

Likviditetseffekt på volatilitets- smilet för aktieoptioner

Kandidatuppsats

12 januari 2005

Nationalekonomiska institutionen

Lunds Universitet

Författare:

Fredrik Vilhelmsson

Handledare:

Hossein Asgharian

Sammanfattning

Optionshandeln har ökat markant på senare år och detta beror på att investerare vill sprida sina risker. Är optionerna korrekt prissatta eller kan det finnas arbitragemöjligheter? De flesta av investerarna använder sig idag av Black & Scholes formel då de prissätter optioner. I Black & Scholes formel är volatiliteten för aktien okänd och måste uppskattas. I denna uppsats vill jag undersöka om likviditeten har någon effekt vid uppskattning av volatiliteten. Detta ska jag försöka komma fram till genom att utföra en regressionsanalys av volatilitetessmilet för aktieoptioner. Efter utförd regression fann jag det möjligt att bevisa att likviditeten har en viss effekt vid uppskattning av volatiliteten.

Nyckelord: Likviditetseffekt, volatilitetssmile, implicit volatilitet, aktieoptioner, volatilitet

Innehållsförteckning

1 Inledning	5
1.1 Bakgrund	5
1.2 Problemformulering	6
1.3 Syfte	6
1.4 Avgränsningar	6
1.5 Målgrupp	7
1.6 Ordlista	7
1.7 Disposition	8
2. Metod	9
2.1 Datainsamling	9
2.2 Metodaspekter	10
2.3 Tillförlitlighet och kvalitet	12
2.4 Metodansatser	15
3 Teori	17
3.1 Allmän optionsteori	17
3.1.1 Black & Scholes	17
3.1.2 Put-call parity	19
3.1.3 Implicit Volatilitet	19
3.1.4 Volatilitetssmile	20
3.1.5 Volatilitets matriser	22
3.2 Modeller och antaganden som är viktiga för uppsatsen	22
3.3 Ekonometrisk teori	23
3.3.1 Olika typer av input data vid en ekonometrisk analys	23
3.3.2 Linjära regressions modeller	24
3.3.3 Frihetsgrader	25
3.3.4 Förklaringsgrad, R^2	25
3.3.5 Minsta kvadrat metoden (OLS)	26
3.3.6 Dummy variabel	27
4 Empiri	28
4.1 Databehandling	28
4.2 Likviditetseffekt på volatilitetssmilet	30
5 Analys	32
5.1 Analys av data	32
5.2 Analys av likviditetseffekten på volatilitets smilet	35
6 Slutsats	37
6.1 Diskussion om resultaten	37
6.1.1 Validitet	37
6.1.2 Reliabilitet	38
6.1.3 Generaliserbarhet	38
7 Referenser	39
7.1 Böcker	39
7.2 Artiklar	40
7.3 Internet	40
Appendix	41
Bilaga 1	41

Bilaga 2	49
Bilaga 3	51
Bilaga 4	53

1 Inledning

I det inledande kapitlet vill jag väcka läsarnas intresse och börjar därför med en bakgrund som ligger till grund för problemformuleringen. Bakgrunden börjar med en generell beskrivning av finansmarknaden för att sedan leda till problematiseringen. Problematiseringen kring ämnet leder fram till uppsatsens syfte. För att öka förståelsen hos läsaren har jag klargjort vissa väsentliga definitioner och begrepp.

1.1 Bakgrund

På den finansiella marknaden finns det idag, förutom aktier, en mängd olika instrument med vilka det är möjligt att spekulera. Ofta skiljs det mellan de instrument som handlas på börsen och de instrument som handlas Over The Counter (OTC) det vill säga banker och börsmäklare. Samlingsnamnet på de instrument som handlas på börsen är derivat. Derivat kan delas upp i grupperna; optioner, terminer, warrants och futures. Ett derivat är ett finansiellt instrument med en begränsad livstid och där värdet på derivatet beror på priset på underliggande vara. På den svenska börsen handlas det med optioner på ett 30-tal svenska aktier.¹ En option ger innehavaren möjligheten att i framtiden sälja eller köpa underliggande vara till ett redan förutbestämt pris². De vanligaste typerna av optioner är amerikanska och europeiska. Svenska aktieoptionerna är av amerikansk typ, vilket innebär att optionen kan lösas in när som helst under dess livstid. Europeiska optioner kan endast lösas in på förfallodagen. På senare år har handeln med optioner ökat markant, detta beror på att investerare vill sprida sina risker. Med hjälp av optioner kan en investerare, som spekulerar i aktier, köpa en försäkring mot att investeringen minskar mycket i värde. Svårigheten med att korrekt prissätta optioner kan leda till att det uppkommer arbitrage möjligheter. Optionspriset kan beräknas med Black & Scholes formel, givet att investeraren vet underliggande varans pris, lösenpris, riskfri årsränta, återstående löptid samt volatiliteten. Av dessa parametrar är alla, med undantag av volatiliteten, givna, vilket innebär att endast volatiliteten måste uppskattas med hjälp av historisk data. I Black & Scholes formel antas det att volatiliteten är konstant och lika för alla optioner på samma underliggande vara, oavsett lösenpris och löptid. Volatiliteten är ett mått på hur mycket priset på underliggande vara kan röra sig. Vid

¹ Finansmarknaden; En översikt av instrument och värderingsmodeller, Jan R. M. Röman

² Vår ekonomi, Klas Eklund

prissättning av optioner är det svårt att korrekt bestämma volatiliteten. Volatiliteten är standardavvikelsen av den log-normala fördelningen, vilken det antas att det underliggande priset följer. När optionspriserna är kända är det möjligt att beräkna den implicita volatiliteten med hjälp av Black & Scholes formel. Den implicita volatiliteten är den volatilitet som krävs för att det inte ska uppstå arbitrage möjligheter.³ Om det vore möjligt att förutsäga den implicita volatiliteten, skulle det även vara möjligt att avgöra om en option är korrekt prissatt samt om det finns arbitrage möjligheter. När den implicita volatiliteten plottas mot lösenpriset bildas det ett så kallat volatilitetsmile.⁴

1.2 Problemformulering

Vilka parametrar påverkar volatilitetsmilet och hur många är viktiga för att på ett bra sätt kunna förklara det? Går det att förklara volatilitetsmilet genom att använda sig av regressionsanalys? Har likviditeten någon inverkan på volatilitetsmilet?

1.3 Syfte

Syftet med denna C-uppsatts är att, med hjälp av regressionsanalys, analysera ett antal optioner på den svenska börsen, för att undersöka om likviditeten har någon effekt för att förklara volatilitetsmilet.

1.4 Avgränsningar

För att begränsa mina analyser, till att omfatta en uppsats på tio poäng, har jag valt att endast analysera tre optioner, Astra Zeneca, H&M B samt Nokia. Detta val har jag grundat på att dessa tre aktier speglar stockholmsbörsen på ett bra sätt. Dessutom har jag endast haft möjlighet att analysera köpoptionerna, eftersom de modeller jag har valt att använda inte är applicerbara på amerikanska säljoptioner. I teorikapitlet har jag valt att enbart ta upp den viktigaste teorin bakom denna uppsats.

³ Finansmarknaden; En översikt av instrument och värderingsmodeller, Jan R. M. Röman

⁴ Liquidity effects and volatility smiles in interest rate option markets, Prachi Deuskar, Anurag Gupta, Marti G. Subrahmanyam

1.5 Målgrupp

Målgruppen för denna C-uppsats är studenter och lärare som läser ekonomi med inriktning finans samt övriga intressenter med kunskap inom statistik och finans.

1.6 Ordlista⁵

Deep in the money = Innebär att optionen är värd pengar och att priset på underliggande vara måste förändras mycket för att den ska bli värdelös

Deep out of the money = Innebär att optionen inte är värd pengar och att priset på underliggande vara måste förändras mycket för att den ska bli värd någonting

Lösenpris = Priset vid vilket varan kan köpas eller säljas enligt optionskontraktet

Löptid = Tiden som är kvar tills kontraktet går ut

Implicit volatilitet = Den beräknade volatiliteten för en option med hjälp av Black & Scholes formel

Volatilitet = Ett mått på hur mycket priset på underliggande vara kan röra sig

⁵ Introduction to futures and options market, John C. Hull

1.7 Disposition

Uppsatsen har följande indelning; inledande del, huvuddel och avslutande del. Se figur 1.1

Inledande del	Kap. 1 Inledning
	Kap. 2 Metodik
Huvuddel	Kap. 3 Teori
	Kap. 4 Empiri
	Kap. 5 Analys
Avslutande del	Kap. 6 Slutsats

Figur 1.1 Visar upplägget på uppsatsen.

I den inledande delen ingår inledning och metodkapitel. I inledningen beskrivs bakgrunden till problemet, problemformuleringen, syftet och för vilken målgrupp arbetet riktar sig samt vilka avgränsningar som har gjorts. I metodkapitlet behandlas datainsamling, olika vetenskapliga metoder och forskningsansatser, samt hur jag förhåller mig till dessa begrepp, i samband med uppsatsen.

Huvuddelen är uppdelad i tre delar; teori, empiri och analys. I teorikapitlet presenteras de verktyg och modeller som används i uppsatsen. Detta för att de läsare som inte har all teori färskt i minnet ska kunna tillgodogöra sig uppsatsen. I empirikapitlet så presenterar jag den data jag har samlat in samt hur jag har gått tillväga när jag har sorterat bort ofullständig data. I analyskapitlet kommer jag att använda mig av teori från teorikapitlet samt information från empirikapitlet, för att göra de analyser jag behöver.

Den avslutande delen kommer att behandla vilka slutsatser som jag kommit fram till i analysdelen samt validitet, reliabilitet och generaliserbarhet av resultaten.

2. Metod

I metodkapitlet behandlas datainsamling, metodaspekter, tillförlitlighet och metodansatser, samt hur jag förhåller mig till dessa begrepp i samband med uppsatsen.

2.1 Datainsamling

Det finns en stor mängd olika metoder som kan användas vid insamlandet och bearbetningen av information och data. Författaren beskriver endast de metoder som är relevanta för uppsatsen. Data som samlas in används i rapportens teoretiska och empiriska kapitel. Datainsamlingen kan delas in i primärdata och sekundärdata.⁶ Författaren går först igenom primär- och sekundärdata för att sedan beskriva de metoder som används vid datainsamlingen.

Primärdata

En primärkälla är en källa som uppkommer eller som författaren stöter på under projektets gång, det kan vara ett mötesprotokoll eller en ögonvitnesskildring.⁷ Det finns två olika metoder för att införskaffa primärdata, kvalitativa och kvantitativa metoder. De står inte i konkurrens med varandra utan kan med fördel kombineras för att utnyttja de starka sidorna hos båda metoderna. Eftersom verkligheten är komplex räcker det oftast inte att bara använda en metod.⁸

- Kvalitativa metoder – behandlar de mjuka uppgifterna som till exempel arbetstrivsel. Informationen som fås genom kvalitativa metoder går inte att mäta i siffror och kommer därför att vara starkt påverkad av forskarens paradig. Kvalitativa metoder går på djupet och har ett förklarande syfte, de kan ofta göras genom en personlig intervju.⁹
- Kvantitativa metoder – behandlar hårda data som till exempel antal sålda enheter av produkt x. Kvantitativa metoder omvandlar informationen till siffror och mängder. Här

⁶ Holme M, Solvang B(1996), Forskningsmetodik

⁷ Bell J (1995), Introduktion till forskningsmetodik

⁸ Holme M, Solvang B(1996), Forskningsmetodik

⁹ Ibid

gäller det att standardisera undersökningen. Ny kunskap som uppkommer under insamlandet av informationen får ej leda till förändringar i informationssamlandet. En generalisering av resultatet blir möjlig då alla de tillfrågade fått svara på samma frågor, antingen genom en standardiserad intervju eller med en enkät.¹⁰

Sekundärdata

Sekundärdata är information som redan finns nedtecknad. Det brukar löna sig att söka sekundärdata först eftersom det kan vara mycket tidskrävande att få den primärdata som eftersträvas. Det är effektivare att endast komplettera den information som saknas med primärdata. I dagens utvecklade samhälle med bra Internet och god telekommunikation är informationen ofta lättillgänglig.¹¹

Mitt förhållningssätt till datainsamling

För att samla in primärdata använder jag mig av optionsdata som analyseras. C-uppsatsens problemformulering kräver ett kvantitativt snarare än ett kvalitativt förhållningssätt.

De sekundärdata som används i uppsatsen består av facklitteratur, tidigare uppsatser, tidningsartiklar, forskningsrapporter och Internet. Mycket av allt material är inhämtat från biblioteket på Ekonomacentrum och Lunds Universitetsbibliotek.

2.2 Metod aspekter

De fyra vanligaste forskningsmetoderna

Vilket forskningssätt som bäst lämpar sig för att besvara uppsatsens problemformulering beror på målet med studien och kunskapsmängden inom området.

¹⁰ Holme M, Solvang B(1996), Forskningsmetodik

¹¹ Eriksson L, Wiedersheim-Paul F (2001), Att utreda, forska och rapportera

De fyra olika forskningssätten är: explorativ-, explanativ-, deskriptiv- och normativ forskning.¹²

- *Explorativ* (Explorative) – Explorativ forskning används då forskaren bedriver undersökande studier. Det kan även användas då det finns lite kunskap inom området som det forskas om. Vid explorativ forskning är en kvalitativ metod att föredra för att få svar på frågorna; Hur eller varför blir det på detta sätt? En kvalitativ metod kommer att ge ett större djup och en bättre insikt i problemet. För att få svar på frågorna; Hur ofta?, hur mycket? är en kvantitativ metod att föredra, då det ger en större bredd på undersökningen. Explorativ forskning används ofta av forskare med ett hermeneutiskt förhållningssätt.¹³
- *Explanativ* (Explanation) – Explanativ forskning används då forskaren bedriver förklarande studier. Det kan även användas då forskaren söker djupare kunskap inom ett område för att lättare kunna beskriva och förklara något. Vid explanativ forskning är ofta en kvalitativ metod att föredra, eftersom det då är lättare att få en djup och bättre förståelse för problemet. Explanativa studier används ofta av forskare med ett positivistiskt förhållningssätt.¹⁴
- *Deskriptiv* (Description) – Om forskarens uppgift är att beskriva något inom ett område det redan finns grundläggande kunskap om, kan deskriptiv forskning vara att föredra. Målet med forskningen blir då att beskriva, men inte förklara de relationer som råder. Vid deskriptiv forskning beror det på omfånget av uppgiften om kvantitativ eller kvalitativ metod är att föredra.¹⁵
- *Normativ* (Prediction) – Normativ forskning används då det redan finns en viss kunskap och förståelse inom området. Målet med den normativa forskningen är att ge vägledning och föreslå åtgärder. Vid normativ forskning beror det på omfånget av uppgiften om kvantitativa eller kvalitativa metoder skall användas.¹⁶

¹² Ellram L M (1996), The use of the case study method in logistics research, Journal of business logistics, Volume 17, Number 2

¹³ Ellram L M (1996), The use of the case study method in logistics research, Journal of business logistics, Volume 17, Number 2

¹⁴ Björklund M, Paulsson U (2002), Att skriva, presentera och opponera

¹⁵ Ibid

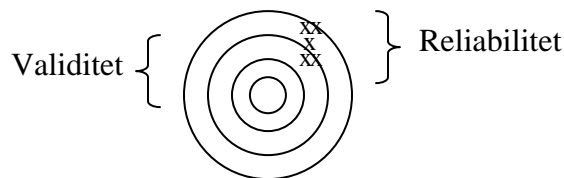
¹⁶ Ibid

Mitt förhållningssätt till forskningsmetoderna

I början av uppsatsen använder jag mig av explanativ forskning. Detta för att skapa en djupare förståelse för hur prissättning av optioner går till. Därefter övergår jag till en mer explorativ forskning då det inte finns mycket skrivet om vad som bestämmer formen på volatilitetssmilet. För att samla in information utförs diverse analyser på en stor mängd data samt beräkningar och litteraturstudier.

