerende i den betydning at rekkefølgen på en oppgang og en nedgang ikke har betydning for sluttverdien etter to perioder. Dette forenkler modellering av den binomiske modellen siden det blir en "mindre" tilstand som skal verdsettes. Innføring av diskret dividende bryter den rekombinerende modellen, utfallstreet blir sporavhengig (oppgang i første steg blir mest verdifullt).

Videre benyttes det at risikojustert sannsynlighet for oppgang er $f^* \equiv \frac{e^{r\Delta t} - d}{u - d}$ og at justerte oppgangssannsynligheter er $f' \equiv \left(\frac{u}{e^{r\Delta t}}\right) f^*$. Kritisk antall prisopp ganger for utøvelse er definert som a , slik at $u^a d^{n-a} S \geq K$ mens derimot $u^{a-1} d^{n+1-a} < K$. Ved bruk av binomiske ”større eller lik” sannsynligheter kan den binomiske T periodiske modellen for en europeisk kjøpsopsjon uten dividende utledes som $c_0 = S \cdot B(a; n, f') - e^{-r\Delta t} K \cdot B(a; n, f^*)$. For europeiske kontrakter kan modellen tilpasses salgsoptions og antagelser om dividende. For amerikanske opsjoner kan modellen tilpasses calloptions, for amerikanske putoptions eksisterer det ikke en generell formell.

5.2.6 Kobling av volatilitet med opp (u)- og nedgangs (d) faktorer

Ved praktisk modellering av et binomisk tre som representerer bevegelsene i underliggende aktiva er det vanlig å velge opp og nedgangsparametere som samsvarer med volatiliteten til underliggende aktiva (Hull, 2003: 211-213). Parametrene f^* , u og d må gi korrekte verdier for gjennomsnitt og varians i endringer underliggende aktiva i løpet av tidsintervallet (Δt). Ved verdsettelse i en risikonøytral verden er forventet avkastning på underliggende den risikofrie renten (r). Herfra følger det at den forventede prisen på underliggende aktiva ved slutten av tidsintervallet er $Se^{(r-\delta)\Delta t}$, der S er prisen på aktiva ved begynnelsen av perioden og δ (konstant dividenderate) er tap ved utsettelse av en investeringsbeslutning (dividende). Dette kan kobles direkte mot den binomiske modellen ved å sette $Se^{(r-\delta)\Delta t} = f^* S_u + (1-f^*) S_d$. Venstresiden er terminprisen, mens høyresiden er forventet spotpris, og likhet holder pga. forutsatt risikonøytralitet. For prosentvise endringer i underliggende aktiva (hvor sannsynligheten f^* må justeres for å ta hensyn til dividende) i løpet av små tidsintervaller kan det argumenteres for at variansen er $\sigma^2 \Delta t$. Uttrykket for opp og nedgangsfaktorene finnes ved bruk av at variansen for en variabel X er definert som $E(X^2) - [E(X)]^2$, av dette følger det at

$$f^* u^2 + (1-f^*) d^2 - [f^* u + (1-f^*) d]^2 = \sigma^2 \Delta t. \text{ Ved innsetting for } f^*, \text{ og bruk av } u = \frac{1}{d} \text{ (CRR, 1979) finnes uttrykkene } f^* = \frac{e^{(r-\delta)\Delta t} - d}{u - d}, \quad 1-f^* = \frac{u - e^{(r-\delta)\Delta t}}{u - d}, \quad u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}} \quad \text{og} \quad d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}}.$$

Modellen kan nå brukes til å prise opsjoner, der antall steg (n) er avgjørende for modellens

presisjon. Ofte brukes $\Delta t = 1$ slik at $n=2$ for en toårig investering, dermed blir modelleringen av prosjektet mindre komplisert og mer oversiktlig.

5.3 Kontinuerlige modeller

For finansielle europeiske opsjoner kan Black og Scholes (1973) kontinuerlige prisingsmodell brukes. Anvendelse av denne modellen på realaktiva kan være problematisk. De fleste realopsjoner krever en verdsettelsesmodell der en eller flere av antagelsene ved B&S ikke er tilfredstilt. De fleste realopsjoner er av amerikansk type, kontraktsprisen er ukjent og stokastisk, antagelsen om konstant volatilitet er tvilsom og markedsprisen på underliggende aktiva er sjelden observerbar. Kontinuerlige modeller som er egnet for realopsjoner gir ofte vanskelige tolkbare resultater, og er vanskelig å benytte i en praktisk beslutningssituasjon. Et eksempel på en slik modell kan være Schwartz (2003), som verdsetter patenter og FoU ved å modellere investeringskostnaden som en stokastisk prosess. Schwartz og Moon (2000, 2001) kombinerer teknikker fra realopsjonsteori og moderne finans for å evaluere internetselskaper.

Kontinuerlige modeller som løser på forutsetningene ved B&S vil ikke drøftes i denne sammenheng, da utredningens formål er å se på praktisk anvendbare modeller. For å analysere potensialet for bruk av realopsjoner i IKT er det lite hensiktsmessig å ta utgangspunkt i kompliserte modeller. Dette er noe som bør utvikles i etterkant for å få modeller som er matematisk og teoretisk korrekt.

5.3.1 Avkastning og lognormalfordeling

Avkastningen fra dag i til dag $(i+1)$ på en aksjeinvestering kan formuleres som $R_i = \frac{S_{i+1} - S_i}{S_i}$,

der R_i er avkastning i perioden, S_i er aksjepris for dag i . Forventet avkastning over n dager

kan tilsvarende formuleres som $\bar{R} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N R_i$, med standardavvik over n dager formulert som

$\sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (R_i - \bar{R})^2}$. Dersom avkastningen hver periode er gitt ved uavhengige variabler med

samme fordeling, kan det ved sentralgrensesetningen⁶⁰ vises at avkastningen er normalfordelt. Dersom vi mener at normalfordeling gir et tilstrekkelig godt bilde av den empiriske avkastningen, kan vi formulere avkastningen som tilfeldige variable trukket fra en normalfordeling med kjent, konstant forventning, og med kjent, konstant standardavvik, dvs.

$R_i = \mu_R + \sigma_R \cdot Z_i$, hvor $Z_i = \frac{R_i - \mu_R}{\sigma_R}$ er en standardisert normalfordelt stokastisk variabel, der

$Z_i \sim N(0,1)$ og N er normalfordelingsfunksjonen. For finansielle opsjoner kan forutsetningen enkelt testes.⁶¹ For realopsjoner er dette ikke tilfellet. Som nevnt tidligere eksisterer det sjelden markedsdata av et slikt omfang at det kan gjøres analyse av statistisk betydning. Det må dermed antas en fordeling for underliggende, og regne med at dette er en god forutsetning. Videre vises det hvordan utviklingen i aksjeprisen kan formuleres, rammeverket kan utvides og benyttes dersom det er usikkerhet både i underliggende og kontraktsprisen (jfr. 7.3).

Ved verdsettelse av finansielle opsjoner antas det ofte at aksjeprisen er lognormalfordelt.

Dersom aksjeprisen S_t er lognormalfordelt, kan vi skrive $\frac{S_t}{S_0} = e^x$, der den normalfordelte

tilfeldige variabelen x fortolkes som den kontinuerlige forrentede avkastningen fra tidspunkt 0 til tidspunkt t . Dersom avkastning er uavhengig og identisk fordelt over tid, er gjennomsnitt og varians til kontinuerlig forrentet avkastning proporsjonal med tiden. Dersom det antas at den logaritmiske avkastningen i aksjepriser fra tidspunkt 0 til tidspunkt t er normalfordelt med

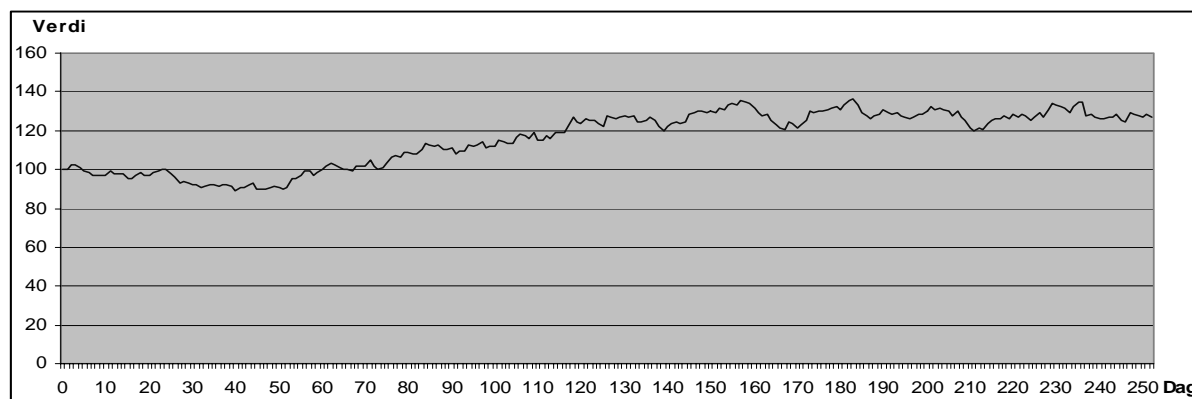
forventning $(\alpha - \delta - \frac{1}{2}\sigma^2)t$ og varians $\sigma^2 t$, $\ln\left(\frac{S_t}{S_0}\right) \sim N\left[(\alpha - \delta - \frac{1}{2}\sigma^2)t, \sigma^2 t\right]$, så kan

utviklingen i aksjeprisen formuleres som $\ln\left(\frac{S_t}{S_0}\right) = (\alpha - \delta - \frac{1}{2}\sigma^2)t + \sigma\sqrt{t} \cdot z$ eller ekvivalent

$S_t = S_0 \cdot e^{(\alpha - \delta - \frac{1}{2}\sigma^2)t + \sigma\sqrt{t} \cdot z}$. Forventet aksjepris er gitt ved $E(S_t) = S_0 \cdot e^{(\alpha - \delta)t}$. I figur 5 vises metoden i praksis ved simulering av daglig verdiutvikling for en aksje (252 dager, $t = 1/252$), med startverdi $S_0 = 100$ og standardavvik $\sigma = 0,30$, og en forventet avkastning $\alpha = 0,10$.

⁶⁰ Sentralgrenseteoremet: La $\tilde{X}_1, \tilde{X}_2, \dots$ være en sekvens av stokastiske uavhengige variabler, alle med forventning μ og varians σ^2 , og la $\tilde{V}_n = \sum_{i=1}^n \tilde{X}_i$. Når $n \rightarrow \infty$, vil \tilde{V}_n tilnærmet bli en normalfordelt variabel med forventning $n\mu$ og varians $n\sigma^2$.

⁶¹ Det kan testes om historisk aksjeavkastning er forklart ("passer") ved normalfordelingsfunksjonen.



Figur 5: Simulering av aksjepriser

5.3.2 Black & Scholes opsjonsprisindemodell

Når antall steg (n) går mot uendelig, og løpetiden er konstant, slik at lengden av hver delperiode går mot null, så vil den binomiske opsjonsprisindeformelen gå mot B&S opsjonsprisindemodell. Under vises formlene for europeiske kjøps- og salgsoptjoner⁶² på en aksje med konstant proporsjonal dividenderate, for matematisk utledning henvises det til Miltersen (2004). B&S kan tilpasses andre aktiva og derivater, dett illustreres blant annet i McDonald (2003: 370-372) og Hull (2003: 267-289).

$$c_0 = (S_0, K, \sigma, r, T, \delta) = S_0 \cdot e^{-\delta T} N(d_1) - K \cdot e^{-rT} N(d_2)$$

$$p_0 = (S_0, K, \sigma, r, T, \delta) = K \cdot e^{-rT} N(-d_2) - S_0 \cdot e^{-\delta T} N(-d_1)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{K}\right) + \left(r - \delta + \frac{1}{2}\sigma^2\right)T}{\sigma\sqrt{T}} \quad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

Den kumulative normalfordelingsfunksjonen $N(x)$ er sannsynligheten for at et tilfeldig tall trukket fra en standardnormalfordeling (normalfordeling med forventning lik 0 og varians lik 1) er mindre enn x . $N(d_1)$ viser hvor mange optjoner som må handles i underliggende aktiva for hver enhet av kjøpsoptjonen for å få en risikofri posisjon.⁶³ $N(d_2)$ er et mål for den risikojusterte sannsynligheten for at optjonen er "in the money" på utøvelstidspunktet, slik

⁶² Black & Scholes formelen for en europeisk salgsoptjon kan utledes fra put-call pariteten.

⁶³ Dette betegnes ofte "hedge ratio" eller sikringsbrøk. Merk at $N(D_1) = \frac{\partial C_0}{\partial S_0}$, dvs. følsomheten for en kjøpsoptjon mhp. underliggende aktiva.

at innehaveren av opsjonen må ut med K for å få tilgang til underliggende aktiva. Modellens forutsetninger kan blant annet finnes i McDonald (2003: 369). Det er nettopp slike begrensinger som gjør at modellen begrenses til kun å gi verdiestimat for realopsjoner. Verdien av en europeisk salgsoptjon kan finnes ved å bruke put-call paritet. Ved bruk av prisingsformell på realopsjoner er det viktig å ta hensyn til at modellen forutsetter at opsjonen er av europeisk type, rentekostnaden er konstant og kjent, identisk innlåns og utlånsrente, ”short-salg” er tillatt uten ytterligere omkostninger, fravær av transaksjonskostnader, ingen skattemessige forskjeller, opsjonen er kun betinget av ett underliggende aktiva, kontinuerlig dividende, observerbare markedspriser på underliggende aktiva, konstant og kjent varians og i tillegg er utøvelsesprisen kjent og konstant. Modelling av en kontinuerlig prisingsmodell for realopsjoner blir komplisert siden verdiutviklingen på underliggende realaktiva bryter med en eller flere av forutsetningene for B&S modellen. Realinvesteringer er i tillegg preget av multiple usikkerhetskilder, noen som kompliserer modelleringen ytterligere. For praktiske og pedagogiske formål antas det ofte at modellen gir gode verdiestimat (jfr. eksempel i 4.5).

5.4 Verdsettelse basert på Monte Carlo simulering

En innføring i bruk av Monte Carlo simulering kan finnes i McDonald (2003) kapittel 19 eller Jackson og Staunton (2002: 197-207). Gjennomgangen under er begrenset til å presentere metoder som er nødvendig for å anvende simulering i kapittel 6 og 7. Monte Carlo simulering er et verktøy for modellering av prosjekt som er preget av usikkerhet. Investeringer som er preget av multiple usikkerhetskilder kan sjelden verdsettes analytisk. I situasjoner med kompleksitet og fravær av generelle prisingsformler kan Monte Carlo simulering være nyttig. Metoden simulerer prisbaner (dvs. fremtidige aktivapriser) basert på forutsetninger om sannsynlighetsfordelingen til prisene. Opsjonsverdier beregnes på grunnlag av risikonøytral verdsettelse, som innebærer at prisbanene simuleres som om underliggende aktiva har avkastning lik risikofri rentesats, og diskonterer forventet framtidig opsjonsutbetaling med diskonterings-sats lik risikofri rente. Under vises metoden for simulering av verdien på en europeisk kjøpsopptjon, metoden kan selvfølgelig utvides og tilpasses andre opptjonstyper.

Det antas at avkastningen på underliggende følger prisprosessen gitt i avsnitt 5.3.1. I tillegg erstattes forventet avkastning α med risikofri rentesats r . Deretter genereres tilfeldige normalfordelte variable Z ($z_i \sim N(0,1)$), som igjen settes inn i prisprosessen. Hver Z gir et verdiestimat, det må dermed genereres et stort antall N estimater for å få et godt verdianslag.

Av praktiske formål (datamaskinkapasitet) begrenses ofte antall simuleringer til 10000. Verdi

på kjøpsopsjonen ved forfall er $\max(S_T^i - K, 0) = \max(S_0 \cdot e^{(r-\delta-\frac{1}{2}\sigma^2)T+\sigma\sqrt{T}Z_i} - K, 0); i = 1, \dots, N$.

Deretter finnes gjennomsnittet av alle simulerte prisbaner $\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \max(S_T^i - K, 0)$. Metoden gir et estimat på den forventede opsjonsutbetaling $E_0[\max(S_T - K, 0)]$ på tidspunkt T. For å få et verdiesimat i dag diskonteres utbetalingen med risikofri rente $C = e^{-rT} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \max(S_T^i - K, 0)$.

