

HD Finansiering

Hovedopgave – Maj 2009

Forfattere: Stine Fremmen
Linda Gøbel Poulsen

Vejleder: Claus Bajlum

SPREAD VOLATILITET

- Et empirisk studie af CDS Index

Indholdsfortegnelse

1	INDLEDNING	4
1.1	Problemstilling.....	5
1.2	Problemformulering.....	5
1.3	Afgrænsning	6
1.4	Metode.....	7
1.4.1	Opgavestruktur.....	8
1.4.2	Data	9
2	CREDIT DEFAULT SWAPS	11
2.1	CDS – Single Name	12
2.2	CDS – Index.....	14
2.3	CDS spread	15
3	VOLATILITET & RISIKOSTYRING	16
3.1	Varians og standardafvigelse.....	16
3.2	Normalfordeling.....	18
3.3	Korrelation.....	19
3.4	Metode.....	21
4	EMPIRISK ANALYSE AF CDS INDEX SPREADS	24
4.1	Udvikling i spreads	24
4.2	Påvirkende faktorer	27
4.3	Volatilitet i spread ændringer.....	29
4.4	Delkonklusion	33
5	ESTIMERING AF VOLATILITET	35
5.1	Simple Moving Average (SMA)	36
5.1.1	Teori.....	36
5.1.2	Metode	37
5.1.3	Analyse af empiriske data.....	38
5.1.4	Delkonklusion	41
5.2	Exponentially Weighted Moving Average (EWMA)	42
5.2.1	Teori.....	42
5.2.2	Metode	43
5.2.3	Analyse af empiriske data.....	44
5.2.4	Delkonklusion	48
5.3	GARCH(1,1).....	49
5.3.1	Teori.....	49
5.3.2	Metode	52
5.3.3	Analyse af empiriske data.....	53
5.3.4	Delkonklusion	59
5.4	Sammenligning af volatilitets-modeller	60
5.5	Delkonklusion	65

6	EMPIRISK ANALYSE AF CDS INDEX VS. AKTIE INDEX	66
6.1	Udvikling i spreads kontra priser	67
6.2	Volatilitet i spread ændringer kontra afkast	69
6.3	Estimering af volatilitet – Sammenligning af parametre	72
6.3.1	SMA.....	72
6.3.2	EWMA.....	73
6.3.3	GARCH(1,1)	73
6.4	Delkonklusion	76
7	KONKLUSION	78
8	LITTERATURLISTE	82
9	BILAG	85
9.1	Tabel: Stamdata på CDS Index.....	86
9.2	Tabel: Stamdata på aktie index	87
9.3	Figur: Udvikling i CDS Index spreads 2005-2009	88
9.4	Tabel: Udvikling i CDS Index spreads 2005-2009.....	89
9.5	Figur: SMA volatilitets-estimer	90
9.6	Tabel: EWMA - Rangering af udvalgte λ -værdier	93
9.7	Figur: EWMA volatilitets-estimer	94
9.8	Figur: GARCH(1,1) volatilitets-estimer	97
9.9	Figur: GARCH(1,1) volatilitets-forecast	100
9.10	Tabel: Sammenligning af volatilitets-modeller.....	101
9.11	Figur: Sammenligning af volatilitets-modeller	102
9.12	Figur: CDS Index spread vs aktie index priser.....	105
9.13	Figur: Spreads vs priser - Scatterplot	106
9.14	Tabel: Årlig volatilitet for udvalgte perioder	107
9.15	Figur: CDS Index vs aktie index – Daglig standardafvigelse.....	108
9.16	Figur: GARCH(1,1) volatilitets-forecast CDS Index vs aktie index.....	109

1 Indledning

Credit Default Swaps er efterhånden blevet en etableret del af det finansielle marked, og benyttes i dag i vid udstrækning til at afdække og eksponere sig syntetisk til kreditrisiko på de underliggende selskaber og stater. I 2004 blev Credit Default Swap Index introduceret. CDS Index blev lavet med henblik på at etablere et likvidt og standardiseret derivatprodukt der ville gøre det nemmere fx at afdække en hel portefølje i modsætning til at skulle købe beskyttelse på en række enkeltnavne. CDS Index har hurtigt vundet indpas på markedet og bliver på tilsvarende vis som aktie index brugt som benchmark inden for denne aktivklasse.

I en tid, hvor markedet kun har bevæget sig opad har der ikke været stor fokus på risiko og eksponering. Siden starten på kreditkrisen i sommeren 2007 og den efterfølgende likviditetskrise i bankerne, er risikobegrebet dog igen kommet i fokus. Markedssituationen har betydet høj volatilitet på et niveau der ikke er set i nyere tid. Det har påvirket hele det finansielle marked og dermed niveauet for renter, aktie priser og CDS spreads.

Den høje volatilitet har betydet et øget fokus på styring af risiko, via modeller som fx Value at Risk hvor det er vigtigt at kende karakteristika for volatilitet. CDS Index er et relativt nyt produkt, hvorfor den nuværende finanskriser således er den første reelle krise der er opstået mens CDS Index har været på markedet.

Opgaven er udarbejdet af 2 forfattere. Opgavestrukturen og den ansvarlige for hvert afsnit kan ses i afsnit 1.4.1

1.1 Problemstilling

Den nuværende markedssituation har betydet store udsving i volatiliteten på tværs af alle finansielle produkter og kreditderivater som Credit Default Swaps har i den forbindelse været meget omdiskuteret. Udviklingen af spreads har været i fokus, da produktet kan være med til at fange signaler på kredit markedet. Omvendt har den øgede udbredelse af CDS medvirket til en stigende bekymring, omkring de risici der er forbundet med anvendelsen af dette.

CDS Index har kun været på markedet siden 2004, hvorfor finanskrisen startende fra sommeren 2007, er første periode hvor produktets udvikling under financial distress kan analyseres. Det skaber tillige et interessant perspektiv i forhold til risikoen ved produktet og kendskab til karakteristika for volatiliteten i sådanne perioder.

Dette leder os frem til følgende uddybende punkter for videre analyse.

1.2 Problemformulering

- Empirisk analyse af CDS Index spreads i perioden marts 2005 til marts 2009
 - *Hvordan har niveauet af spreads udviklet sig på tværs af CDS Index?*
 - *Hvordan har volatiliteten i spread ændringer udviklet sig?*
- Estimering af volatilitet på CDS Index
 - *Hvilke udbredte modeller kan benyttes til estimering af volatilitet i spread ændringer?*
 - *Hvilke karakteristika adskiller de anvendte modeller?*
 - *Hvilken metode giver det bedste estimat på volatiliteten i CDS Index?*
- Empirisk analyse af udvalgte CDS Index i forhold til toneangivende aktie index
 - *Hvordan har CDS spreads udviklet sig i forhold til aktie priser?*
 - *Hvordan har volatiliteten udviklet sig i spread ændringer kontra aktie afkast?*
 - *Hvilke karakteristika ses ved estimering af volatilitet for CDS Index kontra aktie index?*

1.3 Afgrænsning

Strukturen i CDS er kompliceret og indeholder mange aspekter i forhold til prisfastsættelse, skat, juridiske problemstillinger, etc. Grundet opgavens omfang har vi valgt at holde fokus på ændringer i spreads og forsøg på estimering af volatiliteten i disse. Vi vil i den forbindelse ikke komme nærmere ind på den teoretiske fastsættelse af spreads. I forhold til risikostyring vil vi kun overordnet berøre modeller som fx Value at Risk, mens en nærmere gennemgang af det teoretiske grundlag og praktisk implementering, ikke vil blive berørt.

For at undgå markante udsving, der relaterer sig til enkelt referencer, har vi valgt at se på CDS Index i stedet for at se på CDS på enkelt navne. Opgaven tager udgangspunkt i en analyse af tilgængelige CDS Index. Der findes enkelte amerikanske CDS Index, der er kvoteret i priser, men størstedelen og de ledende CDS Index er kvoteret i spreads. Da vi i analysen vil sammenligne på tværs af CDS Index, har vi valgt kun at se på CDS Index, der er kvoteret i spreads. Vi har endvidere fundet information om CDS Index, der udbydes af det uafhængige researchbureau Credit Derivatives Research LLC, der ligesom iTraxx og CDX Index tracker europæiske, amerikanske og asiatiske referenceaktiver¹. Det har imidlertid ikke været muligt at skaffe historiske data på de index, og da de samtidig tracker likvide CDS i samme geografiske områder som iTraxx og CDX Index, har vi valgt at se bort fra dem i denne opgave.

Ved en analyse af volatilitet er det væsentligt at skelne mellem statistisk volatilitet og implicit volatilitet. Desværre er der ikke optioner tilgængelige på alle CDS Index og tillige bærer CDS options markedet jf. notat fra Barclays² præg af manglende likviditet og heraf følgende problemer med skarpe priser. Vi har derfor fravalgt at behandle og medtage metoden for estimering af implicit volatilitet vha. optioner, og behandler alene den statistiske volatilitet.

I forhold til estimering af varians er det relevant at analysere afhængigheden i afkast, hvilket kan kontrolleres ved en test for autokorrelation. Empiriske undersøgelser viser at der er autokorrelation i langt de fleste finansielle afkastserier, jf. Alexander(2001)³. På grund af opgavens begrænsede omfang, er det valgt at tage udgangspunkt i en tese om at der er autokorrelation i de analyserede dataserier og testen for dette vil derfor ikke blive belyst.

Specifikke afgrænsninger for enkelt modeller findes under de respektive modelbeskrivelser.

¹ www.creditresearch.com

² Credit Alpha Europe, s. 14

³ Market Models, s. 65

1.4 Metode

Opgaven er udarbejdet af 2 forfattere. En oversigt over strukturen og den ansvarlige for hvert afsnit kan ses i afsnit 1.4.1.

Der er taget udgangspunkt i en struktur i opgaven, hvor de enkelte hovedafsnit består af teori, metode og til sidst en analyse. Det betyder at konkrete metodevalg for de respektive modeller er placeret i umiddelbar forlængelse af teorien der knyttes til denne. Det er valgt for at sikre overblik og kontinuitet i gennemgangen. Indeværende metodeafsnit omhandler derfor alene den overordnede metode for opgaven.

Opgaven starter med en introduktion til CDS markedet og en gennemgang af CDS produktet, som er det finansielle instrument, der tages udgangspunkt i.

Dernæst findes et afsnit omhandlende volatilitet og risikostyring. Her defineres volatilitetsbegrebet og følges af en gennemgang af almen teori for finansielle afkast, herunder antagelsen om normalfordeling. Afsnittet følges af de tilvalg og fravalg, vi har gjort i forbindelse med den senere behandling af de analyserede dataserier⁴.

I det følgende afsnit analyseres den historiske udvikling i CDS Index spread samt volatiliteten i spread ændringer. Her undersøges tillige, hvilke faktorer der påvirker udviklingen i spread for CDS Index og hvorvidt ændringer i spreads følger antagelsen om normalfordeling.

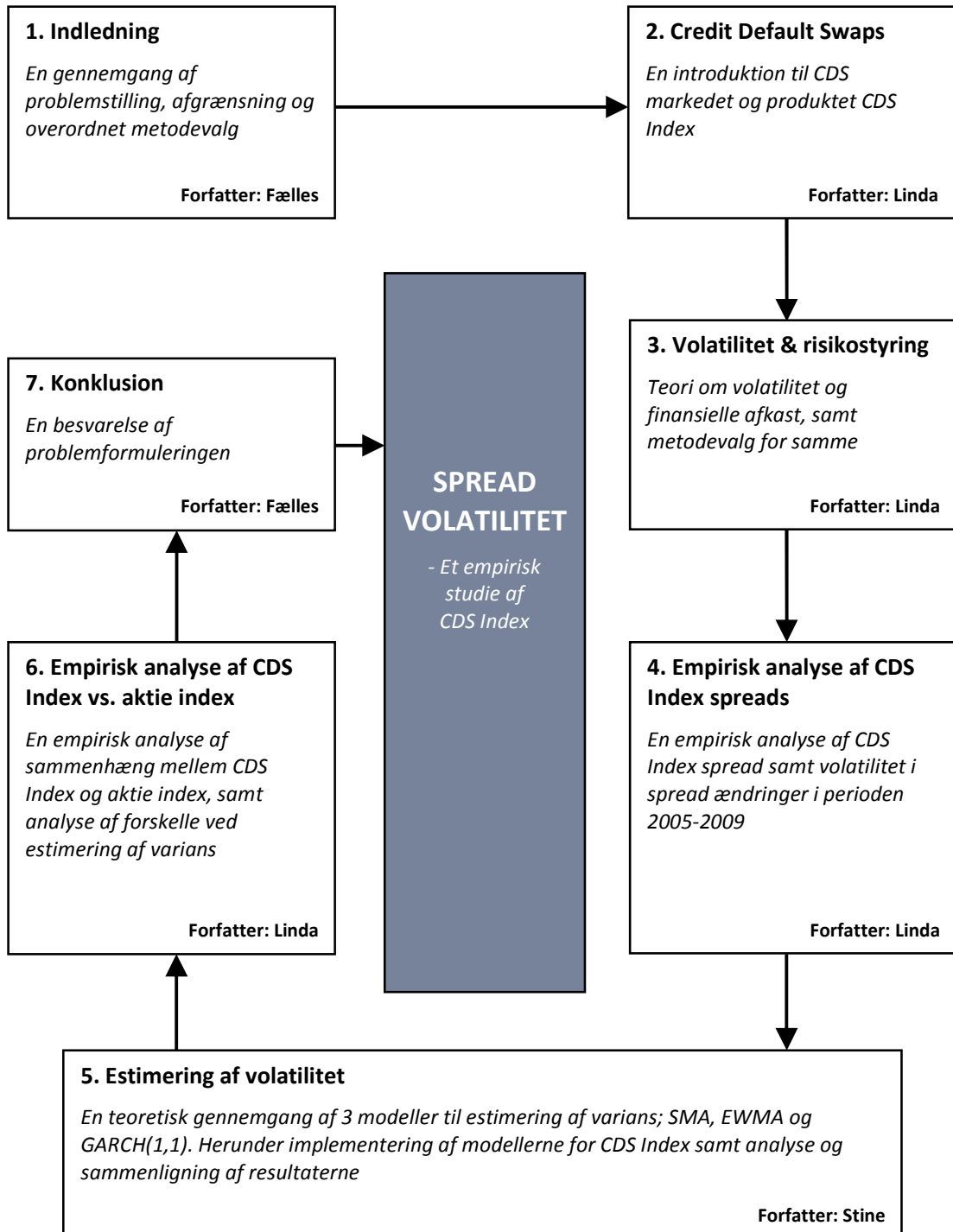
Efterfølgende bliver mulighederne for estimering af varians gennemgået nærmere. Afsnittet indeholder analyse og implementering af modeller der gør det muligt at estimere og forecaste volatilitet. Analysen har til formål at afdække karakteristika for volatilitets-estimeringen.

For at sammenholde niveauet af resultaterne fra CDS Index er der i afsnit 6 lavet en sammenligning af udviklingen i disse kontra udviklingen i aktie index. Dels bliver den historiske udvikling gennemgået, og dels ses der på forskelle i karakteristika for volatiliteten i spread ændringer i forhold til afkast.

I afsnittet med analyse af den historiske udvikling samt afsnittet omkring estimering af volatilitet er alle de valgte CDS Index medtaget. Dette gøres for at skabe et så stort grundlag for analysen som muligt. I afsnittet, hvor der sker en sammenkædning til aktie index, er de tre investmentgrade CDS Index udvalgt for at finde passende kobling til toneangivende aktie index.

⁴ Se afsnit 1.4.2 for en nærmere gennemgang af dataserierne

1.4.1 Opgavestruktur



1.4.2 Data

Vi har via en Bloomberg Terminal⁵ haft adgang til historiske data på alle iTraxx og CDX Index. Da alle iTraxx index er kvoteret i spreads, har vi valgt kun at se på CDX index, der tilsvarende er kvoteret i spreads. Blandt de resterende CDS Index har nogle en mere kontinuerlig og komplet datahistorik end andre. Da dette har stor betydning for datakvaliteten og dermed også for kvaliteten af vores analyse, der tager udgangspunkt i historiske data, har vi på den baggrund valgt at fravælge enkelte CDS index.

Alle CDS Index bliver udstedt med løbetider på typisk 5 og 10 år. Enkelte har tillige 3 og 7 år⁶. For at have et fælles sammenligningsgrundlag har vi valgt at vælge den 5-årige løbetid for alle index⁷. For at holde fokus på likvide serier har vi valgt at sammensætte en syntetisk datarække der består af historikken fra de 5-årige "on-the-run" index⁸. Det betyder, at vi kun medtager data fra en serie, indtil den erstattes af en ny serie, hvorefter vi henter historik fra denne nye serie osv. Dette er muligt via en såkaldt "Generic ticker" fra Bloomberg, der netop skifter historik ved rul til ny serie. Data er hentet via feltet PX_LAST der indeholder historiske daglige mid spreads (herefter benævnt spreads).

De fleste iTraxx Index har historiske data fra og med midt juni 2004. For at undgå effekten af eventuel illikviditet i opstartsperioden har vi valgt at starte alle vores dataserier for de enkelte CDS Index ved starten af serien der blev udstedt d. 21. marts 2005. Vores dataserier slutter d. 19. marts 2009 som igen markerer sidste handelsdag i en serie. Dette betyder at der arbejdes med 8 halvårs serier, svarende til 4 års datahistorik af. De udvalgte CDS Index samt antallet af observationer for hver dataserie ses nedenfor.

Figur 1.4.a: Oversigt over analyserede CDS Index

Index	Europe					USA		Asia		
	iTraxx Europe	iTraxx Senior Financials	iTraxx Sub Financials	iTraxx Crossover	iTraxx HiVol	CDX IG	CDX IG HiVol	iTraxx Japan	iTraxx Japan HiVol	iTraxx Australia
# Observ	1.041	1.037	1.037	1.041	1.041	977	944	1.101	967	961

⁵ Online terminal med adgang til data fra det amerikanske nyheds- og markedsdatabureau Bloomberg

⁶ Stamdata på iTraxx og CDX Index er hentet via www.indexco.com

⁷ Se bilag 9.1 for tabel med stamdata for CDS Index

⁸ Modelling Single-name and Multi-name Credit Derivatives, s. 184

Til brug for afsnit 6 med sammenligning af udvalgte CDS Index med toneangivende aktie index, er der tilsvarende indhentet prishistorik via feltet PX_LAST data fra Bloomberg. De udvalgte aktie index samt antallet af observationer ses nedenfor⁹.

Figur 1.4.b: Oversigt over analyserede aktie index

	Europe	USA	Asia
Index	Euro Stoxx 50	S&P 500	Nikkei 225
# Observ.	1.021	1.007	982

De tre aktie index er valgt fordi de er nogle af de toneangivende inden for hvert deres geografiske område¹⁰, og vi har derfor vurderet at de kan benyttes til den approksimative sammenligning med de tre investmentgrade CDS Index fra tilsvarende områder.

Alle data og beregninger, er registeret i Excel-ark, og vedlagt til denne opgave på en CD-rom¹¹. Hvert Index er lagt i et separat Excel-ark som indeholder dataserien, databehandling samt de grafer der måtte være benyttet i opgaven. For at opsummere resultaterne er der tillige opstillet to fælles Excel-ark:

CDS Index – Oversigt	En opsummering af resultater fra hvert enkelt CDS Index, og sammenligning på tværs af CDS Index
CDS Index vs Aktie Index	En opsummering af resultater for de tre udvalgte CDS Index og de modsvarende aktie index.

Opgaven kan læses uden adgang til ovenstående Excel-ark. De er vedlagt med det formål at vise de enkelte modelopstillinger, samt hvis der måtte ønskes en nærmere gennemgang af data og beregninger.

⁹ Se bilag 9.2 for tabel med stamdata. Kilde: www.stoxx.com, www.standardandpoors.com, www.nni.nikkei.co.jp

¹⁰ Jf. www.bloomberg.com

¹¹ Indsat på bageste side i opgaven

2 Credit Default Swaps

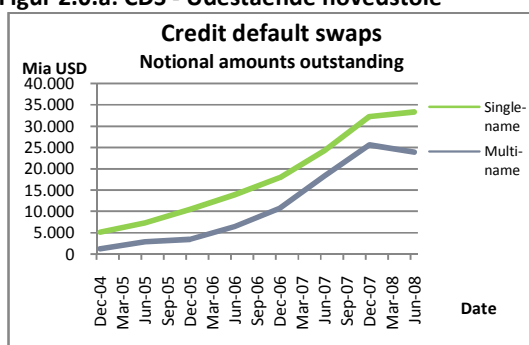
Markedet for kreditderivater er steget eksplosivt siden deres introduktion i 1992¹². Hermed menes både en stigende efterspørgsel på risikoafdækning samt ved introduktion af nye produkter. Kreditderivater er blevet et essentielt redskab i forvaltningen af kreditrisikoen for banker, hedge fonde, pensionskasser samt andre deltagere på kapitalmarkedet, da de tillader investorer at tilrettelægge deres eksponering i kreditrisiko ud fra deres aktiv beholdninger.

Kreditderivater gør det muligt at anvende finansielle aktiver som reference, hvorved illikvide aktiver kan omdannes til omsættelige aktiver og derigennem kan kreditrisikoen handles på de finansielle markeder. Instrumenterne er typisk en omkostningseffektiv måde at afdække kreditrisikoen på en portefølje, hvilket gør det til et attraktivt instrument inden for risikostyring.

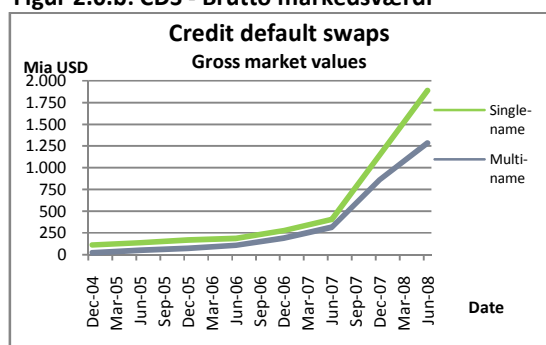
Det mest anvendte kreditprodukt er Credit Default Swap på Single-name. Siden 2004 hvor Credit Default Swap på Multi-name, eller Index, for alvor slog igennem, har dette produkt dog opnået en ganske markant position på det finansielle marked, hvormed de to produkter i dag har næsten den samme volumen på markedet.

Den reelle volumen på markedet har været meget diskuteret, idet der er tale om bilaterale OTC kontrakter der ikke registreres over en bestemt markedsplads, der derved kan danne grundlag for en valid statistisk opgørelse. En af de mest anvendte kilder til statistik er Bank for International Settlements (BIS). De indsamler deres tal ved en halvårlig rundspørge hos de store banker og brokere i G10 landene.

Figur 2.0.a: CDS - Udestående hovedstole



Figur 2.0.b: CDS - Brutto markedsværdi



Herover fremgår det hvordan volumen i begge produkter er steget eksplosivt siden dec. 2004, hvilket var første gang, BIS medtog produkterne i deres statistik¹³. Multi-name betegnelsen fra

¹² Credit Risk, s. 7

¹³ <http://www.bis.org/statistics/derstats.htm>

BIS dækker over CDS kontrakter med mere end en underliggende reference, og dækker over CDS kontrakter på flere referencer, CDS Index og CDS Index Trancher. Sidstnævnte er struktureret som syntetiske Collateralized Debt Obligations, hvor den underliggende portefølje af referenceaktiver er identisk med porteføljen i et givent CDS Index.

I grafen for udestående hovedstole kan der for først gang observeres et fald for Multi-name CDS fra dec-07. Faldet skyldes ifølge BIS den stigende tendens til multilaterale termineringer af CDS kontrakter mellem modparter. Det er et privat firma (TriOptima), der har specialiseret sig i at modtage oplysninger om udestående kontrakter mellem parterne og på den måde identificere eventuelle modsatrettede kontrakter, der kan termineres og erstattes af kontrakter, der yder samme nettoeksponering, men med mindre bruttoeksponering.

Usikkerheden omkring volumen og typerne af CDS der handles, er dog ved at ændre sig, idet The Depository Trust & Clearing Corporation (DTCC) i 2006 etablerede en online matching central for OTC derivater kaldet DerivSERV¹⁴. DerivSERV styres på omkostningsneutral basis af de store udenlandske banker, der alle er linket op på denne online service. Samme banker vurderer, at op mod 90% af alle CDS og CDS Index, der handles nu, bliver registreret via DerivSERV. DTCC oplyser, at globale derivathandlere fra 35 lande samt op mod 1.300 buy-side firmaer allerede er linket op til DerivSERV. DTCC begyndte i november 2008 at offentliggøre tal for volumen af hovedstole og antal kontrakter på tværs af produkterne. Der er tillige statistik for, hvornår kontrakterne udløber, så der kan dannes et mere korrekt billede af de typer af CDS kontrakter, der handles på markedet.

Vi har valgt at anvende tal fra BIS, da deres historik går tilbage til december 2004, hvilket giver et konsistent grundlag for vurdering af udviklingen i volumen.

2.1 CDS – Single Name

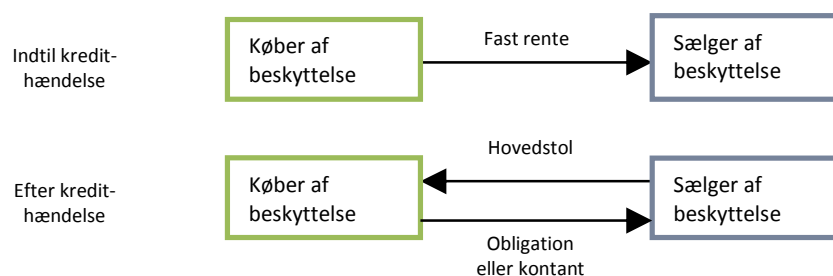
CDS – Single Name er et afledt finansielt instrument, der handles som bilaterale OTC kontrakter. Med produktet CDS er det muligt syntetisk at eksponere sig til eller afdække kreditrisikoen i forhold til et givent referenceaktiv fx en specifik virksomhed eller stat, i en given periode. Man kan sammenligne en CDS med en forsikring, men i modsætning til en normal

¹⁴ www.dtcc.com/products/derivserv

forsikring er man dog ikke forpligtet til at eje det underliggende aktiv for at forsikre det. Køberen af kreditbeskyttelse betaler en fast præmie/rente i hele CDS'ens løbetid eller frem til fallittidspunktet, såfremt dette indtræffer inden aftalens udløb. Hvis kredithændelsen indtræffer, vil sælgeren af en CDS skulle betale hovedstolen på kontrakten retur til køberen.

Konstruktionen er illustreret i nedenstående figur.

Figur 2.1.a: Basis konstruktion af CDS



En kredithændelse er nærmere specificeret i vilkårene for en CDS og kan dække konkurs, betalingsstandsning eller manglende betaling af kuponrente på det underliggende aktiv¹⁵. I tilfælde af en kredithændelse sker afregning af de fleste CDS kontrakter ved fysisk levering af en *Cheapest To Deliver* obligation. Det vil sige, at køber kan levere den billigste obligation på markedet til sælger. Man kan dog vælge at aftale kontant afregning i stedet. Dvs. hvor køber blot betaler den modsvarende værdi af den billigste obligation på markedet. Muligheden er opstået for at undgå den kunstige efterspørgsel, der kunne blive skabt, såfremt der var mange, der havde købt beskyttelse uden selv at have en lang position.

Da det som nævnt ikke kun er en reel konkurs, der udløser afregning i en CDS, men blot kan skyldes en for sen betaling, behøver de leverede obligationer langt fra at være værdiløse. Man bruger i den forbindelse et begreb kaldet Market Recovery Rate¹⁶, som benyttes til at estimere, hvor stor en værdi en leveret obligation vil have efter en kredithændelse.

¹⁵ Mastering Credit Derivatives, s.25.

¹⁶ Credit Derivatives, s. 14

2.2 CDS – Index

CDS kontrakter handles ikke alene på enkelt referencer, men også som kontrakter med flere underliggende referenceaktiver. De mest anvendte er de standardiserede CDS index som det europæiske iTraxx og det amerikanske CDX, hvor referenceaktiverne bliver fastsat ud fra specifikke kriterier afhængig af det enkelte index. Her findes fx index, der er baseret på de mest handlede navne, de mest volatile navne og afhængig af rating¹⁷.

Alle CDS Index ruller hvert halvår (20. marts og 20. september) over i en ny serie og der bliver taget stilling, om der skal ske udskiftning i referenceporteføljen. Ved introduktion af hver ny serie bliver der fastsat et fair-value spread¹⁸, der er gældende i hele seriens løbetid og angiver den rente, der skal udveksles hvert kvartal ved investering i serien. Ligesom ved investering i obligationer betaler man altid en fuld kupon. Dvs. hvis der investeres i midten af en renteperiode udveksles den akkumulerede rente for hele denne periode. Herudover udveksles et beløb svarende til forskellen mellem det fastsatte spread i serien og det aktuelle fair-value spread.

Hvis der sker en kredithændelse i referenceporteføljen, vil dette betyde, at sælgeren af beskyttelse skal betale et beløb til køberen. Beløbet vil svare til det enkelte aktivs procentvise andel af porteføljen ganget med den hovedstol, kontrakten er indgået på. Der vil typisk ikke blive indsat et nyt selskab i referenceporteføljen til den respektive serie og serien vil fortsætte til udløb med et lavere antal aktiver. De efterfølgende serier, der udstedes, vil dog igen indeholde det antal, der er bestemt for det CDS Index (fx 125 ensvægtede aktiver som i iTraxx Europe).

Ovennævnte standardiserede vilkår medfører, at der typisk er mere likviditet i et CDS Index, end CDS Single-name. Den øgede likviditet skyldes også, at CDS Index nemmere kan anvendes til at hedge en større portefølje med lignende aktiver, end hvis man som investor skulle indgå CDS kontrakter på en masse Single-names. Desuden kan man nemt geare sin eksponering til en diversificeret portefølje.

¹⁷ Se bilag 9.1 for tabel med stamdata for CDS Index

¹⁸ Modelling Single-name and Multi-name Credit Derivatives, s. 185

2.3 CDS spread

Prisen på en CDS er typisk udtrykt i et spread, som angiver den risikopræmie, sælgeren af beskyttelse skal modtage som kompensation for at indgå en CDS på et givent referenceaktiv. Matematisk er CDS spread en funktion af sandsynligheden for fallit samt størrelsen af recovery rate.

CDS spreads kvoterer som en årlig procent i basis punkter af hovedstolen. I praksis svarer det til den rente, som køberen af beskyttelse skal betale på årlig basis i hele kontraktens løbetid. Betalingerne vil typisk være halvårlige eller kvartalsvise. På CDS Index vil betalingerne altid være kvartalsvise og falde på IMM datoerne, 20. marts, 20. juni, 20. september og 20. december. Det aktuelle spread opdateres løbende flere gange dagligt (afhænger dog af handelsaktivitets niveauet) og kan findes på datatjenester som Bloomberg og lignende.

Der er mange faktorer, der påvirker størrelsen og udsving i CDS spreads. Den mest massive faktor er markedets forventning til fallitsandsynlighed, som kommer til udtryk i et højere spread desto større forventning om, at referenceaktivet går konkurs. En strukturel nedgang i markedet, så som lavkonjunktur og nedsat risikovillighed vil typisk medføre, at spreads generelt udvides.

Likviditet er også en faktor, der påvirker spreadet. Er der fx lav likviditet i CDS'en, vil sælgeren af beskyttelse tage en højere risikopræmie for at indgå kontrakten. Endvidere vil lav likviditet i referenceaktivet som oftest betyde faldende likviditet i CDS'en. Spekulation i en given CDS kan dog være medvirkende til at den modsatte tendens opstår.

Spread på en likvid CDS vil meget hurtigt reagere på nyheder og ændringer i markedet. Dette er en fordel i forhold til at vurdere markedets aktuelle opfattelse af kreditrisikoen på en given reference. Det kan give et bedre og mere nøjagtig billede af kreditrisikoen end en rating fra et ratingbureau, som opdateres med en langt lavere frekvens. CDS spreads har dog den ulempe, at både valide samt rygtebaserede nyheder inkorporeres. Dette kan betyde, at det aktuelle spread giver et lidt skævt billede af den reelle kreditrisiko for referencen.

3 Volatilitet & risikostyring

Volatilitet opstår, når værdien af et aktiv ændrer sig. Volatilitet kan skyldes nye informationer, som får markedet til at reagere ved at ændre holdning til prisfastsættelsen af et givent aktiv. En høj volatilitet i en afkastserie betyder, at der er større sandsynlighed for, at en investering i samme vil resultere i enten en stor gevinst eller et stort tab. Volatilitet er derfor en vigtig faktor i risikostyring af finansielle aktiver.

En meget anvendt model til risikostyring er Value at Risk (VaR). VaR-begrebet opstod omkring 1980 og forbindes ofte med J.P. Morgan og deres anerkendte RiskMetrics¹⁹. VaR er blevet populær på markedet, idet modellen på en simpel måde udtrykker det maximale forventede tab i en portefølje med et enkelt tal. Tabet defineres over en specifik tidsperiode ved et givent konfidensinterval.

Modellen benytter de enkelte aktivers individuelle varians samt deres indbyrdes korrelation til at give et bud på den samlede risiko i porteføljen. Modellen bygger ofte på antagelsen om normalfordeling. I forhold til risikostyring er det derfor væsentligt at definere de tre nævnte begreber, som følger nedenfor.

3.1 Varians og standardafvigelse

For at kunne vurdere usikkerheden på et givent afkast ses der i denne sammenhæng på hvor store svingninger, der observeres henover en afkastserie. Statistisk volatilitet beskriver, hvordan en given stokastisk variabel X varierer i forhold til dens middelværdi. Typisk angives variationen enten i standardafvigelser ($\pm\sigma$) eller varians (σ^2). Det ses, at variansen blot er den kvadrerede standardafvigelse, og vil derfor per konstruktion altid være et positivt tal.

Modsat priser, kan volatilitet ikke direkte aflæses i markedet, men kræver, at der tages stilling til en model, der kan danne grundlag for estimeringen. Den generelle formel for varians beregnes på baggrund af de historiske afkast og angives ifølge Hull(2006)²⁰ som:

Formel 3.1.a:
$$\sigma^2_n = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (r_{n-i} - \bar{r})^2$$

¹⁹ An introduction to market risk measurement, s.7

²⁰ Options, Futures and Other Derivatives, s. 461

Det er ifølge Hull(2006) meget anvendt at lave et par mindre korrektioner til ovenstående formel. Den mest normale er at simplificere formelen ved at antage en middelværdi på 0, hvorved der kan tages direkte udgangspunkt i de kvadrerede afkast (r^2). Det ses tillige tit, at der ved store afkastserier fraviges korrektionen af frihedsgrader, hvorved der foran sumtegnet blot står $1/m$.

