

Hedging med fraktfutures på Imarex

- en empirisk studie av optimale minimum
varians hedgeratioer i shippingindustrien

av
Henrik Lund

Selvstendig arbeid innen masterstudiet i økonomi og administrasjon,
hovedprofil Finansiell Økonomi
Veileder: Professor Petter Bjerksund

Dette selvstendige arbeidet er gjennomført som ledd i masterstudiet i økonomi- og administrasjon ved Norges Handelshøyskole og godkjent som sådan. Godkjenningen innebærer ikke at Høyskolen innestår for de metoder som er anvendt, de resultater som er fremkommet eller de konklusjoner som er trukket i arbeidet

Sammendrag

I oppgaven benyttes minimum varians hedgeratioer for å finne hedgeeffektiviteten til fem futurekontrakter tradet på Imarex. To av rutene, TD3 og TD7, er innenfor tanksegmentet i shipping. De andre tre, C4, CS 4 TC og PM 4 TC, er innenfor tørrbolksegmentet. Den klassiske lineære regresjonsmodellen (CLRM) benyttes for å konstruere de konstante hedgeratioene. Diagnosetesten utført på residualene til CLRM påviser tilstedeværelsen av autokorrelasjon og heteroskedastisitet i varierende grad for alle ruter. I tanksegmentet benyttes dermed en VAR-BEKK-modell, mens det i tørrbolksegmentet benyttes en ren BEKK-modell for å kompensere for autokorrelasjonen og heteroskedastisiteten. Hedgeeffektiviteten ligger i intervallet 25,9 til 47,25 prosent i in sample-testen og 24,04 til 56,77 prosent i out of sample-testen. De dynamiske hedgeratioene gjør det best i tørrbolksegmentet, mens de konstante hedgeratioene gjør det best i tanksegmentet. Forskjellen mellom hedgeeffektiviteten oppnådd i de forskjellige hedgemodellene er minimal. I in sample-testen utgjør forskjellen i hedgeeffektivitet fra beste modell i gjennomsnitt 1,77 prosent, 1,30 prosent når de to største og minste differansene fjernes. Den marginale forskjellen mellom konstante og dynamiske hedgeratioer kan i stor grad tilskrives de dynamiske hedgemodellenes sin manglende evne til å predikere fremtidig varians-kovarians-matrise.

Imarex-futurene har en høyere hedgeeffektivitet enn BIFFEX-futurene, men en lavere hedgeeffektivitet oppnådd i andre futuremarkeder. Men når oljeinntekter og fraktkostnader, som til sammen utgjør en kontantstrøm, hedges simultant, vises det at fraktfuturene er mer effektive enn hva hedgeeffektiviteten gir dem anerkjennelse for. Årsaken er at fraktratene er særdeles volatile, og følgelig bidrar til en stor andel av den totale risikoen til en kontantstrøm. En moderat reduksjon av fraktraterisikoen bidrar totalt sett til en stor andel av kontantstrømmens totale risikoreduksjon.

Forord

Denne masteroppgaven markerer den definitive slutten på et 5-årig studium. Masteroppgaven har blitt skrevet over en lengre periode, hvor den siste delen har blitt fullført parallelt med jobb.

I starten var hensikten kun å finne hedgeeffektiviteten til fraktfuturene tradet på Imarex. Dette er fortsatt hovedfokuset i oppgaven, men i løpet av skriveprosessen åpnet det seg nye spørsmål samtidig som jeg tilegnet meg mer kunnskap. Dette førte til at oppgaven ble mer omfattende enn tenkt i utgangspunktet. I ettertid ser jeg på dette som utelukkende positivt. Jeg har tilegnet meg mer kunnskap, og oppgaven holder en høyere kvalitet enn om jeg hadde begrenset omfanget av oppgaven.

Jeg vil avslutningsvis rette en takk til Imarex, Baltic Exchange og World Scale Association for å forsyne meg med datamaterialet. Til Erlend Engelstad i Imarex for nyttige diskusjoner i startprosessen. Til Petter Bjerksund for konstruktive innspill og diskusjoner underveis.

Helt til slutt vil jeg takke Norges Handelshøyskole for en fantastisk studietid. Mange av mine beste minner er knyttet til denne skolen og mulighetene den ga. Takk.



Henrik Lund

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	2
Forord.....	3
Liste over grafer	6
Liste over tabeller.....	7
1. Introduksjon	8
1.1 Formål med oppgaven.....	9
1.2 Oppbygging av oppgaven	9
1.3 Lignende undersøkelser.....	10
2. Bulkshipping	13
2.1 De fire shippingmarkedene	14
2.1.1 Fraktmarkedet	14
2.1.2 Annenhåndsmarkedet	15
2.1.3 Nybyggingsmarkedet	15
2.1.4 Skrapingsmarkedet	15
2.2 Tilbud og etterspørsel.....	16
2.2.1 Etterspørsel.....	16
2.2.2 Tilbud	17
2.3 Fraktratene	18
2.3.1 Tilbudskurven	18
2.3.2 Etterspørselskurven	19
2.3.3 Likevekt.....	19
2.4 Sentrale aktører i shippingbransjen.....	23
2.4.1 Baltic Exchange	23
2.4.2 International Maritime Exchange (Imarex).....	24
2.4.3 BIFFEX	25
2.5 Praktisk eksempel med Imarex-futures	26
3. Introduksjon til forward- og futuremarkeder	28
3.1 Forward- og futurekontrakter	28
3.1.1 Prising av futurekontrakter	29
3.2 Hedging med fraktderivater	32
3.2.1 Basisrisiko	32
3.2.2 Hedgeratio	33
3.2.3 Minimum varians hedgeratioen.....	34
3.2.4 Hedgeeffektivitet	36
4. Statistiske modeller og hedging	38
4.1 Lineær regresjon og hedging	38
4.2 Forutsetninger CLRM.....	41
4.2.1 Forutsetning 1.....	41
4.2.2 Forutsetning 2.....	41
4.2.3 Forutsetning 3.....	42
4.2.4 Forutsetning 4.....	44
4.2.5 Forutsetning 5.....	44

4.3 Forbedringer til den klassiske lineære regresjonsmodellen	45
4.3.1 Stasjonærhet og unit root-testing	45
4.3.2 Kointegrasjon	46
4.3.3 Univariate og multivariate tidsseriemodeller	46
4.3.4 Vector Autoregressive modeller (VAR)	48
4.3.5 Vector Error Correction Models (VECM).....	49
4.3.6 Johansen test for kointegrasjon.....	50
4.4 ARCH- og GARCH-modeller.....	51
4.4.1 ARCH - Autoregressive Conditional Heteroskedastic.....	52
4.4.2 GARCH - Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedastic	53
4.4.3 Multivariate GARCH	54
4.4.4 Estimering av GARCH-modeller	57
4.5 Dynamiske hedgeratioer	58
5. Analyse	59
5.1 Datasettet og forutsetninger	59
5.1.1 Egenskaper til rutene i normalform.....	61
5.1.2 Egenskaper til rutene endringsform	63
5.2 Konstant hedgeratio	64
5.2.1 Diagnose test på residualer til CLRM	66
5.3 Hedging med dynamiske hedgeratioer.....	69
5.3.1 Valg av modell.....	69
5.3.2 Diagnose test GARCH(1,1)	71
5.3.3 In sample	72
5.3.4 Out of sample-test	75
5.4 Optimal hedgestrategi i shippingmarkedet	78
5.5 Simultan hedging	79
5.5.1 Hedging av olje og frakt simultant	79
5.5.2 Empirisk test av simultan hedging	81
5.6 IMAREX-fraktfutures vs. andre futuremarkeder.....	83
5.7 Svakheter med minimum varians hedge ratioer	86
5.8 Svakheter med dynamiske hedgeratioer.....	87
6. Avslutning.....	89
Appendiks 1 – Statistiske egenskaper ruter på normalform	92
Appendiks 2 – Statistiske egenskaper ruter på endringsform.....	93
Appendiks 3 – grafer øvrige ruter.	94
Appendiks 4 – Endring spot- og futurepriser øvrige ruter.....	96
Appendiks 5 – Diagnostest perioden 02.01.2004 til 10.09.2008	98
Appendiks 6 – Hedgeratioer in sample	99
Appendiks 7 – Hedgeratioer Out of sample	101
Appendiks 8 – Data fra Eviews	104
Referanseliste.....	106

Liste over grafer

Graf 2.1: Tilbudskruven for et enkelt skip.....	18
Graf 2.2: Tilbudskruven for handelsflåten	19
Graf 2.3: Fraktrater på svært kort sikt for en VLCC i Den arabiske gulf.....	20
Graf 2.4: Fraktrater på kort sikt	21
Graf 2.5: Rute CS 4 TC	22
Graf 2.6: Handel med fraktfutures på Imarex målt i # Lots	24
Graf 4.1: VIX-indeksen.....	51
Graf 5.1: Rute TD3.....	62
Graf 5.2: Rute C4	62
Graf 5.3: Rute TD3 på endringsform	63
Graf 5.4: Dynamiske og konstante hedgeratioer C4.....	72
Graf 5.5: Hedgeratioer out of sample vs. hedgeratioer in sample	77
Graf 5.6: Avkastning vs. Varians ulike hedgealternativer	86
Graf A.3.1: Rute CS 4 TC normalform	94
Graf A.3.2: Rute PM 4 TC normalform	94
Graf A.3.3: Rute TD7 normalform.....	95
Graf A.4.1: Rute TD7 endringsform	96
Graf A.4.2: Rute C4 endringsform.....	96
Graf A.4.3: Rute CS 4 TC endringsform	97
Graf A.4.4: Rute PM 4 TC endringsform.....	97
Graf A.6.1: Rute TD3 - hedgeratioer in sample	99
Graf A.6.2: Rute TD7 - hedgeratioer in sample.....	99
Graf A.6.3: Rute CS 4 TC - hedgeratioer in sample	100
Graf A.6.4: Rute PM 4 TC - hedgeratioer in sample.....	100
Graf A.7.1: Rute TD3 - Hedgeratioer out of sample.....	101
Graf A.7.2: Rute TD7 - Hedgeratioer out of sample.....	101
Graf A.7.3: Rute C4 - Hedgeratioer out of sample	102
Graf A.7.4: Rute CS 4 TC - Hedgeratioer out of sample	102

Liste over tabeller

Tabell 1.1: Hedgeeffektivitet i BIFFEX-markedet	11
Tabell 1.2: Hedgeeffektivitet Imarex future PM 4 TC – In sample.....	11
Tabell 2.1: Ulike skipstyper innen tørrbulk og tank	14
Tabell 2.2: Hedging med Imarex futures.....	27
Tabell 5.1: Fraktrutene.....	59
Tabell 5.10: Sammenligning hedgeeffektivitet ulike markeder	83
Tabell 5.2: Konstante hedgeratioer og hedgeeffektivitet in sample	64
Tabell 5.3: Diagnosetest residualer CLRM	66
Tabell 5.4: Diagnosetest residualer.....	71
Tabell 5.5: Hedgeeffektivitet in sample	73
Tabell 5.6: Sammenligning hedgeeffektivitet	74
Tabell 5.7: Hedgeeffektivitet out of sample	76
Tabell 5.8: Optimale hedgemodeller i de ulike shippingrutene.....	78
Tabell 5.9: Hedgeeffektivitet simultan hedging	82
Tabell A.1.1: Oppsummerende statistikk tanksegmentet i normalform	92
Tabell A.1.2: Oppsummerende statistikk tørrbulksegmentet i normalform	92
Tabell A.2.1: Oppsummerende statistikk tanksegmentet endringsform	93
Tabell A.2.2: Oppsummerende statistikk tørrbulksegmentet endringsform	93
Tabell A.5.1: Diagnosetest 02.01.2004 til 10.09.2008	98
Tabell A.7.1: Korrelasjon mellom hedgeratioer out of sample / in sample.....	103
Tabell A.7.2: Hedgeeffektivitet perioden 04.10.2006 – 10.09.2008 Out of sample og In sample.	103

1. Introduksjon

“You can’t predict the future but you can plan for it”

Erroll Davis Jr, styremedlem i British Petroleum

Verdenshavene har alltid spilt en sentral rolle i menneskets liv. Havene tillot mennesket å oppdage, og utforske nye verdener. Vikingene seilte til Konstantinopel i sine langskip. Columbus til Amerika i sin Santa Maria. Senere skulle britene etablere et verdensomspennende imperium basert på deres militære sjømakt. I dag spiller havet rollen som hovedtransportåren for verdenshandelen. 90 prosent av all verdens handel blir i dag fraktet til sjøs. (Walton 2005) Dette har skapt grobunn for at shippingbransjen har utviklet seg til en sofistikert, internasjonal og konkurransepreget bransje. Shippingbransjen er tett knyttet til aktiviteten i verdensøkonomien. Dette er tydelig ved at Baltic Dry Indeks, en prisindeks på frakt av tørrbulkvarer, tolkes som en ledende indikator på aktiviteten i verdenshandelen. Denne avhengigheten av aktiviteten i verdensøkonomien, kombinert med en tilbudskurve som tilpasser seg langsomt, gjør shippingbransjen til en risikofylt bransje. Overskrifter i avisene som *“Tankratene opp inntil 571 prosent!”*, *“Frontline-resultatet stupte 84 prosent”*, *“Tankratene doblet på to uker”* og *“Bulkratene går på ny, stygg smell?”* (Hegnar Online) taler sitt tydelige språk. Denne høye volatiliteten i bransjen gir muligheter for både rask profitt og rask undergang. I en bransje hvor inntektene kan reduseres med over 90 prosent på under et år, slik tilfellet var i tørrbulk da Baltic Dry Indeks falt med 93 prosent fra mai 2008 til desember 2008, er behovet for risikostyring absolutt til stede.

I denne oppgaven konsentrerer jeg meg om styring av risiko knyttet til fraktinntektene. Et shippingselskap har her flere muligheter: Inngåelse av langsiktige time charter-avtaler, opsjoner, forward rate agreements og futurekontrakter. Jeg velger å avgrense diskusjonen omkring risikostyring til futurekontrakter tradet på Imarex.

1.1 Formål med oppgaven

I denne oppgaven vil jeg finne ut hvor effektive futurekontraktene tradet på Imarex er målt ved hedgeeffektiviteten. Jeg vil ta for meg fem ulike ruter, to innen tankmarkedet og tre innen tørrbulkmarkedet. Jeg vil vise hvordan hedgeratioene bør regnes ut for å minimere variansen til fremtidige inntektsstrømmer. Avslutningsvis vil jeg kommentere hedgeteknikkene benyttet og resultatene oppnådd i oppgaven. En målsetning med oppgaven er å frembringe resultater som er anvendbare for brukere av Imarex-futurene.

1.2 Oppbygging av oppgaven

Kapittel 1: I dette kapitlet gis det en kort introduksjon og beskrivelse av formålet med oppgaven. Avslutningsvis oppsummeres lignende undersøkelser omkring hedgeeffektivitet.

Kapittel 2: Her gis en beskrivelse av shippingbransjen. En detaljert beskrivelse av fastsettelsen av fraktratene gis sammen med en forklaring til årsaken til den høye volatiliteten i shippingbransjen. Et praktisk eksempel på hedging med Imarex-futures blir gjennomgått.

Kapittel 3: Her vil en teknisk beskrivelse av futures og prising av futures bli foretatt. I dette kapitlet vil også begrepene hedgeratio, hedgeeffektivitet og minimum varians hedgeratio (MVHR) bli utredet.

Kapittel 4: I dette kapitlet følger en beskrivelse av den økonometriske teorien som er nødvendig for å løse oppgaven. Innledningsvis blir den klassiske lineære regresjonsmodellen (CLRM) og dens forutsetninger presentert. Grunnet svakheter ved CLRM, og ønsket om å konstruere dynamiske hedgeratioer, blir mer avanserte økonometriske modeller som VAR, VECM og MGARCH presentert. Vinklingen vil hele tiden være på hedging og MVHR.

Kapittel 5: I denne delen av oppgaven vil analysen av datamaterialet utføres. Jeg benytter en CLRM til å konstruere konstante hedgeratioer in sample. Videre utføres hedgingen med dynamiske hedgeratioer både in sample og out of sample. En optimal hedgestrategi blir fastslått for de ulike shippingmarkedene. Resten av kapittel fem omhandler problemstillinger det er naturlig å ta opp

etter arbeidet gjort frem til dette punktet i oppgaven. Dette dreier seg om; hedging av en kontantstrøm bestående av flere elementer, sammenligning av hedgeeffektiviteten oppnådd med Imarex-futurene mot andre futuremarkeder og svakheter med MVHR og dynamiske hedgeratioer.

Kapittel 6: Her oppsummeres resultater, linjer trekkes sammen og den endelige konklusjonen foretas. Avslutningsvis kommer jeg med forslag til utvidelser av oppgaven og forslag til nye studier.

1.3 Lignende undersøkelser

I dette avsnittet vil jeg presentere noen tidligere undersøkelser omkring optimale hedgeratioer i shippingbransjen. For lesere uten kjennskap til hedgeteori anbefales det at kapittel tre og fire leses i forkant for å få en full forståelse av avsnittet under.

Bortsett fra en masteroppgave fra NHH skrevet av Rasmussen og Tversland (2007) er det ikke meg bekjent publisert noen empirisk¹ forskning omkring hedgeeffektiviteten til Imarex-futurene. Tidligere artikler har omhandlet det nedlagte BIFFEX-markedet.² En av disse studiene er utført av Kavussanos og Nomikos (2000 a) hvor de undersøker hedgeeffektiviteten oppnådd gjennom konstante og dynamiske hedgeratioer i tidsrommet 23.09.1992 til 31.10.1997. De argumenterer for at den klassiske lineære regresjonsmodellen, og dermed de konstante hedgeratioene, fører til en svak tilpassning til datamaterialet grunnet problemer med autokorrelasjon, heteroskedastisitet og kointegrasjon mellom spot- og futurepriser. De tar dermed i bruk ulike VECM-GARCH-modeller for å konstruere dynamiske hedgeratioer for å kompensere for svakhetene forbundet med CLRM. De finner at de dynamiske hedgeratioene marginalt utkonkurrerer de konstante hedgeratioene. Beste hedgeeffektivitet oppnådd er 19,2 prosent og laveste hedgeeffektivitet er 4 prosent. Underliggende til BIFFEX-futuren ble flere ganger endret. I Kavussanos og Nomikos (2000 a) utfører de en klassisk lineær regresjon over perioden 3.11.1999 til 28.06.2000, hvor underliggende forblir uendret, og finner en maksimal hedgeeffektivitet på 39,95 prosent for en Panamax-rute.

¹ Runar Skjetne skriver om risikostyring ved hjelp av Imarex-derivater i sin masteroppgave i finansiell økonomi ved Norges Handelshøyskole våren 2005. Men grunnet manglende tallmateriale ble ikke noen empirisk undersøkelse av hedgeeffektiviteten foretatt.

² BIFFEX-markedet var et marked for en fraktfuture innen tørrbulk. Se avsnitt 2.4.3 for mer info.

I to andre undersøkelser utført av Kavussanos og Nomikos (2000 b; 2000 c) finner de at hedgeeffektiviteten ligger henholdsvis i intervallet 23,25 til 15,39 prosent og 33,7 til 0,29 prosent. Dette er langt unna hedgeeffektiviteten oppnådd i andre markeder. Park og Switzer (1995) oppnår en hedgeeffektivitet for S&P 500-indeksen og den kanadiske aksjeindeksen på henholdsvis 97,91 og 77,74 prosent. Bera et al. (1997) oppnår en hedgeeffektivitet for korn- og soyabønne-futures på henholdsvis 69,61 og 85,69 prosent. Det er antatt at den svake hedgeeffektiviteten i BIFFEX-markedet var et resultat av at indeksen var sammensatt av et bredt antall fraktruter og at dette førte med seg en betydelig basisrisiko.

Tabell 1.1: Hedgeeffektivitet i BIFFEX-markedet

	In sample		Out of sample	
	Rute 1	Rute 1A	Rute 1	Rute 1A
CLRM	17,56 %	15,70 %	16,69 %	18,62 %
ECM-GARCH	17,52 %	15,39 %	16,91 %	18,67 %
ECM-GARCH-X	18,96 %	16,86 %	17,04 %	23,25 %

Kilde: (Kavussanos og Nomikos 2000 b)

Rasmussen og Tversland (2007) undersøkte hedgeeffektiviteten til tørrbulk Imarex-futuren PM 4 TC for perioden 07.01.2004 til 21.02.2007. De har samme utgangspunkt som Kavussanos og Nomikos (2000 b), og undersøker oppnådd hedgeeffektiviteten med konstante og dynamiske hedgeratioer. De benytter en VAR-BEKK modell i en in sample-test. Hedgeeffektiviteten for de ulike modellene er gjengitt i tabell 1.2.

Tabell 1.2: Hedgeeffektivitet Imarex future PM 4 TC – In sample

	Hedgeeffektivitet PM 4 TC - In sample				
	P1A	P2A	P3A	P4	AVG4TC
Naiv Hedge	15,90 %	12,10 %	23,30 %	19,10 %	20,10 %
CLRM	31,64 %	30,78 %	29,18 %	27,68 %	33,45 %
LRM AR(p)	31,63 %	30,73 %	29,17 %	27,64 %	33,45 %
VAR	31,64 %	30,78 %	29,12 %	27,50 %	33,44 %
VAR-GARCH	31,78 %	30,16 %	29,50 %	29,60 %	34,26 %

Kilde: (Rasmussen og Tversland 2007)

CLRM, LRM AR (p) og VAR er alle lineære modeller med konstante hedgeratioer. VAR-GARCH er de dynamiske hedgeratioene. Rute PM 4 TC er en time charter-indeks bestående av fire ruter; P1A, P2A, P3A og P4. Fem ulike eksponeringer er forutsatt i oppgaven til Rasmussen og Tversland. Fire hvor kun en av rutene hedges med indeksen. Og et tilfelle hvor eksponeringen i spotmarkedet antas lik med underliggende til PM 4 TC, kolonne AVG4TC i tabell 1.2 Her er basisrisikoen minst og hedgeeffektiviteten størst. Man ser at de dynamiske hedgeratioene i de fleste tilfeller gjør det bedre enn de konstante, men kun marginalt.

Jeg vil i denne oppgaven studere flere Imarex-futures over et lengre tidsrom. Videre vil jeg utføre både en in sample- og en out of sample-test. Jeg håper dermed å kunne gi et klarere og mer underbygd svar på hvor effektive Imarex-futurene er, og hvordan de bør hedges optimalt.

2. Bulkshipping

Fraktfuturene jeg skal studere, er alle innenfor bulksegmentet i shipping. Det er nødvendig å gi en innføring i dette segmentet for å få en forståelse av hvordan fraktratene blir til, og hvorfor bransjen er så volatil som den er.

Stopford (1997) definerer bulklast som enhver last som blir fraktet i store kvanta, vanligvis som én skipslast, for å redusere enhetskostnader. FN definerer bulk som råvarer som korn, råolje, jernmalm og kull, som med deres homogene karakteristika gjør det naturlig å behandle det i bulker når det kommer til lasting og transport.³

Bulkshipping deles inn i to hovedkategorier, tørrbulk og tank. Tørrbulk-segmentet består i hovedsak av jernmalm, kull, bauxitt, alumina, fosfatstein og korn. Andre underkategorier innen tørrbulk er diverse råmateriale og halvfabrikata som helt eller delvis blir fraktet som bulk, og skip spesialisert på billast. Tanksegmentet består av råolje, oljeprodukter, flytende gass, vegetabilsk olje og flytende kjemikaler. Til sammen utgjør tanksegmentet halvparten av verdenshandelen til sjøs hvorav råolje og oljeprodukter utgjør den største andelen. Totalt står bulksegmentet for $\frac{2}{3}$ av verdenshandelen til sjøs og $\frac{3}{4}$ av verdens handelsflåte er av typen bulk⁴. (Stopford 1997)

Bulkshipping kjent for høy risiko og tilnærmet fri konkurranse. Årsakene til disse egenskapene har sitt utspring i strukturen til markedet for bulkshipping. Det eksisterer et velutviklet annenhåndsmarked for skip samt et stort nybyggingsmarked. For å etablere seg som skipsreder kreves kun tilgjengelig kapital. Initialinvesteringen kan riktignok være betydelig. Til gjengjeld kreves det lite kjennskap til shippingbransjen, da skipene kan leies ut på langvarige kontrakter. Alternativt kan driften av skipet overlates til firmaer som spesialiserer seg på kommersiell drift av handelsflåter. Gjennom annenhåndsmarkedet og skrapmarkedet, som har god likviditet, kan skipsrederen når som helst trekke seg ut av markedet. Inngangsbarrierene og utgangsbarrierene kan derfor sies å være meget lave i bulkshipping. De lave inngangsbarrierene kombinert med muligheten for høye avkastninger gjør at shippingbransjen kontinuerlig tiltrekker seg nye deltagere. Dette fører til at det til enhver tid eksisterer et betydelig antall markedsaktører som hver for seg har liten markedsrett. Resultatet blir et sterkt konkurransepreget marked.

³ FN definerte bulk på denne måten i Maritime Transport Study publisert frem til 1986. Fra Stopford (1997).

⁴ Den øvrige transporten foregår hovedsakelig i containerskip.

Avslutningsvis presenteres en tabell med oversikt over ulike skipstyper innenfor tørrbulk og tank. Skipene klassifiseres etter størrelsen. Flere klassifiseringer eksisterer men de vil ikke bli berørt i denne oppgaven. Oppgaven vil i omfattende grad referere til de undernevnte skipstypene.

Tabell 2.1: Ulike skipstyper innen tørrbulk og tank

Type	Størrelse i dwt	Marked
VLCC	200.000 - 315.000	Tank
Suezmax	120.000 - 200.000	Tank
Aframax	80.000 - 120.000	Tank
Capsize	80.000 -	Tørrbulk
Panamax	60.000 - 80.000	Tørrbulk
Handymax	35.000 - 60.000	Tørrbulk

2.1 De fire shippingmarkedene

For å forstå shippingbransjen er det nødvendig å kjenne til hvordan bransjen er bygd opp. Stopford (1997) deler shippingmarkedet inn i fire undermarkeder som alle er knyttet sammen gjennom fraktratene. Disse fire markedene vil bli presentert i dette avsnittet.

2.1.1 Fraktmarkedet

I tidligere tider møtes befraktere og redere på uregulerte og uformelle møteplasser. Mest kjent er the Baltic Coffee House i London, forløperen til det moderne fraktmarkedet Baltic Exchange som åpnet i London i 1883. Her møttes handelsfolk med behov for transport av sine varer kapteiner med ledige skip. I dag finner møte mellom befrakter og reder sted gjennom en skipsmegler. Når befrakter og reder har kommet til enighet i betingelsene omkring frakttjenesten, sies skipet å være fikset. Skipet kan fikses på ulike typer kontrakter. De vanligste avtaletypene er *spot*, *time charter* og *bare boat*. En spotavtale omhandler transport mellom to havner til en fast pris per tonn. Avtalen gjelder som oftest kun en enkelt reise. Rederen løper dermed en risiko for at han ikke får fikset skipet umiddelbart etter avsluttet reise. I en *time charter*-avtale overtar befrakteren den kommersielle kontrollen over skipet. Avtalen er som oftest kvotert i dollar per dag, og løpetiden varierer fra et par måneder til flere år. I en *bare boat*-avtale leier skipseier ut skipet til en motpart som drifter skipet. Motparten tar på seg alle kostnader unntatt kapitalkostnadene, som bæres av skipseieren. En *bare boat*-avtale varer over flere år og kan sammenlignes med en leasingavtale. I denne oppgaven vil jeg begrense meg til *spot*- og *time charter*-ruter med tilhørende futurekontrakter.

2.1.2 Annenhåndsmarkedet

Annenhåndsmarkedet tillater skipseiere å kjøpe og selge brukte skip. Dette bidrar til å øke likviditeten i bransjen, og dermed senke inngangs- og utgangsbarrierene. En annen positiv virkning er at skipene allokteres fra de minst effektive aktørene til de mest effektive.

Med utgangspunkt i finanst teori kan et brukt skip verdsettes ved å neddiskontere forventet fremtidig kontantstrøm til skipet med et passende avkastningskrav. Kontantstrømmen til skipet er avhengig av hvilken pris skipet kan få for sine transporttjenester. Fraktmarkedet og annenhåndsmarkedet er sterkt korrelert. Siden fraktmarkedet er volatilt, vil følgelig også annenhåndsmarkedet for skip være volatilt.

2.1.3 Nybyggingsmarkedet

Det finnes et utall ulike skipsverft. En type er de mindre verftene på vestkysten av Norge som bygger teknologisk avanserte skip til oljeserviceindustrien. En annen type er de gigantiske arbeidsintensive sørkoreanske og kinesiske verftene spesialisert på tørrbulkskip og tankskip. Leveringstiden for et skip er avhengig av ordreboken til verftet. Normal leveringstid for et bulkskip er to til tre år.

Nybyggingsprisen er på etterspørselssiden påvirket av finansieringsmuligheter, rentenivå, prisen i annenhåndsmarkedet og forventede fremtidige fraktrater. På tilbudssiden er ordreboken til de ulike verftene avgjørende (Stopford 1997). I en shippingboom vil redere bestille nye skip.

Nybyggingsprisene øker og mindre kostnadseffektive verft vil bli konkurransedyktige. Etter hvert vil ordrebøkene fylles opp med den effekt at nybyggingsprisene stiger kraftig. Når nedgangskonjunkturen setter inn, vil etterspørselen synke og verftene må redusere prisene for å friste potensielle kjøpere. Dette fører igjen til at verftene i høykostland stenger produksjonen siden de ikke kan produsere med overskudd. Effekten er at tilbudet igjen reduseres. Relatert til shippingsykluser er nybyggingsmarkedet særdeles viktig da det har en direkte innvirkning på det totale tilbudet av tonnasje i shippingmarkedet.

