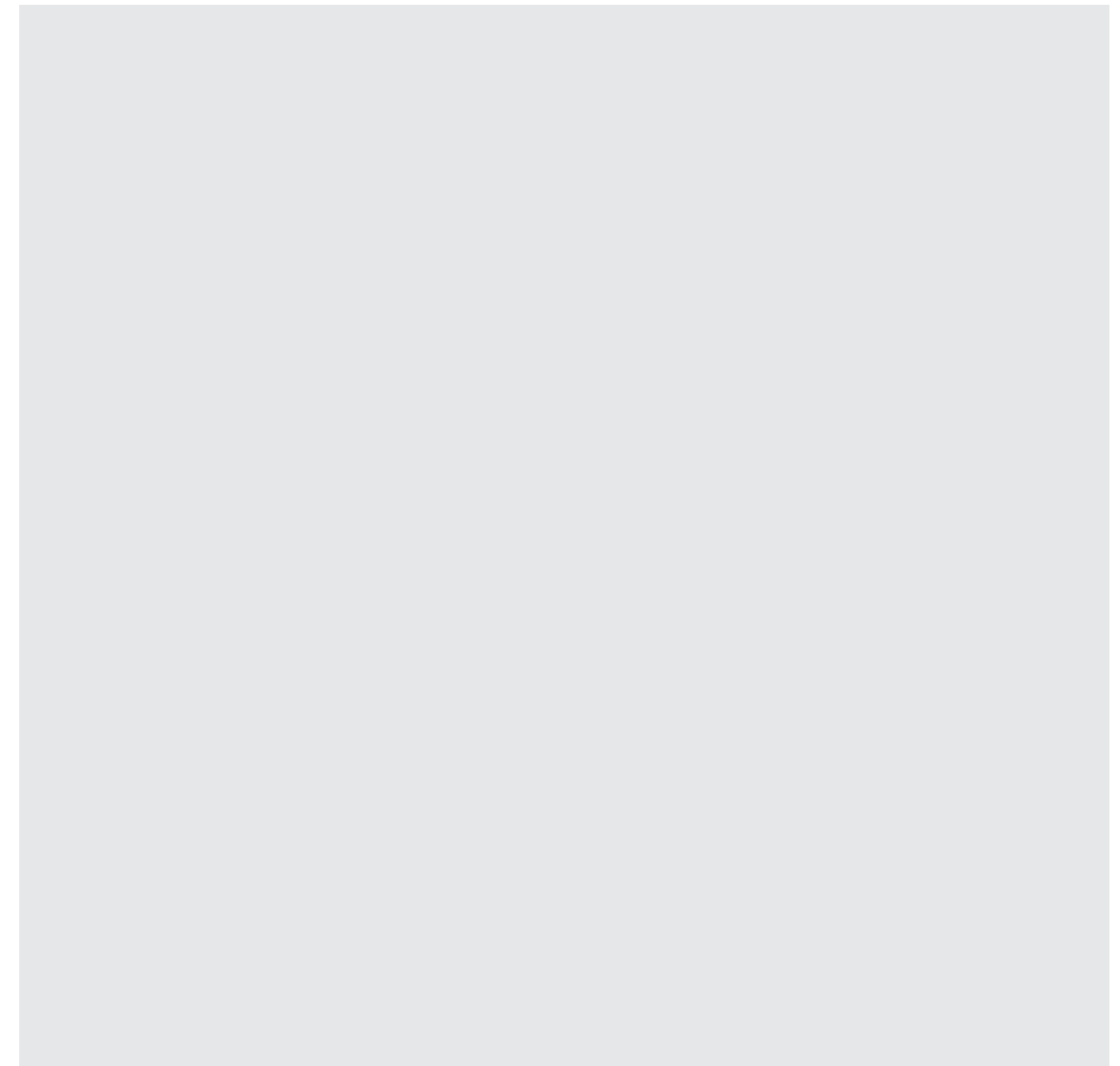


HENRIK CARLSEN



FOI är en huvudsakligen uppdragsfinansierad myndighet under Försvarsdepartementet. Kärnverksamheten är forskning, metod- och teknikutveckling till nytta för försvar och säkerhet. Organisationen har cirka 1250 anställda varav ungefär 900 är forskare. Detta gör organisationen till Sveriges största forskningsinstitut. FOI ger kunderna tillgång till ledande expertis inom ett stort antal tillämpningsområden såsom säkerhetspolitiska studier och analyser inom försvar och säkerhet, bedömning av olika typer av hot, system för ledning och hantering av kriser, skydd mot och hantering av farliga ämnen, IT-säkerhet och nya sensorers möjligheter.

Henrik Carlsen

Reala optioner i FoU-planering
- att lära av ny information

Utgivare FOI - Totalförsvarets forskningsinstitut Försvarsanalys 164 90 Stockholm	Rapportnummer, ISRN FOI-R—2291--SE	Klassificering Underlagsrapport
	Forskningsområde 2. Operationsanalys, modellering och simulering	
	Månad, år Juni 2007	Projektnummer E11106
	Delområde 21 Modellering och simulering	
	Delområde 2	
Författare/redaktör Henrik Carlsen	Projektledare Maria Hedvall	
	Godkänd av Göran Kindvall	
	Uppdragsgivare/kundbeteckning Försvarsmakten	
	Tekniskt och/eller vetenskapligt ansvarig	
Rapportens titel Reala optioner i FoU-planering - att lära av ny information		
Sammanfattning <p>Denna rapport beskriver en metodansats, real optionsteori, som explicit är framtagen för att, inte minimera utan exploatera osäkerheter. Ökad osäkerhet innebär, allt annat lika, att inte bara negativa utan även positiva utfall kan bli mer sannolika. Om en ökad flexibilitet kan uppnås kan dessa positiva utfall utnyttjas. Real optionsteori är ett ramverk för att ta fram beslutsunderlag som undviker de negativa utfallen men tar vara på de positiva utfallen. Syftet med arbetet är att lägga en grund för användning av reala optioner inom forskning och utveckling under stor osäkerhet, speciellt inom det militära området. Slutsatsen som dras i rapporten är den att trots att majoriteten av utvecklingsinsatser inom real optionsteori har bäring på investeringar i den kommersiella sektor, så finns metodansatser som kan lämpas sig väl för tillämpningar inom militär FoU-planering.</p>		
Nyckelord Osäkerhet, strategisk planering, reala optioner, FoU, FoT		
Övriga bibliografiska uppgifter	Språk Svenska	
ISSN 1650-1942	Antal sidor: 45 s.	
Distribution enligt missiv	Pris: Enligt prislista	

Issuing organization FOI – Swedish Defence Research Agency Defence Analysis SE-164 90 Stockholm	Report number, ISRN FOI-R—2291--SE	Report type Base data report
	Programme Areas 2. Operational Research, Modelling and Simulation	
	Month year June 2007	Project no. E11106
	Subcategories 21 Modelling and Simulation	
	Subcategories 2	
Author/s (editor/s) Henrik Carlsen	Project manager Maria Hedvall	
	Approved by Göran Kindvall	
	Sponsoring agency The Swedish Armed Forces	
	Scientifically and technically responsible	
Report title (In translation) Real Options in R&D Planning - Learning From New Information		
Abstract <p>This report describes a decision methodology, real options theory, which explicitly aims at exploring rather than minimising uncertainties. All else equal, increased uncertainty implies that the probabilities for negative as well as positive outcomes increase. If increased flexibility can be achieved in an organisation, these positive outcomes can be utilised. Real options theory is a framework for decision support where negative outcomes are minimised and positive outcomes are utilised. The purpose of this work is to lay out a foundation for the application of real options theory within research and development (R&D) planning under great uncertainty, especially in the field of military R&D. The conclusion is that, despite the fact that most efforts in real options theory goes in the direction of investments in the commercial sector, there are indeed methodological insights and methods that can be used in R&D planning in the defence sector.</p>		
Keywords Uncertainty, strategic planning, real options, research and development.		
Further bibliographic information	Language Swedish	
ISSN 1650-1942	Pages 45 p.	
	Price acc. to pricelist	

Förord.....	6
1. Introduktion.....	7
2. Problembeskrivning	9
2.1 Forsknings- och utvecklingsverksamhet.....	9
2.1.1 De två osäkerhetsklasserna	10
2.2. Försvarmaktens demonstratorprogram.....	11
3. Reala optioner	13
3.1 Optionsbegreppet	13
3.2 Reala optioner och osäkerhet	13
3.3 Tillämpningar av den reala optionsansatsen	15
4. Forskning och utveckling som reala optioner	17
4.1 Värderingsmetoder.....	18
4.2 Nuvärdesmetoden	19
4.3 Värdering via real optionsansats	20
4.3.1 Optimal marknad	22
4.3.2 Förnekande av marknadsvärdering	24
4.3.3 Att värdera flexibilitet med stabilitet som utgångspunkt.....	26
4.3.4 Reala optioner och beslutsträd	29
4.4 Sekventiellt beslutsfattande	30
4.5 Att identifiera optioner i forskning och utveckling.....	33
5. Diskussion och fortsatt arbete	35
5.1 Flera osäkerhetskällor	35
5.2 Portföljhantering	35
5.3 Reala optioner och planering under strukturell osäkerhet	36
5.4 Reala optioner för militär FoU?	40
Appendix 1: Black-Scholes ekvation för europeisk köption	42
Appendix 2: Värdeutveckling och beslutsnoder för exemplet i avsnitt 4.4.....	43
Referenser	44

Förord

Denna rapport är resultatet av relativt lång tids tänkande på hur ett mer kvantitativt orienterat synsätt kan appliceras i strategisk planering under stor osäkerhet. Förutom allt jag själv tagit till mig, främst genom litteraturstudier, är det många medarbetare som har bidragit till att forma de tankar som kommer till uttryck här. Jag är dem alla ett stort tack skyldig.

Anders Eriksson har identifierat reala optioner som en potentiellt fruktbart metod för att hantera investeringsbeslut under stor osäkerhet. Anders har varit en ständig källa till inspiration och kritiskt tänkande under hela processen från de inledande tankarna, via formeringen av den strategiska forskningskärnan ROAD – Real Options Analysis for Defence, till slutförandet av denna rapport.

Maria Hedvall har gjort det möjligt att genomföra dessa studier genom att konkretisera idéerna inom ramen för projektet ROAD. Maria har också tillfört nyttiga och nödvändiga insikter utifrån det ekonomiska perspektivet.

Örjan Bodin och Karl-Henrik Dreborg har under senare delen av arbetet bidragit med värdefulla insikter och ifrågasättanden. Karl-Henriks strategiska blick och Örjans analytiska läsning har inneburit att denna rapport väsentligt lyft sig från den nivå den befann sig innan dessa båda herrar riktade uppmärksamheten mot tidigare manuskript.

Peter Haglind har via samtal och referenstips bidragit till att förbättra mina kunskap kring FoT- och demonstratorverksamheten och Örjan Sundblad har ökat min förståelse för hur *verkligt* beslutsfattande går till på högsta managementnivå.

Mattias Axelson har speciellt bidragit med sina insikter kring problemet att integrera strategisk planering och konkret beslutsfattande. Christian Carling har med sedvanlig skärpa läst manuskript och bidragit med viktiga referenser som omärkt passerat mig. Slutligen har Birgitta Lewerentz bidragit med många kloka synpunkter vilka tvingat mig att tänka på den verklighet som de reala optionerna slutligen bör stötas mot.

Henrik Carlsen

1. Introduktion

Behovet av att kunna anpassa sitt agerande efter förändrade omvärldsbetingelser beror till stor del på hur snabbt förändringarna sker och hur väl vi anser oss kunna förutsäga vad som kommer att ske. I över femton år har ett bärande tema inom försvarsdebatten varit den ökade osäkerheten i vår omvärld. Detta har gällt allt från var vi skall agera, i vilket syfte vi skall agera och hur vi skall agera. Det har dessutom kommit att gälla vilken materiel Försvarsmakten skall ha och vilken forskning och teknikutveckling (FoT) som skall bedrivas. Den ökade osäkerheten har dock fått relativt litet genomslag i på vilket sätt planeringen av FoT och materielanskaffning i realiteten bedrivs.

I denna rapport beskrivs en metodansats, real optionsteori, som explicit är framtagen för att, inte minimera utan exploatera osäkerheter. Ökad osäkerhet innebär, allt annat lika, att inte bara negativa utan även positiva utfall kan bli mer sannolika. Om en ökad flexibilitet kan uppnås kan dessa positiva utfall utnyttjas. Real optionsteori är ett ramverk för att ta fram beslutsunderlag som undviker de negativa utfallen men tar vara på de positiva utfallen.

I den reala optionsteorin försöker man värdera hur mycket det är värt att kunna ”vänta och se”. Under den tid som beslutsfattaren väntar kan han/hon observera hur omvärlden utvecklar sig och anpassa sina investeringar till dessa förändringar. Genom att göra en mindre investering kan aktören dels lära sig mer om omvärlden, dels göra nödvändiga förberedelser för en senare större investering; genom en liten investering skaffar man sig en *option* – en möjlighet – att senare investera fullt ut. Försvarsmaktens demonstratorverksamhet kan ses som ett exempel på detta.

Demonstratorverksamheten liknar till stora delar industriell forskning och utveckling (FoU). I denna rapport tas därför ett något vidare grepp och reala optioner studeras mot bakgrund av generell FoU-verksamhet. I rapporten appliceras reala optioner på forsknings- och utvecklingsverksamhet från två olika perspektiv: Reala optioner som *värderingsmetod* och reala optioner som *designprincip*.

I den kommersiella världen omfattar beslut om stora långsiktiga investeringar två olika discipliner: strategisk planering och finansiell ekonomi (*corporate finance*). I ett av de mest citerade arbetena om reala optioner lyder en underrubrik: ”The Gap Between Finance Theory and Strategic Planning”.¹ I artikeln menar Myers att strategisk planering är extremt naiv från ett finansiellt perspektiv och att kvantitativa (finansiella) metoder oundvikligen är kortsiktiga. Även om Myers uttrycker tvivel om att de båda fälten skall genomgå en komplett fusion, så är hans recept för framgång att utveckla den finansiella teorin i linje med real optionsanalys för att kunna hantera den strategiska planeringens mer långsiktiga problem...

Denna rapport är en delleverans inom projektet ROAD – Real Options Analysis for Defence. I en tidigare rapport har en real optionsansats används för att studera värdet av flexibilitet vid ett beslut

¹ Myers, S. (1984).

om materielanskaffning.² Syftet med nu föreliggande rapport är att lägga en grund för användning av reala optioner inom forskning och utveckling under stor osäkerhet. Just stor osäkerhet är ett av huvudämnena i det Myers kallar ”Strategic planning”, och i det längre perspektivet är ett av målen med projektet att hitta metoder som knyter ihop real optionsteori med strategisk planering.

² Hedvall, M. (2006).

2. Problembeskrivning

2.1 Forsknings- och utvecklingsverksamhet

Forsknings- och utvecklingsverksamhet omgärdas av mycket stora osäkerheter. Man kan till och med drista sig till att säga att stor osäkerhet till del definierar FoU. Utan stora osäkerheter behövs ingen ny kunskap varför det istället är bättre att hoppa över den tidsödande och kostsamma FoU-fasen och istället gå direkt till implementation eller produktifiering.

I många fall är det också frågan om mycket långa projekt. Då ett FoU-projekt alltid har ett mål kan relevansen av att uppnå detta mål ha ändrats under den tid som projektet genomfördes. Även om projektet i relation till den ursprungliga specifikationen kan betraktas som en framgång, kan omvärldsbetingelserna ha ändrats på ett sätt så att projektets resultat inte längre är till någon nytta. I kommersiella sammanhang kan detta innebära att efterfrågan på den produkt som FoU-verksamheten syftade till att ta fram drastiskt har avtagit, och i ett militärt sammanhang kan ett materielobjekt ha gjorts obsolet i och med införandet av ett alternativt system eller av ändrade operativa förhållanden. Detta är naturliga ingredienser i FoU-verksamhet och det är i det närmaste omöjligt att hitta en helgärdande strategi.