2.3 Tillförlitlighet och kvalitet

Oavsett vilken metod som används vid framtagandet av information är det viktigt att kritiskt granska och avgöra tillförlitlighet och kvalitet på informationen. Tillförlitligheten och kvaliteten på forskningsresultatet beror på fyra olika parametrar, vilka är validitet, reliabilitet, objektivitet och generaliserbarhet. Validitet och reliabilitet har ett visst förhållande till varandra (se figur 2.4) som gör att det inte går att satsa mer på det ena och ignorera det andra. För att skapa mätningar med hög validitet behövs hög reliabilitet. Det spelar ingen roll hur hög reliabilitet mätningen har, om det inte finns en hög validitet.¹⁷



Figur 2.4 Skillnad mellan reliabilitet och validitet. Björklund M , Paulsson U (2002)

Validitet

Validitet innebär att mäta det som avses att mäta och att inget ovidkommande påverkar resultatet. Det kan även uttryckas som att överensstämmelsen mellan det teoretiska och det empiriska begreppet är god. Den mest precisa definitionen av validitet är att mätinstrumentet inte skall ge

¹⁷ Arvidsson P, Rosengren K (1992), Sociologisk metodik

några systematiska mätfel.¹⁸ Även om detta verkar självklart är det inte alltid lätt att rensa bort ovidkommande faktorer. De systematiska felen kan till stor del undvikas om det finns en klar och tydlig definition av begreppen, en klar uppfattning om bakgrundsfaktorerna och orsak-verkan - relationerna och slutligen om det innan genomförandet finns en noggrann planering av experimentförfarandet.¹⁹

Reliabilitet

Reliabilitet innebär att olika mätningar av samma slag på samma objekt skall ge samma resultat. Reliabilitet kan definieras som frihet från slumpmässiga fel. Reliabiliteten på en mätning kan påverkas av slumpmässiga eller tillfälliga egenskaper hos mätinstrumentet, den som utför mätningen, omgivningen kring mätningen och det mätta objektet.²⁰

Det går att förbättra reliabiliteten genom att använda sig av olika standardutförande, noggranna instruktioner och bundna svarsalternativ. Då det gäller en muntlig intervju kan tonfall och miner medföra en förändring av respondentens svar. Reliabilitet är viktigt inom positivistisk forskning. Det betonas att forskningsresultatet skall ge tillförlitliga resultat och att samma metod skall kunna tillämpas av olika forskare på samma material och att resultatet skall bli detsamma.²¹

En undersökning kan ha väldigt hög reliabilitet men ändå ha i princip obefintlig validitet. Till exempel kan en forskare vilja mäta längden på 20 personer och till sin hjälp har han en mycket avancerad våg. Reliabiliteten blir hög i mätningarna och korrekt utförda, men undersökningen saknar validitet. Detta eftersom det är vikten som mäts istället för längden. Slutsatserna om längden på de vägda personerna kommer då att bli felaktiga.²²

¹⁸ Arvidsson P, Rosengren K (1992), Sociologisk metodik

¹⁹ Wallén G (1993), Vetenskapsteori och forskningsmetodik

²⁰ Arvidsson P, Rosengren K (1992), Sociologisk metodik

²¹ Ibid

²² Ibid

Objektivitet

Objektivitet innebär frånvaro av forskarens inverkan på forskningsresultatet, det vill säga att kunna skilja på fakta och värderingar. Det gäller för forskaren att tänka sig för under arbetet med frågeställningen, begreppsbildningen och vid analysen av resultatet för att kunna förhålla sig objektivt hela tiden. Reliabiliteten har med den slumpmässiga inverkan från forskaren att göra, medan objektiviteten har med den systematiska inverkan, till exempel effekten av relativt stabila värderingar.²³

Generaliserbarhet

Generaliserbarhet innebär att det går att generalisera resultatet från studien så att resultatet blir tillämpligt på till exempel ett annat företag i samma bransch.²⁴

Källkritik

Syftet med källkritik är att bestämma om källan mäter det den skall (validitet), om den är relevant för frågeställningen (relevans) och att källan inte innehåller systematiska fel (reliabel). För att bedöma källors validitet, relevans och reliabilitet kan, så kallade, källkritiska kriterier användas. De källkritiska kriterierna är samtidskrav, tendenskritik, beroendekritik och äkthet. Det är viktigt att vara källkritisk vid varje val av källa, annars kan det hända att hela arbetet blir missvisande.²⁵

Mitt förhållningssätt till tillförlitlighet och kvalitet

Vid val av sekundärdata försöker jag att endast använda mig av redan vedertagen litteratur och artiklar från vetenskapliga tidskrifter. Jag försöker även att använda mig av många olika källor för att minska risken för felaktig information. Då Internet används som källa kontrolleras det noggrant att det verkligen är en källa som är tillförlitlig.

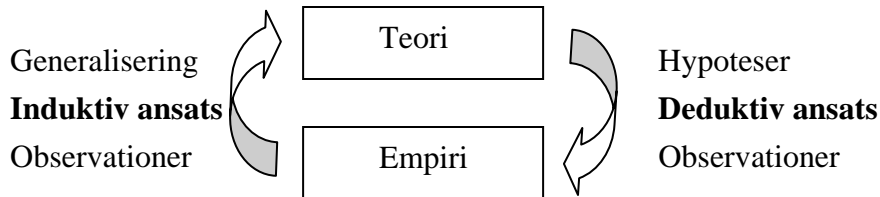
²³ Arvidsson P, Rosengren K (1992), Sociologisk metodik

²⁴ Wallén G (1993), Vetenskapsteori och forskningsmetodik

²⁵ Eriksson L, Wiedersheim-Paul F (2001), Att utreda, forska och rapportera

2.4 Metodansatser

Det finns tre olika sätt att komma fram till en slutsats; genom induktion, deduktion och abduktion. Valet av forskningssansats berör förhållandet mellan teori och empiri. Under uppsatsens gång kan författaren gå mellan de båda ändpunkterna teori och verklighet.²⁶



Figur 2.5 Illustration av induktiv och deduktiv ansats. Björklund M, Paulsson U (2002)

Induktion

Induktion innebär att gå från verkligheten, det vill säga från empiri till teori. Det gäller att försöka hitta ett mönster i verkligheten som kan sammanfattas i modeller och teorier. Det handlar om att komma fram till nya teorier utifrån den empiri som samlats in. Risken med att det inte finns någon bakomliggande teori är att forskarens egna idéer, värderingar och föreställningar färgar av sig på de teorier som används.²⁷

Deduktion

Vid deduktion arbetar forskaren med att utifrån redan befintlig teori dra slutsatser om enskilda företeelser. Utifrån teorin härleds en hypotes som sedan prövas empiriskt i det aktuella fallet. Stämmer hypotesen med det empiriska materialet har hypotesen stärkts. Det kan vara farligt med

²⁶ Wallén G (1993), Vetenskapsteori och forskningsmetodik

²⁷ Davidsson B, Patel R (1994), Forskningsmetodikens grunder

deduktion för om det finns felaktiga antaganden kan felaktiga slutsatser framstå som korrekta fastän de inte är det (se exempel 2.1).²⁸

Exempel 2.1: Premiss: Pelle svanslös är en katt.

Premiss: Katter har svans.

Slutsats: Pelle svanslös har svans.

Abduktion

Då det sker en nivåvandring mellan teori och verklighet handlar det om ett abduktivt synsätt. Det blir då en blandning av en induktiv och en deduktiv metodansats.²⁹

Min ståndpunkt angående olika metodansatser

Utgångspunkten för studien är den kunskap som jag har införskaffat mig genom utbildning och den erfarenhet jag har från sommarjobb. Under arbetets gång har jag gått fram och tillbaka mellan teori och empiri för att kunna förankra analysen i teorin, detta för att möjliggöra en generalisering av resultatet. Jag anser därför att det är ett abduktivt tillvägagångssätt som bäst beskriver arbetsgången i denna uppsats.

²⁸ Björklund M, Paulsson U (2002), Att skriva, presentera och opponera

²⁹Ibid

3 Teori

I kapitlet presenteras olika teorier och modeller, rörande begreppet finansmarknaden, som har för avsikt att skapa uppsatsens teoretiska grund. Denna teoretiska grund kommer jag sedan att använda mig av då jag gör min analys.

3.1 Allmän optionsteori

Optioner har fått större betydelse på senare tid och detta mycket för att de fungerar som riskspridare. En option ger innehavaren möjligheten att i framtiden köpa eller sälja värdepapper till ett på förhand redan bestämt pris. Med hjälp av optioner kan den som handlar med dem försäkra sig mot oönskade svängningar av till exempel växelkurser och räntor.³⁰

Som namnstandard på optioner så används en förkortning av namnet (AZN för Astra Zeneca), samt årtal och månad till förfall. Detta innebär att en option som heter AZN0B350 är en februari köpoption med lösenpris 350kr och med lösen den tredje fredagen i februari år 2000. AZN står för vilken den underliggande aktien är, 0 står för år 2000, B innebär att det är en köpoption med lösen den tredje fredagen i februari och 350 är lösenpriset. Lösen sker alltid den tredje fredagen i månaden. Bokstäverna A-L innebär köpoptionen med förfall januari-december medans M-X är säljoptioner med förfall januari-december.³¹

3.1.1 Black & Scholes³²

Black & Scholes formel används för att värdera europeiska optioner, men kan även användas på amerikanska köpoptioner. Det går inte att använda modellen på amerikanska säljoptioner då det kan vara fördel att lösa in dessa i förtid. Black & Scholes modell bygger på vissa antaganden som att marknaden är arbitragefri, att prisrörelsen beskriver en geometrisk Brownsk rörelse:

³⁰ Vår ekonomi; En introduktion till samhällsekonomin, Klas Eklund

³¹ Finansmarknaden; En översikt av instrument och värderingsmodeller, Jan R. M. Röman

³² Ibid

$$S_t = S_0 \exp\left(\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)t + \sigma W_t\right)$$

Att den riskfria räntan är konstant och lika för in och utlåning, volatiliteten är konstant och lika för alla lösenpriser och densamma för köp- och säljoptioner samt att det inte förekommer några utdelningar på aktien under löptiden.

$$P_k = S \cdot e^{-qT} \cdot N(d_1) - X \cdot e^{-rT} \cdot N(d_2)$$

$$P_s = X \cdot e^{-rT} \cdot N(-d_2) - S \cdot e^{-qT} \cdot N(-d_1)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{X}\right) + \left(r - q + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma \cdot \sqrt{T}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \cdot \sqrt{T}$$

$$N(x) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}} \int_{-\infty}^x e^{-y^2/2} dy$$

$$N'(x) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}} e^{-x^2/2} \quad \text{Derivatnan av } N(x)$$

P_k = Köpoptionens pris

P_s = Säljoptionens pris

S = Underliggande varas pris

X = Lösenpris

r = Effektiv riskfri årsränta

q = Utdelning i procent per årsbasis

T = Återstående löptid i år

σ = Volatilitet

$N(x)$ = Normalfördelningsfunktion

Det är vanligt att sätta q till noll för att få lättare uträkningar, givet att utdelning är noll

3.1.2 Put-call parity

Put-call parity är sambandet mellan priset, c , på en europeisk köpoption och priset, p , på en europeisk säljoption.

$$p + S_0 e^{-qT} = c + X e^{-rT}$$

Köpoptionen och säljoptionen har samma lösenpris, X , återstående löptid, T . Put-call parity utgår från att markanden är arbitrage fri. Eftersom en amerikansk säljoption kan vara mer värd än motsvarande europeisk säljoption så blir det lite annorlunda för amerikanska optioner.

$$P + S_0 e^{-qT} = C + X e^{-rT}$$

3.1.3 Implicit Volatilitet

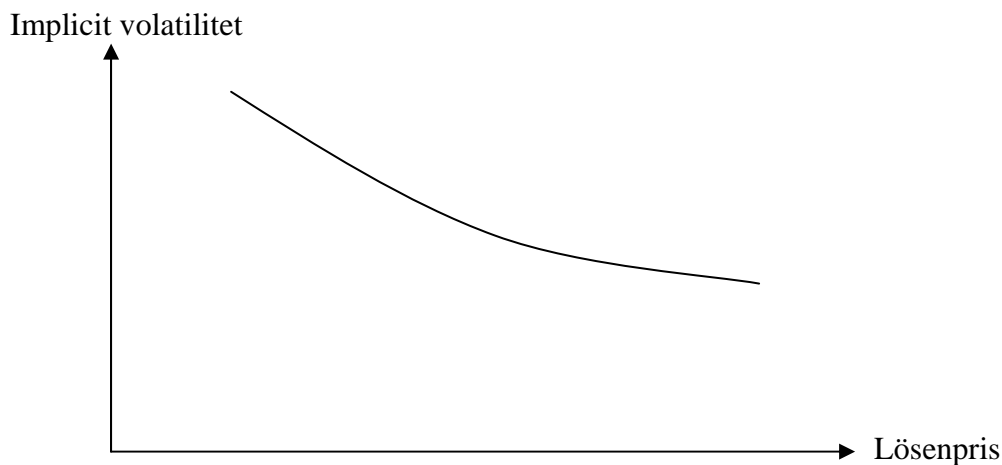
Volatiliteten är ett mått på hur avkastningen för en aktie varierar över tiden. En fond, aktie eller option som har hög volatilitet har en kurs som svänger kraftigt upp och ner.³³ Volatiliteten på aktiepriset är en viktig faktor vid användning av Black-Scholes formel. Volatiliteten är den enda

³³ Bonniers ekonomi ordbok, Gunilla Haglundh, Pia Nilsson

faktorn i formeln som inte kan observeras direkt. Volatiliteten kan beräknas med hjälp av historiska data om aktiepriset. Detta är dock inte alltid den korrekta volatiliteten. Implicit volatilitet är volatiliteten som uppstår av optionspriset på marknaden. När X , S , r , T och även optionspriset är kända variabler så kan den implicita volatiliteten räknas ut.³⁴

3.1.4 Volatilitetssmile³⁵

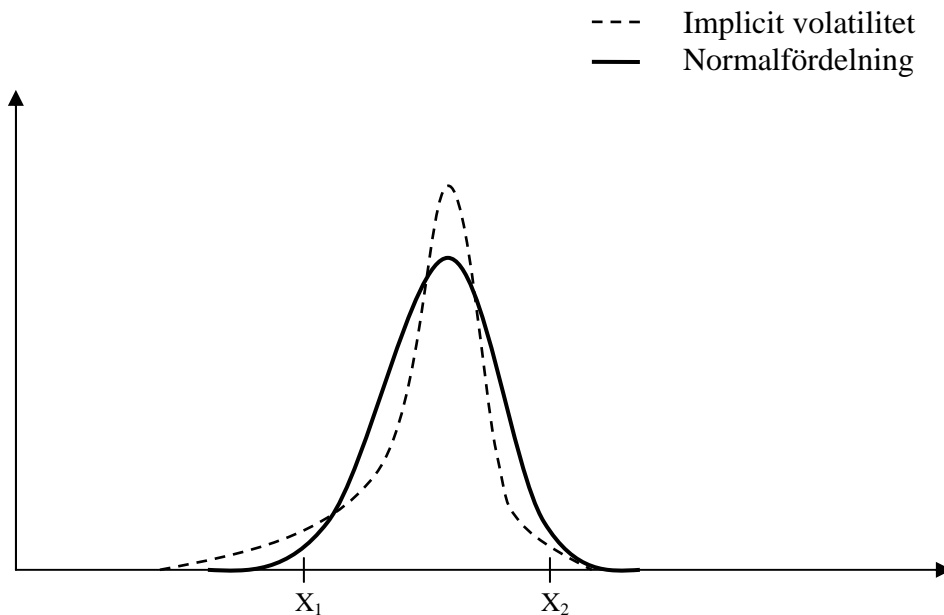
Ett diagram där optionens implicita volatilitet plottas som en funktion av dess lösenpris kallas volatilitetssmile. Volatilitetssmilet som används av de som handlar med aktieoptioner har ofta formen som kan ses i figuren 3.1. Volatiliteten minskar då lösenpriset ökar. Volatiliteten som används vid prissättning av en option med lågt lösenpris (till exempel en deep out of the money säljoption eller en deep in the money köpoption) är mycket högre än den volatilitet som används vid prissättning av en option med högt lösenpris (deep in the money säljoption eller deep out of the money köpoption).



Figur 3.1 Volatilitetssmile för aktieoptioner. Källa: Futures and option markets, John C Hull

³⁴ Introduction to futures and options market, John C. Hull

³⁵ Ibid



Figur 3.2 implicita fördelningen och normalfördelning för en aktieoption. Källa: Futures and option markets

Volatilitetssmilet för en aktieoption motsvaras av den implicita sannolikhetsfördelningen som motsvaras av den streckade linjen i figur 3.2. Den solida linjen är en lognormal fördelning med samma medelvärde och standardavvikelse som den implicita fördelningen. I figuren 3.2 kan det ses att en deep out of the money köpoption med lösenpris X_2 kommer att få ett lägre pris när den implicita fördelningen används istället för normalfördelningen. Det blir så eftersom optionen endast kommer att lösas in om aktiepriset blir högre än X_2 , och sannolikheten för detta är mindre för den implicita fördelningen än för normalfördelningen. På grund av detta kommer vi därför att förvänta oss ett relativt lågt pris på optionen. Ett relativt lågt pris leder till en relativt låg implicit volatilitet vilket kan ses i figur 3.1. En deep out of the money säljoption med lösenpris X_1 kommer endast att lösas in om aktiepriset är under X_1 . Figur 3.2 visar att sannolikheten är större för den implicita fördelningen än med normalfördelningen. Vi kan därför förvänta oss att den implicita fördelningen ska ge oss en relativt hög implicit volatilitet och ett relativt högt pris.

3.1.5 Volatilitets matriser³⁶

Volatiliteten förändras inte enbart med lösenpriset på aktien, den förändras även med löptiden på optionen. Volatiliteten ökar med löptiden för optionen om volatiliteten är på en historiskt låg nivå, detta beror på att det förväntas att volatiliteten skall öka med tiden. Motsvarande gäller att volatiliteten minskar med löptiden om den är på en historiskt hög nivå, detta eftersom det förväntas att volatiliteten skall minska med tiden.

En volatilitetsmatris är en matris där volatiliteten beror både på lösenpriset och löptiden för optionen. Volatiliteten finns då angiven för ett visst antal datum och lösenpriser och en investerare kan då beräkna volatiliteten för vilken löptid och vilket lösenpris som helst genom att använda sig av interpolering.

3.2 Modeller och antaganden som är viktiga för uppsatsen³⁷

I en nyligen publicerad studie har Deuskar P, Gupta A och Subrahmanyam kommit fram till att det behövs fyra parametrar för att beskriva den största delen av volatilitetssmilet. De har kommit fram till detta genom att analysera de viktigaste komponenterna av förändringarna i Black volatility surface. De har utfört sina beräkningar på ränteoptioner vilket gör att inte allt de har kommit fram till går att applicera på aktieoptioner för vilka jag ska utföra mina beräkningar. De har kommit fram till att de fyra viktigaste komponenterna svarar för 91.7% av den dagliga variationen i volatility surface.