2.1.4 Skrapingsmarkedet

Når et skip ikke lenger er økonomisk eller teknisk levedyktig, blir skipet solgt for skrapverdien.

Oppbrytningen av et skip er arbeidsintensivt. Selve skrapingsarbeidet blir dermed foretatt i lavkostnadsland i det fjerne Østen. De mest brukte stedene befinner seg i India, Pakistan, Bangladesh og Kina. Forventninger til fremtidige fraktrater er den viktigste faktoren som avgjør om et skip blir skrapet eller ikke. Når fraktratene er lave, blir de minst effektive skipene skrapet. I et marked med

høye fraktrater ville de samme skipene vise seg å være økonomisk levedyktige. Stålprisen vil også være avgjørende fordi en høy stålpris vil gjøre det mer attraktivt å selge et skip for skrapverdien. Skrapmarkedet har en viktig rolle i shippingindustrien siden det bidrar til å skape balanse mellom tilbud og etterspørsel ved å fjerne unødvendig tonnasje fra markedet.

2.2 Tilbud og etterspørsel

I dette avsnittet vil jeg gå nærmere inn på hva som påvirker tilbud og etterspørsel i shippingbransjen. Både tilbud og etterspørsel blir målt i tonn-mil⁵ definert som *ett* tonn fraktet *én* mil. Avstanden et tonn blir fraktet er mer representativt for tilbud og etterspørsel etter shippingtjenester enn kun antall tonn som blir fraktet.

2.2.1 Etterspørsel

Stopford (1997) lister opp fem faktorer som påvirker etterspørselen etter skipsfrakt.

Verdensøkonomien, handel med sjøbårene varer, gjennomsnittlig transportvei, politiske begivenheter og transportkostnader. Den viktigste faktoren er aktivitetsnivået i verdensøkonomien. Økt økonomisk vekst virker stimulerende på handelen med varer som krever transport over havene. Vel så viktig er avstanden disse varene transporteres. Den økende outscourcingen av industriproduksjonen fra vestlige høykostland til østlige lavkostland er her en viktig bidragsyter. De ferdigproduserte varene må fraktes lenger for å nå sluttkonsumentene i de vestlige landene.

Politiske begivenheter vil kunne påvirke etterspørselen etter tonn-mil. Et eksempel er de finansielle krisepakken innført i Kina for å demme opp for den pågående finanskrisen. Den ekspansive finanspolitikken fører til at Kina øker importen av råvarer. Et eksempel på at politiske begivenheter kan øke transportlengden er nasjonaliseringen av Suezkanalen i 1954. Kanalen ble stengt og oljetankerne ble tvunget til å seile rundt Kapp det gode håp for transport av olje fra Den arabiske golf til Europa. Som et resultat økte reiseruten fra 10.000 mil til 18.000 mil.

Sist, men ikke minst, er transportkostnadene avgjørende for etterspørselen. Frakt av en vare vil bare finne sted når det er økonomisk lønnsomt. Den teknologiske utviklingen har gått i retning av større

⁵ Internasjonalt refereres det til Tonn-Miles, hvor 1 mile er tilsvarende 1,609 km. Jeg har oversatt uttrykket til Tonn-mil, hvor mil er hentet fra det metriske systemet. Dette har ingen praktiske konsekvenser for diskusjonene da poenget er å måle mengden som blir transportert.

og mer effektive skip, og den kommersielle driften har blitt stadig mer profesjonell. Dette har bidratt til å redusere fraktkostnadene innen shippingindustrien og dermed stimulert til økt handel på et globalt plan. I denne sammenheng er det passende å sitere Kindleberger: "Hva toget gjorde for utviklingen av de nasjonale markedene i England og Frankrike har utviklingen av billig sjøtransport gjort for verdenshandelen. Nye handelskanaler har blitt åpnet, og nye forbindelser etablert."⁶

2.2.2 Tilbud

På tilbudssiden identifiserer Stopford (1997) fem faktorer som er avgjørende for tilbudet av tonn-mil; handelsflåten, handelsflåtens produktivitet, levering av nybygg, skraping av skip og fraktratene. Den totale handelsflåten måles i dødvektstonn, forkortet dwt. Tilganger og avganger til handelsflåten er en langsom prosess som skjer igjennom nybyggingsmarkedet og skrapemarkedet. På kortsikt kan den totale tonnassen i markedet endres ved at skip tas inn og ut av opplag⁷.

Produktiviteten til et skip er avhengig av fart, tid i havn, lastefaktor og antall innteksbringende reisedager til sjøs. Særlig seilehastigheten er avgjørende for antall tonn-mil levert til markedet. Årsaken er at skip sjelden seiler i maksimal hastighet da bunker kostnadene øker eksponentielt med farten. Når fraktratene øker, vil skipene seile raskere for å generere mer inntekter med den konsekvens at bunker kostnadene øker. For hvert fraktratenivå eksisterer det en optimal fart når bunker kostnadene holdes konstante. Øker bunker kostnadene, reduseres farten om ikke fraktratene øker.

Eksogene faktorer som reguleringer fra myndighetenes side og bankenes utlånspolitikk vil også ha innvirkning på tilbudet. Eksempelvis har nye sikkerhetsreguleringer ført til at tankskip med enkelt skrog må fases ut innen 2010. Videre har den siste finanskrisen ført til at bankene har ført en mer restriktiv utlånspolitikk. Dette har ført til at shippingbedrifter ikke får finansiert planlagte nybygg og dermed blir tvunget til å kansellere bestillingene hos verftene.

⁶ Oversatt fra engelsk. Hentet fra Stopford (1997)

⁷ Når et skip legges i opplag fjernes det fra aktiv tjeneste for en i utgangspunktet ikke permanent periode.

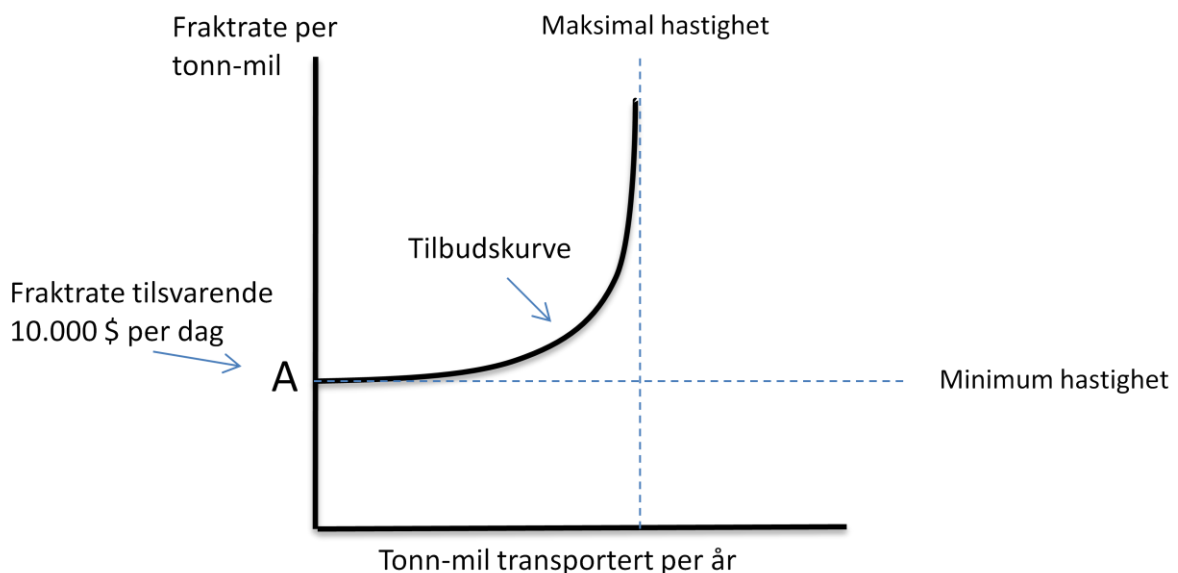
2.3 Fraktratene

I dette avsnittet vil dannelsen av fraktratene gjennomgås. Prisdannelsen i fraktmarkedet følger vanlig mikroøkonomisk teori. Tilbuds- og etterspørselskurvene krysser hverandre der likevekt og prisdannelse blir fastsatt i markedet.

2.3.1 Tilbudskurven

I grafen 2.1 vises tilbudskurven for et skip. Kurven angir hvor mange tonn-mil skipet tilbyr per år for en gitt fraktrate. Skipet vil seile i den hastigheten hvor marginalkostnaden er lik fraktraten. I punkt A er fraktratene tilsvarende en spotrate på 10.000 dollar per dag. Bunkerkostnadene antas å være konstante på kort sikt. Driftskostnader til skipet antas å være 10.000 dollar per dag. Faller ratene under 10.000 dollar per dag, vil skipet legges i opplag. Stiger fraktratene over 10.000 dollar per dag, vil skipet returnere til aktiv tjeneste. Produktiviteten vil være lav fordi skipet vil seile med lav hastighet for å spare drivstoff. Etterhvert som ratene øker vil skipet øke hastigheten og dermed øke tilbudet av frakttjenester. Når ratene er høye nok vil skipet seile på maksimal hastighet og tilby maksimalt antall tonn-mil.

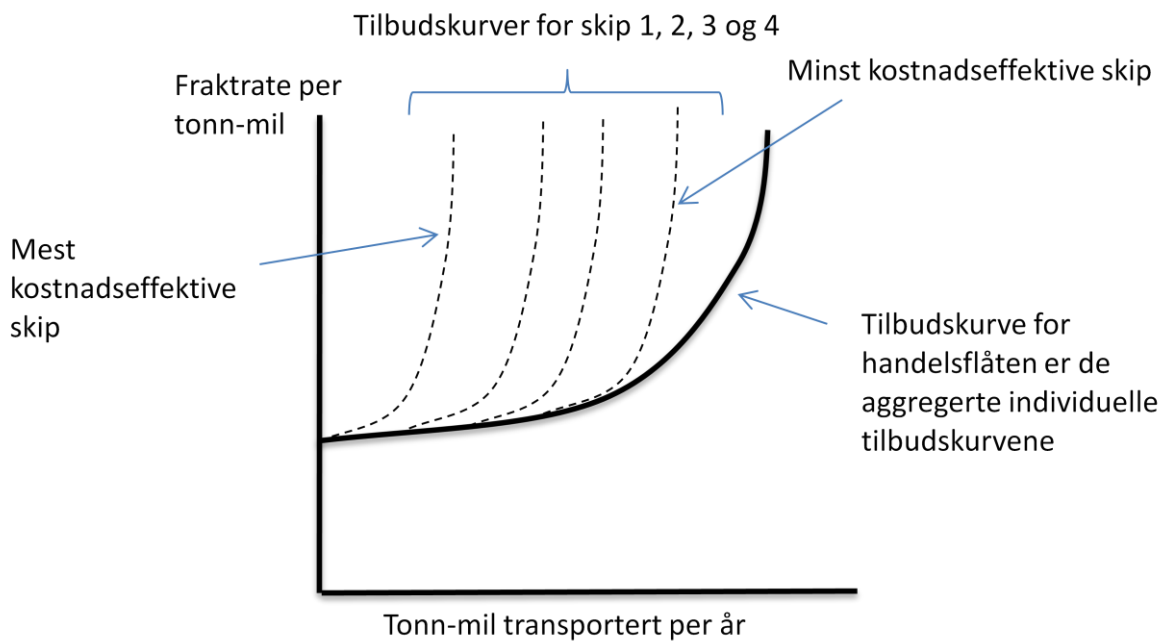
Graf 2.1: Tilbudskruven for et enkelt skip



Tilbudskurven til handelsflåten er lik summen av tilbudskurvene til de individuelle skipene. I graf 2.2 representerer de stiplede linjene enkeltskip. Den solide linjen representerer den aggregerte tilbudskurven til handelsflåten. De minst effektive skipene vil ha høyere operasjonelle kostnader og befinner seg langt til høyre fra y-aksen. Disse skipene blir tidlig lagt i opplag. Effektive skip tåler en

lavere fraktrate og befinner seg nærme y-aksen. Ved høye nok fraktrater vil samtlige skip være i drift, og den eneste måten å øke tilbudet på er ved å øke hastigheten. Tilbudskurven vil derfor være flat når fraktratene er lave og stige eksponentielt med fraktratene til den blir vertikal.

Graf 2.2: Tilbudskruven for handelsflåten



2.3.2 Etterspørselskurven

En frakttjeneste innen bulkshipping har ingen verdi utover det å frakte en vare fra A til B. En reduksjon i fraktratene vil dermed ikke føre til at befrakterne øker forbruket sitt på lang sikt. Samtidig er befrakterne avhengig av å få transportert sine varer, og en høy fraktrate vil ikke redusere etterspørselen betraktelig. Det faktum at fraktkostnadene kun utgjør en marginal andel av varekostnaden styrker denne argumentasjonen. Eksempelvis utgjør fraktkostnadene for et fat olje i gjennomsnitt 3 % av salgsprisen⁸. Resultatet er at etterspørselskurven er tilnærmet vertikal og meget inelastisk.

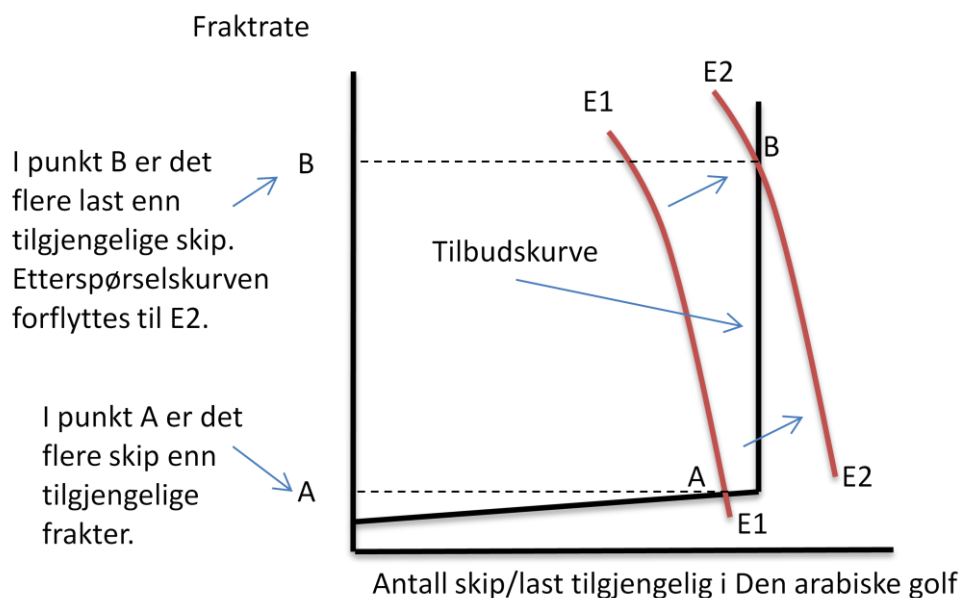
2.3.3 Likevekt

I fraktmarkedet er det viktig å skille mellom likevekt på svært kort sikt, kort sikt og lang sikt. På svært kort sikt har befrakter og reder begrensede muligheter til å tilpasse tilbud og etterspørsel. Befrakter

⁸ Se avsnitt 5.5.2

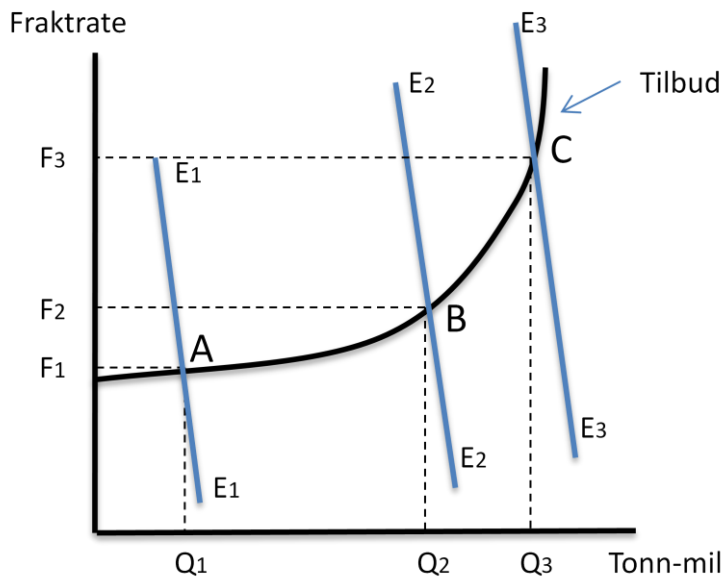
har varer klar til frakting og skipet ligger klart til lastning. Antall skip tilgjengelig i regionen og antall befraktere med transportbehov vil bestemme fraktraten. Graf 2.3 viser tilbud og etterspørsel på svært kortsikt for fixing av en VLCC i Den arabiske golf. I punkt A i graf 2.3 er det betydelig overkapasitet av skip, og fraktratene synker til et nivå hvor kun de operasjonelle kostnadene dekkes. Hvis flere befraktere kommer til i markedet, vil det utvikles en situasjon med underkapasitet. Befrakterne vil overby hverandre for å få fraktet sine varer. Etterspørselskurven forflyttes utover og fraktratene stiger til punkt B i graf 2.3. Dette fører til ekstrem volatilitet og store lokale variasjoner i fraktratene. Dette bidrar videre til at fremtidige spotpriser er notorisk vanskelig å predikere.

Graf 2.3: Fraktrater på svært kort sikt for en VLCC i Den arabiske golf



På kort sikt kan tilbudet tilpasses ved at skip legges i eller fjernes fra opplag. Fraktratene vil fortsatt være volatile grunnet den eksponentielt voksende tilbudskurven og den vertikale etterspørselskurven. Dette illustreres i graf 2.4. I punkt A er etterspørselen lav, og kun en liten andel av flåten seiler på lav hastighet. Et større etterspørselssjokk inntreffer og man forflyttes til punkt B i grafen. I dette punktet har mengden tonn-mil tilbudt økt betraktelig, men fraktratene har kun hatt et lite oppsving. En videre moderat økning i etterspørselen vil forflytte likevekten til punkt C. Her er alle skip i drift og seiler på en hastighet tett opp under maksimal hastighet. Som et resultat stiger fraktratene kraftig. En moderat reduksjon i etterspørselen vil raskt bringe fraktratene drastisk ned.

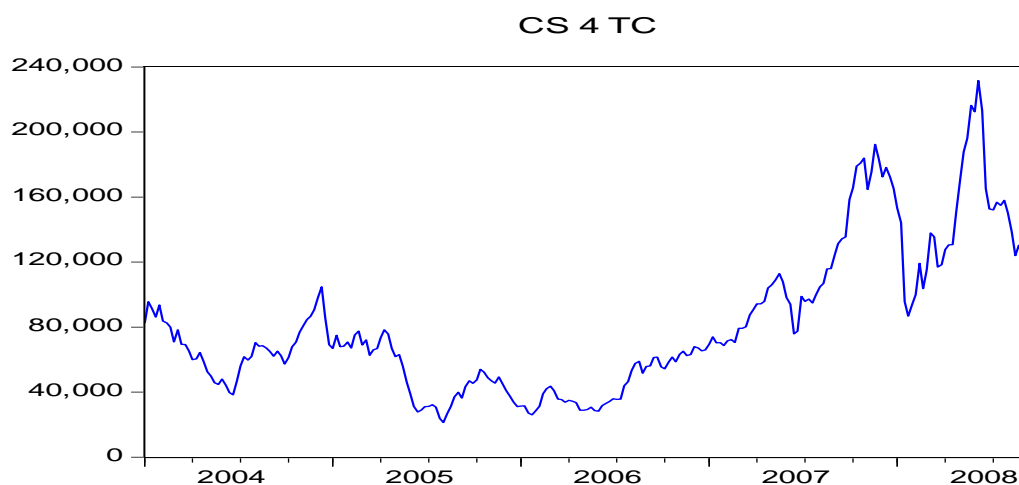
Graf 2.4: Fraktrater på kort sikt



På langsikt vil antall dwt endres gjennom nybygg og skrapinger. Videre kan befraktere finne alternative logistikkønsninger. Tilbudskurven tillates dermed å skifte opp eller ned på lang sikt. Tilbudskurven endres langsomt mens etterspørselen skifter raskt og hyppig. Dette skaper et volatilt marked som til stadighet er preget av de karakteristiske shippingsyklusene. Dette kan illustreres ved eksemplet på neste side som går gjennom en typisk shippingsyklus.

Grunnet den pågående finanskrisen har Kina begynt å føre en ekspansiv finanspolitikk hvor særlig aktiviteten innenlands skal stimuleres. Grunnet Kinas størrelse får dette betydelig innvirkning på etterspørselen av stål og jernmalm. Som en konsekvens øker fraktratene innen tørrbulksegmentet. De høye fraktratene fører til at neddiskontert nåverdi på brukte skip og nybygg øker. Flere nybygg blir bestilt og færre gamle skip blir skrapet. Dette fører til at skrapprisene stiger. Når de nye skipene blir levert, og samtidig færre gamle skip skrapet, øker tilbudet av tilgjengelig tonnasje. Om etterspørselen ikke øker i samme takt, vil fraktratene synke. Reduserte fraktrater reduserer nåverdi på skipene. Skipsredere vil unnlate å bestille nye skip og øke skrapingen av eldre skip. Dette fører til at skrapprisene reduseres. Markedet vil være i resesjon frem til tilbudet avtar eller til etterspørselen stiger. Forventninger til fremtidige fraktrater vil da øke, og syklusen vil gjenta seg. Eksemplet illustrerer også hvordan de fire shippingmarkedene er knyttet sammen gjennom pengestrømmer og transaksjoner på tvers av markedene. Graf 2.5 viser Capsize time charter-indeksen CS 4 TC kvotert på Baltic Exchange. De store svingningene fremkommer tydelig. Ruten er kvotert i USD / per dag.

Graf 2.5: Rute CS 4 TC



Kilde: Baltic Exchange

2.4 Sentrale aktører i shippingbransjen

I dette avsnittet vil sentrale aktører i shippingbransjen, som er aktuelle for denne oppgaven, presenteres.

2.4.1 Baltic Exchange

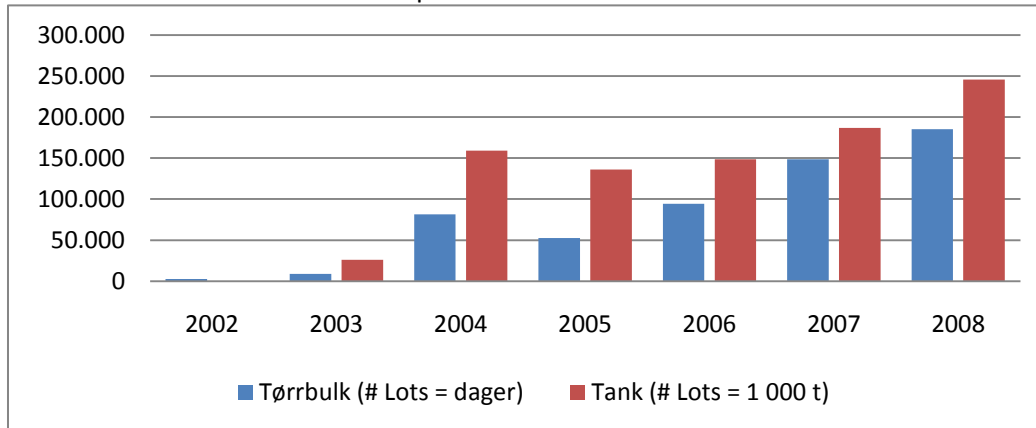
Baltic Exchange ble etablert i 1883 som en møteplass for kjøpere og selgere av frakttjenester innen shippingindustrien. I dag har Baltic Exchange en viktig rolle i markedet ved at den rapporterer spotpriser på enkelt ruter samt konstruerer ulike indekser som viser utviklingen innenfor et shippingsegment. Baltic Exchange har et nettverk av uavhengige skipsmeglere som rapporterer inn fraktrater på ulike ruter. Fraktratene er basert på faktiske fiksinger i markedet. Ved fravær av fiksing rapporterer skipsmegleren hva han anser som en sannsynlig pris hadde en fiksing funnet sted. Rapporteringen inn til Baltic Exchange skjer klokken 11:00 London tid. På bakgrunn av innrapporterte data regnes et aritmetisk gjennomsnitt for hver rute. Baltic Exchange publiserer fraktratene for rutene og indeksene 13:00 London tid for tørrbulkmarkedet, og 16:00 London tid for tankmarkedet. Spotprisene som publiseres av Baltic Exchange benyttes som underliggende for fraktderivater på Imarex.⁹

⁹ Clean tanker-derivatene benytter priser rapportert av Platts eller Baltic Exchange som underliggende avhengig av rute.

2.4.2 International Maritime Exchange (Imarex)

Imarex er et autorisert og regulert marked for trading og clearing for ulike typer derivater. De har siden starten i 2001 hovedsakelig fokusert på fraktderivater. I dag tilbyr Imarex blant annet futurekontrakter og opsjoner innen tørrbulk og tank. Imarex har hatt en god vekst de siste årene. I graf 2.6 ser man hvordan handelen med fraktderivater har økt siden oppstart. Aktiviteten er målt i antall lots tradet. For tørrbulk er lots satt til antall dager. For tank er lots satt til 1.000 tonn.

Graf 2.6: Handel med fraktfutures på Imarex målt i # Lots



Kilde: Imarex

Derivatene på Imarex blir cleared gjennom Norsk Oppgjørs Sentral (NOS). Dette eliminerer motpartrisikoen som er til stede ved bilaterale FRA- kontrakter.¹⁰ Underliggende for dirty tank¹¹ og tørrbulkderivatene er rutene publisert på Baltic Exchange. Imarex tilbyr opptil 21 ulike lengder på fraktfuturene; en for hver måned i året, 6 kvartalskontrakter og 3 årskontrakter med start i inneværende år og til og med 2 år frem i tid. Alle fraktfuturene på Imarex har en oppgjørpris lik gjennomsnittlig verdi på spotprisen til underliggende i leveringsperioden. Leveringstidspunkt er den 20. i den aktuelle perioden.

Verdien på en tankfuture blir fastsatt på følgende måte:

$$\text{Antall Lots} \times \text{Lots størrelse} \times \text{Worldscale flat rate} \times \left(\frac{\text{Worldscale Poeng}}{100} \right) \quad (2.1)$$

¹⁰ Forward Rate Agreements. Se kapittel 3 for mer informasjon.

¹¹ Dirty tank er uraffinerte oljeprodukter som råolje. Raffinerte oljeprodukter omtales som clean tank. Jeg benytter begrepet tank om dirty tank i denne oppgaven. Dette er vanlig prosedyre i markedet.

Minimum lots størrelse er 1.000 MT (metrikk tonn) for 1-månedskontrakter, 3.000 MT for kvartalskontrakter og 12.000 MT for årskontrakter. Worldscale flat rate er kostnaden i dollar forbundet med transport av et MT råolje mellom to spesifiserte havner når et definert standard skip blir benyttet. Worldscale flat rate blir oppdatert en gang hvert år av Worldscale Association. Worldscale poeng er en indeksverdi av Worldscale flat rate. Fraktratene i dirty tanksegmentet kvoteres i Worldscale poeng.

Tørrbulk-futurene kvoteres enten som USD/dag eller USD/MT¹². For ruter kvotert i USD/dag er 1 lot lik 1 dag. For ruter kvotert i USD/MT er 1 lot lik 1000 MT. Verdien på en tørrbulk-futurekontrakt blir fastsatt på følgende måte:

$$\textit{Antall Lots} \times \textit{Lots størrelse} \times \textit{Pris} \qquad (2.2)$$

2.4.3 BIFFEX

The Baltic International Freight Futures Exchange åpnet i 1985 som første markedsplass for fraktfutures. Kun en futurekontrakt innen tørrbulk var tilgjengelig. I begynnelsen var underliggende The Baltic Freight Indeks (BFI) men grunnet lav likviditet og lav hedgeeffektivitet ble underliggende endret flere ganger for å øke effektiviteten til futuren. Dette hjalp ikke på verken hedgeeffektiviteten eller omsetningen. I april 2002 ble BIFFEX tvunget til å legge ned grunnet sviktende omsetning.

¹²Rute C4 kvoteres i USD/MT mens CS4TC og PM4TC kvoteres i USD/dag.

2.5 Praktisk eksempel med Imarex-futures

I dette avsnittet vil jeg presentere hvordan Imarex-futures brukes i praksis. Eksemplet bygger på reelle data og er inspirert av et lignende eksempel hos Kavussanos & Visvikis (2006). Årsaken til bevegelsen i spot- og futureprisene er forklart gjennom fiktive, men dog økonomisk plausible, argumenter. Den tekniske diskusjonen rundt futures og hedging spares til senere. Jeg ser bort fra transaksjonskostnader i eksemplet.

I begynnelsen av januar 2008 mottar et tankrederi et nybygg av typen VLCC på totalt 260.000 dwt. Selskapet har inngått en avtale om å leie ut skipet på en treårig time charter-avtale med start om 5 måneder. Rederiet ønsker å drifte skipet i spotmarkedet frem til avtalens start. Nærmere bestemt på rute TD3 mellom Den arabiske golf og Japan. Tankrederiene nyter for tiden godt av høye fraktrater. Priskurven på Imarex viser fallende fraktrater grunnet forventninger om at OPEC vil kutte oljeproduksjonen i den nærmeste fremtid for å støtte opp om en fallende oljepris. Rederiet har et mer pessimistisk syn enn markedet. For å profitere på det anser som overprisete TD3-futurekontrakter utstedes 260 lots kontrakter for januar, februar, mars, april og mai. Worldscale flat rate er på 16,99 \$ og kontraktene er kvotert i Worldscale poeng. Motparten i dette tilfellet er en oljeprodusent med et ønske om forutsigbare fraktkostnader. Oljeprodusenten hedger dermed fraktkostnadene ved å kjøpe kontraktene rederiet utsteder. All handel blir cleared gjennom Imarex via NOS. Det eksisterer dermed ingen motpartrisiko for de handlende. Partene har heller ingen direkte kontakt med hverandre. Resultatet for rederiet og oljeprodusenten er oppsummert i tabell 2.2.