Diskusjonen av usikkerhetskilder for realopsjoner i avsnitt 4.2 viser at slike investeringer ofte er preget av multiple usikkerhetskilder. Monte Carlo simulering kan i mange tilfeller være godt egnet til å finne verdiesimat på teknologiinvesteringer. I tillegg til rammeverket som er presentert, må det også tas hensyn til at usikkerhetskildene kan være korrelerte (jfr. 4.2.3).

Anta at aktiva S og Q begge er lognormalfordelt. Simulering av priser gjøres på følgende måte for to korrelerte, lognormalfordelte prisprosesser:

$$\ln(S_t) = \ln(S_0) + (r - \delta_s - \frac{1}{2}\sigma_s^2)t + \sigma_s\sqrt{t} \cdot Z_s \quad \text{og} \quad \ln(Q_t) = \ln(Q_0) + (r - \delta_Q - \frac{1}{2}\sigma_Q^2)t + \sigma_Q\sqrt{t} \cdot Z_Q$$

Dersom S og Q er ukorrelerte, simuleres begge ved å trekke tilfeldige variable for Z_s og Z_Q på tilsvarende måte som tidligere. Dersom imidlertid S og Q er korrelerte, kan sammenhengen defineres ved parameteren ρ . Korrelasjon må tas hensyn til ved simulering.

La ε_1 og ε_2 være uavhengige og standard normalfordelte ($N \sim (0,1)$), og la $Z_s = \varepsilon_1$ og $Z_Q = \rho\varepsilon_1 + \varepsilon_2\sqrt{1-\rho^2}$. Da er $\rho = \text{Corr}(Z_s, Z_Q)$ og Z_Q er standard normalfordelt $N \sim (0,1)$.⁶⁴

Korrelasjonskoeffisienten er gitt ved uttrykket $\frac{\sigma_s\sigma_Q t}{\sigma_s\sqrt{t}\sigma_Q\sqrt{t}} = \rho$. Det betyr at hvis Z_s og Z_Q har

korrelasjon ρ , har også den kontinuerlig forrentede avkastningen til S og Q korrelasjon ρ .

Verdsettelse av amerikanske opsjoner kan også gjøres ved bruk av simulering (Longstaff og Schwartz, 2001), der det på grunnlag av en simuleringsmetode finnes en tilnærmet verdi og optimale beslutningsstrategier på amerikanske opsjoner (prosjekt med en kombinasjon av mange fleksibilitets-elementer og usikkerhetskilder) med mange tilstandsvariable.

⁶⁴ Se f. eks McDonald (2003:620).

6 Estimering av indikatorer for volatilitet

Estimering (input) av en volatilitetsindikator er en forutsetning for anvendelse av realopsjoner og rammeverket som er presentert i kapittel 5. Innen IKT kan denne prosessen være spesielt vanskelig (utfordrende) siden det sjelden eksisterer markedspriser på sammenlignbare prosjekter (selskap) eller historiske avkastningsdata som kan brukes som indikatorer. Innledningsvis illustreres de vanligste metodene (Hull, 2003: 372-391) for estimering av volatilitet for finansielle opsjoner, samtidig som det drøftes hvorvidt metodene er egnet for realopsjoner generelt og spesielt innen IKT. Det vises videre hvordan volatilitetsindikatoren kan estimeres ved bruk av simulering (jfr. 6.3) eller subjektive (ledelses) anslag (jfr. 6.2.2).

6.1 Usikkerhetskilder i finansielle og realopsjoner

Volatilitet beskriver bevegeligheten (opp og ned) til underliggende aktiva som kan forventes i løpet av et år (evt. en periode). Vanligvis omtales volatilitet som en parameter for størrelsen på historiske fluktasjoner i en serie av finansielle data. For å kunne operere med en presis definisjon av begrepet, er det nødvendig å bestemme hvilken metode man ønsker å benytte for å måle fluktasjonene. Metodene for estimering av volatilitet er hentet fra tradisjonell opsjonslitteratur, det er dermed naturlig å diskutere hvorvidt dette kan brukes for realopsjoner.

Tabell 7: Usikkerhetskilder for finansielle og realopsjoner, basert på Cobb og Charnes (2004)

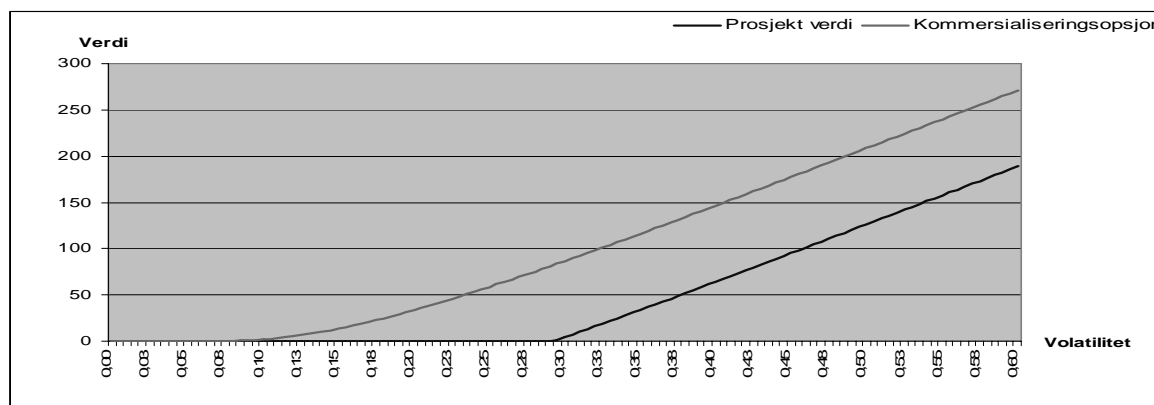
Finansielle opsjoner	Realopsjoner	Usikkerhetskilde
Aksjepris	Nåverdi av forventede kontantstrømmer som genereres ved utøvelse av realopsjonen (investering).	Etterspørsel (priser) for produkter og tjenester, tilbud (kostnader) av arbeidskraft og materialer.
Kontraktpris	Nåverdi av investeringskostnad, prisen på underliggende aktiva.	Tilgjengelighet, timing, kostnadsusikkerhet, effektivitet og ressursbruk.
Volatilitet ⁶⁵	Usikkerhet i verdien av fremtidige kontantstrømmer.	Multiple usikkerhetskilder (jfr. 4.2). Det forventes også at de er korrelerte.
Forfallstidspunkt	Perioden investeringen er tilgjengelig	Livssyklus og konkurranse.
Dividende	Kontantstrøm tapt ved utsettelse	Livssyklus og konkurransefortrinn
Risikofri rente	Risikofri rente	Inflasjon, rentenivå, tid til forfall

⁶⁵ Den eneste parameteren i B&S som ikke kan observeres direkte er volatilitetsparameteren (σ). Den implisitte volatiliteten kan observeres direkte fra markedspriser, som antas å være et subjektivt fremtidsrettet estimat (jfr. 6.2.3). For å beregne den teoretiske opsjonsprisen, er man nødt til å beregne en volatilitetsindikator (jfr. 6.2).

Tabell 7 illustrerer forskjellen i usikkerhet for finansielle og realopsjoner, poenget er at for finansielle opsjoner er det kun verdien på underliggende aktiva som er usikker (aksjepris), alle de andre opsjonsparametrene er kjente og/eller spesifiserte i opsjonskontrakten. Tabellen viser at realopsjoner i stor grad er preget av flere usikkerhetskilder, slik at det dermed ikke er en selvfølge at metodene kan overføres (uten å gjøre ytterligere forutsetninger og tilpasninger).

6.2 Estimering av volatilitet

Den vanligste måten å definere volatilitet er ved variansen (σ^2) eller primært standardavviket (σ) til de variablene man betrakter. For finansielle opsjoner er det vanlig å anta at variablene er representert ved tidsserier av finansielle data, slik at parameteren (σ) angir størrelsen på fluktuasjonene i tidsseriene (historisk avkastning). Figur 6 er en sensitivitetsanalyse for det hypotetiske prosjektet OPTImalt (jfr. tabell 2), figuren viser at antagelser om volatilitet i underliggende har avgjørende betydning for verdien, input av indikatoren må derfor drøftes.



Figur 6: Prosjektverdi (OPTImalt) for ulike antagelser om volatilitet

6.2.1 Logaritmisk avkastning

Logaritmisk avkastning er basert på verdien (av kontantstrømmene), ikke selve kontantstrømmene. Avkastning og standardavviket (σ) beregnes ved bruk av punkttestimat på kontantstrømmer. Metoden kan illustreres ved å anta et prosjekt som har kontantstrømmer over 6 år ($CF_0 = 95, CF_1 = 120, CF_2 = 110, CF_3 = 125, CF_4 = 160, CF_5 = 134$). Relativ avkastning beregnes mellom periodene, deretter finnes logaritmisk avkastning som er utgangspunktet for beregninger av varians og standardavvik. I dette eksempelet blir beregnet (estimert) volatilitet (standardavvik) 19,2 % (som kan brukes ved en realopsjonsanalyse). Det er ikke vanskelig å se metodens svakheter, men den brukes ofte i praksis for å få en enkel indikator på prosjektets

volatilitet. Problemene oppstår dersom det er negative kontantstrømmer i løpet av prosjektets levetid over lengre perioder, eller ved store svingninger mellom periodene fra positiv til tilsvarende negative kontantstrømmer.⁶⁶ Relativ avkastning blir i slike tilfeller negativ, beregningsmessig blir dette problematisk ettersom logaritmen til et negativt tall ikke eksisterer. Autokorrelerte kontantstrømmer og antagelsene om en statisk vekstrate kan også være problematisk ved bruk av metoden. Innen IKT er nytten begrenset til å gi enkle estimat, i de tilfellene der metoden faktisk kan benyttes (dvs. der matematiske løsninger eksisterer).

6.2.2 Subjektive estimat

I mange akademiske sammenhenger antas det volatilitet på mellom 20 og 50 %.⁶⁷ Slike estimat er som oftest ikke velbegrunnet. Intervallet kan være noe høyt, men kan være valgt for å illustrere effekten av realopsjoner. Til sammenligning er standardavvik for OSE 40 og 50 beregnet til hhv 43 og 39 %, hvilket kan bety at det nevnte estimatet kanskje er en grei antagelse for input av volatilitet i teknologibaserte prosjekt. Volatilitet kan også baseres på kvalitative antagelser om sannsynlighetsfordeling, minimum- og maksimum verdier, for deretter bruke dette som input i et simuleringsprogram (f. eks Crystal Ball⁶⁸). Problemet med metoden er at den i stor grad påvirkes av beslutningstakers egne subjektive estimat, som igjen kan bety at beslutningstaker kan tilnærmet få det verdiestimat på prosjektet som ”ønskes”.⁶⁹ Dersom prosjektverdien har en lognormal fordeling med forventning på 13,29, og minimumsverdi på 7,82 (dårligste 10 % utfall) og maksimumsverdi på 19,80 (beste 90 % utfalls) gir Crystal Ball en volatilitetsindikator på 37,5 %. Stort intervall mellom min- og maksverdi gir ved bruk av slike metoder høye standardavvik (σ), beslutningstaker kan velge verdiene som gir ”ønsket” volatilitet og forsvare dette ved bruk av en statistisk metode.

⁶⁶ Problemet oppstår blant annet i Cobb og Charnes (2004). Ved praktisk implementering av artikkelens gjennomgangseksempel bryter simulering sammen av den enkle grunn at det ikke er mulig (udefinert) å ta logaritmen til negative tallverdier. Forfatterne velger å se bort fra slike tilfeller i analysen, hvilket selvfølgelig burde vært påpekt i artikkelen. Metoden illustreres i avsnitt 6.3.1, alternative løsninger skisseres i avsnitt 6.3.3.

⁶⁷ F. eks Trigeorgis (1996), Amram og Kulatilaka (1999a) og Copeland og Antikarov (2003: 96, 259).

⁶⁸ Crystal Ball er et Microsoft Excel basert program for Monte Carlo simulering (www.decisioneering.com).

⁶⁹ En bedrifts virksomhet består av en realprosjektdel og en finansieringsdel. I en moderne økonomi vil det gjerne være slik at personene som står for styringen av realprosjektet (ledelsen) er andre enn de som står for finansieringen (investorer) (jfr. separasjon mellom eierskap og kontroll, Jensen og Meckling, 1976). Dette skaper potensielt et agentproblem. Ledelsen kan ha insentiv til å bruke selskapets ressurser til egen gevinst istedenfor å maksimere prosjektenes NPV. Ledelsens interesser samsvarer ikke nødvendigvis med investorenes.

6.2.3 Bruk av markedsdata – proxy variabler

En enkel metode (justering av log. avkastning (jfr. 6.2.1) for å få annualisert volatilitet ut fra f. eks. mnd observasjoner) for å estimere volatilitet er å beregne historisk varians eller det historiske standardavviket for et sammenlignbart selskap eller prosjekt (Davis, 1998).

$$\sigma_v^j = \frac{1}{\sqrt{t}} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2} \quad n+1 = \text{antall historiske observasjoner av } V$$

$$V_i = \text{prosjekt verdi ved utløp av det } i\text{-te intervallet av tid}$$

$$R_i = \ln\left(\frac{V_i}{V_{i-1}}\right), i=1, 2, \dots, n \quad \bar{R} = \text{gjennomsnittet av alle } R_i \quad t = \text{lengden mellom observasjonene}$$

Kvaliteten og presisjonen på estimatet vil avhenge av lengden på den historiske tidsserien som benyttes, og om serien er stasjonær eller har endret seg av "andre årsaker". Problemet med metoden er at historiske markedsdata for det relevante prosjektet sjelden er tilgjengelige, spesielt ved verdsettelse av FoU, patenter og lisenser når det potensielle underliggende prosjektet ikke eksisterer enda. Metoden som er beskrevet ovenfor tilordner hver observasjon i utvalget samme vekt uansett hvor i utvalget observasjonen er plassert. En slik metode innebærer at avkastningstall for en aksje vil påvirke den estimerte volatilitetsparameteren like mye uavhengig av om det er n dager gammelt, eller om det er avkastningstallet for foregående dag. Et alternativ for å fange opp dynamikken i tidsserien kan være å tilordne observasjonene ulike vekter (f. eks. eksponentiell vektning).⁷⁰ Problemet med metoden (med og uten vektning) er at dette kun er analyseverktøy og ikke et prognoseverktøy. Hvis man likevel vil lage en prognose basert på en historisk estimeringsmetode, må man gjøre antagelsen om at dagens volatilitetsestimert er den beste prognosen på volatilitet i fremtiden (hvilket selvfølgelig kan diskuteres, spesielt for realinvesteringer (realopsjoner) innen IKT).

6.2.4 Implisitt volatilitet

Implisitt volatilitet⁷¹ er mye brukt dersom et prosjektet har identisk risiko og karakteristika som et børsnotert selskap med børsnoterte finansielle opsjoner. Estimert er den volatilitetsverdien til avkastningen på underliggende aktiva, som innebærer at en observert

⁷⁰ Se Hull (2003: 374).