Ett sätt att hantera de stora osäkerheter som omgärdar forsknings- och utvecklingsprojekt är att dela upp projektet i flera steg. Istället för att spendera stor möda på att hitta det optimala beslutet vid projektets start, erhålls med sekventiellt beslutsfattande möjligheten att under resans gång inrikta projektets fortsatta utveckling allteftersom ny information erhålls. Med detta angreppssätt kan även flera alternativa utvecklingsvägar inkluderas i projektet, se figur 1. Denna till synes enkla, men likafullt kraftfulla, ansats går under olika benämningar i olika miljöer och används i flera olika sammanhang. Inom försvarsplaneringen har detta kallats *Adaptive Planning*.³

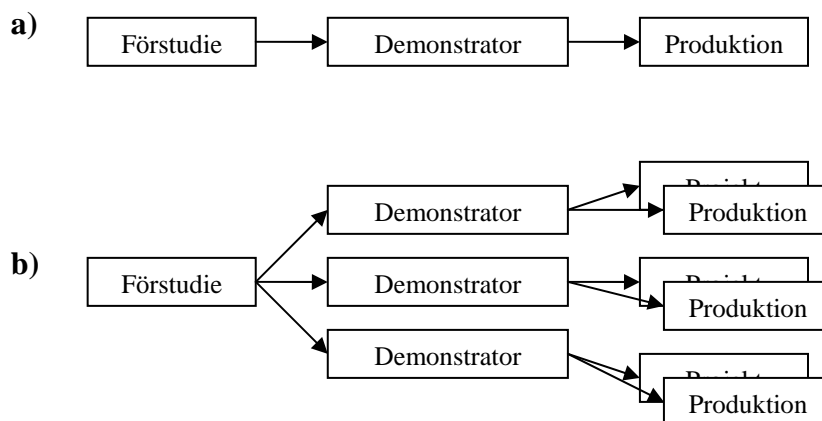


Fig. 1: (a) Icke-alternativgenererande resp. (b) alternativgenererande forskning och utveckling.

³ Termen "adaptiv" infördes av Strangert (1974) i särskiljandet mellan statiskt och dynamisk osäkerhet. Det område inom vilket tankesättet kanske fått mest genomslag är inom forskningen kring naturresursförvaltning där motsvarande term går under benämningen *Adaptive Management*, se Holling, C. (1978). Även om tillämpningsområdena kan synas väsensskilda är utgångspunkterna förvånansvärt lika. Den allmänna trossatsen är i alla sammanhang "att lära av ny information". Detta är, som vi senare skall se, även grundläggande inom den reala optionsteorin.

Ett sätt att förhålla sig till dessa karakteristika är att betrakta FoU-projekt som ”möjliggörare”. En organisation som genomför ett framgångsrikt FoU-projekt ges möjligheten att, om omvärldsbetingelserna är gynnsamma, omsätta den vunna kunskapen i produkter eller tjänster. Med denna möjlighet följer givetvis inte skyldigheten att gå vidare efter genomförd FoU-fas; om omständigheterna har förändrats avbryts processen och inga ytterligare investeringar görs. Ett annat skäl att avbryta processen kan vara att projektet i sig inte varit framgångsrikt.

Synen på FoU-verksamhet som generande ”möjligheter men inte skyldigheter” påminner starkt om den grundläggande idén bakom optioner. I den finansiella världen är en option ett kontrakt som ger innehavaren rätten, men inte skyldigheten, att vid en bestämd tidpunkt (eller inom ett bestämt tidsintervall) sälja eller köpa en tillgång till ett förutbestämt pris. Om den underliggande tillgången inte är ett finansiellt instrument utan en reell tillgång såsom ett fält med naturgas, en tomt att bygga hus på, eller ett forsknings- och utvecklingsprojekt, då brukar man tala om ”reala optioner”.

2.1.1 De två osäkerhetsklasserna

Ett forsknings- och utvecklingsprojekt syftar till att ta fram en produkt eller en tjänst som svarar upp mot ett visst behov. Denna produkt kan tas som utgångspunkt för att klassificera de osäkerheter som omgärdar ett FoU-projekt. Den första typen av osäkerheter är förknippade med framtagandet av produkten. Hur sannolikt är det att FoU-verksamheten leder fram till de nödvändiga svaren och lösningarna på ställda problem? Vilka risker finns att projektet havererar? I litteraturen finns ett antal olika beteckningar för dessa osäkerheter, bland annat tekniska osäkerheter, ”private risk” och FoU-osäkerheter. För att explicit inkludera alla osäkerheter förknippade med möjligheten att nå målet med verksamheten, det vill säga produkten eller tjänsten, används här benämningen *interna osäkerheter*. I detta begrepp ingår då, förutom tekniska osäkerheter, även osäkerheter kring exempelvis organisation och personal (avhopp, personalrotation, kompetensbrist, konflikter etc.).

Osäkerheten kring hur väl produkten svarar mot det definierade behovet fångas av den andra osäkerhetstypen. Ofta kan det vara en lång tidsrymd mellan det att FoU-projektet inleds till dess att produkten är färdig, och behovet kan ändras under denna tid. Dessutom kan behovet i sig ha missbedömts. Marknadsosäkerhet är en ofta använd benämning för dessa osäkerheter. Då föreliggande rapport i första hand fokuserar på produkter som inte är ämnade för en marknad, och för att få en enhetlig nomenklatur, benämns här dessa osäkerheter som *externa osäkerheter*.

Relationen mellan interna och externa risker varierar mellan olika typer av investeringsbeslut. Vid prospektering av en ny oljefyndighet spelar de externa osäkerheterna en relativt sett stor roll. Prisvariationen för olja är i allmänhet större än osäkerheten inom den relativt mogna processen att utvinna olja ur en fyndighet. Ett exempel på motsatsen utgör utvecklingen av ett nytt läkemedel för en välkänd sjukdom. I detta fall är de interna riskerna, det vill säga osäkerheten om de egna utvecklingsinsatserna verkligen leder till ett läkemedel som senare kan erbjudas marknaden, det som står i fokus för beslutet.

Inom den militära kontexten har relationen mellan interna och externa osäkerheter varierat över tid. Under kalla kriget var de externa osäkerheterna relativt små. Kunskaperna om vad som skulle kunna hända och vad som då krävdes i form av utbildning, organisation och materiel var hyggligt goda. Under denna period fanns istället ett stort intresse av att hantera de risker som var förknippade med att utveckla de förmågor som krävdes. Efter murens fall har dessa relationer mellan interna och externa osäkerheter förändrats.

2.2. Försvarsmaktens demonstratorprogram

Ett sätt att påvisa nya teknologiers och metoders potential är att genomföra teknikutvecklingsprojekt vars huvudsyfte är att demonstrera nya möjligheter. Ett viktigt syfte med en sådan *demonstratorverksamhet* är att visa på både teknisk och ekonomisk realiserbarhet i de idéer som skall testas.⁴

Försvarsmaktens demonstratorprogram (egentligen ”demonstratorprogram FoT”) – som genomförs inom ramen för Försvarsmaktens FoT-program – består av ett tjugotal teknikutvecklingsprojekt som avslutas med en eller flera demonstrationer.⁵ Försvarsmakten har ambitionen att det totala demonstratorprogrammet skall präglas av relativt stor mångfald och att satsningarna snarare skall göras på flera mindre projekt än ett fåtal stora och kostsamma. Det övergripande syftet är att pröva och värdera nya tekniska och taktiska möjligheter. Genom att skapa utvecklings- och anpassningsförmåga skapas optioner för framtida vägval, jämför figur 1b ovan. Dessutom syftar verksamheten till att vidmakthålla svensk kompetens inom för Försvarsmakten viktiga områden.

Upprinnelsen till ett demonstratorprojekt kan vara ett i studieverksamheten identifierat behov. Men det är till stor del även en ”bottom-up”-process där industri och andra aktörer initierar nya projektidéer för Försvarsmakten att ta ställning till.

Ett demonstratorprojekt är ett utvecklingsuppdrag som Försvarsmakten, via FMV, beställer av försvarsindustrin, något konsultföretag eller av FOI. Avtalskonstruktionen innehåller som regel etapper som möjliggör eventuella ominriktningar eller avslutning av projektet.

Om en demonstrator visar sig framgångsrik, det vill säga om den lever upp till målsättningarna och behovet fortsatt är i linje med Försvarsmaktens behov, kan den omvandlas till ett projekt inom materielutvecklingsprocessen. I detta skede ändras då även finansieringen då det lämnar FoT-processen.

Graden av mognad i de ingående projekten varierar från demonstrationer i laboratoriemiljö till test i fältmiljö. Inom programmet används en femgradig skala från nivån ”princip-” till ”systemdemonstrator” för att klassificera mognadsgraden för en demonstrator.

⁴ Def enligt PerRp 7, 2003, bilaga 1.

⁵ Försvarsmakten bedriver ett antal andra demonstratorer utanför FoT-processen (anslag 6.2.3). För närvarande görs ansträngningar att samordna hela Försvarsmaktens demonstratorverksamhet.

3. Reala optioner

3.1 Optionsbegreppet

Termen ”option” kan leda tanken till ”val” och till del är detta en riktig tanke. Dock finns det särskiljande drag hos begreppet option i det aktuella sammanhanget. I finansiella sammanhang finns precisa, matematiska, definitioner på de olika slags optioner som förekommer. När det gäller reala optioner är det svårare att ge en exakt definition. Ett försök att ge en relativt precis, men allmän betydelse av begreppet skulle kunna resultera i följande förslag:

En option är en rättighet att utföra en handling under givna specificerade villkor.

Nyckelorden här är ”under givna specificerade villkor”. Detta betyder att villkoren är givna på förhand och inte ändras efter det att optionen har anskaffats. Liknelsen med en försäkring illustrerar detta. En försäkring ger innehavaren rätten att erhålla en på förhand överenskommen ersättning vid uppkomsten av en skada. Detta ger innehavaren av försäkringen en övre gräns för hur stor förlust han eller hon kan göra om skadan sker. Om skadan inte sker begränsas förlusten till försäkringspremien.

3.2 Reala optioner och osäkerhet

Jämfört med huvudfåran i osäkerhetshantering innebär optionsansatsen ett delvis annorlunda förhållningssätt till osäkerhet. Ordet osäkerhet har i allmänhet en negativ konnotation. Att minimera osäkerheten är i många fall önskvärt. Med ett optionstänkande tillförs aspekten att ökad osäkerhet *kan* vara av värde. Ökad osäkerhet innebär inte *per se* enbart mer negativa konsekvenser. Om osäkerheten kan förväntas minska med tiden kan det vara värt att vänta med ett investeringsbeslut. Denna enkla tanke har varit drivande i utvecklingen av området reala optioner och det är symptomatiskt att ett av de tidigare och mest inflytelserika arbetena titulerades just *The Value of Waiting to Invest*.⁶

I figur 2 beskrivs två olika situationer med olika sannolikhetsfördelning för utfallen.⁷ Jämfört med situationen som beskrivs av den heldragna sannolikhetsfördelningen innebär den streckade linjen en större osäkerhet vad gäller utfall. Samtidigt som sannolikheten för mycket ogynnsamma utfall ökat har också sannolikheten för mycket positiva utfall gjort det samma. Under förutsättning att en beslutssituation som undviker område B och utnyttjar område A kan skapas, innebär således den ökade osäkerheten i den streckade situationen en fördel jämfört med det mer säkra fallet. Exemplet illustrerar en situation där den streckade sannolikhetsfördelningen i högre grad motiverar en aktiv strategi, det vill säga en strategi som möjliggör bevakning av utvecklingen för att kunna anpassa besluten till förändrade betingelser.⁸

⁶ McDonald, R. & D. Siegel (1986). Se även Dixit, A. & R. Pindyck (1994), sid. 136 ff.

⁷ I exemplet förutsätts implicit att sannolikheterna för de olika utfallen är kända. Detta antagande är inte alltid självklart sant. I många fall är osäkerheten så stor att meningsfulla sannolikheter för de olika utfallen inte kan ansättas – vi talar då om *kvalitativa* eller *strukturell* osäkerhet. Vi återkommer till detta i kapitel 5.

⁸ För en diskussion om passiva och aktiva strategier vid beslutsfattande under osäkerhet se Dreborg, K.-H., E. A. Eriksson, U. Jeppson & M. Jungmar (1994), sid. 15 ff.

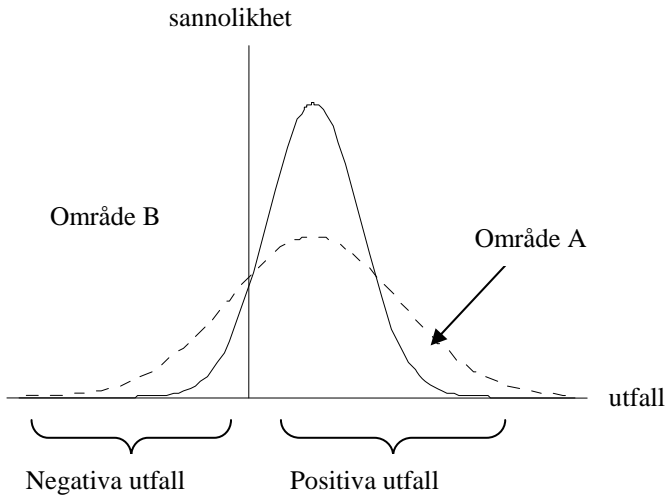


Fig. 2: Ökad osäkerhet ger större möjligheter.

Figuren och resonemanget ovan lyfter fram en viktig aspekt av optionsansatsen. Om den ökade osäkerheten skall omsättas i ökad nytta måste optionsansatsen inkludera en förmåga att läsa av och analysera förändringar i omvärldsbetingelserna och en förmåga att omsätta dessa i handling. Reala optioner förutsätter ett aktivt beslutsfattande.

En ökad osäkerhet leder alltså, under förutsättning att rätt beslut fattas, till en potentiellt ökad nytta. Som vi såg ovan är en annan viktig observation att en option även begränsar de förluster som kan uppkomma. Sammantaget ger detta en "asymmetrisk avkastningsfunktion" där förlusten är begränsad till ett specifikt värde medan vinsten kan bli mycket stor. Detta erhålls givetvis inte gratis; optionens pris – den maximala förlusten – är proportionell mot graden av asymmetri. Detta illustreras ofta med en så kallad "kinked payoff function" enligt figur 3. En option är intressant för att den ger möjlighet till god avkastning samtidigt som förlusterna kan begränsas till en på förhand känd summa. Något som inte illustreras av figuren är att i de allra flesta även finns en gräns för avkastningen. Alla försäkringar har exempelvis ett tak för den ersättning som kan erhålls vid skada.

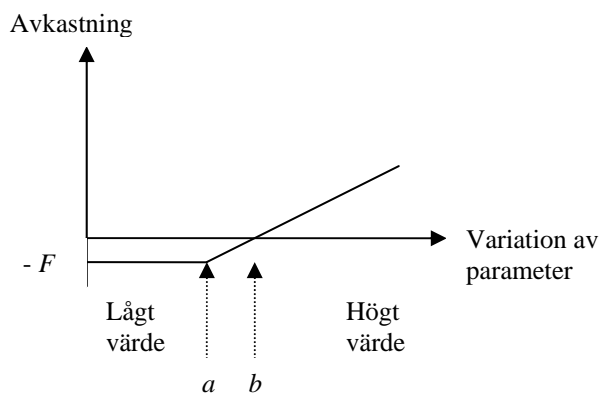


Fig. 3: En option begränsar förlusten till F . Från parametervärde a erhålls ökad marginalavkastning och från värde b erhålls vinst.

Även om inte hela den ganska komplicerade apparaten kring real optionsanalys kommer till användning i ett konkret fall så kan tankar och idéer bakom real optionsanalys vara till stor nytta vid planering av FoU-verksamhet. Genom att endast ta till sig de strukturella idéerna kring real optionsanalys, kan speciellt sättet att tänka kring osäkerhet ändras. Istället för att betraktas som något enbart negativt kan osäkerheter ses som någon som kreerar möjligheter.

3.3 Tillämpningar av den reala optionsansatsen

Även om tillämpningarna av den reala optionsansatsen spänner över ett brett fält kan två egenskaper urskiljas som nödvändiga villkor för att ansatsen skall vara potentiellt fruktbar. För det första skall osäkerheten som omgärdar beslutssituationen vara betydande. Exakt vilken mening som skall läggas i detta begrepp varierar från fall till fall. Generellt kan dock sägas att i de fall utfallet på goda grunder kan antas vara prognostiserbar finns andra mer effektiva metoder för beslutsstöd.