Tabell 2.2: Hedging med Imarex futures

Reder	Oljeprodusent
Spotmarkedet	Spotmarkedet
Rederen har hatt fordel av høye rater i januar. Mens februar til april var preget av et svakere spotmarkedet. I april steg spotmarkedet betraktelig.	Oljeprodusenten drar fordel av lave fraktrater i februar til april. De øvrige månedene var fraktmarkedet og fraktkostnadene betydelig høyere.
Imarex	Imarex
Januar Solgt: 260 lots x 1.000 mt/lot x \$16,99,28 x WS 188/100 = 8.158.072 Closing: 260 lots x 1.000 mt/lot x \$16,99 x WS 179/100 = 7.767.526 Gevinst på futures: = 390.546	Januar Kjøpt: 260 lots x 1.000 mt/lot x \$16,99,28 x WS 188/100 = 8.158.072 Closing: 260 lots x 1.000 mt/lot x \$16,99 x WS 179/100 = 7.767.526 Gevinst på futures: = -390.546
Februar Solgt: 260 lots x 1.000 mt/lot x \$16,99 x WS 126/100 = 5.467.644 Closing: 260 lots x 1.000 mt/lot x \$16,99 x WS 114/100 = 4.946.916 Gevinst på futures: = 520.728	Februar Kjøpt: 260 lots x 1.000 mt/lot x \$16,99 x WS 126/100 = 5.467.644 Closing: 260 lots x 1.000 mt/lot x \$16,99 x WS 114/100 = 4.946.916 Gevinst på futures: = -520.728
Mars Solgt: 260 lots x 1.000 mt/lot x \$16,99 x WS 104/100 = 4.512.976 Closing: 260 lots x 1.000 mt/lot x \$16,99 x WS 106/100 = 4.599.764 Gevinst på futures: = -86.788	Mars Kjøpt: 260 lots x 1.000 mt/lot x \$16,99 x WS 104/100 = 4.512.976 Closing: 260 lots x 1.000 mt/lot x \$16,99 x WS 106/100 = 4.599.764 Gevinst på futures: = 86.788
April Solgt: 260 lots x 1.000 mt/lot x \$16,99 x WS 89/100 = 3.862.066 Closing: 260 lots x 1.000 mt/lot x \$16,99 x WS 102,5/100 = 4.447.885 Gevinst på futures: = -585.819	April Kjøpt: 260 lots x 1.000 mt/lot x \$16,99 x WS 89/100 = 3.862.066 Closing: 260 lots x 1.000 mt/lot x \$16,99 x WS 102,5/100 = 4.447.885 Gevinst på futures: = 585.819
Mai Solgt: 260 lots x 1.000 mt/lot x \$16,99 x WS 84/100 = 3.645.096 Closing: 260 lots x 1.000 mt/lot x \$16,99 x WS 199,25/100 = 8.646.255 Gevinst på futures: = -5.001.159	Mai Kjøpt: 260 lots x 1.000 mt/lot x \$16,99 x WS 84/100 = 3.645.096 Closing: 260 lots x 1.000 mt/lot x \$16,99 x WS 199,25/100 = 8.646.255 Gevinst på futures: = 5.001.159
Konklusjon:	Konklusjon
Ved å selge futures igjennom Imarex har rederen fått hedget seg mot et svakere fraktmarkedet han anså som et sannsynlig utfall. Rederen har oppnådd en mer forutsigbar kontantstrøm.	Ved å kjøpe fraktfutures har oljeprodusenten fått hedget seg mot endringer i fraktratene og oppnådd en forutsigbar fraktkostnad ut mai.
Tap for skipseier: 4.762.492 Gevinst for oljeprodusent: 4.762.492	

Det antas at OPEC hadde kun et marginalt produksjonskutt på et møte i januar med det resultat at fraktratene holdt seg sterkere enn det rederiet forventet. Rederiet profiterte fortsatt på januar- og februarkontraktene. I slutten av april økte OPEC uventet produksjonen med det resultat at spot- og futureprisene steg kraftig. Rederiet solgte TD3 maikontraktene for 84 Worldscale poeng. Ved closing 20. mai var de kvotert til 199,25 Worldscale poeng. Dette påførte rederiet et tap på 5 millioner dollar, mens oljeprodusenten hadde en tilsvarende gevinst. Gevinsten ved bruk av derivater kan imidlertid ikke bare måles i rene finansielle gevinster. Et annet viktig element er reduksjonen i risikoen partene kan oppnå ved korrekt bruk av derivater. Videre i oppgaven vil nettopp dette diskuteres.

3. Introduksjon til forward- og futuremarkeder

Fremtidige priser på varer og tjenester er vanskelig å forutse da priser kvotert i markedet har stokastiske egenskaper. Dette fører til at priser generelt er volatile i varierende grad. Aktører eksponert for de volatile prisene opplever usikkerhet knyttet til fremtidige innbetalinger eller utbetalinger avhengig av eksponeringen mot markedet. Gjennom fremtidsmarkedet kan aktørene i dag bestemme hva de i fremtiden skal betale eller selge en vare eller tjeneste for. Dette fremtidsmarkedet kan brukes for å redusere risikoen (hedging) eller til å øke risikoen (spekulere). Man deler fremtidskontrakter inn i forwards og futures.

3.1 Forward- og futurekontrakter

Forwardkontrakter er en *bilateral* avtale om kjøp eller salg av et bestemt produkt eller tjeneste med levering i fremtiden til en pris fastsatt i dag. Det faktum at avtalen er bilateral gjør avtalen fleksibel da den kan skreddersys etter behov.

Futurekontrakter er en *standardisert* avtale om kjøp eller salg av et bestemt produkt eller tjeneste med levering i fremtiden til en pris fastsatt i dag. Futurekontrakter er standardiserte i den forstand at alle vilkår i avtalen er forhåndsbestemte og ufravikelige. Det eneste som blir bestemt i markedet er prisen. Denne oppgaven analyserer futurekontrakter.

Man kan tenke seg at oljeprodusenten presentert i avsnitt 2.5 skal sende av gårde produksjonen fra Den arabiske golf til Japan. Produsenten er dermed short i frakt av råolje. For å hedge denne korte eksponeringen henvender oljeprodusenten seg til en megler som vil kjøpe en futurekontrakt på vegne av produsenten. Den lange posisjonen i futurekontrakten vil hedge den korte posisjonen som oppstår gjennom produksjonen. I forbindelse med inngåelsen av kontrakten vil oljeprodusenten betale inn en margin, av pålydende på futurekontrakten, til en marginkonto. Deretter vil det foregå et daglig oppgjør av gevinst/tap på futurekontraktene gjennom denne kontoen. Hvis innestående beløp skulle falle under en fastsatt grense, kalt vedlikeholdsmarginen, vil oljeprodusenten bli bedt om å betale inn et beløp slik at disponibelt beløp på konto blir lik innestående på marginkontoen ved inngåelse av kontrakten. Hvis dette ikke blir gjort, vil megler lukke futurekontrakten ved å selge den i markedet.

I futuremarkeder eksisterer det clearinghus som fungerer som mellomledd mellom kjøper og selger. Clearinghuset garanterer for alle transaksjoner som foregår i futuremarkedet og eliminerer således kredittrisikoen i forbindelse med transaksjonene. For å handle i futuremarkedet må man være medlem av clearinghuset. Det blir foretatt daglige justeringer av gevinst/tap på posisjonene gjennom en marginkonto. Men i motsetning til forholdet mellom megler og oljeprodusenten beskrevet ovenfor eksisterer det ikke noen vedlikeholdsmargin for medlemmer av clearinghuset.

3.1.1 Prising av futurekontrakter

Futurekontrakter kan ha et investeringsverdipapir eller konsumeringsprodukt som underliggende. Investeringsverdipapirer er verdipapirer som holdes av tilstrekkelig mange investorer for investeringsformål. Aksjer og obligasjoner hører under denne kategorien. Konsumverdipapirer er verdipapirer som holdes primært med formål for fremtidig konsum av varen eller tjenesten. Eksempler på dette er jernmalm og alumina.

Felles for begge typer futurekontrakter er at de kan replikeres gjennom å benytte det fysiske markedet. Det er for eksempelvis mulig å konstruere en syntetisk futurekontrakt på en aksje gjennom å kjøpe $e^{-\delta T}$ enheter av underliggende aksje og låne $S_0 e^{-\delta T}$ til risikofri rente. S_0 er her aksjeprisen på tidspunkt null. e er grunntallet til den naturlige logaritmen. δ er avkastningskravet og T er tid. Ved å kombinere den lange syntetiske futuren med en kort posisjon i futuren kan det bevises at følgende sammenheng må være sann for å unngå arbitrasjemuligheter i markedet. (McDonald 2006)

$$F_{0,T} = S_0 e^{(r-\delta)T} \quad (3.1)$$

$F_{0,T}$ er futureprisen i dag på levering av underliggende på tidspunkt T , og r er risikofri rente. Hvis høyreside er større eller mindre enn venstreside vil en investor kunne realisere en arbitrasjegevinst.¹³ For konsumeringsverdipapirer blir situasjonen mer komplisert da underliggende til futurekontrakten må lagres fysisk for å konstruere en syntetisk futurekontrakt. Videre ønsker produsenter som oftest å holde det fysiske produktet fremfor en finansiell kontrakt. Dette kommer av at produsentene vil

¹³ For en mer utdypende utledning henviser jeg til McDonald (2006) tabell 5.3 – 5.7

oppleve en egenverdi knyttet til den fysiske råvaren i forhold til futurekontraktene. Denne egenverdien oppstår ved at produsenten kan utnytte råvaren mer effektivt enn andre aktører, og at besittelse av varen reduserer sannsynligheten for kostbar produksjonsstans.

Fraktfuturene på Imarex skiller seg ut ved at de underliggende frakttjenestene ikke kan lagres. Et skips tjenester er disponible i markedet for en gitt periode. Blir ikke skipet utleid i den aktuelle perioden, vil verdien av tjenestene for denne perioden forsvinne. Frakttjenesten kan ikke overføres til en annen periode. Imidlertid vil et skip gi en opsjon på å tilby en frakttjeneste i dag eller i fremtiden. Det kan da argumenteres for at et skip indirekte lagrer frakttjenesten. For å replikere en lang fraktfuture må man kjøpe et skip og låne et visst beløp til risikofri rente som beskrevet ovenfor. For rute TD3 er underliggende skip en VLCC på 260.000 MT med en nybyggpris i underkant av 100 millioner dollar¹⁴. Kjøp av et slikt skip er en lang og komplisert prosess med store transaksjonskostnader. I praksis er det dermed ikke mulig å benytte det fysiske markedet for å replikere futurekontrakten. Følgelig kan ikke arbitrasjeargumenter benyttes for å prise fraktfuturene.

Kavussanos og Visvikis (2006) beskriver forholdet mellom spot- og futurepriser til varer og tjenester som ikke kan lagres påfølgende måte:

$$F_t = E_t(S_{t+i}) + \varepsilon_t \quad ; \quad \varepsilon_t \sim iid(0, \sigma^2) \quad (3.2)$$

I ligning 3.2 har feilleddet en forventningsverdi lik null, og futureprisen i dag er dermed lik markedets forventninger til fremtidige spotpriser. Når fraktmarkedet observeres, vil man imidlertid oppdage at dette forholdet ikke alltid stemmer 100 prosent. Dette blir fanget opp i feilleddet. Undersøkelser av Kavussanos og Visvikis et al. (2005) viser at futureprisene er forventningsrette estimatorer for 1,2 og delvis 3-måneders spotpriser. Utover dette blir det meget vanskelig å forutse fremtidige spotpriser. Kavussanos og Visvikis (2006) hevder at når markedsaktørene vurderer rettferdig pris på en futurekontrakt vil de vurdere hvordan spotmarkedet vil utvikle seg frem mot utløp av futurekontrakten. Forventningene om hvordan spotprisen vil utvikle seg dannes på grunnlag av tilgjengelig informasjon i markedet. Når ny informasjon blir tilgjengelig, påvirkes forventningene om

¹⁴ Prisen er hentet fra Platou Monthly for oktober 2009.

fremtidens spotmarked, som igjen påvirker dagens futurepris. Summen av alle markedsaktørers forventninger danner futureprisen man kan observere i markedet.

Forholdet mellom spot- og futurepriser beskrevet ovenfor gjelder for alle markeder. Andre futuremarkeder med lagerbare produkter kan imidlertid benytte seg av de teoretiske prisningsformlene, utledet av arbitrasjeargumenter, for å vurdere om prisen i markedet fremstår som fornuftig. Dette er vanskelig i fraktratemarkedet. Man vet at alle aktørenes aggregerte forventninger til fremtidig spotpris danner markedets futurepris. Men dette gir lite muligheter til å avstemme markedspris mot en teoretisk markedspris. Ligning 3.2 sier imidlertid ikke at det er umulig å modellere fremtidige futurepriser algebraisk. I McDonald (2006) fremsettes følgende ligning for futureprisen til et ikke-lagerbart produkt:

$$F_{0,T} = E_0(S_T)e^{(r-\alpha)T} \quad (3.3)$$

Ligning 3.3 sier at futureprisen i dag, på levering av en råvare på tidspunkt T er lik forventet spotpris på råvaren på tidspunkt T, neddiskontert med et passende avkastningskrav lik α , multiplisert med risikofrirente, r . McDonald (2006) sier videre at å implementere ligning 3.3 i praksis er utfordrende grunnet vanskelighetene med å estimere fremtidige spotpriser og anslå et passende avkastningskrav. I studier om fraktratemarkedet foretatt av Kavussanos et al blir futureprisene forklart ved hjelp av ligning 3.2.

Det er mulig å konstruere forwardkurver i fraktratemarkedet ut i fra noterte futurekontrakter. Det eksisterer dermed en sammenheng mellom futurepris i dag og forventet futurepris i fremtiden, som det er mulig å lese ut av forwardkurven i et effektivt marked. Eksempelvis vil forventet pris på en 1-månederskontrakt om 1 måned kunne estimeres hvis man kjenner prisen på en 1- og 2-måneders futurekontrakt i dag. Jeg vil ikke gå videre inn på prisningen av futurekontraktene siden det ligger utenfor målsetningen med denne oppgaven.

3.2 Hedging med fraktderivater

Man kan tenkes at en eier av en Panamax inngår en avtale om å frakte kull fra Australia til Kina om to måneder. Skipseieren ønsker å hedge sin korte eksponering i det fysiske markedet. Rederen må dermed bestemme seg for hvilken type futurekontrakt han skal benytte. Et viktig poeng er at underliggende i futurekontrakten skal være mest mulig korrelert med den fysiske eksponeringen i fraktmarkedet. Videre må skipsrederen bestemme løpetiden på futurekontrakten. Finansiell teori inngående beskrevet i Hull (2006) sier at futureprisen vil nærme seg tilhørende spotprisen over tid. Dette fører til at basisrisikoen¹⁵ øker jo større avstanden er mellom utløpsdato på futurekontrakten og planlagt hedgeperiode. I praksis velges derfor en løpetid på futurekontrakten som er marginalt lengre enn hedgeperioden. En forutsetning for at denne strategien skal fungere er at det finnes futurekontrakter med lang nok løpetid og med tilstrekkelig likviditet. Ved Imarex er det større likviditet, og dermed effektivitet, for futurekontraktene med kort løpetid. Av den grunn vil det være fordelaktig for skipsrederen beskrevet ovenfor å rullere korte kontrakter¹⁶ fortløpende over hedgeperioden.

3.2.1 Basisrisiko

Problemene beskrevet ovenfor danner grunnlag for basisrisiko som defineres på følgende måte: Basisrisiko = Spotpris på verdipapiret som blir hedget – Futurepris på benyttet kontrakt. Man kan skrive basisrisiko som:

$$b_1 = S_1 - F_1 \text{ og } b_2 = S_2 - F_2 \quad (3.4)$$

b_1 og b_2 er basisrisikoen på tidspunkt 1 og 2. Tidspunkt 1 er tidspunktet for inngåelsen av futurekontrakten. Tidspunkt 2 er tidspunktet for oppgjør av futurekontrakten. S_1, S_2, F_1 og F_2 er spot- og futureprisene på tidspunkt 1 og 2. Skipsrederen beskrevet ovenfor må ta hensyn til gevinst/tap forbundet med futurekontrakten når han beregner den effektive prisen han oppnår i markedet. Formelt kan dette uttrykkes som:

$$\text{Effektiv pris} = S_2 + F_1 - F_2 = F_1 + b_2 \quad (3.5)$$

¹⁵ For en beskrivelse av basisrisiko se avsnitt 3.2.1

¹⁶ Med korte kontrakter mener vi her kontrakter med 1-måneders løpetid. Kontrakter med 2 og 3-måneders løpetid vil også være tilfredsstillende, men ikke i like stor grad som 1-månederskontraktene. Se avsnitt 5.1 for en nærmere diskusjon av lengden på futurekontraktene.

Siden F_1 er kjent i dag er usikkerheten forbundet med b_2 . Jeg har ovenfor implisitt tatt utgangspunkt i at underliggende til futuren er lik eksponeringen i spotmarkedet. Dette er imidlertid ikke nødvendigvis tilfelle i praksis. Ved å definere S_2^* som prisen på underliggende til futurekontrakten på tidspunkt 2 kan ligning 3.5 skrives om til følgende:

$$\text{Effektiv pris} = F_1 + (S_2^* - F_2) + (S_2 - S_2^*) \quad (3.6)$$

$(S_2^* - F_2)$ representerer basisrisikoen man ville hatt om underliggende i futurekontrakten og spotmarkedet var lik hverandre. $(S_2 - S_2^*)$ representerer basisrisikoen som oppstår på grunn av forskjellig underliggende i futurekontrakten og eksponeringen i spotmarkedet. En høy korrelasjon mellom underliggende til futurekontrakten og eksponeringen i spotmarked vil redusere basisrisikoen.

3.2.2 Hedgeratio

Antall futurekontrakter som kjøpes i forhold til antall enheter i det fysiske spotmarkedet blir kalt hedgeratioen. Ligning 3.7 uttrykker hedgeratioen algebraisk. N_F er antall futurekontrakter. N_A er antall enheter i spotmarkedet.

$$h = \frac{N_F}{N_A} \quad (3.7)$$

I hedgeteoriens begynnelse ble det antatt at hedgeren bør gå inn i futuremarkedet med en posisjon identisk med eksponeringen i spotmarkedet, men med et motsatt fortegn. En befrakter med en kort posisjon i spotmarkedet tilsvarende 200 C4-kontrakter vil hedge seg ved å gå lang i 200 C4-kontrakter, gitt at han følger dette tradisjonelle synet. Dette kalles 1:1 hedging. Svakheten med denne metodikken er at man antar at spot- og futureprisene endres i like stor grad. Dette er ikke nødvendigvis tilfelle, og kan føre til lite effektive hedgeratioer. Working (1953) utfordret det tradisjonelle synet om at hedgere utelukkende søker å minimere risiko ved å ta utgangspunkt i at hedgere hadde profittmaksimering som dominerende motiv. Videre hevder han at aktører i markedet er interessert i relative, ikke absolutte, prisendringer. Working hevdet at mesteparten av hedgingen blir gjort på grunnlag av forventninger om endringer i spot-future prissammenhengen. En

skipsreder som operer innenfor dette teoretiske rammeverket, vil hedge inntektene sine hvis han mener at futureprisen i dag er høyere enn forventet spotpris i fremtiden. Skipsrederen introdusert i avsnitt 2.5 kan sies å følge dette synet. Det store gjennombruddet kom ved introduksjonen av moderne porteføljeteori av Markowitz (1952). Dette tillot Johnsen (1960) og Stein (1961) å kombinere det risikoaverse tradisjonelle synet med Workings profittmaksimerende syn. De hevder at man kjøper eller selger futurekontrakter med de samme risiko-avkastning-forventinger som når man handler andre verdipapirer. I 1979 publiserte Ederington en artikkel hvor han ut i fra teorien om minimum varians porteføljen (MVP) utleder minimum varians hedgeratioen (MVHR) og hedgeeffektiviteten. Videre benytter Ederington (1979) en lineær regresjonsmodell til å bestemme MVHR og hedgeeffektiviteten. Dette kommer jeg tilbake til i kapittel 4 og 5.

3.2.3 Minimum varians hedgeratioen

I dette avsnittet vil jeg presentere utledningen av minimum varians hedgeratioen slik den fremstår i appendiks til kapittel 3 i Hull (2006). Utledningen er tilpasset denne oppgaven ved at jeg tar utgangspunkt i rederen beskrevet i avsnitt 2.5. Rederen planlegger å selge frakttjenester tilsvarende N_A lots på tidspunkt t_2 . I det praktiske eksemplet ble fraktfuturene solgt med hensikt å profitere på fallende spotpriser ved å benytte 1:1 hedging. Rederen ønsker nå å minimere variansen til kontantstrømmen og hedger seg på tidspunkt t_1 ved å utstede N_F futurekontrakter.

Profitten på tidspunkt t_2 er da gitt ved:

$$Y = S_2 N_A - (F_2 - F_1) N_F \quad (3.8)$$

Dette kan skrives om til:

$$Y = S_1 N_A + \Delta S \times N_A - \Delta F \times N_F \quad (3.9)$$

Ved å sette hedgeratioen, ligning 3.7, inn i 3.9 får man:

$$Y = S_1 N_A + N_A (\Delta S - h \Delta F) \quad (3.10)$$

Siden S_1 og N_A er kjent ved tidspunkt t_1 kan endringen i Y , over hedgeperioden, tilskrives $(\Delta S - h \Delta F)$ ¹⁷. Ved å minimere dette leddet vil variansen i ligning 3.8 minimeres. Variansen til $(\Delta S - h \Delta F)$ kan skrives som:

$$Var(\Delta S) + h^2 Var(\Delta F) - 2h \times Cov(\Delta S, \Delta F) \quad (3.11)$$

eller

$$\sigma_H^2 = \sigma_{\Delta S}^2 + h^2 \sigma_{\Delta F}^2 - 2h\rho\sigma_{\Delta S}\sigma_{\Delta F} \quad (3.12)$$

σ_H^2 referer her til variansen til den hedgede porteføljen. Ved å derivere σ_H^2 med hensyn på hedgeratioen får man følgende uttrykk:

$$\frac{\partial \sigma_H^2}{\partial h} = 2h\sigma_{\Delta F}^2 - 2\rho\sigma_{\Delta S}\sigma_{\Delta F} \quad (3.13)$$

Ved å sette uttrykket lik null og løse med hensyn på h får man:

$$h = \rho \frac{\sigma_{\Delta S}}{\sigma_{\Delta F}} \quad (3.14)$$

¹⁷ Ved å gå lang i future og short i tilhørende underliggende vil endringen i Y forklares ved $(h\Delta F - \Delta S)$. Variansen til Y vil være uendret.

Uttrykket ovenfor minimerer variansen til den hedgede porteføljen og kalles minimum varians hedgeratioen, eventuelt den optimale hedgeratio. Uttrykket kan skrives om til kovariansen mellom endring i spotprisen og endring forwardprisen i forhold til variansen til endring i forwardprisen:

$$h = \frac{Cov(\Delta S, \Delta F)}{Var(\Delta F)} \quad (3.15)$$

3.2.4 Hedgeeffektivitet

Hedgeeffektiviteten måles som prosentvis endring i varians som oppnås ved å holde en hedget portefølje kontra en uhedget portefølje. Hedgeeffektiviteten uttrykkes på følgende måte:

$$e = 1 - \frac{Var(Hedget\ portefølje)}{Var(Uhedget\ portefølje)} \quad (3.16)$$

Når hedgeeffektiviteten bestemmes ex post tar man implisitt utgangspunkt i at minimum varians hedgeratioen har blitt benyttet. Hedgeeffektiviteten til et derivat bestemt ex post er dermed et uttrykk for derivatets potensial for risikoreduksjon. Det er ingen garanti for å oppnå en reduksjon i variansen lik hedgeeffektiviteten bestemt ex post når derivatet benyttes til hedging i en annen fremtidig periode. Graden av suksess avhenger av at den benyttede hedgeratioen er lik optimal hedgeratio ex post.

Ved å sette det algebraiske uttrykket for variansen til en hedget portefølje, ligning 3.12, og en uhedget portefølje inn i ligning 3.16 får man følgende uttrykk:

$$e = 1 - \frac{\sigma_{\Delta S}^2 + h^2 \sigma_{\Delta F}^2 - 2h\rho\sigma_{\Delta S}\sigma_{\Delta F}}{\sigma_{\Delta S}^2} = \frac{-h^2 \sigma_{\Delta F}^2 + 2h\rho\sigma_{\Delta S}\sigma_{\Delta F}}{\sigma_{\Delta S}^2} \quad (3.17)$$

Nå settes optimal hedgeratio, fra ligning 3.14, inn i ligning 3.17. Deretter forenkles uttrykket og man står igjen med at hedgeeffektiviteten er lik ρ^2 :

$$e = \frac{\frac{-\rho^2 \sigma_{\Delta S}^2}{\sigma_{\Delta F}^2} \sigma_{\Delta F}^2 + \frac{2\rho^2 \sigma_{\Delta S}^2 \sigma_{\Delta F}}{\sigma_{\Delta F}}}{\sigma_{\Delta S}^2} = \frac{-\rho^2 \sigma_{\Delta S}^2 + 2\rho^2 \sigma_{\Delta S}^2}{\sigma_{\Delta S}^2} = \rho^2 \quad (3.18)$$

ρ^2 er korrelasjonskoeffisienten mellom endring i spotprisene og futureprisene. Dette kan uttrykkes på følgende måte:

$$e = \rho^2 = \left(\frac{Cov(\Delta S, \Delta F)}{Var(\Delta S)Var(\Delta F)} \right)^2 \quad (3.19)$$

4. Statistiske modeller og hedging

I denne delen av oppgaven vil statistisk teori som er nødvendig for forståelsen og løsningen av oppgaven bli presentert. Teorien presentert i dette kapittelet er hovedsakelig hentet fra *Introductory Econometrics for Finance* av Chris Brooks (2008). For en utdypning av teorien presentert i dette kapittelet vil jeg henviser leseren til Brooks (2008) eller refererte artikler nevnt i kapittelet.

4.1 Lineær regresjon og hedging

Den klassisk lineære regresjonsmodellen (CLRM¹⁸) er en av de mest benyttede modellene i økonometrien. Brooks (2008) uttrykker CLRM algebraisk på følgende måte:

$$y_t = \alpha + \beta x_t + u_t \quad (4.1)$$

y_t kalles den avhengige variabelen, og x_t den uavhengige variabelen. α er en konstant, β er regresjonskoeffisienten, ofte kalt stigningstallet, og u_t er feilleddet. En CLRM kan benyttes til å finne optimal hedgeratio og hedgeeffektiviteten til et derivat. Første steg er å konstruere en regresjonsmodell med endring i spotpris som den avhengige variabelen og endring futurepris som den uavhengige variabelen:

$$\Delta S_t = \alpha + \beta \Delta F_t + u_t \quad (4.2)$$

Regresjonsmodellen konstruerer en regresjonslinje som tilpasser seg residualene til ΔS og ΔF . Tilpasningsmetoden regner ut vertikal avstand fra residualene til regresjonslinjen, opphøyer denne avstanden i andre, for deretter å minimere den totale summen av opphøyde verdier. Denne metoden er kjent som minste kvadrats metode¹⁹ Formelt minimaliseres en tapsfunksjon som skrives på følgende måte (Brooks 2008):

¹⁸ Classical Linear Regression Model

¹⁹ OLS – ordinary least squares på engelsk.

$$L = \sum_{t=1}^T (y_t - \hat{y}_t)^2 = \sum_{t=1}^T (y_t - \hat{\alpha} - \hat{\beta}x_t)^2 \quad (4.3)$$

Brooks (2008) viser at ved å derivere tapsfunksjonen med hensyn på $\hat{\beta}$ får man at stigningstallet er lik:

$$\hat{\beta} = \frac{\sum(x_t - \hat{x}_t)(y_t - \hat{y}_t)}{\sum(x_t - \hat{x}_t)} = \frac{Cov(x, y)}{Var(x)} \quad (4.4)$$

Benyttet notasjonen i ligning 4.2 kan man skrive stigningstallet som:

$$\hat{\beta} = \frac{Cov(\Delta S, \Delta F)}{Var(\Delta F)} \quad (4.5)$$

Ligning 4.5 er lik uttrykket for minimum varians hedgeratioen, ligning 3.15. Det vil si at stigningstallet i en regresjonsligning kan tolkes som minimum varians hedgeratioen når regresjonsligningen blir modellert som i ligning 4.2.

Hvor godt regresjonsmodellen er tilpasset datamaterialet måles som andelen av variansen i datasettet som blir forklart gjennom regresjonsmodellen. Dette måletallet kalles "forklaringsgraden til regresjonsmodellen"²⁰ og skrives som R^2 . Ligning 4.6 er hentet fra Brooks (2008) og uttrykker R^2 algebraisk.

$$R^2 = \frac{ESS}{TSS} = 1 - \frac{RSS}{TSS} = 1 - \frac{\sum_t (y_t - \hat{y}_t)^2}{\sum_t (y_t - \bar{y}_t)^2} \quad (4.6)$$

²⁰ På engelsk heter det: Goodness of fit eller Coefficient of determination adjusted for degrees of freedom.