⁷¹ En grundig gjennomgang av implisitt volatilitet kan finnes i Hentschel (2003), her indikeres mulig problemer ved anvendelse av metoden ("out of the money options", measurement errors og bid-ask spreads "non-synchronous observations), alternative fremgangsmåter (GLS, GARCH) kommenteres også. Praktisk illustrasjon av metoden for å finne implisitt volatilitet kan finnes i Jackson og Staunton (2002: 211-212).

opsjonspris er lik opsjonsprisen utledet fra en teoretisk modell (f. eks B&S). Indikatoren gjenspeiler markedsaktørenes syn på fremtidig usikkerhet og er mer fremadskuende enn volatilitet estimert fra historiske data. Det kan være et godt alternativ å estimere volatilitet med utgangspunktet i slike sammenlignbare selskaper (justert for gjeldsgrad). Av selskapene som er notert på OSE 40 og 50 er det bare 5⁷² selskaper som har børsnoterte opsjoner. I tillegg til de tidligere nevnte problemene med bruk av historiske data blir det dermed vanskelig å finne sammenlignbare selskaper som har børsnoterte opsjoner. Implisitt volatilitet vil inkorporere markedsaktørenes individuelle forventninger knyttet til volatiliteten i underliggende aktiva i løpet av opsjonens løpetid. Metoden er derfor spesielt interessant som indikator for framtidig usikkerhet. Siden man i de fleste opsjonsmarkeder observerer ulik implisitt volatilitet (jfr. ”volatility smile”) for opsjoner med samme underliggende aktiva, men ulike kontraktspris, kan det være hensiktsmessig bruke et vektet snitt for å finne en samlet indikator for fremtidig volatilitet. Hvilke vekter man skal velge er ikke trivielt, opsjonsprisen er mer følsom for volatilitetsendringer jo nærmere opsjonen er ”at the money”, dermed vil det være naturlig å vekte deretter. Implisitt volatilitet er også avhengig (empirisk) av løpetid.⁷³

Det er ikke mulig å invertere B&S formel slik at man kan finne den implisitte volatilitetsparameteren direkte når man kjenner opsjonsprisen. Det kan i stedet benyttes en iterativ løsningsprosedyre⁷⁴ der man ”gjetter” en verdi av σ , for deretter beregne opsjonsverdien. Opsjonsprisen er voksende i variabelen σ , dermed gir høyere volatilitet også høyere opsjonsverdi. Slik kan man gjette seg frem til den implisitte volatiliteten.

6.2.5 Praktisk anvendelse av markedsdata – standardavvik og implisitt volatilitet

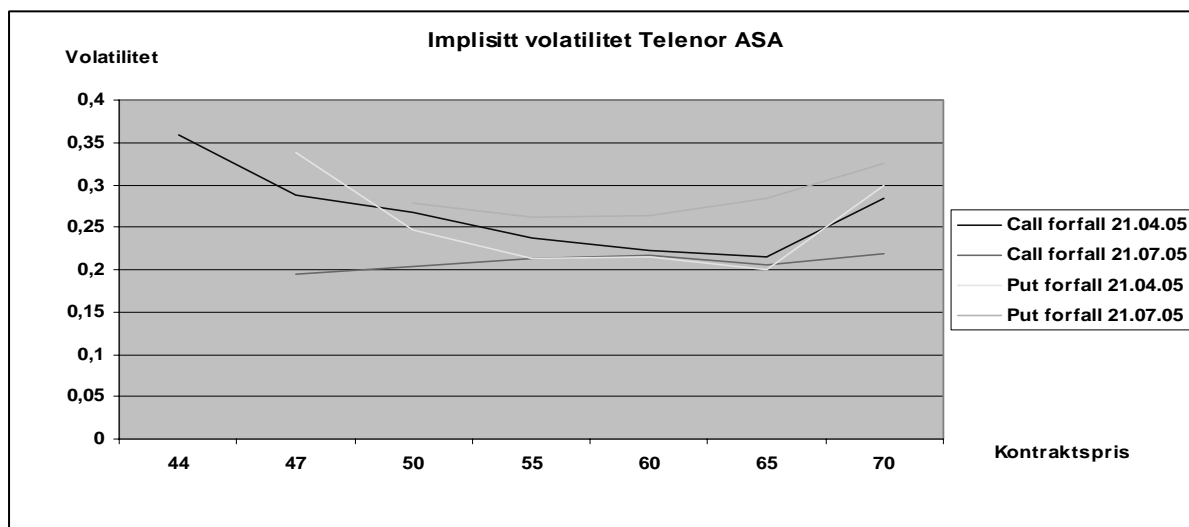
For å vise metodene i praksis er det valgt markedsdata for Telenor ASA. I tillegg til historisk aksjeavkastning eksisterer det børsnoterte opsjoner som kan brukes ved estimering av σ . Ved bruk av markedsdata fra 04.12 2000 til 10.12 2005 (www.ose.no) beregnes svingningene i historisk avkastning til å være på 33,6 %, dette kan brukes som indikator på volatilitet i en

⁷² Pr. februar 2005: Fast Search & Transfer, Nera, Tandberg, Tandberg Television og Telenor.

⁷³ Se Hull (2003: 336), ”The volatility term structure and volatility surfaces”.

⁷⁴ I praksis gjennomføres løsningsprosedyren ved hjelp av et dataprogram, f.eks solver i Microsoft Excel.

realopsjonsanalyse.⁷⁵ Implisitt volatilitet er beregnet med utgangspunkt i markedspriser fra 11.02 2005, der markedsverdien på opsjonene er siste omsetningskurs (sluttkurs). Der det ikke eksisterer omsetning på den aktuelle dagen er kurs beregnet som et gjennomsnitt av kjøper og selgers tilbud. Likviditeten for opsjoner på Oslo Børs er relativt lav, det er dermed ikke gitt at omsetningen er stor nok til at opsjonene er riktig priset (jfr. markedseffisiens). Pris på underliggende (S_0) er brukt dagens sluttkurs, det skal ikke betales ut dividende i perioden slik at B&S vil gi korrekt prising,⁷⁶ selv om kjøpsopsjonene er amerikanske (for salgsopsjoner, se fotnote 77). Risikofri rente for 3 og 6mnd er hhv 1,87 og 1,92 % (Nibor).



Figur 7: Implisitt volatilitet Telenor ASA, basert på markedsdata pr. 11.02 2005

Figur 7 viser en oppsummering av beregningene. Gjennomsnitt for kjøpsopsjonene er 23,8 % og for salgsopsjonene⁷⁷ 26,7 %. Estimatenes er forskjellig fra beregnet volatilitet basert på markedsdata, noe som indikerer at metodene i praksis ikke gir konsistente og entydige estimater. Som figuren viser er det også stor forskjell på implisitt volatilitet avhengig av

⁷⁵ I praksis brukes ofte en "volatilitetskjegle" ved estimering av volatilitet. Den viser den største og minste årlige (annualiserte) volatiliteten til underliggende aktiva for et gitt antall sammenhengende dager (5, 10, 15, ..., 90 dager) over en historisk periode (f. eks 12 måneder). Kjeglen vil således indikere hvor mye og hvor lite man maksimalt kan forvente at underliggende beveger seg over et bestemt antall dager fremover. Normalt vil de realiserte volatiliteten ligge midt i kjeglen, og derfor kan en opsjon på underliggende som prises med en (implisitt) volatilitet nær kantene på eller utenfor kjeglen være feilpriset (historisk sett). Metodens nytte er begrenset for realopsjoner, fordi det ofte ikke eksisterer nok markedsdata til å kunne konstruere en slik kjegle.

⁷⁶ En ikke-dividendebetalende amerikansk kjøpsopsjon vil ikke bli utøvd før forfall. $c_0 \geq S_0 - PV(K)$ og $C_0 \geq c_0$. Ved umiddelbar utøvelse vil $C_0 = S_0 - K$, dermed utøves ikke opsjonen før forfall $C_0 = c_0$.

⁷⁷ Det kan være optimalt å utøve en ikke dividendebetalende salgsopsjon tidlig dersom prisen på underliggende er tilstrekkelig lav. $p_0 \geq PV(K) - S_0$ og $p_0 = PV(K)$ for $S_0 = 0$. $P_0 = K - S_0 > PV(K) - S_0$. $P_0 > p_0$. Det er dermed en sjanse for at B&S ikke gir riktig pris, metoden er likevel brukt da p_0 er et estimat på P_0 .

forfallsdato og type opsjon. Forfall for de analyserte opsjonene er 3 og 6mnd (sjelden tilfelle for realopsjoner), noe som bekrefter at metoden bør brukes med forsiktighet. Figuren viser tegn til "volatilitetssmil" (jfr. Jackson og Staunton, 2002: 215-217, evt. Hull: 372-388) for alle opsjonene unntatt 6 mnd call der beregningene er relativt konsistent for de ulike kontraktsprisene. Studier av opsjonspriser i ulike markeder viser at grafen til en slik funksjon vanligvis er en konveks kurve. Kurven omtales ofte som volatilitetssmilet. Den viser at aktørene i markedet priser opsjoner som er mye "out of" eller "in the money" til en høyere volatilitet enn opsjoner med utøvelsespris nær S_t og at antagelsen (konstant varians) i B&S ikke er oppfylt. De empiriske funnene indikerer at markedsaktørene forutsetter en annen beskrivelse av opsjonens underliggende aktiva enn den geometrisk brownske bevegelsen som ligger til grunn for modellen. Ulik løpetid, variable og ikke entydige estimat og dårlig likviditet gjør at nytten av metoden kan være begrenset.

6.2.6 Markedsdata - diskusjon

Bruk av markedsdata (jfr. 6.2.5) er ofte den mest brukte og misbrukte metoden for en indikator på volatilitet i realopsjonsanalyser. Slike modeller kan variere fra det helt enkle (f. eks enkle standardavviks beregninger) til mer avanserte estimeringsteknikker (f. eks ARCH/GARCH⁷⁸). Metodene baseres på at det eksisterer tilgjengelige markedsdata for sammenlignbare selskaper, prosjekter og bransjer (risiko og gjeldsgrad). Dette brukes videre som et utgangspunkt for å estimere volatilitet for prosjekt som det skal finnes et verdiestimat på. Som nevnt tidligere antar man implisitt at historisk volatilitet gir gode prognoser for den fremtidige verdiutviklingen, dette er ikke nødvendigvis en god antagelse (spesielt innen IKT). Antagelsen kan være rimelig dersom prosjektene er gjenanskaffelsesinvesteringer, eller dersom det forventes at usikkerheten i prosjektet vil være tilsvarende som tidligere prosjekt. Dette kan være en god antagelse for evaluering av en fleksibilitetsopsjon (option to switch), f. eks innen gruvedrift der fremtidige svingninger forventes å være forklart av historiske markedsdata. For IKT er ofte markedsdata begrenset (fraværende), i tillegg eksisterer det ikke etablerte sammenlignbare konkurrenter (hvilket begrenser metodens nytte og relevans).

⁷⁸ GARCH er en forkortelse for "Generalized autoregressive conditional heteroscedasticity", modell for å konstruere dynamiske volatilitetsestimater med den egenskapen at de vender tilbake til gjennomsnittet ("mean-reverting process") slik man observerer at ofte er tilfelle med finansielle tidsserier. Den enkleste formen for GARCH modeller er ARCH (autoregressive conditional heteroscedasticity). Det finnes en rekke variasjoner av GARCH modeller, men et grundig studium av disse vil falle utenfor utredningens formål.

6.2.7 Oppsummering enkle metoder for å estimere volatilitet

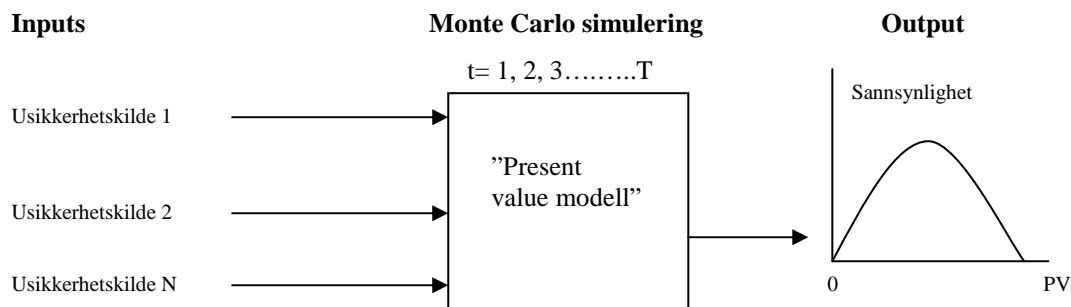
Statistiske og implisitte volatilitetsindikatorer basert historiske tidsserier er nyttig for å få informasjon om usikkerheten i markeder for finansielle aktiva. For realopsjoner viser gjennomgangen at nytten i mange tilfeller kan være begrenset, dette gjelder spesielt for teknologibaserte prosjekter. Basert på kapittel 6.1 og 6.2, og annen gjennomgått litteratur er det derfor forfatterens oppfatning at det er nødvendig med alternative (velbegrunnede) metoder for estimering av volatilitetsindikatorer for å få gode verdiestimat på realopsjoner innen IKT. Videre i kapittelet vil det derfor fokuseres på metoder som bruker simulering for å finne egnede volatilitetsindikatorer.

6.3 Simulering av volatilitetsindikator

Den første delen av dette avsnittet viser hvordan Monte Carlo simulering kan brukes til å verdsette et prosjekt, ved å anta at vi allerede har estimert de stokastiske egenskapene av variablene som drivere volatiliteten i prosjektet. Monte Carlo simulering er en relativt enkel fremgangsmåte og kan modellere krysskorrelasjon (mellom forskjellige input slik som pris og kvantum) og tidsserie egenskaper som "mean reversion". Det finnes også svakheter med denne fremgangsmåten, hvilket diskuteres avslutningsvis. Videre er det brukt "the consolidated approach" (Samuelson, 1965), slik at det blir ett enkelt estimat på usikkerhet, fundert på mange usikkerhetskilder (f. eks pris, kvantum og kostnader) som bidrar til den totale usikkerheten. Estimat på disse separate usikkerhetsparameter er enten basert på historiske data, eller på beslutningstakeres subjektive estimat. Prosjekt med to separate usikkerhetskilder (teknologisk og produkt- markedsusikkerhet) illustreres i avsnitt 7.3.

6.3.1 Modell

Fremstillingen (modellen) er basert på Cobb og Charnes (2004) og Herath og Park (2002), og viser hvordan (Monte Carlo) simulering kan anvendes for å estimere en volatilitetsindikator for prosjektet. Hovedantagelsen er gjengitt i figur 8, kort fortalt kombineres mange usikkerhetskilder i en modell ved bruk av simulering (jfr. Samuelson, 1965). Videre følger en matematisk presentasjon av modellen, anvendelse følger i avsnitt 6.3.2, avslutningsvis drøftes og oppsummeres modellens relevans (svakheter) anvendt innen IKT.



Figur 8: Monte Carlo simulering, basert på Copeland og Antikarov (2004: 245)

Copeland og Antikarov (2003), Herath og Park (2002) og Cobb og Charnes (2004) bruker simulering til å konstruere to estimat, nåverdi ved $t=0$ og $t=1$, deretter brukes estimatene til å beregne logaritmisk avkastning mellom periodene. Metoden kan illustreres ved å anta en investering (I) som har forventede kontantstrømmer (A_t) for tidsperioder $t=1, \dots, T$. La videre PW_n ("present worth" ved tidspunkt n) representere nåverdien av fremtidige kontantstrømmer fra tidspunkt n til T . Tilsvarende, la MV_n (markedsverdien ved tidspunkt n) representere nåverdien av fremtidige kontantstrømmer fra periode $n+1$ til T . "The present worth" ved tidspunkt n (PW_n) bør inkludere kontantstrømmen A_n (hvilket kan sammenlignes med dividende for aksjer). Følgende sammenheng mellom "present worth" og markedsverdien holder: $PW_n = MV_n + A_n$, for $n=0$, $PW_0 = MV_0$ og $A_0 \equiv 0$. Ved å anta kontinuerlig forrentning der k er avkastningskravet for en realinvesteringsmulighet estimert fra "the Capital Asset Pricing Model", er "the present worth" ved tidspunkt n gitt ved

$$PW_n = \sum_{t=n}^T A_t e^{-k(t-n)}, \text{ som også kan uttrykkes som } PW_n = (MV_{n-1})e^k.$$

Der avkastningskravet er uttrykt som en tilfeldig variabel med fordelingen $k \sim N(\mu_k, \sigma_k^2)$. Valgt fordeling (normalfordeling) er tilfeldig (arbitrær), og kan erstattes av en annen mer passende fordeling.

Dersom overnevnte sammenheng løses ut for k , finnes følgende uttrykk $\hat{k} = \ln\left(\frac{PW_n}{MV_{n-1}}\right)$. For

å finne en avkastningsfordeling simuleres det en periodiske avkastninger, ved bruk av følgende uttrykk $\hat{k} = \ln\left(\frac{PW_1}{MV_0}\right)$. Standardavviket til den simulerte avkastningsfordelingen kan

brukes som en volatilitetsindikator. Denne parameteren kan videre brukes ved modellering (konstruksjon av utfallstre) av realinvesteringer og verdsettelse.