Värdet av att tänka optionsmässigt ökar med graden av osäkerhet och med graden av förmåga att agera adaptivt på ny information som löser upp denna osäkerhet. Detta förutsätter givetvis att osäkerheten verkligen kan lösas upp. Denna typ av osäkerhet har kallat *quasi-static uncertainty*⁹ eller upplösbar osäkerhet¹⁰.

I tabell 1 nedan illustreras med en förenklad bild värdet av att förfinna en traditionell investeringskalkyl.

		<i>Osäkerhet</i>	
		Låg	Hög
<i>Förmåga till respons</i>	Hög	Flexibilitetsvärde MEDEL	Flexibilitetsvärde HÖGT
	Låg	Flexibilitetsvärde LÅGT	Flexibilitetsvärde MEDEL

Tabell 1: Flexibilitetsvärdet är beroende båda av osäkerheten och av organisationens möjligheter att agera.

I tabellen introduceras termen *flexibilitetsvärde*. I definitionen ovan av option framhålls rätt till en handling (under specifika villkor). Denna rätt leder inte med automatik till att den realiserar. De allra flesta reala optioner skapas i den organisation där beslut om dess eventuella realiserande fattas. Detta leder till att optionen inte i allmänhet handlas fritt på en marknad då enbart en aktör är i åtnjutande av de rättigheter som optionen ger.¹¹ I termen flexibilitetsvärde tillförs, förutom den

⁹ Strangert, P. (1974), sid. 28. Strangert pratat om *static uncertainty* för den situation där osäkerheten inte ändras över tid (sid. 25). Se även diskussion i avsnitt 1.3 i Dreborg, K.-H. (2004).

¹⁰ Dreborg, K.-H., E. A. Eriksson, U. Jeppson & M. Jungmar (1994), sid. 33.

¹¹ Man kan tänka sig situationer där andra aktörers agerande påverkar den egna organisationens optioners värde. Om två läkemedelsbolag konkurrerar om att ta fram en ny medicin inom samma område är sannolikheten stor för att med-

möjlighet som optionen ger, även organisationens förmåga att *ta till vara denna möjlighet*. Således gäller att om osäkerheten är stor och organisationen samtidigt bedöms ha en stor omställningsförmåga så har beslutssituationen ett högt flexibilitetsvärde.

Möjligen kan de senaste årens utveckling där de större läkemedelsbolagen i allt större utsträckning utkontrakterar forskningsverksamhet till mindre så kallade bioteknikbolag ses i ljuset av tabell 1. En tolkning skulle då vara att orsaken till detta kan sökas i att stora företag (eller mer generellt: organisationer) ofta tenderar att bli trögrörliga. Denna trögrörlighet leder till minskad förmåga till respons vilket gör att flexibilitetsvärdet för organisationen minskar.

och motgångar hos de båda bolagen påverkar värderingarna av optioner inom utvecklingsverksamheten. Situationer som dessa har analyserats med ansatser som kombinerar spelteori och reala optioner. Relativt lite är gjort på detta område – vilket kan synas lite märkligt då huvuddelen av arbetena handlar om just konkurrerande företag – men en ofta citerad forskare är Steven Grenadier, se t.ex. Grenadier, S. (2000).

4. Forskning och utveckling som reala optioner

Egentligen är det svårt att finna en naturligare utgångspunkt än ett forsknings- och utvecklingsprojekt då tankar och idéer bakom reala optioner skall diskuteras. Tidigt i utvecklingen av idéerna kring reala optioner dök FoU upp som ett naturligt exempel. Myers konstaterade redan 1984 att traditionella metoder inte ger någon vägledning alls då det helt fokuserar på kassaflöde: ”The value of R&D is almost all option value.”¹²

Även om FoU-verksamhet konceptuellt ligger nära reala optioner har det långt ifrån varit ett huvudsakligt applikationsområde under senare år. I ett välciterat arbete delas FoU-investeringar upp i tre grupper där kortsiktiga investeringar bör värderas med kassaflödesmetoder, medan mycket långsiktiga investeringar inte bör underkastas någon formell värdering överhuvudtaget. Mellankategorin däremot, lämpar sig enligt författarna, väl för real optionsanalys.¹³

Idén bakom real optionsvärdering av FoU är att koppla investeringen till de möjligheter den sedan ger till följdinvesteringar. Värdet av FoU ligger i de möjligheter, men inte skyldigheter, som dess resultat skapar och värderingen måste självfallet inkludera de fall då följdinvesteringar inte görs. En organisations FoU-verksamhet kan egentligen sägas utgöra en enda stor generator av optioner. Med denna utgångspunkt är det naturligt att också analysera FoU med hjälp av den reala optionsansatsen.

Den reala optionsansatsen medför inte bara ett nytt sätt att *värdera* forsknings- och utvecklingsverksamhet, den kan också bidra till att delvis ändra hur sådan verksamhet bedrivs. Till stor del hänger detta samman med den diskussion som fördes ovan angående synen på osäkerhet. Med en optionsansats ses ökad osäkerhet som ett sätt att skapa möjligheter.

Systemdesign som utgår från ett optionstänkande kring osäkerheter uppmuntrar en mer flexibel arkitektur.¹⁴ Genom att tidigt i designfasen inkludera möjligheter att senare implementera nya funktionaliteter skapas optioner för att anpassa systemet till framtida ändrade omvärldsbetingelser. Istället för att på ett traditionellt ingenjörsmässigt sätt försöka minimera osäkerheter, kan dessa tas som möjligheter att utveckla reala optioner som adderar värde till designen. Detta är ett sätt att anpassa den tekniska arkitekturen till en ökad osäkerhet om framtida användningsområden.

Vid byggandet av en ny enkelspårig järnväg kan flexibilitet för framtida ökade transportbehov skapas genom att anlägga en banvall som är förberedd för dubbelspår. På detta sätt tas en initial kostnad för att senare erhålla en möjlighet – en option – att relativt enkelt i det närmaste fördubbla kapaciteten. Om det i ett senare skede visade sig att den fördubblade kapaciteten verkligen behövdes så blir totalkostnaden lägre än om både spår och banvall byggdes i efterhand. Dessutom minskar störningarna på befintlig trafik då det är enklare att lägga räls på befintlig banvall än att tvingas lägga ny banvall tätt bredvid den trafikerade rälsen.

¹² Myers, S. (1984).

¹³ Mitchell, G. R. & W. F. Hamilton (1988).

¹⁴ de Neufville, R. (2001).

Ett annat exempel kan hämtas från bilindustrin. Idag konstrueras nya bilar kring vad som kallas plattformar. En plattform är inte ett fysiskt objekt utan en arkitektur. Genom att tidigt i designprocessen inkludera en rad möjligheter för framtida modellvariation kan en stor framtida handlingsfrihet byggas in. Denna flexibilitet har ett pris och en biltillverkare tar idag sitt stora utvecklingssprång i och med införandet av den första modellen baserad på en ny plattform.

Det har påpekats att optionstänkande i systemdesign medför ett mer balanserat synsätt mellan ingenjörstänkande och marknadsaspekter. Då värdet av flexibilitet till så stor del bestäms av marknadsförutsättningarna (eller mer allmänt, av efterfrågesidan) tvingas systemdesignen i större grad ta hänsyn till dessa.¹⁵

4.1 Värderingsmetoder

I litteraturen används ofta benämningen ”R&D project selection methods” för det kunskapsområde som handlar om resursallokering inom forskning och utveckling. I takt med att organisationers FoU-verksamhet har tillmätts allt större betydelse har intresset för metodutveckling i området ökat. De faktiska implementeringarna av mer sofistikerade beslutsstödsmetoder har dock kraftigt släpat efter teoriutvecklingen, ett faktum som inte verkar ha inverkat menligt på de inomakademiska ambitionerna att ta fram allt mer komplexa metoder. Paradoxalt nog synes det samtidigt finnas en medvetenhet bland akademiker om att en gångbar metod måste vara både intuitiv och lätt att använda.¹⁶

Det finns en uppsjö olika ansatser för att värdera och välja bland FoU-projekt. Henriksen och Traynor¹⁷ gör följande kategorisering:

- ostrukturerad peer review,
- poängbedömning,
- matematisk programmering,
- ekonomiska modeller,
- beslutsanalys,
- interaktiva metoder,
- artificiell intelligens,
- portföljoptimering.

Dessa metoder är inte varandra uteslutande. En portföljoptimering måste kombineras med någon annan metod för att verkligen generera beslutsunderlag. Artificiell intelligens är snarare ett vetenskapsområde (vagt definierat) än en metod för att värdera FoU-projekt. Idéer och metoder från detta område (bland annat fuzzy sets/logic) har dock använts inom olika värderingsansatser. Som tredje exempel kan nämnas att det som ovan kallas ”ekonomiska modeller” har inflytande på i princip alla andra kategorier i listan. Trots dessa randanmärkingar tjänar listan ett gott syfte i att vara en utgångspunkt för att navigera i det komplexa landskap som metoder för FoU-värdering utgör.

¹⁵ Neely, J. E. & R. de Neufville (2001)

¹⁶ Se t.ex. Stummer, C. & K. Heidenberger (2003).

¹⁷ Henriksen, A. D. & A. J. Traynor (1999).

I kommersiella sammanhang kan alltid en investerings värde uppskattas genom att försöka uppskatta hur mycket intäkter den kommer att generera. Detta ger möjlighet att använda sig av tesen att varje investering själv skall bära sina kostnader då varje investering i princip kan betraktas isolerat. Detta hindrar inte att det i de allra flesta fall är betydligt mer komplicerat än så, då olika investeringsalternativ kan påverka varandra och en aktör kan vara villig att ta en kostnad för att uppnå en strategisk effekt utöver kassaflödet.

Den absoluta majoriteten av forskning kring investeringsteori handlar om just de fall där det finns ett monetärt mått på investeringens avkastning. Ett av syftena med föreliggande rapport är dock att närma sig problemet då nyttan inte kan mätas i finansiell avkastning. Även om nyttan inte alltid kan ges finansiella mått så genererar (så gott som) alltid investeringen ett negativt kassaflöde. I de fall då två eller fler investeringsalternativ med *samma uppskattad nytta* jämförs är därför en naturlig utgångspunkt att titta på *skillnader i kostnader*.

För att erhålla en renodlad bild av tillgängliga metoder för FoU-värdering ligger fokus i detta arbete på att studera fall där ett investeringsobjekt studeras separat. Om denna ansats verkligen tillämpas är det ett exempel på filosofin att varje projekt skall gå att ”räkna hem”. Detta är en grov förenkling som sällan förekommer i reella beslutssituationer där situationen oftast är den motsatta, det vill säga att det finns långt fler investeringsalternativ än vad resurserna räcker till. Dessutom är det ett synsätt som kontrasterar starkt till vad som ovan har benämnts portföljoptimering. Det är därför naturligt att med ”enprojektsfilosofin” som utgångspunkt studera metoder där olika kombinationer av projekt är de investeringsalternativ som skall värderas och bedömas.¹⁸ Detta är en av utgångspunkterna för det fortsatta arbetet i projektet och behandlas kortfattat i avsnitt 5.2.

4.2 Nuvärdesmetoden

Nuvärdesmetoden är en av de mest spridda metoderna för att ta fram beslutsunderlag inför investeringar. Metoden går ut på att jämföra kostnaden för investeringen med summan av de framtida intäkterna (eller mer allmänt nyttan). De framtida intäkterna diskonteras till dagens kostnadsläge för att kunna jämföra detta med investeringskostnaden. På detta sätt beräknas ett nuvärde (eng.: NPV – Net Present Value) och om detta är positivt indikerar metoden att investeringen är lönsam och således bör genomföras (om det inte finns mer lönsamma alternativ). Vanligen skrivs beräkningsformeln som

$$NPV = -I + \sum_t \frac{R_t}{(1+r)^t}, \quad (4.1)$$

¹⁸ Filosofin som förespråkas här innebär således att metodutvecklingen för enprojektsfallet drivs relativt långt innan aspekter så som beroenden mellan olika projekt inkluderas i analysen. Ett alternativt tillvägagångssätt är att istället tidigt inkludera beroenden mellan olika projekt för att sedan, med detta som utgångspunkt, förfina metoden.

där I är investeringskostnaden, R_t (revenue) är intäkten vid t , och r är diskonteringsräntan.¹⁹ Som lätt inses från ekvation (4.1) värderas framtida intäkter (eller nyttor) lägre än dagens intäkter. Detta är kärnan i idén om att beräkna nuvärden av framtida nyttor. Den framtida nyttan diskonteras med en räntefaktor som bl.a. avspeglar osäkerheten av den framtida avkastningen; en högre osäkerhet omhändertas via en högre räntefaktor. Som utgångspunkt då diskonteringsräntan skall bestämmas kan följande samband ansättas: $r = r_f + z$. Här är r_f den riskfria räntan, det vill säga den ränta som erhålls vid investering i en riskfri tillgång exempelvis statsobligationer och z (>0) är den extra räntepremie som återspeglar risken i aktuell investering.

Ett problem med den ”naiva” NPV-ansatsen är att samma diskonteringsränta används under hela den tidshorisont som analysen gäller. Detta är dock inte alltid fallet och det finnas många ansatser för att hantera en varierande diskonteringsränta.

Givetvis innebär modellen en kraftigt förenklad bild av en investeringssituation, exempelvis utelämnas ett eventuellt restvärde för fabriken och rörliga produktionskostnader. Dessa och andra kompletteringar av modellen adderar dock inget till den principiella diskussionen varför modellen kan hållas på en mycket enkel nivå.

Den traditionella nuvärdeskalkylen kan förfinas utmed två huvudsakliga spår. Den första tankelinjen följer i stora drag nuvärdeskalkylen, men söker på olika sätt att förfinas den, främst via insikten att investeringar i de allra flesta fall kan göras i steg. En naturlig utgångspunkt för en sådan ansats är att använda beslutsträd för att illustrera de olika stegen i processen.

Den andra tanken är mer radikal och anknyter på ett betydligt starkare sätt till optionsteori från den finansiella världen. I korta drag går denna ansats ut på att jämföra värdet av en investering med vad marknaden är villig att betala för den. Tanken är att så långt som möjligt värdera delar av projektet på ett sätt som kan finna sina motsvarigheter hos marknadsprissatta varor och tjänster.²⁰ Denna ansats kan dock modifieras så att marknadsberoendet blir minimalt (endast information om den riskfria räntan krävs).

4.3 Värdering via real optionsansats

Människan har troligen handlat med kontrakt som reglerar möjligheter i framtiden lika länge som hon har handlat överhuvudtaget. Den tidigaste indikationen om sådan handel rör markkontrakt. Det är dock bara under de senaste 30 åren som optionshandeln har fått någon större ekonomisk betydelse. Chicagobörsen öppnade 1973 *The Chicago Board Options Exchange* i syfte att samla handeln med köpoptioner (*eng*: call options) för listade aktier.

¹⁹ I denna enkla form (4.1) antas att kostnaden I tas vid $t = 0$. I det allmänna fallet då kostnaderna är spridda över tid skall även de diskonteras till $t = 0$ då värdet av en tillgång (I) generellt avtar med tiden.

²⁰ Se vidare kapitel 4 i Dixit, A. & R. Pindyck (1994).

Av en ren tillfällighet publicerades Fischer Black och Myron Scholes arbete som lade grunden för den moderna optionsteorin samma år.²¹ Ett centralt bidrag i deras arbete var att konstruera en modell som innehåller endast fem på marknaden direkt observerbara parametrar.

Det finns anledning att här kommentera en ofta framförd missuppfattning när det gäller användningen av Black-Scholes-ekvationen vid värderingen av reala objekt. I deras arbete från 1973 var syftet att ta fram en modell som värderar optioner på noterade aktier. Av detta följer inte att Black-Scholes-modellen förutsätter att det objekt som skall värderas måste speglas i finansiella instrument som handlas på en optimal marknad. I avsnitten nedan kommer modellen att tillämpas dels i det fall en perfekt marknad existerar (4.3.1) och dels i det fall då de i modellen ingående parametrarnas värden uppskattas istället för avläses från marknadsinformation (4.3.2).