TSS er den kvadrerte summen av alle observasjoner av den avhengige variabelen minus gjennomsnittsverdien til den avhengige variabelen. TSS kan deles i to deler: andelen som har blitt forklart av modellen (ESS) og andelen som ikke har blitt forklart av modellen (RSS). Ved å benytte notasjonen brukt i regresjonsmodell 4.2 får man at TSS er lik:²¹

$$TSS = \sum_t (\Delta S_t - \Delta \bar{S}_t)^2 \quad (4.7)$$

Dette er uttrykket for variansen til en uhedget portefølje. Videre er det nevnt at hedgeeffektiviteten er et mål på reduksjonen i varians ved å holde den hedgede porteføljen kontra den uhedgede. Variansen til den hedgede porteføljen kan tolkes som variansen regresjonsmodellen ikke klarte å forklare, med andre ord RSS. Overstående drøfting fører til at man kan skrive om R^2 til følgende:

$$R^2 = 1 - \frac{Var(Hedget\ portefølje)}{Var(Uhedget\ portefølje)} \quad (4.8)$$

I avsnitt 3.2.4 er hedgeeffektiviteten beskrevet på samme måte som i ligning 4.8. I denne sammenheng er følgelig R^2 lik hedgeeffektiviteten. For en algebraisk utledning av sammenhengen mellom R^2 og hedgeeffektivitet henviser jeg til Ederington (1979).

Når man benytter CLRM til å bestemme hedgeeffektivitet og hedgeratio, er det viktig å være klar over svakhetene ved denne metodikken. Flere av svakhetene kan kompenseres for ved å utvide CLRM. Neste del av oppgaven vil ta for seg forutsetninger, svakheter og forbedringer til den klassiske lineære regresjonsmodellen. Avsnittet om forutsetninger til CLRM bygger på kapittel 4 i Brooks (2008).

²¹ TSS = Total Sum of Squares. EES = Explained Sum of Squares. RSS = Residual Sum of Squares

4.2 Forutsetninger CLRM

Lineær regresjon baserer seg på fem antagelser om feilleddet u_t . Når antagelsene en til fire er oppfylt, vil koeffisientene $\hat{\alpha}$ og $\hat{\beta}$ i en klassisk lineær regresjonsmodell være *beste lineære forventingsrette estimatorer*²² for de virkelige verdiene til α og β . Med forventningsrette estimatorer mener man at $\hat{\alpha}$ og $\hat{\beta}$ i gjennomsnitt vil være lik de virkelige verdiene. Dette gjør at man er i stand til å trekke slutninger om en hel populasjon basert på et representativt utvalg av populasjonen. I ordet beste ligger det at $\hat{\beta}$ har minst varians av andre mulige estimatorer. Man minimerer dermed sannsynligheten for at $\hat{\beta}$ er langt unna β . Dette maksimerer sannsynligheten for at $\hat{\beta}$ er lik den virkelige β .

4.2.1 Forutsetning 1

Den første forutsetningen er at forventet verdi på feilleddet er lik null. Dette skrives på følgende måte:

$$E(u_t) = 0$$

I følge Brooks (2008) vil det å inkludere et konstantledd i regresjonsligningen alltid føre til at forutsetningen holder. Hvis modellen krever at konstantleddet utelates tvinges, regresjonsligningen gjennom origo. Det er da en fare for at $E(u_t) \neq 0$. Konsekvensen av at denne forutsetningen brytes er at $\hat{\beta}$ ikke lenger er en forventingsrett estimator for β . Videre vil R^2 kunne få negative verdier. I modeller hvor forutsetning 1 brytes vil forklaringsgraden til modellen, R^2 , ofte være meningsløs når stigningskoeffisienten ikke lenger er forventingsrett.

4.2.2 Forutsetning 2

Den andre forutsetningen sier at variansen til feilleddet skal være konstant over tid. Dette kalles homoskedastisitet og uttrykkes på følgende måte:

$$var(u_t) = \sigma^2 < \infty$$

Hvis variansen varierer har man en tilstand med heteroskedastisitet. Heteroskedastisitet kan komme i to varianter. Variansen øker systematisk med en av forklaringsvariablene. Dette kalles generell heteroskedastisitet. Eventuelt kan variansen til feilleddet endres over tid istedenfor å endres

²² Best Linear Unbiased Estimator (BLUE)

systematisk med en av forklaringsvariablene. Dette fenomenet kalles autoregressiv betinget heteroskedastisitet (ARCH²³).

Ved feilaktig å anta at heteroskedastisitet ikke eksisterer vil konsekvensene være at OLS-estimatorene ikke lenger er BLUE. Eventuelle slutninger man trekker angående estimatorene kan da være feilaktige. OLS-estimatorene vil imidlertid fortsatt være forventningsrette. For å teste for generell heteroskedastisitet benyttes Whites test. Nullhypotesen antar at variansen til feilleddet er uavhengig av OLS-estimatorene. Testen er χ^2 -fordelt med antall frihetsgrader lik antall lags man benytter i modellen.²⁴

Brooks (2008) slår fast at i finansielle tidsserier er det en tendens til at volatiliteten er positivt korrelert med volatiliteten i foregående periode. Det vil si at store (små) prisendringer vil bli etterfulgt av store (små) prisendringer. En plausibel forklaring på dette fenomenet er at ny informasjon entrer markedet uventet og ofte i bolker, i motsetning til i en jevn strøm. Ifølge finansteori er informasjon prisdrivende. Følgelig vil volatiliteten være større i perioder hvor ny informasjon entrer markedet.

Man kan benytte Engles ARCH LM-test²⁵ for å teste om ARCH er tilstede i en tidsserie. Nullhypotesen hevder at for alle q -steg bakover i tid for residualene til feilleddet er tilhørende koeffisienter ikke signifikant forskjellig fra null. Når ARCH er tilstede i en lineær regresjonsmodell, kan et godt alternativ være å benytte en ikke-lineær ARCH-modell. Jeg kommer tilbake til dette i avsnitt 4.4.

4.2.3 Forutsetning 3

Den tredje forutsetningen er at feilleddene er ukorrelerte med hverandre. Dette skrives på følgende måte:

$$\text{cov}(u_i, u_j) = 0 \text{ for } i \neq j$$

²³ På engelsk: Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (ARCH)

²⁴ Se Box 4.1 i Brooks (2008) for en nærmere forklaring av White's test.

²⁵ Se Box 8.1 i Brooks (2008) for en nærmere forklaring

Hvis dette ikke er tilfelle sier man at feilleddene er autokorrelerte eller seriekorrelerte.

Autokorrelasjon er enten positiv eller negativ. For positiv autokorrelasjon vil en høy (lav) verdi av feilleddet på tidspunkt 1 mest sannsynlig bli etterfulgt av en høy (lav) verdi på tidspunkt 2. Ved negativ autokorrelasjon vil en høy verdi mest sannsynlig bli etterfulgt av en lav verdi. Konsekvensene av å ignorere autokorrelasjon er at estimatorene ikke lenger er BLUE, selv ved store populasjoner.

Ved positiv autokorrelasjon mellom residualene til feilleddet vil estimatorene til OLS standardavviket bli undervurdert i forhold til faktisk OLS standardavvik. Det vil si at volatiliteten blir undervurdert.

Dette vil føre til stor sannsynlighet for at R^2 blir overvurdert.²⁶ Dette er særlig aktuelt i denne oppgaven da R^2 er ekvivalent med hedgeeffektiviteten.

For å teste for autokorrelasjon benyttes ofte Breusch-Godfrey test om det er autokorrelasjon mellom feilleddet opp til r -lags bakover i tid. Modellen for feilleddene er ifølge Brooks (2008):

$$u_t = \rho_1 u_{t-1} + \rho_2 u_{t-2} + \dots + \rho_r u_{t-r} + v_t, \quad v_t \sim N(0, \sigma_v^2) \quad (4.9)$$

Nullhypotesen og alternativ hypotesen er:

$$H_0: \rho_1 = 0, \rho_2 = 0 \dots \rho_r = 0$$

$$H_1: \rho_1 \neq 0, \rho_2 \neq 0 \dots \rho_r \neq 0$$

Et problem med denne testen er å bestemme hvor mange steg tilbake man skal teste for, representert ved r . I praksis bestemmes r på grunnlag av egenskapene til datasettet. Har man månedelige data benyttes ofte $r = 12$. For ukentlige data blir da r satt til 52 osv.

²⁶ Vi har at $R^2 = 1 - \frac{RSS}{TSS} = 1 - \frac{\sum_t \hat{u}_t^2}{\sum_t (y_t - \hat{y}_t)^2}$

Ved positiv autokorrelasjon vil telleren bli undervurdert noe som øker verdien til R^2 .

4.2.4 Forutsetning 4

Den fjerde forutsetningen er at den uavhengige variabelen ikke skal være stokastisk. Dette kan uttrykkes på følgende måte:

$$\text{Cov}(u_t, x_t) = 0$$

Hvis x_t er stokastisk vil OLS-estimatorene fortsatt være konsistente og forventingsrette gitt at x_t ikke er korrelert med feilledet. Hvis x_t er positivt korrelert med feilledet vil en høy verdi i u_t gi en høy verdi av x_t . Når u_t er høy vil y_t være høy. Forklaring for den høye y_t -verdien vil feilaktig tilskrives den høye verdien til x_t , mens det i virkeligheten bare er en tilfeldighet som fanges opp i feilledet. Man vil da ha en situasjon hvor y_t implisitt forklarer regressoren, x_t , gjennom feilledet. Dette strider mot selve ideen bak regresjonsmodellen hvor man søker å forklare den avhengige variabelen y_t gjennom et sett uavhengige variabler x_t .

4.2.5 Forutsetning 5

Den femte forutsetning sier at feilledet skal være normalfordelt. Dette uttrykkes som:

$$u_t \sim N(0, \sigma^2)$$

Normalfordeling er nødvendig for å utføre hypotesetester om parameterne til regresjonsmodellen. En normalfordeling kjennetegnes ved en symmetrisk fordeling rundt gjennomsnittet til populasjonen. I hvilken grad populasjonen ikke er symmetrisk fordelt rundt gjennomsnittet til populasjonen måles gjennom skewness. Hvor feite halene til fordelingen er måles gjennom kurtosis. Basert på skewness og kurtosis utviklet Bera og Jarque en kvantitativ metode for å teste om en populasjon er normalfordelt. Testen heter Bera-Jarque, og kan enkelt utføres ved hjelp av statistiske programvarer.

4.3 Forbedringer til den klassiske lineære regresjonsmodellen

I praksis viser det seg at forutsetningene til den klassiske lineære regresjonsmodellen ofte brytes når man arbeider med finansielle tidsserier. Eksempelvis argumenterte Herbst et al. (1989) for at autokorrelasjon er et vanlig problem når den klassiske lineære regresjonsmodellen benyttes til utarbeidelse av optimale hedgeratioer. På grunn av svakhetene til den klassiske lineære regresjonsmodellen handler store deler av litteraturen i økonometrien om forbedringer og utvidelser av den klassiske lineære regresjonsmodellen. De påfølgende avsnittene vil ta for seg statistiske modeller og begrep som er relevante for denne oppgaven. De resterende avsnittene i kapittel 4 bygger på kapittel 5 til 8 i Brooks (2008) kombinert med noen utvalgte artikler innenfor økonometri.

4.3.1 Stasjonærhet og unit root-testing

I økonometrien omtales tidsserier som stasjonære eller ikke-stasjonære. En tidsserie er definert som stasjonær når gjennomsnittet, variansen og kovariansen er konstante og dermed tidsuavhengige. Tidsserien vil da ha null enhetsroter²⁷ og blir betegnet som $I(0)$.

Om en tidsserie er stasjonær eller ikke-stasjonær vil påvirke egenskapene og atferden til tidsserien. Eksempelvis vil et sjokk i en stasjonær tidsserie gradvis dø ut over tid. For en ikke-stasjonær tidsserie vil sjokket vedvare over tid og ikke miste sin påvirkningskraft på senere verdier.

Regresjon utført på ikke-stasjonære tidsserier kan føre til spuriøse sammenhenger ved at tidsseriene ved en tilfeldighet har høy korrelasjon. Ut i fra standard vurderingskriterier, som signifikansnivået til koeffisienten og R^2 , vil regresjonen vise seg som god selv om den er verdiløs. Videre vil standard forutsetningene for asymptotisk analyse være ugyldige. T-ratioer vil med andre ord ikke lenger følge en t-fordeling, F-verdier vil ikke ha en F-fordeling også videre. Hypotesetester vil dermed inneholde et stort usikkerhetsmoment, og i praksis være ubrukelige. Da hedgeratioen og hedgeeffektiviteten er gitt ved henholdsvis stigningstallet og forklaringsgraden til regresjonen er det ønskelig å konvertere ikke-stasjonære tidsserier om til stasjonære for å hindre spuriøse regresjoner. Dette lar seg gjøre ved å differensiere tidsserien. En ikke-stasjonær tidsserie som må differensieres n ganger for å bli en stasjonær $I(0)$ -serie, uten en enhetsrot, sies å være integrert av orden n og uttrykkes som $I(n)$.

²⁷ På engelsk: Unit root

Brooks (2008) beskriver hvordan teorien om effisiente markeder og rasjonelle økonomiske aktører tilsier at prisen på verdipapirer er stokastiske, og dermed kan modelleres med en random walk-modell²⁸, med eller uten drift. I praksis viser det seg dermed at finansielle tidsserier innehar en enhetsrot, $I(1)$. En fordel med denne type tidsserier er at man ikke behøver å ta hensyn til et eventuelt trendelement når tidsserien differensieres.²⁹ Fraktrater i shipping ble i avsnitt 2.3 beskrevet som volatile og notorisk vanskelig å predikere. De passer således godt inn i beskrivelsen ovenfor. Det virker dermed hensiktsmessig å differensiere S_t og F_t . Dette vil bli bekreftet i kapittel 5. En ulempe er at informasjon om et eventuelt langsiktig forhold mellom de to variablene vil gå tapt ved å differensiere dem.

4.3.2 Kointegrasjon

To tidsserier sies å være kointegrerte når tidsseriene hver for seg er ikke-stasjonære, men en lineær kombinasjon av tidsseriene er stasjonære. I praksis vil det si at både spot- og futureprisene vil kunne drifte av gårde uten noen forankring, men de vil ikke drifte langt fra hverandre. Det vil eksistere en langsiktig likevekt mellom variablene som de vil returnere til. Spot- og futureprisene er forventet å være kointegrerte siden de begge er priser på samme underliggende, bare på forskjellig tidspunkt. Hvis eksempelvis oljemarkedet er i contango³⁰ vil markedsaktørene kunne finne det lønnsomt å kjøpe olje spot, lagre oljen i VLCC'er, for deretter å selge oljen i et fremtidig spotmarked. Dette vil drive spotprisen oppover og redusere avstanden mellom spot- og futureprisene.

4.3.3 Univariate og multivariate tidsseriemodeller

Univariate tidsseriemodeller forsøker å modellere og forutse variabler ved hjelp av informasjon som ligger i tidligere verdier av variabelen man prøver å modellere. Tidligere og nåværende verdier til et eventuelt feilledd blir ofte lagt til. Et glidende stasjonært gjennomsnitt hvor den avhengige variabelen bestemmes av tidligere og nåværende verdier til feilleddet er eksempel på en univariat tidsseriemodell. En modell for et glidende gjennomsnitt betegnes ofte som $MA(q)$ ³¹ hvor q angir antall lags. Ved å la den nåværende verdien av en variabel, y_t , avhenge av verdiene til denne

²⁸ Random walk-modellen kan beskrives på følgende måte: $y_t = \mu + y_{t-1} + u_t$
 u_t er et stokastisk feilledd, mens μ er en konstant.

²⁹ Hvis en ikke-stasjonær tidsserie med et trendelement differensieres før trenden fjernes, vil feilleddet til modellen inneholde et $MA(1)$ element. (Brooks 2008)

³⁰ Contango er en markedsituasjon hvor spotprisene er lavere enn futureprisene. Forwardkurven er med andre ord stigende.

³¹ MA står for Moving Average.

variabelen i tidligere perioder, y_{t-1} , pluss et feilledd har vi en autoregressiv modell. I litteraturen betegnes de som AR (q).

Autokorrelasjon i feilleddet til en CLRM antyder at den avhengige variabelen inneholder mer informasjon enn det regresjonsmodellen klarer å fange opp. Denne rikere strukturen i den avhengige variabelen kan bedre fanges opp ved å inkludere et feilledd med tidsetterslep som beskrevet ovenfor. Et eksempel på en lineær regresjonsmodell med et AR(q) feilledd finner man i Rasmussen og Tversland (2007). De kaller modellen LRM-AR(q) og benytter den til å fastslå hedgeratioen og hedgeeffektiviteten til rute PM 4 TC. Se ligning 4.10 for en algebraisk fremstilling av modellen.

$$\begin{aligned}\Delta S_t &= \alpha + \beta \Delta F_t + u_t \\ u_t &= \rho_1 u_{t-1} + \rho_2 u_{t-2} + \dots + \rho_T u_{t-T} + \varepsilon_t\end{aligned}\tag{4.10}$$

På tross av sine åpenbare fordeler vil LRM-AR(q) modellen ikke bli benyttet i denne oppgaven. Årsaken til at den presenteres er at den danner en bro mellom CLRM og de mer avanserte multivariate modellene VAR og VECM som vil bli benyttet i denne oppgaven for å estimere hedgeeffektiviteten.

4.3.4 Vector Autoregressive modeller (VAR)

VAR-modellene representerer et naturlig utviklingstrekk i økonometrien og kan ses på som en kombinasjon mellom de univariate modellene og simultane ligningssett. VAR-modellene ble popularisert av Sims (1980), og er effektive for å kompensere for autokorrelasjon. Tar man utgangspunkt i ligning 4.2 kan modellen skrives om til:

$$\begin{aligned}\Delta S_t &= c_S + \sum_{i=1}^k \beta_{si} \Delta S_{t-i} + \sum_{i=1}^k \theta_{si} \Delta F_{t-i,T} + u_{st} \\ \Delta F_t &= c_F + \sum_{i=1}^k \beta_{fi} \Delta S_{t-i} + \sum_{i=1}^k \theta_{fi} \Delta F_{t-i,T} + u_{ft}\end{aligned}$$

$$u_{it} \sim iidN(0, \delta_u^2) \quad (4.11)$$

c_S og c_F er konstanter som angir skjæringspunktet. β_{si} , β_{fi} , θ_{si} og θ_{fi} er parametere. u_{st} og u_{ft} angir feilleddene som er normalfordelte med forventingsverdi lik null. ΔS_t og ΔF_t er som tidligere endring i spotprisen og futureprisen. Fremstillingen av ligning 4.11 er hentet fra Kavussanos og Nomikos (2003).

Siden ligningene i VAR-modellen bestemmes simultant er alle variablene endogene. Verdiene til ΔS_t og ΔF_t blir med andre ord bestemt innad i modellen. Hvis variablene hadde blitt bestemt utenfor modellen, ville de vært eksogene. VAR-modellene tillater variablene å avhenge av lags i egne verdier, andre variabler og eventuelle feilledd. Dette gjør modellen mer fleksibel og bedre egnet til å fange opp flere egenskaper i datamaterialet enn CLRM og LRM-AR(q). I en out of sample-estimering³² av optimale hedgeratioer vil dette kunne føre til at VAR-modellene oppnår en høyere hedgeeffektivitet sammenlignet med de mindre avanserte modellene. I en in sample-test vil imidlertid den klassiske lineære regresjonsmodellen per definisjon alltid gi best tilpasning til datamaterialet når en lineær modell brukes. Av den grunn vil CLRM alltid gi den konstante hedgeratioen med høyest hedgeeffektivitet in sample.

³² Out of sample henviser her til utregning av fremtidige hedgeratioer basert på historiske priser. Fremtiden holdes ukjent i motsetning til en in sample test hvor hedgeratioene regnes ut på grunnlag av et kjent datamateriale. Disse engelske begrepene vil benyttes i denne oppgaven for å harmonisere med engelsk litteratur og fordi en fullgod norsk oversettelse ikke er tilgjengelig.

4.3.5 Vector Error Correction Models (VECM)

I modellene beskrevet ovenfor er spot- og futureprisene presentert på endringsform med den konsekvens at et eventuelt langsiktig forhold mellom variablene går tapt. Gjennom å introdusere et feilkorrigeringsledd (ECT-ledd³³) i ligning 4.2 er det mulig å måle hvordan den avhengige variabelen tilpasser seg tidligere perioders avvik fra den langsiktige likevekten mellom spot- og futureprisene. Ligning 4.2 med et ECT-ledd skrives som følger:

$$\Delta S_t = \alpha + \beta_1 \Delta F_t + \varphi(S_{t-1} - \gamma F_{t-1}) + u_t \quad (4.12)$$

$(S_{t-1} - \gamma F_{t-1})$ er ECT-leddet hvor γ beskriver det langsiktige forholdet mellom spot- og futureprisene. Variablene i ECT-leddet er ikke differensiert, og har et lag på en tidsperiode. φ er en parameter som beskriver hvor hurtig tilpasning til likevekt foregår. VAR-modellen beskrevet i avsnitt 4.3.4 kan nå utvides til en Vector Error Correction Model (VECM), først foreslått av Johansen (1988), ved å inkludere ECT-leddet:

$$\begin{aligned} \Delta S_t &= c_s + \sum_{i=1}^k \beta_{si} \Delta S_{t-i} + \sum_{i=1}^k \theta_{si} \Delta F_{t-i,T} + \varphi_s Z_{t-1} + u_{st} \\ \Delta F_{t,T} &= c_f + \sum_{i=1}^k \beta_{fi} \Delta S_{t-i} + \sum_{i=1}^k \theta_{fi} \Delta F_{t-i,T} + \varphi_f Z_{t-1} + u_{ft} \\ u_{it} &\sim iidN(0, \delta_u^2) \end{aligned} \quad (4.13)$$

c_s og c_f er konstanter som angir skjæringspunktet. β_{si} , β_{fi} , θ_{si} og θ_{fi} er parametere som beskriver det kortsiktige forholdet mellom ΔS_t og $\Delta F_{t,T}$. $\varphi_i Z_{t-1}$ er ECT-leddet som beskriver det langsiktige forholdet mellom ΔS_t og $\Delta F_{t,T}$. Fremstillingen av ligning 4.13 er hentet fra Kavussanos og Nomikos (2003).

³³ ECT står for Error Correction Term, oversatt til feilkorrigeringsleddet. I litteraturen refereres det til Error Correction Modell eller Equilibrium Correction Modell når vi snakker om hele modellen.

4.3.6 Johansen test for kointegrasjon

For å bestemme mellom en VAR eller VECM spesifikasjon må man undersøke om spot- og futureprisene er kointegrerte. Ifølge Brooks (2008) er en mye brukt metode Johansens test for kointegrasjon. Testen spesifiserer en VECM modell av typen:

$$\Delta X_t = \mu + \sum_{i=1}^{p-1} \Gamma_i \Delta X_{t-i} + \Pi X_t + \varepsilon_t ; \quad \varepsilon_t \sim N(0, \Sigma) \quad (4.14)$$

Hvor X_t i denne oppgaven er 2×1 vektoren $\begin{pmatrix} S_t \\ F_{t,T} \end{pmatrix}$. ε_t er 2×1 vektoren $\begin{pmatrix} u_{S,t} \\ u_{F,t} \end{pmatrix}$ og $\Sigma(\cdot)$ er varians-kovarians matrisen til feilleddene. μ er en 2×1 vektor med deterministiske komponenter og inneholder en lineær trend, en avbrutt trend eller begge deler. Γ og Π er koeffisientmatriser som beskriver henholdsvis det kortsiktige og langsiktige forholdet mellom S_t og $F_{t,T}$. Johansen og Juselius (1990) viste at gjennom undersøkelsen av ranken til Π -matrisen kunne man fastslå om variablene i X_t er kointegrerte. Ranken til en matrise er lik antall egenverdier i matrisen som er forskjellig fra null.

I et tilfelle med to variabler, i dette tilfelle S_t og $F_{t,T}$, vil det at $\text{rank}(\Pi) = 0$ bety at Π er en nullmatrise.³⁴ Dette betyr at S_t og $F_{t,T}$ ikke er kointegrerte. VECM vil i dette tilfellet bli redusert til en VAR-modell. Hvis $\text{rank}(\Pi) = 1$ vil S_t og $F_{t,T}$ være kointegrerte, og ΠX_t vil da beskrive feilkorrigeringsleddet i VECM. I mitt tilfelle med to variabler vil det at $\text{rank}(\Pi) = 2$ bety at alle variablene i X_t er stasjonære. S_t og $F_{t,T}$ vil da ikke kunne være kointegrerte da kointegrasjon forutsetter at S_t og $F_{t,T}$ er ikke-stasjonære i utgangspunktet. Hvis så er tilfelle er det korrekt å benytte en VAR-modell. (Kavussanos, Visvikis et al. 2005)

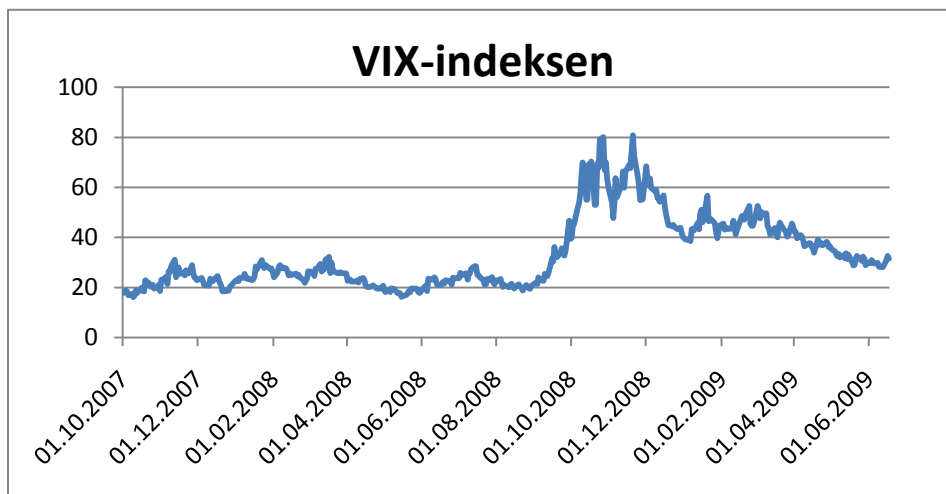
Johansens test benytter seg av to teststatistikker. (1) λ_{trace} tester nullhypotesen om at antall kointegrerte vektorer er mindre eller lik r mot alternativ hypotesen om at antall kointegrerte vektorer er større enn r . (2) λ_{max} tester nullhypotesen om at antall kointegrerte vektorer er lik r mot alternativhypotesen om at antallet er lik $r+1$. Verdien til r økes helt til nullhypotesen ikke blir forkastet.

³⁴ I en nullmatrise er alle elementene lik null. En 2x2 matrise vil da se slik ut: $\begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$

4.4 ARCH- og GARCH-modeller

De lineære regresjonsmodellene beskrevet så langt forutsetter at den betingede variansen til feilleddet ikke er avhengig av sine tidligere verdier. Variansen forutsettes med andre ord å være konstant over tid. Nyere undersøkelser omkring hedgeratioen benytter ulike GARCH-modeller for å modellere dynamiske hedgeratioer da de finner at de konstante hedgeratioene, med konstant varians, som utilstrekkelige for å modellere virkeligheten. Se for eksempel Bhargava (2007), Kavussanos og Nomikos (2000 b) eller andre undersøkelser på hedgeeffektivitet oppgitt i referanselisten. Det er dermed i dag vidt anerkjent at variansen har en tendens til å variere over tid i finansielle tidsserier. Tilstedeværelsen av heteroskedastisitet i finansielle tidsserier er plausibelt da man vet fra finansiell teori at økt usikkerhet i markedet skaper økt volatilitet. Finanskrisen er et godt eksempel på dette. I graf 4.1 vises utviklingen i VIX-indeksen fra oktober 2007 til juni 2009.

Graf 4.1: VIX-indeksen



Kilde: Chicago Board Options Exchange

VIX-indeksen viser markedets forventninger til volatilitet i S&P 500-indeksen de neste 30 dagene. Økt volatilitet impliserer at utstederne av opsjoner krever en høyere premie for å forsikre mot et prisfall. Den markante økningen i volatiliteten i september 2008 kan i stor grad tilskrives konkursen i Lehman Brothers den 15. september 2008. Konkursen skapte en frykt i markedet for at ytterligere konkurser var nær forestående. Hadde en konstant varians, basert på perioden før Lehman Brothers-konkursen, blitt benyttet i Black & Scholes opsjonsprisinde modell for å utlede en teoretisk pris på opsjoner i perioden etter Lehman Brothers-konkursen ville dette ha resultert i store avvik mellom den teoretiske prisen og den observerte markedsprisen. Relatert til shippingbransjen, som er dominert av

hyppige sykler, vil man kunne forvente økt usikkerhet i markedet i forbindelse med overgangen fra en oppgangskonjunktur til en nedgangskonjunktur og vice versa. (Stopford 1997)

Det synes klart at et alternativ til de lineære regresjonsmodellene, og deres urimelige forutsetninger om konstant varians i feilleddet, er på sin plass når man arbeider med finansielle tidsserier. I praksis benyttes ofte ARCH- og GARCH-modeller, som tillater at variansen, og i enkelte tilfeller kovariansen, til feilleddet å variere over tid.