6.3.2 Simulering av volatilitet

Nåverdi ved tidspunkt $t=0$ finnes ved å beregne $MV_0 = PW_0 = \sum_{t=1}^T A_t e^{-kt}$, der $A_0 \equiv 0$. Deretter

finnes verdien ved $t=1$ på tilsvarende måte $PW_1 = \sum_{t=1}^T A_t e^{-k(t-1)}$, mens $MV_1 = \sum_{t=2}^T A_t e^{-k(t-1)}$.

Dermed kan en periodisk avkastning simuleres ved bruk av $\hat{k} = \ln\left(\frac{PW_1}{MV_0}\right)$, hvilket gir estimat

på forventet avkastning og standardavvik. Volatilitetsindikatoren kan deretter brukes ved verdsettelse av realopsjoner. Det kan bemerkes at estimatet er sterkt påvirket av subjektive estimat (jfr. 6.3.3).⁷⁹ Ved bruk av metoden kan flere usikkerhetskilder kombineres, ved å anta at $A_i = X_i \cdot V_i$ der X_i er dekningsbidrag (DB) pr enhet og V_i er årlig etterspørsel. Det antas sannsynlighetsfordeling, forventning og standardavvik, som resulterer i en indikator på totalusikkerheten i prosjektet (jfr. figur 8). Anta en realinvestering som har kontantstrømmer for 5 år, der det antas usikkerhet i årlig dekningsbidrag pr. enhet (X_i) og markedets etterspørsel (V_i). Totalt er det 10 uavhengige usikkerhetskilder som skal kombineres. Forutsetninger er gjengitt i tabell 8,⁸⁰ DB antas å være normalfordelt $N(\mu, \sigma^2)$ og etterspørsel antas å være symmetrisk triangulært fordelt $T(\min, \mu, \max)$. Fordelingene er i utgangspunktet valgt "tilfeldig", og kunne vært erstattet med andre mer passende fordelinger. Tidligere har det vært vanlig f. eks å anta ikke-symmetriske fordelinger, med $T(\min, \text{mode}, \max)$.

Tabell 8: Antagelser for simulering av volatilitetsindikator

T	1	2	3	4	5
(X_i)	$X_1 \sim N(100, 10)$	$X_2 \sim N(120, 15)$	$X_3 \sim N(140, 21)$	$X_4 \sim N(160, 28)$	$X_5 \sim N(180, 36)$
(V_i)	$V_1 \sim T(190, 200, 210)$	$V_2 \sim T(165, 200, 235)$	$V_3 \sim T(140, 200, 260)$	$V_4 \sim T(115, 200, 285)$	$V_5 \sim T(90, 200, 310)$
FK	4000	4125	4150	4125	4000
Skatt	28 %	28 %	28 %	28 %	28 %
K	15 %	15 %	15 %	15 %	15 %

⁷⁹ Beslutningstaker må fremdeles anslå forventninger, standardavvik og sannsynlighetsfordeling for de aktuelle variablene.

⁸⁰ Tabellen er basert på Cobb og Charnes (2004: 125). Ved simulering ble det problemer med at logaritmen til negative tall er udefinert (jfr. 6.2.1), i artikkelen er negative verdier for PW_1 ignorert. Tabell 8 er tilpasset slik at faste kostnadene er lavere og volatiliteten i DB er redusert, dette for å unngå de nevnte problemene. Nyten innen IKT kan dermed diskuteres da slike investeringer ofte er preget av høy volatilitet og relativt store fastekostnader.

Generering av tilfeldige variable er gjort ved bruk av Crystal Ball, antall simuleringer er satt til $n = 50000$. Forventning og standardavvik beregnes til henholdsvis 14,9 og 11,2 %, sistnevnte kan brukes ved konstruksjon av utfallstre (binomisk modellering) eller som input i B&S. Indikatoren er estimert under antagelsen at tilfeldige variable X_i og V_i er ukorrelerte, og også uten seriekorrelasjon.

6.3.3 Problemer ved simulering – alternativer og utvidelser

Tabell 2 Cobb og Charnes (2004: 125) er det som nevnt tidligere ikke mulig å bruke direkte ved simulering, Crystal Ball "bryter sammen" relativt tidlig i prosessen. For å bruke gjennomgangseksempelet i den nevnte artikkelen må det derfor gjøres en del tilpasninger og (evt.) forutsetninger. Et alternativ kan være å anta tradisjonell enkel avkastning (se bort fra lognormal avkastning), hvilket forventes å gi gode estimater for kortsiktige perioder. Ved bruk av tilsvarende inputdata som Cobb og Charnes estimeres forventning til 12,8 %, med tilhørende standardavvik på 57,4 %. Verdene avviker relativt mye fra det som er oppgitt i Cobb og Charnes (11,95 og 35,44 %). Estimaten avviker ytterligere ved å stryke eller sette negative verdier lik 1 (dersom verdi er lik 1, vil $\ln(1) = 0$). En slik manipulering vil selvfølgelig påvirke både estimert forventning og standardavvik, men å se bort fra negative verdier vil også påvirke estimatene (resultatene). Det kan også antas at dekningsbidraget er lognormalfordelt istedenfor normalfordelt, men likevel vil store faste kostnader kunne medført negative verdier, slik at den logaritmiske avkastningen vil være udefinert. Ved bruk av tall fra Cobb og Charnes, og anta at DB er lognormalfordelt, vil fremdeles Monte Carlo simuleringen bryte sammen relativt tidlig i prosessen (allerede etter 51 forsøk). Dersom tilsvarende tall benyttes, men ved implementering og simulering trekkes faste kostnader fra som en konstant (basert på tilfeldig variabel trukket for etterspørsel) fra dekningsbidraget, vil simulering under antagelsen av lognormalfordeling gi en forventning på 8,4 % og standardavvik på 27,4 %. Dersom det antas at dekningsbidraget er normalfordelt beregnes forventning til 8,1 % og standardavvik til 29 %, ⁸¹ ved bruk av tilsvarende fremgangsmåte.

⁸¹ Det kan imidlertid bemerkes at det måtte 4 forsøk ($n=50000$ simuleringer) til før Monte Carlo simuleringen ble fullført (av tilsvarende grunner som nevnt tidligere). Dette understreker det faktum at dersom det antas normalfordeling er det alltid en viss sannsynlighet for at "usannsynlige" utfall inntreffer, spesielt dersom antall simuleringer settes over 5-10000 forsøk. Det er derfor "mindre opplagt" hvorfor den nevnte artikkelen har valgt akkurat denne fordelingen.

6.3.4 Oppsummering simulering av volatilitet

Modellen fra avsnitt 6.3.1 kan utvides til å ta hensyn til seriekorrelasjon mellom priser på produktet, og det kan antas korrelasjon mellom priser og etterspørsel. Modellen kan dermed utvides til å gi et mer realistisk markedsbilde, men det er forfatterens oppfatning at det ikke er metoden som bør diskuteres i denne sammenhengen. Tilsvarende som for de andre aktuelle metodene må beslutningstaker også ved simulering basere sine beslutninger på subjektive antagelser. Det må antas sannsynlighetsfordeling, forventning og standardavvik (evt. min, forventet og maks) for de aktuelle variablene. Problemene med udefinert logaritmisk avkastning for negative tall kan i mange tilfeller unngås, ved alternative modelleringer. Diskusjonen blir tilsvarende som tidligere, er antagelsene som modellen er fundert på gode og velbegrunnede, er anslaget på volatilitetsindikatoren også bra (jfr. 7.7).

6.4 Konklusjon volatilitet

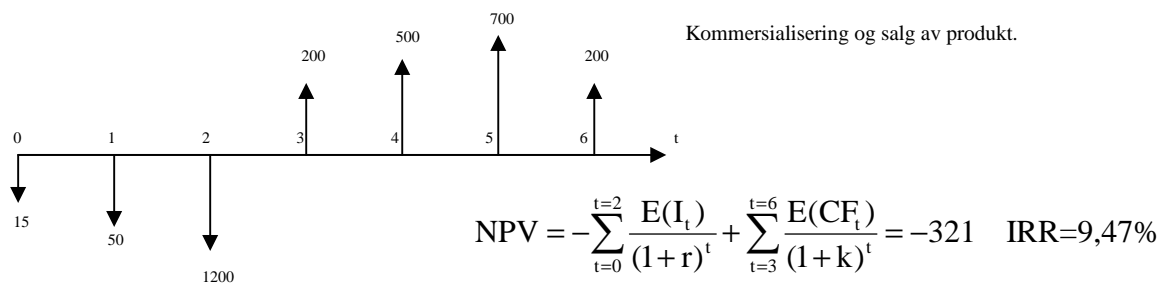
Dette kapittelet, og delvis kapittel 7, fokuserer på estimering av volatilitet i underliggende aktiva (og kontraktsprisen), og hvordan dette kan brukes til å konstruere et utfallstre. Det er ikke mye litteratur som har fokusert på problemstillingen med estimering av volatilitet og prosjektets kontantstrømmer. Dette på tross av at det sjelden er en god antagelse at prosjektets usikkerhet (volatilitet) er den samme som inputvariablene (f. eks pris og kvantum på produktet) eller at markedsdatabruker kan brukes til å finne en indikator på volatilitet. Innledningsvis illustreres effekten av volatilitet (jfr. figur 6) på realopsjoner, den påfølgende diskusjonen viser at beslutningstaker må være forsiktig å utelukkende basere indikatoren på kvalitative estimat, markedsdatabruker og simulering. Avslutningsvis kan det nevnes at verdiestimatet er sterkt påvirket av indikatorens treffsikkerhet, som igjen påvirker nytten og relevansen (treffsikkerheten) av kvantitative verdiestimat funnet ved bruk av realopsjoner.

7 Numeriske metoder for verdsettelse av realopsjoner i IKT

Verdsettelse og identifisering av realopsjoner er en komplisert prosess. Utgangspunktet for modellering av usikkerhet er å formulere analytiske uttrykk for utviklingen i prosjektets stokastiske kontantstrømmer over tid. Videre gis en innføring i det formelle metodeapparatet som brukes for å finne optimal strategi og verdi av en realinvestering, når underliggende aktiva følger en bestemt stokastisk prosess. Siktemålet med dette kapittelet er derfor i første omgang begrenset til å antyde hvilke muligheter for prinsipiell innsikt en slik tilnærming kan gi og illustrere betydningen av tankegangen gjennom stiliserte eksempler. Avslutningsvis drøftes kvantitativ bruk av realopsjoner og en overgang til kvalitative realopsjonsanalyser. Kapittelet er begrenset til å illustrere poeng og analyseverktøy. Ingen av eksemplene er basert på reelle bedriftsspesifikke data utenom det som er offentlig tilgjengelig. Det viste seg å være vanskelig å få tilgang på empiriske data, da selskapene som ble forespurt ikke hadde mulighet eller ønske om å gi ut nok informasjon til å kunne gjøre en reell analyse (konfidensialitet).

7.1 Verdsettelse av forskning og utvikling

Utgangspunktet er et forsknings og utviklingsprogram som er tilgjengelig for et IKT selskap. Problemstillingen blir å verdsette investeringsalternativene og finne optimal strategi (valg av teknologi, timing, FoU osv.) Formålet med dette enkle og stiliserte eksempelet er å illustrere hovedpoengene i et FoU prosjekt, og vise hvordan et slikt prosjekt kan verdsettes. Trinnvis analyse sikrer optimal beslutning på hvert trinn, samtidig som oppfølgingsprosjektene (vekstoppsjonene) som oppstår som et resultat av FoU verdsettes. Eksempelet er basert på Smit og Trigeorgis (2003) og kapittel 5, antar her avkastningskrav (k) på 15 % og risikofri rente (r) på 4 %, begge uttrykt som annualisert effektiv rente (jfr. eksempel i tabell 2).



FoU fase: Forskning, markedsundersøkelser, testing og bygging av anlegg.

Figur 9: Prosjektets kontantstrømmer, punkttestimat (forventede verdier)

Ut fra tradisjonelle nåverdiberegninger vil prosjektet forkastes ($NPV < 0$, $IRR < k$). En trinnvis verdsettelse kan være nyttig i denne sammenhengen, siden prosjektet kan være verdifullt fordi det gir tilgang på ny teknologi. Nåverdimetoden antar "commitment" til hele prosjektet i dag. For dette prosjektet (og de fleste FoU prosjekt) er antagelsen dårlig, noen som vil føre til en systematisk undervurdering av slike prosjekt. Bedriften vil sjelden være forpliktet til å binde ressurser i ytterligere investeringer, dersom prosjektet ikke er en suksess. FoU prosjekt kan generelt skrinlegges på et hvert tidspunkt frem til den endelige investeringen (ofte langt frem i tid). FoU gir strategisk verdi siden den genererer muligheter på et senere tidspunkt, og er spesielt verdifull siden prosjektene ikke krever forpliktelser til videre i investering (call).

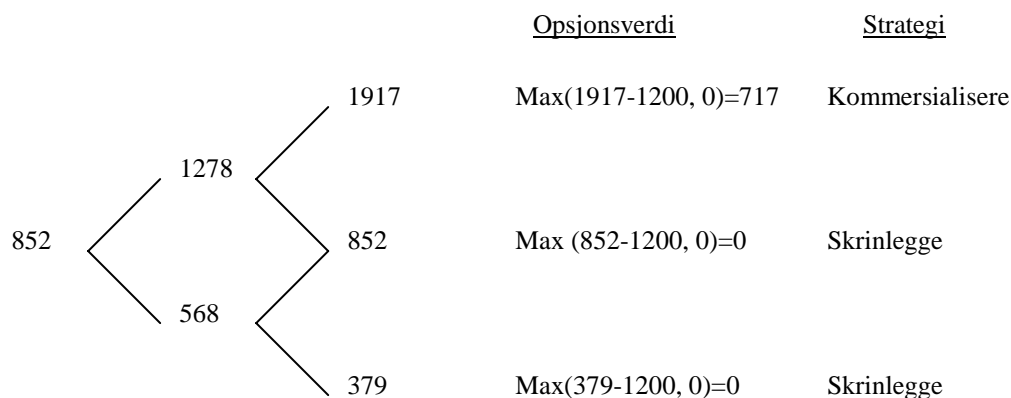
For å finne prosjektets verdi og optimal strategi, splittes investeringen opp i trinnvise faser. Beslutningen om investering i FoU må tas i dag, mens kommersialiserings prosjekt kan utsettes i to år. Antar videre at bedriften har eiendomsrettigheter til teknologien, slik at analysen kan ignorere konkurransemessige aspekter. Rettighetene (muligheten) til å investere i fremtidig kommersialisering kan tolkes som en kjøpsopsjon med en levetid på 2 år, der utøvelsesprisen er investeringskostnaden ($K = 1200$) på et fremtidig tidspunkt ($t = 2$).

Underliggende aktiva $S_0 = \sum_{t=3}^6 \frac{CF_t}{(1+k)^t} = 852$ ⁸² er nåverdien ($t = 0$) av forventede fremtidige netto innbetalinger som rettighetene til kommersialiseringsprosjektets genererer ved investering i fremtiden.

Antar videre at usikkerheten i løpet av FoU fasen kan modelleres som en stokastisk prosess med årlige multiplikative opp ($u = \frac{3}{2}$) og nedgangsfaktorer ($d = \frac{2}{3}$), hvilket impliserer antatt volatilitet i prosjektets kontantstrømmer på 40,55 %.⁸³ Utviklingen i underliggende aktiva kan illustreres i et utfallstre, som viser stokastisk prosess, opsjonsverdi og optimal strategi.

⁸² Beregningene er konsistente med ingen dividende og vekstrate (eskaleringsrate) lik avkastningskrav for prosjektverdi før oppstart. Hvis det hadde vært dividende (eskalering ulik avkastningskravet), ville både opp- og nedgangsfaktorer, opp- og nedgangssannsynligheter og startverdi måtte endres.