Når VaR betragtes er det essentielt, at betragte estimering og forecast af volatilitet. Det er vigtigt at vurdere disse størrelser for at give et kvalificeret bud på tabsrisikoen for fremtiden. Til brug for estimering og forecast af prisudviklingen i en given stokastisk variabel, findes en lang række stokastiske processer, der alle på hver sin måde forsøger at modellere denne udvikling. I tråd med dette findes tillige en række stokastiske processer til estimering og forecast af henholdsvis historisk og fremtidig volatilitet. Et par af disse modeller vil blive gennemgået i afsnit 5.

De fleste af disse modeller udleder et estimat på den kvadrerede standardafvigelse (variansen), men typisk er det standardafvigelsen, der danner grundlag for reflektion. Dette skyldes, at variansen udtrykker observationernes gennemsnitlige kvadrerede afvigelse fra middelværdien, hvilket ikke er særligt intuitivt og heller ikke umiddelbart kan omsættes til nogen praktisk fortolkning. Derimod kan standardafvigelsen i praksis fortolkes som observationernes gennemsnitlige afvigelse fra middelværdien og altså et variationsmål for spredningen i det underliggende datagrundlag. Standardafvigelsen udtrykkes ifølge Alexander(2001)²¹ oftest i årlige termer, ud fra omregningen:

Formel 3.1.b:
$$\sigma_{\text{yearly}} = \sigma_n \sqrt{A}$$

Hvor A er en annualiseringsfaktor, der angiver antallet af afkast pr. år, hvorved det bliver muligt at sammenligne volatilitetstal på tværs af forskellige perioder. Typisk er det daglige tal, der omregnes til årlige tal, ved hjælp af en standard for business dage på 250 eller 252.

Ved analyse af volatiliteten i finansielle afkastserier skelnes der mellem ubetinget (konstant) og betinget (tidsvarierende) volatilitet. Anses volatiliteten som ubetinget af tidligere observationer, er volatiliteten konstant og udviklingen i de variable fuldstændig tilfældig²². De mest simple volatilitets-modeller fremkommer således alene med et estimat for den

²¹ Market Models, s. 5

²² An Introduction to market risk measurement, s.241

ubetingede varians på baggrund af hele rækken af historiske data. Dermed antages at fremtidig volatilitetsstruktur er konstant i al evighed, hvilket sjældent vil være tilfældet.

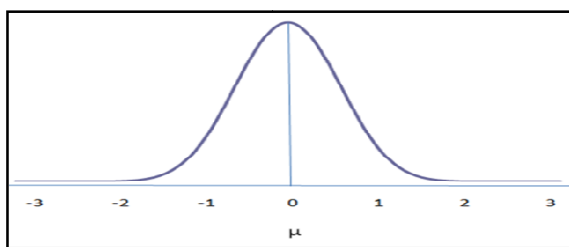
Når en afkastserie udviser varierende betinget varians, ses det at der mellem perioder med lav volatilitet pludselig opstår perioder med høj volatilitet, hvorved afkastserien viser tegn på volatilitetsklumpning. De fleste finansielle afkast viser tegn på netop dette²³. *“Large movements tend to follow large movements, of either sign”* – en observation i finansielle afkastserier gjort af Mandelbrot(1962)²⁴. Denne afhængighed i volatiliteten benævnes ved brug af statistiske begreber som konditional heteroskedasticitet og betyder at den betingede varians ændrer sig over tid. En måde at undersøge dette er ved at kontrollere for autokorrelation og på den måde se, om der er afhængighed mellem afkast i forskellige perioder.

3.2 Normalfordeling

Mange risiko-modeller som fx VaR, anvender som nævnt antagelsen om normalfordelingen. En af årsagerne skyldes fordelings pæne statistiske egenskaber, hvormed den på en simpel måde beskriver forskellige data på baggrund af 2 parametre; middelværdi (μ) og standardafvigelse (σ). Denne brug af normalfordelingen betyder, at det er af stor betydning for validiteten i output fra modellen, om de finansielle afkastserier reelt overholder antagelsen.

Normalfordelingen illustreres typisk som en symmetrisk klokkeform, som det fremgår af nedenstående figur.

Figur 3.2.a: Normalfordeling



Normalfordelingen bruges dermed som en metode til beskrivelse af hvordan en distribution af elementer/observationer fordeler sig omkring dens gennemsnit. En normalfordelt afkastserie

²³ The Handbook of Risk Management and Analysis, s. 238

²⁴ Market Models, s.63

medfører, at der er større sandsynlighed for at observere afkast tæt på seriens middelværdi, mens observationer i halerne er mindre sandsynlige. Inden for risikostyring er det naturligt, at fokusere på den venstre hale i fordelingen, da dette område angiver de negative observationer/afkast og dermed tabene.

Empirien viser, at finansielle afkast har flere ekstreme observationer end normalfordelingen angiver og tilsvarende en større mængde af observationer omkring middelværdien²⁵. Kurtosis beskriver forholdet mellem midten af fordelingen og halerne. En afvigelse fra normalfordelingen, som ved finansielle afkast, benævnes excess kurtosis, og er givet ved en kurtosis større end 3. Under ét kendes begrebet for en fordeling med *fede haler* og *høj top*, også som leptokurtosis. Problemet i forhold til risikostyring er, at der ved antagelse om normalfordeling, opstår en tendens til at undervurdere risikoen på afkast i højt volatile perioder, og omvendt overvurdere dem i stabile perioder.

Excess kurtosis beregnes ved følgende formel:

Formel 3.2.a:

$$\text{Kurtosis} = \frac{n(n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)} \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i - \bar{x}}{\sigma} \right)^4 - \frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)}$$

Herudover kommer at finansielle afkast ofte viser tendens til højreskævhed, hvor normalfordelingen som tidligere nævnt er symmetrisk omkring middelværdien. Skævheden beregnes som angivet nedenfor²⁶.

Formel 3.2.b:

$$\text{Skævhed} = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i - \bar{x}}{\sigma} \right)^3$$

Skævheden angiver, hvor meget fordelingen afviger fra den symmetriske akse som normalfordelingen antager. Er skævheden positiv (højreskæv), vil afkastserien have flere positive afkast end negative afkast, givet en middelværdi på nul.

3.3 Korrelation

Ud over vigtigheden af at kende niveauet for volatiliteten og dermed udsving i afkast/ændringer, er sammenhængen imellem forskellige aktiver ligeledes vigtig. En meget anvendt metode, hvorpå denne sammenhæng kan måles, er ved at beregne korrelationen

²⁵ The Handbook of Risk Management and Analysis, side 201

²⁶ Grundlæggende teoretisk statistik og praktiske anvendelser s. 11

mellem de to variable. Korrelationen (ρ) er et tal mellem -1 og +1 og angiver, hvor stor en grad af positiv eller negativ linearitet der er i samvariationen. Jo tættere det beregnede tal er på henholdsvis -1 eller +1, jo større er korrelationen, mens der ved et tal tæt på 0 kun er en meget lille eller ingen grad af korrelation. Er tallet tæt på +1, er sammenhængen positiv, hvorved de to variable bevæger sig i udpræget grad i samme retning, mens det modsatte er gældende for et tal tæt på -1, hvor dataserierne bevæger sig modsat af hinanden. Korrelationen mellem to variable kan defineres ved formlen nedenfor²⁷.

Formel 3.3.a:

$$\rho_{x,y} = \frac{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sigma_x \sigma_y}$$

Beregning af korrelation er et meget anvendt begreb i forhold til risikostyring og brugen af Value at Risk. Her anvendes netop kovariansen i aktiverne til at vurdere graden af samvariation og dermed vurdere den samlede risiko for en portefølje. Negativt korrelerede aktiver kan være med til at reducere den systematiske risiko, og hvormed der opnås en diversifikationsgevinst²⁸.

En anden måde at vise andelen af forklarende sammenhæng mellem to dataserier er ved at anvende lineær regression og vurdere om punkterne i dataserien fortætter sig omkring en ret linie. Der ses på sammenhæng mellem 2 variable, x og y , hvor x er den forklarende variabel og y er den afhængige variabel. Sammenhængen mellem x og y antages givet ved nedenstående formel²⁹.

Formel 3.3.b:

$$y = \alpha + \beta x + \varepsilon$$

De første to led på højre side definerer det lineære udtryk. Det sidste led kaldet fejlleddet eller restleddet, og angiver den del af y -værdien, der ikke kan forklares ved x -variablen. Det antages, at restleddet følger en normalfordeling hvorved $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$.

Modellens forklaringssevne kan angives ved determinationskoefficienten R^2 , som beskriver, hvor stor en del af variationen i den afhængige variabel y , der forklares af den uafhængige variabel x . Forklaringsgraden angives derfor som et %-tal mellem 0 og 100, hvor en værdi tæt på 100% angiver en meget høj forklaringsgrad.

R^2 er blot er en kvadrering af korrelationen og kan derfor nemt bestemmes tillige med beregningen af korrelationen.

²⁷ Options, Futures and Other Derivatives, s. 475

²⁸ An introduction to market risk measurement, s. 5

²⁹ Grundlæggende teoretisk statistik og praktiske anvendelser, s. 162

3.4 Metode

En af måderne, hvorpå der kan måles volatilitet, er ved at beregne afkastet på basis af ændringerne i priser og dernæst måle volatiliteten i disse afkast. Denne fremgangsmåde skyldes primært, at det giver et mere nøjagtigt billede af udviklingen i volatiliteten, da det samtidig tager højde for niveauet af observationerne³⁰.

For CDS er det ikke direkte muligt at beregne dette afkast på basis af ændringer i spreads, da CDS kontrakt altid indgår til en markedsværdi på nul, hvorfor det ikke kan sammenlignes med fx aktiepriser, der købes til en bestemt værdi. Det kan derfor heller ikke konkluderes, om en stigning eller et fald i spreads betyder et tab eller en gevinst. O’Kane (2008)³¹ benytter sig af en approksimation for dette ved at beregne log ændringerne i spreads og dernæst benytte disse som grundlag for målingen af volatilitet. Det er ligeledes observeret i et research notat fra Barclays (2009)³², hvor de ligeledes baserer deres realiserede volatilitet på baggrund af log ændringer i spreads.

Ud fra de historiske spreads (S) har vi derfor valgt at beregne de kontinuerte (log) ændringer (r). Ved at beregne de kontinuerte ændringer antager vi samtidig, at S følger en lognormal proces. De kontinuerte ændringer er beregnet som³³:

Formel 3.4.a:
$$r_i = \text{LN}\left(\frac{S_i}{S_{i-1}}\right)$$

Det er valgt at bibeholde notationen (r_i) som normalt benyttes til afkast for at gøre det muligt at anvende samme formel ved beregningen af det reelle afkast i afsnit 6 hvor tre aktie index inddrages i analysen.

I forhold til beregning af varians er det som nævnt normalt at simplificere formelen ved at antage en middelværdi på 0, og dermed tage direkte udgangspunkt i de kvadrerede afkast. Vi har imidlertid valgt at udregne den reelle middelværdi ($\bar{r}$) af ændringerne, og efterfølgende korrigere i henhold til dette i form af udregning af excess ændringer (u):

Formel 3.4.b:
$$u_i = r_i - \bar{r}$$

³⁰ Mastering Value At Risk, s. 191

³¹ Modelling Single-name and Multi-name Credit Derivatives, s. 164

³² Credit Alpha Europe, s. 11

³³ Options, Futures and Other Derivatives, s. 461

Korrektionen kan implementeres i Excel og betyder, at middelværdien i excess ændringer per konstruktion bliver 0, dvs $u_i \sim N(0, \sigma_i^2)$. Igen er der valgt at benytte samme notation på tværs af CDS og aktie index, dog med den forskel at der for aktie afkast er tale om excess afkast.

En anden simplificering er korrektionen af frihedsgrader. I vores databehandling inddrages næsten hele populationen af data, og det er derfor vurderet at korrektionen har relativ lille betydning for de endelige estimater. Vi har derfor valgt at se bort fra denne korrektion. Det leder frem til at variansen i vores model er omskrevet til følgende:

Formel 3.4.c:
$$\sigma_n^2 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m u_{n-i}^2$$

Den daglige varians er derfor i vores model blot udtrykt ved kvadrerede excess ændringer og variansen for en given periode findes ved at tage middelværdien i den ønskede periode. Med baggrund i metoden til at omregne volatilitet for en given periode til årlig volatilitet har vi valgt at tage direkte udgangspunkt i vores beregnede daglige tal for variansen. Det har vi gjort ved at anvende en lettere omskrivning af den nævnte metode.

Formel 3.4.d:
$$\sigma_{\text{yearly}} = \sqrt{\# \text{ business days pr. year} \cdot \sigma_{\text{daily}}^2}$$

Antallet af business dage har vi valgt at udregne som et reelt årligt gennemsnit af dage på baggrund af de enkelte dataserier. Dette er gjort ved hjælp af tællefunktion i Excel og resultatet er herefter divideret med 4, da data dækker over 4 år. Ved at tage udgangspunkt i det nøjagtige antal dage mener vi, det giver et mere nøjagtigt grundlag for sammenligning på tværs af de enkelte dataserier.

For at sikre en adskillelse mellem de ovenfor beregnede tal for varians og de estimerede størrelser, der udledes i afsnit 5, er det valgt at benævne den beregnede varians som *observeret varians*.

Det er som nævnt ikke kun vigtigt at se på størrelsen af volatilitet, når risikoen i en dataserie skal vurderes. En stillingtagen til dataseriens karakteristika og graden af normalitet er ligeledes vigtig. Der findes en række avancerede metoder til at teste, i hvor høj grad en dataserie antager en normalfordeling. I forhold til denne opgave er det dog vurderet at en test for tegn på kurtosis og skævhed vil give den nødvendige indikation om hvorvidt de følger en normalfordeling. For alle CDS Index og aktie index, er der ved hjælp af Excel's funktion *KURT* beregnet tal for kurtosis. Excelfunktionen tager udgangspunkt i en sammenligning i forhold til

normalfordelingen, og et tal større end nul vil derfor være direkte tegn på excess kurtosis. Excel's *SKEW* funktion er benyttet til at beregne symmetrien i spread ændringerne og aktie afkastene.

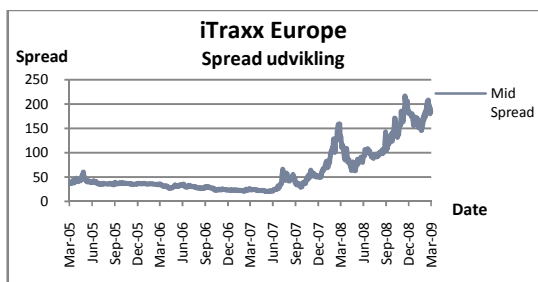
I afsnit 6 om sammenligning af CDS Index og aktie index er korrelationen mellem de forskellige data beregnet i Excel på baggrund af den indbyggede funktion *CORREL*. Funktionen korrigerer ikke for frihedsgrader og er dermed i tråd med valget fra tidligere om at denne korrektion ikke medtages. De steder, hvor det er fundet brugbart, er forklaringsgraden beregnet som en kvadrering af korrelationen. Til brug for visualisering af den lineære sammenhæng er Excel anvendt til plot af data i et scatterplot.

4 Empirisk analyse af CDS Index spreads

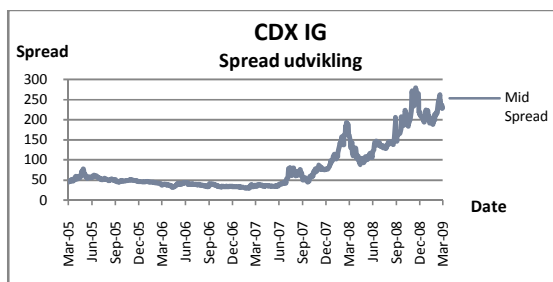
4.1 Udvikling i spreads

Som tidligere nævnt er der sket en ganske betragtelig udvidelse af spreads siden sommeren 2007. På tværs af alle CDS Index spreads ses en tilsvarende tendens, med en mangedobling af spread niveauet fra marts 2005 til marts 2009. I nedenstående Figur 4.1.a og Figur 4.1.b ses udviklingen i spreads i den 4-årige periode for iTraxx Europe og det amerikanske CDX IG³⁴. Begge index har 125 underliggende investment grade CDS, og begge har stort set samme niveau for spreads ved start af perioden i marts 2005. Den eneste forskel på de to er altså den geografiske placering af referenceaktiverne. På trods af de tydelige ligheder i de to index, er det alligevel overraskende, at de i den grad følger hinanden så synkront, som det kan observeres i de to figurer.

Figur 4.1.a: iTraxx Europe - Spread udvikling



Figur 4.1.b: CDX IG - Spread udvikling



Efter en lang periode med indsnævring af spreads er det ligeledes tydeligt at se, hvornår der begyndte at ske ændringer på kreditmarkedet. Begge index oplever et markant spring i niveauet af spreads i juli 2007, som igen angav startskuddet til kreditkrisen på markedet. Den meget stabile udvikling frem til dette var præget af en tid med høj vækst og stigende aktie priser. Der var tillige en massiv appetit på risiko og alle kreditprodukter oplevede en voldsom vækst i efterspørgsel. De mange udstedelser af syntetiske Collateralized Debt Obligations var med til at skabe et meget likvidt CDS marked og var medvirkende til denne indsnævring af spreads på tværs af index.

Vores analyse viser at udsvinget i juli 2007 kan observeres på alle de europæiske og amerikanske index, mens de asiatiske CDS Index kun udviser et mindre udsving i spread niveauet i den måned.

³⁴ Se bilag 9.3 for en tilsvarende figur for de øvrige CDS Index

Et andet interessant perspektiv er selve niveauet af spreads på tværs af de forskellige CDS Index. I nedenstående tabeller ses dels den procentuelle udvikling i spreads fra 2005-2009³⁵, og dels en rangering af niveauet af spreads. Der er taget udgangspunkt i spreads fra d. 20. marts i hvert af de to år.

Tabel 4.1.a: %-udvikling i spreads 05-09

% Change 2005-2009	
iTraxx Crossover	464%
iTraxx Europe	497%
CDX IG	509%
iTraxx HiVol	623%
CDX IG HiVol	645%
iTraxx Senior Financials	915%
iTraxx Sub Financials	1228%
iTraxx Australia	1342%
iTraxx Japan	2016%
iTraxx Japan HiVol	2114%

Tabel 4.1.b: Rangering af spread niveau 2005 vs. 2009

Mar-05		Mar-09	
iTraxx Senior Financials	18,88	iTraxx Senior Financials	172,63
iTraxx Japan	23,17	iTraxx Europe	184,59
iTraxx Australia	28,50	CDX IG	229,31
iTraxx Sub Financials	29,25	iTraxx Sub Financials	359,11
iTraxx Europe	37,13	iTraxx Australia	382,42
CDX IG	45,03	iTraxx HiVol	390,05
iTraxx HiVol	62,63	iTraxx Japan	466,97
iTraxx Japan HiVol	68,50	CDX IG HiVol	593,66
CDX IG HiVol	92,02	iTraxx Crossover	1.105,27
iTraxx Crossover	238,00	iTraxx Japan HiVol	1.447,92

Selvom der er stigninger i alle CDS Index er der meget stor forskel i niveauerne. iTraxx Japan High Volatility er med imponerende 2114% det index, der har oplevet den største stigning, mens iTraxx Crossover tegner sig for den laveste med 464% i forhold til udgangspunktet i marts 2005. Udviklingen i iTraxx Europe og CDX IG, samt de respektive High Volatility index følger næsten synkront hinanden.

Der kan observeres en indsnævring af spreads på 8 ud af 10 CDS Index mellem marts 2005 og marts 2007. På tværs af alle index kunne der i marts 2007 købes beskyttelse for i gennemsnit 0,58% i rente. Dette er ganske langt fra de i gennemsnit 2,47%, der kunne observeres i marts 2008 og hele 5,33% i marts 2009.

Når der ses på niveauet af spreads kan dette også indikere, hvordan de forskellige CDS Index rangeres i markedet i forhold til graden af risiko de enkelte. I tabel 4.1.b ses at Senior - og Sub Financials beholder deres placering på trods af de voldsomme udsving forårsaget af finanskrisen. Senior Financials er således stadig den mindst risikable investering, hvis der alene ses på størrelsen af spreads. HiVol og iTraxx Crossover anses stadig for værende de mest risikofyldte investeringer både før og efter finanskrisen. Eneste segment, der markant har ændret position, er de asiatiske index. Siden krisen indtrådte, er fx iTraxx Japan rykket langt ned af listen. Netop de asiatiske markeder har reageret lidt forskudt af USA og Europa og det kan være årsagen til det fortsat høje niveau af spreads.

³⁵ Se bilag 9.4 for tabel med komplet oversigt af spreads aflæst d. 20. marts i hvert af de 4 år

Når der ses på niveauer for spreads og udviklingen i samme, er det også interessant at se på de indbyrdes forhold mellem de forskellige CDS Index. Mest af alt for at se om der er sket et skift i dette forhold efter finanskrisen.

Tabel 4.1.c: Forhold i niveauet af spreads mellem udvalgte CDS Index

	Mar-05	Mar-06	Mar-07	Mar-08	Mar-09
iTraxx Europe vs CDX IG	82%	95%	70%	83%	80%
iTraxx Europe vs iTraxx Japan	160%	136%	112%	90%	40%
iTraxx Senior Fin vs Sub Fin	65%	57%	58%	55%	48%
iTraxx Europe vs iTraxx Crossover	16%	12%	11%	22%	17%

I tabellen ovenfor er spreads i udvalgte index sat op imod hinanden. Procentangivelsen i tabellen skal tolkes på den måde, at det er niveauet for det førstnævnte index i forhold til det andet nævnte. Eksempelvis for det første par, iTraxx Europe og CDX IG, betyder det, at spread niveauet for iTraxx Europe ligger på 82% af niveauet for CDX IG i marts 2005.

Forholdet mellem spreads for iTraxx Europe og CDX IG er næsten konstant igennem hele perioden. Dette er som ventet, da det europæiske og amerikanske marked har en tendens til at følge hinanden. Ses der på forholdet mellem iTraxx Europe og iTraxx Japan er det et helt andet billede, der ses. Her er der et markant fald i det indbyrdes forhold, hvor iTraxx Europe før finanskrisen havde et højere spread end iTraxx Japan, ligger det japanske index nu højest. Der er altså sket et skift i markedets holdning til kreditværdigheden af europæiske kontra japanske selskaber. Skiftet kan være påvirket af tendensen med flight-to-safety der i krisetider betyder at folk trækker investeringer væk fra de eksotiske markeder og tilbage til velkendte markeder.

For senior og subordinated financials ses et fald i det indbyrdes forhold. Finanskrisen har altså medført et større spænd mellem de to. En af årsagerne kan være de forskellige statsudstedte redningspakker til bankerne, hvor der har været tvivl om, hvorvidt de kan eller skal dække subordineret gæld³⁶.

Det sidste index par, der er medtaget, er de europæiske index for henholdsvis investmentgrade og non-investmentgrade referenceaktiver. Her ses, at der skete et mindre ryk i det indbyrdes forhold da finanskrisen startede og der skete en udvidelse fra 11% til 22%. Ændringen var dog kortvarig og markedet inkorporerer igen stort set det samme forhold i kreditværdigheden, som var gældende før finanskrisen.

³⁶ BIS Quarterly Review, marts 2009 s. 5

4.2 Påvirkende faktorer

Påvirkningen af spreads kommer blandt andet fra de individuelle krav til risikopræmier, der er på det enkelte selskab, men der er ligeledes en række generelle faktorer, der spiller ind. Det er faktorer, der bidrager til den systematiske risiko og dermed til det generelle niveau for spreads på tværs af forskellige selskaber, uanset deres individuelle risici.

Modpartsrisiko

En stor faktor, der generelt kan påvirke niveauet for CDS spreads og som ikke direkte er linket til kreditværdigheden af de underliggende referenceaktiver, er tilliden til de banker, der agerer som modparter i CDS kontrakterne. I marts 2008 blev markedet første gang påvirket af kollapse af den amerikanske investeringsbank Bear Stearns, som kun undgik en reel konkurs på grund af støtte fra den amerikanske stat, samt J.P. Morgan som gik med til at overtage resterne af den gamle og indtil da velrenommerede investeringsbank. Der var stor diskussion i markedet, om det var korrekt af den amerikanske stat at redde banken for konkurs. I den forbindelse forsvarede den amerikanske centralbank chef Ben S. Bernanke redningsplanen med, at effekten af en konkurs ikke ville være isoleret til den finansielle sektor, men ville lede til en kaotisk terminering af investeringer på tværs af den amerikanske økonomi³⁷.

Måske som svar på usikkerheden skabt af kollapse af Bear Stearns, blev der i juni 2008 etableret et ligevægtet index, der trackede spreads på de 15 største modparter i CDS kontrakter³⁸. Indekset blev etableret af det uafhængige research bureau Credit Derivatives Research LLC, der tillige udsteder andre mere typiske CDS Index der, som iTraxx og CDX, tracker europæiske, amerikanske og asiatiske referenceaktiver³⁹. Indekset er et synligt tegn på, at markedet for alvor er begyndt at indregne modpartsrisikoen som en vigtig faktor på CDS markedet.

Indekset nåede dog ikke at have 15 referencer særlig længe, idet Lehman Brothers gik konkurs kun tre måneder senere i september 2008. Konkursen af Lehman Brothers var særlig problematisk for CDS markedet, idet banken som nævnt var en af de 15 største modparter i CDS kontrakter på verdensplan. Derfor blev der ikke alene registreret store tab i banksektoren på grund af direkte tab forårsaget af konkursen, men det rystede tillige hele CDS markedet på

³⁷ Artikel, Fed Aided Bear Stearns as Firm Faced Chapter 11

³⁸ Artikel, CDR intros index to measure, hedge counterparty risk

³⁹ www.creditresearch.com

grund af tabet af en stor modpart. Det betød også at alle CDS kontrakter der var indgået med Lehman Brothers, ikke kunne opfyldes. Dels kunne Lehman Brothers ikke betale præmie på kontrakter, som de selv havde købt beskyttelse på, og dels kunne de ikke honorere eventuelle tab, der måtte ske i de kontrakter, hvor de havde solgt beskyttelse til andre. Det var første gang at CDS markedet for alvor blev ramt af begrebet modpartsrisiko, da der indtil da primært havde været fokus på markedsrisikoen forbundet med referenceaktiverne ved indgåelsen af sådanne kontrakter. Markedet blev derfor også overrasket over, at den amerikanske stat lod Lehman Brothers gå konkurs, i stedet for at overtage banken eller give statstilskud der kunne være med til at redde den.

Recovery Rate og antal konkurser

En anden påvirkelig faktor for værdien og niveauet af spreads er markedets forventninger til recovery rate og antallet af konkurser. Recovery rate (RR) angiver med et %-tal mellem 0 og 100 den værdi, der forventes at være tilbage efter en kredithændelse i en CDS. Empiriske undersøgelser viser, at der er negativ korrelation mellem antallet af konkurser og niveauet for RR⁴⁰. Det betyder, at der i perioder med recession og mange konkurser tillige observeres en lavere RR på de selskaber, der går konkurs.

En empirisk undersøgelse fra 2002⁴¹ viser et vægtet gennemsnit af RR fra 1982 til 2001 på 37,2%. Det er dog vigtigt i den forbindelse, at der kan blive udløst en kredithændelse i en CDS kontrakt uden det underliggende selskab reelt går konkurs. Det kan betyde, at der er flere CDS kredithændelser end reelle konkurser og de kredithændelser, der ikke er relateret til rigtige konkurser, kan betyde en relativt høj RR ved settlement. Det blev set i forbindelse med kollapsedet af de amerikanske realkreditinstitutter Fannie Mae og Freddie Mac. De blev begge overtaget af staten og gik derfor ikke teknisk konkurs, men det udløste alligevel en kredithændelse i CDS markedet. Den gennemsnitlige RR på deres senior og subordinated gæld var hele 95,85%⁴², hvilket ligger langt over det normale i en reel konkurs. Til sammenligning var der en RR på 8,625% i Lehman Brothers og en gennemsnitlig RR på 2,25% i forbindelse med konkursen i de 3 islandske banker, Landsbanki, Glitnir og Kaupthing Bank.

⁴⁰ Artikel, Recovery Rates, Default Probabilities and the Credit Cycle

⁴¹ Artikel, The link between Default and Recovery Rates

⁴² www.creditfixings.com

Der blev i 2008 udløst 10 kredithændelser på CDS markedet, mens der til sammenligning frem til april 2009 allerede er 21 selskaber der har udløst settlement⁴³. Denne massive stigning af konkurser og kredithændelser og de relativt lave eksempler på recovery rates, der blev observeret i 2008, kan være en medvirkende årsag til øgede risikopræmier på køb af beskyttelse og dermed en udvidelse af de generelle spreads.

Renteniveau

Renteniveauet er en faktor, som burde have en påvirkning på det generelle niveau for spreads, da CDS spread for en given virksomhed blot burde være forskellen mellem renten på statsobligationer og renten på virksomhedsobligationen. Ifølge Hessel & Wang(2006)⁴⁴ har det dog ikke reelt været muligt at finde en konkret sammenhæng mellem volatiliteten af risikofrie renter og spreads. Faktisk ser det ikke ud til, at der overhovedet er en sammenhæng mellem de to størrelser. Dette kan skyldes, at renterne fastsættes på basis af en specifik pengepolitik og at en renteændring ikke nødvendigvis har en entydig negativ eller positiv påvirkning på kreditkvaliteten for en virksomhed.

4.3 Volatilitet i spread ændringer

Når der ses direkte på udviklingen i spreads, er det svært at se det nøjagtige omfang af ændringerne, da der ikke tages højde for niveauet af de forskellige spreads. Det er derfor interessant at se på volatiliteten i de daglige spread ændringer. Vi har for alle CDS Index beregnet daglige tal for standardafvigelse, og herefter omregnet dette til årlig standard afvigelse jf. Formel 3.4.d. En oversigt over resultaterne kan ses i sorteret rækkefølge i tabel 4.3.a nedenfor.

Tabel 4.3.a: Gennemsnitlig årlig standardafvigelse mar-05 til mar-09

Period		iTraxx Cross-over	CDX IG HiVol	CDX IG	iTraxx HiVol	iTraxx Europe	iTraxx Australia	iTraxx Japan	iTraxx Senior Fin.	iTraxx Sub Fin.	iTraxx Japan HiVol
Mar-05	Mar-09	49,10%	52,76%	54,31%	60,80%	65,14%	65,61%	72,98%	83,90%	87,25%	103,72%

⁴³ www.creditfixings.com

⁴⁴ Artikel, Changes in Volatility of Credit Spreads and Market Efficiency

Det ses, at der er tale om en ganske massiv gennemsnitlig volatilitet i samtlige CDS Index og iTraxx Japan High Volatility er med hele 103,72%, det CDS Index med den højeste gennemsnitlige volatilitet i perioden. De næstmest volatile, er de to europæiske CDS Index der alene indeholder finansielle referenceaktiver. Det ses tillige, at bortset fra netop disse to europæiske CDS Index, er alle de asiatiske CDS Index repræsenteret i den højt volatile ende. Mindste volatilitet findes i det meget likvide CDS Index, iTraxx Crossover, der dækker over 50 non-investmentgrade referenceaktiver. Den relativt højere volatilitet i investmentgrade index kontra iTraxx Crossover skyldes givetvis, at de fleste finansielle institutioner har en rating, der placerer dem over investment grade og deres turbulente historik de seneste to år, har således primært påvirket sådanne index.

Det er interessant at observere at både det amerikanske og europæiske CDS Index, der indeholder højt volatile referenceaktiver, faktisk har en lavere gennemsnitlig volatilitet end de respektive Index de tracker. Samme tendens ses ikke i det asiatiske index, hvor iTraxx Japan ligger langt lavere end dets High Volatility Index.

Den høje gennemsnitlige volatilitet i spread ændringer dækker dog over meget store udsving inden for den 4-årige periode. Volatiliteten i markederne har siden sommeren 2007 har været meget høj, og særligt kreditderivater har været meget påvirket af denne udvikling. Af samme årsag er perioden delt op for at se på, hvordan volatiliteten kan observeres i perioden fra start og frem til finanskrisen, og dernæst fra finanskrisen og frem til nu. En metode der ligeledes er anvendt af Fung(2008)⁴⁵. Nedenfor ses derfor den gennemsnitlige volatilitet beregnet for perioden fra 20. marts 2005 frem til 30. juni 2007, og fra den dato frem til 20. marts 2009. Tallene er fremkommet ved beregning af den gennemsnitlige varians og herefter omregnet til årlig standardafvigelse, jf. Formel 3.4.d.

Tabel 4.3.b: Gennemsnitlig årlig standardafvigelse før og efter juli 2007

Period		iTraxx Cross- over	CDX IG HiVol	CDX IG	iTraxx HiVol	iTraxx Europe	iTraxx Australia	iTraxx Japan	iTraxx Senior Fin.	iTraxx Sub Fin.	iTraxx Japan HiVol
Mar-05	Jun-07	41,77%	41,43%	33,14%	38,93%	33,96%	31,38%	38,06%	39,83%	38,50%	57,55%
Jul-07	Mar-09	57,40%	66,83%	74,79%	81,17%	91,33%	91,63%	102,61%	119,50%	125,51%	146,54%

⁴⁵ Artikel, Are the US Stock Market and CDS Market Related?

Der viser sig nu et ganske andet billede end det, der kunne observeres ved at se på hele den 4-årige periode. Først og fremmest bekræftes tesen med relative lave niveauer for volatiliteten før finanskrisen, og meget høje niveauer efter. Det ses også, at stort set alle CDS Index ligger i et niveau omkring 30-40% før krisen, mens de efter krisen skifter til ganske forskellige niveauer på tværs. iTraxx Japan er stadig den mest volatile, med 146,54% i perioden fra juni 2007. De næstmest volatile index er de to iTraxx Index, der består af finansielle referenceaktiver, med henholdsvis 119,50% til Senior Financials og 125,51% til Subordinated Financials.

Den mest volatile CDS Index i perioden før krisen er iTraxx Crossover, men samtidig er det også det index, der efter krisen har den laveste volatilitet på tværs af de 10 CDS Index. Dette kan som nævnt skyldes den allerede indarbejdede risikopræmie, der ligger i de lavt ratede selskaber samtidig med, at den internationale kreditkrise primært har ramt finansielle institutioner.