4.4.1 ARCH - Autoregressive Conditional Heteroskedastic

Autoregressive Conditional Heteroskedastic modeller ble først introdusert i en artikkel av Engle (1982) hvor han beskriver hvordan ARCH-modeller tillater den betingende variansen til feilleddet å avhenge av tidligere verdier av feilleddet. På norsk oversettes ARCH til autoregressiv betinget heteroskedastisitet. Den betingende variansen til feilleddet skrives i Brooks (2008) som følger:

$$\sigma_t^2 = \text{var}(u_t | u_{t-1}, u_{t-2}, \dots) = E[(u_t - E(u_t))^2 | u_{t-1}, u_{t-2}, \dots] \quad (4.15)$$

Da det antas at $E(u_t) = 0$ får man:

$$\sigma_t^2 = \text{var}(u_t | u_{t-1}, u_{t-2}, \dots) = E[u_t^2 | u_{t-1}, u_{t-2}, \dots] \quad (4.16)$$

Ligning 4.16 sier at den betingede variansen til feilleddet u_t er lik den betingede forventede kvadrerte verdien til u_t . I en ARCH (q) modell vil variansen til feilleddet avhenge av q-lags av den opphøyde verdien til feilleddet. Formelt har man da:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 u_{t-1}^2 + \alpha_2 u_{t-2}^2 + \dots + \alpha_q u_{t-q}^2 \quad (4.17)$$

α_0 er en konstant og α_n er en koeffisient. En fullverdig ARCH-regresjonsmodell, som beskrevet i Brooks (2008), blir dermed:

$$\begin{aligned}\Delta S_t &= \alpha + \beta \Delta F_t + u_t, \quad u_t \sim N(0, \sigma_t^2) \\ \sigma_t^2 &= \alpha_0 + \alpha_1 u_{t-1}^2 + \alpha_2 u_{t-2}^2 + \dots + \alpha_q u_{t-q}^2\end{aligned}\tag{4.18}$$

σ_t^2 beskriver den betingede variansen og må således være positiv for å gi mening. Da feilleddene er opphøyd i andre er dette avhengig av at koeffisientene er positive. Denne restriksjonen skrives på følgende måte:

$$\alpha_i \geq 0 \quad \forall i = 0, 1, 2 \dots q$$

I praksis blir ARCH-modeller ikke lenger brukt. Årsaken ligger i problemer med å bestemme antall lags å inkludere i modellen. Et høyt antall lags vil videre gjøre modellen upraktisk å jobbe med, samtidig som sannsynligheten for å bryte ikke-negativitets-restriksjonen øker.

4.4.2 GARCH - Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedastic

Bollerslev (1986) og Taylor (1986) generaliserte, uavhengig av hverandre, ARCH modellen ved å la den betingede variansen til feilleddet avhenge av egne tidligere verdier. Basert på Bollerslev (1986) og Taylors (1986) arbeid kan den betingede variansen skrives om til:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 u_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2\tag{4.19}$$

Modellen over kalles en GARCH (1,1) modell. α_0 er en konstant. α_1 og β er en koeffisienter. u_{t-1}^2 og σ_{t-1}^2 er henholdsvis det kvadrerte feilleddet og variansen med et tidsetterslep på en periode. Det er mulig å konstruere en GARCH (p,q) modell hvor den betingede variansen er avhengig av q lags til det kvadrerte feilleddet og p lags til den betingede variansen. Imidlertid anses en GARCH (1,1) modell for å være tilstrekkelig for å fange opp informasjonen i tidligere ledd. En utvidet modell benyttes dermed sjelden.

En ulempe med GARCH (1,1) modellen er at den er univariate. Det vil si at den betingede variansen til de ulike tidsseriene estimeres uavhengig av hverandre. De univariate GARCH modellene er dermed ikke i stand til å modellere betinget kovarians mellom to tidsserier. Fra ligning 3.15 ser man at hedgeratioen er avhengig av kovariansen mellom endring spotpris og endring futurepris. For å konstruere fullt ut dynamiske hedgeratioer trenger man dermed å estimere en betinget varians-kovarians-matrise. Multivariate GARCH-modeller kommer her inn i bildet.

4.4.3 Multivariate GARCH

Utvidelsen fra en univariate GARCH-modell til en multivariate GARCH-modell (MGARCH) krever at en betinget varians-kovarians-matrise blir modellert. Ved å definere all tilgjengelig informasjon opptil tidspunkt t som ψ_{t-1} kan man i følge Brooks (2008) skrive den betingede varians og kovarians til en tilfeldig variabel X på tidspunkt t som:

$$\text{Var}(X | \psi_{t-1}) = E[(X - u)^2 | \psi_{t-1}] = \sigma_x^2 | \psi_{t-1} \quad (4.20)$$

$$\text{Cov}(X, Y | \psi_{t-1}) = E\left((X - u_x)(Y - u_y) | \psi_{t-1}\right) = \sigma_{x,y} | \psi_{t-1} \quad (4.21)$$

Den betingede n -variate kovarians-variens-matrisen kan dermed skrives som følger:

$$\begin{pmatrix} \sigma_1^2 | \psi_{t-1} & \cdots & \sigma_{1,n} | \psi_{t-1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{n,1} | \psi_{t-1} & \cdots & \sigma_n^2 | \psi_{t-1} \end{pmatrix} \quad (4.22)$$

Variansen til de ulike variablene finnes skrått diagonalt i matrisen mens de øvrige verdiene er kovariansen mellom ulike variabler.

4.4.3.1 VECH-modellen

I 1988 spesifiserte Bollerslev, Engle og Wooldridge MGARCH modellen kalt VECH:

$$\begin{aligned} VECH(H_t) &= C + A \times VECH(\Xi_{t-1}\Xi'_{t-1}) + B \times VECH(H_{t-1}) \\ \Xi_t | \psi_{t-1} &\sim N(0, H_t) \end{aligned} \quad (4.23)$$

Jeg antar for enkelthets skyld at man arbeider med to variabler, spot- og futurepriser. I dette tilfellet er H_t en 2×2 betinget varians-kovarians-matrise. $VECH(\cdot)$ anvendes på den øvre triangulære delen av matrisen og stikker om de utvalgte elementene i matrisen til en enkel kolonnevektor. Man får da:

$$VECH(H_t) = VECH\left(\begin{bmatrix} h_{11t} & h_{12t} \\ h_{21t} & h_{22t} \end{bmatrix}\right) = \begin{bmatrix} h_{11t} \\ h_{22t} \\ h_{12t} \end{bmatrix} \quad (4.24)$$

hvor h_{11t} og h_{22t} representerer den betingede variansen på tidspunkt t , og hvor h_{12t} representerer den betingede kovariansen på tidspunkt t .

Ξ_t er en 2×1 feilledd vektor. Ξ'_t er den transponerte vektoren. De skrives som henholdsvis:

$$\Xi_t = \begin{bmatrix} u_{1t} \\ u_{2t} \end{bmatrix} \text{ og } \Xi'_t = [u_{1t} \quad u_{2t}] \quad (4.25)$$

Man har da videre:

$$VECH\left(\begin{bmatrix} u_{1t} \\ u_{2t} \end{bmatrix} [u_{1t} \quad u_{2t}]\right) = VECH\left(\begin{array}{cc} u_{1t}^2 & u_{1t}u_{2t} \\ u_{1t}u_{2t} & u_{2t}^2 \end{array}\right) = \begin{bmatrix} u_{1t}^2 \\ u_{2t}^2 \\ u_{1t}u_{2t} \end{bmatrix} \quad (4.26)$$

A og B i ligning 4.23 er en 3×3 parameter matrise. C er en 3×1 konstant vektor. VECH-modellen skrevet fullt ut i matriseform, som presentert i Brooks (2008), blir dermed:

$$h_t = \begin{bmatrix} h_{11,t} \\ h_{22,t} \\ h_{12,t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_{11} \\ c_{21} \\ c_{31} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_{1,t-1}^2 \\ u_{2,t-1}^2 \\ u_{1,t-1}u_{2,t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_{11,t-1} \\ h_{22,t-1} \\ h_{12,t-1} \end{bmatrix} \quad (4.27)$$

A og B i den multivariate GARCH-modellen er ekvivalent med koeffisientene α_1 og β i den univariate GARCH-modellen i ligning 4.19. C er ekvivalent med α_0 i ligning 4.19. Ved hjelp av MGARCH-modellen kan jeg estimere $Var(\Delta S)$, $Var(\Delta F)$ og $Cov(\Delta S, \Delta F)$ for periode t basert på informasjon kjent i periode $t-1$. Dette tillater meg å estimere dynamiske hedgeratioer. Se avsnitt 4.5 for mer informasjon om dynamiske hedgeratioer.

VECH-modellen har en ulempe ved at antall parametere nødvendig for å estimere varians-kovarians-matrisen øker dramatisk når antall variabler øker. Bollerslev, Engle og Wooldridge (1988) forenklet VECH-modellen ved å presentere A og B som diagonale matriser. Dette reduserer antall parametre fra 21 til 9 i VECH-modellen når to variabler inngår i modellen. I litteraturen refereres det til den diagonale VECH-modellen. En ulempe med begge VECH-modellene er vanskelighetene med å pålegge en restriksjon på at alle verdier i varians-kovarians-matrisen skal være positive. BEKK-modellen kommer her inn i bildet.

4.4.3.2 BEKK-modellen

BEKK-modellen ble presentert i en artikkel av Engle og Kroner i 1995 og skrives på følgende måte i Brooks (2008):

$$H_t = W'W + A'H_{t-1}A + B'\Xi_{t-1}\Xi'_{t-1}B \quad (4.28)$$

A og B er 2×2 matriser med parametere. A og B kan være diagonale. W er en 2×2 øvre triangulær matrise med parametere. Varians-kovarians-matrisen er alltid definert som positiv grunnet de kvadratiske egenskapene til ligningens høyre side. (Brooks 2008) Den diagonal BEKK-modellen benyttet av Kavussanos og Nomikos (2000 b) er i matriseform spesifisert som:

$$H_t = \begin{pmatrix} h_{11,t} & h_{12,t} \\ h_{21,t} & h_{22,t} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} \\ 0 & c_{22} \end{pmatrix}' \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} \\ 0 & c_{22} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} b_{11} & 0 \\ 0 & b_{22} \end{pmatrix}' H_{t-1} \begin{pmatrix} b_{11} & 0 \\ 0 & b_{22} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a_{11} & 0 \\ 0 & a_{22} \end{pmatrix}' \begin{pmatrix} u_{1t}^2 & u_{1t}u_{2t} \\ u_{1t}u_{2t} & u_{2t}^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_{11} & 0 \\ 0 & a_{22} \end{pmatrix} \quad (4.29)$$

4.4.4 Estimering av GARCH-modeller

GARCH-modellene er ikke-lineære modeller og kan ikke benytte minste kvadrats metode for tilpassning til datamaterialet. Årsaken er at minste kvadrats metode minimerer RSS, en størrelse uavhengig av den betingede variansen spesifisert i GARCH-modeller. Teknikken som benyttes til å estimere GARCH-modeller blir i litteraturen kalt maximum likelihood. Metoden finner de mest sannsynlige verdiene på parameterne gitt datamaterialet. Dette blir gjort ved å spesifisere en log-likelihood funksjon for deretter å finne parameterverdiene som maksimerer funksjonen. Utrekningene av GARCH-modellene i denne oppgaven vil bli gjort ved hjelp av det statistiske programet Eviews. Av den grunn vil jeg ikke gå videre inn på estimeringen av GARCH-modeller men referere den interesserte leser til Brooks (2008).

4.5 Dynamiske hedgeratioer

Bruken av dynamiske hedgeratioer står helt sentralt i denne oppgaven. Introduksjonen av MGARCH-modellene gjør det mulig å konstruere dynamiske hedgeratioer hvor varians og kovarians varierer over tid. Kavussanos og Nomikos (2000 b) skriver de dynamiske hedgeratioene algebraisk som:

$$h_t | \Omega_{t-1} = \frac{\text{Cov}(\Delta S_t, \Delta F_{t,T} | \Omega_{t-1})}{\text{Var}(\Delta F_{t,T} | \Omega_{t-1})} \quad (4.30)$$

$h_t | \Omega_{t-1}$ er definert som hedgeratioen benyttet i tidspunkt t gitt informasjon tilgjengelig på tidspunkt $t-1$. Ut i fra ligning 4.30 ser man at den eneste forskjellen fra den konstante hedgeratioen presentert i ligning 3.15 er introduksjonen av $|\Omega_{t-1}$ leddet. Med andre ord at hedgeratioene blir fastsatt for hver periode og dermed er dynamiske.

5. Analyse

I denne delen av oppgaven vil hedgeeffektiviteten til de ulike rutene bli kalkulert. De konstante og dynamiske hedgeratioene vil bli vurdert opp mot hverandre. Innledningsvis vil datasettet bli presentert, og ulike praktiske og teoretiske problemstillinger diskutert. Datasettet vil bli underlagt en statistisk undersøkelse for å finne hvilken økonometrisk modell som er mest hensiktsmessig for å modellere hedgeratioene. Avslutningsvis vil jeg diskutere svakheter forbundet med minimum varians hedgeratioer og dynamiske hedgeratioer.

5.1 Datasettet og forutsetninger

Fra Imarex har jeg skaffet til veie datasett for fem futurekontrakter. Baltic Exchange har forsynt meg med datamaterialet for de underliggende fraktrutene knyttet til Imarex-futurene. Worldscale Association har forsynt meg med flat rates til tankrutene TD3 og TD7. I de empiriske analysene benyttes data fra perioden 02.01.2004 til 10.09.2008. Likviditeten på Imarex tok seg først opp i 2004, slik man kan observere i graf 2.6. Data før 2004 blir derfor ikke brukt. Dette likviditetskravet inkluderes da et likvid markedet er nødvendig for å oppnå en korrekt prising av futurene. Feilpriset futures kan føre til at hedgeeffektiviteten reduseres.

De ulike rutene som hedges er beskrevet i tabellen under. De tre øverste rutene, TD7, TD3 og C4, er spotpriser på underliggende rute. Rute TD3 og TD7 har en VLCC og Aframax som underliggende, begge i tanksegmentet. C4 er basert på en Capsize i tørrbulksegmentet. For de to nederste, CS 4 TC og PM 4 TC, er underliggende en time charter-indeks basert på fire ulike ruter i henholdsvis Capesize- og Panamaxsegmentet innen tørrbulk. Alle de fem rutene er blant de mest likvide rutene på Imarex.

Tabell 5.1: Fraktrutene

Future	Skipstype	Skipsstørrelse	Rute	Kvotert i
TD7	Aframax	80.000 MT	North Sea – Continent	Worldscale
TD3	VLCC	260.000 MT	AG East	Worldscale
C4	Capesize	150.000 MT	Richards Bay Rotterdam	\$ per MT
CS 4 TC	Capesize	T/C Average	T/C Average	\$ per dag
PM 4 TC	Panamax	T/C Average	T/C Average	\$ per dag

I hedging er det fokus på prisendringer fordi man søker å minimere variansen.³⁵ Datamaterialet konverteres dermed over til endringsform ved å ta forskjellen i logaritmisk verdi mellom to perioder. Et heldig biprodukt av å presentere datasettet i endringsform er at tidsserien blir gjort stasjonær med $I(0)$ enhetsrot.³⁶ Prisendringene er på ukebasis av flere årsaker. (1) Fraktratene er særdeles volatile og kan oppleve store endringer på kort tid. Dette øker behovet for en hyppig oppfølging av risikostyringen, og taler således for en kort hedgeperiode. Samtidig vil kontinuerlig rebalansering av porteføljen fremstå som urealistisk i praksis grunnet store transaksjonskostnader. (2) Datasettet er av begrenset størrelse, og ved å sette perioden til en uke oppnås et tilfredsstillende antall observasjoner. (3) Valg av en hedgehorisont på en uke er på linje med lignende empiriske undersøkelser. Eksempelvis Kavussanos og Nomikos (2000 a; 2000 b; 2000 c)

I de kommende empiriske analysene tar jeg utgangspunkt i en reder som hedger sine fremtidige fraktinntekter ved å shorte et bestemt antall futurekontrakter for hver nye spotkontrakt som inngås. Det forutsettes at rederen er aktiv i markedet under hele hedgeperioden. Rederens eksponering i spotmarkedet antas å være identisk med underliggende til de aktuelle Imarex-futurene. Valg av type futurekontrakt for hedging gir dermed seg selv. Rute TD3 hedges med future TD3 osv. I denne oppgaven fokuserer jeg på risikominimering. Jeg ser dermed bort i fra den forventede avkastningen til skipsrederen. Denne forutsetningen er forsvarlig i en verden hvor spot- og futureprisene følger en martingale prosess, hvor forventet avkastning er lik null, og optimal hedgestrategi følgelig blir å redusere volatiliteten til den hedgede porteføljen gjennom bruk av MVHR. Alternativt kunne avkastningen blitt hensyntatt ved å maksimere en nyttefunksjon bestående av varians og avkastning. Jeg vil kortfattet kommentere denne metodikken i avsnitt 5.7. Videre ser jeg bort i fra transaksjonskostnader i denne oppgaven. På tross av fraværet av transaksjonskostnader står jeg fast ved å rebalansere porteføljen kun hver uke.

Alle prisobservasjoner er fra onsdager³⁷ for å eliminere eventuelle ukedageffekter³⁸. Valget av hvilken futurekontrakt som rulleres viser seg å være problematisk. Futurekontrakten skal optimalt sett ha en løpetid med marginalt lengre løpetid enn hedgeperioden. Det er dermed to muligheter.

³⁵ Fra avsnitt 3.2.3 så man at ved å minimere uttrykket $(\Delta S - h\Delta F)$ minimeres variansen til rederen som ønsker å hedge prisrisikoen til frakttjenestene.

³⁶ I avsnitt 5.1.1 vises det at tidsserien er ikke-stasjonær med $I(1)$ enhetsrot før den blir konvertert om til endringsform.

³⁷ Hvis onsdagen er en helligdag benyttes neste tradingdag.

³⁸ Berument og Kiyamaz (2001) påviser et signifikant forskjellig avkastning- og volatilitetsnivå på enkelte ukedager.

Futurekontrakten med forfall inneværende måned, fra nå av kalt F_{t+0} . Eller futurekontrakten med forfall neste måned, kalt F_{t+1} . For å unngå slutt-periode-effekter³⁹ rulleres futurekontrakten minst en uke før den forfaller. Siste trading dag for F_{t+0} er den 20ende. I praksis vil det si at futurekontrakten F_{t+0} må closes før den 13ende hver måned. I perioden etter 13ende må man da bytte kontraktstype fra F_{t+0} til F_{t+1} . De ulike kontraktene kan inneha ulike statistiske egenskaper og gi et mindre homogent datasett. En konsekvens kan være at hedgeratioene blir mindre tilpasningsdyktige til datamaterialet, og dermed mindre effektive. Det å begrense seg til F_{t+1} kontraktene fremstår dermed som gunstig. Ulempen er at durasjonen på futurekontraktene vil strekke seg over et større intervall enn om en kombinasjon av F_{t+0} og F_{t+1} kontrakter benyttes. Et alternativ til å bytte kontrakter vil være å konstruere en syntetisk futurekontrakt⁴⁰ med en fastsatt konstant durasjon. Problemet i dette tilfelle er at handelen med F_{t+0} avsluttes den 20ende hver måned. Det vil dermed ikke være mulig å interpolere effektivt mellom F_{t+0} og F_{t+1} .⁴¹ Av den grunn vil F_{t+1} rulleres hver uke. Dette anses som det minst innfløkte og mest hensiktsmessige valget.

5.1.1 Egenskaper til rutene i normalform

Når datasettet analyseres i sin standardform må vi være oppmerksomme på at de ulike rutene kvoteres på ulike måter.⁴² Gjennomsnitt, maksimums- og minimumsverdier og standardavvik er dermed ikke sammenlignbare på tvers av rutene. I tabellene A.1.1 og A.1.2 i appendiks 1 vises en oppsummering over statistiske egenskaper for de fem ulike rutene.

Ved å observere de statistiske verdiene kan man trekke en rekke slutninger angående shippingmarkedet. For det første merker man at det er et stort spenn mellom maksimums- og minimumsverdiene. CS 4 TC har eksempelvis en maksimumsverdi elleve ganger høyere enn minimumsverdien for spotprisene. Dette underbygger påstanden fremsatt i avsnitt 2.3 om at

³⁹ Futurene blir closet basert på et gjennomsnitt av de siste 20 dagene. De siste hendelsene vil da bli tillagt mindre vekt, noe som gjør det uaktuelt å sitte på kontrakten til levering. Det kan videre være mindre likviditet i perioden før closing.

⁴⁰ En syntetisk futurekontrakt kan konstrueres ved å lage et optimeringsproblem hvor durasjon settes til en fast verdi ved å forandre vektingen mellom F_{t+0} og F_{t+1} med restriksjonene om at vektingen mellom F_{t+0} og F_{t+1} skal være lik 1.

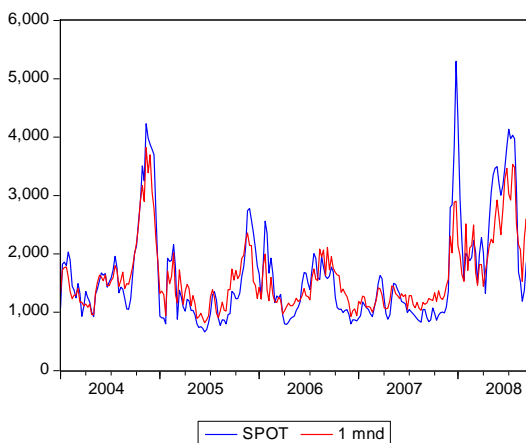
⁴¹ Vektingen mellom F_{t+0} og F_{t+1} vil etter den 20ende gi verdier til F_{t+0} på tross av at det ikke er noen handel i derivatet. Dette vil føre til at verdien på den syntetiske futurekontrakten blir unaturlig lav. Alternativt vil F_{t+0} og F_{t+1} måtte påta seg verdier i intervallet $0 > F_{t+n} > 1$ i enkelte perioder. Dette er ikke ønskelig. Eventuelt vil durasjonen måtte variere, riktig nok i et mindre intervall. Dette anses som ikke hensiktsmessig da modellen vil bli unødvendig komplisert.

⁴² TD7 og TD3 kvoteres i World Scale poeng multiplisert med flat rate. C4 kvoteres i USD / mt. CS4TC og PM4TC i USD / DAY.

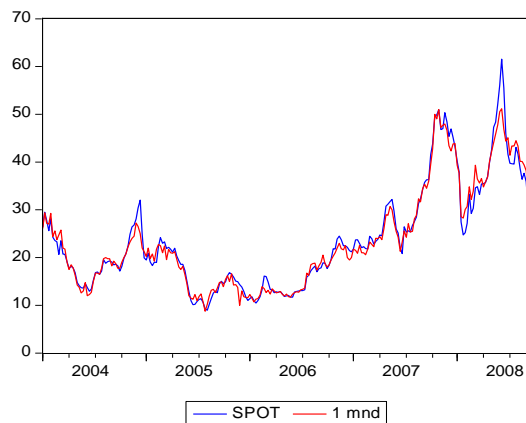
fraktratene, i enkelte perioder, vil gjøre voldsomme hopp (fall) grunnet underkapasitet av tonnasje (overkapasitet) i markedet. De relativt sett store standardavvikene bekrefter ytterligere den kraftige volatiliteten i shippingbransjen.

P-verdiene fra Argumentet Dick-Fuller testen (ADF) utført på rutene i normalform og endringsform er oppgitt i tabell A.1.1 og A.1.2 i appendiks 1. Nullhypotesen er at tidsserien har en enhetsrot, og dermed er stasjonær. Signifikantnivået settes til 5 prosent.⁴³ Testen viser at pristidsseriene i tanksegmentet er ikke-stasjonære på både normalform og endringsform. For bulksegmentet er tidsseriene stasjonære, men blir ikke-stasjonære når tidsseriene skrives på endringsform. I grafene under er tidsserien for spot- og futureprisene til rute C4 og TD3 presentert. Grafer for de øvrige rutene er å finne i appendiks 3.

Graf 5.1: Rute TD3 normalform



Graf 5.2: Rute C4 normalform



Kilde: Imarex, Baltic Exchange og Worldscale Association

Rute C4, i bulksegmentet, viser tydelige tegn til en stasjonær tidsserie hvor ulike sjokk ikke dør ut men påvirker senere verdier. Rute TD3 gir klart inntrykk av å være en ikke-stasjonær tidsserie hvor sjokk dør ut over tid. I grafene observeres det at begge rutene har høy korrelasjon mellom spot- og futureprisene, og at begge rutene preges av store svinginger.

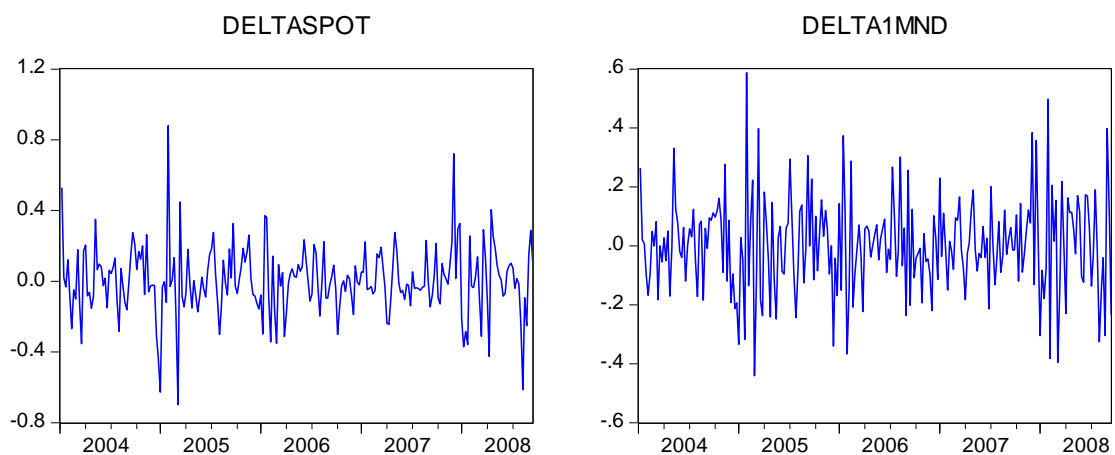
⁴³ Et signifikansnivå på 5 prosent gjelder for alle tester i denne oppgaven hvor et signifikansnivå må spesifiseres hvis ikke annet er oppgitt.

5.1.2 Egenskaper til rutene endringsform

Her konverteres spot- og futureprisene over til endringsform ved å ta forskjellen i logaritmisk verdi mellom to perioder. Resultatet er at dataene viser prosentvis prisendring fra uke til uke. I tabell A.2.1 og A.2.2 i appendiks 2 er de statistiske egenskapene til rutene på endringsform presentert.

Bera-Jarque-test for normalfordeling er utført på alle rutene. I tabell A.2.1 og A.2.2 viser p-verdiene fra null-hypotesen at ingen av rutene er normalfordelte. Ut i fra tabellene ser man at gjennomsnittlig prisendring er tilnærmet null for både spot- og futurepriser. Konverteres datasettet om til absoluttverdier ligger gjennomsnittlig prisendring for tanksegmentet mellom 7,5 til 14,3 prosent. I tørrbulk er intervallet mellom 5,9 til 7,3 prosent. Det er igjen ved å studere maksimums- og minimumsverdier at den dramatiske volatiliteten i shippingbransjen kommer tydeligst frem. Rute TD3 opplever i tidsrommet at spotraten stiger med 87,9 prosent på en uke og synker med 69,8 prosent i en annen. I bulksegmentet er volatiliteten lavere, men fremdeles betydelig. Graf 5.3 under viser prisendringen per uke for spot- og futureprisene til rute TD3.

Graf 5.3: Rute TD3 på endringsform.



Kilde: Imarex, Baltic Exchange og Worldscale Association

Deltaspot og Delta1Mnd i graf 5.3 er henholdsvis spot- og futureprisene skrevet på endringsform. Ved å studere graf 5.3 ser man at ekstremverdier inntreffer med jevne mellomrom. Man ser videre antydninger til heteroskedastisitet ved at volatiliteten har en tendens til å samle seg i bolker. Starten av 2005 og slutten av 2007 skiller seg ut som mer volatile enn de øvrige periodene. Lignende tendenser observeres i de andre rutene som er å finne i appendiks 4.

5.2 Konstant hedgeratio

I dette avsnittet vil jeg kalkulere in sample hedgeratioene og hedgeeffektiviteten ved hjelp av Ederingtons (1979) rammeverk presentert i avsnitt 4.1. For å gjøre resultatene sammenlignbare med de dynamiske hedgeratioene droppes de første 30 observasjonene i datamaterialet.⁴⁴

Estimeringsperioden strekker seg dermed fra 04.08.2004 til 10.09.2008. Den klassiske lineære regresjonsmodellen som benyttes er presentert under:

$$\Delta S_t = \alpha + \beta \Delta F_t + u_t \quad (4.2)$$

Jeg foretar en regresjonsanalyse, hvor stigningstallet β er ekvivalent med den konstante hedgeratioen. Forklaringsgraden til regresjonen er ekvivalent med hedgeeffektiviteten. Hedgeratioen skrives som:

$$h = \frac{Cov(\Delta S, \Delta F)}{Var(\Delta F)} \quad (3.15)$$

Utrekningene er utført i det statistiske dataprogrammet Eviews. Tabellen under angir hedgeratioen og hedgeeffektiviteten basert CLRM og 1:1 hedging.

Tabell 5.2: Konstante hedgeratioer og hedgeeffektivitet in sample

	TD3	TD7	C4	CS 4 TC	PM 4 TC
Hedgeratio - CLRM	0,7588	1,0737	0,6267	0,6602	0,4811
Hedgeeffektivitet - CLRM	41,84 %	25,90 %	40,05 %	45,58 %	27,32 %
Hedgeeffektivitet - 1:1	37,61 %	25,78 %	25,85 %	33,50 %	-4,47 %

Alle hedgeratioene fra CLRM er statistisk signifikante, og gir en hedgeeffektivitet mellom 25,9 prosent og 45,6 prosent. I klartekst betyr dette at den hedgede porteføljen reduserer variansen mellom 25,9 og 45,6 prosent sammenlignet med den uhedgede porteføljen. Fra tabell 5.2 går det frem at CLRM gir en større risikoreduksjon enn en konstant hedgeratio på én. Dette er som forventet

⁴⁴ Hvorfor de første 30 observasjonene utelates blir forklart i avsnitt 5.3.3.

da CLRM gir beste mulige lineære tilpasning til datasettet in sample. Gode resultater fra 1:1 hedgingen er følgelig avhengig av at CLRM hedgeratioen ligger nær 1. Når dette ikke er tilfelle kan man risikere at hedgeeffektiviteten blir negativ, som for rute PM 4 TC. 1:1 hedgeteknikken forkastes dermed til fordel for CLRM.