⁸³ Setter inn og løser: $u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}$ og $d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}}$. Med $\Delta t = 1$, så er $u = e^{\sigma} \Rightarrow \sigma = \ln(u) = \ln\left(\frac{3}{2}\right) \approx 0,40546511$



Figur 10: Stokastisk prosess, opsjonsverdi og optimal strategi

$$f^* = \frac{(1+r)-d}{u-d} = \frac{1,04 - \frac{2}{3}}{\frac{3}{2} - \frac{2}{3}} = \frac{56}{125} \quad 1-f^* = \frac{u-(1+r)}{u-d} = \frac{\frac{3}{2} - (1,04)}{\frac{3}{2} - \frac{2}{3}} = \frac{69}{125}$$

For å finne opsjonsverdien benyttes en to periodisk multiplikativ binomisk modell, for et rekombinerende utfallstre.

$$V_0 = \frac{1}{(1+0,04)^2} \left[\left(\frac{56}{125} \right)^2 \cdot 717 + 2 \cdot \frac{56}{125} \cdot \frac{69}{125} \cdot 0 + \left(\frac{69}{125} \right)^2 \cdot 0 \right] = \underline{\underline{133}}$$

Bedriften har nå et godt grunnlag for å bestemme om FoU skal iverksettes. Investering i FoU kan tolkes som utøvelse av en sammensatt opsjon. Underliggende verdi av FoU er den følgende kommersialiseringsopsjonen, som har en verdi på 133. Utøvelsesprisen på opsjonen er nåverdien av FoU kostnaden på 63. Bedriften har dermed to valg, enten droppe prosjektet ($V_0 = 0$) eller investere i FoU ($V_0 = 133 - 63$). Beslutningen kan formuleres som følgende $\max(133 - 63) = 70$. Prosjektets verdi med fleksibilitet er dermed vesentlig høyere enn verdien funnet ved bruk av nåverdimetoden. Utvidet nettonåverdi (jfr. 3.4) er statisk nettonåverdi pluss opsjonsverdien (fleksibilitet), hvilket gir en fleksibilitetsverdi på 391.

Dette enkle eksempelet illustrerer et av hovedpoengene med realopsjoner, trinnvis evaluering med utøvelse av optimal strategi på hvert beslutningstidspunkt kan gjøre et realprosjekt vesentlig mer lønnsomt. En første investering i FoU gir ledelsen informasjon om teknologien, og markedsprisene på produktet og innsatsfaktorene. FoU sikrer at bedriften har tilgang på

kommersialisering på et senere tidspunkt, men uten forpliktelser til fullføring. Usikkerhet angående prosjektets kontantstrømmer kan dermed ha positiv innvirkning på lønnsomheten.

7.2 Software

Innledningsvis kan det bemerkes at alle data i dette avsnittet er hypotetiske og fiktive, og kun ment for å illustrere aktuelle problemstillinger. Der beregningene er basert på reelle tall vil dette bli kommentert. Det antas at en hypotetisk bedrift (Makrosoft) har en softwarepakke til kontorbruk som består av flere databehandlingsprogrammer. Ledelsen vurderer oppkjøp av en mindre bedrift (Minisoft), som utvikler et program for rapportering og analyse. Ledelsen har estimert prosjektets bidrag (punkttestimat) til totale kontantstrømmer, som diskonteres med et risikojustert avkastningskrav (15 %). Kostnadene fordeler seg på oppkjøp (5mill), integrering (6mill) og implementering (4mill) av programmet med bedriftens software. Ledelsen bruker sitt faste evalueringsverktøy (NPV) og konkluderer med at prosjektet er ulønnsomt ($NPV < 0$).

Tabell 9: Punkttestimat for software prosjekt diskontert med avkastningskrav på 15 %

År (alle tall i mill. NOK)	1	2	3	4	5
Kontantstrøm	3,6	3,8	4,0	4,3	4,5
Diskonterte kontantstrømmer	3,1	2,9	2,6	2,4	2,2
PV	13,3⁸⁴	PV=13,3 PV(investeringer)=15,0 NPV=-1,7			

Beslutningen og beregningen blir presentert for ledelsen i Minisoft, som umiddelbart reagerer med å komme med et nytt oppkjøpsforslag. Minisoft er en liten aktør i markedet, og har dårlig fremtidsutsikter fordi sluttbrukerne i stor grad går over til å foretrekke totalpakker istedenfor enkelt programmer. Deres eneste mulighet for å overleve på lang sikt er oppkjøp og bli integrert i en totalpakke. Minisoft foreslår at dersom Makrosoft ikke anser investering som lønnsom i dag, kan de få utsette beslutningen (1,5 år) mot å betale et engangsbeløp (1mill). Opsjonspremien gir Makrosoft rettigheter til oppkjøp (pris fremdeles 5mill) av Minisoft om 1,5 år, samtidig som sistnevnte får midler til å opprettholde administrasjon og utviklingen av programmet. Ledelsen i Makrosoft stiller seg imidlertid svært skeptisk til forslaget, når det allerede har beregnet prosjektet til å være lite lønnsomt. Makrosoft krever dermed at ledelsen i Minisoft utreder en prosjektanalyse som nettopp viser økonomiske fordeler ved en slik

⁸⁴ Utgangspunkt er kontantstrøm år 1 på 3575000, deretter vokser denne kontantstrømmene med 6 % pr år. Tabellen viser avrundede verdier, og kontrollregning ved direkte bruk av tabellens verdier kan følgelig avvike noe fra rapporterte resultater.

avtale (kontrakt). Minisoft mener det er store økonomiske fordeler med forslaget, og hevder at dette kan bevises ved bruk av realopsjoner.

Utrekningene er basert på at prosjektet tolkes som en kjøpsopsjon med levetid på 1,5 år, der underliggende aktiva er verdien av fremtidige kontantstrømmer dersom opsjonen utøves og kontraktsprisen er summen av kjøpskostnaden og programmeringstimer. Opsjonspremien er imidlertid 1 mill som må betales for å få tilgang til denne rettigheten. Utgangspunktet for bruk av realopsjoner er de tidligere presenterte punkttestimatene på fremtidige kontantstrømmer, men i tillegg beregnes verdien av fleksibilitet som følge av det nye oppkjøpsforslaget. Ved verdsettelse brukes det en flerperiodisk binomisk modell, annualiserte input parametere er $S_0 = 13,3$, $K = 15,7$, $\sigma = 0,68$, $\delta = 0$, $T = 1,5$, $r = 0,03$. Som utgangspunkt for beregning av opp- og nedgangsfaktorer er antatt volatilitet på 68 %, tilsvarende standardavvik (jfr. 6.2.3) for den børsnoterte bedriften Software Innovation.⁸⁵ Videre beregnes kvartalsvise⁸⁶ opp- ($u=1,405$) og nedgangsfaktor ($d=0,712$) ved hjelp av rammeverket i kapittel 5. Risikojusterte sannsynligheter beregnes til henholdsvis 0,427 og 0,573 for tilstandene. Verdiutviklingen i underliggende aktiva (fremtidige kontantstrømmer) kan dermed modelleres i et utfallstre.

Tabell 10: Utvikling i underliggende aktiva, opsjonsverdi, sannsynligheter og optimal investeringsstrategi

Utvikling i underliggende aktiva over tid									
01.01.05	01.04.05	01.07.05	01.10.05	01.01.06	01.04.06	01.07.06	$C_T - K$	f^*	Strategi
13,3	18,7	26,2	36,9	51,8	72,8	102,2	86,5	0,006	Kjøp
	9,5	13,3	18,7	26,2	36,9	51,8	36,1	0,049	Kjøp
		6,7	9,5	13,3	18,7	26,2	10,5	0,163	Kjøp
			4,8	6,7	9,5	13,3	0,0	0,293	Skrinlegg
				3,4	4,8	6,7	0,0	0,295	Skrinlegg
					2,4	3,4	0,0	0,159	Skrinlegg
						1,7	0,0	0,036	Skrinlegg

⁸⁵ Software Innovation er et ledende programvare- og konsulentmiljø i Norden innen løsninger som støtter kunderelaterte prosesser og forretningskritisk rapportering og analyse. Beregningene er basert på daglig logaritmisk avkastning i perioden 09.02 2000 til 08.02 2005.

⁸⁶ Opp- og nedgangsfaktorer, og risikojusterte sannsynligheter er beregnet basert på $\sigma = 0,68$, oppgitte verdier er dermed avrundet. Nøyaktig kontroll av resultatene krever dermed bruk av nøyaktige verdier som beregnes ved bruk av oppgitte formler i avsnitt 5.2.6. Kontraktsprisen forventes å vokse med risikofri rente ($e^{(1,5 \cdot 3)}$).

Opsjonsverdien er $c_0 = e^{(-0,03 \cdot 1,5)} \cdot [(86,5 \cdot 0,006) + (36,1 \cdot 0,049) + (10,5 \cdot 0,163)] = 3,8$, fratrukket opsjonspremien på 1 million blir verdien av oppkjøpsmuligheten 2,8 millioner. Kontroll med B&S gir en brutto opsjonsverdi på 3,76 millioner, fratrukket opsjonspremien utgjør dette 2,76 millioner.⁸⁷ Ledelsen i Makrosoft er imidlertid svært skeptisk til beregningene og krever en forklaring på opsjonsparametrene. Minisoft forklarer med utgangspunkt i sammenlignbare selskaper og risiko på Oslo Børs. Et estimat på volatilitet er beregnet med utgangspunkt i historiske markeddata for avkastningen i selskapet. Videre påpekes at det er tatt hensyn til at programmeringskostnaden vil øke med risikofri rente og at denne renten er basert på sikre lånepapirer med forfall om 1,5 år. Ledelsen i Makrosoft hevder imidlertid at selv om analysen tar hensyn til fleksibilitet, er de usikker på om antagelsene om volatilitet og fremtidige kostnader er gode. Førstnevnte er diskutert i kapittel 6, virkningen av kostnadsusikkerhet vises i neste avsnitt.

7.3 IKT prosjekt med kostnadsusikkerhet

Beregningene er basert på prosjektet i foregående avsnitt, utgangspunktet er at Makrosoft ønsker å få analysert virkningen kostnadsusikkerhet. Poenget er at dersom oppkjøpet utsettes, vil ikke nødvendigvis kostnaden på programmeringstimer bare øke med risikofri rente. Verdsettelse av prosjektet krever at utviklingen i underliggende og kontraktsprisen modelleres ved bruk av en egnet stokastisk prosess. I dette tilfellet med bare to usikkerhetskilder kunne prosjektet alternativt vært modellert ved bruk av en kontinuerlig modell med to stokastiske prosesser. Her brukes imidlertid Monte Carlo simulering som er presentert i kapittel 5.4, implementering skjer ved bruk av Crystal Ball.

Det antas at utviklingen i underliggende aktiva (S_t) og kontraktsprisen (K_t) begge er lognormalfordelt, slik at simulering av priser kan gjøres på følgende måte:

$$\ln(S_t) = \ln(S_0) + (r - \delta_s - \frac{1}{2}\sigma_s^2)t + \sigma_s \sqrt{t} \cdot Z_s \quad \text{og} \quad \ln(K_t) = \ln(K_0) + (r - \delta_k - \frac{1}{2}\sigma_k^2)t + \sigma_k \sqrt{t} \cdot Z_k$$

Prosjektet tolkes som en europeisk kjøpsopsjon, der opsjonsparametrene antas å være (jfr. 7.4) $S_0 = 13293652$ (jfr. 13,3 avrundet), $\sigma = 0,68$, $\delta = 0$, $T = 1,5$, $r = 0,03$. Estimert på volatilitet

⁸⁷ Dette bekrefter at den binomiske modellen kan fungere som en god tilnærming (avvik 1,8 %).

for kontraktsprisen ($\sigma = 0,48$) er funnet ved bruk av historiske markeddata⁸⁸ for en software leverandør⁸⁹. Dette betyr at man implisitt antar at prisutviklingen på programmering er beskrevet av historisk utvikling i avkastningsdata for en sammenlignbar aksje (jfr. 6.2.3). Deretter trekkes et stort antall tilfeldige normalfordelte variabler, som videre settes inne i følgende sammenhenger:

$$\ln(S_T) = \ln(13293652) + (0,03 - \frac{1}{2}0,68^2)1,5 + 0,68\sqrt{1,5} \cdot Z_{S_i}$$

$$\ln(K_T) = \ln(10000000) + (0,03 - \frac{1}{2}0,48^2)1,5 + 0,48\sqrt{1,5} \cdot Z_{K_i}$$

Det kan imidlertid bemerkes at det bare er 10 millioner av kontraktsprisen som er usikker, selve oppkjøpsprisen er spesifisert i opsjonskontrakten (nåverdien trekkes fra ved verdsettelse). For å teste at prosjektet er modellert riktig gitt forutsetningene, gjøres det først en simulering ($n=1000000$ ⁹⁰) der volatilitets parameter for kontraktsprisen settes til 0. Brutto opsjonsverdi beregnes til 3760550 (avvik på 0,02 % ift. B&S som gir nøyaktig verdi på 3759891), dette er naturlig siden simulering er en tilnærming.

Når underliggende og kontraktsprisen er preget av usikkerhet, vil det i mange tilfeller være naturlig⁹¹ å anta en viss korrelasjon (jfr. 4.2.3). Det kunne selvfølgelig vært brukt et kvalitativt anslag (eller en annen egnet metode), her gjøres det imidlertid ved bruk av markeddata for Visma og Software Innovation. Korrelasjon beregnet med utgangspunkt i de nevnte selskapenes aksjekursutvikling i perioden 10.02 2000 til 10.02 2005 beregnes til $\rho = 0,073$.

Opsjonsverdien med kostnadsusikkerhet beregnes til 4,09 millioner, fratrukket premien er prosjektverdien 3,09. Verdien har økt i forhold til eksempel uten kostnadsusikkerhet, dette er naturlig fordi det nå er en sannsynlighet for at kontraktsprisen er lavere enn 15 millioner

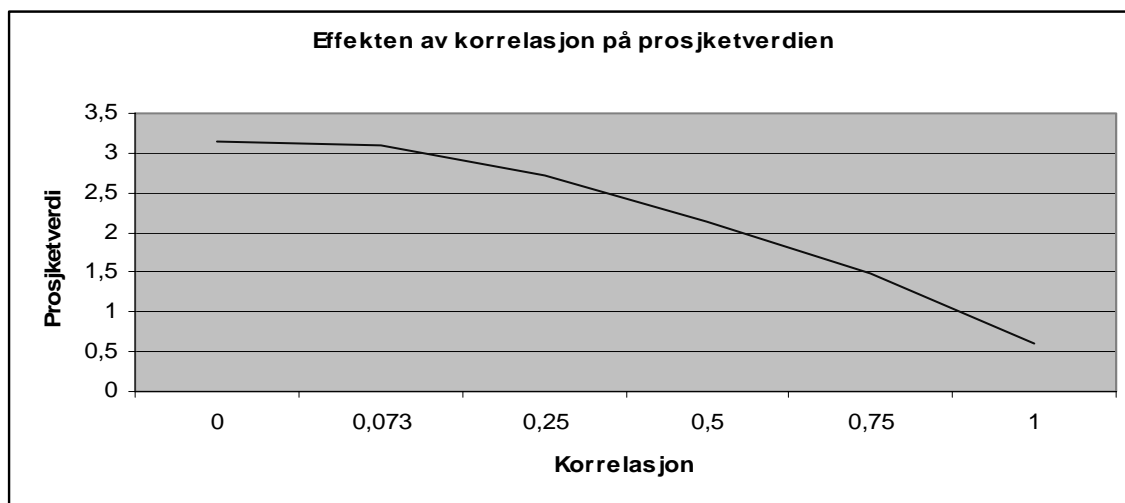
⁸⁸ Et annet alternativ kan være å splitte implementeringsfasen opp i ulike faser (kartlegging, programmering, implementering og opplæring), for deretter bruke en symmetrisk triangulær fordeling (min, forventning, maks) for tids bruk i de forskjellige periodene. Timeprisen holdes konstant, et estimat på volatilitet finnes ved simulering av modellen. Standardavviket til kostnadsfordelingen kan videre brukes som volatilitetsindikator.

⁸⁹ Brukt markeddata for Visma ASA, børsnotert selskap som er tilbyder av en rekke software løsninger.

⁹⁰ Crystal Ball anbefales i denne sammenheng, modellering av tilfeldige tall og verdsettelse utelukkende basert på Excel er både tidkrevende og unøyaktig. Implementering og trekking av tilfeldige tall der $n=10000$ tar anslagsvis 25 min å gjennomføre, tilsvarende brukte regneark m/crystal ball 10 min på 1million forsøk.