Det er interessant at se de amerikanske og europæiske index, der tracker High Volatility i perioden før krisen, faktisk havde den forventede højere volatilitet, end de respektive Index, de tracker. Det er således under krisen, at der er sket dette skift i strukturen, hvorved de højt volatile index ligger lavere. En mulig forklaring kan være, at der kun sker udskiftning af referenceaktierne hvert halvår i marts og september og der i de mellemliggende perioder er sket voldsomme udsving i aktiver, der ikke var udvalgt ved seneste rul af index. Når der udvælges referenceaktiver til High Volatility index sker dette på baggrund af historiske data og ikke ud fra en vurdering af den forventede fremtidige volatilitet. At de højt volatile index ligger lavere under finanskrisen kan derfor tyde på, at der i perioden har været mange af aktiverne, der kun i kortere perioder har stået for de store udsving, og samtidig at en lang række af aktiverne har haft store udsving. Når de mest volatile efterfølgende er blevet inkluderet i High Volatility indexet, er det måske nogle helt andre aktiver fra hoved-indexet, der giver de store udslag.

De to index, der indeholder finansielle referenceaktiver, har ikke overraskende været meget negativt påvirket af finanskrisen. Dels blev det meste af sektoren påvirket af de massive tab på subprime lån, men det efterfølgende fald i tilliden til bankerne medførte en lang række kollaps med efterfølgende sammenlægninger til følge tillige med en række reelle konkurser med Lehman Brothers som den mest markante.

For at fokusere på udviklingen omkring finanskrisen, er der i nedenstående Tabel 4.3.c, beregnet variansen for de enkelte halvår, hvorefter det er omregnet til årlig standardafvigelse jf. Formel 3.4.d. Når der isoleret ses på udviklingen i de seneste 4 halvår jf. nedenstående tabel 4.3.c, ses ganske markante udslag i volatilitets-niveauet på tværs af indeksene. Hvis de to finansielle index sammenlignes, ses det at de ikke synkront følger hinanden. Hvor Senior Financials står for den højeste volatilitet ved starten af finanskrisen, er det Sub Financials der slutter perioden af med det højeste niveau. En årsag kan være det chok der ramte markedet, da store banker begyndte at gå konkurs og den pludselig højere usikkerhed, der opstod for investorerne i senior gæld. Omvendt var noget af denne usikkerhed allerede indregnet for investorerne af subordineret gæld.

Tabel 4.3.c: Gennemsnitlig årlig standardafvigelse for hver serie

Period		iTraxx Europe	iTraxx Cross-over	iTraxx Senior Fin.	iTraxx Sub Fin.	iTraxx HiVol	CDX IG	CDX IG HiVol	iTraxx Japan	iTraxx Japan HiVol	iTraxx Australia
Mar-06	Sep-06	31,95%	41,46%	44,06%	38,40%	33,83%	31,59%	31,31%	24,67%	38,66%	25,40%
Sep-06	Mar-07	30,81%	44,78%	45,84%	33,05%	33,38%	40,35%	39,00%	27,64%	31,11%	35,05%
Mar-07	Sep-07	97,30%	67,61%	130,13%	113,65%	81,40%	72,99%	58,11%	89,43%	39,91%	77,69%
Sep-07	Mar-08	84,74%	53,28%	118,52%	138,79%	75,76%	65,01%	68,05%	101,52%	70,42%	85,09%
Mar-08	Sep-08	89,25%	49,66%	107,06%	108,97%	79,20%	72,28%	62,15%	103,81%	223,18%	90,73%
Sep-08	Mar-09	66,52%	48,18%	85,29%	102,99%	68,42%	66,16%	58,91%	87,07%	147,98%	97,30%

Den markante nedgang i volatilitets-niveauet for Senior Financials kan som nævnt skyldes de forskellige statsudstedte redningspakker til bankerne, der dermed ser ud til at have haft lidt af den ønskede effekt. Noget af den fortsat høje volatilitet i Sub Financials kan begrundes med den tvivl, der er opstået omkring disse bankpakker, og om hvorvidt de kan eller skal dække subordineret gæld⁴⁶.

Langt størstedelen af de analyserede CDS Index ser ud til at have knækket kurven med stigende spreads. 7 ud af 10 Index ligger således på et lavere volatilitets-niveau for den seneste serie, sammenlignet med serien fra mar. til sep. 2007. Ingen af dem er dog i nærheden af nå niveauet af spreads før finanskrisen.

⁴⁶ BIS Quarterly Review, Marts 2009 s. 5

4.3.1.1 Test for normalfordeling

Som nævnt i afsnit 3.2 er det vigtigt at kende den reelle distributionsfordeling af de underliggende afkastserier, eller i dette tilfælde i spread ændringerne. Resultatet for alle de medtagne CDS Index ses i tabellen nedenfor.

Tabel 4.4.a: CDS Index - Excess kurtosis og skævhed

	iTraxx Europe	iTraxx Senior Fin.	iTraxx Sub Fin.	iTraxx Cross-over	iTraxx HiVol	CDX IG	CDX IG HiVol	iTraxx Japan	iTraxx Japan HiVol	iTraxx Australia
Excess Kurtosis	6,629	13,326	13,291	4,073	4,301	6,686	13,189	7,645	17,910	7,237
Skewness	-0,085	0,558	0,515	0,436	-0,145	0,519	0,450	0,603	-0,630	0,087

Det ses, at samtlige CDS Index har excess kurtosis og alle har en ganske markant afvigelse fra normalfordelingen. Der viser sig en tendens til, at CDS Index med høj volatilitet har en større mængde af observationer omkring middelværdien, hvilket igen betyder, at der er større varians i de ekstreme tilfælde. Samme tendens ses tillige i de europæiske index der indeholder finansielle CDS, hvilket ikke er overraskende grundet de seneste års turbulens på det finansielle marked.

I forhold til testen for symmetrien i spread ændringerne ses, at ingen af de viste CDS Index er helt symmetriske. Langt størstedelen udviser en positiv skævhed, hvilket igen indikerer flere positive ændringer end negative. Dette er måske ikke overraskende givet den store udvidelse af spreads i perioden, som analysen dækker over.

Denne markante afvigelse fra normalfordelingen skaber implikationer for output af risikomodeller hvor denne antagelse indarbejdes. En høj excess kurtosis vil betyde en overvurdering af risikoen i stille perioder, mens risikoen i perioder med finansiell distress vil blive undervurderet.

4.4 Delkonklusion

I perioden fra marts 2005 til marts 2009 er der sket et ganske markant skift i niveauet for spreads på tværs af de analyserede CDS Index. Perioden frem til finanskrisen var præget af en særdeles høj grad af risikovillighed blandt investorerne og der var reelt tale om en indsnævring af spreads frem til starten af 2007. Marts 2007 lå 8 af de 10 CDS index med spreads under 60, mens samme 8 index, to år senere i marts 2009, er skiftet til niveauer mellem 173 og 1448.

En af de mest markante faktorer, der har påvirket CDS Index spreads under finanskrisen, er usikkerheden omkring den finansielle sektor. Dels direkte i form af større sandsynlighed for konkurser, hvilket direkte påvirker spreads, men også grundet problemerne med modpartseksponering i CDS kontrakterne. Der har været en stigende grad af bekymring blandt markedsdeltagerne om kreditværdigheden af disse modparter. Alt dette har bidraget til en højere systematisk risiko på tværs af alle CDS Index. Antallet af settledede kredithændelser i CDS kontrakter er tillige steget markant fra 2008-2009, hvilket igen har forstærket denne tendens.

På tværs af alle CDS Index er volatiliteten i spread ændringer ganske massiv. Før finanskrisen var der tale om årlige niveauer på mellem 30-50%, hvor index med sub-investmentgrade referencer og index med høj-volatile referencer lå i top. Efter finanskrisen skiftede niveauet til mellem 50-140% og investmentgrade index blev nogle af de mest volatile. Kurven for stigende volatilitet ser dog ud til at være knækket, idet der i perioden sep-08 til mar-09 kan registreres fald i volatiliteten i langt de fleste CDS index. Der er dog endnu langt til niveauerne fra før finanskrisen.

Der er testet for, i hvor høj grad ændringerne i spreads følger normalfordelingen. Dette er ikke tilfældet, idet der ses ganske høje niveauer af excess kurtosis, hvorved ændringer i spreads følger den tendens, der historisk har kunnet observeres i finansielle afkast. Der er tillige ikke perfekt symmetri i ændringerne, idet 7 ud af 10 udviser positiv skævhed, og 3 viser en negativ skævhed.

5 Estimering af volatilitet

At kunne generere det mest præcise estimat og forecast for volatilitet er nøglen til optimal risikostyring. Dette skyldes at netop volatilitets-estimering og -forecast, er nogle af grundstenene i mange risikosystemer som fx Value at Risk, hvori vigtigheden af estimererne entydigt hænger sammen med værdien af output. Forskellen mellem volatilitets-estimer og volatilitets-forecast ligger i metoden for udregning. Estimerne beregnes på baggrund af historiske data, hvor efter disse estimer benyttes til at konstruere volatilitets-forecast⁴⁷.

I forbindelse med estimering af volatilitet i finansielle afkast findes der en lang række komplicerede og beregningstunge modeller. Vi har valgt at holde fokus på de mere simple modeller, da modellerne ved bestemmelse af et begrænset antal parametre direkte kan implementeres i praksis. Grundet opgavens omfang er det vurderet, at det er nødvendigt at fortage denne afgrænsning, for i stedet at kunne fokusere på en mere dybdegående analyse. Dette valg underbygges tillige af en undersøgelse lavet af RiskMetrics. Her konkluderes det, at de komplicerede modeller ikke giver et væsentligt bedre resultat og derfor ikke opvejer problemerne ved at implementere dem⁴⁸.

På denne baggrund er det valgt at benytte følgende modeller til estimering af volatilitet, der alle bygger på historiske data; *Simple Moving Average* (SMA), *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA) og *Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity* (GARCH(1,1)). De tre modeller ses ligeledes fremhævet af Hull(2006)⁴⁹. Alle tre modeller udleder estimer på variansen, og kan herefter omregnes til de ønskede standardafvigelser ved at tage kvadratroden heraf.

De udvalgte modeller er opbygget i Excel, hvormed de kan benyttes til at estimere volatilitet på alle CDS Index. I tråd med tidligere er den nærmere gennemgang af teori samt metodevalg for hver model, placeret under de respektive afsnit. Dataserierne for CDS Index, der anvendes som datagrundlag for dette afsnit, er der redegjort for i afsnit 1.4.2.

⁴⁷ The Handbook of Risk Management, s. 234

⁴⁸ RiskMetrics Technical Document, s.89

⁴⁹ Options, Futures and other Derivatives, kap. 19

Root Mean Squared Error (RMSE)

For at kunne sammenligne resultaterne inden for og på tværs af de forskellige modeller er der behov for en måleparameter. En af de mest anvendte sammenligningsmetoder er Root Mean Squared Error (RMSE).

RMSE er en statistisk metode, der kan anvendes til at finde den model, der giver den mindste kvadrerede afvigelse. Her vil den således blive anvendt til at finde den gennemsnitlige afstand mellem estimeret og observeret volatilitet. Metoden antager ikke en bestemt distributions funktion og anvendes tillige af J.P. Morgan i deres anerkendte RiskMetrics⁵⁰. Formlen for beregning af RMSE ses nedenfor:

Formel 5.0.a:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (u_t^2 - \hat{\sigma}_t^2)^2}$$

Ved at benytte RMSE kan resultaterne fra de enkelte modeller sammenholdes inden for hvert af de analyserede CDS Index. Det gør det muligt at vælge den model, der performer bedst, da resultaterne fra de forskellige modeller for et enkelt CDS Index bygger på nøjagtig samme dataperiode og antal observationer. Det er dog ikke muligt at benytte RMSE som sammenligningsmål på tværs af CDS Index. Dette skyldes, at RMSE her bygger på forskellige dataserier og niveauet derfor ikke fortæller meget om hvordan de enkelte modeller performer på tværs. Det er dog muligt, at benytte RMSE til at sige noget om den procentuelle forbedring på tværs af de analyserede modeller.

5.1 Simple Moving Average (SMA)

5.1.1 Teori

Ved estimering af volatilitet på baggrund af historiske observationer tages der direkte udgangspunkt i historisk observeret data over en given periode. Metoden bygger på antagelsen om stabil varians og dermed, at det bedste estimat på fremtidig varians direkte kan udledes på baggrund af historiske data.

Metoden kaldes tillige Equally Weighted Moving Average, da alle observationer vægtes ens, og den tager udgangspunkt i Formel 3.4.c til beregning af varians.

⁵⁰ RiskMetrics Technical Document, s. 98

Formel 5.1.a:
$$\hat{\sigma}_n^2 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m u_{n-i}^2$$

Måles der på månedlige afkastdata, vil formlen angive et estimat på den månedlige varians, ugentlige afkastdata vil give estimat på ugentlig varians osv.

En fordel ved denne model er, at den er relativ nem at implementere i praksis. Det kræves kun, at der tages stilling til perioden, der benyttes som grundlag for estimatet. Perioden, der vælges, flyttes ved tilføjelse af hver ny observation, hvorved den ældste observation falder ud af datasættet. Dette benævnes også som et "rullende vindue".

Eftersom alle observationer vægter ens, kan den bratte udskillelse af observationer imidlertid skabe nogle uhensigtsmæssige spring i estimatet. Fænomenet kaldes spøgelses effekter⁵¹ og opstår, hvis en af observationerne i dataserien fx er meget høj eller meget lav. Når de falder ud af datasættet, vil det betyde spring i varians estimatet fra dag til dag på trods af en uændret markedssituation. Herudover er det også uhensigtsmæssigt, at der ikke skelnes mellem vægten på ny og gammel information. Set ud fra et økonomisk synspunkt har ny information større relevans, og bør derfor tillægges en større værdi.

Prediction for next business day

SMA kan benyttes til estimering af volatilitet for den efterfølgende dag. Estimatet angives som en konstant værdi, og bygger på antagelsen om, at historien gentages, hvorved den bedste forudsigelse for den efterfølgende dag er den historiske volatilitet. Den ubetingende volatilitet er et problem jf. tidligere⁵², da volatiliteten typisk varierer over tid. Omvendt kan brugen af ubetinget volatilitet godt forsvares i stabile perioder.

5.1.2 Metode

I opsætningen af SMA-modellen til denne opgave, har vi valgt at analysere en række forskellige tidsperioder. Da dataserierne alene har observationer på hverdage, er det valgt at tage udgangspunkt i 5 observationer til en uge, og 21 observationer til en måned. De anvendte tidsperioderne er 1, 2, 3, 6 uger og 1, 2 måneder.

⁵¹ The Handbook of Risk Management and Analysis s. 236

⁵² Se afsnit 3 Volatilitet & risikostyring

Vi havde oprindeligt medtaget et 3 måneders estimat, men da vores for-undersøgelse viste at de andre perioder gav bedre forklaringsgrader, valgte vi helt at undlade denne måleperiode, idet vi på den måde kunne nøjes med en kortere burn-in periode. En burn-in periode sikrer, at vi kun medtager varians estimater for dage hvor alle tidsperioder er repræsenteret, hvilket igen gør det muligt at sammenligne resultaterne. Da vores længste tidsperiode er på 2 måneder (svarende til 42 dage), starter estimaterne for alle tidsperioder først efter 42 dage.

Som nævnt i afsnit 1.4.2 slutter de anvendte dataserier d. 19. marts 2009. SMA udleder alene et estimat for *next business day* d. 20. marts 2009, hvilket er indbygget i modellen. For varians-estimatet generet på baggrund af den optimale tidsperiode, er forudsigelsen for næste hverdag omregnet til årlig standardafvigelse, jf. Formel 3.4.d.

Som tidligere nævnt anvendes RMSE til at sammenligne de forskellige tidsperioders estimater på varians. Resultaterne rangordnes efter bedste forklaringsgrad, jf. laveste RMSE.

5.1.3 Analyse af empiriske data

Den nærmere analyse af de behandlede CDS Index viser, at der ikke er en entydig tidsperiode, der bedst kan benyttes som grundlag til estimering af varians på tværs af alle CDS Index. Der er variation mellem resultaterne, men dog ses der en overvægt på de kortere tidshorisonter. For at samle resultaterne på tværs af de forskellige CDS Index er der udfærdiget en opgørelse over rangeringen af tidsperioderne. Oversigten indikerer, at det bedste varians-estimat til datasierne fås ved en tidsperiode 3 uger, idet hele 9 ud af 10 CDS Index rangerer tidsperioden på en 1.-3. plads ved sammenligning af RMSE inden for hvert CDS Index. De næstbedste tidsperioder fortætter sig ligeledes omkring denne periode, idet 2 uger og 1 måned hver har 7 CDS Index der rangerer de respektive perioder på en 1.-3. plads.

Tabel 5.1.a: Sammenligning af tidsperioder

Ranking	1 week	2 weeks	3 weeks	1 month	6 weeks	2 months
1	0	3	3	2	1	1
2	0	1	4	3	1	1
3	1	3	2	2	0	1
4	0	1	1	3	6	0
5	2	2	0	0	1	5
6	7	0	0	0	1	2

Måske en smule overraskende ses det, at tidsperioden på 1 uge for langt de fleste CDS Index forklarer data i en meget ringe grad. Hele 7 ud af 10 CDS Index rangerer tidsperioden som den

med laveste forklaringsgrad ud fra RMSE sammenligningen. Dette kan hænge sammen med, at vægten til hver observation i tidsperioden er helt oppe på 20% (5 observationer), hvor hver observation fx ved et "rullende vindue" på 3 uger kun vægter 7%. Ved meget høje udsving på daglig basis, giver en vægt på 20% til gårsdagens observation muligvis et unuanceret billede af estimatet.

Analysen viser samtidig, at varians-estimerne baseret på 6 uger og 2 måneder opnår en meget lav rangering af størstedelen af de analyserede CDS Index. Fælles for netop disse to tidsperioder er, at det er dem med de længste "rullende vinduer", der arbejdes med i modellen. Ved de lange tilbageblik vil spøgelseeffekter i højere grad influere varians-estimatet og samtidig indarbejdes effekten fra nye observationer relativt langsomme.

Som nævnt tidligere bygger SMA-metoden på idéen med det "rullende vindue" og afhængig af mængden af observationer, der medtages i dette vindue, er det muligt at fange noget af dynamikken i dataserien. Når en kortere tidsperiode lægges til grund for varians-estimatet, bliver vægten på seneste observationer relativ større end ved anvendelse af længere tidsperioder. Da den kortere tidsperiode opnår en bedre forklaringsgrad i de analyserede CDS Index, betyder det, at der er en tendens til, at volatiliteten i spread ændringer generelt forklares bedre ved at tillægge større vægt på nyere data. Dette er meget typisk for dataserier med høj volatilitet, idet de store udsving hurtigere (ved hjælp af større vægt) indarbejdes i estimatet, men lige så vigtigt, at de hurtigt forsvinder ud af estimatet igen.

Til nærmere analyse er udvalgt de to CDS Index, hvor det bedste varians-estimat fremkommer ved henholdsvis en kort tidsperiode (iTraxx Europe) og en længere tidsperiode (CDX IG). Vi har i hver af de to figurer valgt at omregne de daglige tal for variansen til standardafvigelser. Herefter er den observerede standardafvigelse sat op imod estimatet ved anvendelse af den optimale tidsperiode. Til sammenligning er tillige inddraget estimatet fra den tidsperiode der mindst fitter data. Tilsvarende figurer for de øvrige CDS Index kan findes i bilag 9.5.

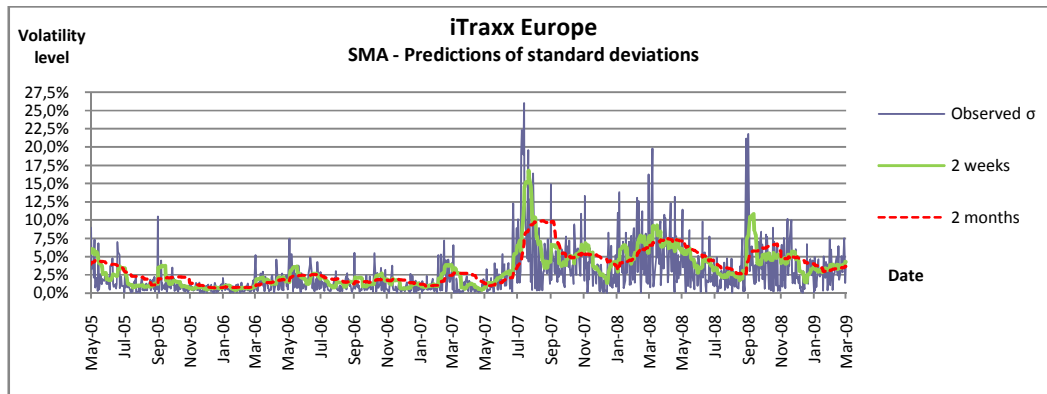
5.1.3.1 Kort tidsperiode

iTraxx Europe var med en optimal tidsperiode på 2 uger kendetegnet som et af de CDS Index, der havde den korteste tidsperiode som grundlag for det bedste fit til dataserien.

Det ses tydeligt i nedenstående figur, at estimatet på baggrund af tidsperioden på 2 måneder i langt ringere grad fanger de observerede høje udsving og samtidig er meget længere tid om at

udfase disse udsving. Tidsperioden på 2 uger tilpasser sig hurtigere efter store udsving, og spøgelseeffekten er som ventet mindre udtalt. Det ses dog, at selv ikke estimatet baseret på den optimale tidsperiode, formår at følge de ekstreme udfald.

Figur 5.1.a: SMA – iTraxx Europe

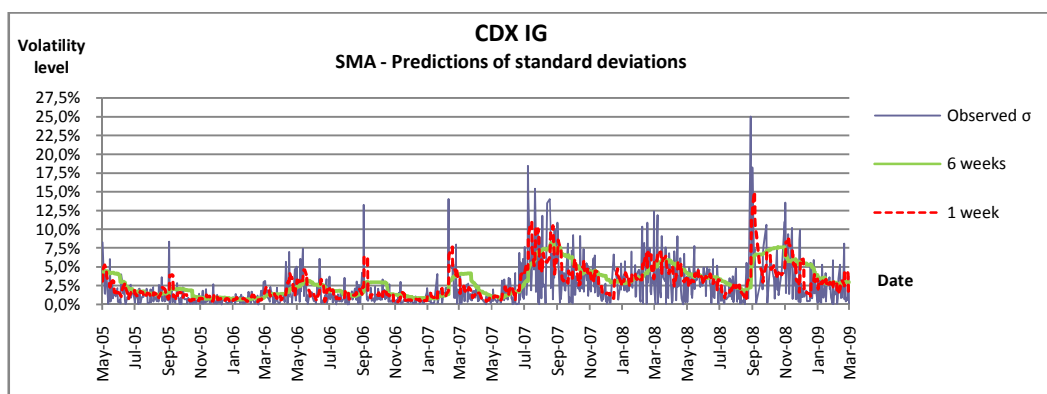


En lang række af de øvrige CDS Index udviser en tilsvarende tendens og har som iTraxx Europe en kort tidsperiode som den optimale og en lang periode som den dårligste.

5.1.3.2 Lang tidsperiode

De to amerikanske CDX index skiller sig ud i forhold til de øvrige. Begge index tildeler den dårligste forklaringsgrad til tidsperioden 1 uge, som tilsvarende blev rangeret dårligt for iTraxx Index, men overraskende er den bedste tidsperiode hhv. 6 uger og 2 måneder. Dette er modsat konklusionen for de andre. Nedenfor ses figuren for CDX IG, der har 6 uger som det bedste fit.

Figur 5.1.b: SMA – CDX IG



En mulig forklaring på forskellen i den optimale tidsperiode mellem iTraxx Europe og CDX IG er, at der er observeret en forskellig udvikling i volatiliteten i perioden jf. afsnit 4.3. iTraxx Europe

er karakteriseret ved volatilitetsklumpning, og der kan i perioden frem til finanskrisen observeres en ganske jævn udvikling, som blev afløst af en periode med meget høj volatilitet.

For CDX IG observeres der ligeledes volatilitetsklumpning, men graden af volatilitet er mindre udtalt. I ovenstående figur ses at CDX IG har mange enkelte spidse toppe, men de observeres sjældent sammenhængende i en længere periode. Ses der bort fra disse enkelte ekstreme observationer, dannes der en mere persistent og jævn graf. De enkelte ekstreme udfald udviser derfor i mindre grad tegn på stor indflydelse på volatiliteten for næste dag. Et større "rullende vindue" angiver, at estimeringen i højere grad vægter et længere gennemsnit højt, hvilket danner et mere trægt varians-estimat.

5.1.4 Delkonklusion

Fordelen ved SMA-modellen er klart dens simple metodik, der gør den mulig at implementere i praksis.

Resultaterne indikerer, at der ved anvendelse af SMA-modellen til estimering af varians, opnås det bedste fit gennem en kortere tidsperiode for største delen af de analyserede CDS Index.

Selvom de kortere tidsperioder i de fleste tilfælde i langt højere grad fanger de store udsving, ses det i figurene, at ingen af de ekstreme udfald i observeret volatilitet er inkorporeret i estimatet. SMA er dermed ikke i stand til på tilfredsstillende vis at fange den høje volatilitet i spread ændringerne. Dette skyldes bl.a., at SMA kun er baseret på en bestemt tidsperiode samt at der måles på den ubetingede volatilitet i dataserien. Ved forecast af volatilitet giver det udfordringer, at metoden kun udleder et bud på volatiliteten for næste business dag og antager at denne volatilitet er konstant i fremtiden.

Modellen tildeler samtlige observationer ens vægtning, hvorved der ikke skelnes mellem ny og gammel information inden for den optimale tidsperiode. Modellen ignorerer altså rækkefølgen af oplysningerne, der ligger i de kontinuerte ændringer, hvilket er et problem da den observerede volatilitet viser tegn på at være betinget.

5.2 Exponentially Weighted Moving Average (EWMA)

5.2.1 Teori

EWMA er en udbygning af SMA, hvor observationerne blev tildelt ens vægte ($1/m$). Problemerne med ens vægtning af ældre og nyere data, søges forbedret i EWMA ved at tildele en individuel vægt til de enkelte observationer. Derfor kan Formel 5.1.a omskrives til følgende udtryk, hvor det er muligt at vægte de enkelte observationer⁵³:

Formel 5.2.a: $\hat{\sigma}_n^2 = \sum_{i=1}^m \alpha_i u_{n-i}^2$ hvor $\sum_{i=1}^m \alpha_i = 1$ hvor $0 < \alpha < 1$

I EWMA er vægtene tillige en aftagende funktion af tiden. Det betyder at nyere observationer tillægges en større vægt end ældre observationer, hvorfor $\alpha_i < \alpha_j$ når $i > j$. Formlen for EWMA kan skrives som følger:

Formel 5.2.b: $\hat{\sigma}_n^2 = \alpha u_{n-1}^2 + \beta \hat{\sigma}_{n-1}^2$ hvor $\alpha_i = 1 - \beta_i$

Typisk benyttes notationen λ i stedet for β , hvorfor formlen kan omskrives til følgende⁵⁴:

Formel 5.2.c: $\hat{\sigma}_n^2 = (1 - \lambda)u_{n-1}^2 + \lambda \hat{\sigma}_{n-1}^2$

Konstanten λ (lamda) kaldes populært for decay-factor. λ angives som et tal i intervallet $0 < \lambda < 1$, der repræsenterer den vægt den enkelte observation tillægges. Vægten på en given observation tager udgangspunkt i følgende formel⁵⁵:

Formel 5.2.d: $\text{Weights} = (1 - \lambda)\lambda^{t-1}$

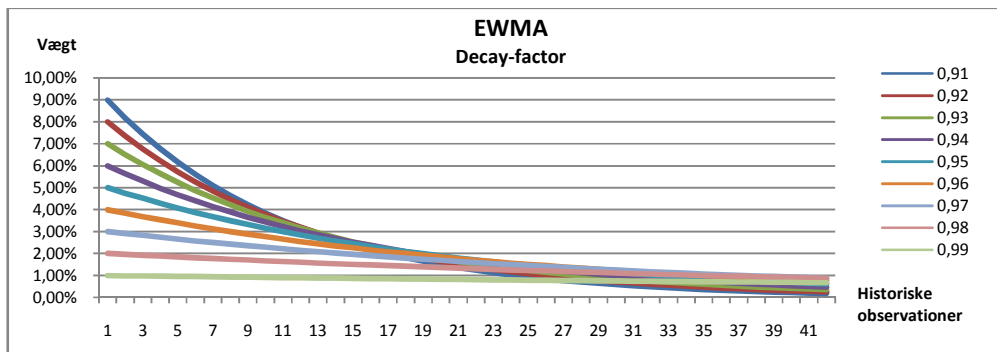
En λ meget tæt på 1 vil betyde, at observationerne blev tillagt næsten samme vægt og estimatet ville minde om resultatet fra SMA. Det betyder også, at risikoen for at se de såkaldte spøgelses effekter bliver større jo større værdi af λ der vælges. Omvendt vil en lavere værdi af λ medføre, at de nyere observationer tillægges en relativ stor informationsværdi, hvorfor risikoen for længerevarende spøgelses effekter vil blive reduceret. EWMA inkorporerer dermed mere effektivt perioder med volatilitetsklumpning, hvor volatiliteten enten ligger på et meget høj eller meget lavt niveau. Nedenstående figur visualiserer de forskellige vægte, der tillægges historiske observationer ved forskelle værdier af λ .

⁵³ Options, Futures and Other Derivatives, s. 462

⁵⁴ Options, Futures and Other Derivatives, s. 463

⁵⁵ The Handbook of Risk Management and Analysis, s.237

Figur 5.2.a: Illustration af decay-factor



Det ses, at vægtningen af observationerne er eksponentielt aftagende og hastigheden afhænger af den valgte værdi af λ . EWMA er den metode, der anvendes af J.P. Morgan i RiskMetrics⁵⁶ og de har fundet frem til, at en decay-factor på 0,94 for daglige afkast er den optimale på tværs af forskellige aktivklasser.

Modsat SMA anerkender EWMA altså at rækkefølgen i observationssættet ikke er uden betydning i forhold til bestemmelsen af varians.

Prediction for next business day

Ligesom SMA, bygger EWMA på en antagelse om at variansen er konstant, og modellen angiver derfor ligeledes den ubetingede varians i dataserien. Ved brug af EWMA til forecast angives dermed alene en konstant værdi, hvilket medfører samme problemstilling som nævnt i afsnittet om SMA⁵⁷, i kraft af at variansen typisk varierer over tid.

5.2.2 Metode

I EWMA-modellen har vi valgt at analysere varians-estimer baseret på decay-factor fra 0,91 til og med 0,99. Intervallet er udvalgt på basis af de 0,94, der anvendes i RiskMetrics.

I modellen er det nødvendigt med et initialt gæt på variansen. Der er taget udgangspunkt i en daglig varians på 0,01% svarende til en daglig standardafvigelse på 1%. For at undgå at det initiale gæt tillægges for stor vægt i de senere estimer, er der benyttet en burn-in period på 42 dage, der tilsvarende blev anvendt i modellen for SMA.

⁵⁶ RiskMetrics Technical Document, s. 89

⁵⁷ Market Models, s.60

Modellen er implementeret med Formel 5.2.c, hvormed restriktionen om, at vægtene skal summe til 1 gør sig gældende ved generering af varians-estimerer.

Udover de ovenstående fastlagte intervaller for λ , er det i modellen muligt at estimere den optimale værdi for λ for hvert index. Hertil er Excel funktionen *solver* anvendt, gennem minimering af RMSE ved ændring af λ . Dermed fås et estimat for den optimale decay-factor til forklaring af variansen.

EWMA udleder alene et varians-estimat for *next business day* d. 20. marts 2009, hvilket er indbygget i modellen. For den optimale værdi af λ er varians-estimat omregnet til årlig standardafvigelse, jf. Formel 3.4.d.

Igen er RMSE anvendt som sammenligningsgrundlag.

5.2.3 Analyse af empiriske data

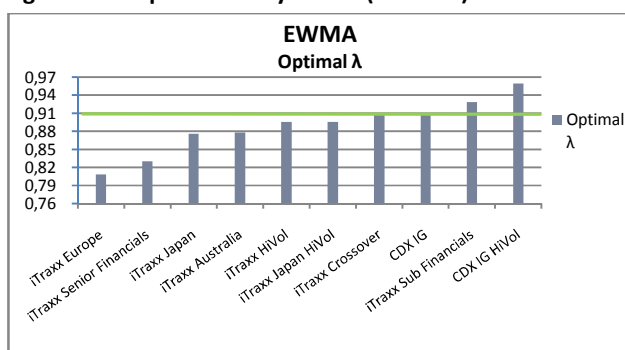
Vores empiriske analyse på tværs af de 10 CDS Index indikerer, at volatiliteten i højere grad forklares ved en decay-factor lavere end RiskMetrics-setup med $\lambda = 0,94$, hvormed der tillægges en større værdi på seneste observationer. Det bedste estimat opnås derfor når ny information vægtes højt og ældre historisk information har forholdsmæssig mindre indflydelse på niveauet for i morgen.

Der er dog nogen variation i resultaterne og det ses, at varians-estimering ved EWMA ikke for alle CDS Index baseres bedst på en lav decay-factor. For at samle resultaterne på tværs af de forskellige CDS Index, er der udfærdiget en opgørelse over rangeringen af udvalgte λ -værdier, jf. bilag 9.6. Til nærmere analyse har vi udvalgt tre værdier for λ , som repræsenterer henholdsvis den laveste og højeste værdi analyseret, samt værdien anvendt af RiskMetrics.

Oversigten indikerer, at det bedste varians-estimat til dataserierne fås ved en decay-factor på 0,91, idet hele 8 ud af 10 CDS Index rangerer denne λ -værdi på en 1. plads ved sammenligning af forklaringsgraden RMSE inden for hvert CDS Index. Omvendt ses det også, at ét CDS Index placerer samme decay-factor på en 9. plads. Dermed kan vi ikke entydigt konkludere, at varians-estimerer baseret på vores laveste analyserede værdi af lamda, giver det bedste varians-estimat for alle dataserier.

At hovedparten af de analyserede CDS Index rangerer en decay-factor på 0,91 højt og derefter rangerer alle større λ kronologisk i rækkefølge, viser sig dog ved nærmere analyse ikke at være overraskende. Ved en analyse af den optimale decay-factor for hvert enkelt CDS Index, ses det at 8 ud af 10 CDS Index har en optimal λ på under 0,91. Vores resultater viser dermed, at optimale λ -værdier for CDS Index, som hovedregel, ligger langt fra RiskMetrics som tildeler alle aktivklasser en decay-factor på 0,94. Varians-estimeret genereret af RiskMetrics, er derfor mindre valide for de index hvor den optimale λ afviger væsentlig fra en decay-factor på 0,94.