I rapporten har de även kommit fram till att spridningen mellan köp och sälj priset för optionen motsvarar likviditeten på markanden för dessa optioner. Om spridningen mellan köp och sälj priset på en option tas med som en förklarande variabel så kan det kontrolleras om det har någon förklaring till volatiliteten för optionen.

Vanligtvis vid plottning av volatilitetssmile så plottas den implicita volatiliteten mot löptiden men eftersom räntan förändras kontinuerligt över tiden så är det bättre att plotta implicita

³⁶ Introduction to futures and options market, John C. Hull

³⁷ Liquidity effects and volatility smiles in interest rate option markets, Prachi Deuskar, Anurag Gupta, Marti G. Subrahmanyam

volatiliteten mot Log Moneyness Ratio (LMR). Log Moneyness Ratio är ett sätt att dela upp optionerna i olika grupper där de som har $LMR < -0.05$ är optioner som är out of the money, de som ligger mellan -0.05 och 0.05 kallas at the money och de som har $LMR > 0.05$ kallas in the money optioner. För att få bort eventuella tidsförändringar i volatilitet så går det att få bort detta genom att använda sig av ScaledIV. ScaledIV innebär att den implicita volatiliteten delas med at the money volatiliteten för en option med samma löptid.

3.3 Ekonometrisk teori

3.3.1 Olika typer av input data vid en ekonometrisk analys

För att resultatet på en empirisk studie skall bli lyckat krävs det tillgång till användbar och korrekt data. Det finns tre typer av data som kan användas vid en empirisk analys och det är tids serie, tvärsnitts och pooled data.³⁸

3.3.1.1 Tidserie data (Time series)

En tidsserie är en mängd observationer på värdet en variabel har under olika tidsperioder. Sådan data kan samlas med olika tidsintervaller som till exempel dag, vecka, månad med mera. Oftast antas det att den underliggande tidsserien är stationär, detta innebär att standardavvikelsen och variansen inte varierar systematiskt med tiden. Ett exempel på detta är temperatur mätt i grader Celsius in en stad under ett år. Den är stationär eftersom standardavvikelsen och variansen endast beror på månaden och dagen när mätningen har gjorts och inte vilket år. Ett växande problem är att trender oftast kan observeras från tidsserier även om den inte är stationär.³⁹

3.3.1.2 Tvärsnitts data (Cross section data)

Cross section data är data för en eller fler variabler som samlats samtidigt. Ett exempel är försäljningssiffror för ett företag i olika länder. Det största problemet med cross section data är heterogenitet. Storlek och skaleffekter måste tas med i beräkningarna för att kunna jämföra data.⁴⁰

³⁸ Damodar N. Gujarati (2003), Basic econometrics

³⁹ Ibid

⁴⁰ Ibid

3.3.1.3 Pooled data

Pooled eller kombinerad data är en kombination av tidsserie och tvärsnitts data. Ett exempel på pooled data är försäljningsdata i många länder vid flera tillfälle⁴¹

3.3.2 Linjära regressions modeller

Regressionsanalys avser studerandet av beroendet av en variabel, den beroende variabeln, på en eller flera andra variabler, de förklarande variablerna. Analysen siktar på att bedöma och/eller förutse medelvärdet för den beroende variabeln, y , i termer av de värde vi har på den förklarande variabeln, X .⁴² Analysen innefattar även en beräkning av regressionskoefficienterna och deras standardfel. Det finns många olika regressionsmodeller men det är den klassiska linjära regressions modellen som är den vanligaste.⁴³ Den *klassiska linjära regression modellen* innebär att det finns ett linjärt samband mellan den beroende variabeln, y , och en oberoende variabel, x :

$$y_i = a + bx_i + e_i$$

Feltermen, e_i , fångar bland annat effekter av utelämnade variabler och icke mätbara händelser.

a och b är de okända variablerna och måste skattas. "Ordinary Least Square" (OLS): Ett sätt att estimeras parametrarna a och b genom att välja parametervärden som minimerar avståndet mellan den estimerade linjen och observerade y -värden. Detta sker genom en minimering av summan av kvadrerade residualerna. Den *multipla linjära regressions modellen* innebär att det finns en beroende variabel och k förklarande variabler och relationen mellan de kan definieras med hjälp av en interceptterm och k stycken lutningskoefficienter. Regression modellen är då av typen

$$y_i = b_0 + b_1x_{1i} + b_2x_{2i} + \dots + b_kx_{ki} + e_i$$

Här kan $k+1$ koefficienter skattas med hjälp av OLS.

⁴¹ Damodar N. Gujarati (2003), Basic econometrics

⁴² Ibid

⁴³ Ibid

3.3.3 Frihetsgrader

Frihetsgrader mäter antalet observationer i testet, n , minus antalet förklarande oberoende variabler, K .⁴⁴

$$df = \text{number of total observations} - \text{number of parameters estimated} = n - K$$

3.3.4 Förklaringsgrad, R^2

Förklaringsgraden R^2 är ett mått på hur mycket av variationen som förklaras av den oberoende variabeln.

R^2 definieras enligt följande:

$$R^2 = \frac{SSE}{SST} = 1 - \frac{SSR}{SST}$$

SSE är den totala kvadratsumman och denna kan delas upp i den förklarande kvadratsumman (SSE) och den oförklarade kvadratsumman (SSR) och ju bättre modellen är desto större andel av den totala kvadratsumman kan då förklaras med modellen.⁴⁵ R^2 kan anta värden mellan 0 och 1 och om modellen förklarar all variation i den beroende variabeln så kommer R^2 att vara lika med 1 och om ingenting förklaras i den beroende variabeln så kommer R^2 att vara lika med 0 (se figur 3.3).⁴⁶

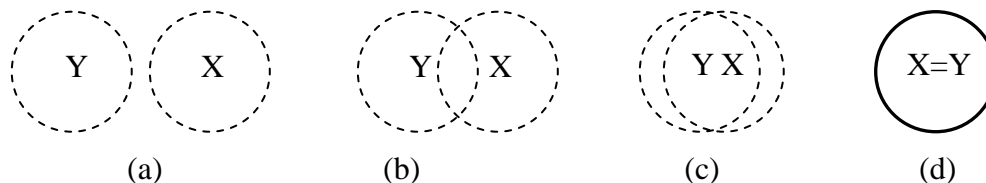


Figure 3.3 The Ballentine view of r^2 : (a) $r^2 = 0$ (d) $r^2 = 1$. (Damodar N G (2003), p82)

För att kunna jämföra två modellers R^2 så måste de relatera till samma beroende variabel⁴⁷. Målet med en regressionsanalys är inte att få ett så högt R^2 som möjligt utan att hitta värde för koefficienterna och sedan se om de stämmer med förväntningarna som fanns från början. Kvadratsumman av residualerna minskar inte då det tillförs fler förklarande variabler och detta leder till att R^2 ökar med antalet förklarande

⁴⁴ Damodar N.G (2003), Basic Econometrics

⁴⁵ Hayashi F (2000), Econometrics

⁴⁶ Damodar N. Gujarati (2003), Basic econometrics

⁴⁷ Ibid

variabler i modellen.⁴⁸ R^2 är förklarande men det mäter inte kvaliteten på regressionsmodellen. Ett högt värde på R^2 är inget bevis för att modellen är bättre än en modell med ett lågt R^2 .⁴⁹

Justerad förklaringsgrad

På grund av att R^2 ökar med antalet förklarande variabler så är det ett vanligt misstag att införa fler och fler variabler för att öka förklaringsgraden oavsett om dessa är signifikanta eller ej. För att motverka detta används justerad förklaringsgrad.

$$\text{Justerad } R^2 = \bar{R}^2 = 1 - \frac{SSR/(n-K)}{SST/(n-1)}$$

Om antalet förklarande variabler (K) ökar så kan \bar{R}^2 minska.

3.3.5 Minsta kvadrat metoden (OLS)⁵⁰

Den vanligaste modellen vid bestämning av parametrarna i en linjär regressionsmodell är *minsta kvadrat metoden*. Det finns fyra antagande som måste vara uppfyllda för att kunna utföra OLS, och det är:

1. Linjaritet

Det vill säga att modellen kan skrivas som

$$y_i = x_{i1}\beta_1 + \dots + x_{iK}\beta_K + \varepsilon_i$$

Det vill säga en linjär form i parametrar och felterm.

2. Exogena felterm

Låt X beteckna (n x K) matrisen med alla förklarande variabler (inklusive en konstant). Då gäller det att:

$$E[\varepsilon_i | X] = 0$$

⁴⁸ Damodar N G (2003), Basic Econometrics

⁴⁹ Hill R C, Griffiths W E, Judge G G (2001), Undergraduate econometrics

⁵⁰ http://www.anst.uu.se/matieklo/lectures/MetodC/2003_Notes.pdf

Detta betyder att den betingande förväntan av feltermen givet de förklarande variablerna är noll.

3. Icke multikollinearitet

Låt X beteckna $(n \times K)$ matrisen med alla förklarande variabler (inklusive en konstant).

Då gäller att

$$\text{rank}(X) = K$$

Detta innebär att det finns minst lika många observationer som det finns okända parametrar, det vill säga $n \geq K$, att det inte finns några perfekta linjära samband mellan de förklarande variablerna samt att matrisen $X'X$ är inverterbar, det vill säga att dess determinant är skild från 0.

4. Sfäriska felterm

$$V[\varepsilon_i | X] = E[\varepsilon_i^2 | X] = \sigma^2, \forall_i = 1, \dots, n$$

Detta innebär att variansen hos feltermerna är lika för alla observationer

3.3.6 Dummy variabel⁵¹

En dummy variabel är en variabel som kan anta värdena ett eller noll beroende på vilket villkor som den har fått. Om det finns mer än en dummy variabel med i modellen så får dessa inte summera till en konstant för samtliga variabler samtidigt som det finns en konstant med i modellen. Om dummy variabeln interagerar med en förklarande variabel så kommer interaktionstermen att fånga upp skillnaden mellan lutningen på de grupper som dummy variabeln omfattar.

⁵¹ http://www.anst.uu.se/matieklo/lectures/MetodC/2003_Notes.pdf

4 Empiri

I empirikapitlet beskriver jag min arbetsgång och hur jag har använt mig av datamaterialet.

Dessutom kommer jag att redogöra för hur jag har valt att lägga upp mitt program.

4.1 Databehandling

Den optionsdata jag införskaffade bestod av cirka en halv miljon poster och omfattade alla svenska optioner som såldes på stockholmbörsen under år 2000. För att kunna reducera detta datamaterial till en hanterlig storlek valde jag att endast analysera 3 av optionerna. Jag valde att analysera Astra Zeneca, H&M B samt Nokia eftersom detta är stora aktier som även speglar börsen bra. Datamaterialet bestod av uppgifter om det datum när optionen handlades, optionsnamn, medel köp och säljpris under dagen, högsta och lägsta säljpris samt omsättningen för varje option varje dag. De uppgifter som jag behövde för att kunna utföra de planerade analyserna var datum, optionsnamn samt köp och säljpriset för optionen. Jag började med att dela upp all data i olika Excelfiler, där jag separerat optionerna på de tre aktietyperna. Därefter började jag skriva ett program som kunde dela upp optionsnamnet i de olika parametrar som jag behöver för att räkna ut LMR och implicit volatilitet. Detta var inte så enkelt då namnet innehöll dels den bakomliggande aktiens namn, lösenpris samt löptid. Eftersom jag ville använda mig av Excel, då jag utförde mina analyser, valde jag att göra programmeringen i Visual Basic. (Hela dataprogrammet finns bifogat i bilaga 4. Det går att använda genom att kopiera in det i en ny modul i Excel och sedan köra funktion för funktion).

Det fanns även en hel del data som jag var tvungen att sortera bort, till exempel en del ofullständiga uppgifter där inte alla värden fanns med som jag behövde för att utföra analyserna. Även de optioner som var väldigt ”deep in the money” och ”deep out of the money” sorterades bort eftersom det, för dessa optioner, inte är möjligt att räkna ut den implicita volatiliteten med Black & Scholes formel. Analysen kunde endast utföras för köpoptioner. Detta beror på att optionerna är amerikanska, vilket innebär att de kan säljas när som helst, och Black & Scholes formel är inte tillämplig på dessa säljoptioner. Efter att ha sorterat bort ofullständiga uppgifter så fanns det 5828 observationer för Astra Zeneca, 6466 observationer för H&M B och 10711 observationer för Nokia som var fullständiga och användbara. Nu kunde jag börja designa

programmet så att det kunde räknas ut de variabler jag behövde för att senare göra en analys. De variabler som jag behövde var LMR (Log Moneyness Ratio), Implicit volatilitet samt en variabel som heter ScaledIV. ScaledIV används för att ta bort eventuella skillnader i den implicita volatiliteten över tiden. ScaledIV är den implicita volatiliteten delat med den implicita volatiliteten för "at the money optionen" med samma lösentid. Jag valde att använda mig av LMR istället för lösenpris eftersom det i LMR är borträknat för förändringar i räntan över tiden.

För att se så att programmet fungerade korrekt samt att det var någorlunda korrekt data jag hade att arbeta med från början, valde jag att göra en tabell där jag räknade ut medel av köp och sälj priset för optionerna med avseende på lösentiden samt Log Moneyness Ratio (se bilaga 2). Efter att ha gjort detta kunde jag se att priset ökade med löptiden och med LMR. Detta är precis som det ska vara eftersom det alltid är bra att kunna vänta längre med att sälja eftersom priset på aktien då kan gå upp. Att priset ökar med LMR är inte så konstigt då LMR är positivt då lösenpriset för en köpoption är lägre än nuvarande aktiepris.

Jag valde sedan att göra en tabell där jag delade upp skillnaden mellan köp- och säljpriset för optionen med medelpriset på optionen med avseende på löptid och LMR (Se bilaga 2). Här kan då observeras att skillnaden mellan köp- och säljpriset för optionen nästan är lika mycket som själva priset för de optioner som är "deep out of the money". Detta beror på att det är många som köper dessa optioner för att försäkra sig mot väldigt stora kursförändringar till ett lågt pris. För en option som är "deep out of the money" är investerarna då beredda att betala mer än vad den är värd för att göra denna försäkring. Dessa optioner har ett mycket lågt pris och därför får de fasta kostnaderna som säljarna har mycket större inverkan. För "deep in the money optioner" blir det ett väldigt lågt procenttal och detta beror på att dessa optioner är väldigt dyra att köpa och därför kommer skillnaden mellan köp och sälj priset för optionen inte att ha så stor inverkan.

När jag sedan hade alla uppgifter jag behövde kunde jag med hjälp av Black & Scholes formel iterera fram ett värde på den implicita volatiliteten. Volatilitetssmilet uppstår då den implicita volatiliteten plottas mot lösenpriset eller som i detta fall när ScaledIV plottas mot LMR. Efter att ha plottat volatilitetssmilet ville jag försöka ta fram en formel som på bästa sätt kan beskriva formen på volatilitetssmilet. Detta kan göras genom att utföra en regression i Excel. När jag

gjorde regressionen testade jag först om en rät linje det vill säga ekvation (1) var den som bäst stämde överens med volatilitetssmilet, om det var en andragskurva ekvation (2) eller om det var en andragskurva med ytterliggare en variabel, en så kallad dummy variabel ekvation (3) som var den som bäst stämde in på datamaterialet.

$$(1) \text{ ScaledIV} = c1 + c2 \times \text{LMR}$$

$$(2) \text{ ScaledIV} = c1 + c2 \times \text{LMR} + c3 \times \text{LMR}^2$$

$$(3) \text{ ScaledIV} = c1 + c2 \times \text{LMR} + c3 \times \text{LMR}^2 + c4 \times 1_{\text{LMR} < 0} \times \text{LMR}$$

För alla optioner och alla tidsintervall var det ekvation (3) som fick det bästa justerade R^2 värdet samt att $c3$ var signifikant, detta innebär att det är den formel som bäst stämmer överens med volatilitetssmilet. De olika värdena för $c1$, $c2$, $c3$, $c4$ finns angivet i bilaga 3.

För att på ett lättare sätt kunna åskådliggöra hur volatilitetssmilet ser ut har jag valt att plotta upp detta för de olika optionerna och med de olika löptiderna (1-30 dagar, 31-60, 61-90, 90-120, 120- Se bilaga 1). Jag har då plottat ScaledIV mot LMR och anledningen till att jag har använt mig av ScaledIV är att jag vill bli av med eventuella uppgångar i volatiliteten med tiden. Att jag har valt att plotta LMR istället för lösenpris som används ibland beror på att jag vill räkna bort eventuella splittrar eller sammanslagningar av aktierna då detta påverkar priset.

4.2 Likviditetseffekt på volatilitetssmilet

För att kunna se om likviditeten har någon effekt på volatilitetssmilet antog jag att marknadens likviditet för optionerna kan uppskattas med ScaledBA (Scaled Bid Ask spread är lika med skillnaden mellan säljpriset och köppriset för optionen delat med säljpriset plus köppriset delat med två). För att se om likviditeten har någon effekt för att förklara volatilitetssmilet har jag använt mig av ekvation (4). För att kunna bevisa att likviditeten har någon effekt ska variabeln ScaledBA vara signifikant skild från 0. Detta innebär att p-värdet för den nya konstanten måste vara mindre än 0.05.

$$(4) \text{ ScaledIV} = d1 + d2 \times \text{LMR} + d3 \times \text{LMR}^2 + d4 \times 1_{\text{LMR} < 0} \times \text{LMR} + d5 \times \text{ScaledBA}$$

Genom att utföra regressioner i Excel för de olika optionerna samt de olika löptiderna fick jag fram värde på de olika variablerna d1, d2, d3, d4 och d5. Dessa värden samt värdena för c1, c2, c3, c4 och p-värdena för den nya variabeln finns angivna i bilaga 2.