Det finns inga skäl att gå in i detalj kring den exakta härledningen och formuleringen av Black-Scholes-ekvationen.²² Från flera håll har komplexiteten i Black och Scholes formulering framhållits som starkt bidragande till att den reala optionsskolan inte fått det genomslag som den själv anser sig förtjänt av. Under senare år har enklare beräkningsmodeller införts för att adressera detta problem. Tom Copeland med flera har propagerat hårt för användandet av en enklare beräkningsmodell som utgår från en förenklad bild av tidsutvecklingen av värdet av den underliggande tillgången.²³ Dessa ansatser bygger på det som brukar kallas binomialmodellen i vilken det förutsätts att värdet i varje (diskret) tidssteg kan utvecklas i två bestämda riktningar med givna sannolikheter. Om man i den binomiala modellen låter diskretiseringen övergå i den kontinuitet som förutsätts i Black och Scholes arbete så överrensstämmer de både modellerna med varandra.²⁴

Ett sätt att klassificera värderingen av FoU-projekt med reala optioner är att betrakta existensen av en marknad som kan spegla värdet av projektet. Utgångspunkten för en värderingsprincip blir då:

1. om det existerar en optimal marknad,
2. om det inte finns någon marknad som på ett meningsfullt sätt speglar investeringsobjektet,
3. om det existerar en marknad, som dock ej är optimal.

Som ovan har nämnt så finns ingen *a priori*-koppling mellan Black-Scholes och existensen av en optimal marknad. Trots detta så leds tanken ofta i riktning mot att ju mer av marknadsorienterad analys, desto mer är en Black-Scholes-lik ansats relevant. Och på motsvarande sätt kopplas ofta alternativa, mindre matematiskt sofistikerade, metoder ihop med mer av subjektiva bedömningar. Vad saken handlar om är dels vilka antaganden som ligger till grund för en modell och dels vilken beräkningsteknik som används. För rapportens vidkommande är det förstnämnda av mer relevans.

Trots detta finns det goda skäl att här studera vilka parametrar som ingår i modellen, och som alltså påverkar värdet av en option. Även om den underliggande tillgången inte handlas på en marknad kan de ges subjektiva värden. Dessutom kan dessa parametrar tjäna som utgångspunkt för

²¹ Black, F. & M. Scholes (1973).

²² För en explicit härledning av ekvationen, se exempelvis Luenberger, D. (1998), avsnitt 13.3.

²³ Originalen är Cox, J., S. Ross & M. Rubinstein (1979). För modernare och mer lättillgängliga framställningar se t.ex. Copeland, T. & V. Antikarov (2003) och Copeland, T. & P. Tufano (2004).

²⁴ Cox, J., S. Ross & M. Rubinstein (1979).

en mer kvalitativt orienterad analys av de osäkerheter som omgärdar en investering. Vidare kan det vara av intresse att få en kvalitativ uppfattning om hur optionsvärdet beror av de i ekvationen ingående variablerna.

Black och Scholes formulerade en partiell differentialekvation som beskriver dynamiken för hur värdet av en köpoption beror av värdet av den underliggande tillgången och tidsparametern.²⁵ De fem parametrar som ingår i Black-Scholes-ekvationen är:

- S : värdet av den underliggande tillgången,
- σ : osäkerheten i värdet hos den underliggande tillgången,
- t : tiden tills optionen skall lösas,
- X : investeringskostnaden,
- r : riskfria räntan.

För att anpassa terminologin till investeringar i reala tillgångar har parametrarna ordalydelse ändrats något jämfört med Black och Scholes originalartikel. Ursprungligen var utgångspunkten att värdera optioner på aktier, alltså antogs S = priset på aktien och σ hänfördes till prisvariationer hos aktien. I linje med detta benämndes parametern X som ”exercise price”.

Under vissa antaganden kan man härleda en sluten formel för optionsvärdet av en europeisk²⁶ köpoption. Denna formel²⁷ ger en rättfram metod att värdera den enklaste formen av reala optioner. För att illustrera användningen av Black-Scholes-ekvationen betraktar vi två av fallen ovan i ett enkelt exempel. I avsnitt 4.3.1 behandlas situationen med en optimal marknad och i 4.3.2 antas marknaden inte vara optimal.

Läkemedelsbolaget Kuorta står inför beslutet att utveckla ett nytt läkemedel mot astma. Det finns dock stora osäkerheter då det har visat sig att några av de substanser som man tänker sig använda har visat sig ha en rad oönskade effekter. En intern utredning har tillsatts för att utröna huruvida dessa effekter kan ha någon påverkan på en eventuell utveckling av astmamedicinen. Samtidigt är pressen hård på företaget då flera konkurrenter snart kommer att lansera konkurrerande preparat. Det finns således två alternativa strategier för att sätta igång utvecklingsprojektet. I alternativ A prioriteras ”time to market” och hela utvecklingsprocessen sätts omedelbart igång. Kostnaden för detta är 1300 miljoner. I det andra alternativet, B, är idén istället att starta en betydligt billigare kunskapsuppbyggande fas under det år då man inväntar resultatet från utredningen. Kostnaden för alternativ B är 100 miljoner.

4.3.1 Optimal marknad

Hypotesen som brukar gå under benämningen ”Law of One Price” föreskriver att två olika tillgångar som har samma framtida avkastning måste ha samma nuvärde. Om detta inte vore fallet

²⁵ Black, F. & M. Scholes (1973).

²⁶ En europeisk köpoption har ett bestämt lösendatum, medan en amerikansk köpoption ger rätten att vid vilken tidpunkt som helst fram till ett visst datum köpa den underliggande tillgången till ett bestämt pris. Allt annat lika så har en amerikansk option alltid ett högre värde än en europeisk då den innehåller samma frihet som den europeiska (köp vid tidpunkt T) plus den frihet det innebär att kunna köpa vid alla tidpunkter $< T$.

²⁷ I appendix 1 ges det slutna uttrycket för detta specialfall av Black-Scholes-ekvationen.

så skulle det gå att tjäna pengar bara på denna skillnad i pris utan risktagande. En perfekt marknad karakteriseras av att det är omöjligt att tjäna pengar på skillnader i prissättning av finansiella instrument utan risk. Marknaden sägs vara arbitragefri. Resonemanget förutsätter existensen av en marknad som har förmågan att ge tillgångar deras rätta värde och därmed rätt pris.

Förutsättningen att det existerar en perfekt marknad är utgångspunkten för den skolbildning inom den reala optionsanalysen som kan sägas utgöra den mest ”rena”.²⁸ Denna den mest uterade skolbildningen slår fast att om syftet med en investering är att öka (aktie-)ägarvärdet så måste värdet av den beaktade investeringen länkas till en marknadsvärdering. Titeln på en väl spridd artikel talar sitt tydliga språk: *Disciplined Decisions: Aligning Strategy with the Financial Markets*.²⁹ Den allmänna synen idag är att det är väldigt få tillfällen där denna ansats är rimlig, det vill säga det är få investeringsalternativ vars framtida avkastning på ett meningsfullt sätt kan speglas i marknadsprissatta finansiella instrument.

Även om den reala tillgången inte är lika direktkopplad till de finansiella marknaderna som en finansiell tillgång borde de kunna värderas via ett indirekt förfarande. Detta är den grundläggande idén bakom det som brukar kallas replikerande portföljer. Enligt denna idé har den underliggande tillgången för en real option, exempelvis den produktionskapacitet som är resultatet av investeringen, samma värde som om denna tillgång (produktionskapaciteten) handlades på en finansiell marknad.³⁰ Detta innebär att produktionskapacitetens värde inte bara varierar med kostnaden att bygga den, utan värdet varierar även med efterfrågan på de varor som skall produceras.

Om antagandet om att det existerar finansiella instrument som perfekt kan spegla den investering som övervägs är det, genom att uppskatta de fem parametrarna i Black-Scholes-ekvationen, enkelt att räkna ut värdet av motsvarande option. För att kunna göra en jämförelse mellan de olika alternativen ovan måste Kuorta med hjälp av på marknaden observerade parametervärden beräkna värdet av handlingsalternativet B.

Investeringskostnaden ($X = 1300$) och tiden till lösen av optionen ($t = 1$) är interna parametrar och således givna av projektdesignen. De övriga tre värdena uppskattas med hjälp av marknadsprissatta finansiella instrument. För att hitta värdet på den underliggande tillgången, det vill säga det färdiga läkemedlet, identifieras ett företag³¹ vars produktportfölj innehåller ett konkurrerande preparat till det som Kuorta planerar att ta fram. Man vet sedan tidigare att AstraZeneca har ett liknande läkemedel. Bolagets börsvärde är 142 miljarder SEK och den allmänna bedömningen är att cirka 1 procent av bolagets värde kan hänföras till det aktuella preparatet, det vill säga $S = 1.42$ miljarder. För att uppskatta osäkerheten kan volatiliteten hos de köpotioner som finns ute till handel användas.³² I skrivande stund är volatiliteten för den ettåriga

²⁸ Ett tidigt arbete med denna utgångspunkt är Brennan, M. & E. Schwartz (1985).

²⁹ Amran, M. & N. Kuitakala (1999).

³⁰ Smith, J. & R. Nau (1995).

³¹ Vanligen så betraktas i detta moment ett antal företag som har liknande preparat. I exemplet används endast ett företag för enkelhets skull.

³² Det bör observeras att även detta är en approximation. Volatiliteten som här tas med i beräkningen speglar ju osäkerheten i hela AstraZenecas verksamhet. Ideal skulle enbart den del av den totala volatiliteten som kan kopplas till AstraZenecas konkurrerande läkemedel ingå i kalkylen.

köptionen 22 procent.³³ Genom att studera räntor för säkra tillgångar, exempelvis statspapper, uppskattas den riskfria ränta till 3 procent. Med dessa värden ger Black-Scholes-ekvationen i appendix 1 värdet 213 miljoner för alternativ B. Sammantaget ger beslutsregeln

$$\max[A,B] = \max[1420 - 1300, 213 - 100] = \max[120,113] = 120.$$

Alltså bör Kuorta omedelbart inleda (det ”stora”) utvecklingsprojektet kring den nya astmamedicinen istället för det mindre kunskapsuppbyggande alternativet.

4.3.2 Förnekande av marknadsvärdering

Den ”marknadsfundamentalistiska” ansatsen har kritiserats från många håll under senare år, och skaran som propagerar för att så långt som möjligt spegla investeringsalternativ i marknaden minskar. Denna kritik inriktar sig inte enbart mot de fall där FoU-projekt inte i första hand genererar intäkter, utan även mot tillämpningar på industriell FoU (där ju resultatet av FoU i slutändan skall generera intäkter). En huvudpöäng i kritiken är att även om de företag som bedriver forskningen handlas på marknaden så är kopplingen mellan forskning och marknadsvärde alldeles för långsökt för att kunna ligga till grund för det som kallas ”objektiv värdering”. I försvarstillämpningar är det uppenbart omöjligt att spegla FoU i någon typ av marknad.³⁴

Just forsknings- och utvecklingsarbete inom läkemedelsindustrin förs ofta fram som ett bra exempel på ett tillämpningsområde för reala optioner. Branschen söker kapital för investeringar via aktiemarknaden. Projekten är tydligt sekventiella och ofta omgärdade med stor osäkerhet, speciellt intern osäkerhet; osäkerhet i efterfrågan anses i läkemedelsindustrin generellt lättare att hantera.

Två kända namn inom den reala optionsvärlden, Amran och Kulatilaka, ger dock flera argument för att de metoder som idag är förhärskande i denna industri, företrädesvis beslutsteori, fyller behoven väl och att real optionsteori inte är optimal för dessa tillämpningar.³⁵ Huvudargumentet går ut på att i de allra flesta länder är läkemedelsmarknaden så reglerad att det saknas en koppling mellan konsumtionen av läkemedel och priset på läkemedel. Detta medför att idén att spegla risker i marknadsprissatta tillgångar faller. Hela denna argumentationslinje är givetvis giltig endast i det fall real optionsteori likställs med att en replikerande portfölj används vid värdering.

I takt med att mindre tillit ges marknaden har alternativa värderingsmetoder utvecklas. Ett alternativt angreppssätt är att acceptera den underliggande strukturen i Black-Scholes-modellen men förneka existensen av en marknad som på ett meningsfullt sätt kan värdera ett FoU-projekt. Två av de troligen mest lästa artiklarna i ämnet förfäktar just denna tes.³⁶

³³ Börsvärde och värdet av optionsvolatiliteten tagna från avanza.se 2007-02-02.

³⁴ En tanke kunde dock vara att försöka spegla en aktörs objekt i en ”portfölj” av hur andra, liknande, aktörer värderar nyttan av sin FoU. För försvarsindustriföretag som är noterade på marknaden skulle dock ansatsen kunna fungera.

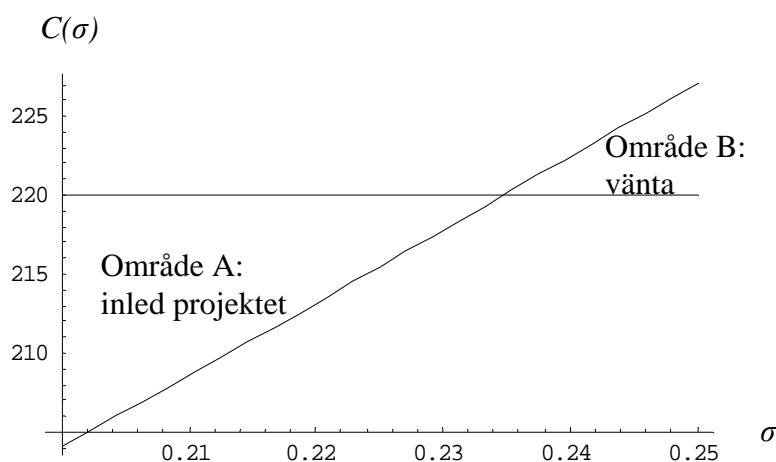
³⁵ Amran, M. & N. Kuitakala (1999).

³⁶ Luehrman, T. A. (1998a) och Luehrman, T. A. (1998b).

I exemplet ovan med läkemedelsbolaget Kuorta fann man att skillnaden mellan de två alternativen endast var 7 miljoner. Alldeles oavsett om man bejakar Luehrmans teser eller inte så är det därför frestande att studera dynamiken i Black och Scholes ekvation för att hitta nya möjligheter i projektupplägget.

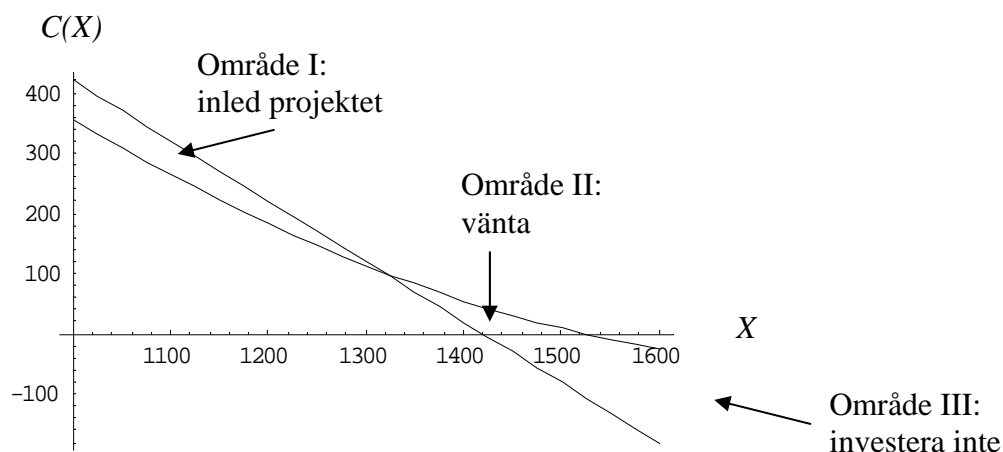
Trots det framräknade resultatet känner sig ledningen för Kuorta osäker. Flera krafter drar i riktning mot att man ändå bör invänta resultatet av studien kring de potentiellt farliga substanserna. Man tycker också att det är mycket kostsamt att dra igång den stora satsning som alternativ A innebär. Dessutom är man skeptisk till den förhållandevis låga volatiliteten. I exemplet har all osäkerhet som omgärdar projektet, intern såväl som extern, omhändertagits av den marknadsobservation som gjorts på köpoptionen med ett års löptid. Enligt marknadsansatsen är detta helt korrekt; marknaden prissätter ju både risker i företagets utvecklingsverksamhet och i efterfrågan. Kuortas ledning anser dock att de har en osäkerhet som marknaden inte ens i princip kan prissätta då man hemlighåller problemen med de eventuellt farliga substanserna. Ledningen vill således öka volatiliteten för att se hur detta slår i kalkylen.