Figur 5.2.b: Optimal decay-factor (sorteret)



Tabel 5.2.a: Optimal decay-factor

CDS Index	Optimal λ
iTraxx Europe	0,808182
iTraxx Crossover	0,907479
iTraxx Senior Financials	0,830303
iTraxx Sub Financials	0,928586
iTraxx HiVol	0,895362
CDX IG	0,909113
CDX IG HiVol	0,959207
iTraxx Japan	0,875827
iTraxx Japan HiVol	0,895362
iTraxx Australia	0,877741

Af figuren ses det, at der er stor variation fra laveste til højeste optimale decay-factor. Trods variationen er det dog muligt at drage visse paralleller mellem de fundne resultater.

For de amerikanske CDX Index bemærkes en tendens til et højere niveau for deres respektive optimale værdier af λ , end for de øvrige CDS Index. Således topper CDX IG HiVol alle øvrige CDS Index ved den højeste decay-factor på 0,959. Som følge af, at begge amerikanske CDS Index opnår det bedste estimat for varians gennem en relativt højere decay-factor, vægtes alle observationer mere ligeligt end ved de lavere decay-factorer. Hvilket igen betyder at informationen i nyere observationer ikke i lige så høj grad som for iTraxx Europe, har betydning for estimatet for i morgen.

Fortætningen omkring en decay-factor for et nærmere indsnævret geografisk område, ses ligeledes for CDS Index der dækker Japan og Australien, jf. Figur 5.2.b. Her observeres det, at iTraxx Japan og iTraxx Australien opnår det bedste varians-estimat på basis af en decay-factor på henholdsvis 0,876 og 0,878, hvilket er et lille interval. Herudover kommer, at iTraxx Japan HiVol ligger med en optimal decay-factor på 0,895, hvilket anslås at være relativt tæt set i forhold til spredningen på de øvrige optimale decay-factorer.

Det kan derimod undre, at de to finansielle CDS Index ikke ligger med en tættere optimal decay-factor. Det var forventet, at netop iTraxx Senior Financials og iTraxx Sub Financials ville have det bedste varians-estimat på basis af en decay-factor, der lå tæt på hinanden. I vores analyse opgøres de optimale værdier af λ til 0,830 for iTraxx Senior Financials og 0,929 for iTraxx Sub Financials. Forskellen kan skyldes at ændringer i spreads for iTraxx Sub Financials i den analyserede periode har været mere stabile, hvorimod iTraxx Senior Financials har haft en række større udsving. Derfor er det for iTraxx Senior Financials vigtigt at nyere information om spread ændringer hurtigt inkorporeres for estimering af næste dags varians. Derimod viser iTraxx Sub Financials tegn på, at ændringer i spread i højere grad konsoliderer sig på et nyt niveau i en længere periode og ikke falder tilbage som iTraxx Senior Financials. Dermed er der for iTraxx Sub Financials i højere grad tale om stationær varians der har foretaget et såkaldt regimeskifte. Det mere stationære element i variansen i dette tilfælde betyder, at et længere tilbageblik udmærket forklarer næste dags varians.

Til nærmere analyse har vi udvalgt de to CDS Index, hvor det bedste estimat er fremkommet ved henholdsvis den laveste og højeste optimale decay-factor. Som ved SMA er der omregnet til standardafvigelser, og figurerne viser den observerede daglige standardafvigelse mod daglige estimerterne fra henholdsvis den optimale og dårligste værdi af λ . Vi har tillige valgt at indsatte RickMetric's λ på 0,94. Tilsvarende figur for de øvrige CDS Index findes i bilag 9.7.

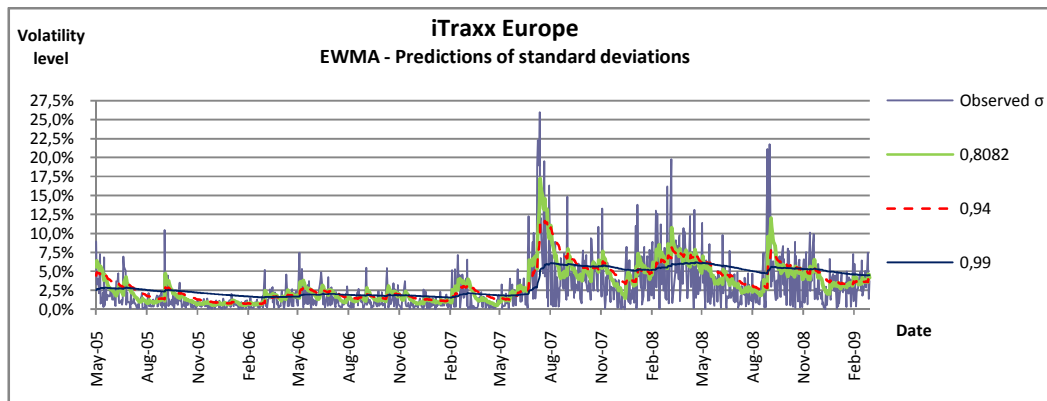
5.2.3.1 Lav decay-factor

iTraxx Sub Financials skiller sig ud ved at være det CDS Index, som ved estimering af optimal λ angiver den laveste decay-factor. For en illustration af betydningen af med hvilken λ -værdi de forskellige varians-estimerter er genereret, henvises til nedenstående figur, som illustrerer bevægelsen i det omregnede estimat alt efter valget af decay-factor. Det ses tydeligt hvordan forskelle mellem de angivende værdier af λ indvirker på varians-estimatet i kraft af den eksponentielt aftagende vægt.

Ved en decay-factor på 0,99 ses en meget persistent og næsten ret linie for estimerterne, som ved krisens begyndelse blot finder et nyt niveau. Ved en λ på 0,99 ligger EWMA-modellen meget tæt på SMA, da den eksponentielt aftagende vægt kun i meget ringe grad skelner mellem nye og gamle observationer, og derfor tillægger observationerne en næsten ens vægt. EWMA-modellens tætte relation til SMA betyder, at der også her ses problemer med at fange de spidse toppe i spread ændringer. Samtidig ses det tydeligt at estimatet på baggrund af en

decay-factor på 0,99 i langt ringere grad opfanger de roligere perioder og nedbringer volatilitets-estimatet (spørgelseseffekt).

Figur 5.2.c: EWMA - iTraxx Europe

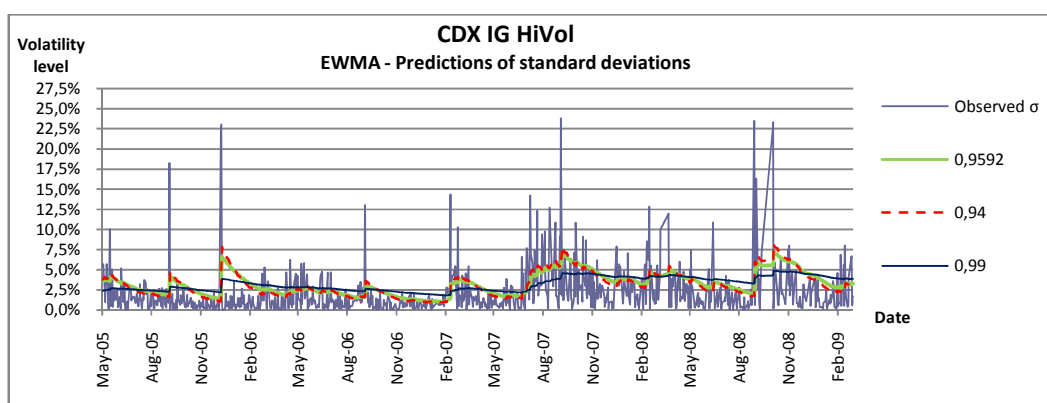


For den optimale decay-factor på 0,808 ses det at tilpasningen sker hurtigere, hvilket var forventet, da den lave decay-factor hurtigt inkorporer nye informationer grundet den høje vægt på disse. Af grafen ses også at estimatet på den lavere λ reagerer mere end set ved en decay-factor på 0,99. Som forventet medfører estimatet baseret på den optimale λ samtidig en reduktion af spørgelseeffekter.

5.2.3.2 Høj decay-factor

Den højeste optimale decay-factor i vores analyse var repræsenteret af CDX IG HiVol, med 0,959. Samtidig er dette CDS Index tillige det eneste der overstiger RiskMetrics 0,94.

Figur 1.2.d: EWMA - CDX IG HiVol



Som nævnt bliver estimerne mere persistente, desto højere decay-factor der benyttes. Derfor er det også naturligt, at der i ovenstående figur kan observeres en indsnævring af forskellen mellem estimer baseret på optimal λ og den største analyserede λ på 0,99.

Sammenholdes strukturen i observeret volatilitet for henholdsvis CDX IG HiVol og iTraxx Europe, observeres en forskel. Således ses for CDX IG HiVol en del enkelte ekstreme udfald, der ikke følges af samme observation i perioden efter, hvorfor volatilitetsklumpningen angives som kortere perioder. Det samme ses ikke for iTraxx Europe, hvor ekstreme observationer i højere grad følges af fortsat høj volatilitet. Dette bekræftes også af tabel 4.3.c i afsnit 4.3, hvor CDX IG HiVol har en lavere grad af volatilitet i næsten alle perioder.

Hvis vi forestiller os, at den observerede volatilitet i CDX IG HiVol-figuren renses for de enkelte mest markante udfald, ville den grafiske fremstilling angive en mere udjævnet graf. Det tyder derfor på, at spread ændringer for CDX IG HiVol kan karakteriseres som mere persistente, hvorved en høj decay-factor er i tråd med den observerede volatilitet. Den høje λ medfører, at modellen ser bort fra de enkelte spidse toppe, da disse peaks ikke er en del af den mere hyppige og kontinuerte udvikling.

5.2.4 Delkonklusion

En styrke i EWMA-modellen er konstruktionen med eksponentielt aftagende vægte, hvor der er mulighed for at tildele ny information en større vægt ved estimering af volatilitet.

Gennem ovenstående analyse vurderes det, at det bedste estimat for fremtidig volatilitet i CDS Index opnås, når ny information vægtes relativt højt. EWMA-modellen har genereret varians-estimer, der indikerer, at de bedste fit til dataserien for langt største delen af CDS Index opnås ved en lavere decay-factor. Dette understreger vigtigheden af, at de nyere informationer indarbejdes i varians-estimatet, da den lave decay-factor netop betyder, at seneste observationer tillægges en større vægt.

En af ulemperne ved modellen er, at det alene er den ubetingede varians der estimeres, og modellen anerkender dermed ikke i tilstrækkelig grad det tidsvarierende element. Dette er u hensigtsmæssigt, da de fleste finansielle dataserier indikerer en vis form for afhængighed i volatiliteten. I tilknytning er det tillige et problem, at EWMA alene kan give et ubetinget forecast for næste dags varians og at den dermed antager en konstant struktur frem i tiden.

5.3 GARCH(1,1)

5.3.1 Teori

GARCH står for Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity. Conditional Heteroscedasticity betyder varierende betinget varians⁵⁸. Autoregressive betyder regression på sig selv og en proces siges at være autoregressiv, hvis der er en korrelation forskellig fra nul mellem den nuværende markedssituation og historikken. Modellen forsøger at tage højde for problemerne med volatilitetsklumpning i finansielle afkastserier og dermed fange den dynamiske natur i volatiliteten. Modellen adskiller sig samtidig ved at kunne konstruere et forecast for næste periode, hvor de mere simple modeller som nævnt har den begrænsning, at de kun kan give et konstant ubetinget estimat på fremtidig volatilitet

ARCH(p)

Modellen blev introduceret af Engle(1982) og var den oprindelige metode til at modellere tidsvarierende varians (betinget heteroskedasticitet). (p) henviser til modellens hukommelse for antal p perioder. Metoden antager, at den betingede varians på tidspunkt t , er en lineær funktion af tidligere kvadrerede fejllid (de kvadrerede afvigelser fra middelværdierne).

Formel 5.3.a: $\hat{\sigma}_n^2 = \alpha_0 + \alpha_1 u_{n-1}^2 + \alpha_p u_{n-p}^2$ hvor $\alpha_0 > 0$ og $\alpha_1, \dots, \alpha_p \geq 0$

Ifølge Alexander(2001) benyttes ARCH-modellerne dog sjældent i forbindelse med varians-estimering på de finansielle markeder, idet de senere introducerede GARCH-modeller performer langt bedre⁵⁹.

GARCH(p,q)

GARCH(p,q) er en generalisering af ARCH(p)-modellen, som blev introduceret af Bollerslev(1986). I modellen er indført faktoren q , som er den autoregressive betingelse, hvilket medfører, at der tillægges en vægt til tidligere varians-estimer.

Der findes forskellige omskrivninger af GARCH-modellen, hvoraf GARCH(1,1) ifølge Alexander(2001) er en af de mest anvendte ved modellering af volatilitet i finansielle afkast⁶⁰.

⁵⁸ The Handbook of Risk Management and Analysis, s. 238

⁵⁹ Market Models, s.71

⁶⁰ Market Models, s.75

GARCH(1,1)

(1,1)-notationen refererer til, at der kun kigges 1 lag tilbage i tiden og dermed er der kun én autoregressiv betingelse⁶¹. Modellen bygger på en antagelse om, at den ubetingede varians er konstant, mens den betingede varians er tidsvarierende. At den betingede varians er tidsvarierende betyder, at dataserien udvikler sig løbende med tendens til afhængighed i udviklingen, mens antagelsen om at den ubetingede varians er konstant betyder, at de løbende afvigelser i dataserien er at opfatte som midlertidige afvigelser fra et konstant niveau.

Formlen kan opstilles som nedenfor:

Formel 5.3.b: $\hat{\sigma}_n^2 = \gamma V_L + \alpha u_{n-1}^2 + \beta \hat{\sigma}_{n-1}^2$ hvor $\gamma + \alpha + \beta = 1$ og $\alpha + \beta \leq 1$

Modellen kan ses som en udbygning af EWMA, idet GARCH(1,1) modellerer estimerer på variansen som en funktion af eksponentielle vægte, mens der yderligere tildeles en vægt(γ) til *long term level of volatility* (V_L). Det ses i øvrigt, at EWMA er en speciel version af ovenstående hvor $\gamma = 0$, og $\alpha + \beta$ dermed summer til 1.

Hvor EWMA alene giver et konstant bud for den fremtidige varians, er fordelene ved GARCH(1,1), at modellen kan anvendes til estimering af udviklingen i variansen for den kommende periode. Anvendes en længere tidshorisont vil der kunne observeres mean-reversion i GARCH(1,1)-estimerne grundet vægten på den langsigtede varians. Der vendes tilbage til dette i nedenstående, men først gennemgås de tre parametre fra Formel 5.3.b.

Vægten α , er den vægt, der tillægges parameteren for den realiserede afvigelse fra middelværdien, hvorfor denne kan benævnes *error* koefficienten. En høj α betyder høj vægt på realiseret varians, hvormed varians-estimatet hurtigt vil reagere på markedsændringer, hvilket medfører, at der kan observeres spidse udfald i bevægelsen af estimatet.

Vægten β , angiver vægten til det tidligere varians-estimat, også benævnt *lag* koefficienten. Dette indikerer hvor stor en vægt tidligere estimerer tillægges ved konstruktionen af nye. En høj vægt på lag koefficienten indikerer, at chok i den betingede varians (de tidligere estimerer), tager længere tid om at dø ud, hvorfor der opstår en øget sandsynlighed for at observere spøgelseeffekter i varians-estimerne. Dette bevirker samtidig, at den estimerede varians bliver mere persistent når der tillægges β en høj værdi.

⁶¹ The Handbook of Risk Management and Analysis, s. 136

Som nævnt tildeler GARCH(1,1) en vægt på parameteren (V_L), ved vægten γ . Dette betyder, at ved estimering af variansen over en længere periode vil GARCH(1,1) strukturen i estimererne konvergere mod niveauet af V_L . Om dette sker med en konveks eller konkav struktur afhænger af, om det nuværende niveau ligger over eller under det langsigtede niveau. Hastigheden i konvergens mod V_L i varians-estimererne er bestemt ud fra de estimerede GARCH parametre. En høj værdi af γ betyder derfor, at estimererne hurtigere vil konvergere mod den langsigtede middelvarians.

V_L kan bestemmes på flere måder. Den mest avancerede er at bestemme V_L ved at anvende statistiske metoder til at estimere en sandsynlig varians på baggrund af normalfordelings-antagelser på de underliggende observationer. En anden mulighed er at anvende et fornuftigt bud på den langsigtede varians og sidste mulighed er at sætte den langsigtede varians lig middelvariansen fra dataserien, der anvendes⁶².

Forecast

En af fordelene ved GARCH(1,1)-modellen er som nævnt, at den kan benyttes til at konstruere varians-estimer for en periode frem i tiden. Vi kan således konstruere n -perioders forecast ved at tilføje j som antal skridt fremad. Da det kan antages, at estimererne for variansen er det bedste bud for det observerede, kan Formel 5.3.b i følge Alexander(2001)⁶³ omskrives til følgende udtryk:

Formel 5.3.c:
$$\hat{\sigma}_{n+j}^2 = \gamma V_L + (\alpha_1 + \beta_1) \hat{\sigma}_{n+j-1}^2$$

Hvor estimatet af den daglige varians for tid j fremad beregnes ved en successiv gentagelse af ovenstående. Modelleringen gør det muligt at illustrere, hvordan de fremadrettede varians-estimer konvergerer mod den langsigtede middelvarians, som forecast-perioden øges.

Da GARCH(1,1) processen søger tilbage mod den angivende langsigtede middelvarians, betyder det selvfølgelig, at det ikke er uvæsentligt, hvilket niveau der angives. Hvis den langsigtede middelvarians bestemmes over en periode med høj volatilitet, vil det betyde, at det af GARCH(1,1) genererede forecast søger tilbage mod et højt niveau. Der skal derfor rettes opmærksomhed mod udviklingen i den underliggende dataserie, hvor ekstreme begivenheder kan have stor indflydelse på estimatet for bestemmelsen af varians niveauet.

⁶² Options, Futures and Other Derivatives, s. 469

⁶³ Market Models, s. 99

5.3.2 Metode

Vi har valgt at opstille to versioner af GARCH(1,1); Én med og én uden vægt på det langsigtede variansniveau (V_L).

Ved at opstille en simpel GARCH(1,1)-model, hvor γ -vægten ikke inkluderes, ses der bort fra konvergens mod en fast middelværdi. Modellen har dermed en samhørighed med EWMA. Dog er der i denne simple GARCH(1,1)-model ikke lagt restriktion på, at vægtene skal summe til 1, som det er gældende for EWMA. Ifølge Alexander(2001) er det i EWMA uheldigt at parametrene for realiseret aktivitet og graden af træghed ikke er uafhængige, da de skal summe til 1⁶⁴. På baggrund af har vi valgt at opstille en model uden denne restriktion og dermed at undersøge effekten af, at gøre de to parametre uafhængige. Ved at modellen har flere frie parametre gives der større mulighed for at tilpasse modelberegninger mod observerede data, hvilket alt andet lige bør medføre en forbedring i modellens evne til at fitte data. Det forventes derfor, at denne model minimerer RMSE i forhold til resultatet ved EWMA.

For GARCH(1,1) med vægt på V_L er der lagt restriktioner på, at vægtene (α , β og γ) skal summe til 1. Således bestemmes γ som $\gamma = 1 - \alpha - \beta$, som foreslået af Hull(2006)⁶⁵.

I forhold til bestemmelsen af V_L er det valgt at anvende middelvariansen fra de enkelte dataserier, som udtryk for den langsigtede varians, da det ifølge Hull(2006) giver en mere robust fremgangsmåde for estimering af de øvrige parametre i GARCH(1,1). V_L er således bestemt direkte ud fra middelværdien af kvadrerede excess ændringer.

For begge modeller gælder, at der i opsætningen er bibeholdt samme metode som ved EWMA, med et initialt gæt på den daglige varians på 0,01% samt en burn-in periode på 42 dage.

De optimale parametre er fundet ved anvendelse af *solver*-funktionen i Excel, hvor RMSE er anvendt som minimerende målcelle ved at ændre på α og β , for at bestemme de parametre, der bedst forklarer variansen. I forbindelse med estimering af de optimale parametre er den anerkendte metode *maximum likelihood* meget anvendt og ses benyttet af såvel Hull (2006)⁶⁶ som Alexander (2001)⁶⁷. Metoden er dog relativ kompliceret at implementere og da vi samtidig

⁶⁴ Market Models, s. 59

⁶⁵ Options, Futures and Other Derivatives, s. 469

⁶⁶ Options, Futures and Other Derivatives, s. 468

⁶⁷ Market Models, s. 94

har valgt at benytte RMSE som sammenligningsgrundlag, har vi i stedet valgt at tage udgangspunkt i denne. Fremgangsmåden ses tillige anvendt af Raahauge(2005)⁶⁸.

Som en direkte udvidelse af GARCH(1,1)-modellen med vægt på V_L er der yderligere opsat en model til forecast af den fremtidige volatilitet. Der er her valgt en periode dækkende de næste 135 business dage for opsætningen af forecast. En periode af denne varighed bør fremvise en vis grad af mean-reversion i estimerne. Modellen tager udgangspunkt i seneste reelle varians-estimat fra d. 19. marts 2009. De forecastede varianser er omregnet til årlig volatilitet, som angivet af Alexander (1996)⁶⁹ og foretaget ved anvendelse af Formel 3.4.d.

Resultatet af sidstnævnte opstilling er et forecast af det fremtidige niveau for årlig volatilitet, hvorved hastigheden af mean-reversion (konvergens mod V_L) samtidig visualiseres.

5.3.3 Analyse af empiriske data

Den simple GARCH(1,1)-version ligger sig som nævnt tæt op af EWMA modellen, bortset fra restriktionen om at α og β skal summe til 1. En indførelse af denne restriktion ville give helt det samme varians-estimat som ved EWMA, hvorved RMSE for de to modeller ville blive identisk.

Resultaterne af vores analyse af den simple GARCH(1,1)-model uden restriktioner, afviger heller ikke mærkbart fra EWMA. På tværs af de analyserede CDS Index kan der observeres en næsten sammenfaldende, om end lidt lavere værdi for β , i forhold til værdien af λ fra EWMA. Tillige ses at alle der for alle CDS Index tildeles en større værdi til α , end i EWMA.

Varians-estimerne genereret ved den simple GARCH(1,1) forklares dermed ved at være mindre persistente og mere reaktive på realiseret varians, end hvad EWMA indikerede som det bedste fit. Som ventet ses det ligeledes, at sammenligningsmålet RMSE forbedres for alle CDS Index, i forhold til EWMA-modellen.

For alle CDS Index observeres, at summen af optimale vægte (α og β) ikke udgør mere end 1 hvilket er positivt, da en sum på mere end 1 ville give uheldige teoretiske implikationer⁷⁰.

⁶⁸ Noter fra faget Financial Models in Excel, lektion 7, s. 9

⁶⁹ The Handbook of Risk Management and Analysis, s. 242

⁷⁰ The Handbook of Risk Management and Analysis, s. 244

Da den simple GARCH(1,1)-model ikke inkluderer γ , konvergerer estimerne ikke mod en fast middelværdi for variansen. Varians-estimatet er således alene en funktion af realiseret varians samt det tidligere estimat, og et forecast fra denne model vil være konstant.

Nedenfor gennemgås resultaterne fra analysen af GARCH(1,1)-modellen med vægt på V_L . Modellen vil i det følgende blot blive benævnt GARCH(1,1).

Som et resultat af analysen er der registreret en forbedring af forklaringsgraden RMSE for alle CDS Index, i forhold til den simple GARCH(1,1) uden vægt på V_L . Dette til trods for anvendelsen af samme antal frie parametre som ved den simple GARCH(1,1), idet der er indført en ekstra parameter, men samtidig er indsat en restriktion omkring summen af parametrene. Resultatet peger dermed på, at indførelsen af en vægt på V_L bidrager positivt til estimeringen af varianserne. Samtidig observeres det at alle CDS Index overholder at $\alpha + \beta < 1$, hvilket som nævnt giver en mere stabil GARCH(1,1)-proces og dermed en mere robust model.

Den nærmere analyse af de estimerede parametre i GARCH(1,1)-modellen synliggør en stor variation i fordelingen af vægte for de tre faktorer α , β og γ , jf. tabellen nedenfor.

Tabel 5.3.a: GARCH(1,1) – Optimale parametre

CDS Index	Optimal parameters			
	α	β	$\alpha + \beta$	γ
iTraxx Europe	0,20469	0,71007	0,91476	0,08524
iTraxx Crossover	0,09180	0,85652	0,94832	0,05168
iTraxx Senior Financials	0,19284	0,68484	0,87768	0,12232
iTraxx Sub Financials	0,20501	0,52493	0,72995	0,27005
iTraxx HiVol	0,10684	0,85494	0,96179	0,03821
CDX IG	0,10000	0,85574	0,95574	0,04426
CDX IG HiVol	0,07707	0,79714	0,87420	0,12580
iTraxx Japan	0,13465	0,81439	0,94904	0,05096
iTraxx Japan HiVol	0,10989	0,84922	0,95910	0,04090
iTraxx Australia	0,12105	0,84209	0,96314	0,03686
Average	0,13438	0,77899	0,91337	0,08663

Det ses, at alle CDS Index angiver en relativ høj værdi af β , hvilket medfører, at estimerne indeholder en vis grad af træghed. På tværs af alle CDS Index er den gennemsnitlige β på 0,78, hvormed der ved GARCH(1,1)-proces tillægges tæt på 78% på tidligere varians-estimer ved generering af nye. Der kan dog observeres en relativ stor spredning omkring dette, hvor blandt andet iTraxx Crossover topper rangeringen med en β på 0,86, mens iTraxx Sub Financials ligger i bunden af alle CDS Index med en β på kun 0,53.

For α gælder det, at jo større værdi, der tildeles denne parameter, jo mere reagerer varians-estimerne fra GARCH(1,1) på den observerede varians fra perioden før. Derfor indebærer en stor værdi af α , at der i højere grad reageres på observerede markedsændringer, hvilket medfører en øget tendens til spidse toppe i estimerne.

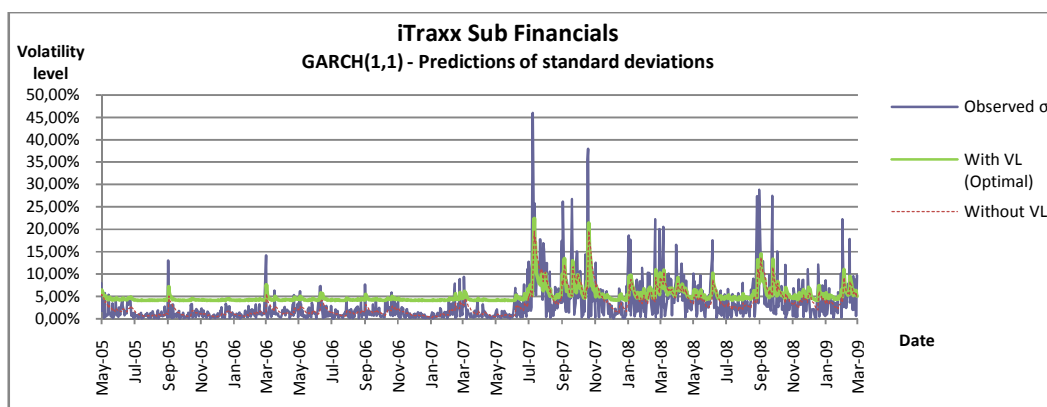
For størstedelen af alle CDS index tildeles den laveste værdi til γ og dermed på V_L . Den typisk lave værdi af γ med et gennemsnit på 0,087 betyder, at varians-estimerne kun i en mindre grad ser ud til at trække tilbage mod det langsigtede niveau. Dette indikerer, at nok trækker varians-estimerne tilbage mod en middelværdi for langsigtet varians, men de er i højere grad bestemt af tidligere estimer og det nuværende niveau.

Til nærmere analyse er der udvalgt tre CDS Index, som alle placerer sig i yderpunkterne med hensyn til fordelingen af vægten på mindst et af parametrene. Det næste afsnit vil således tage udgangspunkt i estimerne for iTraxx Sub Financials, iTraxx Crossover og iTraxx Australia. Som ved tidligere sammenligninger er alle tal for varians omregnet til standardafvigelser. Figurerne viser observeret daglig standardafvigelse samt de daglige estimer fra de to gennemgåede GARCH(1,1)-modeller. En tilsvarende figur for de øvrige CDS Index ses i bilag 9.8.

5.3.3.1 Høj error koefficient samt stor vægt på V_L

iTraxx Sub Financials skiller sig ud ved at være det CDS Index, som ligger højest mht. værdien af α og γ og lavest på værdien af β . Særligt ses den markante størrelse af γ med hele 27,01%, hvorved indexet ligger klart i front, med det følgende Index, CDX IG HiVol, liggende langt lavere med en γ på 12,58%.

Figur 5.3.a: GARCH(1,1) – iTraxx Sub Financials



Den høje værdi af γ betyder at iTraxx Sub Financials ved estimering af varians i høj grad vægter det langsigtede niveau højt og samtidig at forecast på fremtidig volatilitet hastigt konvergerer mod V_L . Det ses tillige af figuren, at estimerterne i perioder med volatilitetsniveau, der er lavere end V_L , ligger et stykke over det observerede.

Effekten af de høje parametre α og γ medfører, at når der observeres en udvikling, hvor variansen er på vej ned fra et niveau, der er langt højere end V_L , arbejder de to parametre samme vej, således at estimatet hurtigt bevæger sig ned mod V_L .

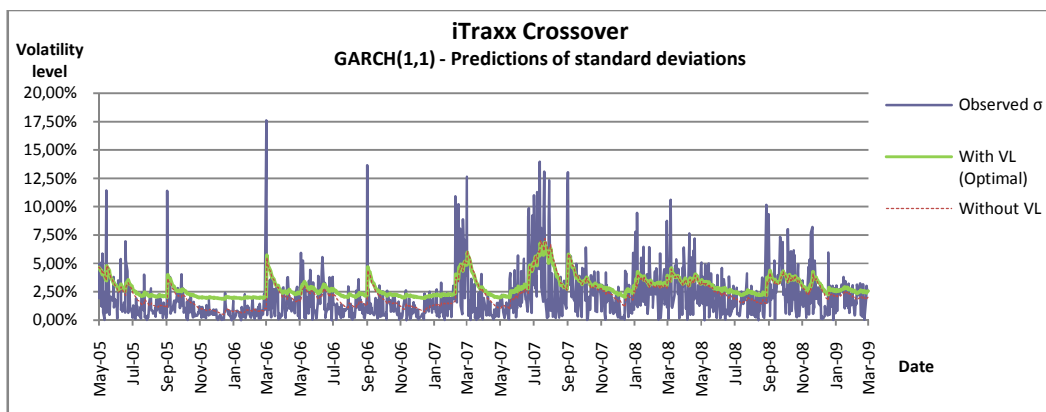
Den relativt høje α og lave β indikerer, at iTraxx Sub Financials er mindre persistent og reagerer mere på realiseret varians, end hvad der kan observeres for fx CDX IG. En mulig årsag kan være det højere niveau af volatilitet i perioden for iTraxx Sub Financials, jf. afsnit 4.3, hvilket kan have en forklarende effekt for estimeringen af den høje α -parameter.

iTraxx Senior Financials følger som det CDS Index med den næstlaveste β på 68,48%. Ved en rangering af fordelingen af vægte på de øvrige parametre, ses det samtidig, at iTraxx Senior Financials ligger tæt på iTraxx Sub Financials. I kraft af den indbyrdes relation som følge af reference aktiverne, var der en forventning om, at de to index ville placere sig tæt på hinanden.

5.3.3.2 Høj lag koefficient

iTraxx Crossover er kendetegnet ved at være det CDS Index med den største værdi β , mens det også er det index med den næstmindste α -værdi. Dette bevirker, at estimerter fra GARCH(1,1) er mere persistente og reagerer mindre på den observerede varians. Dette giver en mere blød kurve for estimerterne med tendens til spøgelseeffekter og hvor der ikke ses mange spidse toppe, hvilket tillige illustreres i nedenstående graf.

Figur 5.3.b: GARCH(1,1) – iTraxx Crossover

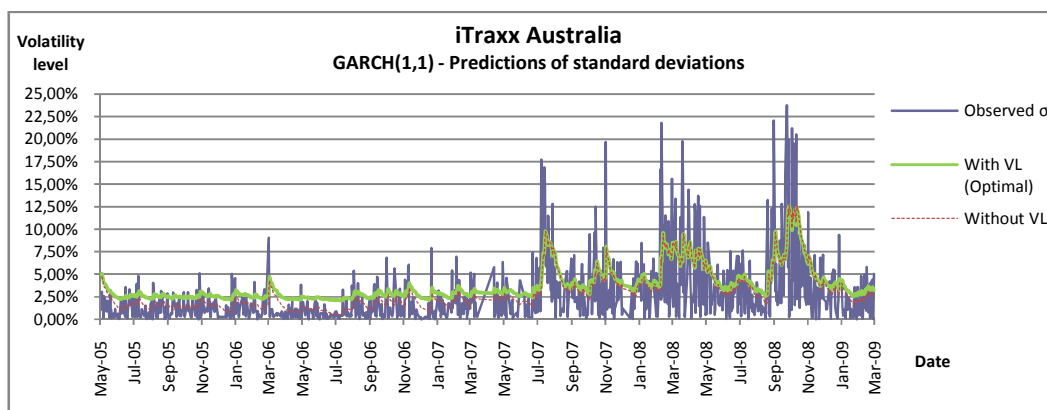


Sammenlignes graferne for iTraxx Crossover og iTraxx Sub Financials, ses det tydeligt, at i den højt volatile periode betyder det høje α for iTraxx Sub Financials, at dens estimerer hurtigere fanger den nye information og i højere grad følger med i toppene, end når der ses i figuren for iTraxx Crossover. Dette kan skyldes det langt lavere niveau af volatilitet i iTraxx Crossover samtidig med, at det er det CDS Index, der har den mest stabile volatilitet hen over finanskrisen.

5.3.3.3 Lav vægt på Long term level of volatility

iTraxx Australien er det index, som ved estimering af parametrene tildeler den laveste værdi til γ og således er det CDS Index, der har den laveste hastighed for konvergens imod V_L .

Figur 5.3.c: GARCH(1,1) – iTraxx Australia



Ved den lave γ bærer varians-estimerer altså i mindre grad præg af mean reversion og det ses i figuren, at der er en langt mindre tendens til, at estimerterne svinger omkring det faste niveau. En tendens der kunne observeres i fx iTraxx Sub financials, der havde en høj vægt på γ og dermed fluktuerede omkring dens faste niveau.