5 Analys

I detta kapitel analyseras den data jag har använt mig av och de resultat som jag har kommit fram till i empirikapitlet.

5.1 Analys av data

Att den optionsdata jag införskaffade var väldigt stor och att den var ofullständig gjorde arbetet svårare från början. Att det var ofullständig data gjorde inte så mycket eftersom den var väldigt omfattande. Det visade sig även att det inte gick att räkna ut den implicita volatiliteten för optioner som var deep in the money eller deep out of the money. Anledningen till att det inte gick att göra detta är att vid användning av Black & Scholes formel så får värdena på d_1 och d_2 inte får överstiga 4.5. Om de överstiger 4.5 så går det inte att hitta värdena i normalfördelningstabellen. För optioner som är deep in the money eller deep out of the money så kommer d_1 eller d_2 överstiga 4.5 vilket gör att det inte går att iterera fram ett värde på den implicita volatiliteten. Detta gjorde att jag även var tvungen att sortera bort dessa värden. Det fanns då tillräckligt med data kvar att analysera även efter det att jag tagit bort den del som inte var brukbar. För den löptid med minst observationer efter rensning så fanns det ändå mer än 500 värde som gick att använda. Även de tester som jag gjorde i början, där jag gjorde tabeller med avseende på löptid, LMR och optionspris samt löptid, LMR och justerat optionspris, gav ett bra resultat (För Astra Zeneca se tabell 5.1 och 5.2 övriga se bilaga 2).

Astra Zeneca

Call	LMR<-0.05	-0.05<LMR<0.05	LMR>0.05
Löptid 30 dagar	0,71 kr	14,44 kr	93,13 kr
31-60 dagar	2,32 kr	21,27 kr	93,82 kr
61-90 dagar	4,11 kr	25,37 kr	86,14 kr
91-120 dagar	5,71 kr	30,51 kr	90,79 kr
>120 dagar	12,97 kr	43,59 kr	112,63 kr

Tabell 5.1 Visar optionspriserna för Astra Zeneca med avseende på LMR och löptiden

Från tabell 5.1 så framgår det att optionspriset ökar med LMR och löptiden Detta stämmer bra med teorin eftersom en option med kort löptid som är deep out of the money har liten möjlighet att bli värd någonting.

Call	LMR<-0.05	-0.05<LMR<0.05	LMR>0.05
1-30 dagar	152,29%	41,37%	7,24%
31-60 dagar	87,40%	18,47%	6,79%
61-90 dagar	71,13%	15,49%	6,33%
91-120 dagar	54,91%	15,48%	6,18%
>120 dagar	32,42%	14,02%	5,75%

Tabell 5.2 Visar skillnaden mellan köpriset och säljpriset delat med medelpriset för optionen med avseende på LMR och löptiden

I tabell 5.2 så framgår det att skillnaden mellan köp och säljpriset för optionen delat med medelpriset för option blev högst för de optioner med lägst LMR och kortast löptid stämmer även detta bra överens med teorin. Teorin säger att de fasta kostnaderna som säljarna har får mycket större genomslag för de billiga optionerna samt att de optioner som är deep out of the money mest används för att försäkra sig mot väldigt stora förändringar i aktiekursen och att det därför kostar betydligt mer att köpa en sådan option än vad den faktiskt är värd. Även om de fasta kostnaderna som säljarna har är lika stora för alla optioner så kommer det inte att få så stor betydelse för de optioner som är deep in the money eftersom dessa optioner är väldigt dyra.

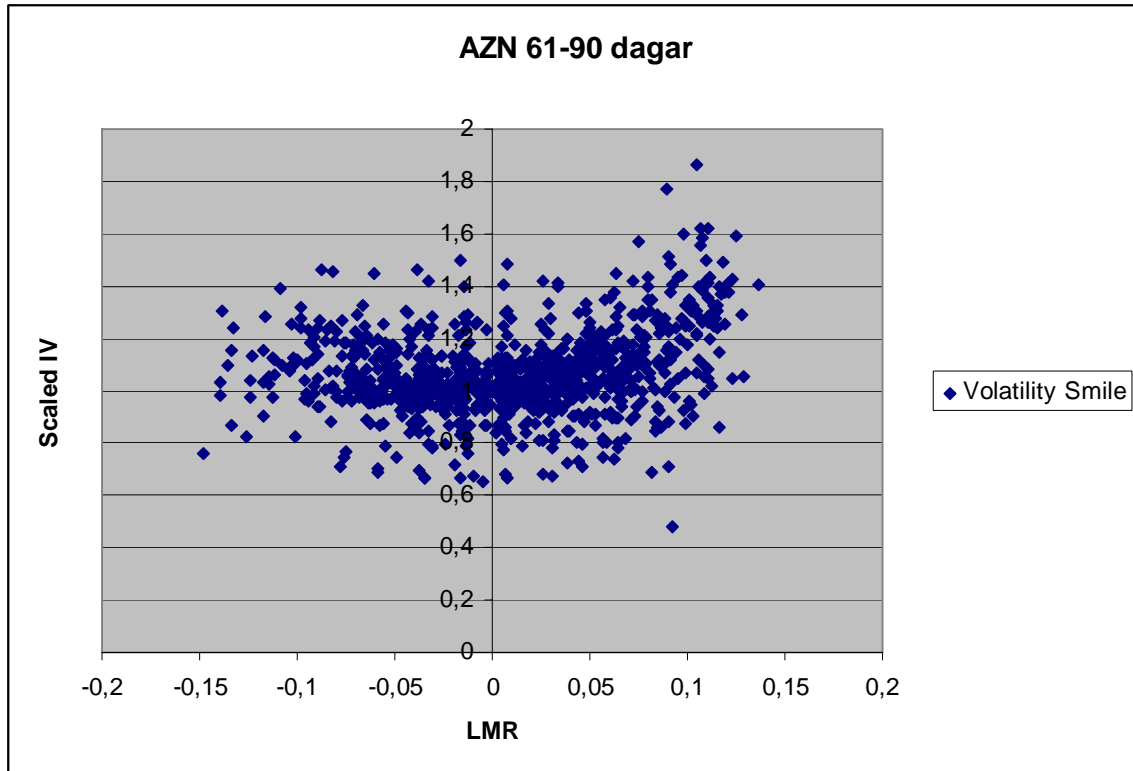


Diagram 5.1

Vid granskning av diagrammen (Diagram 5.1 samt bilaga 1) för både Astra Zeneca och H&M B går det att observera att de har formen av ett smile medans det för Nokia är svårare att avgöra om det är ett smile eller om det är ett rakt streck. Att det för Astra Zeneca och H&M B går att se att det är ett smile bevisar även det att ekvation (1) inte är en bra ekvation för volatilitetssmilet då denna ekvation är linjär. För Nokia går det inte att avgöra genom att endast titta på diagrammen vilken ekvation som passar bäst in för att förklara den insamlade datan. Det går inte att avgöra genom att endast studera diagrammen om det är ekvation (2) eller ekvation (3) som bäst förklarar volatilitetssmilet. För att kunna avgöra vilken ekvation som är den bästa måste jag därför använda mig av resultatet från regressionerna.

Efter att ha testat regressioner för de olika ekvationerna så visade det sig att det var ekvation (3) som var den som jag skulle använda mig av under resten av uppsatsen. För alla optioner och löptider så gav den asymmetriska termen (det vill säga dummyvariabeln) ett bra resultat och eftersom den var signifikant (det vill säga att p-värdet var lägre än 0.05 för 95% nivån) så var det

ekvation (3) som bäst förklarade volatilitetssmilet för samtliga optioner. Jag har dock valt att enbart redovisa värdena på de olika konstanterna eftersom jag anser att det inte är så intressant att redovisa p-värdena för alla ekvationer, optioner och löptider (Se tabell 5.3 samt bilaga 3).

Astra Zeneca

AZN	c1	c2	c3	c4
1-30 dagar	0,99	2,27	21,91	-5,87
31-60	1,01	-0,08	37,96	1,42
61-90	1,00	1,09	9,24	-1,07
91-120	1,00	0,55	11,72	0,29
120-	0,99	1,76	-14,24	-2,62

Tabell 5.3

5.2 Analys av likviditetseffekten på volatilitets smilet

För att kunna avgöra om likviditeten har någon effekt för att förklara formen på volatilitetssmilet så var jag tvungen att genomföra nya regressioner för alla optioner och löptider med den nya variabeln ScaledBA. ScaledBA kan användas som den variabel som ska förklara likviditeten eftersom att skillnaden mellan köp och säljpriset för en option kan anses vara lika med likviditeten på marknaden för denna option.

Efter utförda regressioner kunde jag genom att analysera p-värdet för den nya variabeln se om denna variabel var signifikant, det vill säga att den har en viss betydelse för att förklara formen på volatilitetssmilet. Det visade sig att p-värdet för ScaledBA för de flesta av löptiderna på de olika optionerna är mindre än 0.05 och detta innebär då att ScaledBA är signifikant. För att lättare kunna se detta har jag valt att enbart redovisa p-värdet för den nya variabeln istället för att ta med p-värdena för alla variabler. Detta för att det enbart är detta värde som är av betydelse för att avgöra om likviditeten har någon effekt (se tabell 5.4 samt bilaga 3).

AZN	d1	d2	d3	d4	d5	p-värde
1-30 dagar	0,97	2,27	25,63	-3,45	0,13	0,00
31-60	1,00	0,27	31,37	0,23	-0,06	0,07
61-90	1,01	0,78	11,71	-0,82	-0,05	0,12
91-120	1,01	-0,11	17,31	0,68	-0,16	0,00
120-	0,97	1,85	-14,40	-2,48	0,09	0,00

Tabell 5.4

Detta innebär att likviditeten har en viss betydelse på volatiliteten i optionerna. Även om p-värdet i vissa fall är högre än 0.05 så innebär detta inte att jag kan förkasta att det har en viss effekt även för den löptiden. Jag har dock inte gjort några tester för hur stor betydelse likviditeten har för att förklara volatilitets smilet.

6 Slutsats

I kapitlet slutsatser sammanfattar jag det resultat som jag har kommit fram till i uppsatsen samt att jag för en diskussion kring validitet, reliabilitet och generaliserbarhet.

För att kunna testa om likviditeten hade någon effekt för att förklara volatilitetssmilet så var jag tvungen att hitta en ekvation som kunde förklara formen på smilet. Efter att ha testat olika ekvationer så kom jag fram till att det var ekvation (3) som var den som bäst förklarade smilet. Ekvation (3) var en andragsradsekvation med en dummyvariabel och den tillagda dummyvariabeln var signifikant för alla optioner och löptider.

För att kunna analysera om likviditeten har någon effekt för att förklara formen på volatilitetssmilet så var jag tvungen att lägga till en likviditetsvariabel till ekvation (3). Då det anses att ScaledBA är lika med likviditeten på markanden så var det denna variabel jag använde mig av i ekvation (4). I de flesta fall kom jag fram till att den var signifikant vilket innebär att den har en viss betydelse för att förklara formen på volatilitetssmilet. I de fall ScaledBA inte var signifikant går det inte förkasta att den har betydelse, det ända jag kan säga är att det inte går att förkasta att den inte har betydelse. Detta innebär att likviditeten har en viss effekt då det gäller att förklara formen på volatilitetssmilet. Det går dock inte att säga hur stor effekt det har för att förklara formen på volatilitetssmilet.

6.1 Diskussion om resultaten

6.1.1 Validitet

Validitet innebär att mäta det som avses att mäta och att inget ovidkommande påverkar resultatet.⁵² För att undvika systematiska fel i uppsatsen bör överensstämmelsen mellan teoretisk och empirisk fakta vara hög och det har den varit genom hela uppsatsen. Vidare kan de systematiska felen undvikas genom tydliga definitioner av begrepp och en klar uppfattning av syfte och problemformulering. Eftersom den data jag har analyserat är medel köp och

⁵² Wallén G (1993), Vetenskapsteori och forskningsmetodik

säljkurserna under dagen för optioner som har handlats med på Stockholmsbörsen så anser jag att detta är korrekta uppgifter och att det var detta jag hade för avsikt att analysera. Detta gör då att validiteten för uppsatsen är hög.

6.1.2 Reliabilitet

Reliabilitet kan definieras som frihet från slumpmässiga fel.⁵³ Uppsatsens empiriska del är baserad på en stor mängd observationer. Med tanke på det stora antalet observationer jag samlade in när jag skulle börja denna uppsats så anser jag att reliabiliteten är mycket hög även efter det att jag har sorterat bort den ofullständiga och oanvändbara datan.

6.1.3 Generaliserbarhet

På grund av det mycket speciella ändamålet med denna studie så är det inte så lätt att generalisera resultatet till andra branscher. Jag anser dock att resultatet går att generalisera så att det fungerar för alla aktieoptioner på Stockholmsbörsen, jag anser även att resultatet ska gälla för alla aktieoptioner som är av amerikansk typ.

⁵³ Arvidsson P, Rosengren K (1992), Sociologisk metodik, s72-75

7 Referenser

7.1 Böcker

Arvidsson P, Rosengren K (1992), *Sociologisk metodik*, Liber AB

Bell J (1995), *Introduktion till forskningsmetodik*, Studentlitteratur, Lund

Björklund M, Paulsson U (2002), *Att skriva, presentera och opponera*, Testupplaga 2, Lund

Damodar N. Gujarati (2003): *Basic Econometrics*. Fourth Edition, The McGraw-Hill Companies Inc, New York, USA

Davidsson B, Patel R (1994), *Forskningsmetodikens grunder*, Studentlitteratur, Lund

Eklund Klas (2000): *Vår Ekonomi*. Åttonde upplagan, Bokförlaget Prisma, Värnamo, Sverige

Eriksson Lars Torsten, Wiedersheim-Paul Finn (2001): *Att utreda forska och rapportera*. Seventh Edition, Liber Ekonomi, Karlshamn, Sweden

Haglundh Gunilla, Nilsson Pia (2000): *Bonniers Ekonomi Ordbok*. Albert Bonniers Förlag, Stockholm, Sverige

Hayashi Fumio (2000): *Econometrics*. First Edition, Princeton University Press, New Jersey, USA

Hill R. Carter, Griffiths William E., Judge George G. (2001): *Undergraduate Economic*. Second Edition, John Wiley & Sons Inc, USA

Holme Idar Magne, Solvang Bernt Krohn (1996): *Forskningsmetodik – om kvalitativa och kvantitativa metoder*. Second Edition, Studentlitteratur, Lund, Sweden

Hull John C. (1998): *Introduction to Futures and Options Market*. Third Edition, Prentice-Hall Inc, New Jersey, USA

Röman Jan R. M. (2003): *Finansmarknaden; En översikt av instrument och värderingmodeller*. Department of Mathematics and Physics Mälardalen University, Västerås, Sweden

Wallén Göran (1993): *Vetenskapsteori och forskningsmetodik*. Second Edition, Studentlitteratur, Lund, Sweden

7.2 Artiklar

Ellram L M (1996), *The use of the case study method in logistics research*, Journal of business logistics, Volume 17, Number 2

Deuskar Prachi, Gupta Anurag, Subrahmanyam Marti G. (2003): *Liquidity effect and volatility smiles in interest rate option market*