I BIFFEX-markedet oppnådde Kavussanos og Nomikos (2000 b) en hedgeeffektivitet på henholdsvis 15,70 % og 17,56 % ved bruk av CLRM in sample. BIFFEX-futuren var en bred indeks bestående av flere ulike bulkruter. Brukerne av BIFFEX-futuren var dermed i stor grad tvunget til å krysshedge, med den konsekvens at basisrisikoen økte og reduserte hedgeeffektiviteten. Imarex-derivatene er derimot basert på enkeltruter og smalere indekser. I mitt tilfelle er det forutsatt at posisjonen i spotmarkedet til rederen er identisk med underliggende til Imarex-futuren. Dette reduserer basisrisikoen, og man kan forvente seg en høyere hedgeeffektivitet enn om rederen var tvunget til å krysshedge. Den høyere likviditeten, og dermed prisingseffektiviteten, på Imarex vil også kunne forklare den høyere hedgeeffektiviteten. Kavussanos og Nomikos (2000 a) oppnår riktignok en maksimal hedgeeffektivitet på 39,95 prosent for en rute i sine undersøkelser. Imidlertid var dette over et svært begrenset tidsrom og resultatet skiller seg ut fra andre resultater oppnådd i BIFFEX-markedet. Dette resultatet tillegges dermed ikke særlig vekt i denne oppgaven fordi resultatet ikke anses som representativt for BIFFEX-markedet. Et annet viktig moment er at Kavussanos og Nomikos undersøker hedgeeffektiviteten med datamateriale fra 2000 og bakover, mens jeg benytter datamaterialet fra 2004 og fremover. Disse ulike tidsperiodene kan inneha ulik volatilitet og futurekontraktene kan dermed oppnå ulik hedgeeffektivitet i den analyserte perioden. Imidlertid er hedgeeffektiviteten oppnådd ved Imarex-futurene vesentlig større enn hedgeeffektiviteten til BIFFEX-futuren. Jeg anser denne forskjellen som stor nok til å konkludere med at Imarex-futurene er mer effektive enn BIFFEX-futuren.

5.2.1 Diagnose test på residualer til CLRM

I dette avsnittet vil residualene til den klassiske lineære regresjonsmodellen underlegges en diagnose test. De ulike testene ble presentert i kapittel 4. Hensikten med testene er å bestemme om CLRM er en god modell gitt vårt datamateriale, eller om en mer avansert regresjonsmodell bør tas i bruk. Kun p-verdier fra de ulike testene er oppgitt. Jeg anser et 5 prosent signifikansnivå tilstrekkelig for å forkaste nullhypotesene. P-verdier under dette nivået er uthevet og markert rødt.

Tabell 5.3: Diagnosetest residualer CLRM

04.08.2004 – 10.09.2008	TD3	TD7	C4	CS 4 TC	PM 4 TC
Skewness	-0,5967	0,353376	-0,2004	-0,5868	-0,3708
Kurtosis	5,1721	4,2348	4,6272	4,5784	3,6785
Bera-Jarque	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0118
White's test	0,0035	0,0026	0,0000	0,0931	0,0010
ARCH (1)	0,2820	0,6446	0,0017	0,1149	0,0004
ARCH (2)	0,4368	0,0284	0,0076	0,1746	0,0018
ARCH (5)	0,0073	0,1706	0,0846	0,4603	0,0055
Breusch-Godfrey (1)	0,5669	0,2546	0,5818	0,9618	0,8108
Breusch-Godfrey (2)	0,3421	0,0000	0,1856	0,3861	0,0957
Breusch-Godfrey (4)	0,4171	0,0000	0,4438	0,5440	0,2861
Breusch-Godfrey (12)	0,0361	0,0000	0,3438	0,6659	0,1695
Breusch-Godfrey (26)	0,0675	0,0000	0,1177	0,3139	0,0941
Breusch-Godfrey (52)	0,1987	0,0000	0,3222	0,7326	0,2817

5.2.1.1 Normalfordeling

For å teste for normalfordeling benyttes Bera-Jarque testen. Nullhypotesen om normalfordeling blir forkastet for samtlige ruter. Alle rutene har en kurtosis over tre.⁴⁵ Dette impliserer at fordelingen er nærmere leptokurtic enn normalfordelt. Finansielle tidsserier, og dermed residualer fra finansielle tidsserier, har større sannsynlighet for å ha en leptokurtic fordeling enn en normalfordeling. En leptokurtic fordeling er mer spiss enn en normalfordeling og har feitere haler. For store dataserier er konsekvensene av brudd på normalfordelingskriteriet tilnærmet ubetydelig. På grunn av sentralgrenseteoremet kan man fortsatt gjøre gyldige slutninger om koeffisientene til

⁴⁵ Normalfordelte residualer er definert som å ha en kurtosis lik tre.

regresjonsmodellen.⁴⁶ Datamaterialet inneholder 211 observasjoner. Dette anses som en tilstrekkelig størrelse til at brudd på normalfordelingskriteriet ikke er kritisk.

5.2.1.2 Heteroskedastisitet

Nullhypotesen til Whites test for generell heteroskedastisitet forkastes for alle ruter unntatt rute CS 4 TC. For å teste for autoregressiv betinget heteroskedastisitet benyttes Engles ARCH LM. Jeg tester for $z=1,2$ og 5 . Alle rutene, unntatt CS 4 TC, får en p -verdi under 5 prosent for minst en av z -verdiene. Jeg konkluderer dermed med at generell heteroskedastisitet og autoregressiv betinget heteroskedastisitet er til stede i alle rutene unntatt CS 4 TC. Resultater fra statistiske tester må imidlertid tolkes med en profesjonell skepsis da det alltid eksisterer en risiko for feilaktig å godta en nullhypotese. I dette tilfellet virker det påfallende at rute CS 4 TC ikke har en tidsvarierende varians, spesielt når dette er tilfelle for de øvrige rutene. Det viser seg også at hvis regresjonsanalysen utvides til å inkludere de 30 observasjonene jeg droppet, blir generell heteroskedastisitet påvist for rute CS 4 TC. Tabellen med diagnosetesten for perioden 02.01.2004 til 10.09.2008 finnes i appendiks 5.

På tross av tilstedeværelsen av heteroskedastisitet vil koeffisientene fortsatt være forventningsrette og konsistente estimatorer, men de vil ikke lenger være BLUE. Mer aktuelt for mitt vedkommende er at tilstedeværelsen av heteroskedastisitet forteller meg at variansen varierer over tid. Den lineære klassiske regresjonsmodellen og de konstante hedgeratioene kan dermed vise seg å være ineffektive da de ikke fanger opp denne rikere strukturen i datasettet. Dynamiske hedgeratioer vil tillate at variansen varierer over tid, og vil kunne vise seg å være mer hensiktsmessige.

5.2.1.3 Autokorrelasjon

Breusch-Godfrey testen benyttes for å teste om det er autokorrelasjon mellom feilleddene opp til r -lags. Jeg tester for $r=1,2,4,12,26$ og 52 . Nullhypotesen forkastes for rutene i tanksegmentet. Følgelig inneholder residualene for rute TD3 og TD7 autokorrelasjon. For bulksegmentet beholdes nullhypotesen for samtlige ruter. Fra før vet jeg at autokorrelasjon er vanlig i finansielle tidsserier, og at tidligere undersøkelser av BIFFEX-markedet, som omhandlet bulksegmentet, har påvist tilstedeværelse av autokorrelasjon. (Kavussanos og Nomikos 2000 b) Dette fører til at resultatet må tolkes med en profesjonell skepsis. Utføres Breusch-Godfrey testen på residualene fra perioden

⁴⁶ I et stort datamateriale vil gjennomsnittet av utvalget konvergere mot gjennomsnittet til populasjonen, og sentralgrenseteoremet sier at gjennomsnittet til utvalget vil konvergere mot normalfordeling. Teststatistikken vil asymptotisk følge den aktuelle fordelingen ved store populasjoner selv om kravet om normalfordeling brytes. (Brooks 2008).

02.01.2004 til 10.09.2008 forkastes nullhypotesen om fravær av autokorrelasjon for rute PM 4 TC. Dette er i samsvar med resultatene fra Rasmussen og Tversland (2007) som påviser autokorrelasjon i rute PM 4 TC. For rute C4 og CS 4 TC beholdes nullhypotesen på et signifikansnivå på henholdsvis 8,7 og 26 prosent. Tilstedeværelsen av autokorrelasjon vil kunne føre til at R^2 , og dermed hedgeeffektiviteten, blir overvurdert. Hedgeeffektiviteten utregnet i avsnitt 5.2 kan dermed fremstå som bedre enn hva den faktisk er.

5.2.1.4 Oppsummering diagnosetest

Konklusjonen fra diagnosetesten blir dermed at forutsetningene til den klassiske lineære regresjonsmodellen brytes, i ulik grad, for alle rutene unntatt rute CS 4 TC. På tross av dette anses koeffisientene til regresjonsmodellen å være forventningsrette og konsistente estimatore for populasjonen. Estimatorene vil imidlertid ikke være BLUE. Det vil være en risiko for at hedgeeffektiviteten overvurderes for rutene hvor autokorrelasjon er til stede. Det vil videre eksistere informasjon i datasettet, tidsvarierende varians og kovarians, som regresjonsmodellen ikke er i stand til å fange opp. Dette vil kunne resultere i en mindre effektiv regresjonsmodell. Det synes dermed klart at en ny og bedre regresjonsmodell bør spesifiseres for å estimere hedgeratioene.

5.3 Hedging med dynamiske hedgeratioer

I denne delen av oppgaven vil jeg ta i bruk den økonometriske teorien presentert i kapittel 4 for å spesifisere en mer avansert regresjonsmodell. Dette vil i teorien bøte på flere av problemene forbundet med CLRM, samt tillate meg å estimere dynamiske hedgeratioer.

5.3.1 Valg av modell

I avsnitt 5.2.1 ble autokorrelasjon identifisert for begge rutene i tanksegmentet. En univariate modell av typen VAR eller VECM synes derfor naturlig. For tørrbulksegmentet er situasjonen mer uklar.

Diagnosetesten viste at autokorrelasjon ikke er til stede i tørrbulkrutene for den aktuelle hedgeperioden. Dette taler for en ren BEKK-modell.⁴⁷ Utvides hedgeperioden med de 30 ekskluderte observasjonene finner man svake antydninger til autokorrelasjon i tørrbulksegmentet som helhet. En totalvurdering av tørrbulksegmentet lander imidlertid på at en VAR/VECM spesifisering på grunn av autokorrelasjon ikke er nødvendig. På tross av dette vil en VAR/VECM spesifisering konstrueres som en benchmark til den rene BEKK-modellen.

Hvis spot- og futureprisene er kointegrerte, vil VECM bli valgt fremfor en VAR-modell. For å teste for kointegrasjon benytter jeg Johansens test for kointegrasjon. Jeg finner i forkant gjennom Schwartz Information Criterium at optimalt antall lags for VECM er 2. Johansens test viser at spot- og futureprisene er kointegrerte i tørrbulkmarkedet. Testen viser videre at $\text{rank}(\Pi) = 2$ for begge ruter i tankmarkedet. Dette forteller at spot- og futureprisene er ikke-stasjonære, og dermed ikke kointegrerte. Dette er som forventet da analysen av rutene i avsnitt 5.1.1 viste at tidsseriene til ΔTD3 , TD3 , ΔTD7 og TD7 var ikke-stasjonære. Følgelig vil VECM benyttes for tørrbulkmarkedet og en VAR-modell for tankmarkedet.

Neste steg er å modellere den betingede variansen og kovariansen til feilleddet. Dette gjøres ved å integrere VAR/VECM med en multivariat GARCH-modell. Som beskrevet i avsnitt 4.4.3.2 vil BEKK-modellen oppfylle restriksjonen om at alle verdier i varians-kovarians-matrisen skal være positive. BEKK-modellen vil dermed bli valgt på bekostning av de andre MGARCH-modellene presentert i denne oppgaven.

⁴⁷ Men en ren BEKK modell menes en CLRM hvor feilleddet er modellert med en BEKK-modell.

Oppsummert velges en VAR-BEKK-modell for tanksegmentet og en ren BEKK-modell for bulksegmentet. Alle de tre modellalternativene vil bli benyttet for å kontrollere at korrekt beslutning ble foretatt i dette avsnittet. Den endelige VECM-BEKK-modellen uttrykkes algebraisk på følgende måte:

$$\Delta S_t = c_s + \sum_{i=1}^k \beta_{si} \Delta S_{t-i} + \sum_{i=1}^k \theta_{si} \Delta F_{t-i,T} + \varphi_s Z_{t-1} + u_{st}$$

$$\Delta F_{t,T} = c_f + \sum_{i=1}^k \beta_{fi} \Delta S_{t-i} + \sum_{i=1}^k \theta_{fi} \Delta F_{t-i,T} + \varphi_f Z_{t-1} + u_{ft} \quad (4.13)$$

$$u_t = \begin{pmatrix} u_{st} \\ u_{ft} \end{pmatrix} | \Omega_{t-1} \sim \text{distr}(0, h_t) \quad (5.1)$$

$$h_t = \begin{pmatrix} h_{11,t} & h_{12,t} \\ h_{21,t} & h_{22,t} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} \\ 0 & c_{22} \end{pmatrix}' \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} \\ 0 & c_{22} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} b_{11} & 0 \\ 0 & b_{22} \end{pmatrix}' h_{t-1} \begin{pmatrix} b_{11} & 0 \\ 0 & b_{22} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a_{11} & 0 \\ 0 & a_{22} \end{pmatrix}' \begin{pmatrix} u_{1t}^2 & u_{1t}u_{2t} \\ u_{1t}u_{2t} & u_{2t}^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_{11} & 0 \\ 0 & a_{22} \end{pmatrix} \quad (4.29)$$

For tanksegmentet fjerner jeg det langsiktige $\varphi_s Z_{t-1}$ -leddet fra VECM slik at man står igjen med en VAR-modell. Når VAR/VECM spesifikasjonen droppes erstattes ligning 4.13 med en klassisk lineær regresjonsmodell representert ved ligning 4.2. Ligning 5.1 viser at VAR/VECM/CLRM modelleres sammen med en GARCH-modell ved at feilleddet tillates å variere over tid. Utregningen av varians-kovarians matrisen vil bli utført i den statistiske programvaren Eviews 6.

5.3.2 Diagnose test GARCH(1,1)

En mer avansert økonometrisk modell vil ikke nødvendigvis gi en bedre tilpassning til datamaterialet.

For å teste GARCH-modellenes sin evne til å modellere heteroskedastisitet estimerer jeg en enkelt GARCH (1,1)-modell for de ulike rutene over den aktuelle hedgeperioden. Deretter utfører jeg en diagnostest på residualene. Resultatet fra testene er presentert i tabellen under. Statistisk signifikante verdier, p-verdi under 5 prosent, er uthevet og markert med rødt.

Tabell 5.4: Diagnostest residualer GARCH(1,1)

GARCH (1,1)-modell	TD3	TD7	C4	CS 4 TC	PM 4 TC
White	0,0173	0,1274	0,0000	0,2256	0,4858
ARCH (1)	0,9118	0,2976	0,6999	0,8736	0,6036
ARCH (2)	0,3928	0,0054	0,8762	0,9115	0,2889
ARCH (5)	0,1274	0,0608	0,9966	0,8118	0,5228

For tanksegmentet er det fortsatt tegn til heteroskedastisitet i begge rutene. Jeg forventer dermed at BEKK-modellen ikke nødvendigvis vil gjøre det noe særlig bedre enn CLRM i tanksegmentet. For tørrbulksegmentet er situasjonen noe lysere. Kun rute C4 viser nå tegn til heteroskedastisitet. Jeg forventer dermed at de dynamiske hedgeratioene totalt sett vil gjøre det bedre enn CLRM i tørrbulksegmentet. Det må påpekes at denne diagnostesten er utført på en enklere GARCH-modell enn den spesifisert i avsnitt 5.3.1. Resultatene fra diagnostesten kan således være mer pessimistiske enn hva faktisk er tilfelle.

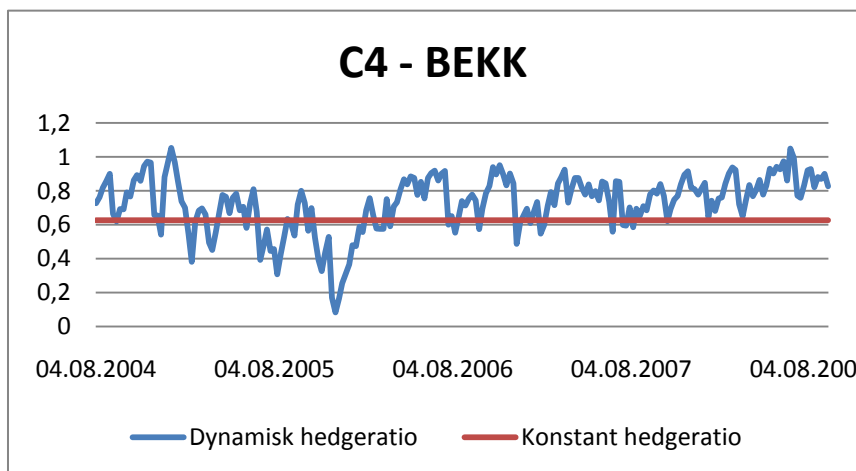
5.3.3 In sample

I denne delen av oppgaven beregnes de dynamiske hedgeratioene in sample. De første 30 observasjonene av det tilgjengelige datamaterialet er utelatt for å tillate de dynamiske hedgeratioene å innstille seg datamaterialet. Hedgeperioden blir dermed 04.08.2004 til 10.09.2008. De dynamiske hedgeratioene uttrykkes formelt på følgende måte:

$$h_t|\Omega_{t-1} = \frac{Cov(\Delta S_t, \Delta F_{t,T}|\Omega_{t-1})}{Var(\Delta F_{t,T}|\Omega_{t-1})} \quad (4.30)$$

Ligning 4.30 sier at hedgeratioen for periode t blir fastsatt på bakgrunn av informasjon tilgjengelig på tidspunkt t-1. Dette tillater hedgeratioene å tilpasse seg ny informasjon som inntreffer i markedet i motsetning til hedgeratioene utledet fra CLRM. I graf 5.4 er de konstante og dynamiske hedgeratioene for rute C4 presentert sammen. De øvrige rutene er presentert i appendiks 6.

Graf 5.4: Dynamiske og konstante hedgeratioer C4



Kilde: Imarex og Baltic Exchange

Det kan tydelig observeres at de dynamiske hedgeratioene tilpasser seg datamaterialet i løpet av perioden. I teorien vil dette kunne føre til en bedre tilpasset modell og dermed en høyere hedgeeffektivitet. Det er imidlertid ingen garanti for at de dynamiske hedgeratioene gir en høyere hedgeeffektivitet enn de konstante hedgeratioene. Dette ble tydeliggjort i avsnitt 5.3.2 hvor

heteroskedastisitet ble påvist i residualene til en GARCH (1,1) modell. Resultatene fra in sample-testen er presentert i tabell 5.5. De beste resultatene er uthevet og markert med rødt.

Tabell 5.5: Hedgeeffektivitet in sample

Hedgeeffektivitet - in sample					
	Naiv hedgeratio (1:1)	CLRM	BEKK	VAR-BEKK	VECM-BEKK
TD7	25,78 %	25,90 %	24,71 %	25,50 %	25,36 %
TD3	37,61 %	41,84 %	34,87 %	39,54 %	40,15 %
C4	25,85 %	40,05 %	44,61 %	43,66 %	44,30 %
CS 4 TC	33,50 %	45,58 %	47,25 %	46,75 %	45,77 %
PM 4 TC	-4,47 %	27,32 %	26,65 %	25,55 %	25,79 %

I tanksegmentet gjør de konstante hedgeratioene det best for begge ruter. Dette er påfallende, da en VAR-BEKK-modell i teorien gir en bedre tilpasning, men samtidig ikke helt uventet da heteroskedastisitet ble påvist i residualene til en GARCH (1,1) modell for rute TD3 og TD7. I tanksegmentet vil VAR-BEKK og VECM-BEKK i teorien være de samme modellene da det langsiktige $\varphi_s Z_{t-1}$ -leddet fra VECM vil ha en verdi lik null når $\text{rank}(\Pi) = 2$ i følge Johansens test for kointegrasjon. I praksis viser det seg å være noen forskjeller mellom VAR og VECM, men disse er minimale og tillegges ikke noen videre vekt i analysen. Mer vesentlig er det at VAR-BEKK-modellen gjorde det bedre enn den rene BEKK-modellen for TD3 og TD7. Dette gir empiriske bevis på at VAR-BEKK-modellen er en korrekt spesifisering av de dynamiske modellene for tanksegmentet.

For tørrbulksegmentet gir de dynamiske hedgeratioene best hedgeeffektivitet for rute C4 og CS 4 TC. For rute PM 4 TC gjør de konstante hedgeratioene det best. Disse resultatene er på et overordnet plan som forventet da heteroskedastisitet ble påvist i 2 av 3 ruter i diagnosetesten på CLRM. Imidlertid ville jeg forventet at de dynamiske hedgeratioene ville gjort det relativt sett bedre i rute PM 4 TC enn i rute CS 4 TC, da heteroskedastisitet ble påvist i rute PM 4 TC men ikke i rute CS 4 TC. I tabell 5.5 observerer man at BEKK-modellen gir bedre hedgeeffektivitet enn VAR-BEKK og VECM-BEKK for alle rutene i tørrbulksegmentet. Dette er i samsvar med konklusjonen trukket i avsnitt 5.3.1.

I tabell 5.6 er forskjellene i hedgeeffektivitet mellom de ulike modellene analysert. Jeg har tatt utgangspunkt i beste oppnådde hedgeeffektivitet og kalkulert differansen for de øvrige modellene.

Tabell 5.6: Sammenligning hedgeeffektivitet

Sammenligning hedgeeffektivitet					
	Naiv hedgeratio (1:1)	CLRM	BEKK	VAR-BEKK	VECM-BEKK
TD7	-0,12 %	0,00 %	-1,19 %	-0,40 %	-0,55 %
TD3	-4,23 %	0,00 %	-6,97 %	-2,29 %	-1,69 %
C4	-18,76 %	-4,55 %	0,00 %	-0,95 %	-0,30 %
CS 4 TC	-13,75 %	-1,68 %	0,00 %	-0,50 %	-1,48 %
PM 4 TC	-31,78 %	0,00 %	-0,66 %	-1,76 %	-1,53 %

Underlegenheten til 1:1 hedgingen kommer tydelig frem. For de øvrige modellene er forskjellen mellom hedgeeffektiviteten marginal. Bortsett fra et par enkelttilfeller. Holder man 1:1 hedgingen utenfor, er gjennomsnittelig forskjell fra beste modell 1,77 prosent. Fjernes de to største og minste differansene er forskjellen i gjennomsnitt kun 1,3 prosent. Studeres forskjellen mellom de dynamiske modellene er forskjellen enda mindre. Gjennomsnittlig forskjell fra beste hedgeeffektivitet er her 1,2 prosent. Dette forteller at gevinsten ved valg av optimal hedgemodell relativt sett er liten.

Oppsummert har in sample-testen gitt indikasjoner på at konstante hedgeratioer bør benyttes i tanksegmentet, mens dynamiske hedgeratioer er å foretrekke i tørrbulksegmentet. Denne påstanden må imidlertid tolkes forsiktig da resultatene er utledet fra en in sample-test hvor den klassiske lineære regresjonsmodellen har en fordel av å gi en optimal lineær tilpassning til datamaterialet. Videre er det viktig å påpeke at hedgeeffektiviteten in sample kun sier noe om derivatets potensial for risikoreduksjon. I praksis er det modellen for hedgeratioene sin evne til å predikere fremtidig varians og kovarians som er avgjørende for at den potensielle hedgeeffektiviteten oppnås.

I en mer realistisk out of sample-test må regresjonsmodellene forholde seg til det faktum at fremtiden er ukjent. Ny informasjon vil inntre i markedet og skape endringer i volatiliteten. Dynamiske hedgeratioer vil kunne tilpasse seg disse endringene på kort sikt, mens de konstante

hedgeratioene forblir uendret. Det er ventet at dynamiske hedgeratioer dermed vil gjøre det bedre i en out of sample-test. Dette vil testes i neste avsnitt.

5.3.4 Out of sample-test

I denne delen av oppgaven vil jeg beregne konstante og dynamiske hedgeratioer for perioden 04.10.2006 til 10.09.2008. Totalt 100 observasjoner.

De dynamiske hedgeratioene blir estimert på følgende måte:

- 1) VAR/VECM residualene estimeres for pre-hedgeperioden⁴⁸ Ved en ren BEKK-modell droppes punkt 1.
- 2) BEKK-modellen spesifiseres på bakgrunn av VAR/VECM residualene fra pre-hedgeperioden. Ved en ren BEKK-modell benyttes spot- og futureprisene på endringsform.
- 3) BEKK-modellen benyttes til å estimere varians-kovarians for kommende periode.
- 4) Den dynamiske hedgeratioene for kommende periode blir kalkulert ut fra estimert fremtidig varians-kovarians.
- 5) Punkt 1- 4 gjentas frem til jeg har hedgeratioene for 100 observasjoner.

For mer detaljer angående utregningen henviser jeg til appendiks 8.

Konstante hedgeratioer baserer seg på antakelsen om konstant varians og kovarians. Jeg vil følgelig ikke oppdatere de konstante hedgeratioene under hedgeperioden fordi en slik oppdatering vil føre til en implisitt erkjennelse av brudd på antagelsen om tidsuavhengig varians og kovarians. De dynamiske hedgeratioene oppdateres hver periode. For rute TD3 og TD7 er VAR-BEKK-modellen benyttet. For rute C4, CS 4 TC og PM 4 TC er en ren BEKK-modell benyttet. I tabell 5.7 er hedgeeffektiviteten for perioden 04.10.2006 til 10.09.2008 presentert for out of sample-testen. De beste resultatene er uthevet og markert med rødt.

⁴⁸ Pre-hedgeperioden er definert som perioden frem til og med hedgebeslutningen tas.

Tabell 5.7: Hedgeeffektivitet out of sample

Hedgeeffektivitet - Out of sample			
	CLRM	BEKK	VAR-BEKK
TD7	23,82 %	-	24,04 %
TD3	30,94 %	-	23,17 %
C4	53,20 %	56,77 %	-
CS 4 TC	49,22 %	42,37 %	-
PM 4 TC	25,42 %	27,58 %	-

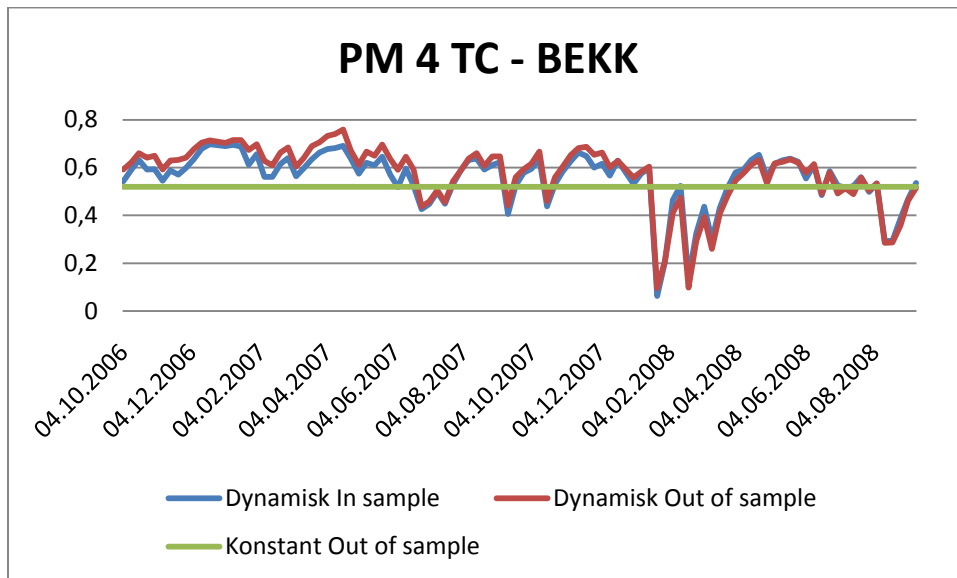
Som forventet gjør de dynamiske hedgeratioene det bedre i en out of sample-test. De dynamiske hedgeratioene er nå best i 3 av 5 tilfeller mot 2 av 5 i in sample-testen. For tanksegmentet gjør de dynamiske det best i 1 av 2 tilfeller. De dynamiske hedgeratioene gjør det vesentlig dårligere enn CLRM for rute TD3. Dette antyder at VAR-BEKK-modellen har estimert suboptimale hedgeratioer i løpet av perioden. For rute TD7 er forskjellen mellom de konstante og dynamiske hedgeratioene minimale. Jeg konkluderer dermed med at de konstante hedgeratioene totalt sett gjør det best i tanksegmentet i out of sample-testen.

For tørrbolksegmentet er de dynamiske hedgeratioene fortsatt best i 2 av 3 tilfeller. Forskjellen mellom de ulike utregningene er at de dynamiske hedgeratioene nå gjør det best for rute PM 4 TC, mens de konstante hedgeratioene nå gjør det best for rute CS 4 TC. Dette er på linje med hva diagnosetesten i avsnitt 5.2.1 antyder.

Rute C4 oppnår en hedgeeffektivitet på hele 56,8 prosent, vesentlig bedre enn BIFFEX-futurene. Rute CS 4 TC har også resultater som er imponerende sammenlignet med BIFFEX-markedet. De øvrige rutene har en hedgeeffektivitet som ligger godt over hedgeeffektiviteten oppnådd i BIFFEX-markedet. Out of sample-testen støtter dermed opp om konklusjonen trukket i in sample-testen om at Imarex-fraktfuturene er mer effektive hedgeinstrumenter enn det BIFFEX-futuren var.

Ved å plote de dynamiske hedgeratioene estimert i out of sample-testen mot dynamiske hedgeratioer estimert in sample på de samme 100 observasjonene kan jeg undersøke i hvilken grad det er samsvar mellom hedgeratioene in sample og out of sample. I graf 5.5 er dette undersøkt for rute PM 4 TC.