For så vidt angår fordelingen af α og β ligger iTraxx Australien midt i feltet i forhold til de øvrige index. Det ses, at værdierne for alle parametre for henholdsvis iTraxx Japan og iTraxx Japan HiVol ligger omkring de estimerede parametre for iTraxx Australien. Det tyder derfor på, at disse tre CDS Index, som repræsenterer et nærmere begrænset geografisk område, i en hvis udstrækning danner de bedste varians-estimerer ved GARCH(1,1) gennem samme parametre.

5.3.3.4 Mean reversion og betydning for forecastet

Som nævnt har niveauet af den langsigtede middelvarians en stor betydning for de af GARCH(1,1) genererede varians-estimer. Dette skyldes, at V_L jo netop er et bud på, til hvilket niveau varians-estimerne skal konvergere ved modellens forecast.

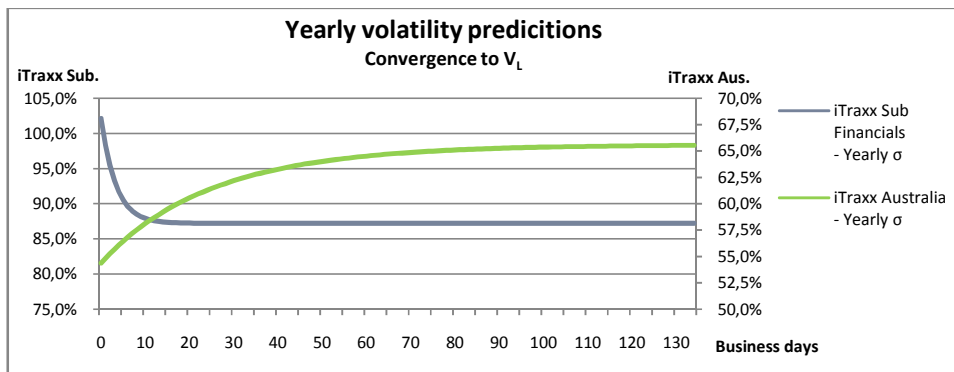
Vi har i opsætningen af GARCH(1,1)-modellen valgt at benytte et gennemsnit af variansen baseret på den analyserede periode på 4 år. Årrækken dækker over to meget forskellige perioder, givet ved perioden før og efter finanskrisen i juli 2007 og dækker således over en periode med lav volatilitet og en periode med høj volatilitet. Det er vores vurdering at en antagelse om en V_L liggende mellem, hvad der kunne observeres i netop sådanne perioder, kan give et realistisk bud på et niveau i forecastet for den næstkommende periode. Det vurderes mere sandsynligt end et niveau baseret på et gennemsnit af fx de seneste to år. For de CDS Index, hvor der er observeret et massivt skift i niveauet for volatiliteten under finanskrisen, vil gennemsnittet måske være sat lidt for højt.

Af vores resultater for det fremtidige volatilitets-niveau fremgår en stor variation for, i hvilken retning volatiliteten skal bevæge sig for de enkelte CDS Index. Figurer med illustration af forecastet kan for alle CDS Index findes i bilag 9.9. Det ses, at fire CDS Index stort set er på linje med deres langsigtede volatilitets-niveau d. 19. marts 2009, hvorfor grafen for fx iTraxx Europe illustreres ved en næsten ret linje. Herudover ligger fire CDS Index under det langsigtede niveau, mens to CDS Index ligger over.

Når det nuværende niveau for volatiliteten for ligger tæt på gennemsnittet, er der ikke stor drift mod det langsigtede niveau. Deraf følger, at GARCH(1,1)-modellen kun vil give marginale forskelle i estimatet for den næste periode og dermed antager forecastet næsten et ubetinget niveau. Dette betyder, at GARCH(1,1) fremkommer med et estimat der lægger sig tæt op ad den ubetingede varians, der estimeres i EWMA.

I nedenstående har vi opstillet en figur for sammenligningen af iTraxx Sub Financials, der havde en høj værdi af γ og iTraxx Australia med en lav værdi af γ .

Figur 5.3.d: Hastighed for drift mod V_L



Figuren viser en tydelig forskel i modelleringen af forecastet. Hvor forecast-estimerne for iTraxx Sub Financials som ventet i løbet af kort tid konvergerer mod V_L , ses det modsat at driften for iTraxx Australia er langt mindre udtalt.

5.3.4 Delkonklusion

GARCH(1,1)-modellen differentierer sig fra de mere almindelige statistiske modeller ved at kunne modellere en struktur i varians-estimerne, således at variansen er betinget af tiden. Denne funktion er en stor fordel specielt ved estimering af varians i finansielle tidsrækker, da empirien indikerer, at der her eksisterer tidsvarierende volatilitet. Samtidig udmærker GARCH(1,1)-modellen sig ved at kunne modellere fremtidige forecast af varians, hvilket må anses som en stor force.

Resultatet af analysen blev, at der var nogen variation i de optimale parametre på tværs af de forskellige CDS Index. Den overvejende tendens var en relativ høj vægt på tidligere estimer, en reduceret vægt på observeret volatilitet og en beskeden vægt på den langsigtede middelvarians. Vores resultater indikerer, at GARCH(1,1)-modellen fanger dynamikken i volatiliteten og generer tilfredsstillende varians-estimer.

Givet formelen for GARCH(1,1) ses det, at resultaterne fra modellen kan minde meget om EWMA, når værdien af γ er meget lille, hvorved summen af α og β er tæt på 1. Af de optimale parameterverdier blev det dog observeret, at alle index tildeler γ en værdi på minimum 3 %. Samtlige CDS Index indikerer dermed, at denne konvergens mod den langsigtede middelvarians, i større eller mindre grad bidrager positivt ved estimering af varians.

Ulempen ved GARCH(1,1)-modellen er kompleksiteten grundet estimeringen af de flere parametre. Det har dog i vores tilfælde vist sig muligt, at implementere denne model i Excel.

5.4 Sammenligning af volatilitets-modeller

For at undgå spøgelseseffekter ved estimering af varians på baggrund af ligevægtede tidsperioder, må der angives en vægtning, hvor nye observationer er foranstillet ældre data. Således konkluderer vi også, at EWMA reagerer hurtigere og mere kraftigt på ny information end SMA, men at det bedste og mest præcise varians-estimat opnås gennem GARCH(1,1)-modellen. Ved en sammenligning af RMSE for hvert enkelt CDS Index, er det tydeligt, at GARCH(1,1)-modellen klart overperformer de øvrige modeller for estimering af varians.

I et forsøg på at sammenligne resultaterne på tværs af de ti CDS Index, har vi beregnet den procentvise forbedring ved at gå fra henholdsvis SMA til EWMA og fra EWMA til GARCH(1,1). Tabel for oversigt af sammenligning af modeller er vedlagt som bilag 9.10. Oversigten illustrerer, at der for alle CDS Index sker en positiv forbedring ved at benytte en mere kompleks model med flere parametre.

Følgende analyse er opdelt efter den henholdsvis største og laveste procentuelle forbedring i RMSE. I et forsøg på at finde årsagen til variationen i forbedringen, indeholder det følgende afsnit en diskussion af parametrene på tværs af modellerne. Der er udvalgt enkelte CDS Index til nærmere analyse. Grafisk sammenligning af resultaterne fra volatilitets-estimering på tværs af de tre anvendte modeller ses for de øvrige CDS Index i bilag 9.11.

5.4.1.1 Størst procentuel forbedring af RMSE

En høj procentuel forbedring af RMSE giver udtryk for en større gevinst ved overgangen til GARCH(1,1)-modellen. Således fås, at en høj procentuel forbedring af RMSE betyder, at varians-estimererne giver et bedre fit til dataserien.

iTraxx Senior Financials

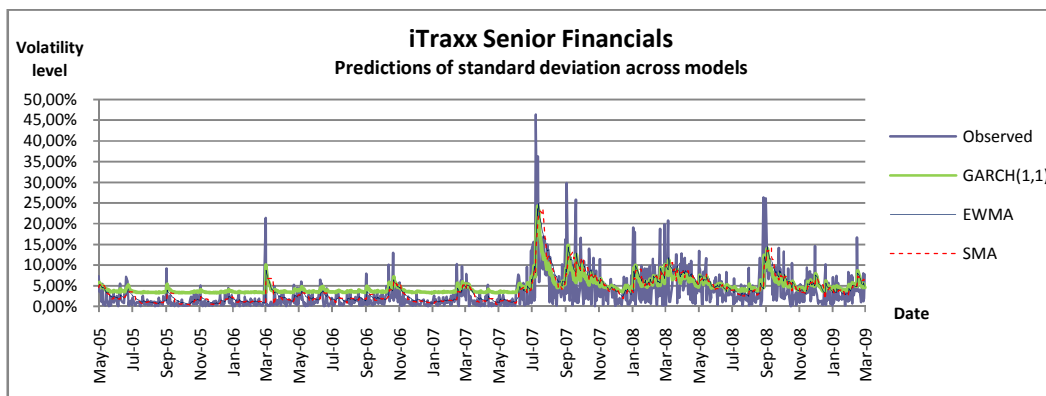
For iTraxx Senior Financials var den optimale tidsperiode i SMA på to uger. Den korte tidsperiode indikerer, at dette CDS Index bedst beskrives ved et relativt mere reagerende varians-estimat med spidse toppe, end hvis estimatet blev baseret på en længere tidsperiode, hvilket ville gøre det mere trægt.

Denne antagelse bekræftes ved, at iTraxx Senior Financials placeres som det CDS Index med den næst laveste værdi af λ i EWMA. En lav værdi af λ medfører, som tidligere nævnt, at nyere observationer tillægges en stor informationsværdi, hvorfor gammel information hurtigt dør ud

og længerevarende spøgelseeffekter reduceres. Processen betyder, at varians-estimerne er meget reagerende og mindre persistente, end hvis λ var høj.

Ovenstående er ligeledes i tråd med resultaterne fra GARCH(1,1)-modellen, hvor iTraxx Senior Financials placerer en relativ høj værdi på α og en lavere værdi på β , end hvis der sammenlignes med de øvrige CDS Index. α er vægten på realiseret volatilitet, hvilket medfører, at varians-estimatet vil reagere hurtigt på markedsændringer. Den lave β hænger igen godt sammen med, hvad der ses i estimerne ved de to andre modeller, da denne lave parametervægt betyder en mindre træghed i estimerne.

Figur 5.4.a: iTraxx Senior Financials – Sammenligning af modeller



Alle udfald fra de tre modeller indikerer således, at der er sammenfald mellem resultaterne for iTraxx Senior Financials. Resultatet af de tre modeller for varians-estimering dokumenterer, at det bedste fit til observeret varians opnås ved et kort tilbage kig på observeret varians. Ved varians-estimering er det for iTraxx Senior Financials vigtigt, at nyere information om udsving i spread ændringer hurtigt inkorporeres for estimering og forecast af varians.

Det kan samtidig tilføjes, at parameteren V_L i GARCH(1,1)-modellen er en udvidelse fra de to øvrige modeller, hvor der ikke eksisterer en vægt på det langsigtede niveau. Resultatet af estimeringen af de optimale GARCH(1,1)-parametre var en høj γ , hvormed dette CDS Index har en relativ høj grad af mean-reversion ved estimeringen af varians. At estimerne udnytter tilføjelsen af dette parameter i så stor udstrækning, kan derfor være årsagen til, at iTraxx Senior Financials opnår den bedste procentuelle forbedring ved overgangen til GARCH(1,1)-modellen.

iTraxx Europe placerer sig tæt på iTraxx Senior Financials på tværs af alle modeller og derfor gælder ovenstående konklusioner ligeledes for dette CDS Index. iTraxx Europe følger lige efter, som det CDS Index med den næstbedste procentuelle forbedring.

iTraxx Sub Financials

iTraxx Sub Financials placerer sig med den tredje bedste procentvise forbedring. Men dette CDS Index følger ikke samme mønster som i Traxx Senior Financials og iTraxx Europe i relationen mellem parametrene på tværs af modellerne.

For iTraxx Sub Financials kan det observeres, at estimerne af de optimale GARCH(1,1)-parametre ligger tæt på, hvad der blev fundet for iTraxx Senior Financials. Forholdet i parametrene er dog i midlertidig ikke sammenhængende med resultaterne fra henholdsvis SMA- og EWMA-modellen. Ovenstående konklusion for iTraxx Senior Financials kan derfor ikke overføres til iTraxx Sub Financials, hvilket kan undre.

For iTraxx Sub Financials bemærkes det, at den optimale SMA er givet ved en længere tidsperiode på en måned, mens EWMA-modellen i tråd med dette tillægger λ en høj værdi. Begge modeller konstruerer således estimer på baggrund af et langt tilbage-kig. Resultatet af GARCH(1,1)-modellen peger dog i en lidt anden retning. Her skiller iTraxx Sub Financials sig ud med henholdsvis den laveste β og højeste α . Dette indikerer et mindre persistent varians-estimat, end hvad resultaterne af de mere simple modeller angav.

Det ses i den forbindelse, at γ her tillægges den største værdi i forhold til de øvrige CDS Index. Således er hastigheden i driften mod V_L for iTraxx Sub Financials hurtigere end for de øvrige CDS Index. Det hænger meget godt sammen med indikationen i SMA og EWMA omkring det lange tilbage blik, idet der i højere grad søges efter en middelværdi baseret på en længere tidshorisont. Ved at GARCH(1,1) tilføjer en vægt på V_L , kan estimatet således overføre noget af den vægt som blev tillagt tilbageblikket ved det høje λ fundet i EWMA. Introduktionen af en vægt på V_L medfører samtidig, at estimering af varians i højere grad ligger vægt på seneste observationer, end hvad der blev set i EWMA.

Figuren for estimerne for iTraxx Sub Financials dannet på baggrund af SMA og EWMA kan derfor afbildes som en træg og svagt stationær funktion. Af figuren for GARCH(1,1) understreges det stationære element i estimatet ligeledes ved, at estimerne i højere grad svinger omkring et fast punkt (den langsigtede middelvarians), i forhold til hvad der ses for de

øvrige CDS Index. Samtidig ses det, at den høje error koefficient i GARCH(1,1)-modellen betyder, at estimerne har en høj reaktionsevne og i højere grad følger den realiserede varians, når der er store udsving i niveauet. I den højt volatile periode fra sommeren 2007, observeres realiseret varians på et niveau over det langsigtede niveau for middelvarians. For estimerne i denne periode ses det, at variationen hurtigt opfanges og efterfølges med en hurtig drift ned mod V_L . Dette stemmer godt overens med de høje værdier af α og γ , da disse netop her samarbejder for at nedbringe volatiliteten i estimatet. Parameteren α trækker estimatet ned, fordi observeret volatilitet er på vej ned, hvorimod γ gør det, fordi niveauet ligger over V_L .

5.4.1.2 Mindst procentuel forbedring af RMSE

En lav procentuel forbedring af RMSE giver udtryk for at introduktionen af GARCH(1,1)-modellen kun i en ringere grad forbedrer værdien af varians-estimerne.

iTraxx Japan HiVol

iTraxx Japan HiVol er angives som det CDS Index, der har den laveste procentvise forbedring ved at benytte GARCH(1,1)-modellen til estimering af varians, hvor iTraxx Australia følger lige efter. Ved nærmere analyse ses der mange sammenfald mellem disse to CDS Index og de placerer sig således i nærheden af hinanden for de forskellige parametre i alle tre modeller.

iTraxx Japan baserer det bedste varians-estimat i SMA-modellen på basis af en måned, hvilket giver en god sammenhæng med en decay-factor, der ligger over middel i forhold til de øvrige index. Det observeres samtidig, at der ved overgangen til GARCH(1,1)-modellen, holdes fast i det lange tilbageblik. Lag-koefficienten i GARCH(1,1) er således næsten identisk med den optimale λ i EWMA. Varians-estimerne udtrykker dermed fortsat en persistent udvikling.

iTraxx Japan HiVol er som tidligere nævnt det CDS Index med det højeste niveau af V_L , og af figuren i bilag 9.11 ses tillige tydelige tegn på volatilitetsklumpning. Ved tjek for kurtosis i afsnit 4.3, fandt vi at iTraxx Japan HiVol var karakteriseret som det CDS Index med den højeste kurtosis. Den høje volatilitet i dette CDS Index må derfor være forårsaget af relativt få men meget ekstreme events. Derfor forklarer den meget høje middelvarians ikke meget om det mere kontinuerte niveau, som langt størstedelen af observationerne følger.

At varians-estimerne genereres på baggrund af en høj β , kan viderføres til, at et mere persistent estimat fitter data langt bedre, da data primært er kendetegnet ved en træg

udvikling. Herved ses altså i højere grad bort fra de korte perioder med høj varians, da disse korte perioder ikke forklarer meget om forventningerne til næste dags niveau.

I GARCH(1,1)-modellen tildeles iTraxx Japan HiVol en lav værdi til γ og den grafiske fremstilling visualiserer tydeligt den beskedne grad af konvergens mod den langsigtede middelvarians. Dette kan undre, da mange observationer omkring middelværdien burde betyde, at estimerterne skulle søge mod dette niveau for langsigtet varians. Årsagen kan være, at det antagede niveau for V_L er sat for højt, da V_L her er beregnet som et fast gennemsnit af observationerne i perioden og derfor indeholder få men ekstreme observationer. Omvendt ses det af grafen for forecast⁷¹, at iTraxx Japan HiVol d. 19. marts 2009 lå over det langsigtede niveau for middelvarians. En anden mulig forklaring kan derfor være, at der her er tale om et regimeskift i niveauet for volatilitet hen over perioden. Ved undersøgelsen af volatiliteten for de enkelte halvår i afsnit 4.3, blev det fremhævet at iTraxx Japan HiVol over analyseperioden har haft et meget varierende volatilitets-niveau når perioden for analyse opdeles.

5.4.1.3 Tendenser på tværs af CDS Index

Ved opstilling af de ti CDS Index rangeret efter tidsperiode i SMA-modellen, observeres det at rækkefølgen i store træk ses overført til rangeringen af parameterværdien λ i EWMA-modellen. Som ventet overføres det lange tilbageblik således ved overgangen til EWMA. Ved introduktion af den ekstra parameter i GARCH(1,1) bliver billedet dog mere uklart. Indførslen af en ekstra uafhængig parameter, medfører at der skabes en ekstra dimension på estimatet.

Mellem EWMA og GARCH(1,1) resultaterne ses en tendens til, at de CDS Index, der har den laveste procentuelle forbedring ved overgang fra EWMA til GARCH(1,1), tillige er de CDS Index, som ved analysen er tildelt den laveste værdi af γ i GARCH(1,1). Den lave γ -værdi angiver netop, at resultatet minder meget om resultatet i EWMA. CDS Index, der i mindre grad søger tilbage til middelværdien, opnår altså ikke et markant bedre estimat ved overgangen til GARCH(1,1)-metoden. Samtidig ses også, at når volatiliteten er tæt på niveauet for langsigtet middelvarians, er der ikke stor forskel i EWMA og GARCH(1,1)-modellerne⁷², da graden af konvergens er meget lille, hvormed GARCH(1,1)-forecastet er næsten konstant.

⁷¹ Jf. bilag 9.9 for figur af forecast for iTraxx Japan HiVol

⁷² Market Models, s. 18

5.5 Delkonklusion

Af teorien samt af vores analyser fås, at de simple metoder SMA og EWMA er for simple til at fange dynamikken i volatiliteten for spread ændringer i CDS Index. Der ligger ingen antagelse omkring data, herunder fordelingsantagelser eller processen i spread ændringer, til grund for modellerne. Begge karakteriseres som konstante volatilitets-modeller, hvor strukturen i estimerne er konstant, hvorfor modellerne som nævnt alene anvendes til forudsigelse af et konstant bud.

GARCH-modellen er populær, fordi den kan håndtere at volatiliteten ikke er konstant. Samtidig er denne model overlegen ved at kunne modellere strukturen af volatiliteten i forecastet, hvilket er mere attraktivt som følge af det tidsafhængige perspektiv i volatiliteten. Det gælder, at kun hvis spread ændringerne er uafhængige, vil den ubetingede og betingede volatilitet være ens.

I resultaterne registreres en forbedring af RMSE ved overgangen til GARCH(1,1)-modellen. Den forbedrede RMSE registreres for alle CDS Index, hvormed vi entydig kan konkludere, at denne GARCH(1,1) er at foretrække ved estimering af varians. Ud fra en sammenligning af RMSE, performer GARCH(1,1)-modellen dermed mere præcist, end de to øvrige modeller for varians-estimering. Vores resultater peger altså på, at en udvidelse af parametrene i forhold til opsætningen i EWMA bidrager med positiv værdi, når varians estimeres.

Den relativ simple GARCH(1,1)-model anvendt i denne opgave, giver bedre resultater end den meget udbredte EWMA-model. Samtidig kan det tilføjes, at EWMA-metoden jo netop er et speciel tilfælde af GARCH(1,1), hvormed GARCH(1,1)-metoden pr. definition altid vil være mindst lige så god til at estimere volatiliteten.

Det regimeskift der kunne observeres i volatiliteten for flere CDS Index kunne tyde på, at der er behov for en model der i endnu højere grad kan modellere dette. De komplekse modeller kan i praksis være svære at implementere, men ville muliggøre et endnu bedre estimat end hvad der har været muligt at opnå med GARCH(1,1).

Det er vores vurdering at den øgede kompleksitet i GARCH(1,1)-modellen er til at håndtere, samt at den overperformer de mere simple metoder på tværs af alle CDS Index. Der synes ikke at være mange argumenter imod at benytte GARCH(1,1) til varians-estimering, hvormed vi på baggrund af vores analyse kan konkludere, at GARCH(1,1)-metoden bedst modellerer variansen for CDS Index.

6 Empirisk analyse af CDS Index vs. aktie index

Når der ses på udviklingen i CDS Index, er det interessant at drage paralleller til udviklingen i aktie index. Dels om den indbyrdes relation har ændret sig over perioden, men tillige for at se, om der skulle være generelle tendenser, der gør sig gældende for CDS Index kontra aktie index. Der er lavet en del empiriske undersøgelser med det formål at se om aktie markedet leder CDS markedet, eller om det omvendte er tilfældet⁷³. Undersøgelserne har været fokuseret på den konkrete sammenhæng mellem aktie afkast og CDS spread ændringer i forhold til specifikke selskaber. Undersøgelserne har vist et noget broget billede uden en klar tendens til at den ene følger den anden eller omvendt. En nyere undersøgelse fra 2008 har dog fundet tegn på, at sammenhængen mellem CDS spread ændringer og aktieafkast er afhængig af kvaliteten af referenceaktiverne⁷⁴. Undersøgelsen finder at investmentgrade CDS ikke ser ud til at bidrage med information til aktie markedet, hvorved aktie markedet på det punkt er effecient. Undersøgelsen finder dog, at spread ændringer i non-investmentgrade CDS bidrager med information til aktie markedet, hvilket forfatterne giver udtryk for kan skyldes den større interesse for køb og salg af beskyttelse, der er i markedet for non-investmentgrade CDS.

I undersøgelserne er der anvendt avancerede metoder og dataserierne er tillige tilpasset så der ses på aktier og CDS med samme underliggende selskaber. Det har været uden for denne opgaves muligheder, at indhente og processere så nøjagtigt et grundlag af data. Vi har derfor valgt at anvende et approximativt sammenligningsgrundlag ved at tage udgangspunkt i de analyserede investmentgrade CDS Index, iTraxx Europe, CDX IG og iTraxx Japan og sammenligne dem med toneangivende aktie index i de forskellige geografiske områder⁷⁵. Der er naturligvis ikke sammenfald mellem de underliggende referenceaktiver, men det er alligevel interessant at se, om der kan påvises sammenhæng mellem de to aktivklasser. Der er tillige anvendt en mere simpel metode til at se på, hvordan sammenhængen er mellem to dataserier. Dette er gjort ved at beregne korrelationen og se på forklaringsgrader i forhold til lineær regression. Metoderne vil kunne give et forsimplet om end nyttigt billede af, om der er sammenhæng mellem CDS Index og aktie markedet og om denne relation har ændret sig efter finanskrisen, der indtrådte i sommeren 2007.

⁷³ Artikel, Are the U.S. Stock Market and CDS Market related

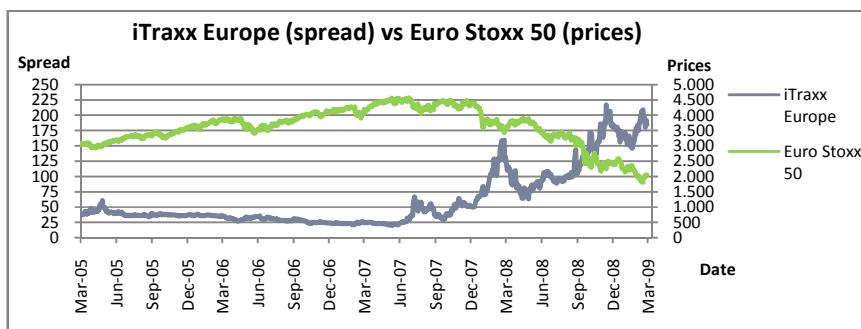
⁷⁴ Artikel, Are the U.S. Stock Market and CDS Market related

⁷⁵ Se bilag 9.2 for tabel med stamdata på de udvalgte aktie index

6.1 Udvikling i spreads kontra priser

Spreads på CDS Index har i perioden mar-05 til mar-09 undergået en eksplosiv udvikling. Tesen er, at udviklingen i spreads og priser går modsat hinanden, altså viser tegn på negativ korrelation. Dette skyldes de grundlæggende bestanddele i henholdsvis spreads og priser. Hvor priser har tendens til at falde i tider med recession, har spreads tendens til at stige pga. den højere risikopræmie, der kræves ved køb af beskyttelse. I nedenstående figur ses udviklingen af spreads på iTraxx Europe mod udviklingen i priser på Euro Stoxx 50.

Figur 6.1.a: Udvikling i iTraxx Europe (spreads) vs Euro Stoxx 50 (priser)



Som ventet fremgår det, at udviklingen i de to går mod hinanden og en lignende relation ses både mellem de amerikanske og de japanske CDS Index i forhold til deres respektive aktie index⁷⁶. For at se om der er sket en ændring i forholdet mellem spreads og priser, er det interessant at se nærmere på korrelationens-koefficienten mellem de enkelte par og se om denne har ændret sig efter finanskrisen.

Tabel 6.1.a: Korrelationen mellem spread og priser

	iTraxx Europe vs Euro Stoxx 50	CDX IG vs S&P 500	iTraxx Japan vs Nikkei 225
mar05-jun07	-0,9214	-0,7775	-0,5205
jul07-mar09	-0,9488	-0,9414	-0,9197

I tabellen ovenfor ses, at der som ventet er en meget høj grad af negativ korrelation mellem spreads og priser. Hvad der er mere interessant er den stigende negative korrelation, der observeres, når perioden deles op. I bilag 9.13 er graden af linearitet efter finanskrisen ligeledes illustreret ved scatterplots af spreads og priser og deres respektive forklaringsgrader.

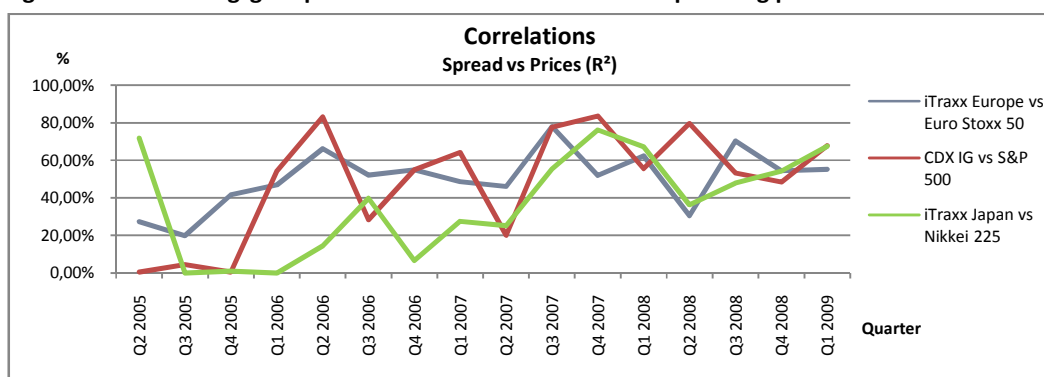
Der ses en tendens til, at den negative sammenhæng forstærkes i perioder med faldende aktie priser. Det kan skyldes, at det i tider med generel afmatning er nogle af de samme

⁷⁶ En lignende figur kan ses for de to øvrige index par i bilag 9.12

makroøkonomiske faktorer, der medvirker til en stigende systematisk risiko på tværs af de forskellige markeder. Den ikke helt perfekte lineære sammenhæng kan relatere sig til de specielle faktorer, der gør sig gældende på CDS markedet kontra aktie markedet. Det store udsving, der fx observeres i CDS markedet omkring marts 2008, var mest af alt begrundet i usikkerheden om Bear Stearns og den påvirkning på CDS markedet, det ville medføre, hvis de gik konkurs. Usikkerheden havde ikke den samme voldsomme effekt på aktiemarkedet og er et meget godt udtryk for problematikken omkring modpartsrisiko, der adskiller de to markeder.

Som en sidste nedbrydning af data og for at se, om der kan spores en tendens hen over kvartalerne, er der som grundlag for nedenstående figur beregnet korrelationen i spreads og priser for hvert kvartal i perioden, der analyseres. Resultatet er herefter kvadreret for at angive forklaringsgraden i %, hvilket gør det nemmere at visualisere en eventuel tendens.

Figur 6.1.b: Forklaringsgrad på basis af korrelationen mellem spread og priser



Grafen giver ikke et billede af en entydig lineær udvikling hen over kvartalerne, men der kan alligevel observeres en trend imod en stigning i forklaringsgraden på tværs af de tre index par.

Hvis der ses på korrelationen mellem spread ændringer og afkast, er der ligeledes en høj grad af negativ korrelation. Niveauerne er blot ikke så høje som mellem spreads og priser, idet der i gennemsnit er en negativ korrelation på -0,5 på tværs af de tre index par.

6.2 Volatilitet i spread ændringer kontra afkast

Det blev i analysen af udviklingen i CDS Index spreads konstateret et markant højt niveau for den årlige volatilitet i spreads. For at sammenligne dette niveau med afkast i aktie markedet er der med baggrund i tilsvarende modeller beregnet samme tal for volatiliteten i aktie afkast. Resultatet ses i tabellen nedenfor.

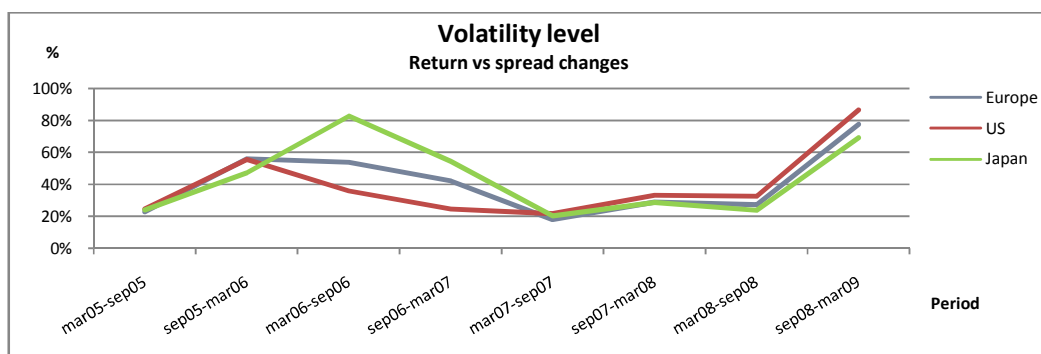
Tabel 6.2.a: Gennemsnitlig årlig standardafvigelse fra 2005-2009

Period		iTraxx Europe	Euro Stoxx 50	CDX IG	S&P 500	iTraxx Japan	Nikkei 225
mar-05	mar-09	65,14%	24,69%	54,31%	24,85%	72,98%	28,63%

Niveauet for volatiliteten i aktie afkast ligger langt under den for CDS Index spreads og der er på tværs af de tre index par tale om et niveau, der ligger ca. 2½ gang lavere. Det ses også hvor tæt Euro Stoxx 50 og S&P 500 ligger på hinanden. Kun 0,16 procentpoint adskiller de to aktie index og det japanske ligger tillige kun 4%-point højere end dette. Der er altså tale om et volatilitets-niveau, der er meget lig hinanden på tværs af aktie index. Dette er ikke helt det billede, der observeres, når der ses på CDS Index. Her er der lidt større indbyrdes udsving dog igen med det japanske som det index med den højeste volatilitet.

For at få et billede af udviklingen i forholdet mellem volatiliteten på CDS Index og aktie index, er der for de enkelte halvår beregnet den årlige volatilitet, hvorefter de er sat i forhold til hinanden. I nedenstående figur illustreres det procentuelle forhold mellem den årlige volatilitet i aktie afkast kontra ændringer i spreads. En høj procentangivelse på grafen skal tolkes som en indsnævring af forskellen i volatilitets-niveauet mellem aktie afkast og spread ændringer, hvorved 100% angiver samme niveau af volatilitet.

Figur 6.2.a: Forhold mellem volatilitets-niveau i aktie afkast kontra spread ændringer



Grafen illustrerer en ganske interessant sammenhæng i forholdet mellem volatiliteten på tværs af de tre index par. På trods af forskellene i de geografiske områder ses altså en næsten

synkron udvikling i de individuelle forhold, og selv før finanskrisen er der stort set ingen spredning at spore mellem dem.

Den tætte sammenhæng i volatiliteten i de japanske index i perioden mar. - sep. 2006 dækker over et, på det tidspunkt, faldende niveau for volatiliteten i spreads, mens det for aktie afkast var uændret i forhold til forrige periode. Der skete i perioden mange ting på det japanske marked, herunder og som det mest markante, et skift væk fra den 6 år lange periode med nulrente politik. Der var fokus på at holde et stabilt niveau for inflationen og sikre, at væksten havde en kontrolleret udvikling⁷⁷. Ting der medvirkede til en positiv udvikling i aktie priser og en indsnævring af CDS spreads.

Det ses tillige i grafen at forholdet mellem volatiliteten i spreads og priser var på dets laveste mellem mar. og sep. 2007, hvilket skyldes, at de voldsomme udsving der blev registreret i spreads hen over sommeren, ikke på tilsvarende vis blev reflekteret i aktie markedet⁷⁸. Hvor der for spreads var tale om op til en tredobling af niveauet, var der for aktie afkast kun tale om få procentuelle ændringer. De næste to halvår er der ligeledes ikke den store forandring at spore på aktie markedet. I alle 3 aktie index bliver der registreret en mindre stigning, men de når ikke engang over gennemsnittet for perioden. Først i det seneste halvår er der registreret en voldsom stigning i volatiliteten og dette samtidig med et fald i volatiliteten i spreads. Når der alene ses på disse niveauer, ser det ud til, at finanskrisen i første omgang kun havde en påvirkning på volatiliteten i spread ændringer hvor aktie afkast først reelt blev påvirket et helt år senere⁷⁹. Dette er interessant i forhold til den øgede sammenhæng, der var at spore i korrelationen direkte mellem spreads og priser. Så hvor priser og spreads følger en næsten lineær negativ sammenhæng, gør det samme sig langt fra gældende for volatiliteten i de daglige ændringer.