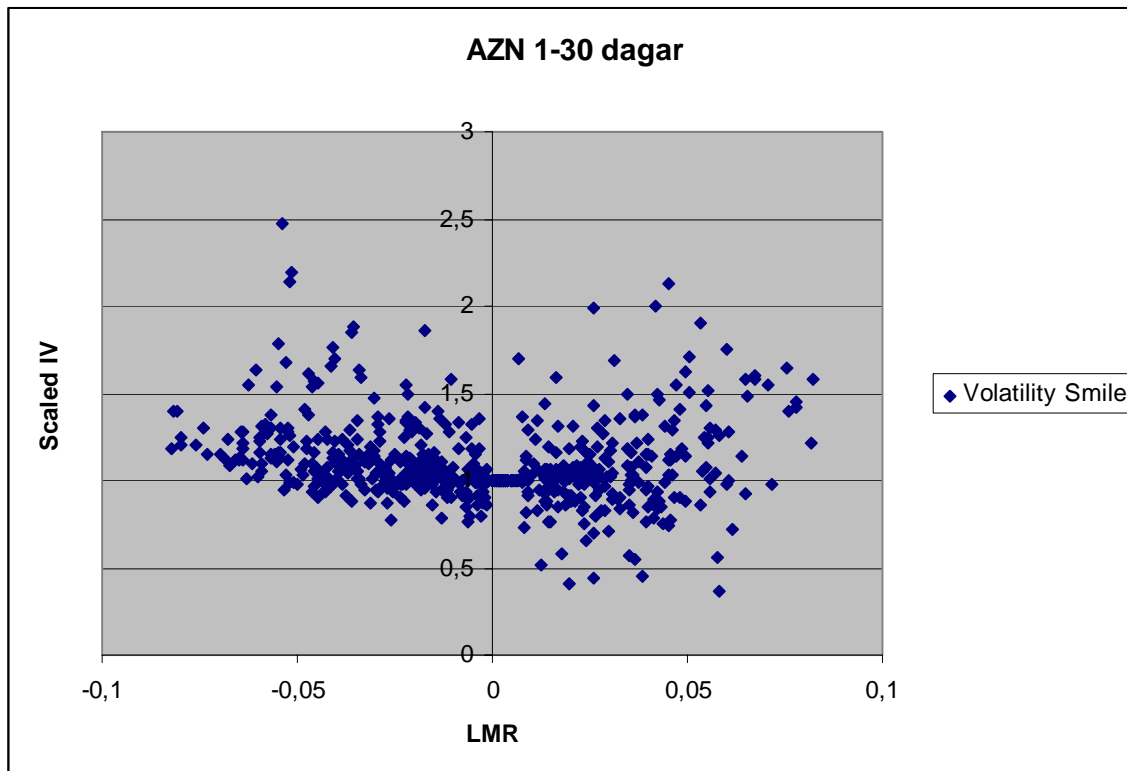
7.3 Internet

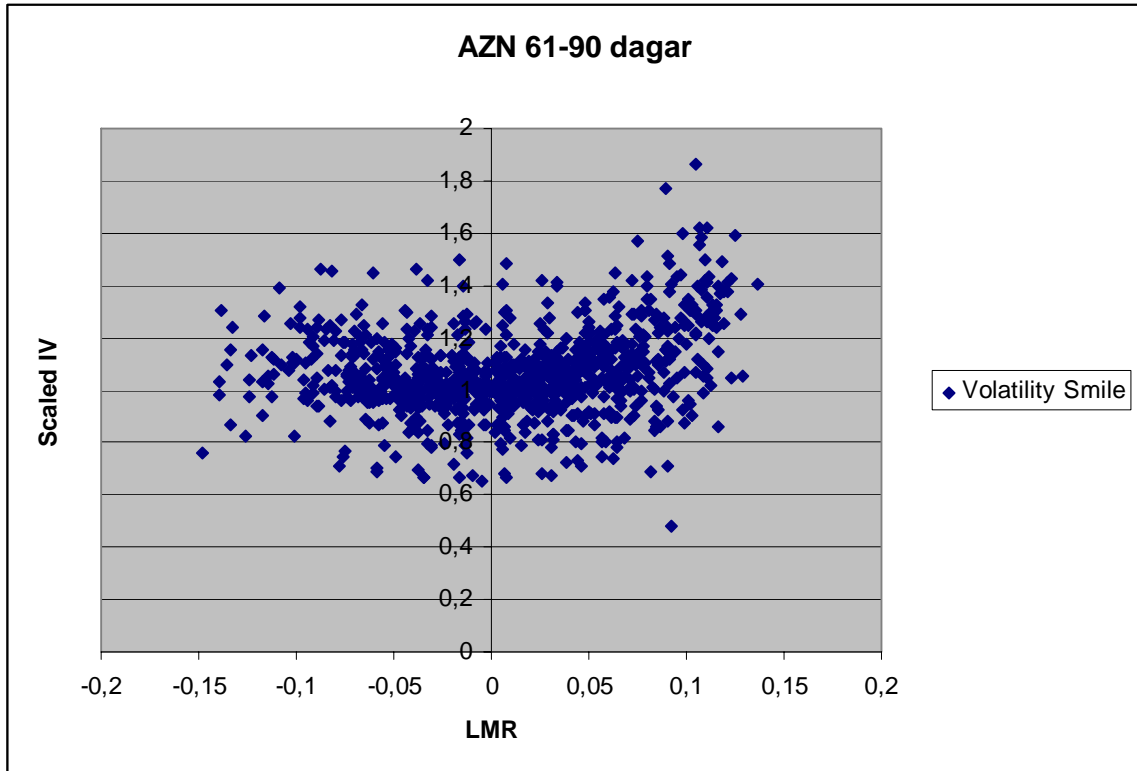
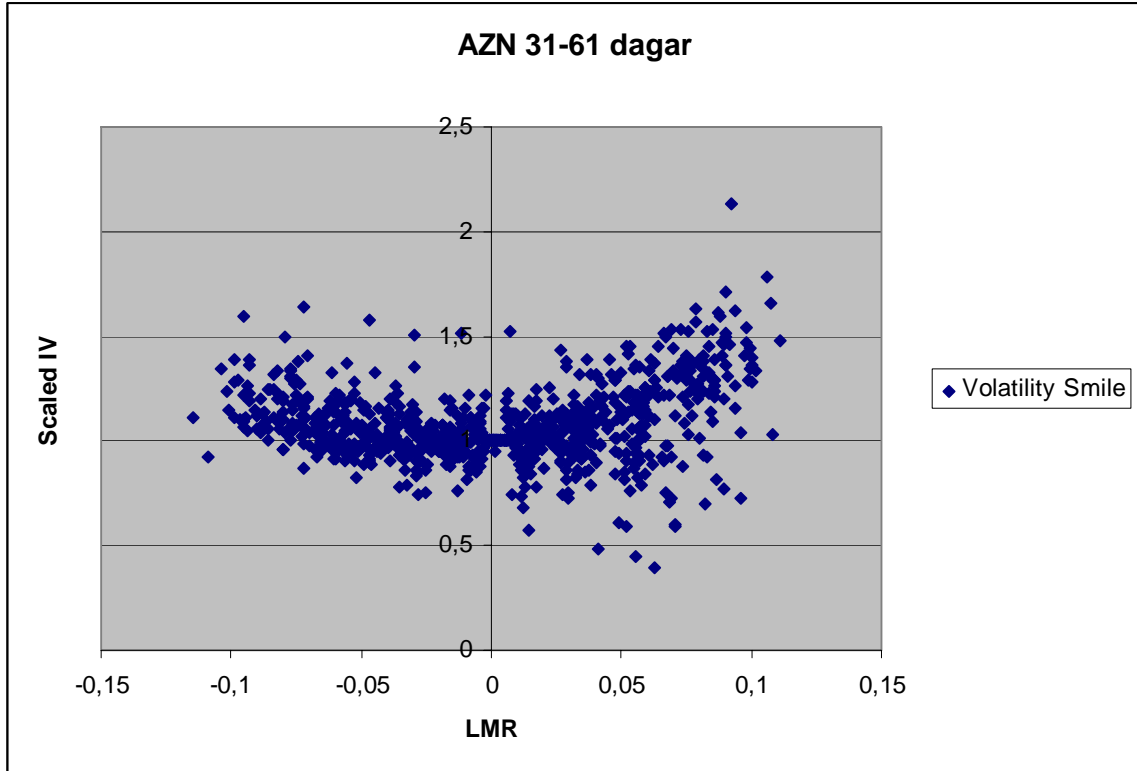
http://www.anst.uu.se/matieklo/lectures/MetodC/2003_Notes.pdf, 2005-01-05

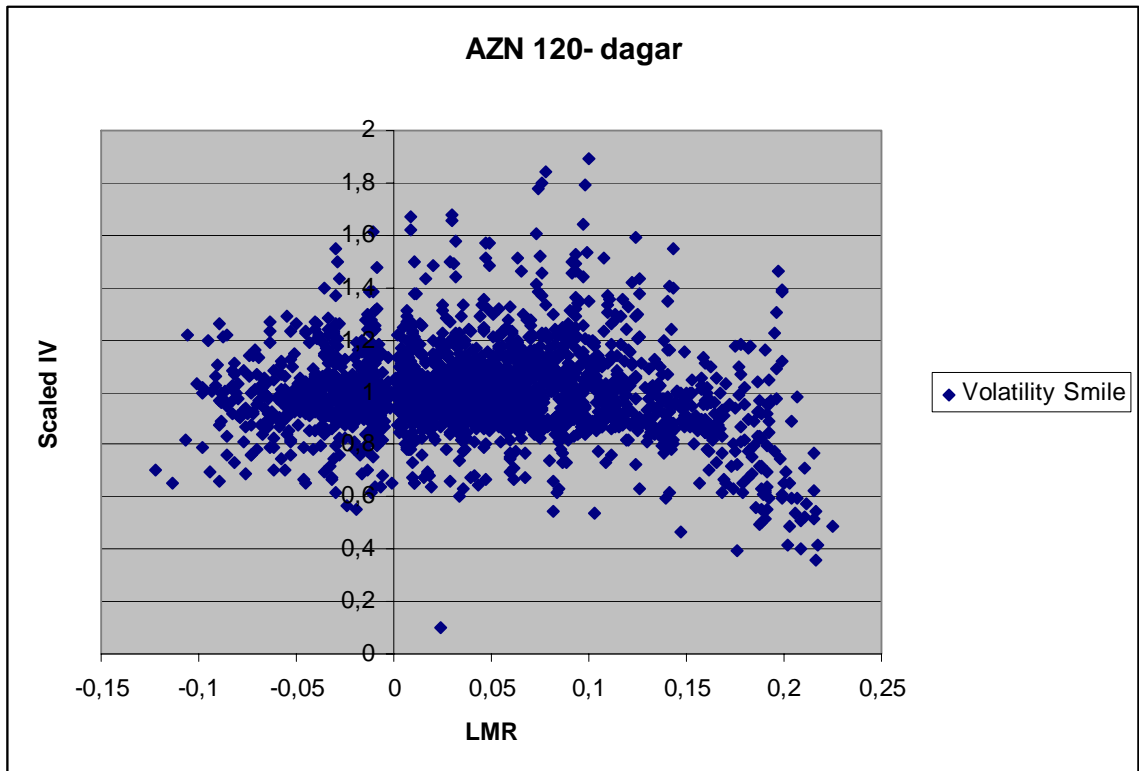
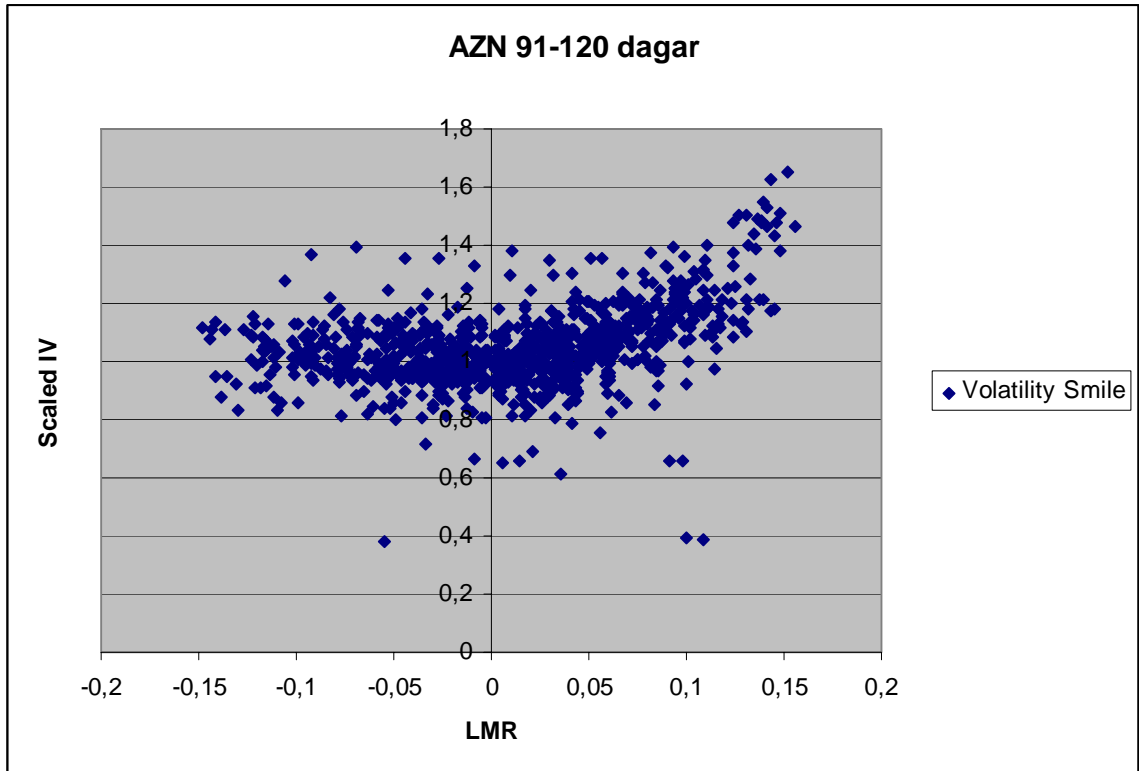
Appendix

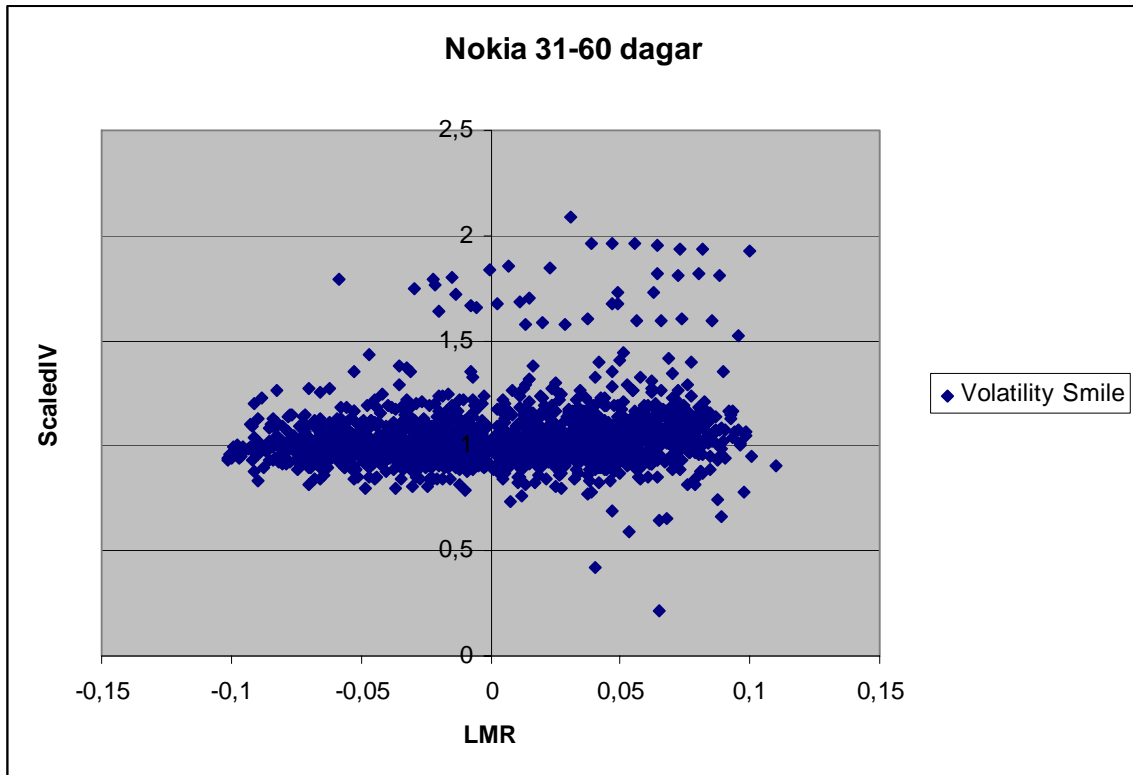
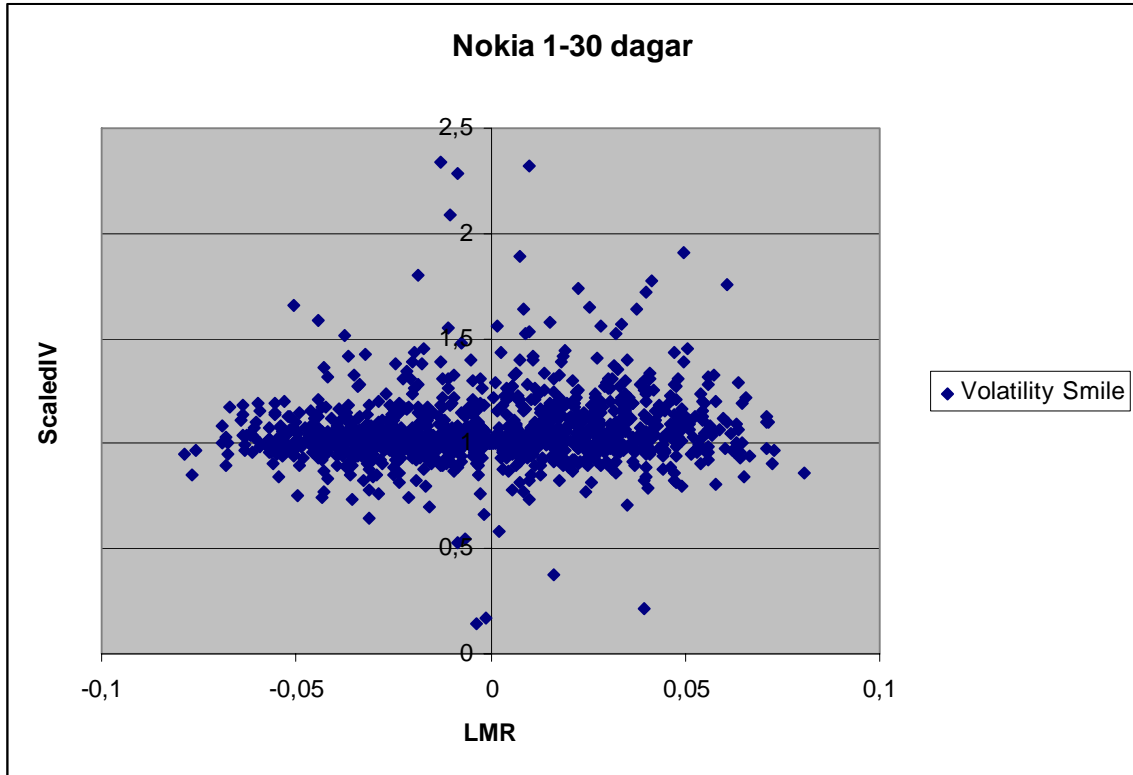
Bilaga 1