Graf 5.5: Hedgeratioer out of sample vs. hedgeratioer in sample



Kilde: Imarex og Baltic Exchange

Ved å studere grafen observerer man at de ulike hedgeratioene følger hverandre relativt tett. Lignende grafer for de andre rutene og tabell over hedgeratioene in sample for perioden, er å finne i appendiks 7. Korrelasjonen mellom in sample og out of sample hedgeratioer for perioden er mellom 93 og 98 prosent for samtlige ruter unntatt rute C4 hvor korrelasjonskoeffisienten ligger på kun 42 prosent. Korrelasjonskoeffisientene er å finne i tabell A.7.1 i appendiks 7. Tabellen og grafene antyder at de dynamiske hedgeratioene estimert en periode frem er gode indikasjoner på de dynamiske hedgeratioene estimert in sample for de 100 observasjonene, unntatt for rute C4.

5.4 Optimal hedgestrategi i shippingmarkedet

I dette avsnittet vil en anbefalt hedgestrategi formuleres for de ulike shippingrutene basert på resultatene oppnådd så langt i denne oppgaven. In sample-testen har et større antall observasjoner enn out of sample-testen. Imidlertid er out of sample-testen å anse som mer realistisk, og resultatene fra denne testen vil bli tillagt størst vekt.

Når det gjelder tankmarkedet gjorde de konstante hedgeratioene det klart best i in sample-testen. I out of sample-testen ble de konstante hedgeratioene totalt sett vurdert til å gjøre det bedre enn de dynamiske. Min anbefaling er dermed å benytte en klassisk lineær regresjonsmodell for å estimere hedgeratioene i tanksegmentet.

For tørrbulksegmentet gjorde de dynamiske hedgeratioene det best i 2 av 3 tilfeller i både in sample- og out of sample-testen. Totalt sett vil jeg derfor anbefale de dynamiske hedgeratioene for tørrbulksegmentet som helhet. På et mer disaggregert plan taler resultatene fra out of sample-testen og diagnosetesten i avsnitt 5.2.1 for at rute CS 4 TC bør hedges med en konstant hedgeratio. For å estimere de dynamiske hedgeratioene i tørrbulksegmentet bør en ren BEKK-modell benyttes.

Tabell 5.8: Optimale hedgemodeller i de ulike shippingrutene

X= Anbefalt modell	TD7	TD3	C4	CS 4 TC	PM 4 TC
CLRM	X	X		X	
BEKK			X		X
VAR-BEKK					
VECM-BEKK					

5.5 Simultan hedging

I porteføljeteori diskuteres ofte et finansielt instruments risikobidrag til den totale porteføljen.

Poenget er at det er risikoen til hele porteføljen holdt av investoren som er relevant, ikke risikoen til et enkelt finansielt instrument. Denne tankegangen er direkte overførbar til hedging. En reder vil være interessert i å redusere volatiliteten til den totale kontantstrømmen til skipet. Fraktinntektene vil kun utgjøre et element av kontantstrømmen. Pris på bunkers og valutakurser vil være to andre viktige faktorer. I de senere år har litteraturen tatt for seg denne problemstillingen i økende grad ved å ta utgangspunkt i at det er en kontantstrøm bestående av flere elementer som hedges. I en kontantstrøm bestående av to elementer vil hedgeratioene for disse to elementene kunne bli fastsatt simultant. Alternativt ville hedgeratioene bli fastsatt individuelt for hvert element. Fokuset ville da ha vært det enkelte elements evne til risikoreduksjon, ikke bidraget til å redusere risikoen til den totale kontantstrømmen. I neste avsnitt vil jeg presentere et praktisk eksempel basert på en artikkel av Kim og Leuthold (2000). Eksemplet er tilpasset denne oppgaven.

5.5.1 Hedging av olje og frakt simultant

Det er nå på tide å reintrodusere oljeprodusenten jeg presenterte i avsnitt 2.5. I Imarex-eksemplet kjøpte oljeprodusenten 260 lots TD3 kontrakter med løpetid på 1 til 5 måneder uten noen nærmere forklaring på hvorfor, annet enn at oljeprodusenten ønsket å hedge fraktkostnadene. På dette punktet i oppgaven har MVHR blitt grundig forklart, og en mer spesifikk og sofistikert hedgestrategi kan formuleres. Man kan nå tenke seg at oljeprodusenten identifiserer oljeprisen og fraktkostnadene som de mest volatile elementene i sin kontantstrøm, og at produsenten ønsker å minimere risikoen til denne kontantstrømmen. Jeg tar utgangspunkt i at oljeprodusenten er lokalisert i Kuwait, og skal selge 1.925.000 fat olje på tidspunkt t_2 til en kjøper i Japan. Hvis man antar at betalingen og frakten av oljen skjer på samme tidspunkt, og at oljeprodusenten belastes fraktkostnadene, vil det oppstå et transportbehov på 1.925.000 fat olje på tidspunkt t_2 . For å hedge både oljeinntektene og fraktkostnadene må oljeprodusenten i dette tilfellet shorte $h_Y \times 1.925.000$ oljefuturekontrakter og gå long i $h_F \times 1.925.000$ TD3-futurekontrakter, hvor h_i er hedgeratioen. Profitten ved tidspunkt t for et fat olje er dermed gitt ved:

$$Profitt_t = X_t - S_t + h_{Y,t-1}(Y_{t-1} - Y_t) + h_{F,t-1}(F_t - F_{t-1}) \quad (5.2)$$

X_t og S_t er hhv. pris per fat olje og fraktkostnader per fat olje. Y_t og F_t er hhv. futureprisen på et fat olje og TD3-futureprisen på frakt av et fat olje. $h_{Y,t-1}$ og $h_{F,t-1}$ er hedgeratioene for olje og frakt. Tar jeg utgangspunkt i artikkelen av Kim og Leuthold (2000), får jeg at variansen til profitten på tidspunkt t blir:

$$\begin{aligned} Var(P_t) = & Var(X_t) + Var(S_t) + h_Y^2 Var(Y_t) + h_F^2 Var(F_t) - 2Cov(X_t, S_t) - 2h_Y Cov(X_t, Y_t) \\ & + 2h_F Cov(X_t, F_t) + 2h_Y Cov(S_t, Y_t) - 2h_F Cov(S_t, F_t) + 2h_Y h_F Cov(Y_t, F_t) \end{aligned} \quad (5.3)$$

I uttrykket ovenfor er tidsbenevningen for hedgeratioene droppet for enkelhets skyld. I hedge-sammenheng er man interessert i endringer fra en periode til den neste. Uttrykket ovenfor skrives dermed om til følgende:

$$\begin{aligned} Var(\Delta P) = & Var(\Delta X) + Var(\Delta S) + h_Y^2 Var(\Delta Y) + h_F^2 Var(\Delta F) - 2Cov(\Delta X, \Delta S) - 2h_Y Cov(\Delta X, \Delta Y) \\ & + 2h_F Cov(\Delta X, \Delta F) + 2h_Y Cov(\Delta S, \Delta Y) - 2h_F Cov(\Delta S, \Delta F) + 2h_Y h_F Cov(\Delta Y, \Delta F) \end{aligned} \quad (5.4)$$

Deriverer man med hensyn på h_1 og h_2 får man følgende:

$$\frac{\partial \sigma^2(P)}{\partial h_Y} = 2h_Y Var(\Delta Y) - 2Cov(\Delta X, \Delta Y) + 2Cov(\Delta S, \Delta Y) + 2h_F Cov(\Delta Y, \Delta F) \quad (5.5)$$

$$\frac{\partial \sigma^2(P)}{\partial h_F} = 2h_F Var(\Delta F) + 2Cov(\Delta X, \Delta F) - 2Cov(\Delta S, \Delta F) + 2h_Y Cov(\Delta Y, \Delta F) \quad (5.6)$$

$$h_Y = \frac{Cov(\Delta X, \Delta Y) - Cov(\Delta S, \Delta Y) - h_F Cov(\Delta Y, \Delta F)}{Var(\Delta Y)} \quad (5.7)$$

$$h_F = \frac{-Cov(\Delta X, \Delta F) + Cov(\Delta S, \Delta F) - h_Y Cov(\Delta Y, \Delta F)}{Var(\Delta F)} \quad (5.8)$$

Videre følges oppsettet fra Kim og Leuthold (2000) ved at h_Y settes inn i h_F og man får følgende:

$$h_F = \frac{[Cov(\Delta X, \Delta Y) - Cov(\Delta S, \Delta Y)] \times Cov(\Delta Y, \Delta F) + [Cov(\Delta S, \Delta F) - Cov(\Delta X, \Delta F)] \times Var(\Delta Y)}{Var(\Delta F) \times Var(\Delta Y) - Cov(\Delta Y, \Delta F)^2} \quad (5.9)$$

Etter å ha løst h_F kan man sette resultatet inn i h_Y . Hedgeeffektiviteten er fortsatt gitt ved:

$$HE = 1 - \frac{Var(Hedget portefølje)}{Var(Uhedget portefølje)} \quad (3.16)$$

Ved å løse en BEKK modell med $\Delta S, \Delta F, \Delta X$ og ΔY som variabler kan man finne de betingede variansene og kovariansene man trenger til å regne ut hedgeratioene.

5.5.2 Empirisk test av simultan hedging

I dette avsnittet tar jeg utgangspunkt i situasjonen beskrevet ovenfor og kalkulerer

hedgeeffektiviteten. Jeg vil sammenligne den simultane hedgingen mot alternative strategier hvor hedgeratioene blir fastsatt individuelt, og to tilfeller hvor kun et av produktene blir hedget. For enkelthets skyld utfører jeg analysen in sample ved å benytte en VAR-BEKK-modell og en klassisk lineær regresjonsmodell. Siden jeg nå opererer med to variabler i VAR-GARCH-modellen, gir jeg modellen lengre tid til å innstille seg. Jeg dropper dermed de første 50 observasjonene, slik at hedgeperioden blir 05.01.2005 til 10.09.2008. Oljeprisen er satt til London Brent Crude Oil Index som er innhentet via DataStream. Fraktratene er gjort om til kostnader per fat olje. I modellen koster det i gjennomsnitt 2,1 dollar for å frakte et fat olje. Høyeste pris er 5,6 dollar og laveste pris er 0,88 dollar. I snitt utgjør fraktkostnadene per fat olje 3,05 prosent av prisen per fat. Resultatene er oppsummert i tabell 5.9. De beste resultatene er uthevet og markert med rødt.

Tabell 5.9: Hedgeeffektivitet simultan hedging

Hedgeeffektivitet - in-sample				
	Simultant	Individuelt	Kun frakt	Kun olje
VAR-BEKK	36,19 %	35,85 %	29,90 %	5,71 %
CLRM	43,02 %	41,42 %	34,81 %	5,43 %

Det observeres at det å sette hedgeratioene simultant er best både når det gjelder konstante og dynamiske hedgeratioer. Man oppnår en høyere hedgeeffektivitet gjennom utnyttelsen av kovariansen mellom TD3 og oljeprisen. En interessant observasjon er at fraktratene har størst påvirkning på variansen til kontantstrømmen selv om fraktkostnadene kun utgjør en liten andel av oljeinntektene. Oljefuturene har i dette eksemplet en isolert hedgeeffektivitet på 60 prosent.⁴⁹ Fraktfuturen TD3 har en hedgeeffektivitet på 41,84 prosent.⁵⁰ Hvis oljeprodusenten hadde tatt beslutningen om kun å hedge kontantstrømmen med det isolert sett mest effektive hedgeinstrumentet, oljefuturene, ville risikoen kun ha blitt redusert med 5,71 prosent sammenlignet med en uhedget portefølje. Hvis kun det tilsynelatende minst effektive hedgeinstrumentet, TD3-futuren, hadde blitt benyttet ville hedgeeffektiviteten blitt 29,90 prosent. Dette setter de svakere hedgeeffektivitetene oppnådd i frakratemarkedet i et nytt perspektiv. Hedgeeffektiviteten er et relativt mål som måler prosentvis reduksjon i variansen når en hedget portefølje holdes istedenfor en uhedget portefølje. Hedgeeffektiviteten sier ikke noe om den absolutte reduksjonen av variansen. Dette kommer tydelig frem i eksemplet ovenfor. Rute TD3 har større varians enn oljeprisen i den analyserte perioden, og selv om hedgeeffektiviteten er mindre for TD3-futuren, reduserer den en større andel av den absolutte variansen til kontantstrømmen, og bidrar dermed i større grad til risikoreduksjon i den totale kontantstrømmen til oljeprodusenten enn oljefuturene.

En annen interessant observasjon er at når man kun hedger fraktbehovet, oppnår man høyest hedgeeffektivitet ved å benytte konstante hedgeratioer. Dette er som forventet, siden jeg fikk det samme resultatet da jeg undersøkte hedgeeffektiviteten til rute TD3 i in sample- og out of sample-testene. Når kun oljeprisen hedges, gir de dynamiske hedgeratioene best resultat. Dette er igjen som forventet, siden man i utgangspunktet antar at de dynamiske hedgeratioene gir en bedre tilpasning til datamaterialet.

⁴⁹ Test foretatt in sample ved hjelp av en VAR-BEKK-modell over perioden 05.01.05 – 10.09.2008

⁵⁰ Fra in sample testen foretatt i avsnitt 5.3.3. Out of sample test blir ikke benyttet som referanse da jeg utfører en in sample test av hedgeeffektiviteten i dette eksemplet.

5.6 IMAREX-fraktfutures vs. andre futuremarkeder

I dette avsnittet vil hedgeeffektiviteten til Imarex-fraktfuturene bli sammenlignet med hedgeeffektiviteten oppnådd i andre futuremarkeder. I tabell 5.10 er hedgeeffektiviteten for ulike markeder presentert. Hedgeeffektiviteten for tørrbulk- og tankfuturene er regnet ut ved å ta gjennomsnittet av høyest oppnådd hedgeeffektivitet fra in sample-testen i avsnitt 5.3.3.⁵¹

Tabell 5.10: Sammenligning hedgeeffektivitet ulike markeder

Markedet	Hedgeeffektivitet	Studie
Tørrbulk (Imarex)	39,73 %	In sample test, avsnitt 5.3.3
Tank (Imarex)	33,87 %	In sample test, avsnitt 5.3.3
Tørrbulk (PM 4 TC)	34,26 %	(Rasmussen og Tversland 2007)
BIFFEX	18,99 %	(Kavussanos og Nomikos 2000 b)
S&P 500 (aksjer)	97,91 %	(Park og Switzer 1995)
Kanadisk aksjeindeks	77,74 %	(Park og Switzer 1995)
Kornfutures	69,61 %	(Bera, Garcia et al. 1997)
Soyabønnefutures	85,69 %	(Bera, Garcia et al. 1997)

Det fremgår av tabell 5.10 at Imarex-futurene har en lavere hedgeeffektivitet enn futures i de andre markedene, bortsett fra den avgåtte BIFFEX-futuren. I en artikkel av Alizadeh, Kavussanos et al (2004) fremsettes følgende påstand om mulighetene til risikoreduksjon i fraktfuturemarkedet:

“the poor hedging performance of freight futures contracts – which achieve a maximum of 39,95 % variance reduction in the best hedged route, according to Kavussanos and Nomikos [2000 a] – a dismal picture is painted for the risk reduction prospects of ‘agents’ involved in the shipping industry”

Utsagnet gir et dystert bilde av mulighetene til risikostyring i shippingbransjen. Det må poengteres at Alizadeh, Kavussanos et al (2004) trekker konklusjonene basert på hedgeeffektiviteten til BIFFEX-futurene, som jeg har vist i denne oppgaven å ha en lavere hedgeeffektivitet enn Imarex-futurene. Når de trekker frem en hedgeeffektivitet på 39,95 prosent er dette for en enkelt rute over et meget

⁵¹ Jeg benytter resultater fra in sample-testen da den foregår over en lengre periode enn den mer realistiske out of sample-testen. Dessuten er resultatene fra Rasmussen og Tversland (2007) fra en in sample-test. Jeg velger dermed in sample resultatene fra Kavussanos og Nomikos (2000 b) for å få mest mulig korrekt sammenligningsgrunnlag mellom fraktratefuturene.

begrenset tidsrom. Resultatene fraviker fra lignende undersøkelser av BIFFEX foretatt over et lengre tidsrom, og dette resultatet anses ikke å være representativt for resultatene oppnådd med BIFFEX-futurene som helhet. Resultatene oppnådd i avsnittet 5.5.2 fører til at Alizadeh, Kavussanos et al.s dystre påstander om risikostyringsmulighetene til aktører i shippingindustrien må revideres. Den lave hedgeeffektiviteten oppnådd av Imarex-futurene når de analyseres alene gir dem uforholdsmessig lite anerkjennelse. Benyttet i en sammensatt kontantstrøm, som i avsnitt 5.5.2, kommer deres virkelige verdi til syne. Fraktratene bidrar til å øke volatiliteten i en kontantstrøm betraktelig. Fraktfuturene vil bidra til å redusere en relativt sett moderat andel av dette store risikobidraget fra fraktratene. Nettoresultatet er at fraktfuturene bidrar til å redusere en stor andel av den totale risikoen til kontantstrømmen. Allikevel er det grunn til å spørre seg spørsmålet hvorfor futurekontrakter innen shippingindustrien oppnår en lavere hedgeeffektivitet enn andre markeder. En mulig forklaring er presentert under.

Jo mer uforutsigbart spot- og futureprisene utvikler seg, desto vanskeligere vil det være å definere en statistisk modell som gir en god tilpasning til datamaterialet. Dette kan illustreres empirisk ved å utføre to regresjonsanalyser hvor den avhengige variabelen er en stokastisk variabel. I den første regresjonsanalysen utvikler den uavhengige variabelen seg forutsigbart ved kontinuerlig å være en fast prosentandel større enn den avhengige variabelen. Her oppnår man en forklaringsgrad på 100 prosent. I den andre regresjonsanalysen er den uavhengige variabelen stokastisk. Her blir R^2 tilnærmet lik null. I avsnitt 2.3.3 ble det beskrevet hvordan den inelastiske etterspørselskurven etter frakttjenester og den elastiske tilbudskurven av tonn-mil kan føre til store svingninger i fraktratene, særlig på kort sikt. Spot- og futureprisene i shippingmarkedet vil av den grunn preges av hyppige, dramatiske og uventede prisendringer. Dette ble bekreftet i avsnitt 5.1.1 og 5.1.2. I denne usikre verden vil det være utfordrende å konstruere hedgeratioer som gir en god tilpasning til datamaterialet og dermed en høy hedgeeffektivitet.

GARCH-modellene vil møte et utfordrende terreng i shippingmarkedet hvor fraktfuturene er særdeles volatile og notorisk vanskelig å predikere. Dette gjør det vanskelig å estimere fremtidig varians-kovarians-matriser. En GARCH-modell vil trives i et miljø hvor endringer er forutsigbare og skjer over tid. GARCH-modellen vil da få tid til å innstille seg til endringene i datamaterialet, og med større sannsynlighet estimere fremtidig volatilitet siden sannsynligheten for voldsomme og uventede endringer i datamaterialet fra en periode til den neste er liten. Hvis markedet endrer seg i en annen retning enn det GARCH-modellen estimerte, kan det vise seg at hedgeratioene øker volatiliteten,

eventuelt reduserer oppnådd hedgeeffektivitet sammenlignet med de konstante hedgeratioene. Grunnet fraktmarkedets mikrostruktur skjer slike uventede prisendringer hyppig. Dette kan være en forklaring til at GARCH-modellene gjør det dårligere enn de konstante i tankmarkedet, som kan klassifiseres som særlig volatil. Denne hypotesen støttes ved at tørrbolksegmentet, som er mindre volatil enn tankmarkedet, oppnådde bedre resultater med de dynamiske hedgeratioene enn tankfuturene.

GARCH-modellens svakheter kom tydelig frem i gjennomføringen av out of sample-testen. I enkelte perioder endret spotprisene og/eller futureprisene seg uventet og voldsomt. GARCH-modellen forutså ikke den fremtidige høye, eller lave, volatiliteten og estimerte suboptimale hedgeratioer, som i enkelte tilfeller reduserte hedgeeffektiviteten betraktelig. Særlig synlig var dette for rute TD3. Frem til siste periode var hedgeeffektiviteten godt over 25 prosent, men den siste hedgeratioen underestimerte volatiliteten og reduserte hedgeeffektiviteten med 2 prosentpoeng.

De øvrige markedene presentert i tabell 5.10, hvor hedgeeffektiviteten er høyere, preges ikke, i like stor grad som shippingmarkedet, av voldsomme prisendringer på ukebasis. Oppfatninger omkring prisdrivende faktorer i de øvrige markedene endres ikke dramatisk over natten, endringer skjer over tid. Nyheter som slippes i disse markedene har sjelden en styrke som fører med seg de dramatiske endringer vi observerer i shippingmarkedet.

Særlig tydelig er dette for S&P 500-indeksen som består av 500 enkeltaksjer. En prisendring på 50 prosent på en uke i S&P 500-indeksen anses som urealistisk. Til sammenligning opplevde spotratene til rute TD3 og TD7 prisendringer av denne størrelsesorden opptil flere ganger i perioden 2004 til 2008. Problemene man opplever i tankmarkedet med suboptimale hedgeratioer representerer dermed er mindre problem for S&P 500-indeksen. Man kan dermed forvente høyere hedgeeffektivitet i mer stabile og forutsigbare markeder.

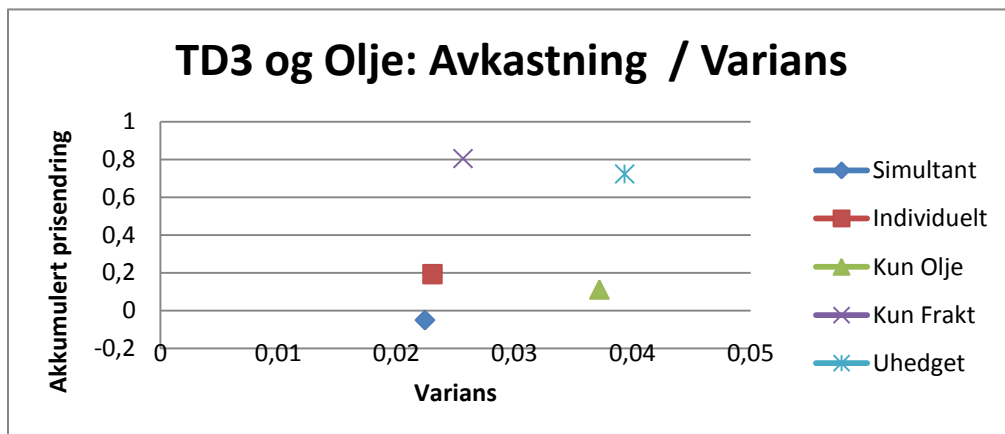
I den neste delen av oppgaven vil jeg diskutere svakheter med MVHR og dynamiske hedgeratioer. Denne neste delen vil ikke gå like dypt i diskusjonen som oppgaven hittil har gjort, men snarere gjøre leseren oppmerksom på aktuelle problemstillinger.

5.7 Svakheter med minimum varians hedge ratioer

I oppgaven har jeg benyttet minimum varians hedgeratioer som baserer seg på at hedgeren har som mål å minimere variansen. Jeg finner det hensiktsmessig avslutningsvis å opplyse om enkelte svakheter forbundet med denne metodikken.

Minimum varians hedgeratioer tar ikke hensyn til profitten oppnådd av hedgeren og tar implisitt utgangspunkt i at hedgeren er maksimalt risikoavers. Et av grunnprinsippene i finans om at risiko og avkastning følger hverandre blir således ignorert. Går man tilbake til oljeprodusenten i avsnitt 5.5 kan man plote varians og avkastning oppnådd ved de forskjellige hedgealternativene i graf 5.6. Avkastning er satt til akkumulert prisendring på porteføljen over hedgeperioden.

Graf 5.6: Avkastning vs. Varians ulike hedgealternativer



Ut fra grafen ser man at de alternativene som gir høyest hedgeeffektivitet, hedging av både olje og frakt simultant og individuelt, også gir lavest avkastning, bortsett fra alternativet med kun hedging av oljeprisrisikoen som markerer seg som det desidert svakeste alternativet. Den uhedgede porteføljen har størst risiko og nest størst avkastning. Totalt sett gir dette indikasjoner på at finansteorien om at avkastning og risiko følger hverandre i høyeste grad er aktuell for oljeprodusenten når hedgeratioer skal settes. I litteraturen er det blitt lansert hedgemetoder som tar hensyn til både risiko og varians ved å maksimere en nyttefunksjon. Nytten settes typisk til profitt minus varians. Deretter benyttes både konstante og dynamiske hedgeratioer. Videre introduseres det i enkelte studier transaksjonskostnader, og porteføljen blir kun rebalansert hvis det anses som økonomisk lønnsomt. For eksempler henviser jeg leser til Haigh og Holt (2000; 2002)

5.8 Svakheter med dynamiske hedgeratioer

I mars 2009 publiserte Harris et al. en artikkel kalt *The Limits to Minimum-Variance Hedging* hvor de retter kritikk mot nytten av de dynamiske hedgeratioene. De poengterer at svakhetene med de konstante minimum varians hedgeratioene, som oppstår på grunn av brudd på de fem betingelsene på en CLRM, er veldokumentert i litteraturen. Videre har det blitt bevist at varians-kovarians-matrisen til den kortsiktige avkastningen til verdipapirer er tidsvarierende og forutsigbar. Dette har inspirert til å konstruere nye og bedre modeller, slik som de betingede MVHR-modellene benyttet i denne oppgaven. Disse skal i teorien gi hedgeratioer som gir en bedre hedgeeffektivitet, med andre ord en bedre tilpasning til datamaterialet. CLRM MVHR vil nemlig i hver periode være enten for høy eller lav, mens dynamiske hedgeratioer i teorien vil gi en optimal hedgeratio i hver periode. I praksis viser det seg imidlertid at gevinsten ved dynamiske hedgeratioer er begrenset. Empiriske bevis antyder at gevinsten kun er marginal, og når transaksjonskostnader og profitt tas med, vil gevinsten ved dynamiske hedgeratioer i enkelte tilfeller være marginalt negativ.

Harris et al (2009) stadfester at hedgeeffektiviteten utledet av en betinget MVHR modell er avhengig av at modellen er informativ og effektiv. Informativ i den forstand at modellen gir en god tilpasning til datamaterialet og effektiv i den forstand at modellen er i stand til å estimere de fremtidige optimale dynamiske hedgeratioene. Artikkelen peker på at vel er dynamiske hedgeratioer systematisk feilspesifiserte, men konsekvensen er kun en marginal, til ubetydelig, reduksjon i hedgeeffektiviteten. Harris et al. (2009) konkluderer dermed med at de dårlige resultatene til betingete MVHR-modeller kan tilskrives vanskelighetene med å forutsi fremtidig optimale hedgeratioer. Andersen, Bollerslev, Diebold og Wu (2006) viser nemlig at "elementene i den integrerte varians-kovarians-matrisen potensielt deler enkelte fellestrekk, slik at de dynamiske egenskapene til ikke-lineære funksjoner av disse elementene kan være markant forskjellig fra de dynamiske egenskapene til elementene i [variens-kovarians-matrisen]" (Harris et al. 2009) Hedgeratioen er en slik ikke-lineær funksjon. Med andre ord: selv om elementene i den integrerte varians-kovarians-matrisen er tidsavhengig og forutsigbar, er ikke nødvendigvis den integrerte MVHR forutsigbar i samme grad.

En tredje faktor for at betingede MVHR-modeller skal være en suksess er at de gir en økonomisk fordel til brukeren. Empirien taler for at dette ikke er tilfelle. Når transaksjonskostnader og hedgerens oppnådde profitt tas med i bildet, er oppnådd nytte marginal og i enkelte tilfeller negativ.

Resultatene jeg har oppnådd passer godt med konklusjonene i artikkelen til Harris et al. (2009). I tank fraråder jeg bruken av dynamiske hedgeratioer og i tørrbulk er gevinsten relativt liten. Hvis profitt og transaksjonskostnader blir tatt med i betraktningen, er det forventet at nytten av dynamiske hedgeratioer ville ha sunket i forhold til de oppnådde.

6. Avslutning

Hovedformålet med oppgaven har vært å studere minimum varians hedgeratioer anvendt på shippingindustrien representert ved Imarex-futurene. Jeg mener oppgaven har tjent sitt formål da den har produsert anvendelige resultater for brukere av Imarex-futurene. Jeg vil avslutningsvis fremheve tre påstander som jeg anser som de mest verdifulle resultatene fra de empiriske undersøkelsene:

- (1) Imarex-futurene er bedre enn BIFFEX-futuren.
- (2) Dynamiske hedgeratioer er best i tørrbulk, og konstante hedgeratioer er best i tank.
- (3) Fraktfuturene er mer verdifulle enn hva hedgeeffektiviteten gir dem anerkjennelse for.

Jeg vil utdype disse påstandene ytterligere i følgende avsnitt.

Den første delen av oppgaven viste at hedgeeffektiviteten til Imarex-futurene ligger i intervallet 25,9 til 47,25 prosent in sample og 24,4 til 56,77 prosent out of-sample. Dette er vesentlig høyere enn hedgeeffektiviteten oppnådd med BIFFEX-futuren. Jeg har i oppgaven nøyd meg med å konstatere at dette er tilfellet uten å gi noen empirisk forklaring på hvorfor. Men diskusjonen i kapittel 5 trekker frem den lavere basisrisikoen, den høyere likviditeten og det faktum at Imarex- og BIFFEX-undersøkelsene er foretatt i ulike tidsrom, som mulige forklaringer på den høyere hedgeeffektiviteten oppnådd med Imarex-futurene. Jeg konkluderer videre med at hedgeeffektiviteten til Imarex-futurene er større enn hedgeeffektiviteten til BIFFEX-futuren. Dette gir grunn til å tro at Imarex går enn lysere fremtid i møte enn hva BIFFEX gjorde.