Tabel 6.2.b: Korrelation mellem daglige standardafvigelser i spread ændringer og afkast

	iTraxx Europe vs Euro Stoxx 50	CDX IG vs S&P 500	iTraxx Japan vs Nikkei 225
mar05-jun07	0,2900	0,3082	0,0389
jul07-mar09	0,2939	0,2685	0,3240

I ovenstående tabel er listet korrelationen mellem de daglige standardafvigelser mellem de tre index par. Der kan observeres positiv korrelation på tværs af alle, men som forventet ses ikke

⁷⁷ Danmarks Nationalbank Kvartalsoversigt 2. og 3. kvartal 2006

⁷⁸ Se bilag 9.14 for tabel med tal for årlig volatilitet fordelt på halvårsperioder fra 2005-2009

⁷⁹ Se bilag 9.15 for figur med sammenligning af volatilitet i perioden

en massiv ændring i dette forhold efter finanskrisen. Kun det japanske index par skiller sig ud ved at gå fra ingen korrelation til en positiv korrelation.

En ting er korrelationen mellem volatiliteten i spread ændringer og afkast, men ifølge Byström(2005)⁸⁰ er der påvist en stor positiv sammenhæng mellem volatilitet i aktie afkast og niveauet af spreads. I den konkrete undersøgelse bliver det påvist at en udvidelse i volatiliteten på aktiemarkedet førte til en udvidelse af spreads og at CDS markedet i den forbindelse måtte betegnes som ineffektivt. Vores analyse viser det modsatte billede, hvorfor det kan konkluderes, at der er sket et skift i dette forhold. En mulig forklaring kan være den øgede volumen og likviditet der er opstået på CDS markedet siden undersøgelsen blev lavet. Det tyder på, at CDS markedet herved er blevet mere efficient de senere år.

6.2.1.1 Test for normalfordeling

I afsnit 4.3, hvor ændringer i CDS Index spreads blev testet for normalfordeling, blev det fundet, at der i høj grad var tale om excess kurtosis. I nedenstående tabel ses tal for henholdsvis CDS Index og aktie index.

Tabel 6.2.c: Tal for excess kurtosis og skævhed

Index	iTraxx Europe	Euro Stoxx 50	CDX IG	S&P 500	iTraxx Japan	Nikkei 225
Excess Kurtosis	6,629	8,824	6,686	10,658	7,645	8,997
Skewness	-0,085	0,012	0,519	-0,285	0,603	-0,474

Der ses en gennemgående tendens til højere excess kurtosis i aktie afkast, end der kan observeres i de tilsvarende CDS Index. Dette betyder, at der for aktie index kan observeres flere afkast omkring middelværdien og en større varians i de ekstreme tilfælde. Dette hænger godt sammen med det generelt højere gennemsnit for niveauet af volatilitet der kan observeres i CDS Index.

Hvis der ses på skævheden i fordelingerne er der igen en tendens at bemærke på tværs af de tre index par. De tre index par har alle flere observationer på modsatte sider af middelværdien. Dette er som ventet grundet den negative korrelation, der findes mellem ændringer i spreads og aktie afkast.

Denne markante afvigelse fra normalfordelingen medfører som nævnt en overvurdering af risikoen i stille perioder, mens risikoen i perioder med finansiell distress vil blive undervurderet.

⁸⁰ Artikel, Credit Default Swaps and Equity Prices: The iTraxx CDS Index Market

6.3 Estimering af volatilitet – Sammenligning af parametre

Det er ikke kun interessant, at sammenligne niveauerne for realiseret volatilitet, men ligeledes hvilke karakteristika der gør sig gældende for volatiliteten i de to produkter. En måde at anskue dette på er ved at se på de forskellige modeller for estimering af varians og sammenligne de to produkters værdi af de forskellige parametre. For at gøre dette er der som CDS Index i afsnit 5, udarbejdet tilsvarende modeller til varians-estimering for de tre aktie index.

6.3.1 SMA

Ved gennemgangen af SMA for CDS Index blev der registreret en bedre forklaringsgrad ved de kortere tidsperioder og der var derfor en tendens til, at volatiliteten i spread ændringer generelt blev bedre forklaret ved at tillægge større vægt på nyere data. Nedenfor ses resultatet af den optimale tidsperiode for SMA.

Tabel 6.3.a: Optimal tidsperiode i SMA

Index	iTraxx Europe	Euro Stoxx 50	CDX IG	S&P 500	iTraxx Japan	Nikkei 225
SMA timeperiod	2 weeks	1 weeks	6 weeks	2 weeks	2 weeks	2 weeks

Lige med undtagelse af de japanske index, hvor tidsperioden på 2 uger passer bedst på begge, kan det observeres, at de europæiske og amerikanske aktie index begge har en lavere optimal tidsperiode end de tilsvarende CDS Index. Dette er måske en smule overraskende grundet den langt højere volatilitet, der kan registreres på CDS Index. Det er dog evident, at alle index har en relativ lav optimal tidsperiode, hvor kun det amerikanske CDS Index falder lidt udenfor med 6 uger som det bedste fit.

Resultatet indikerer, at der på tværs af både CDS og aktie index udvises tegn på tidsvarierende volatilitet og volatilitetsklumpning. Resultatet indikerer tillige, at aktiemarkedet ser ud til at lægge større vægt til ny information end CDS Index. Der er dog tale om relativt små forskelle i de optimale tidsperioder, hvorfor det må konkluderes, at de to aktivklasser ligger ganske tæt på hinanden i forhold til inkorporering af ny information.

6.3.2 EWMA

I EWMA-modellen, hvor det bliver muligt at tildele tidligere observationer en eksponentielt aftagende vægt, var der stor spredning i resultaterne for CDS Index. iTraxx Europe havde den laveste decay-factor af alle de analyserede CDS Index, mens de to amerikanske index havde relativt høje decay-factorer over 0,90. I nedenstående tabel ses resultatet af gennemgangen for de tre aktie index, sammenholdt med resultaterne for CDS Index.

Tabel 6.3.b: Optimal decay-factor i EWMA

Index	iTraxx Europe	Euro Stoxx 50	CDX IG	S&P 500	iTraxx Japan	Nikkei 225
EWMA Optimal λ	0,80818	0,89206	0,9091	0,9044	0,8758	0,8138

Denne gang ligger resultaterne noget mere spredt end ved analysen af den optimale tidsperiode for SMA. Her kan ikke registreres en tendens på tværs af de tre index par. Hvor det europæiske aktie index har en langt højere decay-factor end det tilsvarende CDS Index, ses det modsatte billede for det japanske index par. Midt i dette ses det amerikanske index par, som ganske fint følger hinanden med næsten identiske decay-factor mellem de to. Fælles for alle index er dog, at de alle ligger langt fra den decay-factor på 0,94, som RiskMetrics anvender for daglige observationer på tværs af produkter.

Ved gennemgangen af CDS Index i afsnit 5.2 blev det konstateret, at index fra forskellige geografiske områder havde decay-factorer der lå tæt på hinanden. Det er derfor interessant at se, at det samme ikke gør sig gældende for de tilsvarende aktie index. Her har Euro Stoxx og S&P næsten samme factor, mens Nikkei skiller sig ud. Dette hænger i stedet godt sammen med tendensen der blev set i forhold til niveauet af volatilitet i de tre aktie index, og viser endnu engang den store sammenhæng der er mellem det europæiske og amerikanske aktie index.

6.3.3 GARCH(1,1)

I afsnit 5.3 blev det påvist, at GARCH(1,1) for alle CDS Index gav en mindre RMSE og dermed, at den bedre kunne fitte data end de to øvrige modeller. Dette skyldes, som tidligere nævnt, indførelsen af en ekstra parameter, der lagde vægt på den langsigtede volatilitet. Som ved de to øvrige modeller, er der ligeledes lavet GARCH(1,1) estimater for de tre aktie index. I nedenstående tabel ses en opsummering af de optimale parametre for GARCH(1,1)-modellen med vægt på V_L .

Tabel 6.3.c: Optimale vægte på parametre i GARCH(1,1)

Index	iTraxx Europe	Euro Stoxx 50	CDX IG	S&P 500	iTraxx Japan	Nikkei 225
α	20,47%	11,12%	10,00%	9,22%	13,47%	18,00%
β	71,01%	86,33%	85,57%	89,50%	81,44%	78,03%
γ	8,52%	2,55%	4,43%	1,27%	5,10%	3,96%

Som nævnt henviser α til vægten på realiseret varians på tidspunkt $t-1$, β angiver vægten på estimeret varians på tidspunkt $t-1$ og γ angiver vægten på det langsigtede niveau V_L .

Der er flere tendenser, der gør sig gældende, når der ses på fordelingen af de enkelte parametre. Den mest gennemgående tendens er, at alle CDS index har højere vægt på det langsigtede niveau for volatilitet end de tilsvarende aktie index.

Det ses tillige, at de amerikanske og europæiske CDS index har samme forhold til de respektive aktie index, idet der for begge kan observeres en større værdi af α og γ og en mindre værdi af β end deres respektive aktie index. En højere α og en lavere β betyder, at der for de to index par kan observeres en tendens til, at varians-estimerterne for CDS Index er mindre persistente i reaktionen til observerede markedsændringer og i højere grad lægger vægt på nyere varians estimer til fordel for de ældre. Dette hænger meget godt sammen med den øgede volatilitet, der har kunnet observeres i CDS Index i den analyserede periode. Den større værdi af γ angiver desuden, at CDS Index har mere udpræget tendens til at søge tilbage til middelvariansen, end hvad der er gældende for aktie index.

iTraxx Europe vs Euro Stoxx 50

Den markant lavere decay-factor i EWMA, der kunne observeres for iTraxx Europe i forhold til Euro Stoxx, går igen i GARCH(1,1), hvor der tilsvarende ses en langt lavere værdi af lag koefficienten for iTraxx Europe. Der ses tillige en markant højere værdi af α i iTraxx Europe end for Euro Stoxx. En høj α og en lav β er begge tegn på et mindre persistent udtryk i volatiliteten for CDS indekset. Dette er i tråd med resultaterne for den observerede volatilitet, hvor netop CDS Indexet havde flere og højere momenter.

CDX IG vs S&P 500

Det amerikanske index par følger forholdet, der blev observeret i det europæiske. Igen er det CDS Indexet, der tildeler størst værdi til α og laveste værdi til β . Forskellene er dog knapt så udtalte som ved det europæiske. Der er derfor et lidt mere ensartet udtryk i volatiliteten på trods af den store forskel i niveauet. I forhold til de europæiske er der en lidt større grad af

vægt på lag-koefficienten. Dette er i tråd med resultatet for gennemgangen af EWMA, hvor netop de to amerikanske index havde de højeste decay-factorer. Dette indikerer en vis grad af træghed i estimerne for begge. Når der ses på de to index par som repræsentant for deres respektive markeder, ser det ud til, at det europæiske marked isoleret set er mere reaktivt end det amerikanske.

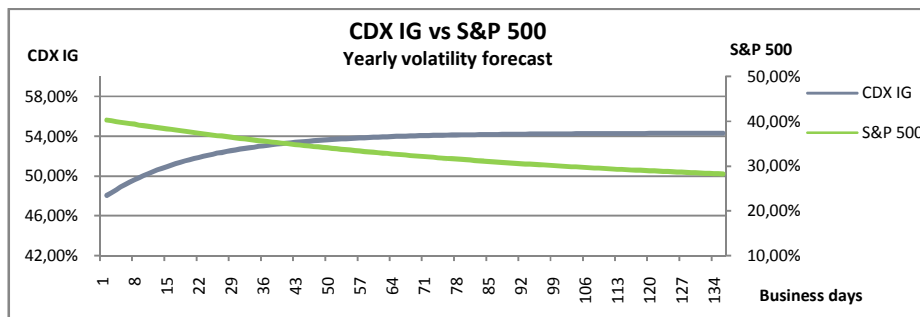
iTraxx Japan vs Nikkei 225

Analysen af det japanske index par, viser et lidt andet forhold i parametrene, end der kunne observeres for det europæiske og amerikanske index par. Her er det aktie indekset, der har den højeste værdi af error-koefficienten og den laveste værdi af lag-koefficienten. Dette indikerer, at det japanske aktie index i højere grad reagerer på ændringer i observeret varians og dermed hurtigere tilpasser sig ny information. Der er dog tale om mindre forskelle og dette index par ser derfor ud til i højere grad end de europæiske og amerikanske at have samme karakteristika for volatiliteten. Dette blev tillige observeret ved analysen af korrelationen mellem de to. Her var det japanske index par netop kendetegnet ved den højeste grad af samvariation i volatiliteten.

6.3.3.1 Mean reversion og betydning for forecastet

På grund af det langt højere niveau af volatilitet i CDS Index kontra aktie index, er værdien af den langsigtede middelvarians tilsvarende væsentlig højere. I forhold til forecast af volatilitet kan der observeres en tendens til, at de tre CDS Index i højere grad er mean-reverting og dermed hurtigere konvergerer til det langsigtede niveau. I Figur 6.4.a ses en sammenligning af driften mod V_L for det amerikanske index par⁸¹. S&P 500 er det index med laveste værdi af γ , mens CDX IG har en gennemsnitlig værdi af γ .

Figur 6.3.d: Hastighed for drift mod V_L



⁸¹ En lignende figur kan ses for de øvrige index par i bilag 9.16

Alle tre CDS Index ligger pt. på et volatilitets-niveau, der er lavere end det langsigtede niveau, hvormed der kan observeres en konkav struktur for forecastet. Det modsatte gør sig gældende for alle tre aktie index, der pt. ligger højere end deres respektive langsigtede niveauer, og dermed antager en konveks struktur for forecastet.

At CDS Index ligger under deres gennemsnit for den 4-årige periode, mens aktie index ligger over gennemsnittet, kunne tyde på, at CDS markedet har toppet og er på vej til en form for normalisering af niveauet. For aktie index blev det observeret, at niveauet for volatiliteten steg i sommeren 2007, men først for alvor oplevede massive udsving et helt år senere. Dette kan være en medvirkende årsag til, at aktie markedet stadig ligger over det gennemsnitlige niveau for den analyserede periode.

6.4 Delkonklusion

Analysen af sammenhæng mellem CDS Index og aktie index har i høj grad været præget af det skift, der kan observeres mellem de to markeder før og efter finanskrisen. Dette skyldes, at der ikke tidligere har været observeret en så markant krise på kreditmarkedet siden CDS Index blev introduceret i 2004.

De tidligere nævnte empiriske undersøgelser, der viser, at øget volatilitet i aktie markedet skulle lede til udvidelse af spreads, er alle udarbejdet i årene før finanskrisen i en tid, hvor CDS Index først lige var begyndt at vinde indpas på markedet. En enkelt empirisk undersøgelse strækker sig dog til december 2007⁸². Undersøgelsen viser, som i denne analyse, et markant skift i forholdet mellem CDS markedet og aktie markedet fra sommeren 2007. Her konkluderes det, at retningen af informationsflowet på tværs af markederne ser ud til at have ændret sig for investmentgrade segmentet. Hvor det tidligere var aktie markedet, der var det ledende og CDS markedet efterfølgende tilpassede sig informationen fra dette, er det nu vendt rundt. En årsag til dette skift kan skyldes CDS markedets markante forøgelse af volumen og likviditet. Dette må alt andet lige have medført en øget effektivitet i markedet, og dermed en hurtigere tilpasning til ny information. Ud over dette består deltagerne på CDS markedet i udpræget

⁸² Artikel, Are the US Stock Market and CDS Market Related?

grad af professionelle investorer, hvor aktie markedet nok har en stor andel af disse, men tillige understøtter en lang række private og mindre investorer.

Grad af negativ korrelation mellem spread og priser er steget efter finanskrisen, hvilket indikerer en højere grad af samvariation når markedet er under financial distress. Den lidt mindre, men stadig markante negative korrelation mellem spread ændringer og afkast, gør CDS Index til et interessant produkt i forhold til risikoafdækning af aktie-porteføljer eller til opnåelse af diversifikationsgevinster ved salg af beskyttelse.

Niveauet af volatilitet i CDS Index er ganske højt i forhold til aktie index og da dette tillige ses gældende før finanskrisen, er det ikke blot isoleret til højt volatile perioder. Hvis der ses på forholdet i volatilitets-niveauerne mellem CDS Index og aktie index, kan der observeres et globalt link mellem volatilitets-niveauerne for CDS Index og de tilsvarende sammenlignelige aktie index.

Ved gennemgangen af parametrene i de tre modeller til estimering af varians, er der fundet en generel tendens til, at CDS Index har en højere vægt på det langsigtede niveau for variansen. CDS Index søger dermed i højere grad tilbage til middelværdien, end hvad der er gældende for aktie index. Der er ligeledes fundet ligheder mellem de amerikanske og europæiske index par og der kan observeres en tendens til, at varians-estimerne for de to CDS Index er mindre persistente i reaktionen til observerede markedsændringer og i højere grad lægger vægt på nyere varians-estimer til fordel for de ældre. Hvis der ses på de to index par som repræsentant for deres respektive markeder, er den højere vægt på α i det europæiske par dog medvirkende til, at det europæiske marked isoleret set er mere reaktivt end det amerikanske. For det japanske index par er der en højere grad af samvariation i volatiliteten, og i modsætningen til tendensen for de europæiske og amerikanske index par, er det japanske aktie index mere reaktivt end CDS Indexet.

7 Konklusion

Formålet med opgaven var at belyse udviklingen i spread volatiliteten i CDS Index i perioden fra marts 2005 til marts 2009. Dels hvilke karakteristika, der gjorde sig gældende og dels hvordan volatiliteten kunne estimeres. For at kæde resultatet sammen med andre finansielle produkter blev aktie index tillige inddraget som sammenligningsgrundlag.

Ved den empiriske analyse af CDS Index spreads blev der i analyse-perioden observeret en ganske markant stigning i niveauet for spreads. Efter sommeren 2007 var usikkerheden i den finansielle sektor og de følgende implikationer for modpartsrisikoen en medvirkende årsag til en markant udvidelse af spreads på tværs af alle CDS Index. Hvor der tidligere var en stor grad af risikovillighed blandt investorerne, som ledte til indsnævring af spreads, førte finanskrisen til en øget systematisk risiko i markedet. Udvidelsen af spreads var tillige præget af den stigende risiko for konkurs og den faldende recovery-rate, der blev udledt ved realiserede konkurser.

Den øgede usikkerhed i markedet medførte tillige et skift i niveauet af volatilitet i spread ændringer på tværs af alle CDS Index. Niveauet før finanskrisen var af markedet betragtet som værende højt. Med den viden der eksisterer i dag, må denne konklusion dog revurderes. Vores analyse viser, at finanskrisen medførte volatilitets-niveauer på mere end det dobbelte af, hvad markedet hidtil havde set. Alle CDS Index viste udpræget tegn på volatilitetsklumpning og følger dermed tendensen fra litteraturen omkring karakteristika for finansielle afkastserier.

Det ene non-investmentgrade CDS Index der var med i analysen, skilte sig ud ved at have det mest stabile niveau for volatiliteten hen over finanskrisen. Det vurderes at have en sammenhæng til den forhøjede risikopræmie, der allerede er indarbejdet i lavt ratede selskaber. Finanskrisen har dermed i højere grad haft indvirkning på de højere ratede institutioner, hvortil markedet tidligere har vurderet risikoen som beskeden.

Mistilliden til den finansielle sektor medførte tillige, at specielt de to CDS Index, der dækker over finansielle referenceaktiver, blev ramt hårdt. Senior og Subordinated Financials fulgte dog ikke synkront hinanden, hvilket kan skyldes deres forskellige placeringer i gældsstrukturen og investorernes opfattelse af risikoen ved dette. Det var tillige en medvirkende faktor, at der kom forskellige udmeldinger omkring de statsudstedte redningspakker og usikkerheden om, hvorvidt subordineret gæld skulle dækkes.

Analysen indikerer, at det høje niveau for volatiliteten er aftagende, idet der i perioden sep-08 til mar-09 kunne registreres fald i volatiliteten i langt de fleste CDS index. Niveauet er dog stadig langt fra det, der blev registreret i tiden før finanskrisen.

Til estimering af volatilitet findes en lang række mere eller mindre komplicerede modeller. Ifølge litteraturen udledes der dog ikke et væsentlig bedre resultat fra de komplicerede modeller, som kunne opveje problemerne ved den praktiske implementeringen af disse. Fokus i denne opgave har derfor været på de mere simple modeller, der tillige ses bredt anvendt i praksis. De udvalgte modeller til opgaven var SMA, EWMA og GARCH(1,1). Alle tre modeller udleder estimat på variansen på baggrund af historiske dataserier.

SMA er den mest simple af de tre modeller og bygger direkte på den fundamentale sætning for beregning af varians. Modellen tildeler ens vægte til alle observationer i en given tidsperiode, hvormed nye informationer tildeles samme vægt som ældre. EWMA anerkender modsat SMA, at rækkefølgen i dataserien har en betydning, gennem en tildeling af eksponentielt aftagende vægte. Modellen kan dermed bedre håndtere dataserier, der udviser tendens til volatilitetsklumpning. Ulempen ved begge modeller er, at de i forbindelse med forecast kun modellerer den ubetingede volatilitet, hvormed der implicit antages konstant volatilitet.

Den sidste model, GARCH(1,1), der er inddraget i analysen, kan ses som en udbygning af EWMA. Den tildeler som ved EWMA eksponentielt aftagende vægte og indarbejder herudover en vægt til det langsigtede niveau for volatiliteten. Den sidstnævnte vægt betyder, at der i et forecast modelleres en struktur, der konvergerer mod dette niveau. Generelt medfører dette, at GARCH(1,1) anerkender det tidsvarierende element i volatiliteten, og dermed at den er betinget af den tidligere udvikling.

Af analysen af de empiriske data kan det konkluderes, at SMA er for simpel til at fange dynamikken i volatiliteten for spread ændringer i CDS Index. Ved overgangen til EWMA blev der registreret en forbedring på tværs af alle CDS Index, hvilket betyder, at varians-estimerer fra EWMA bedre fitter datasierne. Det kan dog entydigt konkluderes, at GARCH(1,1) genererer de bedste varians-estimerer af de tre modeller.

Resultaterne peger på, at udvidelsen med en ekstra parameter i forhold til opsætningen i EWMA, bidrager positivt ved estimering af varians. Det bemærkes, at EWMA netop er et specielt tilfælde af GARCH(1,1), hvor vægten på det langsigtede niveau er nul. Derfor må det

gælde, at GARCH(1,1) pr. konstruktion altid vil generere et varians-estimat, der er mindst lige så godt som EWMA. Det bedre resultat, der fremkommer ved anvendelsen af GARCH(1,1), kan skyldes, at dataserierne som nævnt udviser tegn på tidsvarierende volatilitet, hvilket denne model bedre kan håndtere i forhold til de to øvrige modeller.

Den meget udbredte anvendelse af EWMA skyldes dens simple metodik, mens den samtidig genererer acceptable varians-estimer. GARCH(1,1) har i den forbindelse modtaget kritik for problemerne omkring bestemmelsen af det langsigtede niveau, der indarbejdes i modellen. Fremgangsmåden anvendt i denne opgave, hvor middelvariansen fra dataserien benyttes, medfører at kompleksiteten mindskes og gør modellen lettere at implementere i praksis.

Som følge af den registrerede forbedring i estimerne ved overgangen fra EWMA til GARCH(1,1) er det vores vurdering, at GARCH(1,1) er at foretrække ved estimering af varians for CDS Index. I et overordnet perspektiv ville det være interessant, at inddrage mere komplekse modeller for estimering. Her i blandt ville det være relevant at analysere modeller med andre fordelingsantagelser, givet de specielle karakteristika der ses for volatiliteten i spreads. Dette kunne medvirke til en forbedring af estimerne og dermed til risikostyringen.

Ved den empiriske analyse af udvalgte CDS Index i forhold til toneangivende aktie index, blev det vurderet, om der eksisterede en sammenhæng mellem aktivklasserne. De tre ledende investmentgrade CDS Index i USA, Europa og Japan blev sammenlignet med S&P 500, Euro Stoxx50 og Nikkei 225.

Analysen af spread vs. priser viste en høj grad af negativ korrelation mellem CDS Index og aktie index. Der blev tillige observeret en forøget negativ korrelation i perioden efter finanskrisen, hvorfor det kan konkluderes, at den negative sammenhæng forstærkes i perioder med financial distress. Tendensen var den samme på tværs af de tre index par, men hvor der før finanskrisen var større spredning mellem forklaringsgraderne blev der efter finanskrisen registreret en tættere sammenhæng. Graden af negativ korrelation var lidt mindre, men stadig markant mellem spread ændringer og afkast. Den negative korrelation muliggør køb af CDS Index til risikoafdækning af aktie-porteføljer og salg af CDS Index kan samtidig anvendes, som tilføjelse til en portefølje, med det formål at opnå en diversifikationsgevinst.

Ved sammenligning af volatilitets-niveauerne for spread ændringer kontra afkast blev der konstateret et væsentligt højere niveau af volatilitet i CDS Index. Tendensen var gældende på

tværs af alle tre index par og blev ligeledes observeret i perioden før finanskrisen. Den højere volatilitet i CDS Index er således ikke isoleret til højt volatile perioder. På trods af forskelle mellem de enkelte index par blev der yderligere fundet en global samvariation i volatilitetsforholdet mellem spread ændringer og afkast.

Analysen viste samtidig, at finanskrisen som udgangspunkt førte til højere volatilitet i CDS Index fra sommeren 2007, hvor der først skete en påvirkning i aktie index i efteråret 2008. At CDS Index dermed ser ud til at have inkorporeret den øgede risiko i markedet før aktie index, er i modstrid med empiriske undersøgelser der er udført før finanskrisen. De empiriske undersøgelser har tidligere vist, at aktie markedet ledte CDS markedet. Skiftet kan skyldes det øgede niveau af effektivitet på CDS markedet, som følge af den øgede volumen og likviditet samt den store andel af professionelle investorer på markedet.

Karakteristika i forhold til parametrene i estimering af volatilitet blev tillige analyseret for CDS Index og aktie index. Der blev konstateret en generel tendens til at CDS Index i højere grad konvergerer mod det langsigtede niveau for variansen. Ses der på de enkelte geografiske index par, angiver analysen, at både de amerikanske og europæiske CDS index er mere reaktive i forhold til de observerede markedsændringer end de respektive aktie index. Det modsatte var gældende for det japanske CDS Index, hvor aktie indekset havde de mest reaktive varians-estimer.

I forbindelse med forecast ligger alle tre CDS Index pt. under deres langsigtede niveau, mens det modsatte er gældende for de tre aktie index. Konvergensniveauet er her ultimativt bestemt af middelvariansen af den underliggende dataserie. Det meget høje niveau af volatilitet i CDS Index, der udsprang af finanskrisen, har derfor haft en stor indflydelse på det langsigtede niveau. Det er vores vurdering, at CDS markedet er på vej til en normalisering af niveauet, mens aktie index i en periode fortsat vil udvise et højt niveau af volatilitet. Dette er i tråd med den senere reaktion på finanskrisen for aktie index.

Den samlede analyse dokumenterer et meget højt niveau af volatilitet i CDS Index og samtidig viser CDS markedet tegn på et øget niveau af effektivitet der gør det interessant, at følge den fremtidige udvikling på markedet.

8 Litteraturliste

Bøger:

Alexander, Carol	Market Models John Wiley & Sons Ltd., 2001 - ISBN: 0-471-89975-5
Alexander, Carol	The Handbook of Risk Management and Analysis John Wiley & Sons Ltd., 1996 - ISBN: 0-471-95309-1
Butler, Cormac	Mastering Value at Risk Pearson Prentice Hall, 1999 - ISBN: 0-273-63752-5
Chaplin, Geoff	Credit Derivatives John Wiley & Sons Ltd., 2005 - ISBN: 0-470-02416-X
Dowd, Kevin	An introduction to market risk measurement John Wiley & Sons Ltd., 2002 - ISBN: 0-470-84748-4
Hansen, Bent William	Grundlæggende teoretisk statistik og praktiske anvendelser Faustus, 2005 – ISBN: 87-989427-8-6
Hull, John C.	Options, Futures, and other Derivatives (sixth edition) Pearson Prentice Hall, 2005 - ISBN: 0-13-149908-4
Kasapi, Andrew	Mastering Credit Derivatives Pearson Education Ltd., 1999 - ISBN: 0-273-63928-5
O’Kane, Dominic	Modelling Single-name and Multi-name Credit Derivative John Wiley & Sons Ltd., 2008 - ISBN: 0-470-51928-8
Wagner, Niklas	Credit Risk – Models, derivatives and management Chapman & Hall / CRC, 2008 - ISBN: 978-1-58488-994-6

Artikler og tidsskrifter:

Altman, Edward, m.fl.	The link between Default and Recovery Rates: Theory, Empirical Evidence and Implications Journal of Business – Vol. 78, no. 6 2005
Borio, Claudio	BIS Quarterly Review, Marts 2009 Bank for International Settlements -2. mar.2009
Brettell, Karen	CDR intros index to measure, hedge counterparty risk www.reuters.com – 17. jun. 2008
Bruche, Max, m.fl.	Recovery Rates, Default Probabilities and the Credit Cycle Centro de Estudios Monetarios y Financieros – 17. jun. 2008
Byström, Hans	Credit Default Swaps and Equity Prices: The iTraxx CDS Index Market Department of Economics, Lund University – 10. maj 2005
Fung, Hung-Gay, m.fl.	Are the U.S. Stock Market and Credit Default Swap Market Related? The Journal of Alternative Investments - Summer 2008
Hessel, Christopher m.fl.	Changes in Volatility of Credit Spread and Market Efficiency During - Rapid Growth of Credit Related Securities Department of Economics and Finance, Zicklin School of Business – jun. 2006
J.P. Morgan/Reuters	RiskMetrics™ - Technical Document Fourth Edition – 17. dec. 1996
McAdie, Robert	European Credit Alpha Barclays Capital, European Credit Research – 3. apr. 2009
Onaran, Yalman	Fed Aided Bear Stearns as Firm Faced Chapter 11 www.bloomberg.com - 2. apr. 2008
Raahauge, Peter	Noter fra faget Financial Models in Excel (Cand.Merc) Lektion 7, F65 - 2005
Thomsen, Jens	Kvartalsoversigt 2. kvartal 2006 Danmarks Nationalbank – 7. jun. 2006
Thomsen, Jens	Kvartalsoversigt 3. kvartal 2006 Danmarks Nationalbank – 19. sep. 2006

Øvrige kilder:

Websider:

www.bis.org/statistics/derstats.htm

www.bloomberg.com

www.creditfixings.com

www.creditresearch.com

www.dtcc.com/products/derivserv

www.indexco.com

www.nni.nikkei.co.jp

www.standardandpoors.com

www.stoxx.com

Datakilder:

Bloomberg

Bilag

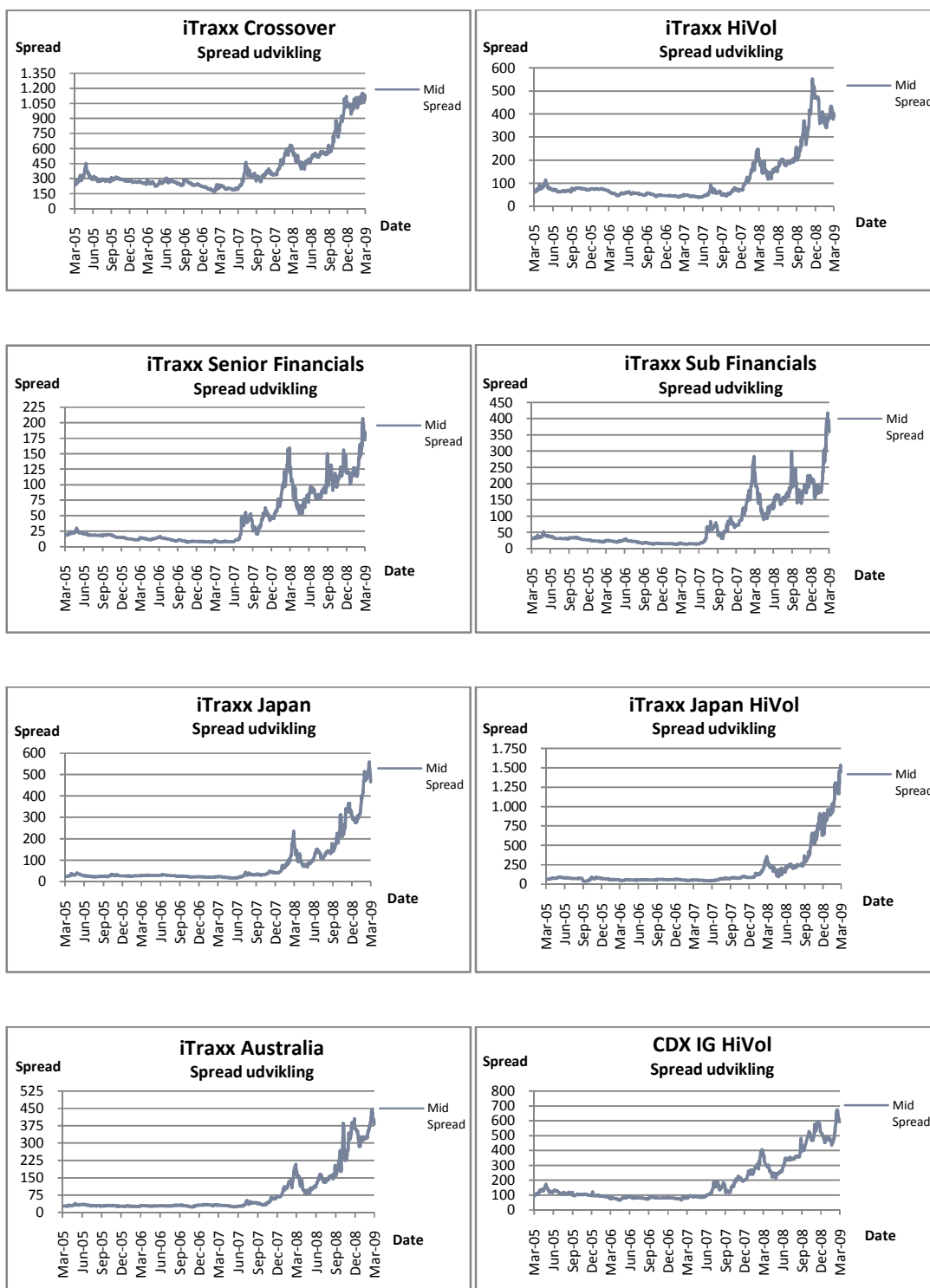
9.1 Tabel: Stamdata på CDS Index

	CDS Index	Description	# Ref. Assets	Matu- rities	Curr	Quote	Bloomberg Generic ticker	Data quality	Chosen
Europe	iTraxx Europe	Investment grade	125	3, 5, 7, 10	EUR	Spread	ITRXEBE Index		X
	iTraxx Non Financials	Non Financials	100	5, 10	EUR	Spread	ITRXEFE Index	Poor datahistory	
	iTraxx Senior Financials	Senior Financials	25	5, 10	EUR	Spread	ITRXESE Index		X
	iTraxx Sub Financials	Subordinated Financials	25	5, 10	EUR	Spread	ITRXEUE Index		X
	iTraxx Crossover	Sub-investment grade	50	3, 5, 7, 10	EUR	Spread	ITRXEXE Index		X
	iTraxx High Volatility	Names in iTraxx Europe with high volatility	30	3, 5, 7, 10	EUR	Spread	ITRXEHE Index		X
USA	CDX IG	Investment grade	125	1, 2, 3, 5, 7, 10	USD	Spread	IBOXUMAE Index		X
	CDX IG High Volatility	Names in IG with high volatility	30	5	USD	Spread	IBOXUHVE Index		X
	CDX HY	Non-investment grade	100	5	USD	Price			
	CDX HY B	Non-investment grade B rating	35	5	USD	Price			
	CDX HY BB	Non-investment grade BB rating	35	5	USD	Price			
	CDX XO	Sub-investment grade	35	3, 5, 7, 10	USD	Spread	IBOXUXAE Index	Poor datahistory	
	CDX EM	Emerging Markets (Sovereign)	14	5	USD	Price			
	CDX EM Div	Emerging Markets Diversified (Sov & Corp)	40	5	USD	Price			
Asia	iTraxx Japan	Investment grade	50	3, 5, 10	JPY	Spread	ITRXAJE Index		X
	iTraxx Japan High Volatility	Names in Japan with high volatility	25	5	JPY	Spread	ITRXJHE Index		X
	iTraxx Japan 80	Japan	80	5	JPY	Spread	ITRXJIE Index	Only data from 07-09	
	iTraxx Asia ex-Japan	Asia ex-Japan	70	5	USD	Spread	ITRXAEE Index	Poor datahistory	
	iTraxx Asia ex-Japan IG	Investment grade	50	5	USD	Spread	ITRXAGE Index	Only data from 07-09	
	iTraxx Asia ex-Japan HY	Non-investment grade	20	5	USD	Spread	ITRXAYE Index	Only data from 07-09	
	iTraxx Australia	Australia	25	5, 10	USD	Spread	ITRXAAE Index		X