I figur 4 visas värdet av optionen C som funktion av σ . I figuren har gränsvärdet då alternativ B är att föredra framför alternativ A lagts in. Redan vid en måttligt ökad volatilitet, 0.235 (jämfört med 0.22), är det lönsamt för bolaget att skjuta upp investeringen ett år.



Figur 4: Optionens värde C som funktion av volatiliteten σ .

Man kan också studera hur kalkylen beror av investeringskostnaden X . I figur 5 plottas värdet av de två investeringsalternativen A och B som funktion av X för $\sigma = 0.22$. En tolkning av figuren är att det är lönsamt att skjuta upp projektet ett år ända upp till en investeringskostnad om cirka 1,52 miljarder.



Figur 5: Värdet av optionen C som funktion av X för de olika alternativen A och B.

Dessa enkla illustrationer kan tjäna som exempel på hur kvalitativa insikter kan nås om man lämnar den ”marknadsfundamentalistiska” ansatsen i avsnittet ovan. Troligtvis är det på detta sätt som en real optionsanalys i de flesta fall går till i praktiken. Marknadens värdering tas som utgångspunkt för en breddad diskussion om olika investeringsalternativs för- och nackdelar vid parametervariation.

4.3.3 Att värdera flexibilitet med stabilitet som utgångspunkt

Denna ansats knyter an till avsnitten om nuvärdeskalkyl ovan (4.2). Den bakomliggande filosofin är att det bästa sättet att uppskatta värdet av flexibilitet är att utgå från objektet utan flexibilitet. Tanken är att utgå från den enklaste formen av NPV-kalkyl och uppskatta hur detta värde kan utvecklas över tiden. Copeland och Antikarov ställer den retoriska frågan: ”*What is better correlated with the project than the project itself?*”.³⁷ Denna metod har kommit att användas speciellt flitigt i värderingen av FoU.

För att beskriva denna metod definieras två projekt P och P^F . Alla grundläggande förutsättningar är lika i de två projekten utom att P^F erbjuder en flexibilitet (F) som inte finns i projekt P . Den grundläggande idén är att detta flexibilitetsvärde kan uttryckas som skillnaden mellan dessa projekts värden:

$$F = P^F - P \quad (4.2)$$

Värdet av P kan beräknas på godtyckligt sätt enligt gängse metodik, exempelvis en kostnads/nyttokalkyl.

För hitta värdet av P^F utgår vi från en modell som ursprungligen utvecklades för att förenkla beräkningarna i Black-Scholes-modellen. Utvecklingen av värdet på den underliggande tillgången

³⁷ Copeland, T. & V. Antikarov (2003), sid. 94.

antas i Black-Scholes-modellen följa en så kallad geometrisk brownisk rörelse vilken enkelt uttryckt innebär att värdet (>0) varierar kontinuerligt och slumpmässigt.³⁸ I ett senare arbete antog istället Cox, Ross och Rubinstein att rörelsen är diskret och att värdet i varje diskreta tillstånd endast kan gå i två riktningar med bestämda faktorer.³⁹ Låt S vara värdet vid $t = 0$ och låt uS och dS vara värdet vid $t = 1$ då värdet ökat med u (up) och d (down). Ofta sätts $u = 1/d$ så att en period av nedgång kompenseras av en period av uppgång. Osäkerheten (σ i Black-Scholes-ekvationen) i denna modell representeras av skillnaden i värde vid $t = 1$, det vill säga $uS - dS$. Den av Cox *et al.* utvecklade så kallade binomialmodellen övergår i Black-Scholes-modellen vid samma antaganden om den underliggande dynamiken.⁴⁰

Nuvärdet av det förväntade värdet erhålls enligt ekvation (4.1) som

$$S = \frac{p^u * uS + p^d * dS}{1+r} \quad (4.3)$$

där p^u och p^d är sannolikheten för att värdet går upp respektive ned och r är den riskjusterade räntan $r_f + z$.

Om vi som förut antar att investeringskostnaden är X så erhålls två möjligheter vid $t = 1$: om värdet går upp fås $uS - X$ och om värdet går ned fås $dS - X$. Det är rimligt att anta att $uS > X$ (vinst) och att $dS < X$ (förlust) för att en intressant beslutsituation skall föreligga. I det fall värdet går ned vill vi utnyttja den flexibilitet som ligger inom ramen för projekt P^F och avstå från investeringen. Vi uttrycker denna flexibilitet i form av en option C som har två möjliga värden vid $t = 1$:

$$\begin{aligned} C^u &= \max[uS - X, 0], \\ C^d &= \max[dS - X, 0]. \end{aligned} \quad (4.4)$$

På detta sätt begränsas förlusten vid det fall värdet understiger investeringen, jämför med resonemanget vid figur 3 ovan. Uppgiften som återstår är att räkna ut värdet av denna option vid $t = 0$, det vill säga C_0 . Situationen illustreras i figur 6.

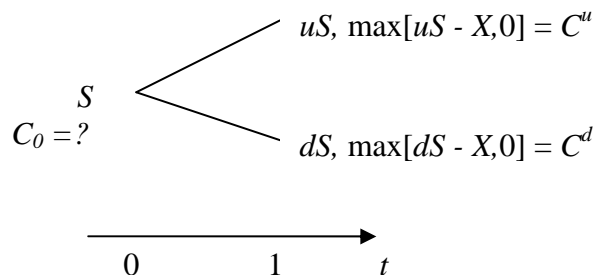


Fig. 6: Tidsutvecklingen av den underliggande nyttan (S) och optionen (C).

³⁸ Geometrisk browniska processer används ibland för att beskriva kursrörelserna hos aktier.

³⁹ Cox, J., S. Ross & M. Rubinstein (1979).

⁴⁰ *Ibid.*

För att beräkna värdet av optionen tar vi hjälp av en konstruktion från den finansiella optionsteorin. För att vara ärliga mot rubriken för detta avsnitt skall detta ”trick” endast användas som ett matematiskt hjälpmedel för att värdera optioner utan parametervärden från marknadsprissatta finansiella instrument. Den enda externa parameter som används är den riskfria räntan som uttrycker kostnaden för investeringen. Även om de investeringsobjekt som står i fokus för denna rapport i allmänhet inte genererar nyttor som kan mätas på en finansiell marknad, så är ”nedsidan” – det vill säga kostnaderna – av samma slag både vid investeringar i kommersiella objekt och i offentliga investeringar. I både fallen kan kostnaderna för kapitalet approximativt anses vara desamma.

Enligt fundamentalsatsen i optionsteori kan värdet av en säljoption på en underliggande tillgång likställas med summan av ett visst antal andelar av en så kallad ”tvillingtillgång” (*twin security*) och ett visst antal andelar av en tillgång vars avkastning är säker, exempelvis statspapper. En tvillingtillgång är en tillgång vars avkastning är densamma som optionens. Ett försök till intuitiv förklaring av ansatsen, som brukar kallas replikerande eller speglade portfölj, är att den ökade osäkerheten hos optionen jämfört med den underliggande tillgången kan uttryckas som en linjärkombination av det mest osäkra vi kan tänka oss, kursen på den aktie som optionen är ställd på, och det mest säkra vi kan tänka oss, statspapper med garanterad ränta (den riskfria räntan r_f). Med denna ansats kan optionens värde vid t uttryckas som en viss andel (antal) aktier N_A och ett visst antal statspapper N_S :

$$C_t = N_A A + N_S (1 + r_f)^t. \quad (4.5)$$

På detta sätt uttrycks optionens värde som en viss andel osäkra tillgångar och en viss andel säkra tillgångar. Tidsberoendet av värdet indikeras av t . Således kan värdet vid $t = 0$ skrivas som:

$$C_0 = N_T T + N_f. \quad (4.6)$$

Detta är ett av två sätt att beräkna värdet av reala optioner i binomialmodellen. Den andra metoden går ut på att riskjustera sannolikheterna för C^u och C^d och erhålla så kallade riskneutrala sannolikheter. Dessa har inget att göra med den faktiska (objektiva) sannolikheten för att värdet av optionen blir det ena eller det andra. Det är endast ett uttryck för att anpassa utvecklingen mot den riskfria räntan. Båda dessa metoder, replikerande portfölj och riskneutrala sannolikheter, är ekvivalenta men vi kommer i det följande endast att använda oss av den tidigare modellen då det är lättare att få en intuitiv bild av övergången från marknadsnoterad information till enbart intern information (förutom den riskfria räntan) om projektet som skall värderas.

Om man bara kan hitta en tillgång vars värde är proportionellt mot avkastningen på projektet så kan optionens värde räknas ut med formeln ovan. Det är i detta skede som den enligt vissa avgörande karakteristika för real optionsanalys, det vill säga kopplingen till marknaden, görs i binomialmodellen.

Hur vanligt är det då med projekt vars värde kan speglas på detta sätt i marknaden? Troligen är det inte speciellt vanligt alls. Möjligen kan man argumentera för att man i FoU-sammanhang, där syftet är att ta fram en ny produkt eller tjänst vars förlaga redan existerar kan hitta tillgångar som kan säga reflektera projektets risker (kanske som i exemplet med Kuorta ovan).

Lyckligtvis finns det andra som har observerat problemet med att hitta marknadsprissatta tillgångar som i varje skede speglar värdet av projektet. Speciellt i FoU-sammanhang har det pekats på dessa svårigheter vilket kan synas naturligt då just FoU nästan per definition är högriskprojekt, då de oftast syftar till att ta fram nya produkter och tjänster som ännu inte kan ha testats på marknaden.⁴¹ Copeland och Antikarov skriver: ”If you are trying to value real options on a research and development program,..., where do you find a twin security?”⁴² Istället för att söka en tvillingtillgång ansätts här helt enkelt projektets värde som ”twin security” och antalet betecknas därför i formeln nedan med N istället för N_A . I enklast tänkbara exempel enligt figur 6 ovan utvecklas portföljens (och optionens) värde från $t = 0$ till $t = 1$. Då värdet av den replikerande portföljen skall vara det samma som avkastningen av projektet fås följande ekvationssystem för värdena för C_I :

$$\begin{aligned} uS^*N + N_S(1 + r_f) &= C^u, \\ dS^*N + N_S(1 + r_f) &= C^d. \end{aligned} \quad (4.7)$$

Copeland och Antikarov kallar detta för *The Market Asset Disclaimer*. Kritik har riktats mot detta angreppssätt då det inte tar hänsyn till marknads värdering, men å andra sidan är det mycket flexibelt då alla projekt där vi kan uppskatta värdeutvecklingen kan värderas på detta sätt.

Det har tidigare nämnts att sekventiella investeringar är typiska i FoU-sammanhang. I avsnitt 4.4 kommer metoden från detta avsnitt att tillämpas på ett enkelt exempel där beslut om att a) investera nu, b) vänta med investeringen eller c) avbryt investeringen skall tas vid ett antal beslutsgrindar. Men innan dess är det på sin plats att kommentera förhållandet mellan reala optioner och beslutsträd.

4.3.4 Reala optioner och beslutsträd

Föregående avsnitt behandlar det enkla exemplet med endast en tidsperiod, från $t = 0$ till 1. Om man med utgångspunkt från figur 6 ovan låter utvecklingen pågå under fler tidssteg erhålls en trädstruktur för värdeutvecklingen av nyttan (S) och optionen (C). För att metoden skall generera beslutsunderlag behöver detta träd kompletteras med en struktur som beskriver de beslutspunkter som kan associeras med värdeutvecklingen – ett beslutsträd. Beslutsträdet konstrueras genom att till varje nod i värdeutvecklingsträdet skapa en beslutsnod där relevant information för att fatta ett beslut redovisas. I avsnitt 4.4 nedan ges ett något mer komplicerat exempel där de båda träden för värdeutveckling och beslutsnoder kombineras.

⁴¹ Någon skulle säkert invända och hävda att just FoU-portföljen hos ett bolag, det vill säga det som ännu inte säljs, ligger till grund för en stor del av marknadsvärdet. Detta är troligen sant, men svårigheten att hitta en tvillingtillgång för ett projekt kvarstår. Marknaden värderar bolagets hela FoU-portfölj.

⁴² Copeland, T. & V. Antikarov (2003), sid. 94.

Introduktionen av beslutsträd är naturlig då den binomiala metoden används. I själva verket så är det en nödvändighet att till värdeutvecklingen koppla de beslutssituationer som är aktuella. Trots detta finns det en pågående diskussion om beslutsträd och reala optioner som två *olika* metoder som är värd att kort uppmärksamma. I litteraturen om reala optioner är det ofta framhållet att beslutsträd är en annan alternativ metod.⁴³ Andra hävdar samtidigt att om båda metoderna appliceras korrekt så erhålls identiska resultat.⁴⁴ Generellt kan sägas att beslutsträd och real optionsanalys *à la* binomialmodellen delar så många likheter att den ena av metoderna kan justeras så att den övergår i den andra. Att det överhuvudtaget förekommer en definitionsstrid kan mer tolkas som att människor har sin bakgrund i olika miljöer, finansiell analys respektive beslutsteori, än att det finns en fundamental skillnad metoderna emellan. För rapportens vidkommande är denna strid inte viktig, det viktiga är istället de tankar som formas i mötet mellan real optionsteori och beslutsteori.

4.4 Sekventiellt beslutsfattande

I kapitel två diskuterades FoU-projekt som ”möjliggörare” och för att ta vara på dessa möjligheter genomförs nästan alltid projekten i olika steg eller faser med tydliga beslutsgrindar. På detta sätt fås vad som brukar kallas en sekventiell investering. I detta avsnitt ges ett enkelt exempel på hur metoden i avsnitt 4.3.3 kan utökas så att sammansatta optioner kan komma till användning i en tänkt beslutssituation för ett FoU-projekt.

Som också har nämnts ovan kan osäkerheterna som omgärdar ett FoU-projekt indelas i två typer – dels interna osäkerheter och dels externa osäkerheter. I detta avsnitt betraktas endast externa osäkerheter i form av variationer av nyttan som projektet genererar. I figur 1b ovan påvisas även den alternativgenererande roll som FoU kan spela i en organisation. För att undvika att komplexiteter skymmer sikten för de underliggande principerna kommer denna aspekt dock inte att behandlas i det följande.

Vi studerar därför ett enkelt exempel i enlighet med figur 1a med de tre faserna förstudie, demonstrator och slutligen produktion. Om förstudien genomförs ger resultatet möjligheten att inleda arbete med en demonstrator. Detta beslut måste dock tas i direkt anslutning till att förstudien slutförts. Resultatet av demonstratorfasen har dock något längre hållbarhet; möjligheten att gå i produktion kan tas dels i direkt anslutning till att demonstratorfasen är avslutad, men i detta skede finns även möjligheten att skjuta upp beslut om produktion ett år.

Vi ansätter att nyttan (S i avsnitt 4.3.3) för den produkt som FoU-verksamheten syftar till att generera är 100 om den existerade idag, det vill säga vid $t = 0$. För varje tidsenhet antas nyttan kunna öka med 30 procent eller minska 10 procent, det vill säga $u = 1,3$ och $d = 0,9$ enligt notationen ovan. Detta beskriver alltså en asymmetrisk utveckling av nyttan vilket motiveras med

⁴³ Se t.ex. Mun, J. (2002), sid. 242 och Copeland, T. & V. Antikarov (2003), sid. 90.

⁴⁴ Smith, J. & R. Nau (1995) och Smith, J. & K. McCardle (1999).

att efterfrågan på den nytta som projektet generera mer sannolikt kommer att öka än minska. Denna utveckling⁴⁵ tillsammans med beslutsgrindarna illustreras i figur 7 nedan.