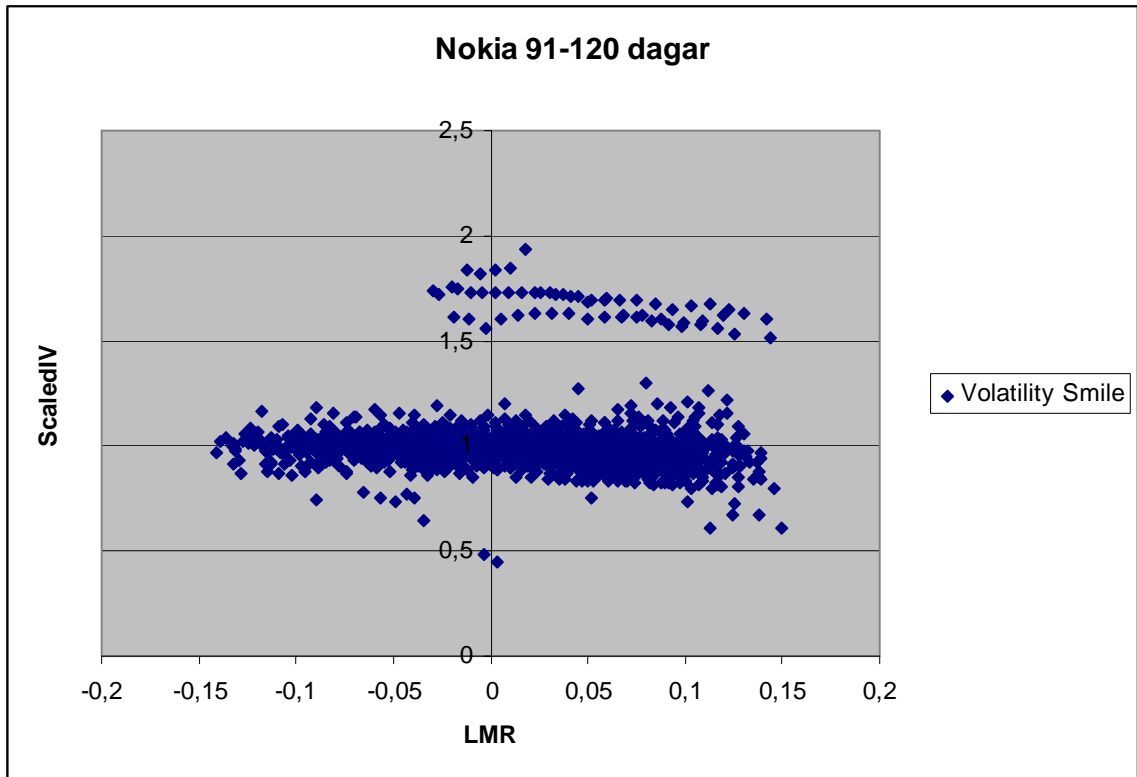
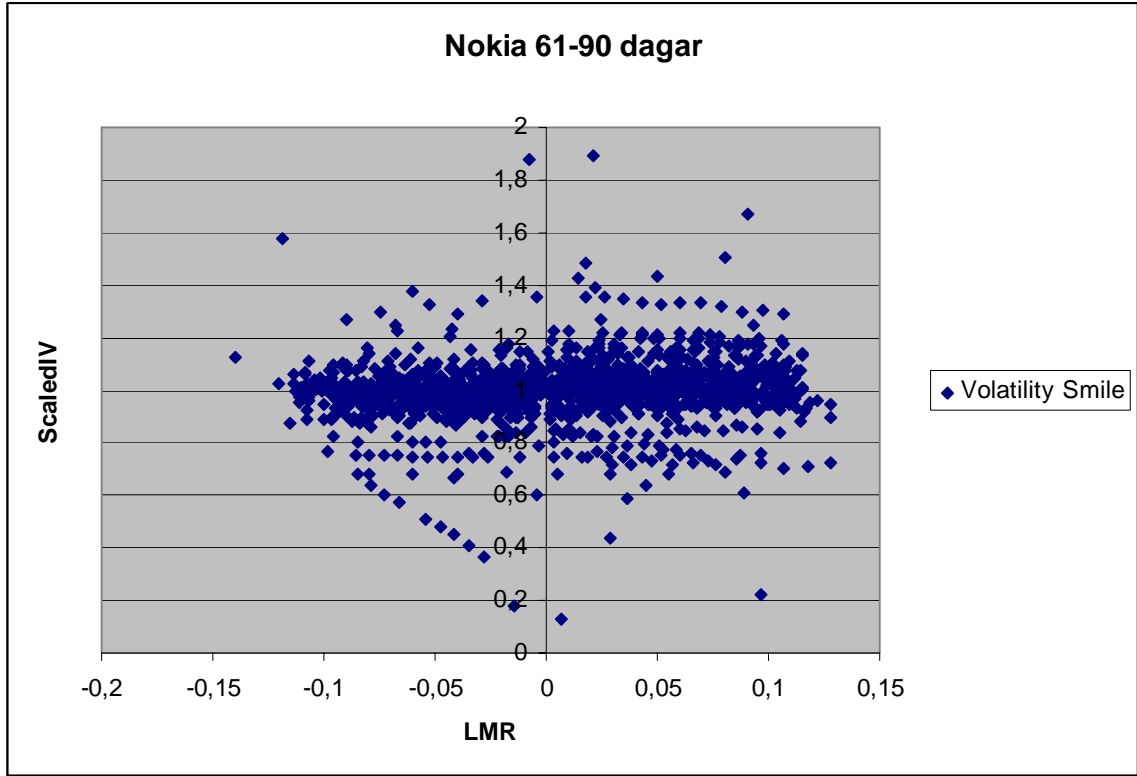
Bilaga 1 innehåller de diagram som är plottade för olika löptider för de olika optionerna. Den vertikala axeln på diagramen är ScaledIV vilket är volatiliteten på optionen delat med at the money volatiliteten för en option med samma löptid. Detta för att få bort eventuella ändringar i volatilitet över tiden. Den horisontella axlen är LMR, vilket är lika med den logaritmerade moneynessen för optionen.

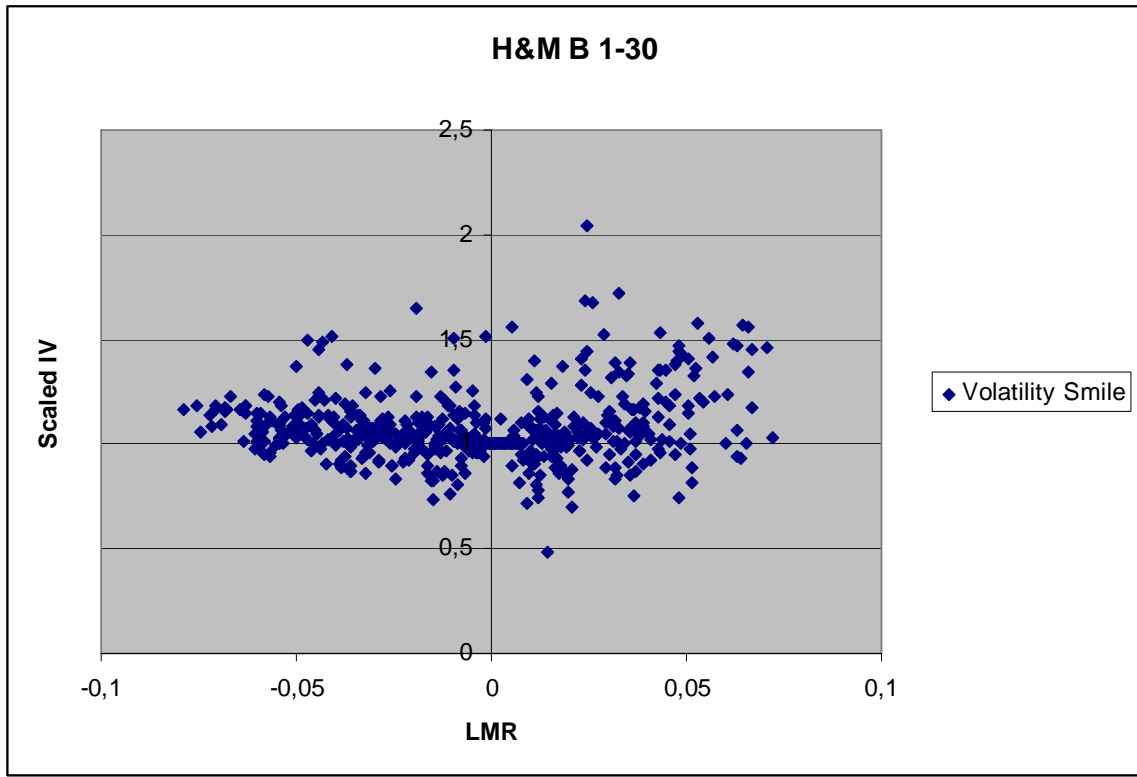
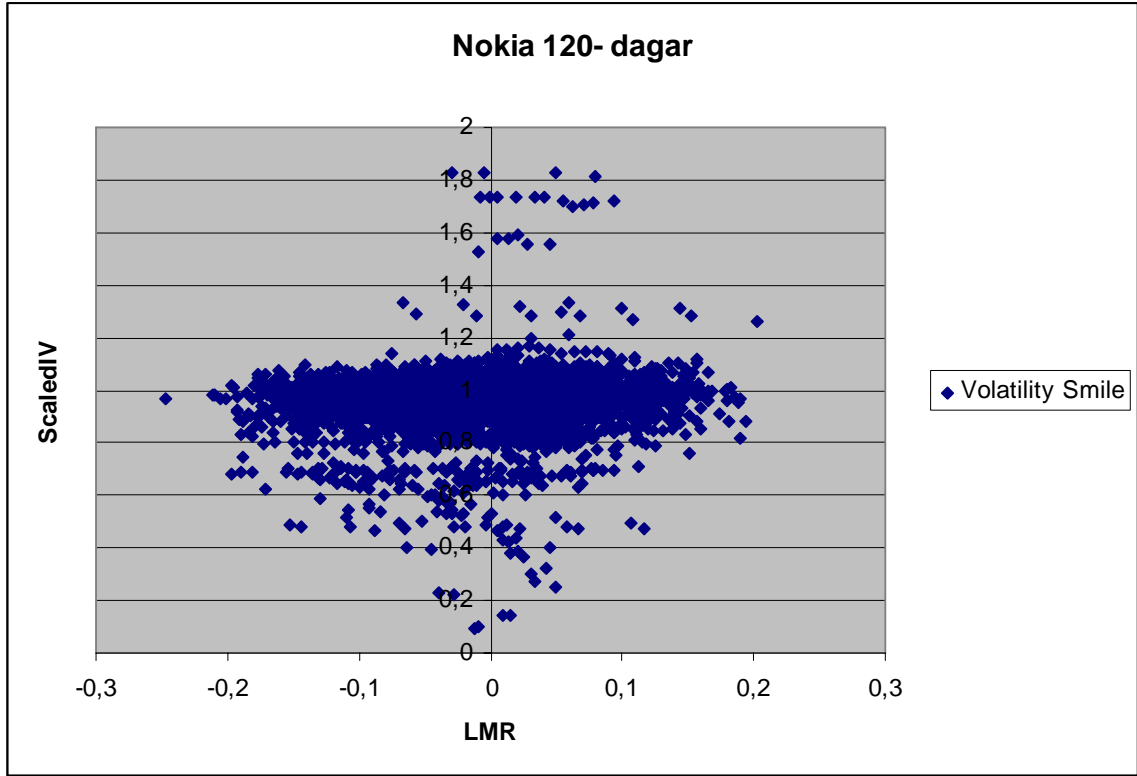


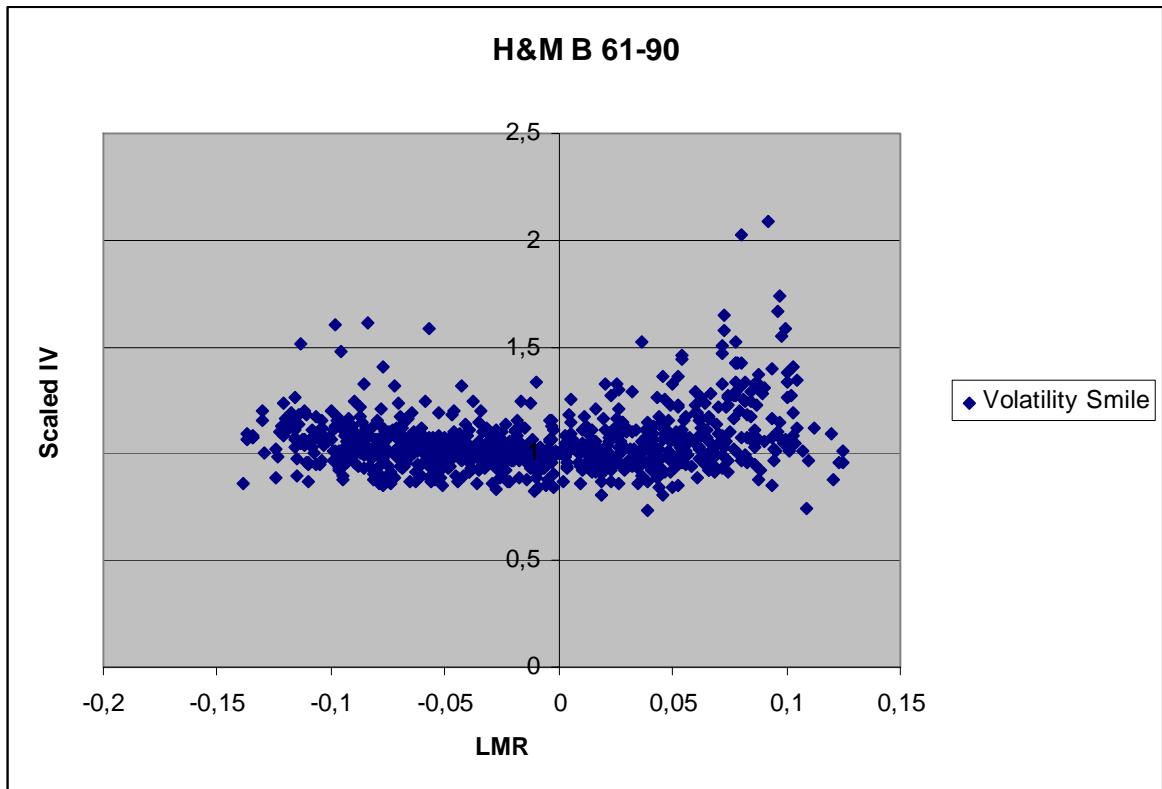
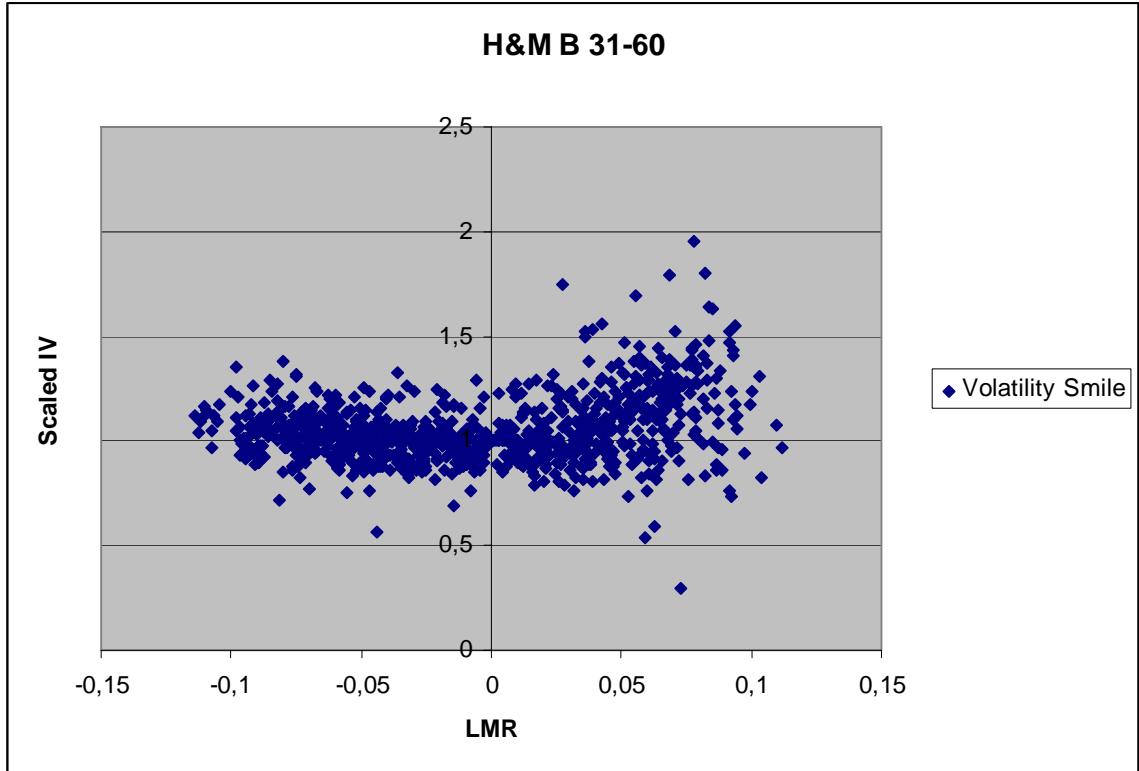