9.2 Tabel: Stamdata på aktie index

	Equity Index	Description	# Ref. Assets	Curr.	Bloomberg ticker
Europe	Euro Stoxx 50	Leading equity index for equities in the Eurozone	50	EUR	SX5E Index
USA	S&P 500	Leading equity index for U.S. equities	500	USD	SPX Index
Asia	Nikkei 225	Leading equity index for Japanese equities	225	YEN	NKY Index

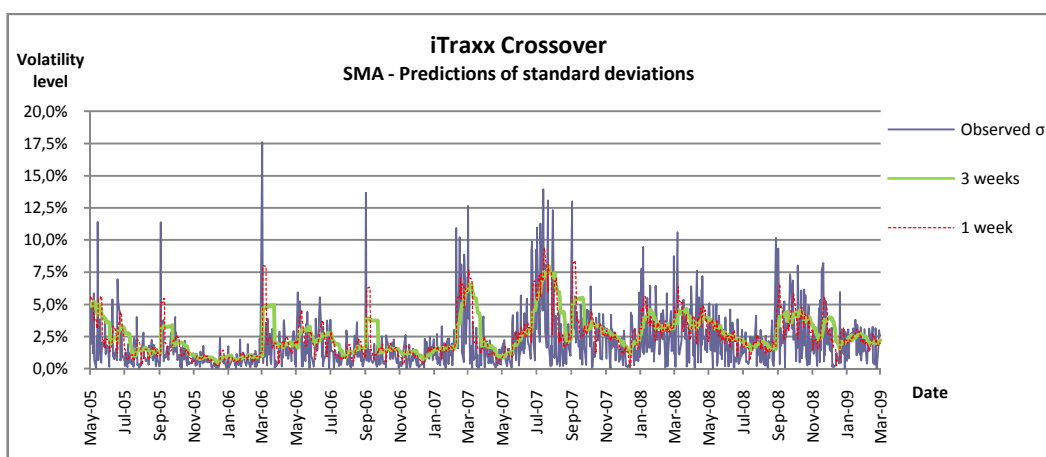
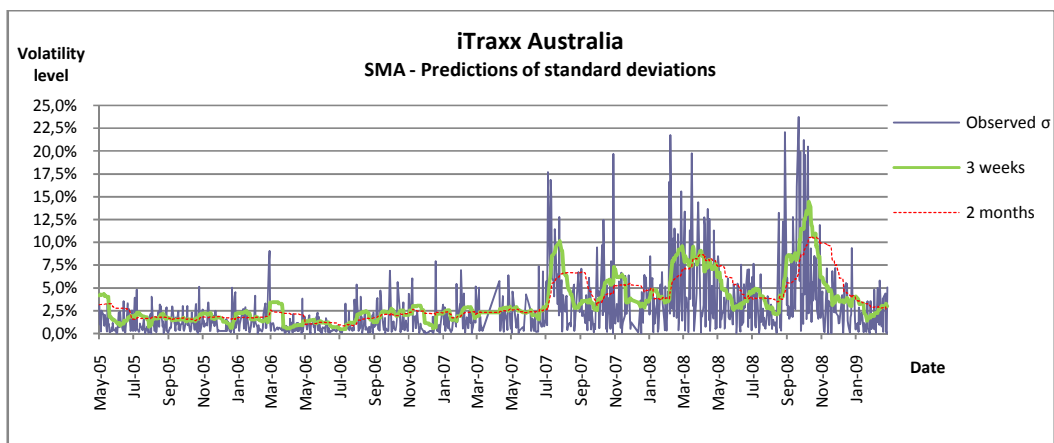
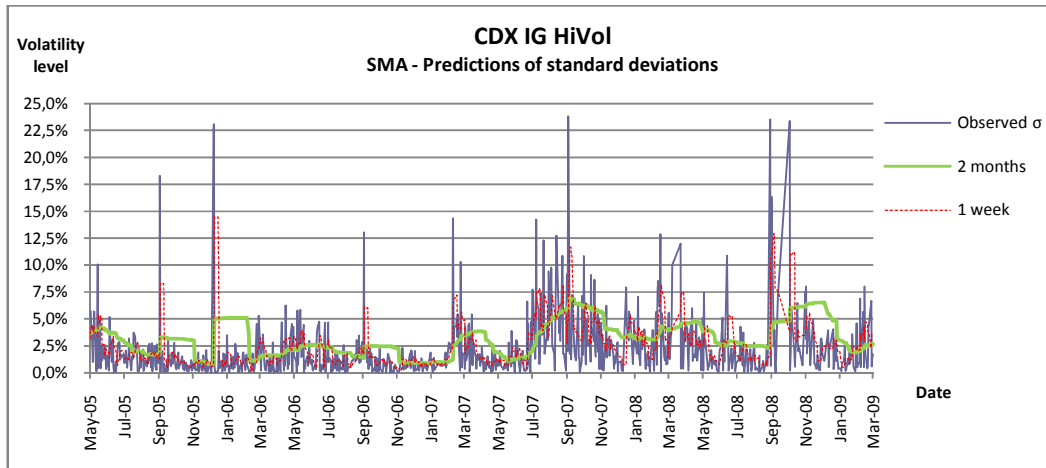
9.3 Figur: Udvikling i CDS Index spreads 2005-2009

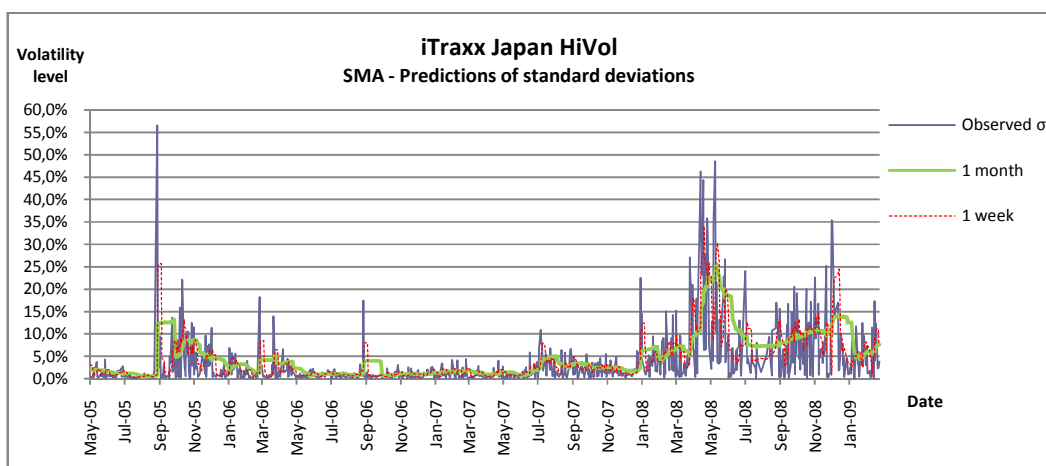
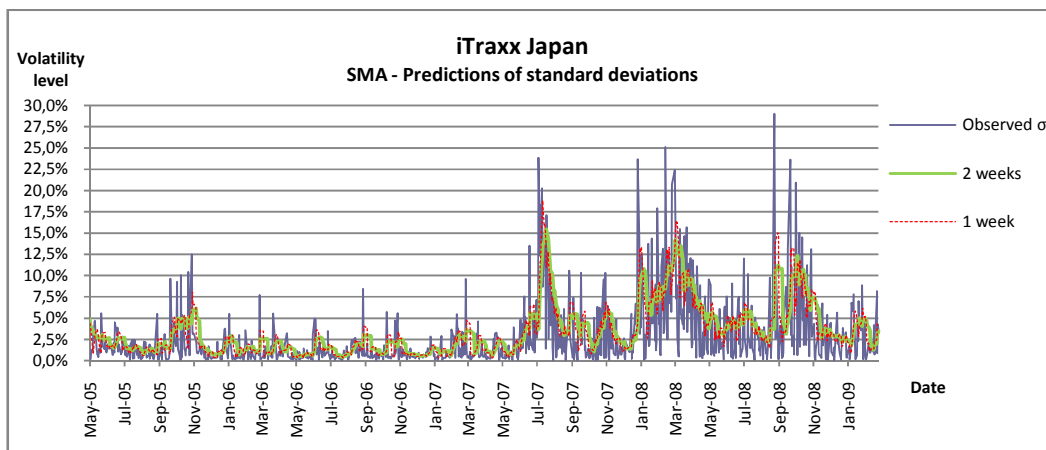
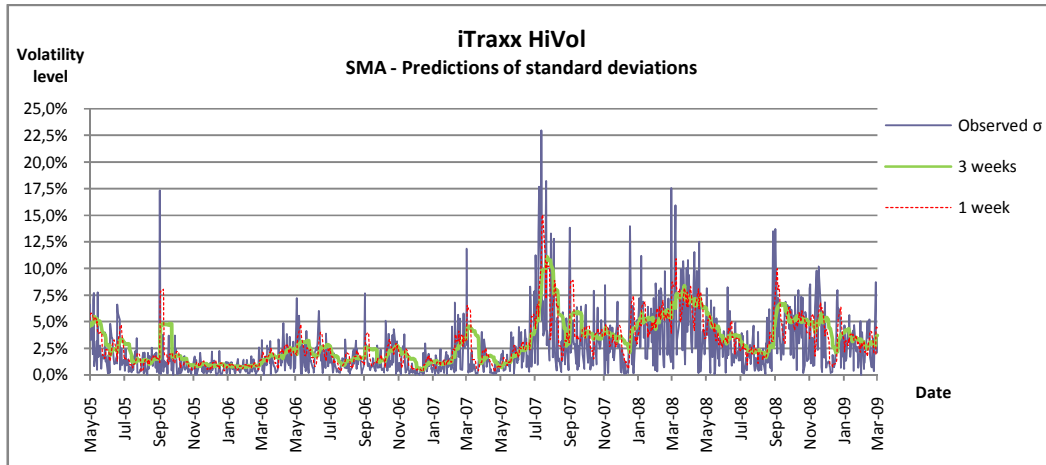


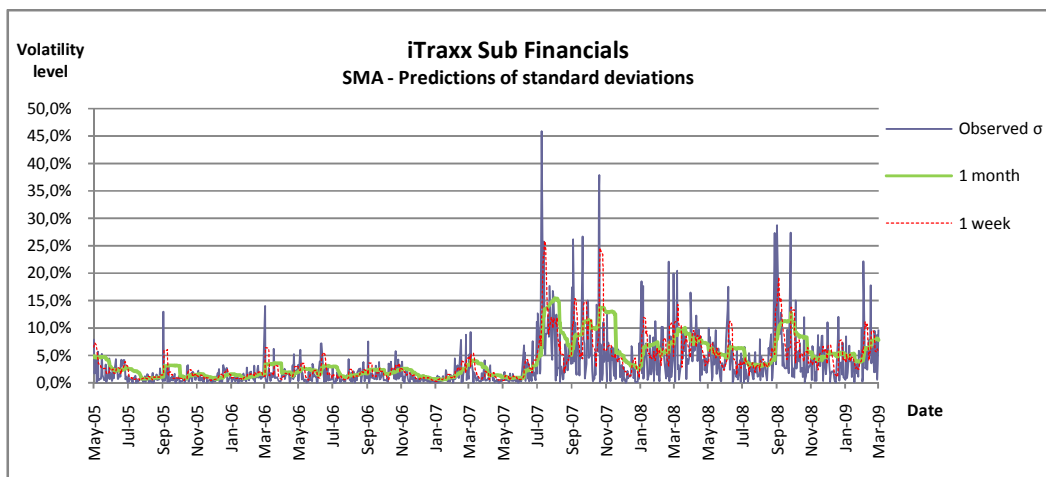
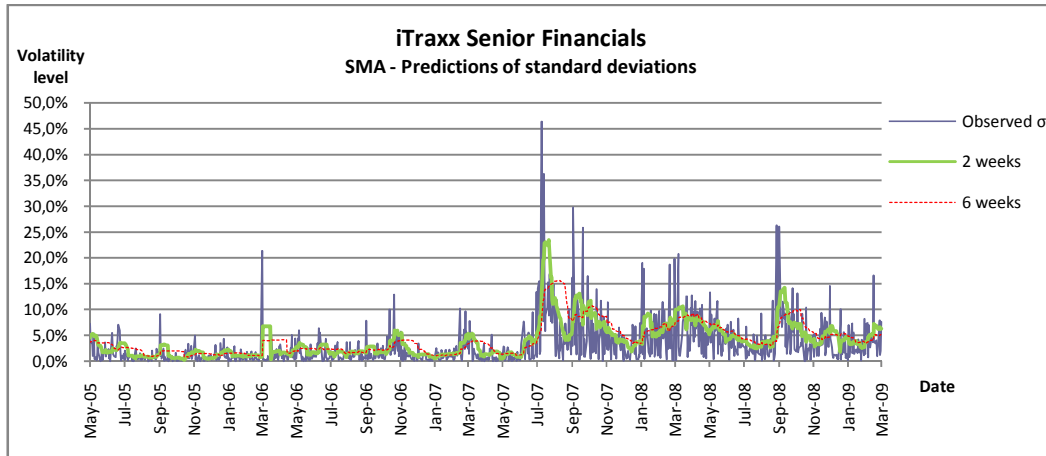
9.4 Tabel: Udvikling i CDS Index spreads 2005-2009

	Mar-05	Mar-06	Mar-07	Mar-08	Mar-09
iTraxx Europe	37,13	35,99	25,75	132,10	184,59
iTraxx HiVol	62,63	65,92	51,56	209,56	390,05
iTraxx Crossover	238,00	289,80	241,38	592,75	1.105,27
iTraxx Senior Financials	18,88	14,08	10,25	129,46	172,63
iTraxx Sub Financials	29,25	24,74	17,63	233,82	359,11
CDX IG	45,03	38,06	36,65	159,75	229,31
CDX IG HiVol	92,02	75,63	84,39	376,60	593,66
iTraxx Japan	23,17	26,46	23,06	146,50	466,97
iTraxx Japan HiVol	68,50	50,50	58,38	308,81	1.447,92
iTraxx Australia	28,50	27,33	30,54	178,90	382,42
Average	64,31	64,85	57,96	246,83	533,19

9.5 Figur: SMA volatilitts-estimer



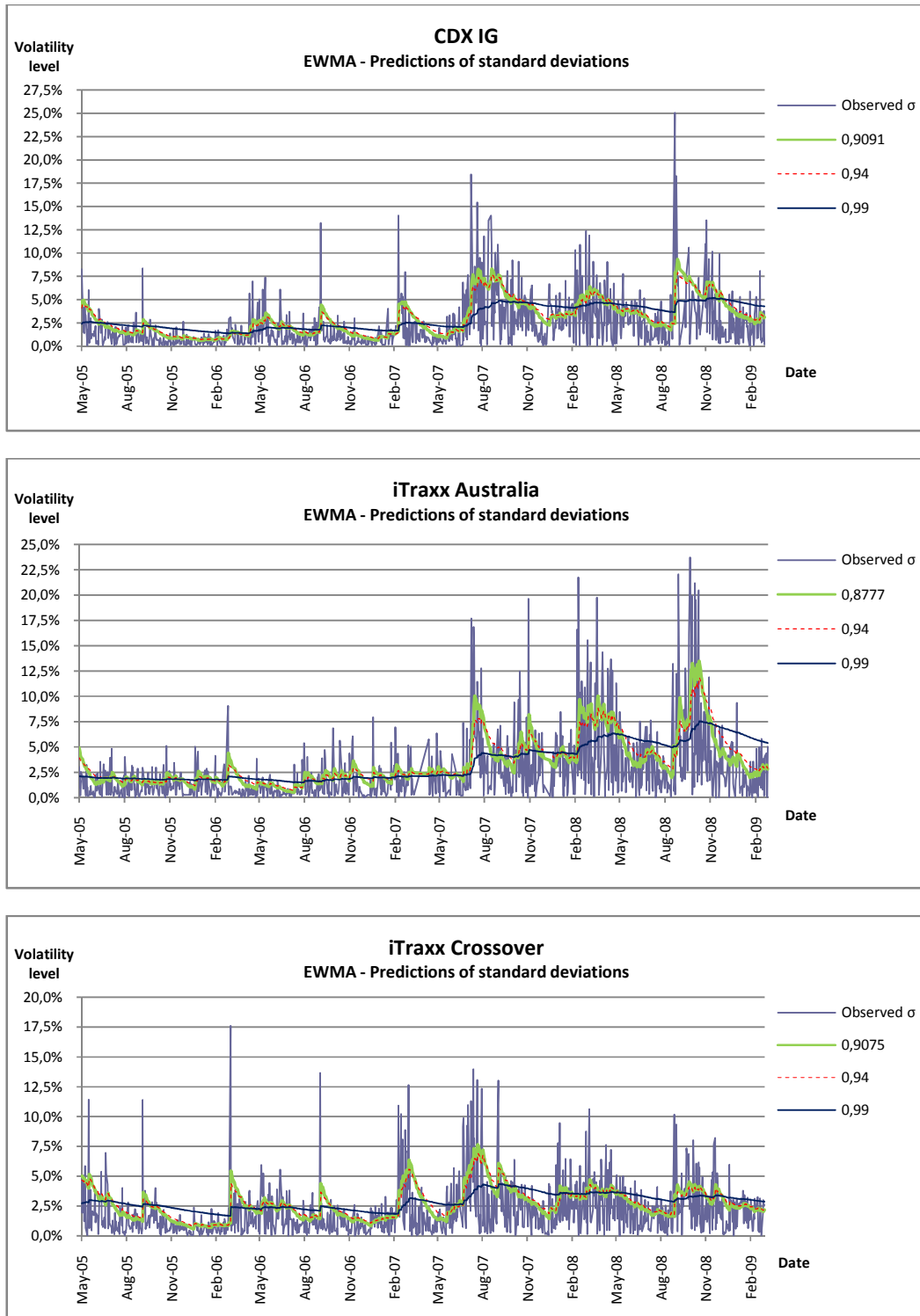


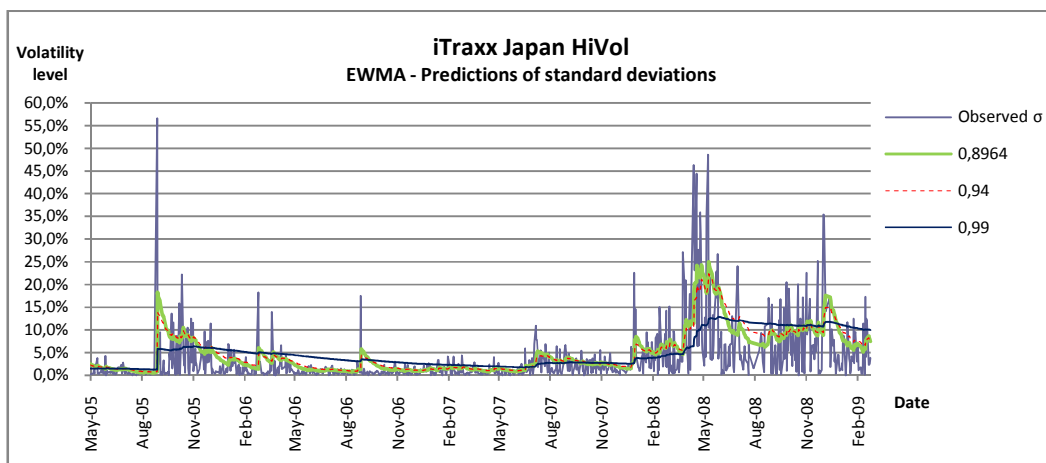
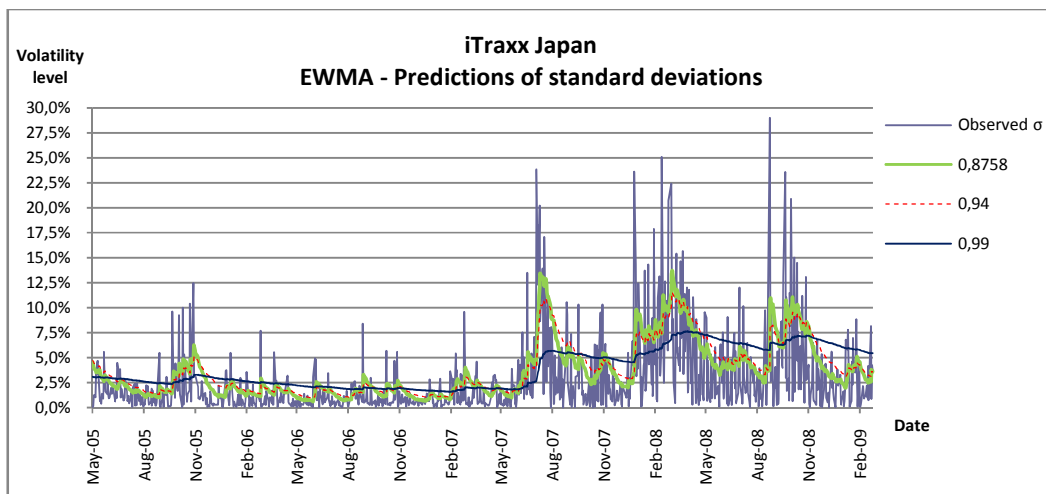
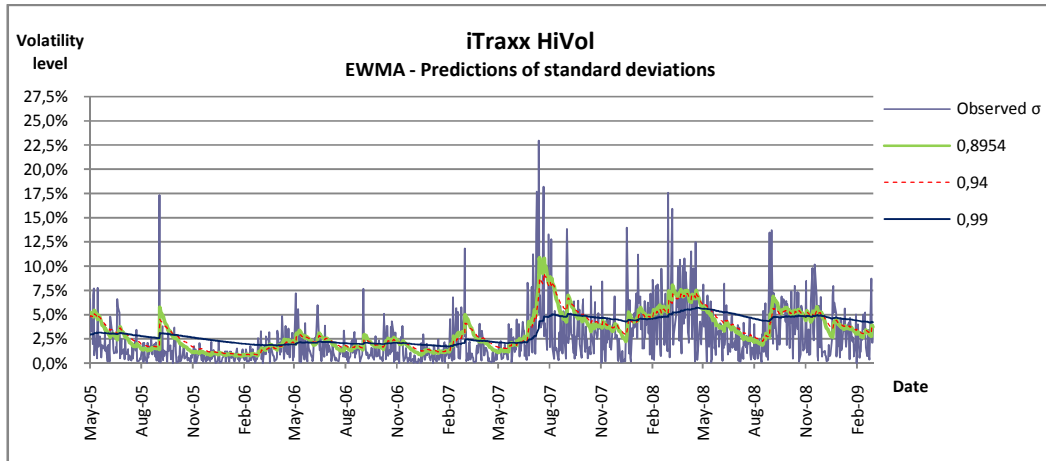


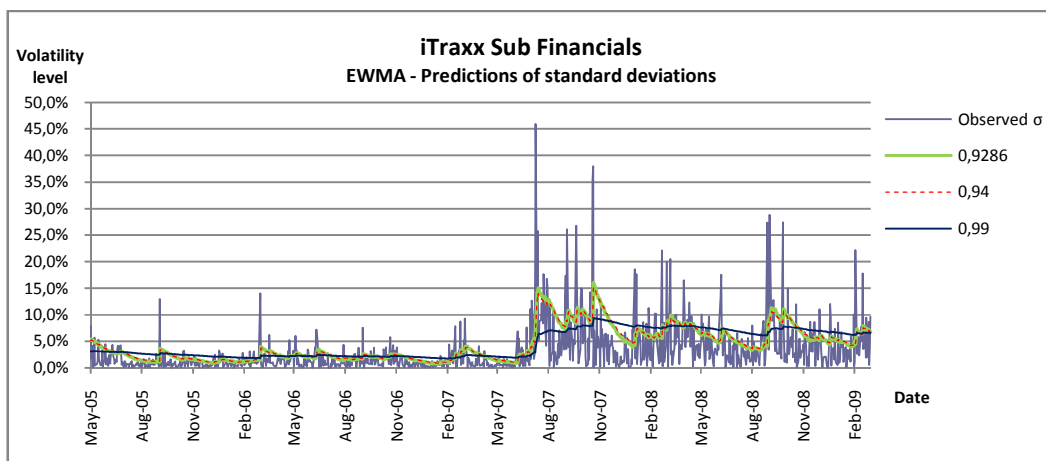
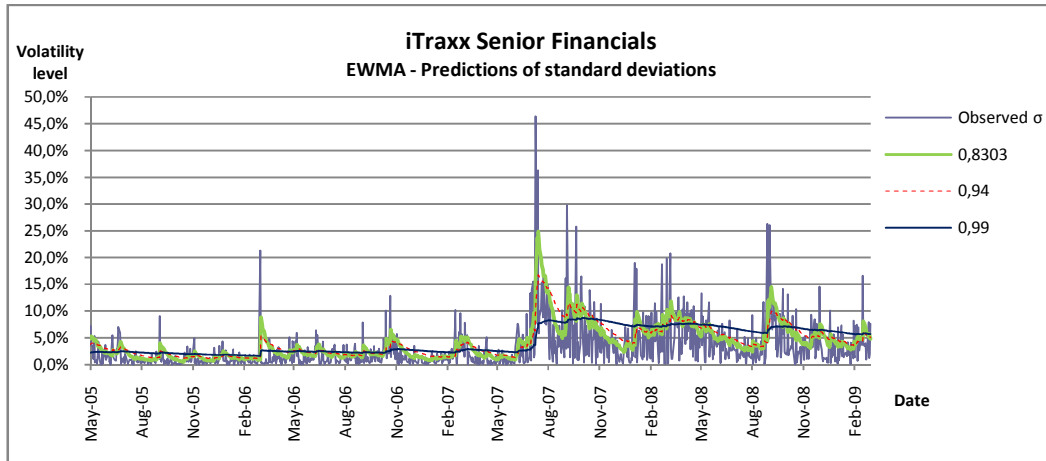
9.6 Tabel: EWMA - Rangering af udvalgte λ -værdier

Ranking	λ		
	0,91	0,94	0,99
1	8	0	0
2	0	0	0
3	0	1	0
4	1	8	0
5	0	1	0
6	0	0	1
7	0	0	0
8	0	0	0
9	1	0	9

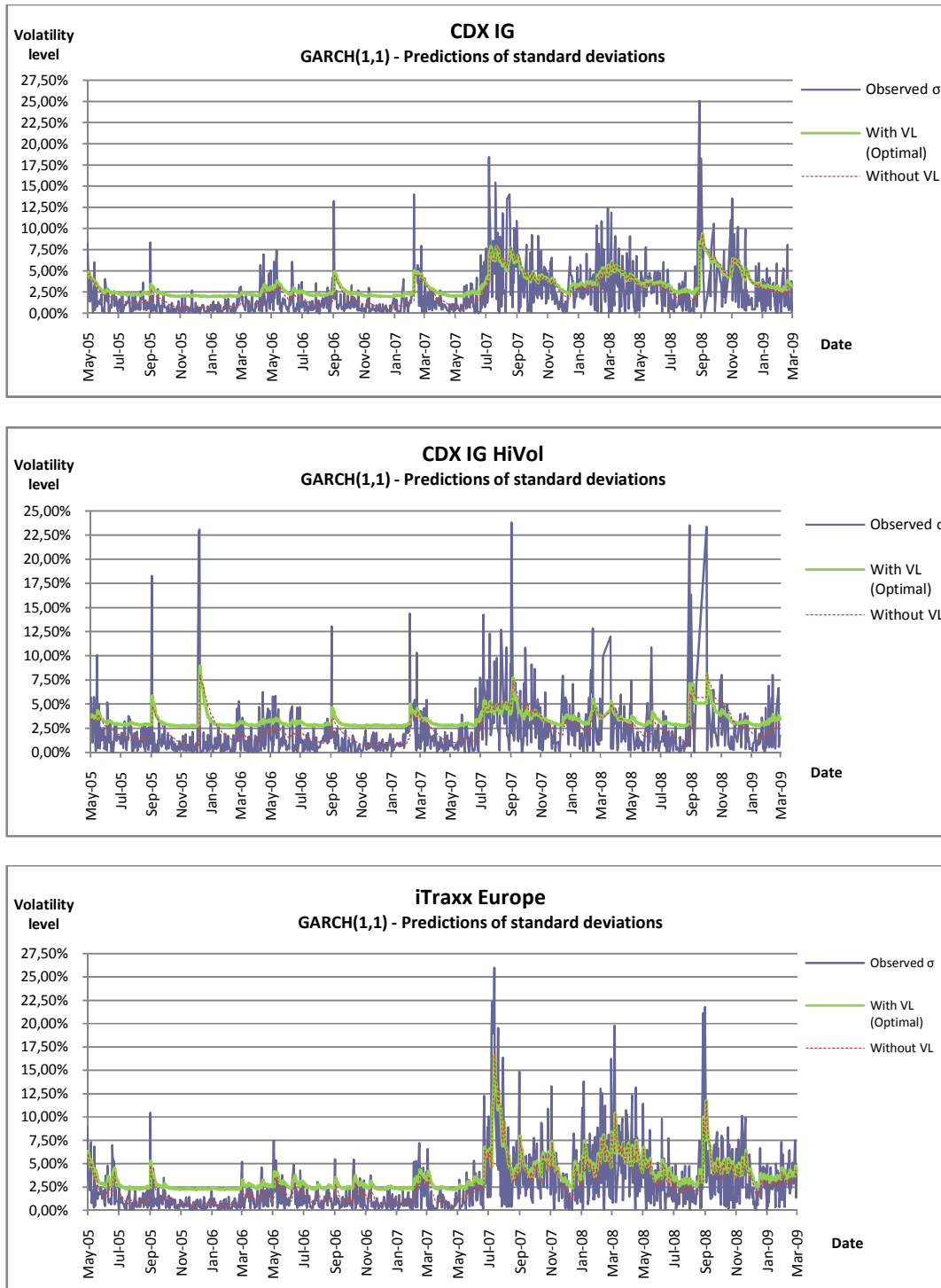
9.7 Figur: EWMA volatilittets-estimer

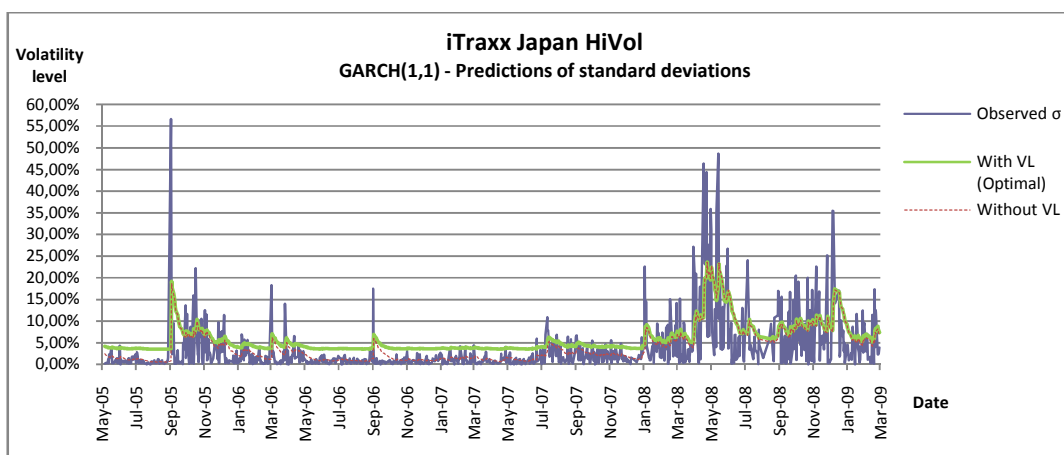
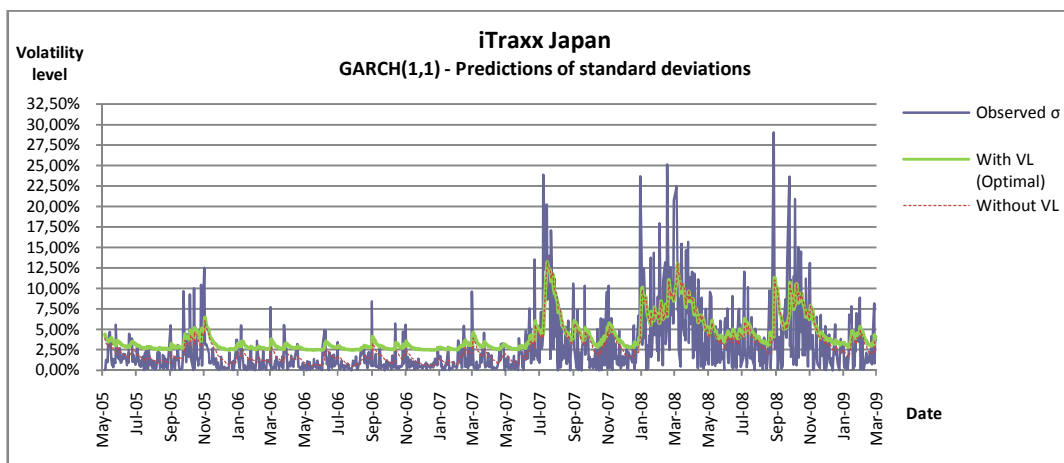
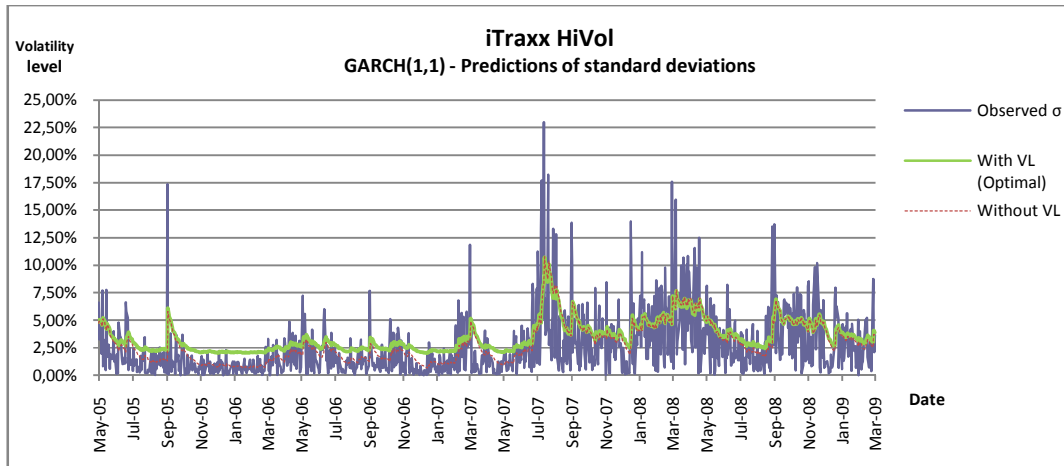