⁹¹ Dette trenger ikke nødvendigvis være tilfellet, men siden både verdien på software pakken og programmeringstimer antas å være påvirket av mange av de samme variablene, vil det i denne sammenhengen være "feil" ikke anta korrelasjon mellom underliggende aktiva og kontraktsprisen.

(selvsagt også større sannsynlighet for høyere kontraktspris, men da dette er en opsjon vil ikke Minisoft bli kjøpt opp i slike tilstander).



Figur 11: Effekten av korrelasjon mellom underliggende og kontraktsprisen (n=100000 simuleringer)

Figur 11 viser netto prosjektverdi for ulike antagelser om korrelasjon mellom underliggende aktiva og kontraktsprisen. Prosjektverdien er positiv uansett antagelse om positiv korrelasjon, og det er dermed optimalt å betale premien for å få rettigheter til et eventuelt oppkjøp i fremtiden. Det må imidlertid bemerkes at antatt korrelasjon har stor påvirkning på verdi estimatet. Det er av forfatterens oppfatning at verdiutviklingen på software og programmeringstimer er positivt korrelert, konklusjon blir dermed den samme uansett antagelse om positiv korrelasjon ($0 < \rho < 1$). Dersom det antas negativ korrelasjon (høy/lav og lav/høy) vil imidlertid prosjektverdien øke betraktelig, men slike tilfeller antas å være urealistiske. I dette eksempelet vil ikke antagelsen om korrelasjon påvirke optimal strategi.

7.4 Kvalitativ realopsjonsanalyse

Verdsettelse av investeringer i IKT er en komplisert prosess, der beslutningstaker kontinuerlig får tilgang på ny informasjon om prosjektets fremtidige kontantstrømmer og lønnsomhet. Verdien avhenger av den generelle teknologiske utviklingen og konkurransemessige aspekter, i tillegg til usikkerhetskildene som er nevnt i kapittel 4. I utgangspunktet bør beslutningstaker dermed være kritisk til å utelukkende basere beslutningene på kvantitative verdiestimat. Det er nettopp i slike prosjekter det kan være nyttig å anvende realopsjoner siden trinnvis investering kan redusere nedsiderisiko, samtidig som beslutningstaker kontinuerlig kan

tilpasse investeringsstrategien til ny informasjon. Kombinert med en kvalitativ ROA kan kvantitative beregninger ved bruk av tradisjonell opsjonsteori være et godt alternativ ved evaluering av IKT prosjekt. Kvantitative analyser bør suppleres med bruk av tradisjonelle strategiske verktøy.⁹² Innspill fra spillteori kan være nyttig, siden prosjektverdien ofte er betinget av konkurrentenes handlinger. Poenget er at de fleste IKT prosjekt er særegne av natur, hvilket innebærer at generelle verdsettelsesmodeller ikke finnes eller er egnet (jfr. 2.2).

Kvantitative metoder brukes ofte ved evaluering av investeringer, metodene er spesielt nyttige når det er mulig å gjøre gode antagelser om sannsynlighetsfordeling, estimat på usikkerhet og når det kan lages reelle prognoser for fremtidige utfall. Nyttien av finansielle modeller blir ofte redusert ved økt usikkerhet, det blir vanskelig å predikere kontantstrømmer og anslag på prosjektets levetid blir ofte dårlige. Alessandri m.f (2004) illustrerer en mulig løsning ved å kombinere finansielle modeller med innspill fra strategisk ledelse. Scenarioplanlegging og kvalitativ realopsjonsanalyse brukes til å evaluere ikke kvantifiserbare faktorer. Artikkelen drøfter hvorvidt finansielle verdsettelsesmetoder er egnet for alle prosjekter, og argumenterer for at det kan være nyttig å innarbeide en kvalitativ tilnærming for å evaluere realprosjekter som er gjenstand for mange usikkerhetskilder. Avsnittet er basert på den nevnte artikkelen, samt innspill fra annen litteratur og momenter som er presentert tidligere i denne utredningen.

Courtney, Kirkland og Viguerie (1997) antyder at beslutningstaker benytter ulike analytiske evalueringsverktøy ved ulik nivå på usikkerheten i investeringene. Artikkelen foreslår at kvalitative analyseverktøy er mer egnet desto større usikkerhet som preger investeringen. Dette samsvarer med Courtney m.f og Alessandri (2003) som finner at beslutningstaker tenderer til å bruke analytiske, kvantitative metoder når investeringene er preget av *risiko*⁹³ for å verdsette investeringen og bestemme optimal strategi.

Dersom investeringen er preget av *usikkerhet*, har beslutningstaker en tendens til å bruke mer kvalitative evalueringsverktøy. Skillet mellom risiko og usikkerhet er høyst relevant for investeringer i IKT, der bør i alle fall diskuteres hvorvidt det er mulig å finne gode estimat på svingninger i kontantstrømmene for slike investeringer. Det er ikke en selvfølge at det finnes

⁹² Et alternativ kan være en SWOT analyse (strengths, weaknesses, opportunities and threats).

⁹³ De nevnte artiklene skiller mellom risiko og usikkerhet. Risiko omfatter svingninger i kontantstrømmene der det er mulig å finne passende sannsynlighetsfordelinger som gjenspeiler all fremtidige utfall. En slik sannsynlighetsfordeling impliserer at fremtidige utfall kan kvantifiseres. Betegnelsen usikkerhet brukes om investeringsalternativ der konsekvensene av hvert alternativ hører til en delmengde av alle mulige fremtidige konsekvenser, men beslutningstaker kan ikke fastsette sannsynligheter for de forskjellige utfallene.

en egnet stokastisk prosess som beskriver verdiutviklingen for underliggende aktiva innen teknologi. Poenget er at analytiske kvantitative metoder (selv de som modellerer dynamisk beslutningstaking) ikke er god nok til å modellere de kvalitative sidene ved en realinvestering. Kvantitativ bruk av realopsjoner ved verdsettelse kan være verdifullt, men for mange prosjekter vil hovedbidraget fra realopsjoner være begrenset til å kvalitativt definere, strukturere, identifisere og forstå verdiutviklingen og opsjonene forbundet med et realprosjekt. Miller og Waller (2003) foreslår bruk av kvalitative (istedenfor kvantitative) realopsjonsanalyser kombinert med scenario planlegging for å utvikle et generelt beslutningsverktøy som tar hensyn til fleksibilitet og usikkerhet.

Tabell 11: Oppsummering av Courtney m. f (1997), usikkerhet og beslutningsverktøy

Usikkerhetsnivå	Beskrivelse	Analytisk verktøy
1. Relativt klar fremtid.	Prognoser er presise (reelle) nok til å bestemme optimal investeringsstrategi.	Markedsundersøkelser, verdikjedeanalyse, NPV, investeringsanalyse og ROA.
2. Flere alternative utfall.	Få diskrete utfall kan beskrive fremtiden, kan til en viss grad sette sannsynligheter på fremtidige utfall.	Investeringsanalyse, realopsjoner, strategisk analyse og spillteori.
3. Et spekter av utfall.	Variasjon i fremtidige utfall, men ingen naturlige scenarioer. Utfall kan identifiseres og spekteret er definert av noen få sentrale variabler.	Scenarioplanlegging, kvalitativ realopsjonsanalyse og teknologi prognoser.
4. Multipel usikkerhet.	Dårlig grunnlag for å predikere fremtiden. Mange og vanskelig kvantifiserbare usikkerhetskilder. Nivå 4 konvergerer mot de 3 andre nivåene over tid.	Analogier, kvalitativ realopsjonsanalyse og strategisk planlegging.

Prosjekter innen (IKT) kjennetegnes ofte av usikre framtidige kontantstrømmer, ikke minst på grunn av rask teknologiutvikling og kontinuerlige endring i markeds- og konkurranseforhold. De nevnte egenskapene kan føre til at IKT prosjekt havner i kategori 4 i Courtney m. f (1997). Det kan også være et poeng at når usikkerhet avsløres, og usikkerhetsnivået konvergerer mot kategori 1-3 vil prosjektene bli mindre verdifulle. Nyten av realopsjoner kan derfor være begrenset til å definere, strukturere og forstå de ulike verdielementene i et realprosjekt. Alessandri m. f (2004) konkluderer med at realopsjoner sammen med scenarioplanlegging har stor verdi ved planlegging av investeringer og klargjøring av betydningen av usikkerhet for den spesifikke investeringen, dette illustreres også i utredningens kapittel 4. Realopsjoner er et egnet verktøy for å systematisere analysen og identifisere usikkerhet. Scenarioanalyse,

kvalitativ og kvantitative verdiestimat kan være et godt alternativ innen IKT, det gir beslutningstaker en strukturert fremgangsmåte for å beskrive og forstå prosjektene og usikkerheten som er forbundet med investeringen. Verdien kan videre økes ved å bruke denne innsikten til å redusere nedsiderisiko ved trinnvis investering, muligheter til skalering og skrinlegging underveis, samtidig som vekstmuligheter kan utnyttes ved positiv verdiutvikling.

8 Oppsummering

Utredningen innledes med en analyse av teknologiindeksen på Oslo Børs. Potensialet for bruk av realopsjoner bekreftes ved at selskapene har mange av egenskapene som er karakteristisk for vekstopsjoner. Realopsjoner er basert på antagelsen om at verdien på fremtidige prosjekt er betinget av ledelsens fleksibilitet til å administrere og forvalte underveis. Dette belyses i kapittel 3, der forskjellen mellom nåverdimetoden og realopsjoner illustreres og diskuteres. ROA er godt egnet for prosjekt som er karakterisert av sekvensielle, irreversible investeringer under usikre betingelser og omgivelser. Kjøp av en realopsjon innen et strategisk viktig område tillater bedriften å utsette den endelige beslutningen til fremtidig usikkerhet er helt eller delvis avslørt. En initialinvestering gir muligheten til å avvende den teknologiske og markedsmessige utviklingen, og kan øke prosjektverdien ved å tilpasse investeringsstrategien til ny oppdatert informasjon. Kapittel 4 viser forskjellen mellom finansielle og realopsjoner, og illustrerer at realopsjoner i mange sammenhenger kan være et godt analyseverktøy. Det er forfatterens oppfatning at diskusjonen bør struktureres rundt de tradisjonelle definisjonene av *risiko og usikkerhet*. Potensialet for bruk av realopsjoner stiger med prosjektets grad av risiko, og reduseres tilsvarende med graden av usikkerhet. Avveining mellom kvantitativ og kvalitativ bruk av realopsjoner er avhengig av prosjektets egenskaper. Ofte (spesielt IKT) vil nytte av ROA være begrenset til et kvalitativt verktøy (jfr. 4.6 og 7.7). Gitt at forutsetningene er fundert på reelle og gode estimat kan opsjonsteori (jfr. kap 5) anvendes (jfr. kap 7).

Usikkerhet og markeder i kontinuerlig forandring gir realopsjoner et fortrinn ovenfor andre evalueringsteknikker, da metoden tar hensyn til fleksibilitet og verdsetter denne på en god måte. Verdsettelse ved bruk av opsjonsteori krever imidlertid en grundig analyse av prosjektet, for å sikre at modelleringen ikke bryter med modellens forutsetninger. Tilsvarende som for andre verktøy er de teoretiske forutsetningene ofte en begrensning for praktisk anvendelse. Ofte ignoreres en eller flere av forutsetningene (jfr. kap 5), men bruk av realopsjoner vil likevel gi verdifulle verdiestimat. En første betingelse for anvendelse av ROA er at det eksisterer usikkerhet i fremtidige utfall. Realopsjoner er verdifulle fordi ledelsen har fleksibilitet til å reagere etter hvert som usikkerhet avsløres. Investeringen må være helt eller delvis irreversibel, dersom dette ikke er tilfellet vil transaksjonen være risikofri (arbitrasjemulighet).⁹⁴ Realopsjoner er kjennetegnet av asymmetriske utbetalingsfunksjoner,

⁹⁴ Dersom investeringen kan reverseres (bedriften kan få tilbake brukte ressurser), vil det ikke være noen risiko forbundet med å investere. Dersom prosjektet viser seg å være ulønnsomt (når usikkerheten) er avslørt, kan bedriften reversere investeringen (og få tilbake 100 % av investerte ressurser).

som i mange sammenhenger kan øke prosjektverdien vesentlig. Realopsjoner er videre påvirket av konkurranse (delte rettigheter), mens finansielle opsjoner har eierrettigheter. Dette kan modelleres ved å kombinere realopsjoner og spillteori, men denne tilnærming er komplisert ved praktisk anvendelse. Oppgaven avsluttes med en oppsummering av problemstillingen. I tillegg følger forslag til videre forskning, med hovedvekt på det som i dag er mangelfullt innen anvendelse av realopsjoner innen IKT.

8.1 Kvantitativ verdsettelse

Kvantitative verdiestimat (jfr. kapittel 7) kan finnes ved bruk av rammeverket fra kapittel 5 og 6. Det er forfatterens oppfatning at metodene fungerer godt dersom prosjektene er preget av *risiko*, eller at indikatorene på opsjonsparametrene til en viss grad kan estimeres og forsvares. Eksempler på dette kan være innen oljeindustri (historiske markedsdata for oljepriser, volum), gruveindustri (gullpriser, gode kostnadsanslag) eller innen shipping (utvikling i fraktrater kan estimeres ved bruk av markedsdata og makroøkonomi). Innen IKT kan det være problematisk å finne indikatorer (estimat) på stort sett alle opsjonsparametrene ($S_0, K, t, r, \sigma, \delta$), i tillegg er mange markedspriser fraværende. En kvantitativ realopsjonsanalyse er dermed i stor grad basert på beslutningstakers subjektive forutsetninger (jfr. incentiver, agentproblemer i fotnote 17 og 69). Kvantitative verdiestimat fundert på lite begrunnede parametere og subjektive forutsetninger, bør i mange tilfeller bare brukes som (enkle) verdiestimat. En stor forskjell på finansielle og realopsjoner er at sist nevnte omfatter beslutninger av stor betydning (målt i kroner), og er kritisk for bedriftens eksistens. Det blir vanskelig å forsvare beslutninger tatt utelukkende på bakgrunn av kvantitativanalyse, når parametrene og forutsetningene ikke kan forsvares og begrunnes. Alternativet i slike sammenhenger er skissert i avsnitt 4.6 og 7.4, en kort oppsummering av hovedpoengene følger i avsnitt 8.2.

8.2 Kvalitativ verdsettelse

Store komplekse investeringer kan være vanskelig å modellere og evaluere. Beslutningene er ofte mange og komplekse, og i tillegg vanskelige å kvantifisere for verdsettelsesformål. Ytterligere er det ofte ikke nok kvantifiserbar informasjon tilgjengelig til å utføre en kvantitativ analyse. De nevnte problemene impliserer at en realopsjonsanalyse i praksis kan være begrenset til en mer kvalitativ prosess (jfr. 4.6 og 7.7). Realopsjoner blir dermed et rammeverk for konseptuel strukturering og identifisering av opsjonsaspekter ved en

realinvestering. En slik kvalitativ prosess gir beslutningstaker et strukturert rammeverk for å identifisere de ikke kvantifiserbare usikkerhetskildene. Rammeverket kan fungere som et utgangspunkt for å definere fremtidige alternativer, optimal timing og forvaltning av realopsjoner innen IKT. Realopsjoner er dermed et egnet (jfr. tabell 11) verktøy for strategisk planlegging og styring av realinvestering preget av (multippel) usikkerhet (jfr. 4.2). Identifisering av opsjonselementene gir verdifull informasjon ved utforming av design og strategi (jfr. 4.6) og forvaltning av bedriftens portefølje av realopsjoner (jfr. 3.5). Kvalitativ analyse kan hjelpe beslutningstaker til å forstå verdiutviklingen og verdidriverne ved et realprosjekt, slik innsikt er avgjørende for forvaltning av realopsjonene.