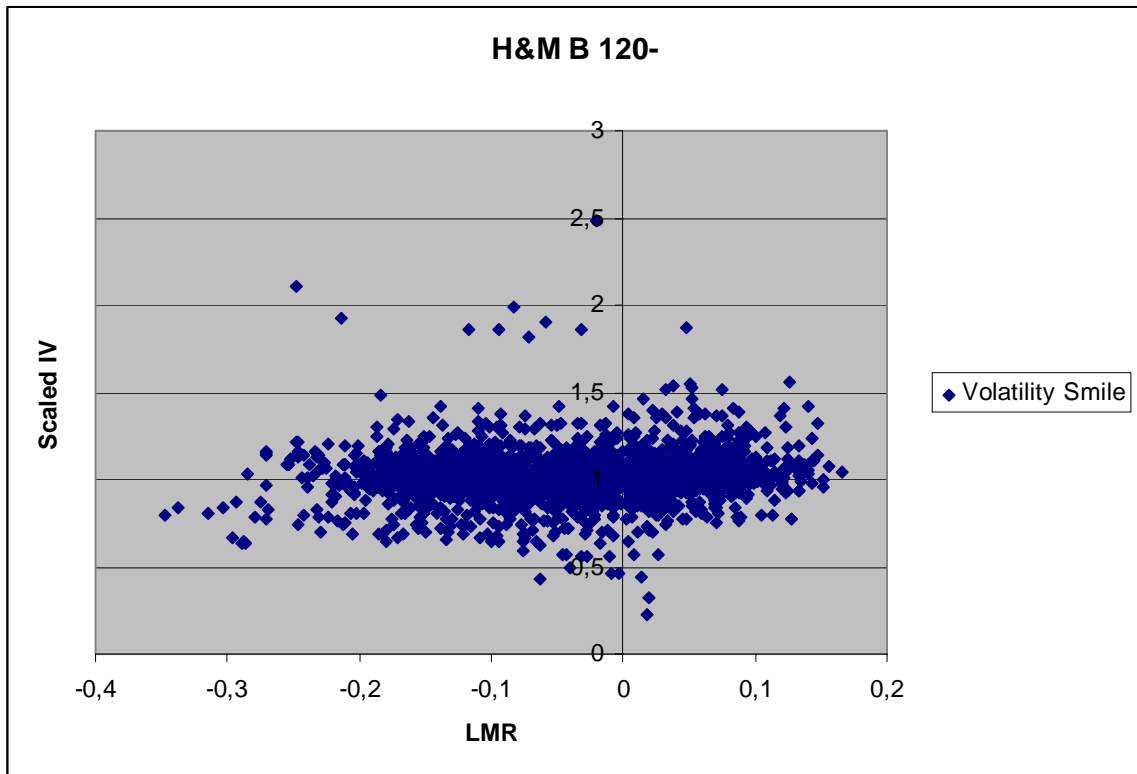
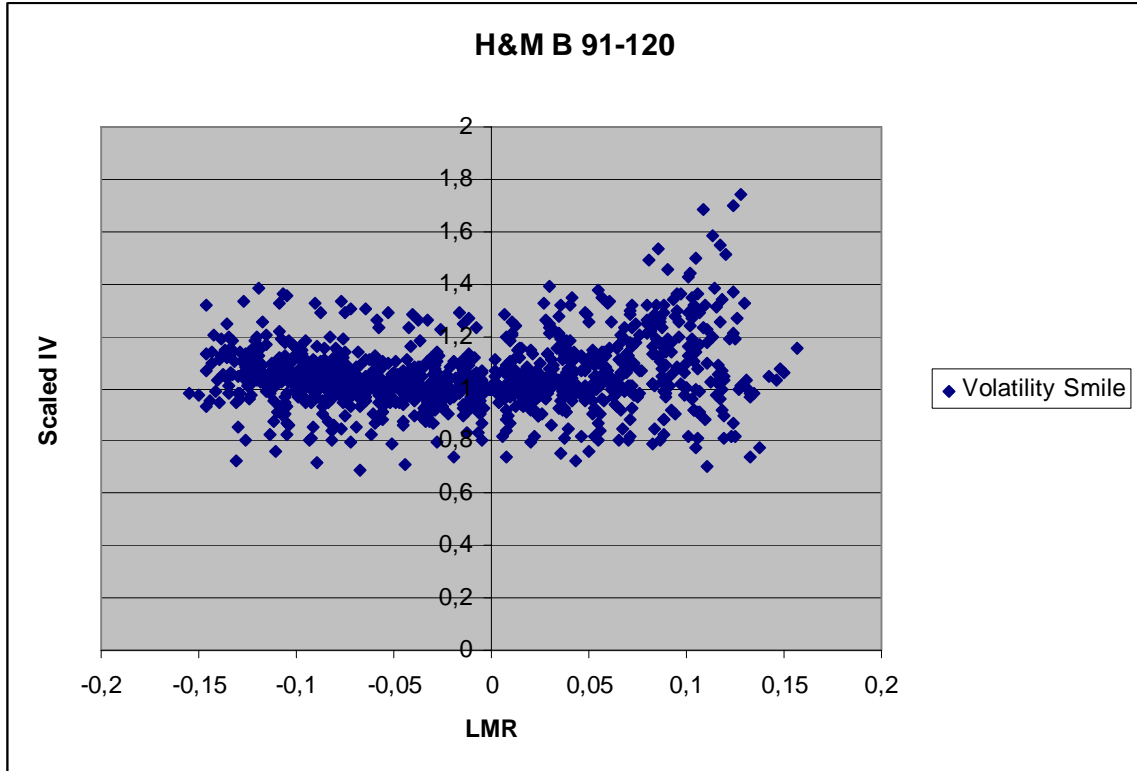












Bilaga 2

I bilaga 2 finns tabeller där jag har beräknat medelpriset för optionerna med avseende på löptid och Log Moneyness Ratio(LMR) (angivet i kr) samt tabeller där skillnaden mellan sälj och köppriset för optionerna delat med medelpriset för optionerna finns angivet med avseende på löptid och LMR (angivet i %).

Astra Zeneca

Call	<-0.05	<0.05	>0.05
30	0,71 kr	14,44 kr	93,13 kr
60	2,32 kr	21,27 kr	93,82 kr
90	4,11 kr	25,37 kr	86,14 kr
120	5,71 kr	30,51 kr	90,79 kr
>120	12,97 kr	43,59 kr	112,63 kr

Call	<-0.05	<0.05	>0.05
30	152,29%	41,37%	7,24%
60	87,40%	18,47%	6,79%
90	71,13%	15,49%	6,33%
120	54,91%	15,48%	6,18%
>120	32,42%	14,02%	5,75%

H&M B

Call	<-0.05	<0.05	>0.05
30	0,62 kr	9,45 kr	56,05 kr
60	1,65 kr	14,59 kr	55,57 kr
90	2,88 kr	17,55 kr	54,97 kr
120	4,58 kr	21,38 kr	51,93 kr
>120	7,98 kr	25,90 kr	51,86 kr

Call	<-0.05	<0.05	>0.05
30	164,87%	43,05%	12,13%
60	121,41%	20,84%	11,00%
90	101,35%	18,91%	11,05%
120	73,10%	18,01%	11,32%
>120	53,32%	16,18%	10,69%

Nokia

Call	<-0.05	<0.05	>0.05
30	1,96 kr	42,95 kr	378,31 kr
60	8,75 kr	67,33 kr	400,84 kr
90	14,86 kr	95,87 kr	371,26 kr
120	22,29 kr	110,41 kr	301,88 kr
>120	42,02 kr	125,10 kr	183,10 kr

Call	<-0.05	<0.05	>0.05
30	133,80%	31,05%	3,96%
60	54,16%	13,68%	3,52%
90	41,92%	12,32%	3,14%
120	25,62%	9,36%	3,66%
>120	12,36%	5,99%	4,13%

Bilaga 3

I bilaga 3 finns de tabeller där jag har beräknat de olika konstanterna med avseenden på ekvation (3) och (4) samt p-värdena för d5. d5 är den variabel som motsvarar likviditeten för optionerna och det är därför det är viktigt att ange p-värdena för d5 så att det går att se om den har någon betydelse.

Astra Zeneca

AZN	c1	c2	c3	c4
1-30 dagar	0,99	2,27	21,91	-5,87
31-60	1,01	-0,08	37,96	1,42
61-90	1,00	1,09	9,24	-1,07
91-120	1,00	0,55	11,72	0,29
120-	0,99	1,76	-14,24	-2,62

AZN	d1	d2	d3	d4	d5	p-värde
1-30 dagar	0,97	2,27	25,63	-3,45	0,13	0,00
31-60	1,00	0,27	31,37	0,23	-0,06	0,07
61-90	1,01	0,78	11,71	-0,82	-0,05	0,12
91-120	1,01	-0,11	17,31	0,68	-0,16	0,00
120-	0,97	1,85	-14,40	-2,48	0,09	0,00

H&M B

H&M B	c1	c2	c3	c4
1-30 dagar	1,01	2,90	12,57	-3,94
31-60	0,97	2,54	1,97	-3,29
61-90	0,99	1,86	0,84	-2,52
91-120	1,00	1,17	-0,22	-1,66
120-	0,99	0,98	-1,77	-1,39

H&M B	d1	d2	d3	d4	d5	p-värde
1-30 dagar	1,00	2,93	13,36	-3,56	0,04	0,10
31-60	0,96	2,82	-1,20	-3,54	0,06	0,00
61-90	0,96	2,40	-4,38	-3,10	0,12	0,00
91-120	0,99	1,28	-0,97	-1,73	0,04	0,13
120-	0,98	0,68	0,85	-0,53	0,12	0,00

Nokia

Nokia	c1	c2	c3	c4
1-30 dagar	1,04	2,22	-25,45	-3,18
31-60	1,03	0,57	2,71	-0,12
61-90	1,00	0,17	0,88	0,13
91-120	1,03	-0,38	1,65	0,91
120-	0,97	0,09	0,23	0,09

Nokia	d1	d2	d3	d4	d5	p-värde
1-30 dagar	1,03	2,34	-25,98	-3,27	0,03	0,14
31-60	1,02	0,69	2,25	-0,11	0,09	0,01
61-90	1,01	-0,08	2,46	0,36	-0,10	0,00
91-120	1,03	-0,38	1,65	0,91	0,00	0,00
120-	0,96	0,15	-0,04	0,05	0,12	0,00

Bilaga 4

Bilaga 4 innehåller det makro jag har skrivit för att på ett lättare sätt kunna analysera den data jag har haft tillgång till. Makrot utför en stor del av de beräkningar som behövs för att sedan kunna göra regressionen.

```
Sub fixa_datum()  
    Dim row As Long  
    Dim iMonth As String  
    Dim iDay As String  
    Dim ws As String  
    Dim strC As String  
    row = 1  
    ws = "Blad1"  
    strC = Worksheets(ws).Cells(row, 1).Value  
    Do Until Len(strC) = 0  
        If Len(strC) = 3 Then  
            iMonth = Mid(strC, 1, 1)  
            iDay = Mid(strC, 2, 2)  
        ElseIf Len(strC) = 4 Then  
            iMonth = Mid(strC, 1, 2)  
            iDay = Mid(strC, 3, 2)  
        End If  
        Worksheets(ws).Cells(row, 1).Value = "2000-" & iMonth & "-" & iDay  
        row = row + 1  
        strC = Worksheets(ws).Cells(row, 1).Value  
    Loop  
End Sub
```

```
Sub fixa_2()  
    Dim row As Long  
    Dim ws As String  
    Dim strC As String  
    Dim iLen As Integer  
    Dim date_a As Date  
    Dim date_t As Date  
    row = 1  
    ' OBS Maste andras  
    ' Antal bokstaver i aktienamn  
    iLen = 3  
    ws = "Blad1"  
    strC = Worksheets(ws).Cells(row, 2).Value  
    Do Until Len(strC) = 0  
        If (Len(strC) > iLen + 2) And Not (Right(strC, 1) = "X") Then  
            strAktie = Mid(strC, 1, iLen)  
            strAr = Mid(strC, iLen + 1, 1)  
            strManad = Mid(strC, iLen + 2, 1)  
            strPris = Right(strC, Len(strC) - iLen - 2)  
            Worksheets(ws).Cells(row, 10).Value = strAktie  
            Worksheets(ws).Cells(row, 11).Value = 2000 + Int(strAr)  
            If (strManad = "A") Then  
                Worksheets(ws).Cells(row, 12).Value = 1  
                Worksheets(ws).Cells(row, 13).Value = "Call"  
            ElseIf (strManad = "B") Then  
                Worksheets(ws).Cells(row, 12).Value = 2  
            End If  
        End If  
    Loop  
End Sub
```

```

Worksheets(ws).Cells(row, 13).Value = "Call"
ElseIf (strManad = "C") Then
    Worksheets(ws).Cells(row, 12).Value = 3
    Worksheets(ws).Cells(row, 13).Value = "Call"
ElseIf (strManad = "D") Then
    Worksheets(ws).Cells(row, 12).Value = 4
    Worksheets(ws).Cells(row, 13).Value = "Call"
ElseIf (strManad = "E") Then
    Worksheets(ws).Cells(row, 12).Value = 5
    Worksheets(ws).Cells(row, 13).Value = "Call"
ElseIf (strManad = "F") Then
    Worksheets(ws).Cells(row, 12).Value = 6
    Worksheets(ws).Cells(row, 13).Value = "Call"
ElseIf (strManad = "G") Then
    Worksheets(ws).Cells(row, 12).Value = 7
    Worksheets(ws).Cells(row, 13).Value = "Call"
ElseIf (strManad = "H") Then
    Worksheets(ws).Cells(row, 12).Value = 8
    Worksheets(ws).Cells(row, 13).Value = "Call"
ElseIf (strManad = "I") Then
    Worksheets(ws).Cells(row, 12).Value = 9
    Worksheets(ws).Cells(row, 13).Value = "Call"
ElseIf (strManad = "J") Then
    Worksheets(ws).Cells(row, 12).Value = 10
    Worksheets(ws).Cells(row, 13).Value = "Call"
ElseIf (strManad = "K") Then
    Worksheets(ws).Cells(row, 12).Value = 11
    Worksheets(ws).Cells(row, 13).Value = "Call"
ElseIf (strManad = "L") Then
    Worksheets(ws).Cells(row, 12).Value = 12
    Worksheets(ws).Cells(row, 13).Value = "Call"
ElseIf (strManad = "M") Then
    Worksheets(ws).Cells(row, 12).Value = 1
    Worksheets(ws).Cells(row, 13).Value = "Put"
ElseIf (strManad = "N") Then
    Worksheets(ws).Cells(row, 12).Value = 2
    Worksheets(ws).Cells(row, 13).Value = "Put"
ElseIf (strManad = "O") Then
    Worksheets(ws).Cells(row, 12).Value = 3
    Worksheets(ws).Cells(row, 13).Value = "Put"
ElseIf (strManad = "P") Then
    Worksheets(ws).Cells(row, 12).Value = 4
    Worksheets(ws).Cells(row, 13).Value = "Put"
ElseIf (strManad = "Q") Then
    Worksheets(ws).Cells(row, 12).Value = 5
    Worksheets(ws).Cells(row, 13).Value = "Put"
ElseIf (strManad = "R") Then
    Worksheets(ws).Cells(row, 12).Value = 6
    Worksheets(ws).Cells(row, 13).Value = "Put"
ElseIf (strManad = "S") Then
    Worksheets(ws).Cells(row, 12).Value = 7
    Worksheets(ws).Cells(row, 13).Value = "Put"
ElseIf (strManad = "T") Then
    Worksheets(ws).Cells(row, 12).Value = 8
    Worksheets(ws).Cells(row, 13).Value = "Put"
ElseIf (strManad = "U") Then

```

```

        Worksheets(ws).Cells(row, 12).Value = 9
        Worksheets(ws).Cells(row, 13).Value = "Put"
    ElseIf (strManad = "V") Then
        Worksheets(ws).Cells(row, 12).Value = 10
        Worksheets(ws).Cells(row, 13).Value = "Put"
    ElseIf (strManad = "W") Then
        Worksheets(ws).Cells(row, 12).Value = 11
        Worksheets(ws).Cells(row, 13).Value = "Put"
    ElseIf (strManad = "X") Then
        Worksheets(ws).Cells(row, 12).Value = 12
        Worksheets(ws).Cells(row, 13).Value = "Put"
    End If
    Worksheets(ws).Cells(row, 14).Value = strPris
    strDate = Worksheets(ws).Cells(row, 1)
    strMonth = Worksheets(ws).Cells(row, 12)
    strYear = Worksheets(ws).Cells(row, 11)
        date_t = NthDayOfWeek(Int(strYear), Int(strMonth), 3, 6)
    date_a = strDate
    days = date_t - date_a
    Worksheets(ws).Cells(row, 15).Value = days
End If
row = row + 1
strC = Worksheets(ws).Cells(row, 2).Value
Loop
End Sub

```

```

Function copy_price()
    Dim row As Long
    Dim ws_to, ws_from As String
    Dim strC As String
    row = 2
    ws_to = "Blad1"
    ws_from = "Blad2"
    d = 0
    price = 0
    d_row = 1
    strC = Worksheets(ws_to).Cells(row, 1).Value
    Do Until Len(strC) = 0
        Do While (d < strC) And Len(d) > 0
            d = Worksheets(ws_from).Cells(d_row, 1).Value
            price = Worksheets(ws_from).Cells(d_row, 4).Value
            d_row = d_row + 1
        Loop
        Worksheets(ws_to).Cells(row, 16).Value = price
        row = row + 1
        strC = Worksheets(ws_to).Cells(row, 1).Value
    Loop
End Function

```

```

Public Function NthDayOfWeek(Y As Integer, M As Integer, _
    N As Integer, DOW As Integer) As Date
    NthDayOfWeek = DateSerial(Y, M, (8 - WeekDay(DateSerial(Y, M, 1), _
        (DOW + 1) Mod 8)) + ((N - 1) * 7))
End Function