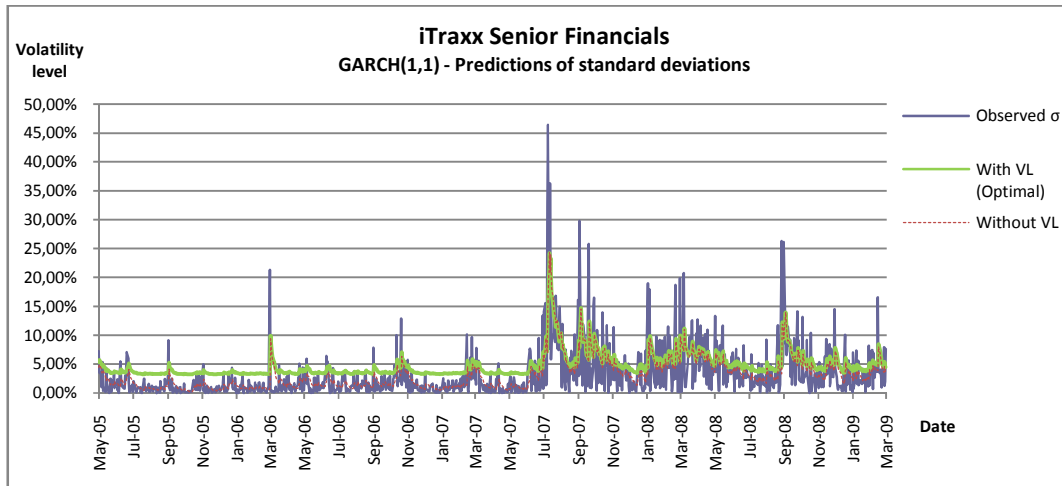




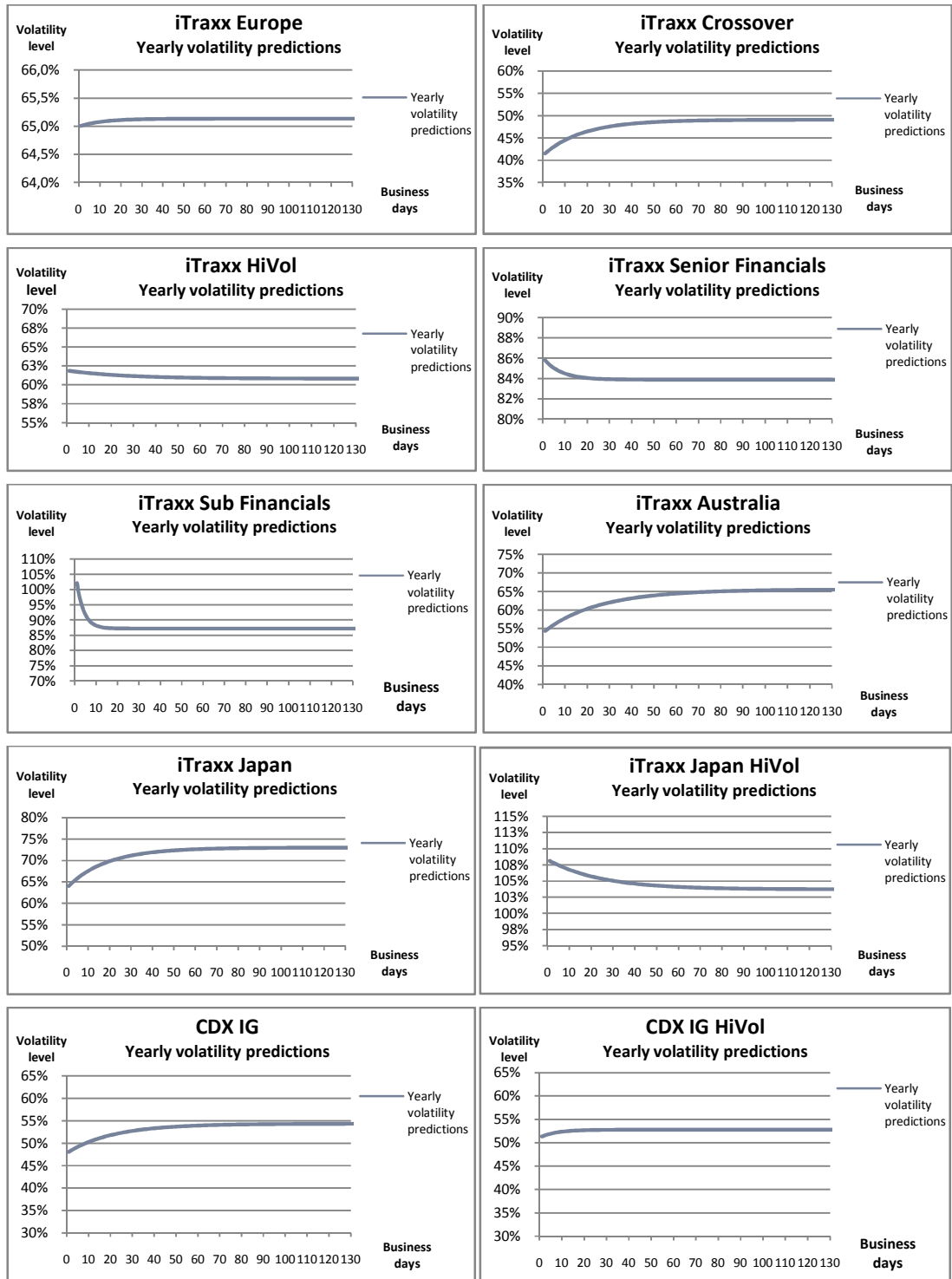
9.8 Figur: GARCH(1,1) volatilitets-estimer







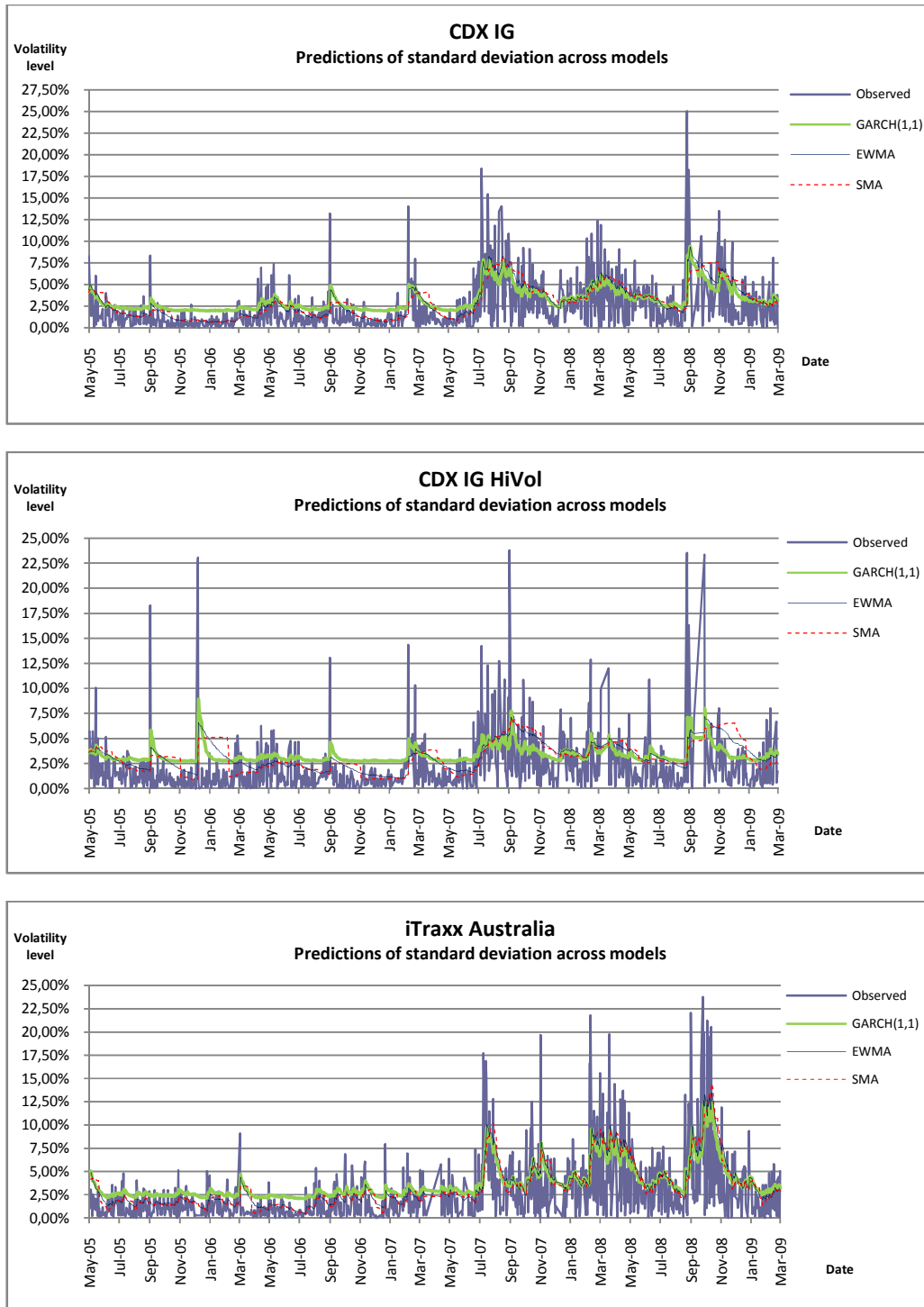
9.9 Figur: GARCH(1,1) volatilitets-forecast

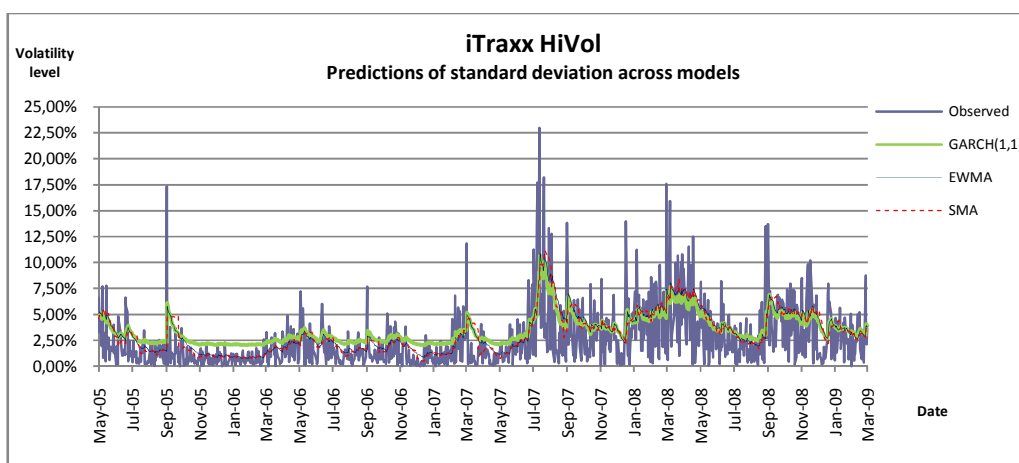
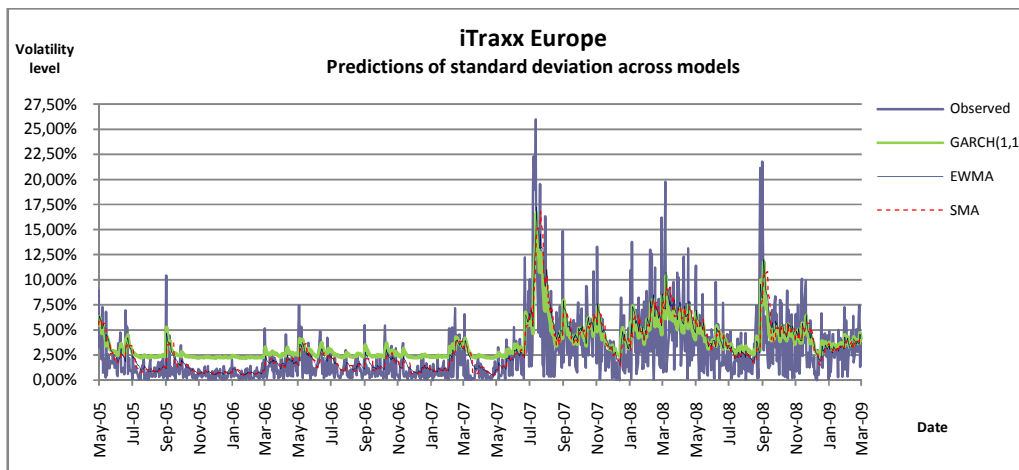
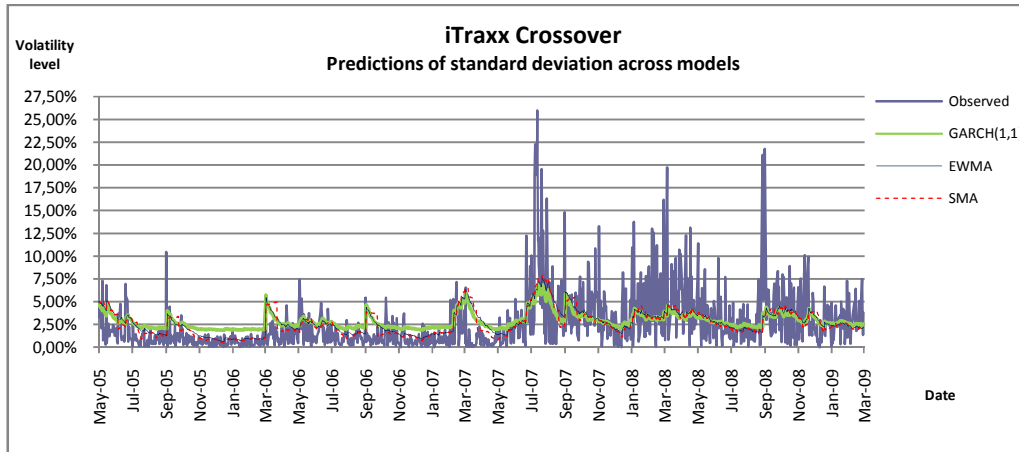


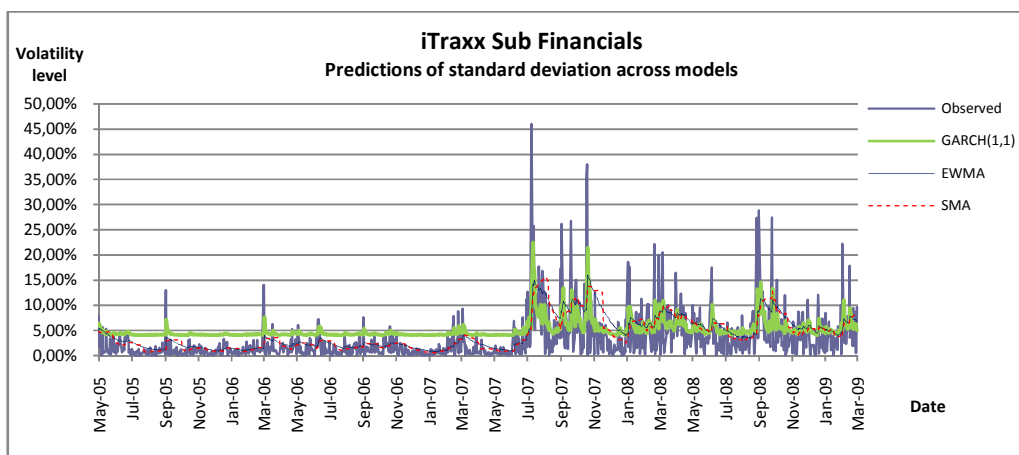
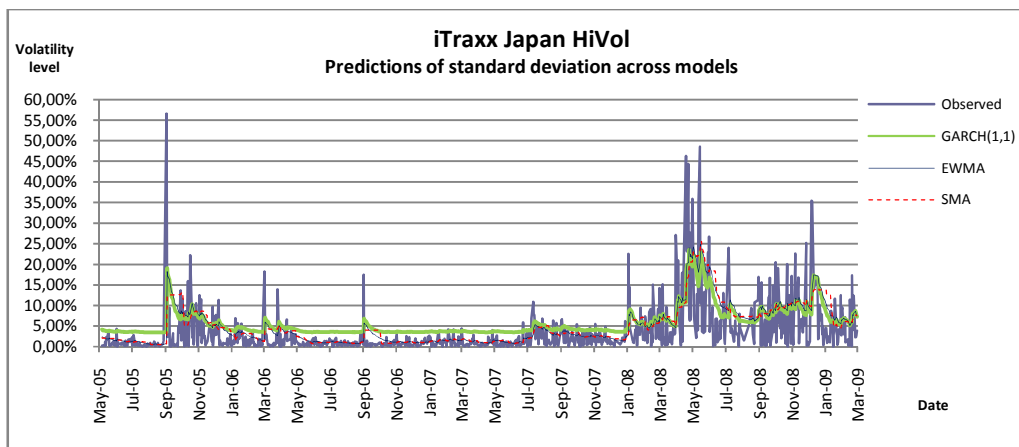
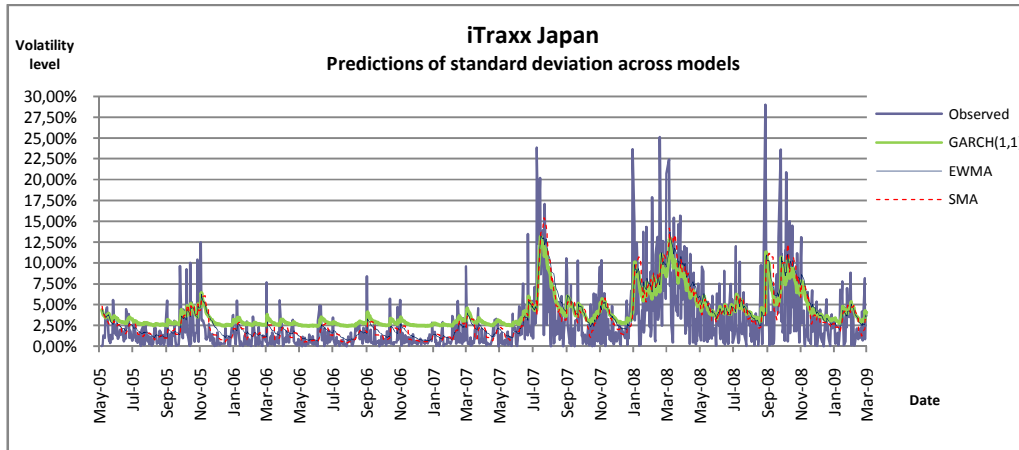
9.10 Tabel: Sammenligning af volatilitets-modeller

CDS Index	SMA Optimal time period	SMA # days	EWMA Optimal λ	V_L	GARCH (1,1) weight on α	GARCH (1,1) weight on β	GARCH (1,1) weight on γ	Model with lowest RMSE	% improve- ment SMA to EWMA	% improve- ment EWMA to GARCH (1,1)
iTraxx Europe	2 weeks	10	0,8082	65,14%	0,2047	0,7101	0,0852	Garch(1,1)	2,79%	1,50%
iTraxx Senior Fin.	2 weeks	10	0,8303	83,90%	0,1928	0,6848	0,1223	Garch(1,1)	3,07%	1,88%
iTraxx Sub Fin.	1 month	21	0,9286	87,25%	0,2050	0,5249	0,2701	Garch(1,1)	1,28%	1,41%
iTraxx Crossover	3 weeks	15	0,9075	49,10%	0,0918	0,8565	0,0517	Garch(1,1)	0,52%	0,96%
iTraxx HiVol	3 weeks	15	0,8954	60,80%	0,1068	0,8549	0,0382	Garch(1,1)	1,09%	0,73%
CDX IG	6 weeks	30	0,9091	54,31%	0,1000	0,8557	0,0443	Garch(1,1)	1,37%	0,74%
CDX IG HiVol	2 month	42	0,9592	52,76%	0,0771	0,7971	0,1258	Garch(1,1)	1,01%	1,00%
iTraxx Japan	2 weeks	10	0,8758	72,98%	0,1347	0,8144	0,0510	Garch(1,1)	1,53%	0,89%
iTraxx Japan HiVol	1 month	21	0,8964	103,72%	0,1099	0,8492	0,0409	Garch(1,1)	0,61%	0,73%
iTraxx Australia	3 weeks	15	0,8777	65,61%	0,1210	0,8421	0,0369	Garch(1,1)	0,61%	0,74%
Average		18,9	0,8888	69,56%	0,1344	0,7790	0,0866		1,39%	1,06%

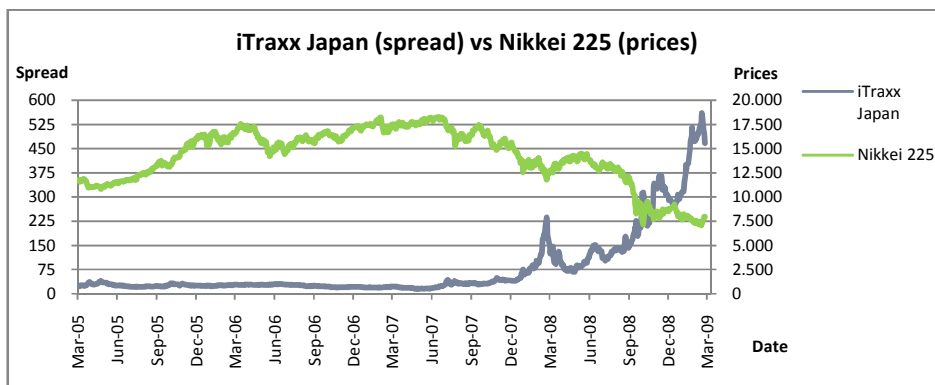
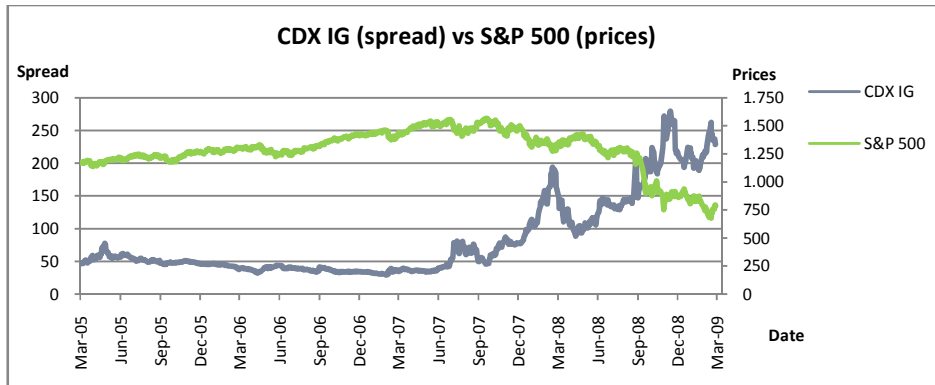
9.11 Figur: Sammenligning af volatilitets-modeller



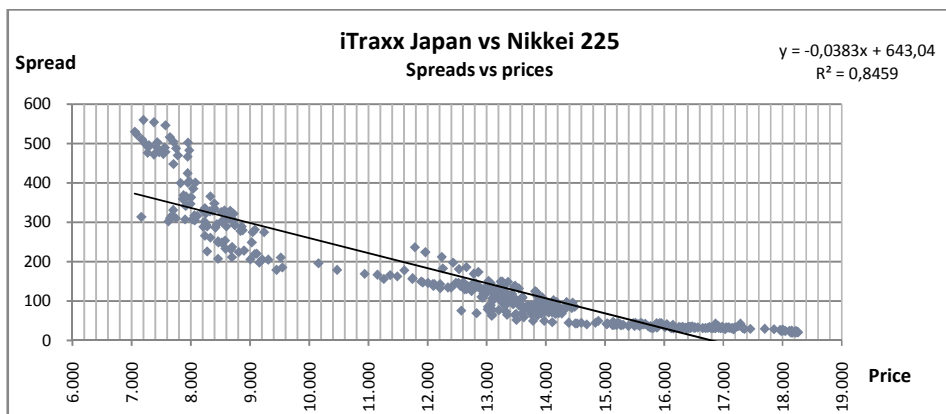
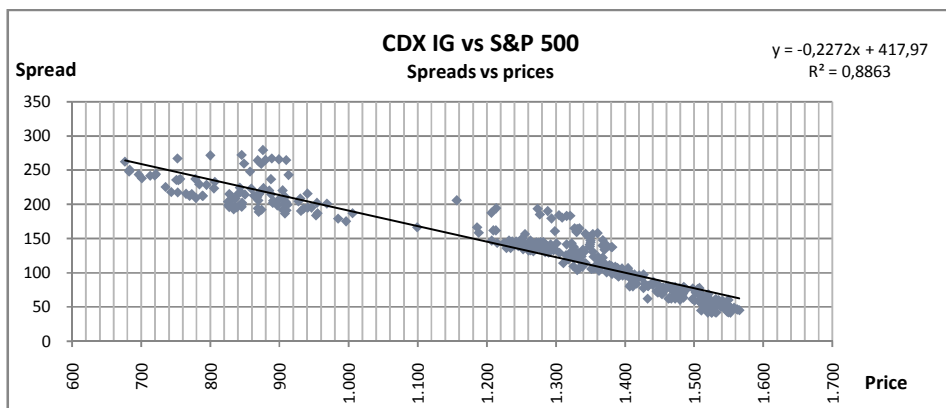
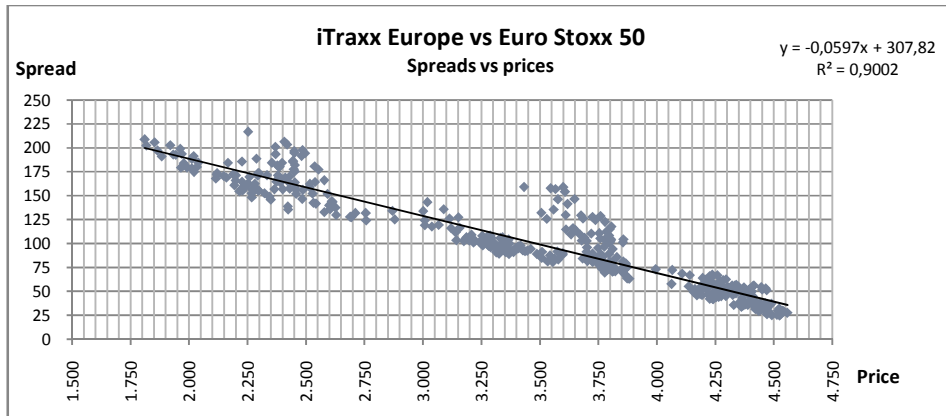




9.12 Figur: CDS Index spread vs aktie index priser



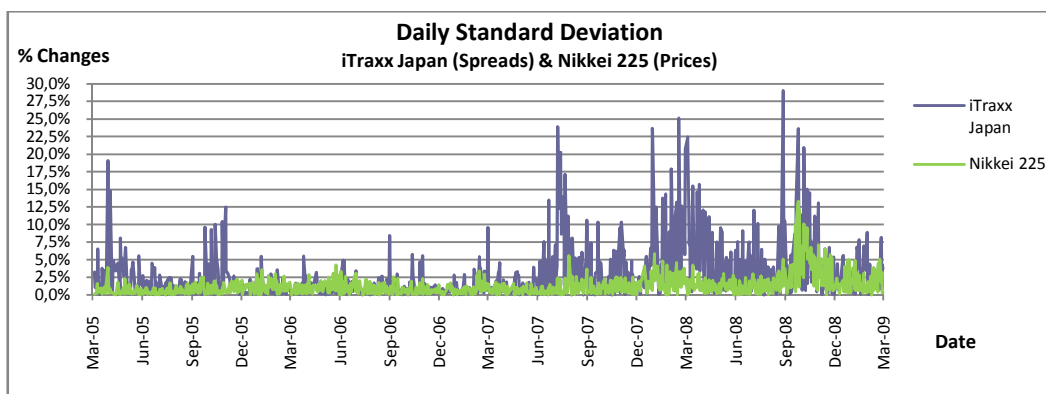
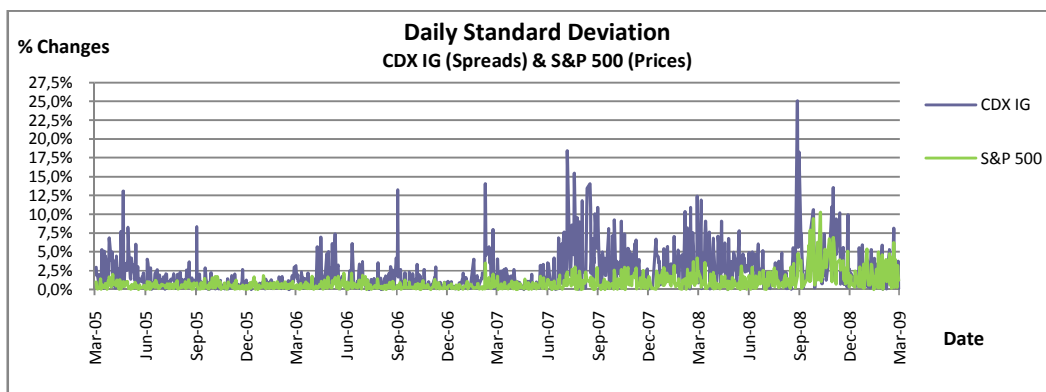
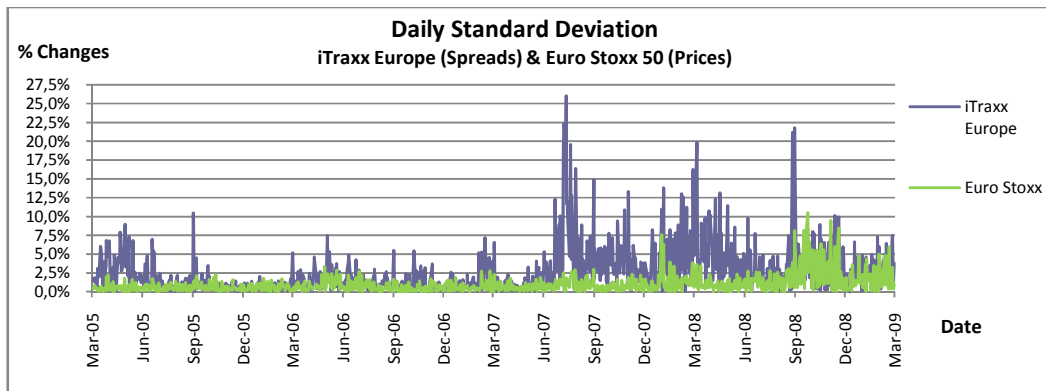
9.13 Figur: Spreads vs priser - Scatterplot



9.14 Tabel: Årlig volatilitet for udvalgte perioder

Period		iTraxx Europe	Euro Stoxx 50	CDX IG	S&P 500	iTraxx Japan	Nikkei 225
Mar-05	Sep-05	48,44%	11,12%	42,26%	10,39%	51,97%	12,44%
Sep-05	Mar-06	21,86%	12,26%	18,23%	10,13%	44,33%	20,90%
Mar-06	Sep-06	31,95%	17,20%	31,59%	11,30%	24,67%	20,39%
Sep-06	Mar-07	31,95%	13,01%	40,35%	9,89%	27,64%	15,04%
Mar-07	Sep-07	31,95%	17,52%	72,99%	15,73%	89,43%	18,18%
Sep-07	Mar-08	31,95%	24,43%	65,01%	21,53%	101,52%	29,13%
Mar-08	Sep-08	31,95%	24,42%	72,28%	23,50%	103,81%	24,71%
Sep-08	Mar-09	31,95%	51,64%	66,16%	57,25%	87,07%	60,27%

9.15 Figur: CDS Index vs aktie index – Daglig standardafvigelse



9.16 Figur: GARCH(1,1) volatilitets-forecast CDS Index vs aktie index