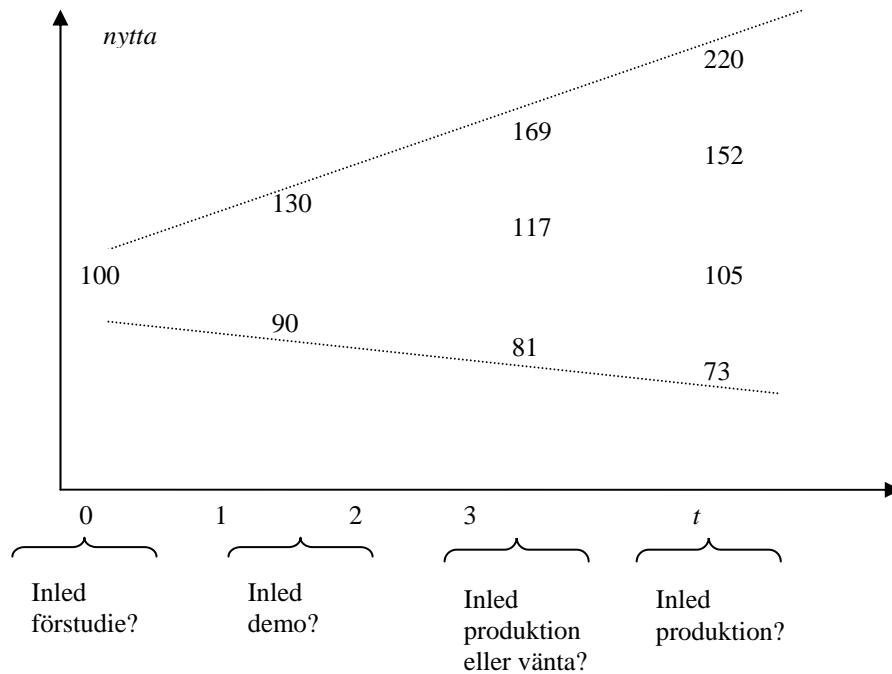


Fig. 7: Utvecklingen av nyttan samt beslutsgrindar vid $t = 0, 1, 2, 3$.

Med utgångspunkt i hur nyttan utvecklas över tiden och vilka val som kan göras vid varje beslutsgrind är uppgiften nu att ta fram ett beslutsträd som beskriver de val som är optimala vid de olika beslutsnoderna. Varje beslutsnod innehåller följande information:

		<i>Erhålls från:</i>
S	Underliggande värde	Den uppskattade utvecklingen av nyttan över tid enligt figur 7.
H_i	Möjliga handlingsalternativ	Projektdesignen; ett vid $t = 0, 1$ och 3 samt två vid $t = 2$.
h_i	Värdet av de olika handlingsalternativen	Real optionsanalys enligt avsnitt 4.3.3
X_i	Kostnad för de olika handlingsalternativen	Projektdesignen
P	Projektvärdet	Det största av värdet av skillnaden mellan värdet och kostnaden för de olika handlingsalternativen: $\max[\max[h_i - X_i, 0], \max[h_j - X_j, 0]]$

Tabell 2: Information i varje beslutsnod.

⁴⁵ Kallas inte detta "osäkerhetskonen", har för mig att jag läst det någonstans. Hjälpl med ref Kalle & Anders!

Som indikeras i tabell 2 finns vid alla tidpunkter utom vid $t = 2$ bara två handlingsalternativ: att göra investeringen eller att avstå. Vid $t = 2$ föreligger dock en situation likt den i exemplet med Kuorta ovan i och med att det finns två alternativ: att inleda produktionen eller att vänta för att upplösa osäkerhet om den framtida utvecklingen av nyttan. I enlighet med beslutsregeln ovan utgörs det optimala valet av $\max(\text{vänta, produktion})$.

I ett exempel över fler perioder går metoden ut på att utgå från värdet av projektet vid den sista tidpunkten ($t = 3$) och successivt räkna på de olika alternativen bakåt i tiden för att till sist nå ett värde för hela projektet vid $t = 0$. Om den riskfria räntan sätts till 3 procent och de olika faserna antas kosta 3 (förstudie), 6 (demonstrator) och 95 (produktion) miljoner erhålls följande resonemang och värden vid de olika tidpunkterna.

$t = 3$:

Värdet av det enda handlingsalternativet (att inleda produktionen) är att erhålla nyttan som i det mest gynnsamma fallet är värderad till 220. Kostnaden för detta är 95 vilket ger ett projektvärde av 125. På samma sätt erhålls projektvärdet för de andra mindre gynnsamma fallen och i det minst gynnsamma fallet, då det underliggande värdet är 73 är projektet värt 0 då kostnaden för att inleda produktion (95) är större än det värde som erhålls.

$t = 2$:

Vid denna beslutsgrind innehåller beslutsnoden två alternativ vars värden skall jämföras:

H_1 – *Inled produktion*: Projektvärdet vid beslut om produktion beräknas på samma sätt som i det föregående steget. I exempelvis det mest gynnsamma fallet fås $h_i = 169 - 95 = 74$. Detta jämförs sedan med alternativet att vänta.

H_2 – *Vänta*: I detta fall utnyttjas modellen från avsnitt 4.3.3 för att beräkna värdet av optionen att vänta, det vill säga optionen att vid en senare tid $t = 3$ fortfarande ha möjligheten men inte skyldigheten att inleda produktion. Som tvillingtillgångar identifierar vi det underliggande projektets värden. Om vi denna gång betraktar det minst gynnsamma fallet, då $S = 73$, erhålls med hjälp av ekvation (4.9) följande samband vid $t = 2$:

$$220N_T + N_f(1 + 0.03) = C^u = \max[220 - 95, 0] = 125,$$

$$152N_T + N_f(1 + 0.03) = C^d = \max[152 - 95, 0] = 57. \quad (4.8)$$

Detta ekvationssystem löses med avseende på N_T och N_f varefter värdet av optionen i ett tidigare tidssteg ges av (4.8) som $C_2 = 76.8 = h_2$. Enligt vad som tidigare har sagts utgörs nu projektvärdet i denna beslutsnod som $\max[h_s, h_2] = 76.8$, det vill säga det är mest fördelaktigt att vänta med att inleda produktionen. Men, en aspekt som inte tagits hänsyn till, och vilket inte heller behandlas i den allmänna beskrivningen i avsnitt 4.3.3, är att det finns ytterligare en kostnad förknippad med alternativet att vänta, nämligen att nyttan kommer till del vid en senare tidpunkt.⁴⁶ Om vi väljer att vänta med produktionen vid $t = 2$ erhålls inte nyttan 169 vid denna tidpunkt. Istället erhålls antingen 220 eller 152 vid en senare tidpunkt $t = 3$, varför en kostnad för att vänta måste tas med i

⁴⁶ Detta är en aspekt som i många enklare beskrivningar av investeringskalkyl inte tas hänsyn till. I ett exempel med kassaflöde kan detta kallas utebliven intäkt. Jämför även Hedvall, M. (2006), sid. 18

beräkningen. För att ta hänsyn till detta tas en kostnad upp som motsvaras av den riskfria räntan på medelvärdet av de möjliga nyttorna vid $t = 3$: $0.03 \cdot (220 + 152) / 2 = 5.58$. Värdet av att vänta blir därför $h_2 = 76.8 - 5.58 = 71.2$ och alltså lönar det sig att inleda produktionen i denna beslutsnod.

På samma sätt beräknas vilket av alternativen H_1 eller H_2 som är det bästa i de övriga fallen. I det minst gynnsamma fallet, när det underliggande värdet $S = 81$, blir projektvärdet 0 då kostnaden för att erhålla denna nytta (95) överstiger 81. Värdet av att vänta är här 0.6.

$t = 1$:

I beslutsnoderna vid $t = 1$ finns endast ett alternativ. Möjligheten att inleda produktion existerar inte här, det enda som kan erhållas är möjligheten att inleda produktionen vid $t = 2$ eller $t = 3$. I detta fall är alltså inte värdet av handlingsalternativen direkt kopplat till det underliggande värdet ($S = 90$ eller 130). Istället värderas här, med metoden från avsnitt 4.3.3, ”möjlighetsoptionen”, det vill säga optionen som ger möjlighet att vid senare tidpunkter (2 och 3) erhålla produktion och vi får 30.2 respektive 1.0 för de båda alternativen.

$t = 0$:

I denna den första beslutsnoden beräknas värdet av att ha möjligheten att göra nästa investering, det vill säga investera 6 miljoner vid $t = 1$. Som vi har sett ovan så är värdet av detta steg i sin tur beroende på hur utvecklingen går framåt i tiden. Så även om ekvationerna för att beräkna värdet av optionen vid projektets början explicit endast innehåller information från nästa tidssteg så är information från de tidigare stegen implicit inkluderade. Om vi med värdena 130, 30.2, 90 och 1.0, beräknar N_T och N_f med hjälp av ekvation (4.9) fås värdet av denna option: $C_0 = 10.2$. Då priset för detta endast är 3 miljoner så är det lönsamt att inleda projektet.

Till skillnad från metodansats som bygger på Black-Scholes-ekvationen kan alla beräkningar i detta exempel enkelt implementeras i ett kalkylverktyg som exempelvis Excel. I appendix 2 presenteras det Excel-ark som ligger till grund för beräkningarna i exemplet.

4.5 Att identifiera optioner i forskning och utveckling

De metodologiska utvecklingsinsatser som gjorts inom området har till förkrossande majoritet handlat om ”corporate investments”, det vill säga investeringsbeslut för företag. En huvudtes bakom denna rapport är att mycket av de kunskaper och erfarenheter som utvecklats för i första hand kommersiella syften även kan belysa investeringssituationer inom offentlig sektor.

Ett exempel på insikter som är oberoende av hur nytta mäts är att ”tänka i optioner”. Om tankesättet att ökad osäkerhet leder till potentiella möjligheter appliceras på en beslutsituation öppnas nya vägar upp för identifiering av möjligheter – optioner.

Just identifiering av reala optioner belyser tydligt en fundamental skillnad mellan reala och finansiella optioner. Finansiella optioner behöver inte identifieras, de finns där på den finansiella marknaden och det ”enda” problemet är att värdera dem. När det gäller reala optioner är just identifieringen ett nyckelsteg och något som måste göras i varje unik beslutssituation. Den reala

optionsansatsen innebär inte bara ett nytt sätt att räkna, i betydligt större utsträckning är det frågan om ett nytt sätt att tänka. Dock skall här sägas att i just FoU-sammanhang är detta nytänkande inte så fundamentalt som i många andra tillämpningar av realt optionstänkande.

Vilka optioner kan då tänkas uppkomma vid forskning och utveckling? Den första typen av option är närmast trivial att identifiera i forskning och utvecklingsverksamhet: *learning options*. Att investera för att skaffa kunskap kan närmast tjäna som definition av vad FoU syftar till. En ofta använd term här är ”vänta och se” (*wait and see*), vilket väl fångar mycket av essensen bakom reala optioner.

I de flesta organisationer finns det oftast fler projektförslag än finansiella resurser. Detta gör att man önskar en situation där intensiteten i olika FoU-projekt kan sänkas och höjas under ett projekts livstid. I dessa sammanhang kan situationen analyseras med hjälp av så kallade *switching options*.⁴⁷

En real optionsanalys av FoU innefattar alltid i praktiken nyttjande av *staging* eller *phased options*. Att FoU görs i steg där beslut om avbrytande kan ske vid flera tillfällen utmed tidsaxeln har illustrerats i avsnitt 4.4.

Om projektet, som i exemplet i avsnitt 4.4, innefattar sekventiella (phased) optioner förekommer ofta så kallade sammansatta optioner (*compound options*). Huruvida fas II skall få grönt ljus beror i de allra flesta FoU-sammanhang på hur utfallet av Fas I blev. Optionen som fångar värdet av fas II-projektet blir då beroende av optionen för fas I.⁴⁸

Mera sällan förekommer optioner som försöker värdera skillnader mellan att följa en normal utvecklingslinje och mera radikala utvecklingssprång. Det kan till exempel vara frågan om en organisation skall satsa på att utveckla en redan befintlig lösning eller om man skall välja att lyfta in för organisationen nya landvinningar med alla risker det innebär.⁴⁹

Slutligen måste alltid så kallade *rainbow options* användas. Detta är optioner där mer än en källa till osäkerhet beaktas. I denna rapport har osäkerheterna betraktats såsom interna eller externa. Givetvis innehåller dessa båda klasser i det allmänna fallet flera underkategorier var.

⁴⁷ Se t.ex. Childs, P., S. Ott & A. Triantis (1998) och Childs, P. & A. Triantis (1999).

⁴⁸ För en tillämpning inom läkemedelsindustrin se Rogers, M., A. Gupta & C. Maranas (2003).

⁴⁹ I Yao, T. (2006) diskuteras utvecklingen av framdrivning via olika hybridteknologier inom GM-koncernen.

5. Diskussion och fortsatt arbete

I rapporten har en grundläggande genomgång av den reala optionsansatsen för FoU-planering redovisats. För att framställningen inte skall tyngas allt för mycket av tekniska detaljer eller bli allt för lång har exemplen starkt förenklat en i realiteten mycket mer komplex verksamhet. I detta slutkapitel diskuteras därför naturliga extensioner av ovan presenterade metoder samt inriktningen på det fortsatta arbetet.

5.1 Flera osäkerhetskällor

För att göra framställningen av de olika angreppssätten i kapitel 4 tydlig har endast en typ av osäkerhet beaktats, nämligen det som i avsnitt 2.1.1 benämns som externa osäkerheter. I alla realistiska sammanhang är dock ett FoU-projekt även förenat med interna osäkerheter. I exemplet i avsnitt 4.4 beaktas endast osäkerheten i den nytta som projektet genererar. För att kunna fatta ett investeringsbeslut vid $t = 0$ måste till detta läggas en bedömning av hur de olika faserna i projektet faller ut.

I det enklaste fallet är de interna och externa osäkerheterna oberoende och då kan de modelleras var för sig. I exemplet i avsnitt 4.4 skulle då sannolikheterna för exempelvis ett mycket bra, ett bra och ett dåligt utfall av förstudien kunna uppskattas. Sannolikheterna att nästa fas, demonstratorfasen, går bra blir då beroende av utfallet av den inledande fasen. På detta sätt kan ett träd motsvarande figur 7 ovan byggas upp för den interna osäkerheten. Om de båda osäkerheterna inte är oberoende måste ett kombinerat träd konstrueras. Och givetvis kan båda osäkerhetsklasserna i sin tur bestå av flera olika osäkerheter som under vissa omständigheter måste modelleras separat.

Modellering av interna osäkerheter är ett väl utforskat område inom FoU-planering. Det finns dock relativt lite arbete gjort kring att kombinera interna och externa osäkerheter inom ramen för en real optionsanalys. Smith och McCardle använder en optionsansats med antagande om perfekt marknad för att värdera externa osäkerheter och en traditionell beslutsträdsmodell för att värdera de interna osäkerheterna.⁵⁰ Ett försök att värdera de båda riskklasserna på ett integrerat sätt med real optionsanalys görs av Faulkner.⁵¹

5.2 Portföljhantering

Fokus i rapporten ligger på värderingsmetodik för ett isolerat investeringsobjekt. I de allra flesta fall är det dock frågan om att det finns flera olika projekt som pågår samtidigt och som konkurrerar om medel. Idealt önskar man därför värdera alla projekt – hela portföljen – samtidigt. Detta är dock mycket ovanligt i praktiken⁵²; vad man gör är oftast att värdera projekten individuellt och sedan skapa en topplista som ligger till grund för finansiella prioriteringar. Men,

⁵⁰ Smith, J. & K. McCardle (1999).

⁵¹ Faulkner, T. W. (1996).

⁵² Många artiklar inom området "Portfolio Management of R&D" inleds med skrivningar i stil med "... the industrial uptake of these methods is limited...", se t.ex. Gustafsson, J. & A. Salo (2005).

med en portföljansats är det inte alls säkert att den topplista som genereras på projektens individuella meriter ger samma resultat som den topplista som tas fram om olika typer av korrelationer mellan projekten beaktas.