8.3 Realopsjoner i praksis

Tilsvarende som for alle andre evalueringsverktøy, er realopsjonsanalyser påvirket av subjektive vurderinger og antagelser. Ved økende usikkerhet, kompleksitet og fravær av markedsdata vil stort sett alle opsjonsparametrene være estimert ved subjektive anslag. Innen IKT er det ikke vanskelig å forstille seg at det vil være problematisk å finne estimat på alle de nødvendige indikatorene (jfr. opsjonsparametrene i avsnitt 4.4 og 4.5.). Det er dermed lite sannsynlig at en analytiker besitter all den informasjon som er nødvendig for å spesifisere prosjektet korrekt. Bruk av realopsjoner i praksis er mangelfullt når det gjelder bedriftenes anvendelse (jfr. 3.6) og akademikernes anvendelse på empiriske data. Målet med realopsjoner og rammeverket presentert må derfor være å redusere påvirkningen av subjektive anslag. Det er forfatterens oppfatning at en økende akademisk satsning på empirisk anvendelse, også vil ha positiv påvirkning på bedriftenes anvendelse av realopsjoner.

8.4 Forslag til videre forskning

Utredningens mål er som nevnt tidligere å kartlegge og analysere potensialet for bruk av realopsjoner innen IKT. Oppgaven har dermed ikke noe selvstendig teoretisk formål. En videreføring av problemstillingene med hensyn på hva som er matematisk og teoretisk korrekt er en utfordring som med fordel kan drøftes ytterligere. En avveining mellom presisjon og praktisk gjennomførbarhet er sentral (jfr. 7.7). Usikre estimat på inputfaktorene skaper problemer ved verdsettelse basert på realopsjoner. Enklere og praktiske anvendbare metoder for estimering av opsjonsparametrene er noe som med fordel kan vektlegges. Tilnærminger og bruk av simulering kan være en god fremgangsmåte, men problemet innen IKT er særegne

prosjekt som krever individuell modellering (tilpasning). Det er forfatterens oppfatning, etter å ha studert store deler av tradisjonell og nyere litteratur innen realopsjoner, at det er brukt for lite ressurser på empirisk testing av opsjonsbaserte modeller for verdsettelse av realaktiva. Praktisk anvendelse av realopsjoner innen IKT er en mangelvare. Det lyktes ikke forfatteren å finne litteratur som prøver å forklare teknologiinvesteringers markedsverdi ved bruk av realopsjoner. Fokusering på praktisk anvendelse vil understreke effekten, betydningen og nytten av realopsjoner ved verdsettelse av slike prosjekt.

Tilsvarende beregninger og analyser som Graham og Harvey (2001) og Brounen m.f (2004) basert på norske børsnoterte (IKT) selskaper kan være av stor interesse. Bruk av de alternative analyseverktøyene kan kartlegges, bransjeforskjeller kan analyseres og det kan gjøres oppfølgende undersøkelser om hvorfor realopsjoner ikke anvendes i de ulike bransjene. Dette kan være et godt utgangspunkt for å kartlegge og drøfte fremtidige satsningsområder (forskning) for praktisk anvendelse av realopsjoner i Norge. Med tanke på teoretisk og matematisk utvidelse av realopsjonsbaserte modeller er det en fordel å kartlegge innen hvilke områder og i hvilket omfang som vil ha størst nytte av en slik ”spesial tilpasset” modell. Dersom modellen kan anvendes på et tilstrekkelig antall prosjekt og bedrifter, kan den også sammenlignes og vurderes opp mot verdiestimat funnet ved bruk av nåverdimetoden.

Referanseliste

Alessandri, T. M. m. f (2004). "Managing risk and uncertainty in complex capital projects". *The Quarterly Review of Economics and Finance* 44(5): 751-767.

Alessandri, T. M (2003). "The impact of risk and uncertainty on rationality: evidence from capital investment decisions processes". *Working paper presented at the academy of management conference, Seattle, WA.*

Alleman, J og Rappoport, P (2002). "Modelling regulatory distortions with real options". *The Engineering Economist* 47(4): 389-416.

Amram, M og Kulatilaka, N (1999a). *Real options: managing strategic investment in an uncertain world*. Boston, Mass, Harvard Business School Press, c1999.

Amram, M og Kulatilaka, N (1999b). "Disciplined decisions: Aligning strategy with the financial markets". *Harvard Business Review* 77(1): 95-104.

Adner, R og Levinthal, D (2004). "What is not a real option: considering boundaries for the application of real options to business strategy". *Academy of Management Review* 29(1): 74-85.

Ankum, L. A og Smit, H. T. J (1993). "A real options and game theoretic approach to corporate investment strategy under competition". *Financial Management* 93(22): 241-251.

Bailey, W (1991). "Valuing Agricultural Firms: An examination of the contingent claims approach to pricing real assets". *Journal of Economics Dynamics and Control* 15(4): 771-791.

Benaroch, M (2002). "Managing information technology investment risk: a real options perspective". *Journal of management information systems* 19(2): 43-84.

Benninga, S (2000). *Financial modeling: with a section on visual basic for applications by Benjamin Czaczkes (second edition)*. Cambridge, Mass, MIT Press, c2000.

Berger, P. G, Ofek, E og Swary, I (1996). "Investor valuation of the abandonment option". *Journal of financial Economics* 42(2): 257-287.

Bjerksund, P og Ekern, S (1990). "Managing investment opportunities under price uncertainty: from "last chance" to "wait and see" strategies". *Financial Management* 19(3): 65-83.

Black, F og Scholes, M (1973). "The pricing of options and corporate liabilities". *Journal of political Economy* 81(3): 637-659.

Bodie, Z, Kane, A og Marcus, A. J (2002). *Investments (fifth edition)*. Boston: McGraw-Hill/Irwin.

Brennan, M. J og Schwartz, E. S (1985). "Evaluating natural resource investments". *Journal of Business* 58(2): 135-157.

- Brounen, D, De Jong, A og Koedjik, K (2004). "Corporate finance in Europe: confronting theory with practice". *Financial Management* 33(4): 71-101.
- Christensen, G, Grønland, S. E og Methlie, L. B (1999). *Informasjonsteknologi, strategi, organisasjon og styring (3. utgave)*. Cappelen Akademiske Forlag.
- Cobb, B. R og Charnes, J. M (2004). "Real options volatility estimation with correlated inputs". *The Engineering Economist* 49(2): 119-137.
- Copeland, T. E og Antikarov, V (2003). *Real options, a practitioner's guide (new edition)*. New York: Thompson/Texere.
- Copeland, T. E, Weston, J. F og Shastri, K (2005). *Financial theory and corporate policy (fourth edition)*. Boston, Mass: Pearson Addison-Wesley, c2005.
- Courtney, H, Kirkland, J og Viguerie, P (1997). "Strategy under uncertainty". *Harvard Business Review* 75 (6): 66-79.
- Cox, J. C, Ross, S. A og Rubinstein, M (1979). "Option pricing: A simplified approach". *Journal of Financial Economics* 7(3): 229-263.
- Cox, J. C og Rubinstein, M (1985). *Options markets*. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall.
- Damodaran, A (2001a). *Corporate finance, theory and practice (second edition)*. New York: Wiley, c2001.
- Damodaran, A (2001b). *The dark side of valuation: valuing old tech, new tech, and new economy companies*. London: Financial Times/Prentice Hall, c2001.
- Damodaran, A (2002). *Investment valuation: tools and techniques for determining the value of any asset (second university edition)*. New York: Wiley, c2002.
- Danbolt, J, Hirst, I og Jones, E (2002). "Measuring growth opportunities". *Applied Financial Economics* 12(2002): 203-212.
- Datta, S og Mukherjee, S. K (2001). "Developing a risk management matrix for effective project planning – an empirical study". *Project Management Journal* 32(2): 45-57.
- Davis, G (1998). "Estimating volatility and dividend yield when valuing real options to invest or abandon". *Quarterly Review of Economics and Finance* 38(4): 725-754.
- Davis, G (2002). "The impact of volatility on firms holding growth options". *The Engineering Economist* 47(2): 213-232.
- Dey, P. K (2002). "Project risk management: a combined analytic hierarchy process and decision tree approach". *Cost Engineering* 44 (3): 13-26.
- Dixit, A. K og Pindyck, R. S (1994). *Investment under uncertainty*. Princeton, N.J.: Princeton University Press, c1994.

- Ekern, S (1981). "Time dominance efficiency analysis". *Journal of Finance* 36(5): 1023-1034.
- Ekern, S (1988). "An option pricing approach to evaluating petroleum projects". *The Energy Economics* 10(2): 91-99.
- Ekern, S og Stensland, G (1993). *Realopsjoner og volumusikkerhet ved feltutbyggingsprosjekter*. Bergen: Stiftelsen for samfunns- og næringslivsforskning, SNF- rapport nr. 106/1993.
- Ekern, S (2003). *Forelesningsnotater i FIN420 Finansieringsteori*. Institutt for foretaksøkonomi ved Norges Handelshøyskole.
- Erdogmus, H (2002). "Valuation of learning options in software development under private and market risk". *The Engineering Economist* 47(3): 308-353.
- Graham, J. R og Harvey, C. R (2001). "The theory and practice of corporate finance: evidence from the field". *Journal of Financial Economics* 60 (2-3): 187-243.
- Hentschel, L (2003). "Errors in implied volatility estimation". *Journal of Financial and Quantitative Analysis* 38 (4): 779-810.
- Hayes, R, Pisano, G, Upton, D og Wheelwright, S (2005). *Operations, strategy and technology: Pursuing the competitive edge*. Hoboken, N.J.: Wiley, c2005.
- Herath, H. S. B og Park, C. S (2002). "Multi-stage capital investment opportunities as compound real options". *The Engineering Economist* 47 (1): 1-27.
- Hill, C. W. L og Jones, G. R (2004). *Strategic management theory: an integrated approach (sixth edition)*. Boston: Houghton Mifflin Co.
- Hull, J (2003). *Options, futures and other derivatives (fifth edition)*. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall.
- Jackson, M og Staunton, M (2002). *Advanced modelling in finance using excel and VBA*. Chichester: Wiley.
- Jensen, M. C og W. H Meckling (1976). "Theory of the firm: managerial behaviour, agency costs and ownership structure". *Journal of Financial Economics* 3(4): 305-360.
- Jiang, J. J og Klein, G (2001). "Software project risks and development focus". *Project Management Journal*, 32(1): 4-9.
- Kester, W. C (1984). "Today's options for tomorrow's growth". *Harvard Business Review* 62(2): 153-160.
- Klammer, T (1972). "Empirical evidence on the adoption of sophisticated capital budgeting techniques". *Journal of Business* 45(3): 387-397.

Knight, F. H (1921). *Risk, uncertainty and profit*. Hart, Schaffner & Marx Prize Essays; 31 Boston: Houghton Mifflin Co., 1921.

Kolbe, A. L, Morris, P. A og Teisberg, E. O (1991). "When choosing R&D Projects, Go with long shots". *Research-Technology Management* 34(1): 35-40.

Kort, P. M, Murto, P og Pawlina, G (2004). "The value of flexibility in sequencing growth investment". *Publisert på www.realoptions.org*.

Kulatilaka, N og Perotti, E. C (1998). "Strategic growth options". *Management Science* 44(8): 1021-1031.

Kulatilaka, N og Trigeorgis, L (1994). "The general flexibility to switch: Real options revisited". *International Journal of Finance* 6 (2): 778-798.

Levy, H og Sarnat, M (1993). *Capital investment and financial decisions (fifth edition)*. New York: Prentice Hall.

Longstaff, F. A og Schwartz, E. S (2001). "Valuing American options by simulation: A simple least-squares approach". *The Review of Financial Studies* 14(1): 113-147.

Luehrman, T. A (1998). "Strategy as a portfolio of real options". *Harvard Business Review* 76(5): 89-99.

Mann, D, Goobie, G og MacMillian, L (1992). "Options theory and strategic investment decisions". *Journal of Canadian Petroleum Technology* 31(5): 52-55.

Majd, S og Pindyck, R. S (1987). "Time to build, option value, and investment decisions". *Journal of Financial Economics* 18(1): 7-27.

McDonald, R. L (2003). *Derivatives markets (international edition)*. Boston, Mass.: Addison Wesley, c2003.

McDonald, R. L og Siegel, D (1986). "The value of waiting to invest". *Quarterly Journal of Economics* 101(4): 707-727.

Merton, R. C (1973). "Theory of rational option pricing". *Bell Journal of Economics and Management Science* 73(4): 141-183.

Miller, K. D og Waller, H. G (2003). "Scenarios, real options and integrated risk management". *Long Range planning* 36(1): 93-107.

Miltersen, K. R (2004). "Artikkelsamling i FIN 421 Risikostyring: Mathematical methods and models in finance". Norges Handelshøyskole Januar 2004.

Miltersen, K. R og Schwartz, E. S (2002). "R&D Investments with Competitive Interactions". (February 27, 2003). *EFA 2003 Annual Conference Paper No. 430*.

Modigliani, F og Miller, M. H (1963). "Corporate income taxes and the cost of capital: A correction". *American Economic Review* 53(3): 433-443.

- Moel, A og Tufano, P (2000). "When are real options exercised? An empirical study of mine closings". *Oxford University Press for Society for Financial Studies in its Journal Review of Financial Studies* 15(1): 35-64.
- Montier, J (2002). *Behavioural finance: insights into irrational minds and markets*. John Wiley and Sons Inc.
- Mun, J (2002a). "Sprint on real options in telecommunications". *Publisert på www.decisioneering.com*.
- Mun, J (2002b). "Intellectual property economics on real options in patent and intangible valuation". *Publisert på www.decisioneering.com*.
- Mun, J (2002c). "Gemplus on real options in high-tech R&D". *Publisert på www.decisioneering.com*.
- Mun, J (2003a). *Applied risk analysis: moving beyond uncertainty in business*. John Wiley and Sons Inc.
- Mun, J (2003b). *Real options analysis: Tools and techniques for valuing strategic investments and decisions*. John Wiley and Sons Inc.
- Myers, S. C (1977). "Determinants of corporate borrowing". *Journal of Financial Economics* 5(2): 147-175.
- Myers, S. C (1984). "Finance theory and financial strategy". *Interfaces* 14 (1) 1984: 126-137; reprinted in *Midland Corporate Finance Journal* 5 (1987): 6-13.
- Myers, S. C og Majd, S (1990). "Abandonment value and project life". *Advances in Futures and Options Research* 4(1990): 1-21.
- Nadkarni, S og Shenoy, P. P (2001). "A Bayesian network approach to making inferences in causal maps". *European Journal of Operational Research* 128 (3): 479-498.
- Pawlina, G og Kort, P. M (2002). "The strategic value of flexible quality choice: a real options analysis". *Publisert www.reloptions.org*.
- Paddock, J. L, Siegel, D. R og Smith, J. L (1988). "Option valuation of claims on physical assets: The case of offshore petroleum leases". *Quarterly Journal of Economics* 103(3): 479-508.
- Pindyck, R. S (1993). "Investments of uncertain cost". *Journal of Financial Economics* 34(1): 53-76.
- Porter, M. E (1980). *Competitive strategy: Techniques for analyzing industries and competitors*. Free Press.
- Pratt, J. W og Hammond, J. S (1979), "Evaluating and comparing projects: Simple detection of false alarms". *Journal of Finance* 34 (5): 1231-1242.

- Quigg, L (1993). "Empirical testing of real option pricing models". *Journal of Finance*, 48 (2): 621-640.
- Reiss, A (1998). "Investments in innovations and competitions: An Option pricing approach". *Quarterly Review of Economics and Finance* 38(special issue): 635-650.
- Royer, P. S (2000). "Risk management: the undiscovered dimension of project management". *Project Management Journal* 31(1): 6-13.
- Samuelson, P. A (1965). "Proof that properly anticipated prices fluctuate randomly". *Industrial Management Review* 6(2): 41-50.
- Schall, L. D, Sunden, G. L og Geijsbeek, W. R (1978). "Survey and analysis of capital budgeting references". *Journal of Finance* 33(1): 281-297.
- Schwartz, E. S (2003), "Patents and R&D as real options". NBER Working Paper No. 10114 Issued in November 2003 NBER Program(s): *Publisert på www.nber.org/papers*.
- Schwartz, E. S og Moon, M (2000). "Rational pricing of internet companies". *Financial Analysts Journal* 14(1): 113-147.
- Schwartz, E. S og Moon, M (2001). "Rational pricing of internet companies revisited". *The Financial Review* 36: 7-26.
- Sengupta, C (2004). *Financial modelling using excel and VBA*. John Wiley & Sons. Inc.
- Smit, H.T.J og Trigeorgis, L (2003). "Real options: examples and principles of valuation and strategy in venture capital contracting and the valuation of high tech firms". McCahery and Renneboog (eds.), *Oxford University Press*. (www.few.eur.nl/few/people/jsmit/publicaties/).
- Smit, H.T.J. og Trigeorgis, L (2004). *Strategic investment, real options and games*. Princeton University Press.
- Trigeorgis, L (1990). "A Real-options application in natural-resource investments". *Advances in Futures and Options Research* 4(1990): 153-164.
- Trigeorgis, L (1993). "Real options and interactions with financial flexibility". *Financial Management Autumn* 22 (3): 202-224.
- Trigeorgis, L (1996). *Real options - Managerial flexibility and strategy in resource allocation*. The MIT Press.
- Turvey, C. G (2001). "Mycogen as a case study in real options". *Review of Agricultural Economics*, 23(1): 243-264.