```

```

' raknar ut LMR
Public Function priserLMR()
    Dim row As Long
    Dim ws As String
    Dim strZ As String
    Dim strC As Double
    Dim col_from, col_add, col_to, col_days As Double
    Dim t_c_1(5), t_c_2(5), t_c_3(5) As Double
    Dim t_p_1(5), t_p_2(5), t_p_3(5) As Double
    Dim n_c_1(5), n_c_2(5), n_c_3(5) As Double
    Dim n_p_1(5), n_p_2(5), n_p_3(5) As Double
    Dim days As Double
    Dim index As Integer
    Dim val_avgPrice As Double
    row = 2
        ws = "Blad1"
        ' vilka kolumner som innehaller data
    col_from = 18
    col_bid = 3
    col_add = 4
    col_days = 15
        ' var det ska visas
    col_to_call = 27
    col_to_put = 32
    row_avgPrice = 3
    strZ = Worksheets(ws).Cells(row, 1).Value
    Do Until Len(strZ) = 0
    If Not Len(Worksheets(ws).Cells(row, 10).Value) = 0 Then
        strC = Worksheets(ws).Cells(row, col_from).Value
        days = Worksheets(ws).Cells(row, col_days).Value
        index = dagar_till_index(days)
        val_avgPrice = (Worksheets(ws).Cells(row, col_bid).Value + Worksheets(ws).Cells(row, col_add).Value) / 2
        If (strC < -0.05) Then
            If (Worksheets(ws).Cells(row, 13).Value = "Call") Then
                t_c_1(index) = t_c_1(index) + val_avgPrice
                n_c_1(index) = n_c_1(index) + 1
            Else
                t_p_1(index) = t_p_1(index) + val_avgPrice
                n_p_1(index) = n_p_1(index) + 1
            End If
        ElseIf (strC < 0.05) Then
            If (Worksheets(ws).Cells(row, 13).Value = "Call") Then
                t_c_2(index) = t_c_2(index) + val_avgPrice
                n_c_2(index) = n_c_2(index) + 1
            Else
                t_p_2(index) = t_p_2(index) + val_avgPrice
                n_p_2(index) = n_p_2(index) + 1
            End If
        Else
            If (Worksheets(ws).Cells(row, 13).Value = "Call") Then
                t_c_3(index) = t_c_3(index) + val_avgPrice
                n_c_3(index) = n_c_3(index) + 1
            Else
                t_p_3(index) = t_p_3(index) + val_avgPrice
                n_p_3(index) = n_p_3(index) + 1
            End If
        End If
    End If
End Function

```



```

    End If
End If
row = row + 1
strZ = Worksheets(ws).Cells(row, 1).Value
Loop
Dim i As Integer
For i = 1 To 5
    ' Call
    If (n_c_1(i) > 0) Then
        Worksheets(ws).Cells(row_avgPrice + (i - 1), col_to_call).Value = t_c_1(i) / n_c_1(i)
    End If
    If (n_c_2(i) > 0) Then
        Worksheets(ws).Cells(row_avgPrice + (i - 1), col_to_call + 1).Value = t_c_2(i) / n_c_2(i)
    End If
    If (n_c_3(i) > 0) Then
        Worksheets(ws).Cells(row_avgPrice + (i - 1), col_to_call + 2).Value = t_c_3(i) / n_c_3(i)
    End If
    ' Put
    If (n_p_1(i) > 0) Then
        Worksheets(ws).Cells(row_avgPrice + (i - 1), col_to_put).Value = t_p_1(i) / n_p_1(i)
    End If
    If (n_p_2(i) > 0) Then
        Worksheets(ws).Cells(row_avgPrice + (i - 1), col_to_put + 1).Value = t_p_2(i) / n_p_2(i)
    End If
    If (n_p_3(i) > 0) Then
        Worksheets(ws).Cells(row_avgPrice + (i - 1), col_to_put + 2).Value = t_p_3(i) / n_p_3(i)
    End If
Next i
End Function

```

```

Public Function scaledBidAskSpread()
    Dim row As Long
    Dim ws As String
    Dim strZ As String
    Dim strC As Double
    Dim col_from, col_add, col_to, col_days As Double
    Dim t_c_1(5), t_c_2(5), t_c_3(5) As Double
    Dim t_p_1(5), t_p_2(5), t_p_3(5) As Double
    Dim n_c_1(5), n_c_2(5), n_c_3(5) As Double
    Dim n_p_1(5), n_p_2(5), n_p_3(5) As Double
    Dim days As Double
    Dim index As Integer
    Dim val_avgPrice As Double
    Dim val_spread As Double
    Dim val_scaledSpread As Double
    row = 2
    ws = "Blad1"
    col_from = 18
    col_bid = 3
    col_ask = 4
    col_days = 15
    ' var det ska visas
    col_to_call = 27
    col_to_put = 32
    row_scaledSpread = 11

```

```

strZ = Worksheets(ws).Cells(row, 1).Value
Do Until Len(strZ) = 0
If Not Len(Worksheets(ws).Cells(row, 10).Value) = 0 Then
    strC = Worksheets(ws).Cells(row, col_from).Value
    days = Worksheets(ws).Cells(row, col_days).Value
    index = dagar_till_index(days)
    val_avgPrice = (Worksheets(ws).Cells(row, col_bid).Value + Worksheets(ws).Cells(row, col_ask).Value) / 2
    val_spread = Worksheets(ws).Cells(row, col_ask).Value - Worksheets(ws).Cells(row, col_bid).Value
    val_scaledSpread = val_spread / val_avgPrice
    If (strC < -0.05) Then
        If (Worksheets(ws).Cells(row, 13).Value = "Call") Then
            t_c_1(index) = t_c_1(index) + val_scaledSpread
            n_c_1(index) = n_c_1(index) + 1
        Else
            t_p_1(index) = t_p_1(index) + val_scaledSpread
            n_p_1(index) = n_p_1(index) + 1
        End If
    ElseIf (strC < 0.05) Then
        If (Worksheets(ws).Cells(row, 13).Value = "Call") Then
            t_c_2(index) = t_c_2(index) + val_scaledSpread
            n_c_2(index) = n_c_2(index) + 1
        Else
            t_p_2(index) = t_p_2(index) + val_scaledSpread
            n_p_2(index) = n_p_2(index) + 1
        End If
    Else
        If (Worksheets(ws).Cells(row, 13).Value = "Call") Then
            t_c_3(index) = t_c_3(index) + val_scaledSpread
            n_c_3(index) = n_c_3(index) + 1
        Else
            t_p_3(index) = t_p_3(index) + val_scaledSpread
            n_p_3(index) = n_p_3(index) + 1
        End If
    End If
End If
row = row + 1
strZ = Worksheets(ws).Cells(row, 1).Value
Loop
Dim i As Integer
For i = 1 To 5
    ' Call
    If (n_c_1(i) > 0) Then
        Worksheets(ws).Cells(row_scaledSpread + (i - 1), col_to_call).Value = t_c_1(i) / n_c_1(i)
    End If
    If (n_c_2(i) > 0) Then
        Worksheets(ws).Cells(row_scaledSpread + (i - 1), col_to_call + 1).Value = t_c_2(i) / n_c_2(i)
    End If
    If (n_c_3(i) > 0) Then
        Worksheets(ws).Cells(row_scaledSpread + (i - 1), col_to_call + 2).Value = t_c_3(i) / n_c_3(i)
    End If
    ' Put
    If (n_p_1(i) > 0) Then
        Worksheets(ws).Cells(row_scaledSpread + (i - 1), col_to_put).Value = t_p_1(i) / n_p_1(i)
    End If
    If (n_p_2(i) > 0) Then
        Worksheets(ws).Cells(row_scaledSpread + (i - 1), col_to_put + 1).Value = t_p_2(i) / n_p_2(i)
    End If

```

```

End If
    If (n_p_3(i) > 0) Then
        Worksheets(ws).Cells(row_scaledSpread + (i - 1), col_to_put + 2).Value = t_p_3(i) / n_p_3(i)
    End If
Next i
End Function

```

```

Public Function dagar_till_index(dagar As Double) As Integer

```

```

    If (dagar <= 30) Then
        dagar_till_index = 1
    ElseIf (dagar <= 60) Then
        dagar_till_index = 2
    ElseIf (dagar <= 90) Then
        dagar_till_index = 3
    ElseIf (dagar <= 120) Then
        dagar_till_index = 4
    Else
        dagar_till_index = 5
    End If

```

```

End Function

```

```

Public Function kor_alla_ivc()

```

```

    Dim row As Long
    ws = "Blad1"
    row = 3
    Dim val_Mktprice As Double
    Dim val_Strike As Double
    Dim val_Expiry As Double
    Dim val_Asset As Double
    Dim val_IntRate As Double
    Dim val_Error As Double
    Dim testis As String
    col_BidPrice = 3
    col_AskPrice = 4
    col_Strike = 14
    col_Expiry = 15
    col_Asset = 16
    col_IntRate = 17
    col_IVC = 19
    val_Mktprice = 0
    val_Strike = 0
    val_Expiry = 0
    val_Asset = 0
    val_IntRate = 0
    val_Error = 0.1
    strZ = Worksheets(ws).Cells(row, 1).Value
    ' Loopa över alla rader med datum
    Do Until Len(strZ) = 0
        ' kontrollera att raden är korrekt
        If Not Len(Worksheets(ws).Cells(row, 10).Value) = 0 Then
            If (Worksheets(ws).Cells(row, 13).Value = "Call") Then
                ' hämta alla värden från raden i excelbladet
                val_Mktprice = (Worksheets(ws).Cells(row, col_BidPrice).Value + Worksheets(ws).Cells(row,
col_AskPrice).Value) / 2
                val_Strike = Worksheets(ws).Cells(row, col_Strike).Value
                val_Expiry = Int(Worksheets(ws).Cells(row, col_Expiry).Value)
            End If
        End If
    Loop

```

```

    val_Expiry = val_Expiry / 365 ' räknat i år
    val_Asset = Worksheets(ws).Cells(row, col_Asset).Value
    val_IntRate = Worksheets(ws).Cells(row, col_IntRate).Value
    val_IntRate = val_IntRate / 100 ' måste dela med 100
    If (val_Expiry = 0) Then
        Worksheets(ws).Cells(row, col_IVC).Value = -1
    Else
        Worksheets(ws).Cells(row, col_IVC).Value = ImpVolCall(val_Mktprice, val_Strike, val_Expiry,
val_Asset, val_IntRate, val_Error)
    End If
End If
End If
' gå till nästa rad
row = row + 1
strZ = Worksheets(ws).Cells(row, 1).Value
Loop
End Function

```

```

Function ImpVolCall(Mktprice As Double, Strike As Double, Expiry As Double, Asset As Double, IntRate As
Double, Error As Double)
    Dim d1 As Double
    Dim d2 As Double
    Dim vega As Double
    Dim Volatility As Double
    Dim Priceerror As Double
    Dim dv As Double
    Dim round As Long
    round = 1
    Volatility = 0.2
    dv = Error + 1
    While Abs(dv) > Error
        d1 = Log(Asset / Strike) + (IntRate + 0.5 * Volatility * Volatility) * Expiry
        d1 = d1 / (Volatility * Sqr(Expiry))
        If (d1 > -3.5 And d1 < 3.5 And round < 500000) Then
            d2 = d1 - Volatility * Sqr(Expiry)
            Priceerror = Asset * cdf(d1) - Strike * Exp(-IntRate * Expiry) * cdf(d2) - Mktprice
            vega = Asset * Sqr(Expiry / 3.1415926 / 2) * Exp(-0.5 * d1 * d1)
            dv = Priceerror / vega
            Volatility = Volatility - dv
        Else
            dv = Error
            ImpVolCall = -1
            Exit Function
        End If
        round = round + 1
    Wend
    ImpVolCall = Volatility
End Function

```

```

Function cdf(x As Double) As Double
    Dim d As Double
    Dim temp As Double
    Dim a1 As Double
    Dim a2 As Double
    Dim a3 As Double
    Dim a4 As Double

```

```

Dim a5 As Double
    d = 1 / (1 + 0.2316419 * Abs(x))
a1 = 0.31938153
a2 = -0.356563782
a3 = 1.781477937
a4 = -1.821255978
a5 = 1.330274429
    temp = a5
temp = a4 + d * temp
temp = a3 + d * temp
temp = a2 + d * temp
temp = a1 + d * temp
temp = d * temp
    cdf = 1 - 1 / Sqr(2 * 3.1415926) * Exp(-0.5 * x * x) * temp
    If x < 0 Then
        cdf = 1 - cdf
    End If
End Function

```

```

Public Function copy_ImpVol_values()
    Dim row As Long
        ws_from = "Blad1"
ws_to = "Blad4"
row = 3
to_row = 2
strZ = Worksheets(ws_from).Cells(row, 1).Value
    ' Loopa över alla rader med datum
Do Until Len(strZ) = 0
    ' kontrollera att raden är korrekt
    If Not Len(Worksheets(ws_from).Cells(row, 10).Value) = 0 Then
        If (Worksheets(ws_from).Cells(row, 19).Value > 0) Then
            Worksheets(ws_to).Cells(to_row, 1).Value = Worksheets(ws_from).Cells(row, 15).Value
            Worksheets(ws_to).Cells(to_row, 2).Value = Worksheets(ws_from).Cells(row, 18).Value
            Worksheets(ws_to).Cells(to_row, 3).Value = Worksheets(ws_from).Cells(row, 19).Value
            Worksheets(ws_to).Cells(to_row, 4).Value = Worksheets(ws_from).Cells(row, 20).Value
            to_row = to_row + 1
        End If
    End If
        ' gå till nästa rad
        row = row + 1
        strZ = Worksheets(ws_from).Cells(row, 1).Value
Loop
End Function

```

```

Public Function ScaledIV()
    Dim row As Long
        ws_from = "Blad1"
row = 2
to_row = 2
strZ = Worksheets(ws_from).Cells(row, 1).Value
    Dim col_date As Integer
    Dim val_date As String
    Dim val_from_row As Integer
    Dim val_to_row As Integer
    Dim col_lmr As Integer
    Dim col_impvol As Integer

```

```

Dim val_lowest_lmr As Double
Dim val_current_lmr As Double
  Dim val_impvolATM As Double
Dim val_scaledIV As Double
Dim col_scaledIV As Integer
  col_date = 1
col_lmr = 18
col_impvol = 19
col_scaledIV = 20
val_from_row = 2
val_to_row = 2
val_lowest_lmr = 1
val_impvolATM = 1
  val_from_row = row
val_to_row = row
  val_date = Worksheets(ws_from).Cells(row, col_date).Value
' Loopa över alla rader med datum
Do Until Len(strZ) = 0
  If (Worksheets(ws_from).Cells(row, col_date).Value = val_date) Then
    ' om datum stammer, kolla LMR
    ' kontrollera att raden är korrekt
    If Not Len(Worksheets(ws_from).Cells(row, 10).Value) = 0 Then
      If (Worksheets(ws_from).Cells(row, col_impvol).Value > 0) Then
        val_current_lmr = Abs(Worksheets(ws_from).Cells(row, col_lmr).Value)
        If (val_current_lmr < val_lowest_lmr) Then
          val_lowest_lmr = val_current_lmr
          val_impvolATM = Worksheets(ws_from).Cells(row, col_impvol).Value
        End If
      End If
    End If
    val_to_row = row
  Else
    'om datum inte stammer, berakna ScaledIV
    For tmp_row = val_from_row To val_to_row
      If (Worksheets(ws_from).Cells(tmp_row, col_impvol).Value > 0) Then
        val_scaledIV = Worksheets(ws_from).Cells(tmp_row, col_impvol).Value / val_impvolATM
        Worksheets(ws_from).Cells(tmp_row, col_scaledIV).Value = val_scaledIV
      End If
    Next tmp_row
    val_from_row = row
    val_to_row = row
    val_lowest_lmr = CDBl(Worksheets(ws_from).Cells(row, col_lmr).Value)
    val_impvolATM = Worksheets(ws_from).Cells(row, col_impvol).Value
    val_date = Worksheets(ws_from).Cells(row, col_date).Value
    Do While Len(Worksheets(ws_from).Cells(row, 10).Value) = 0
      row = row + 1
      val_from_row = row
      val_to_row = row
      val_lowest_lmr = CDBl(Worksheets(ws_from).Cells(row, col_lmr).Value)
      val_impvolATM = Worksheets(ws_from).Cells(row, col_impvol).Value
      val_date = Worksheets(ws_from).Cells(row, col_date).Value
    Loop
  End If
  ' gå till nästa rad
  row = row + 1

```

```

    strZ = Worksheets(ws_from).Cells(row, 1).Value
Loop
End Function

```

```

Public Function copy_ImpVol_values2bidask()

```

```

    Dim row As Long
    ws_from = "Blad1"
    ws_to = "Blad5"
    row = 3
    to_row = 2
    strZ = Worksheets(ws_from).Cells(row, 1).Value
    ' Loopa över alla rader med datum
    Do Until Len(strZ) = 0
        ' kontrollera att raden är korrekt
        If Not Len(Worksheets(ws_from).Cells(row, 10).Value) = 0 Then
            If (Worksheets(ws_from).Cells(row, 19).Value > 0) Then
                Worksheets(ws_to).Cells(to_row, 1).Value = Worksheets(ws_from).Cells(row, 15).Value
                Worksheets(ws_to).Cells(to_row, 2).Value = Worksheets(ws_from).Cells(row, 18).Value
                Worksheets(ws_to).Cells(to_row, 3).Value = Worksheets(ws_from).Cells(row, 20).Value
                Worksheets(ws_to).Cells(to_row, 4).Value = Worksheets(ws_from).Cells(row, 21).Value
                to_row = to_row + 1
            End If
        End If
        ' gå till nästa rad
        row = row + 1
        strZ = Worksheets(ws_from).Cells(row, 1).Value
    Loop

```

```

End Function

```