Det finns flera skäl att studera kopplingar mellan olika investeringsobjekt. Den tekniska utvecklingen gör att teknologier idag finner sin användning inom många olika tillämpningsområden. I vissa situationer kan samma system stödja olika uppgifter; man talar om yttre synergier. Ett ytterligare skäl att studera kopplingar är givetvis möjligheten att minska kostnaderna då eventuella överlapp kan identifieras och hanteras. En intressant dynamik i problemet uppkommer då de synergier som uppstår kan vara beroende av hur omvärldsscenarierna ser ut. Det finns idag ytterst lite gjort inom real optionsteori som handlar om att hantera kopplingar mellan olika investeringsobjekt.⁵³

Utanför den reala optionsvärlden finns fler exempel, men oftast rör det sig mycket enkla modeller. Gustafsson och Salo behandlar exempelvis endast ett specialfall av externa korrelationer där två projekt är negativt korrelerade så att om projekt A ger hög avkastning så ger projekt B låg avkastning.⁵⁴

5.3 Reala optioner och planering under strukturell⁵⁵ osäkerhet

En avgörande utgångspunkt för en real optionsanalys är hur den underliggande nyttan utvecklas över tid. Metoder som utgår från Black och Scholes arbete antar att utvecklingen följer en geometrisk brownsk rörelse. Detta är en stokastisk process där värdet vid en viss tidpunkt inte kan förutsägas. Statistiskt går det dock att förutsäga hur värdet utvecklas. I den andra metodgruppen, den binomiala, antas istället en utveckling där värdet i varje tidssteg kan öka eller minska med en bestämd faktor.

Båda dessa ansatser tar som utgångspunkt hur mycket nyttan skulle vara värd om det fanns tillgänglig idag ($t = 0$) och med hjälp av någon trendframskridningsmetod försöker man sedan uppskatta värdet vid senare tidpunkter. Enligt en scenarioterminologi tillhör de båda ansatserna klassen av prediktiva scenarier, eller det som ibland kallas *forecasts*.⁵⁶ Grundläggande här är att historisk data avgör den framtida utvecklingen och att det därför finns någon form av spårbarhet mellan värdena i de olika tidpunkterna.

De prediktiva ansatserna har sina givna styrkor när systems dynamik i någon mening kan anses känd. Detta medför då också att händelser som inte tillåts enligt denna dynamik utesluts från det framtida möjliga. Det finns en mängd exempel på när prediktiva metoder kommer till korta och vi nöjer oss här med att exemplifiera situationen i ett FoU-sammanhang. När det gäller interna osäkerheter kan den goda predikterbarheten inom ett rådande teknologiparadigm hastigt

⁵³ I Broberg, T. (2003) identifieras endast två arbeten.

⁵⁴ Gustafsson, J. & A. Salo (2005).

⁵⁵ En alternativ term är ”kvalitativ”.

⁵⁶ En typologi för olika scenariotyper ges av Börjeson, L., M. Höjer, K.-H. Dreborg, T. Ekvall & G. Finnveden (2006).

omkullkastas i och med införandet av så kallade disruptiva teknologier.⁵⁷ En disruptiv teknologi kan innebära att kvalitativt helt nya egenskaper tillkommer (eller att efterfrågesidan helt ändrar karaktär, det vill säga en extern osäkerhet).

När det gäller de externa osäkerheterna så ligger tanken om det icke predikerbara ännu närmare till hands. FoU-projekt syftar till att ta fram en vara eller tjänst som i slutändan, antingen enskilt eller som del i ett större system, skall fungera i ett socio-ekonomiskt sammanhang. Detta är i sig mycket komplexa och svårförutsägbara system, och dessutom är närmast regelmässigt tidsförhållandena sådana att det hinner gå lång tid innan resultaten kommer till nytta. Om vi vänder blicken mot ett militärt FoU-sammanhang, exempelvis demonstratorverksamheten, så har de externa osäkerheterna ökat betydligt sedan kalla krigets slut. Idag är osäkerheten relativt stort kring vilken typ av uppgifter försvaret i framtiden ställs inför. Sammantaget gör dessa båda aspekter att de externa osäkerheterna ofta är mycket stora.

Ett sätt att hantera stora osäkerheter är att istället för att försöka förutsäga vad som kommer att hända fråga sig vad som kan hända.⁵⁸ Dessa så kallade explorativa ansatser försöker adressera situationer där osäkerheter är kvalitativ till sin natur, det vill säga situationer som inte kan fångas av prediktiva ansatser. Tänkandet kan spåras tillbaka till Herman Kahn⁵⁹ och går idag oftast under benämningen Shell/GBN-skolan.⁶⁰ En term som ibland används, men som riskerar att leda tanken till ett vidare metodknippe, är scenarioplanering.

Istället för att försöka förutsäga vad som kommer att hända handlar scenarioplanering om att försöka förhålla sig till den externa utvecklingen. I förhållande till beslutsfattaren skall scenarierna alltså beskriva en omvärld och det som ligger inom ramen för beslutsfattarens kontroll ingår normalt inte i scenariobeskrivningarna utan skall analyseras med utgångspunkt i dessa.

Det är något paradoxalt att själva utgångspunkten för ett scenarioplaneringsarbete, det som brukar benämnas fokusfrågan, samtidigt avslöjar en av metodens allvarligaste brister. Samtidigt som det sägs att fokusfrågan i största möjliga mån skall behandla en konkret aktuell (alltså idag) beslutssituation är det just som konkret beslutsstöd som metoden visar en av sina allvarligaste svagheter. Trots att det alltid hävdas att scenariouppsättningen bara är ett verktyg – och inte slutprodukten – visar erfarenheterna från FOI Försvarsanalys att de flesta projekt tappar betänklighet med energi då scenarierna skall komma till användning. Möjligen kan detta hänföras till det faktum att personal från FOI nästan uteslutande agerar metodkonsulter i dessa projekt, och att konsulternas roll tenderar att minska då processer blir alltmer beslutsnära.

Ett sätt att koppla ökad insikt om framtida utmaningar till beslutsstöd idag, är att testa olika åtgärder mot möjliga framtider.⁶¹ De, för fokusfrågan relevanta, och möjliga framtiderna

⁵⁷ Christensen, C. M. (1997).

⁵⁸ Börjeson, L., M. Höjer, K.-H. Dreborg, T. Ekvall & G. Finnveden (2006).

⁵⁹ Kahn, H. & A. Wiener (1967).

⁶⁰ Den grundläggande metodarsenalen beskrivs väl i flera böcker, se exempelvis van der Heijden, K. (1996) och Schwartz, P. (1991).

⁶¹ I van der Heijden, K. (1996), ett av standardverken inom scenarioplanering, kallas denna matris *scenario/option matrix* (sid. 234). Betydelsen av ”option” för van der Heijden är dock mer att likna med det som här kallas åtgärd snarare än en real option, även om dessa i vissa sammanhang kan sammanfalla.

representeras av scenariomängden; de är vanligen 3 – 4 till antalet. Åtgärderna är resultat av beslut som fattas idag ($t = 0$). Ett mycket enkelt sätt att värdera de olika åtgärderna är att ställa frågan: ”Om vi beslutar oss för åtgärd X idag, hur stor nytta erhålls då i de olika scenarierna?”. För att erhålla en enkel kvantifiering antar vi att utfallet vid $t = T$ kan variera från -3 till +3, se figur 8.

	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	m	σ
Åtgärd 1	2	0	-1	0.33	0.82
Åtgärd 2	-2	3	2	1.00	2.16
Åtgärd 3	3	-3	1	0.33	2.49
Åtgärd 4	1	-2	3	0.67	2.05

Fig. 8: Fyra åtgärder värderade i tre olika scenarier. I femte och sjätte kolumnen ges medelvärde m och standardavvikelse σ . Frågetecknet vid den feta pilen indikerar problemet att knyta ihop metoden för $0 < t < T$.

I exemplet har även medelvärdet och standardavvikelsen för de olika åtgärderna beräknats. Vid en första anblick framstår åtgärd 2 som mycket angelägen då den har högst medelvärde. Vid en närmare titt så framkommer dock att, trots att det i genomsnitt är en god strategi, så presterar den mycket dåligt i scenario 1. Detta återspeglas också den stora standardavvikelsen (2.16). Den mest vågade strategin är att vidta åtgärd 3, som presterar mycket bra endast i ett scenario.

Ett vanligt förfarande i detta skede är att söka efter robusta strategier, det vill säga strategier som presterar relativt bra över hela scenariomängden. I exemplet ovan är åtgärd 1 det mest robusta alternativet.

Exemplet illustrerar – om än implicit – även behovet av att släppa den hårda låsning kring kvantitativa mått av nytta som är förhärskande inom real optionsanalys. Även om exemplet innehåller en kvantifiering av nytta i de olika scenarierna (-3 till +3) så är det ändå en kvantifiering som inte uttrycks i monetära termer. Under arbetet med denna rapport har inte en enda referens inom den reala optionsskolan hittats där nyttor inte ges monetära mått.⁶²

I figur 4 i avsnittet 4.3.2 ovan såg vi att en real options värde ökar med ökad spridning i värdet av den underliggande nyttan. Om vi återgår till exemplet ovan så känns detta intuitivt klart: Möjligheten att skjuta upp beslutet om vilken åtgärd som skall vidtas är störst för åtgärd 3 då ny information kan öka möjligheten att avgöra huruvida viktiga karakteristika från scenario 1 håller på att realiseras (vidta åtgärden), eller om det snarare är en utveckling i linje med scenario 2 som avtecknas (undvik åtgärden). För åtgärd 1 så ter sig möjligheten att vänta inte lika attraktiv.

⁶² I något steg måste nyttan dock relateras till kostnaden. Ett enkelt sätt att göra detta på är att införa en ”nyttfaktorn”, vilken mäter nyttan per investerad krona.

Det är observationer som dessa som motiverar införandet av frågetecknet i figur 8. Scenarioplanering, som den konventionellt och allt som oftast genomförs, innehåller dels en del om framtiden (den dominerande delen i de allra flesta fall) och en del om åtgärder idag. Länken mellan ökade insikter om framtida utmaningar och åtgärder idag är ofta svag och tankar om sekventiellt beslutsfattande lyser med sin frånvaro. Detta problem är dock inte isolerat till enbart scenarioplanering *à la* Shell/GBN, utan det kan sägas vara ett generellt drag hos framtidsinriktade studier. Framtidsstudier handlar i alldeles för stor utsträckning om framtiden isolerad från aktivt agerande i nuet.

Även om det finns kunskapsluckor i hanterandet av beslutsfattande (i kontrast till det vagare begreppet ”planering”) under strukturell osäkerhet, har denna problematik tidigare adresserats. Tidigare (not 3) har Strangerts införande av termen adaptiv nämnts. Eriksson har tidigare närmast sig problemområdet med stegvisa investeringar och scenarioplanering.⁶³ I tider av strukturell osäkerhet bör beslutsstrategier innehålla element av det som benämns *strategic opportunism* – ett handlande som fokuserar på att exploatera och hantera förändrade omvärldsbetingelser. Behovet av (kontinuerlig) monitorering av den externa omvärldsutvecklingen omnämns också som ett viktigt instrument i planeringsverksamheten. Eriksson pekar också att en real optionsansats kan vara en möjlig utgångspunkt för vidare utveckling i området.

Det av Weber lanserade begreppet *Adaptive Foresight* inrymmer mycket av de tankegoods som behandlas här.⁶⁴ Även i dessa sammanhang omnämns reala optioner som ett verktyg för beslutsstöd för adaptiv planering. Som i tidigare referenser behandlas reala optioner endast som ett ”konceptuellt verktyg” och behovet av att gå vidare från detta stadium omnämns explicit i senare arbeten inom denna metodansats.⁶⁵

I ett annat arbete är syftet att explicit integrera real optionsanalys med scenarioplanering.⁶⁶ Utgångspunkten är att, istället för att göra scenarioplanering mer kvantitativ, göra den reala optionsanalysen mer kvalitativ. Detta arbete är generellt till sin karaktär och – det för optionsanalysen så viktiga sekventiella beslutsfattandet – är inte inkluderat i ansatsen.

Hittills har i detta avsnitt argumenterats för att scenarioplanering kan vara ett verktyg för att hantera strukturell osäkerhet i real optionsanalys. Ett ytterligare skäl att använda scenarioplanering är att det kan vara ett verktyg för att identifiera optioner. I litteraturen framhålls detta ofta som ett viktigt första steg i en optionsanalys och i vissa fall hävdas det att mycket är vunnet bara genom att börja tänka i dessa banor. Samtidigt erkänns de svårigheter som ligger i skiftet att gå från att minimera risker till att exploatera risker, och det ges inte mycket handledning i hur detta skall gå till. I Shell/GBN-metoden används ibland scenarier som utgångspunkt för att generera idéer kring åtgärder. Ofta görs detta på en relativt allmän nivå, exempelvis utifrån en organisations hela verksamhet.⁶⁷ Detta skulle kunna utvecklas för tillämpningar inom FoU-planering genom att för ett givet FoU-projekt med hjälp av olika scenarier identifiera möjliga optioner. Med detta

⁶³ Eriksson, E. A. (2003).

⁶⁴ Weber, K. M. (2006).

⁶⁵ Eriksson, E. A. & K. M. Weber (2006).

⁶⁶ Miller, K. D. & H. G. Waller (2003).

⁶⁷ Se t.ex. van der Heijden, K. (1996), sid. 230 ff.

förfarande är det möjligt att ett givet FoU-projekt kan ta sig olika uttryck i olika scenarier. Exempelvis kan olika omvärldsbetingelser påverka hur man väljer att göra etappindelningar och hur man väljer att fördela kostnaderna över tid. I en oroligare, det vill säga osäkrare värld, är behovet av beslutnader större än i en stabilare värld.

5.4 Reala optioner för militär FoU?

Är då den reala optionsteorin ett potentiellt verktyg för bättre styrning av Försvarens forskning och teknikutveckling? Om vi med real optionsteori menar att nyttan med nödvändighet skall kopplas till marknadens värdering av densamma är svaret självfallet nej. Men, som vi har sett ovan finns det alternativa sätt att använda den reala optionsteorin. Ansatsen som exemplifieras i avsnitt 4.4 skulle kunna ligga till grund för en mer kvantitativt inriktad värdering av FoT-verksamheten.

För att en sådan analys skall kunna generera reell nytta måste dock kvantifieringen av nytta göras på ett meningsfullt sätt. Hittills har exempelvis demonstratorprogrammet varit relativt löst kopplat till Försvarens behov, även om en sådan koppling har initierats. Fokus har mer legat på att undersöka nya möjligheter och att göra det man valt att göra på rätt sätt snarare än på att göra rätt saker. Det finns en spridd uppfattning att hela FoT-verksamheten i för stor utsträckning varit karakteriserad av ett ”bottom-up”-perspektiv.⁶⁸ I och med utvecklingen av den så kallade spårbarhetsmodellen⁶⁹ har dock möjligheterna till spårbarhet mellan investering och nytta ökat. Även om spårbarhetsmodellen inte har optimerats för FoT-verksamhetens krav så finns enligt Haglind och Rantzer ingen anledning att konstruera en för FoT unik metod för spårbarhet. Efter eventuella kompletteringar med spårbarhet till krav som idag inte är överliggande krav föreslår de att Försvarens spårbarhetsmodell införs inom FoT-verksamheten.⁷⁰

På Naval Postgraduate School har nyligen ett antal projekt genomförts där man försöker kombinera modeller för att mäta nyttan av investeringar i offentlig sektor med real optionsanalys. Modellen som utvecklats tar som utgångspunkt dels en metod som kallas *Knowledge Value Added*⁷¹, dels en relativt simuleringsvariant av real optionsteori. I den ena studien appliceras metoden på olika teknologier för marin övervakning och analys av underrättelseinformation.⁷² I en annan studie handlar tillämpningen om möjligheterna att använda ett antal så kallade COTS-teknologier⁷³ i underhållsprocessen för marinens fartyg.⁷⁴ Även om man i dessa studier talar om stor osäkerhet inskränker sig behandlingen till simuleringar i enlighet med binomialmodellen eller

⁶⁸ Haglind, P. & M. Rantzer (2006), avsnitt 5.4.