PUBLIKASJONER INNEN TELEØKONOMI 1998 –

- Morten Furholm Pettersen *Realopsjoner – verdsettelse av informasjons- og kommunikasjonsteknologi*
SNF rapport nr. 14/2005, Bergen
- Per E. Pedersen *An explanatory study of the relationships between mobile data services business models and customer value*
Leif B. Methlie SNF Report No. 13/2005, Bergen
Leif Gressgård
Herbjørn Nysveen
Helge Torbjørnsen
- Tor Olav Gabrielsen *Identifisering av realopsjonselementer innen UMTS markedet og irreversible investeringer under asymmetrisk duopol*
Eivind Thorsteinsen SNF-rapport nr. 12/2005, Bergen
- Jan Yngve Sand *Input price discrimination with heterogenous sub-markets*
SNF-Working Paper No. 69/2004, Bergen
- Mette Bjørndal *Cost Allocation and Pricing in a Supply Chain*
Kurt Jörnsten *An Application of Aumann-Shapley Prices*
SNF-Working Paper No. 58/2004, Bergen
- Andre Berg Edvardsen *Børsprising og -avkastning for norske IKT-selskaper*
SNF-rapport nr. 16/2004, Bergen
- Kåre P. Hagen *Synergies and non-discriminatory access pricing*
Bjørn Hansen SNF-Working Paper No. 50/2004, Bergen
Steinar Vagstad
- Øystein Gjerde *The value relevance of financial reporting on the Oslo Stock Exchange*
Kjell Henry Knivslå SNF-Working Paper No. 50/2003, Bergen
Frode Sættem
- Leif Jarle Gressgård *Future Mobile Internet Services: Business Model Scenarios*
Inger Stensaker SNF-Report No. 08/2004, Bergen
- Øystein Foros *Do Internet Incumbents Choose Low Interconnection Quality?*
Hans Jarle Kind SNF-Working paper No. 20/2004, Bergen
Jan Yngve Sand
- Tommy S. Gabrielsen *Why is on-net traffic cheaper than off-net traffic? Access markup as a collusive device and a barrier to entry*
Steinar Vagstad SNF-Working paper No. 69/2003, Bergen

- Mette Bjørndal
Kurt Jørnsten
Pricing in Iterative Combinatorial Auctions
SNF-Working paper No. 68/2003, Bergen
- Herbjørn Nysveen
Helge Thorbjørnsen
Per E. Pedersen
Effects of WebTV on Consumer-Brand Relationships
SNF-Working paper No. 45/2003, Bergen
- Leif Jarle Gressgård
Leif B. Methlie
Inger Stensaker
*Mobile Internet Services:
Integration Models and Structural Determinants*
SNF-Report No. 36/2003, Bergen
- Hagen, Kåre P.
Ola Nafstad
Telepolitikk i Europa
SNF-rapport nr. 27/2003, Bergen
- Per E. Pedersen
Herbjørn Nysveen
Helge Thorbjørnsen
*Identity expression in the adoption of mobile services:
The case of multimedia messaging services*
SNF-Working paper No. 26/2003, Bergen
- Herbjørn Nysveen
Per E. Pedersen
Helge Thorbjørnsen
*Using mobile services to strengthen brand relationships:
The effects of SMS and MMS channel additions on brand
knowledge, satisfaction, loyalty and main channel use*
SNF-Report No. 22/2003, Bergen
- Stemsrudhagen, Jan Ivar
*The structure of balanced scorecard:
Empirical evidence from Norway*
SNF-Working paper No. 24/2003, Bergen
- Stemsrudhagen, Jan Ivar
*The balanced scorecard and leadership:
The system's (ir)relevance in an uncertain world*
SNF-Working paper No. 23/2003, Bergen
- Spiller, Pablo T.
Ulset, Svein
Why Local Loop Unbundling Fails?
SNF-Working paper No. 87/2002, Bergen
- Ulset, Svein
*The Rise and Fall of Global Network Alliances.
Success or Failure?*
SNF-Working paper No. 86/2002, Bergen
- Ulset, Svein
*The Disintegration of Network Externalities Industries. The
Computer and the Telecommunications Equipment Industries*
SNF-Working paper No. 85/2002, Bergen
- Ulset, Svein
Restructuring Diversified Telecom Operators
SNF-Report No. 57/2002, Bergen
- Ulset, Svein
*Corporate versus Contractual Knowledge Transfer to Foreign
Operations. The Case of Mobile Network Operators*
SNF-Report No. 56/2002, Bergen

- Andersson, Kjetil
Fjell, Kenneth
Foros, Øystein
*Are TV-viewers and surfers different breeds?
Broadband demand and asymmetric cross-price effects*
SNF-Working paper No. 14/2003, Bergen
- Stemsrudhagen, Jan Ivar
*The causality of strategic control:
three-level construction of causality*
SNF-Working paper No. 77/2002, Bergen
- Barros, Pedro
Kind, Hans Jarle
Nilssen, Tore
Sørgard, Lars
*Media competition when the audience dislikes advertising:
A theory of vertical alliance on the Internet*
SNF-Working paper No. 79/2002, Bergen
- Pedersen, Per E.
Nysveen, Herbjørn
*The adoption of a mobile parking service: Instrumentality and
expressiveness*
SNF-Working paper No. 76/2002, Bergen
- Foros, Øystein
Kind, Hans Jarle
Økonomiske aspekter ved Internettets markedsstruktur
SNF-arbeidsnotat nr. 74/2002, Bergen
- Nysveen, Herbjørn
Pedersen, Per E.
*Individual and cross media communication in converging
media environments: A review of research on the antecedents
and effects of communication using various media in
marketing contexts*
SNF-Working paper No. 65/2002, Bergen
- Pedersen, Per E.
Nysveen, Herbjørn
Thorbjørnsen, Helge
The adoption of mobile services: A cross service study
SNF-Report No. 31/2002, Bergen
- Jensen, Sissel
Sannarnes, Jan Gaute
*Prisregulering av et telenettverk: Prinsipiell analyse med
særlig fokus på avkastnings- og pristaksregulering*
SNF-Report No. 37/2002, Bergen
- Stemsrudhagen, Jan Ivar
*Creative SMC in a Norwegian ICT company: managerial
interaction with sources of realised strategies*
SNF-Report No. 26/2002, Bergen
- Stemsrudhagen, Jan Ivar
*Strategic control systems in action: managers' use of
information devices in creational and institutionalising work*
SNF-Working paper No. 38/2002, Bergen
- Pedersen, Per E.
*The adoption of text messaging services among Norwegian
teens: development and test of an extended adoption model*
SNF-Report No. 23/2002, Bergen
- Foros, Øystein
Kind, Hans Jarle
Sand, Jan Yngve
*Do Incumbents Have Incentives to Degrade Interconnection
Quality in the Internet?*
SNF-Working paper No. 22/2002, Bergen

- Fjell, Kenneth *Elasticity based pricing rules in telecommunications – a cautionary note*
SNF-Working paper No. 19/2002, Bergen
- Kristoffersen, Siri Hege *Prising og uforstand – ein analyse av prissetjing med ufullstendig informerte konsumentar i den norske marknaden for mobiltelefoni*
SNF-rapport nr. 54/2001, Bergen
- Pedersen, Per E. *Adoption of mobile commerce: An exploratory analysis*
SNF-Report No. 51/2001, Bergen
- Gabrielsen, Tommy Stahl
Vagstad, Steinar *On how size and composition of customer bases affect equilibrium in a duopoly with switching cost*
SNF-Working paper No. 26/2001, Bergen
- Berge, Laila Kristin *Prisdiskriminering i oligopol - en teoretisk gjennomgang og eksempler fra telemarkedet*
SNF-rapport nr. 13/2001, Bergen
- Bjørndal, Mette
Jørnsten, Kurt *An Analysis of a Combinatorial Auction*
SNF-Working paper No. 19/2001, Bergen
- Vagstad, Steinar *Price discrimination with uncertain consumers*
SNF-Working Paper No. 12/2001, Bergen
- Gooderham, Paul N.
Ulset, Svein *Knowledge transfer between parent and developing country subsidiaries. A Conceptual Framework*
SNF-Working Paper No. 08/2001, Bergen
- Stahl Gabrielsen, Tommy
Vagstad, Steinar *Second-period pricing in a duopoly with switching costs: the effect of size and composition of customer bases*
SNF-Working Paper No. 09/2001, Bergen
- Pedersen, Per E. *Adopsjon av mobil handel (m-handel) – en forstudie*
SNF-rapport nr. 07/2001, Bergen
- Hundsnes, Tore *The Management of Complexity*
SNF-Report No. 58/2000, Bergen
- Knivsflå, Kjell Henry
Rud, Linda
Sættem, Frode *Kapitalnettverk for små og mellomstore bedrifter*
SNF-rapport nr. 72/2000, Bergen
- Foros, Øystein *Strategic Investments with Spillovers, Vertical Integration and Foreclosure in the Broadband Access Market*
SNF-Working Paper No 75/2000, Bergen

- Lommerud, Kjell Erik
Sørgard, Lars *Entry in Telecommunication: Customer Loyalty, Price Sensitivity and Access Prices*
SNF-Working Paper No. 62/2000, Bergen
- Munkeby, Trygve Osvoll *Konkurransen mellom norske internettleverandører*
SNF-rapport nr. 48/2000, Bergen
- Pedersen, Per E.
Methlie, Leif B. *Tjenesteintegrering i elektronisk handel*
SNF-rapport nr. 21/2000, Bergen
- Methlie, Leif B.
Pedersen, Per E. *MAP-IT: A Model of intermediary Integration Strategies in online Markets*
SNF-Working Paper No. 26/2000, Bergen
- Gabrielsen, Tommy Staahl
Vagstad, Steinar *Consumer heterogeneity and pricing in a duopoly with switching costs*
SNF-Working Paper No. 25/2000, Bergen
- Ulset, Svein
Gooderham, Paul *Internasjonalisering av telesektoren. Generelle lærdommer og spesielle utfordringer for Telenor*
SNF-arbeidsnotat nr. 16/2000, Bergen
- Ulset, Svein *Virtual Network Operation. Strategy, Structure and Profitability*
SNF-Working Paper No. 15/2000, Bergen
- Foros, Øystein
Kind, Hans Jarle
Sørgard, Lars *Access Pricing, Quality Degradation and Foreclosure in the Internet*
SNF arbeidsnotat nr. 12/2000, Bergen
- Foros, Øystein
Sand, Jan Yngve *Asymmetrisk regulering innen telekommunikasjon*
SNF særtrykk nr. 03/2000, Bergen
- Ulset, Svein *Ekspansive teleselskap. Finansiering, organisering og styring*
SNF-rapport nr. 64/1999, Bergen
- Sannarnes, Jan Gaute *Ulike reguleringsregimer i telesektoren sett ut fra et dynamisk perspektiv*
SNF-rapport nr. 58/1999, Bergen
- Seime, Gunn Randi *Konkurransen i det norske mobiltelefonmarkedet*
SNF-rapport nr. 49/1999, Bergen
- Methlie, Leif B.
Pedersen, Per E. *Multimedia Banking*
Bankenes strategiske situasjon. Ny teknologi – ny konkurransearena – ny struktur
SNF-rapport nr. 41/1999, Bergen

- Pedersen, Per E. *Multimedia Banking*
Programvareagenter i elektronisk handel. En kartlegging med vekt på agentbaserte tjenester og finanstjenestesektoren
SNF-rapport nr. 40/1999, Bergen
- Pedersen, Per E. *Multimedia Banking*
En agentbasert tjeneste for produkt- og leverandør-sammenlikning av finanstjenester
SNF-rapport nr. 39/1999, Bergen
- Pedersen, Per E.
Nysveen, Herbjørn
Jensen, Leif Magnus *Multimedia Banking*
En eksperimentell studie av atferdskonsekvenser ved bruken av agentbaserte tjenester i finanssektoren
SNF-rapport nr. 38/1999, Bergen
- Fjell, Kenneth
Foros, Øystein
Gabrielsen, Tommy S.
Hagen, Kåre P.
Sørgard, Lars
Vagstad, Steinar *Problemstillinger for videre forskning på prising av tele-tjenester*
SNF-rapport nr. 27/1999, Bergen
- Fjell, Kenneth
Hagen, Kåre P. *Oversikt over forskningsprogrammet i teleøkonomi ved SNF: 1996-1998*
SNF-rapport nr. 26/1999, Bergen
- Fjell, Kenneth
Foros, Øystein
Hagen, Kåre P.
Sørgard, Lars *Telenor – bare lave priser?*
Drøfting av Telenors rabattstruktur utfra et bedriftsøkonomisk og samfunnsøkonomisk perspektiv
SNF-rapport nr. 23/1999, Bergen
- Staaht Gabrielsen, Tommy
Vagstad, Steinar *Konkurransform i telesektoren: Hvordan rasjonalisere observert atferd?*
SNF-rapport nr. 65/1998, Bergen
- Altenborg, Ellen *Koordinering og insentiver i samarbeid om produktutvikling mellom forretningsområder i Telenor*
SNF-rapport nr. 39/1998, Bergen
- Methlie, Leif *Multimedia Banking*
Strukturendring i bank. Distribusjon – grovanalyse
SNF-arbeidsnotat nr. 31/1998, Bergen
- Methlie, Leif *Multimedia Banking*
Strukturendring i bank. Strategisk posisjonering – grovanalyse
SNF-arbeidsnotat nr. 30/1998, Bergen
- Foros, Øystein
Ulset, Svein *Naturlige grenser for teleselskapene*
SNF populærvitenskapelig særtrykk nr. 10/1998, Bergen

- Ulset, Svein
Spiller, Pablo *Organizing Global Seamless Networks: Contracts, Alliances and Hierarchies*
SNF Reprint No. 26/1998, Bergen
- Ulset, Svein *Infrastruktur og konkurranse i telesektoren*
SNF særtrykk nr. 27/1998, Bergen
- Ulset, Svein *Value-Creating Interconnect
International Competition in Global Network Services.
Technology, Organization and Performances*
SNF-report No. 28/1998, Bergen
- Ulset, Svein *Value-Creating Interconnect
Optimal Organization of the Converging Information and
Communication Technology (ICT) Industries.
Theoretical analysis and some illustrative data from the
Norwegian market*
SNF-report No. 27/1998, Bergen
- Methlie, Leif B.
Nysveen, Herbjørn *Multimedia Banking
Kundeatferd ved bruk av Internett og andre kanaler*
SNF-rapport nr. 29/1998, Bergen
- Ulset, Svein *Verdiskapende samtrafikkavtaler.
Hvordan kan organisering av infrastruktur bidra til utvikling
av bedre og billigere teletjenester. En analyse av betingelsene
for konkurranse og samarbeid i telesektoren*
SNF-rapport nr. 25/1998, Bergen
- Spiller, Pablo T. *Value-Creating Interconnect
Unbundling and the Promotion of Local Telephone
Competition: Is Unbundling Necessary in Norway?*
SNF-Report No. 03/1998, Bergen
- Bjørnenak, Trond
Gabrielsen, Tommy Staahl
Vagstad, Steinar *Verdiskapende samtrafikkavtaler
Prising av samtrafikk*
SNF- rapport nr. 02/1998, Bergen
- Andersen, Christian
Sannarnes, Jan Gaute *Analyse af tilgangsavgifter ved irreversible investeringer under
usikkerhed*
SNF-rapport nr. 07/1998, Bergen

Oversikt over publikasjoner innen teleøkonomi i perioden 1992-1997 fås ved henvendelse til eli.loetvedt@snf.no, telefon 55 95 95 00.