⁶⁹ Försvarens (2006).

⁷⁰ Haglind, P. & M. Rantzer (2006), avsnitt 6.4.

⁷¹ I KVA-modellen försöker man uppskatta värdet av en investering genom att studera investeringens värde i ett processperspektiv. På detta sätt är förhoppningen att kunna inkludera både det direkta värdet av investeringen (exempelvis en ny dator) och det värde som tillförs mer indirekt – det som i vissa sammanhang kallas det intellektuella värdet (*Intellectual Capital*). Vid inköp av en dator kan detta innefatta nya effektivare arbetsmetoder och ökad kunskap hos personalen. En KVA-analys rankar processer efter det värde de tillför organisationen.

⁷² Rios, C., T. Housel & J. Mun (2006).

⁷³ COTS – Commercial off the Shelf, det vill säga kommersiellt tillgängliga produkter.

⁷⁴ Komoroski, C., T. Housel, S. Hom & J. Mun (2006).

Black-Scholes-modellen. Det som i avsnitt 5.3 ovan benämns ”åtgärd” kallas här ”scenario”⁷⁵ eller ”strategic scenarios”⁷⁶. Åtgärderna värderas inte i olika scenarier i den mening som avses i avsnitt 5.3. Trots detta representerar dessa arbeten en intressant utgångspunkt för real optionsvärdering i försvarssammanhang.

För att denna väg skall kunna realiseras måste dock optionsteorin kopplas mer explicit till den strategiska planeringen, eller för att återgå till den i inledningen omnämnda Myers: att överbrygga gapet mellan strategisk planering och investeringsteori. I tider av stor, strukturell, osäkerhet kan en väg att gå då vara att gifta ihop scenarioplanering och real optionsteori enligt skissen i avsnitt 5.3.

När det gäller demonstratorverksamheten finns även stor potential i att anamma portföljtänkandet. När beslut fattas inom demonstratorverksamheten betraktas idag varje enskilt projekt som en enhet. Det finns inga ansatser att bedöma beroenden mellan projekten. Varje projekt bedöms på sina egna meriter och hur väl det stödjer Förvarsmaktens behov.

Då varje projekt bedöms enskilt finns inte heller något behov av gemensamma tidpunkter för exempelvis avvägningsbeslut inom demonstratorprogrammet; varje projekt definierar själv sin tidplan utan hänsyn tagen till andra projekt. Tidpunkterna för beslut om projektens prolongering, avslutning eller ominriktning är spridda över året. Detta har den uppenbara fördelen att sprida arbetsbelastningen över tid för de personer som är inblandade i beslutsprocessen. Att analysera och besluta om fortsättningen för i storleksordningen 20 projekt är en tung process som kräver stora insatser av de inblandade. Att istället sprida ut besluten över året medför att större energi kan läggas på att föra dialog med inblandade parter och ta fram ett bra beslutsunderlag. Dessutom erhålls en bättre fokusering på de enskilda projekten inom den grupp som fattar beslut.

Mot detta skall ställas en modell där det finns en eller kanske två tidpunkter per år där beslut om projektens fortsättning tas. Om det samlade demonstratorprogrammet skall betraktas som en portfölj så kan en mer överskådlig bild skapas om samtliga projekt beaktas vid samma tidpunkt. Om målet är att så effektivt som möjligt värdera hela Förvarsmaktens demonstratorverksamhet måste projekten vägas mot varandra och detta underlättas om beslut för projekten tas vid samma tidpunkt.

⁷⁵ Komoroski, C., T. Housel, S. Hom & J. Mun (2006).

⁷⁶ Rios, C., T. Housel & J. Mun (2006).

Appendix 1: Black-Scholes ekvation för europeisk köpoption

En europeisk köpoption har ett bestämt lösendatum, medan en amerikansk köpoption ger rätten att vid vilken tidpunkt som helst fram till ett visst datum köpa den underliggande tillgången till ett bestämt pris. Allt annat lika så har en amerikansk option alltid ett högre värde än en europeisk då den innehåller samma frihet som den europeiska (köp vid tidpunkt T) plus den frihet det innebär att kunna köpa vid alla tidpunkter $< T$.

Under vissa antaganden kan man härleda en sluten formel för optionsvärdet av en europeisk köpoption som brukar betecknas med C :

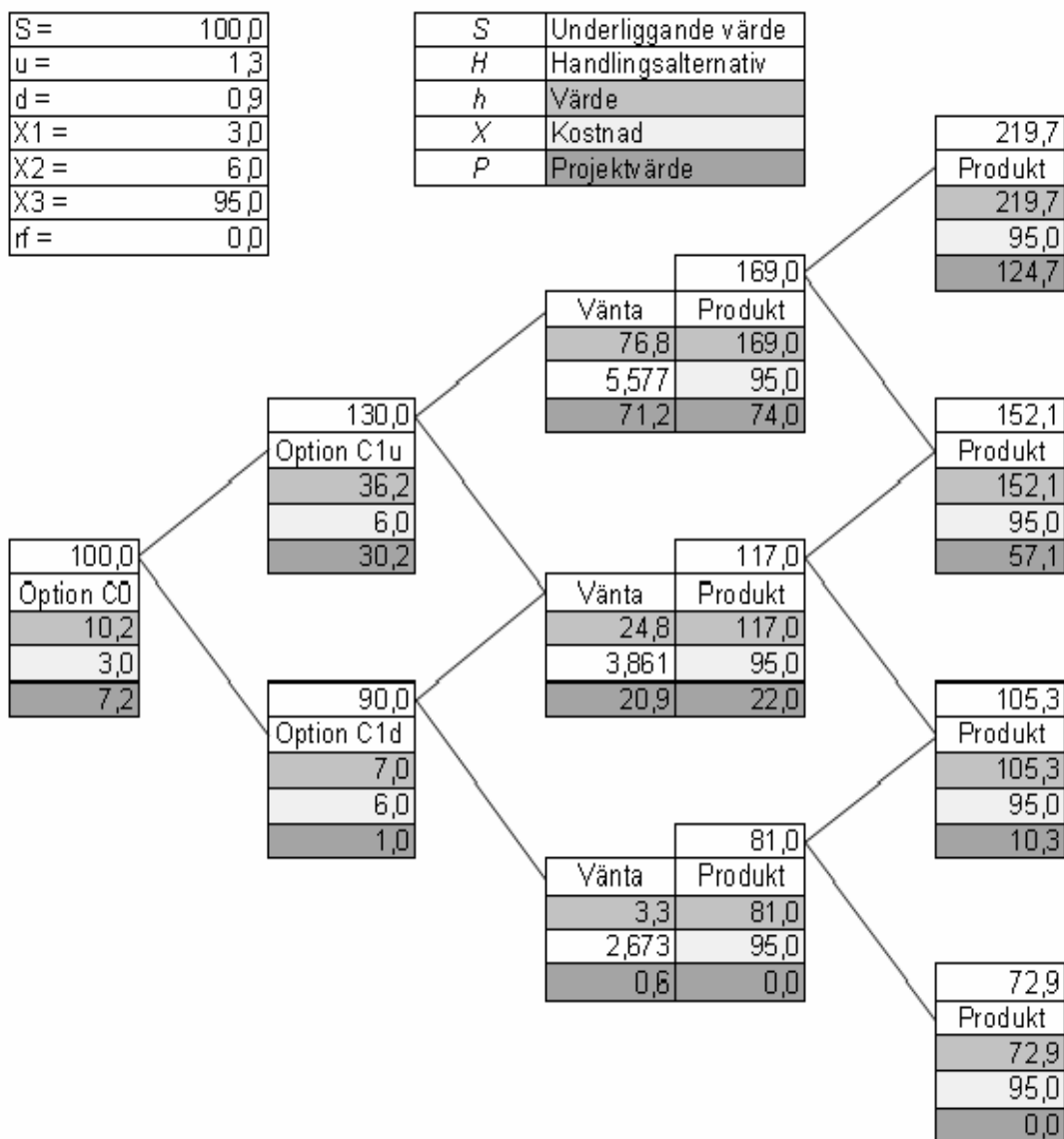
$$C(S,t) = S \Phi(N_+) - e^{-rt}X \Phi(N_-),$$

där $\Phi(N)$ sannolikheten för att en variabel som följer normalfördelningen är mindre än eller lika med N och

$$N_{\pm} = \frac{\ln(S/X) \pm (r + \sigma^2/2)t}{\sigma\sqrt{t}}$$

Med hjälp av dessa ekvationer kan de enklaste formerna av reala optioner värderas. I avsnitten 4.3.1 och 4.3.2 ovan illustrera användningen av detta specialfall av Black-Scholes-ekvationen.

Appendix 2: Värdeutveckling och beslutsnoder för exemplet i avsnitt 4.4



Referenser

- AMRAN, M., & N. KUITAKALA (1999): "Disciplined Decisions: Aligning Strategy with the the Financial Markets." *Harvard Business Review*, January - February, 95-104
- BLACK, F., & M. SCHOLES (1973): "The Pricing of Options and Corporate Liabilities" *Journal of Political Economy* **81**, 637-659.
- BRENNAN, M., & E. SCHWARTZ (1985): "Evaluating Natural Resources Investments" *Journal of Business* **58**, 135-157.
- BROBERG, T. (2003): "Models and Methods for Flexible Project Management": Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI-R--0753--SE.
- BÖRJESON, L., M. HÖJER, K.-H. DREBORG, T. EKVALL, & G. FINNVEDEN (2006): "Scenario Types and Techniques: Towards a User's Guide" *Futures* **38**, 723-739.
- CHILDS, P., S. OTT, & A. TRIANTIS (1998): "Capital Budgeting for Interrelated Projects: A Real Options Approach" *Journal of Financial and Quantitative Analysis* **33**, 305-334.
- CHILDS, P., & A. TRIANTIS (1999): "Dynamic R&D Investment Policies" *Management Science* **45**, 1359-1377.
- CHRISTENSEN, C. M. (1997): *The Innovators Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail*. Harvard Business School Press.
- COPELAND, T., & V. ANTIKAROV (2003): *Real Options - A Practitioner's Guide*. Thomson Texere.
- COPELAND, T., & P. TUFANO (2004): "A Real-World Way to Manage Real Options" *Harvard Business Review*, March, 90-99
- COX, J., S. ROSS, & M. RUBINSTEIN (1979): "Options Pricing: A Simplified Approach" *Journal of Financial Economics* **7**, 229-263.
- DE NEUFVILLE, R. (2001): "Real Options: Dealing With Uncertainty in System Planning and Design": Paper presented at the 5th international conference on "Technology Policy and Innovation", Delft, The Netherlands.
- DIXIT, A., & R. PINDYCK (1994): *Investments Under Uncertainty*. Princeton University Press.
- DREBORG, K.-H. (2004): *Scenarios and Structural Uncertainty. Explorations in the Field of Sustainable Transport*. Doctoral thesis, KTH Stockholm.
- DREBORG, K.-H., E. A. ERIKSSON, U. JEPSON, & M. JUNGMAR (1994): "Planera för det okända? Om hantering av osäkerhet." Försvarets forskningsanstalt, FOA-R--94-00005-1.2--SE.
- ERIKSSON, E. A. (2003): "Scenario-Based Methodologies for Strategy Development and Management of Changes," i *Systems Approaches and Their Applications: Examples from Sweden*, red. M.-O. Olsson, & G. Sjöstedt. Kluwer.
- ERIKSSON, E. A., & K. M. WEBER (2006): "Adaptive Foresight. Navigating the Complex landscape of Policy Strategies" *Technology Foresight and Social Change*, Accepterad för publicering.
- FAULKNER, T. W. (1996): "Applying 'Options Thinking' to R&D Valuation" *Research Technology Management* **39**.
- FÖRSVARSMAKTEN (2006): *Spårbarhetsmodellen med insatsförmågor - Version 2 av grunduppsättningen*. HKV 2006-11-06 23 383:76960.
- GRENADIER, S. (2000): "Option Exercise Games: The Intersection of Real Options and Game Theory" *Journal of Applied Corporate Finance* **13**, 99-108.
- GUSTAFSSON, J., & A. SALO (2005): "Contingent Portfolio Programming for the Management of Risky Projects" *Operations Research* **53**, 946-956.
- HAGLIND, P., & M. RANTZER (2006): "Effektbaserad forskning. Förbättrad resultatöverföring inom forskning för säkerhet och försvar": Master Thesis, Executive MBA, Stockholm School of Economics.
- HEDVALL, M. (2006): "Investeringskalkylerad osäkerhet": Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI-R--2103--SE.

- HENRIKSEN, A. D., & A. J. TRAYNOR (1999): "A Practical R&D project-Selection Scoring Tool" *IEEE Transactions on Engineering Management* **46**, 158-170.
- HOLLING, C. (1978): *Adaptive Environmental Assessment and Management*. John Wiley & Sons.
- KAHN, H., & A. WIENER (1967): *The Year 2000: A Framework for Speculation on the Next Thirty-Three Years*. MacMillan.
- KOMOROSKI, C., T. HOUSEL, S. HOM, & J. MUN (2006): "A Methodology for Improving the Shipyard Planning Process: Using KVA Analysis, Risk Simulation and Strategic Real Options": Naval Postgraduate School, NPS-AM-06-017.
- LUEHRMAN, T. A. (1998a): "Investment Opportunities as Real Options: Getting Started on the Numbers" *Harvard Business Review*, July-August, 51
- (1998b): "Strategy as a Portfolio of Real Options" *Harvard Business Review*, September-October, 89-99
- LUENBERGER, D. (1998): *Investment Science*. Oxford University Press.
- MCDONALD, R., & D. SIEGEL (1986): "The Value of Waiting to Invest" *Quarterly Journal of Economics* **101**, 707.
- MILLER, K. D., & H. G. WALLER (2003): "Scenarios, real options and integrated risk management" *Long Range Planning* **36**, 93-107.
- MITCHELL, G. R., & W. F. HAMILTON (1988): "Managing R&D as a Strategic Option" *Research-Technology Management* **31**, 15-22.
- MUN, J. (2002): *Real Options Analysis: Tools and Techniques for Valuing Strategic Investments and Decisions*. John Wiley & Sons.
- MYERS, S. (1984): "Finance Theory and Financial Strategy" *Interfaces* **14**, 126-137.
- NEELY, J. E., & R. DE NEUFVILLE (2001): "Hybrid Real Options Valuation of Risky Project Development Projects" *International Journal of Technology Management and Policy* **1**, 29-46.
- RIOS, C., T. HOUSEL, & J. MUN (2006): "Integrated Portfolio Analysis: Return on Investment and Real Options Analysis of Intelligence Information Systems": Naval Postgraduate School, NPS-AM-06-016.
- ROGERS, M., A. GUPTA, & C. MARANAS (2003): "Risk Management in Options Based Pharmaceutical Portfolio Planning", 241-244.
- SCHWARTZ, P. (1991): *The Art of the Long View*. Doubleday Currency.
- SMITH, J., & K. MCCARDLE (1999): "Options in the Real World: Lessons Learned in Evaluating Oil and Gas Investments" *Operations Research* **47**, 1-15.
- SMITH, J., & R. NAU (1995): "Valuing Risky Projects: Option Pricing Theory and Decision Analysis" *Management Science* **41**, 795-816.
- STRANGERT, P. (1974): "Information, Uncertainty and Adaptive Planning": Totalförsvarets forskningsanstalt FOA C 8392-M3.
- STUMMER, C., & K. HEIDENBERGER (2003): "Interactive R&D Portfolio Analysis With Project Interdependencies and Time Profiles of Multiple Objectives" *IEEE Transactions on Engineering Management* **50**, 175-183.
- VAN DER HEIJDEN, K. (1996): *Scenarios: The Art of Strategic Conversation*. John Wiley & Sons.
- WEBER, K. M. (2006): "Foresight and Portfolio Analysis as Complementary Elements in Anticipatory Policy-Making," i *Shaping Sustainable Transformations*, red. J.-P. Voss, D. Bauknecht, & R. Kemp. Edward Elgar, 189-221.
- YAO, T. (2006): "Dynamic R&D Project Selection": Paper presented at the conference Real Options Valuation in the Modern Economy, New York City, June 14-15, 2006.