Tidligere undersøkelser av hedgeeffektivitet har hatt stort fokus på skillet mellom de konstante og dynamiske hedgeratioene. De fleste undersøkelser finner en marginal forbedring i hedgeeffektivitet ved å bruke dynamiske hedgeratioer. Fra et teoretisk standpunkt er dette plausibelt da dynamiske hedgeratioer bygger på en mer avansert økonometrisk modell en den klassiske lineære regresjonsmodellen. Dette vil i teorien gi en bedre tilpasning til datamaterialet. I likhet med tidligere undersøkelser foretatt av blant annet Rasmussen og Tversland (2007) og Kavussanos og Nomikos (2000 b) finner jeg at de dynamiske hedgeratioene gjør det best i tørrbulkmarkedet. Det som skiller mine resultater fra undersøkelser foretatt av Kavussanos og Nomikos (2000 b), er at jeg ikke finner det nødvendig å kompensere for autokorrelasjon i tørrbulkmarkedet. Det holder å bruke en CLRM i kombinasjon med en MGARCH-modell av typen BEKK. I tankmarkedet finner jeg at de konstante

hedgeratioene gjør det bedre enn de dynamiske. Når dynamiske hedgeratioer benyttes er det nødvendig å kompensere for både autokorrelasjon og heteroskedastisitet ved en VAR-BEKK-modell.

Det er naturlig å spørre hvorfor de konstante hedgeratioene gjør det bedre enn de dynamiske i tankmarkedet. I denne oppgaven fremsetter jeg en hypotese om at forklaringen ligger i den høye volatiliteten i tankmarkedet, og det faktum at fraktratene er notorisk vanskelig å predikere. De ulike regresjonsmodellene vil ha vanskeligheter til å tilpasse seg datamaterialet, noe som forklarer den relativt lave hedgeeffektiviteten i både tank og tørrbulk. Videre vil GARCH-modellene støte på et særlig utfordrende terreng i det meget volatile tankmarkedet hvor MGARCH estimerer suboptimale hedgeratioer som i enkelte perioder trekker ned hedgeeffektiviteten sammenlignet med de konstante hedgeratioene. I en nylig publisert artikkel av Harris et al. (2009) fremholdes det at GARCH-modellene har problemer med å estimere fremtidige varians-kovarians-matriser. Videre poengterer Harris et al. (2009) at nettopp derfor vil ikke dynamiske hedgeratioer alltid gi et bedre resultat enn de konstante hedgeratioene. Denne artikkelen bidrar til å forklare hvorfor de dynamiske hedgeratioene gjør det dårligere enn de konstante i tankmarkedet. Således støtter artikkelen opp om min konklusjon om at konstante hedgeratioer bør benyttes i tankmarkedet.

I den siste delen av oppgaven tar jeg et steg tilbake og analyserer fraktfuturene på et mer overordnet plan. Første steg er å innse at fraktfuturene i de fleste tilfeller inngår som ett element i en sammensatt kontantstrøm. Det interessante blir dermed derivatets bidrag til risikoreduksjon, ikke det enkelte derivats hedgeeffektivitet. Introduksjonen av simultane hedgeratioer gjør det mulig å analysere dette risikoreduksjonsbidraget til en kontantstrøm. Jeg introduserer en oljeprodusent som hedger fraktkostnader og oljeinntekter simultant i avsnittet om simultane hedgeratioer. I en empirisk analyse i avsnitt 5.5.2 vises det at fraktfuturene står for majoriteten av variansreduksjonen i den hedgede kontantstrømmen. Dette på tross av at fraktfuturen TD3 oppnår en lavere hedgeeffektivitet enn oljefuturen når markedene analyseres isolert. Dette poenget er viktig å ta med seg når hedgeeffektiviteten til fraktfuturene sammenlignes med andre markeder. I avsnitt 5.6 kommer det klart frem at hedgeeffektiviteten er lavere i fraktmarkedet enn i andre markeder. Men avsnitt 5.5.2 viste at fraktfuturene bidrar til en vesentlig andel av risikoen til kontantstrømmen, og selv en liten reduksjon av dette store risikobidraget kan stå for majoriteten av risikoreduksjonen i en kontantstrøm. Fraktfuturene har dermed større verdi enn hva hedgeeffektiviteten gir inntrykk av.

Avslutningsvis i oppgaven diskuterer jeg svakheter forbundet med minimum varians hedgeratioer og de dynamiske hedgeratioene. Disse avsnittene poengterer begrensningene med en masteroppgave: det vil alltid være rom for forbedringer, og oppgaven åpner for flere nye spørsmål enn den besvarer.

Av forbedringer til denne oppgaven vil mer empiriske forklaringer på årsaken til de oppnådde resultatene være på sin plass. Særlig gjelder det empiriske forklaringer på hvorfor de konstante hedgeratioene gjør det bedre i tank, hvorfor Imarex-futurene gjør det bedre enn BIFFEX-futuren og hvorfor fraktratefuturene oppnår en lavere hedgeeffektivitet enn øvrige markeder. Jeg har lansert mulige forklaringer på alle de overnevnte spørsmål, og de kan etterprøves ved hjelp av empiriske undersøkelser.

For videre studier anbefales det å konstruere konstante og dynamiske hedgeratioer basert på hedgemodeller som tar hensyn til profitt og transaksjonskostnader. Dette vil gi et mer definitivt svar på hva som er best: dynamiske eller konstante hedgeratioer. Eventuelt kan en videre studie basere seg på simultane hedgeratioer. Dette åpner for en hel rekke mulige undersøkelser hvor fraktfuturenes bidrag til risikoreduksjon til ulike sammensatte kontantstrømmer kan undersøkes empirisk.

Appendiks 1 – Statistiske egenskaper ruter på normalform

Tabell A.1.1: Oppsummerende statistikk tanksegmentet i normalform

	TD3		TD7	
	Spot	Future	Spot	Future
Observations	241	241	241	241
Mean	1631	1601	755	731
Maximum	5299	3822	1807	1300
Minimum	663	820	408	500
Std. Dev.	856	596	254	173
ADF	0,0003	0,0035	0,0023	0,0073
ADF - 1. level.	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Korrelasjon med future	0,9012		0,7759	

Tabell A.1.2: Oppsummerende statistikk tørrbulksegmentet i normalform

	C4		CS 4 TC		PM 4 TC	
	Spot	Future	Spot	Future	Spot	Future
Observations	241	241	241	241	241	241
Mean	24	24	80.889	79.280	39.565	39.888
Maximum	62	51	231.593	191.687	93.362	91.521
Minimum	9	9	21.291	20.000	10.162	12.000
Std. Dev.	11	11	45.059	42.586	19.722	19.825
ADF	0,2269	0,6048	0,2816	0,5226	0,549	0,3943
ADF - 1. level.	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000
Korrelasjon med future	0,9857		0,9816		0,9858	

Appendiks 2 – Statistiske egenskaper ruter på endringsform

Tabell A.2.1: Oppsummerende statistikk tanksegmentet endringsform

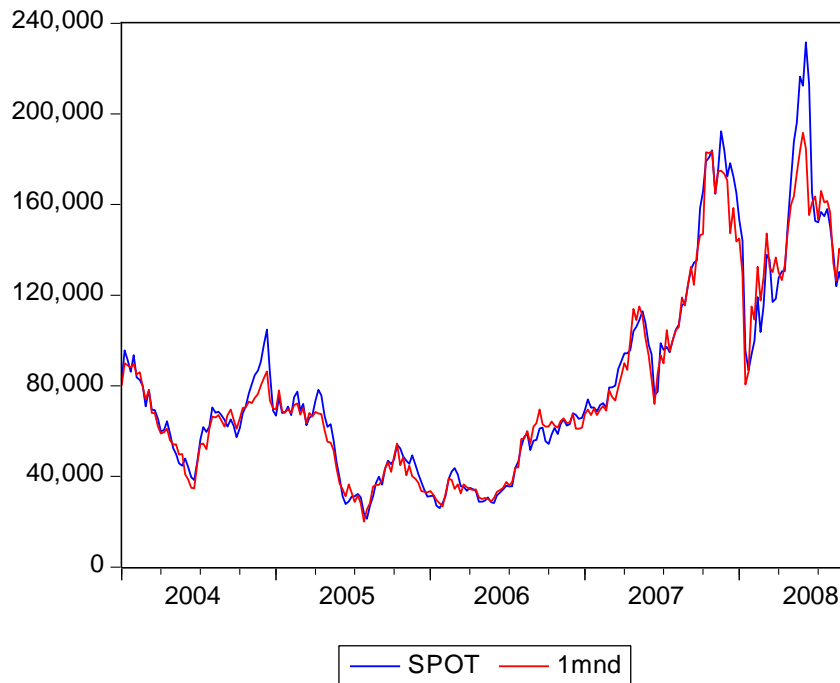
	TD3		TD7	
	ΔS	ΔF	ΔS	ΔF
Mean	0,0027	0,0018	-0,0005	0,0013
Gj. Sn. ABS	0,1359	0,1215	0,1425	0,0745
Maximum	0,8794	0,5878	0,7775	0,3789
Minimum	-0,6982	-0,4404	-0,6409	-0,2877
Std. Dev.	0,1915	0,1598	0,2010	0,0981
Bera-Jarque	0,0000	0,0074	0,0000	0,0077

Tabell A.2.2: Oppsummerende statistikk tørrbulksegmentet endringsform

	C4		CS 4 TC		PM 4 TC	
	ΔS	ΔF	ΔS	ΔF	ΔS	ΔF
Mean	-0,0001	0,0003	-0,0006	0,0005	0,0004	0,0005
Gj. Sn ABS	0,0587	0,0625	0,0720	0,0729	0,0641	0,0654
Maximum	0,2377	0,2624	0,2443	0,2880	0,3076	0,3711
Minimum	-0,3236	-0,3185	-0,4107	-0,4728	-0,2878	-0,3447
Std. Dev.	0,0780	0,0809	0,0957	0,0981	0,0844	0,0903
Bera- Jarque	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000

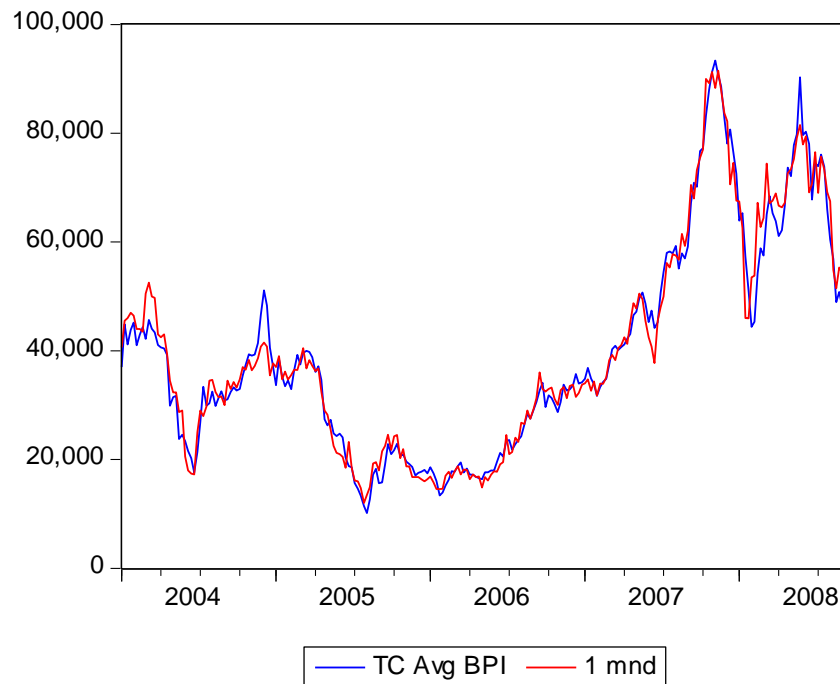
Appendiks 3 – grafer øvrige ruter.

Graf A.3.1: Rute CS 4 TC normalform



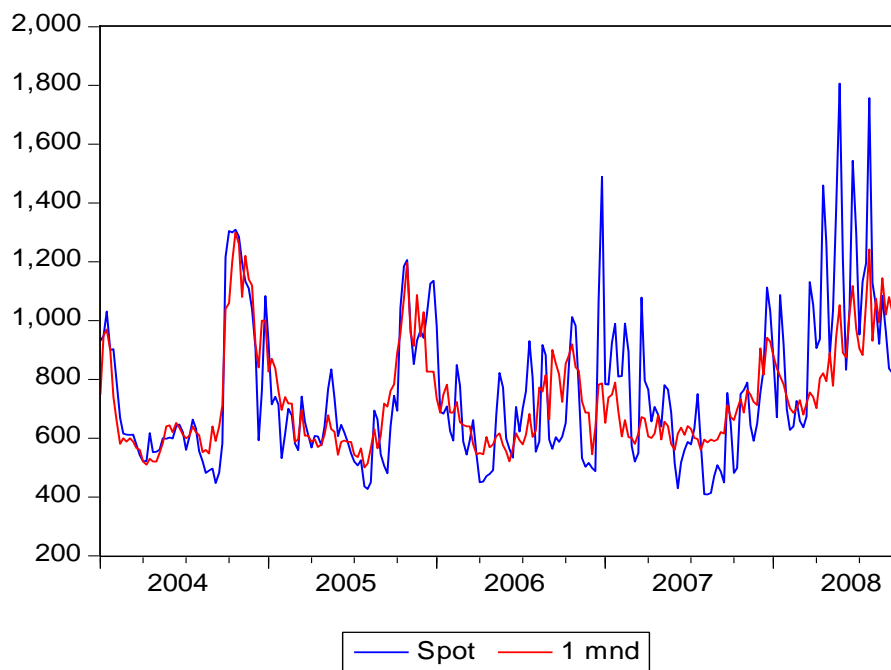
Kilde: Imarex og Baltic Exchange

Graf A.3.2: Rute PM 4 TC normalform



Kilde: Imarex og Baltic Exchange

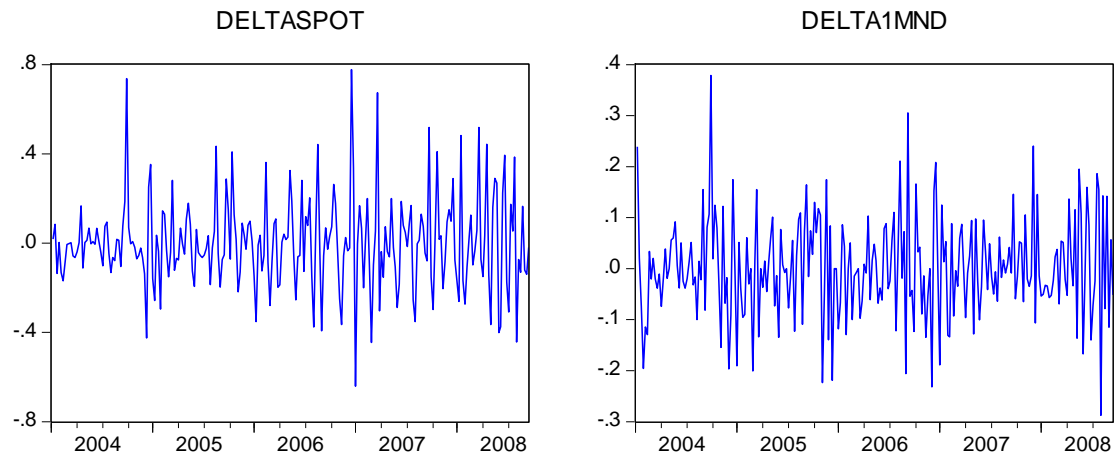
Graf A.3.3: Rute TD7 normalform



Kilde: Imarex, Baltic Exchange og Worldscale Association

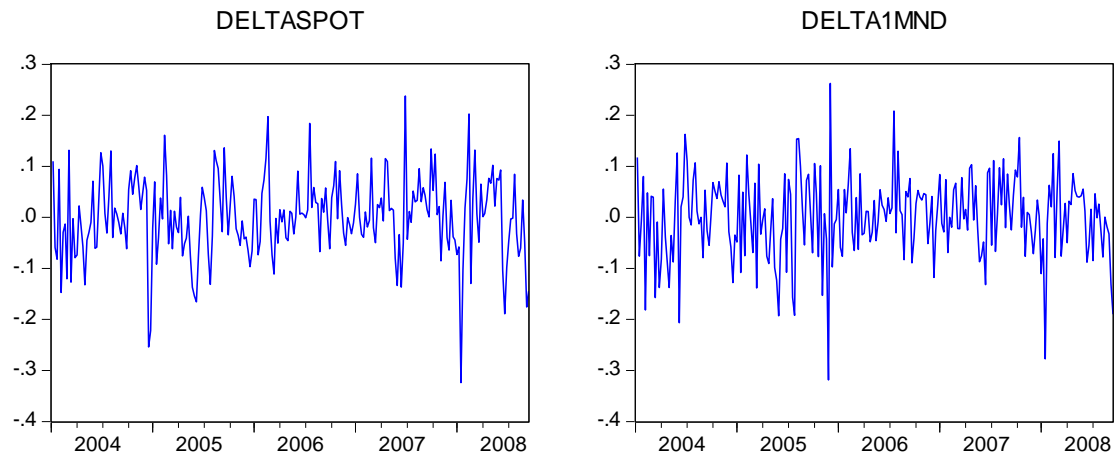
Appendiks 4 – Endring spot- og futurepriser øvrige ruter

Graf A.4.1: Rute TD7 endringsform



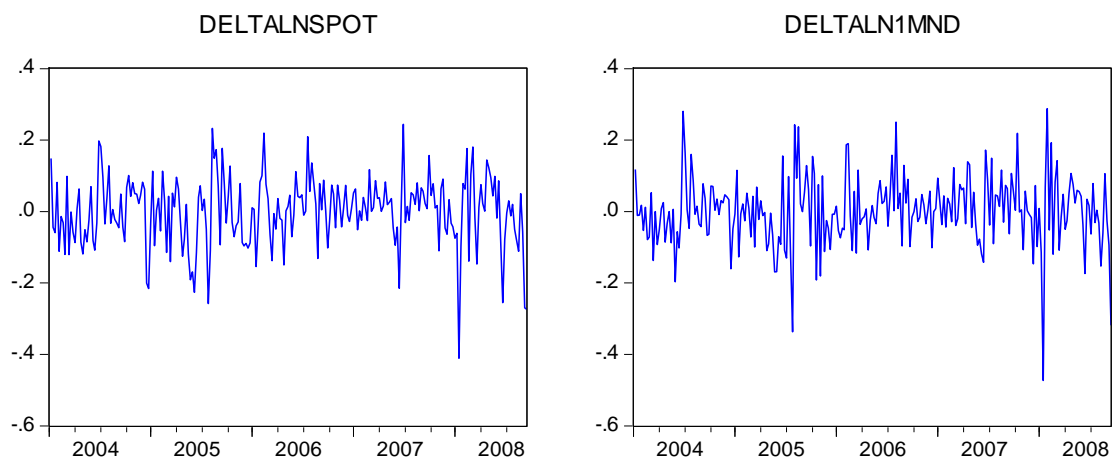
Kilde: Imarex, Baltic Exchange og Worldscale Association

Graf A.4.2: Rute C4 endringsform



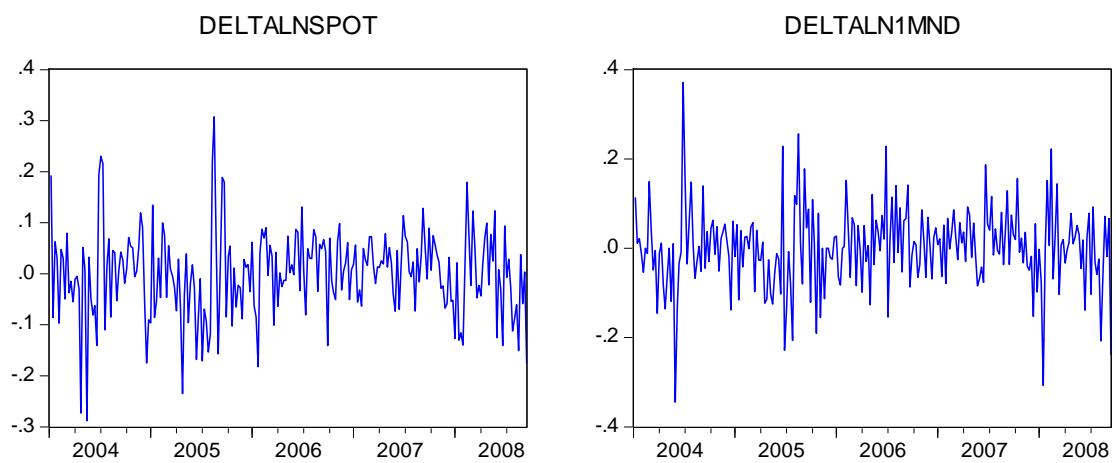
Kilde: Imarex og Baltic Exchange

Graf A.4.3: Rute CS 4 TC endringsform



Kilde: Imarex og Baltic Exchange

Graf A.4.4: Rute PM 4 TC endringsform



Kilde: Imarex og Baltic Exchange

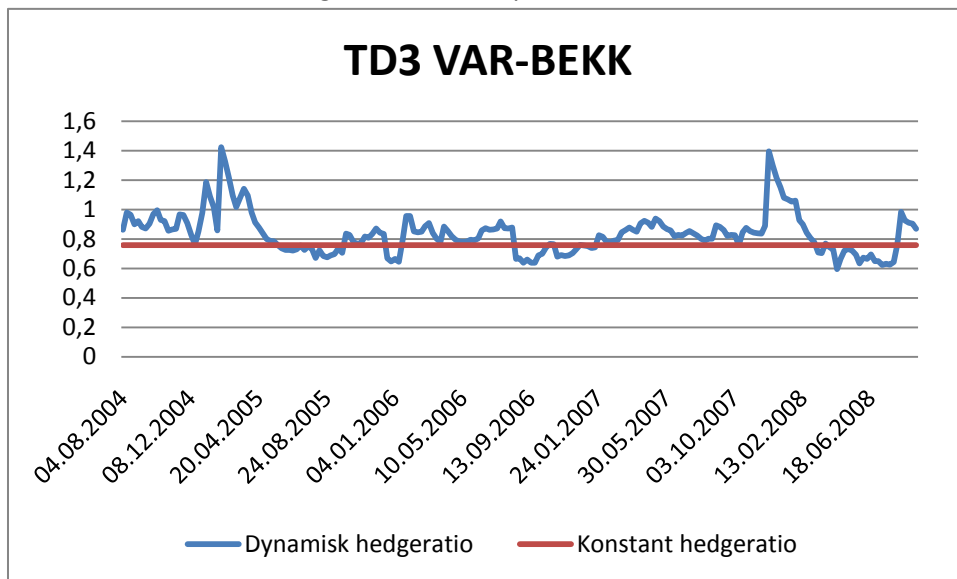
Appendiks 5 – Diagnosetest perioden 02.01.2004 til 10.09.2008

Tabell A.5.1: Diagnosetest 02.01.2004 til 10.09.2008

02.01.2004 – 10.09.2008	TD3	TD7	C4	CS 4 TC	PM 4 TC
Skewness	-0,6268	0,3161	-0,1998	-0,4295	-0,3319
Kurtosis	5,2651	3,8457	4,7051	4,6046	3,9510
Jarque-Bera	0,0000	0,0074	0,0000	0,0000	0,0012
White's test	0,0061	0,0114	0,0000	0,0046	0,0169
ARCH (1)	0,3414	0,9631	0,0006	0,1439	0,0019
ARCH (2)	0,5047	0,1149	0,0027	0,2348	0,0079
ARCH (5)	0,0128	0,4179	0,0335	0,5349	0,0105
Breusch-Godfrey (1)	0,3899	0,2561	0,8750	0,7430	0,4129
Breusch-Godfrey (2)	0,4930	0,0000	0,2800	0,2600	0,0036
Breusch-Godfrey (4)	0,4052	0,0000	0,5430	0,3270	0,0226
Breusch-Godfrey (12)	0,0648	0,0000	0,4420	0,4770	0,0516
Breusch-Godfrey (26)	0,0491	0,0000	0,0870	0,3460	0,0566
Breusch-Godfrey (52)	0,1587	0,0000	0,1390	0,7320	0,4409

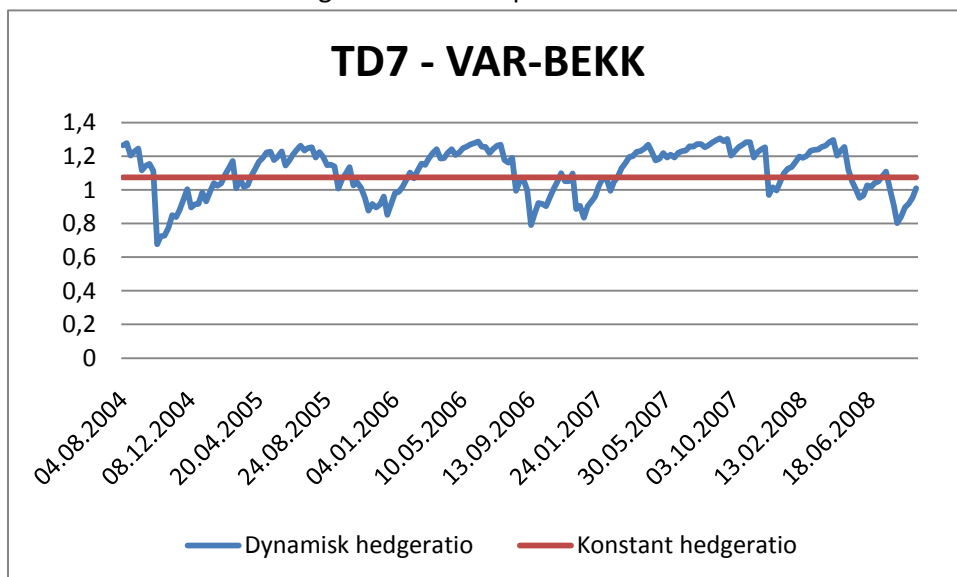
Appendiks 6 – Hedgeratioer in sample

Graf A.6.1: Rute TD3 - hedgeratioer in sample

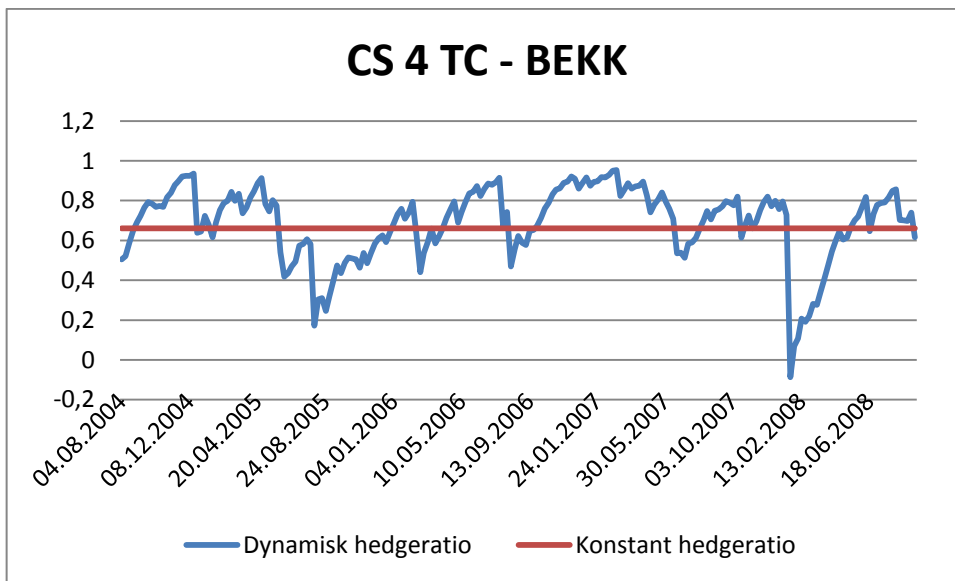


Kilde: Imarex, Baltic Exchange og Worldscale Association

Graf A.6.2: Rute TD7 - hedgeratioer in sample

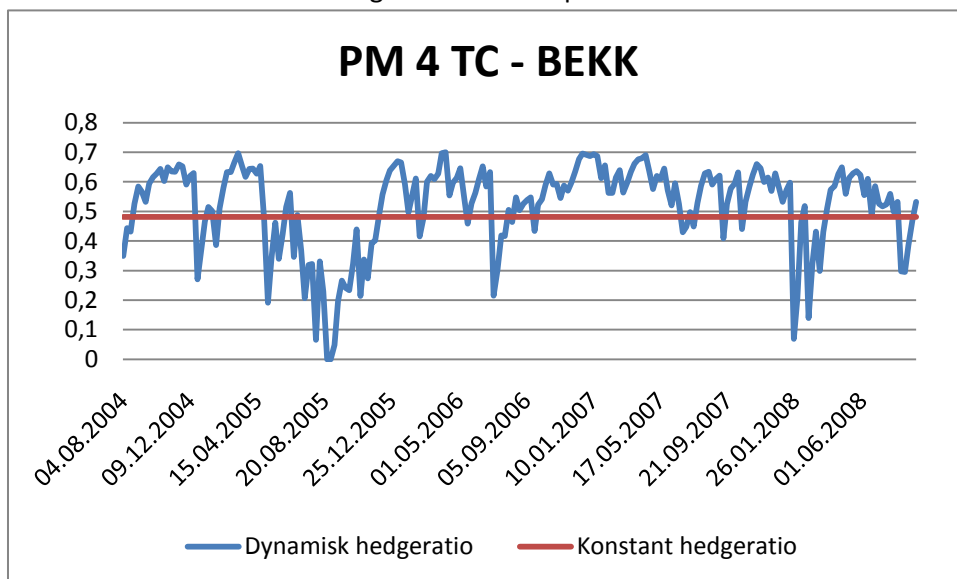


Graf A.6.3: Rute CS 4 TC - hedgeratioer in sample



Kilde: Imarex og Baltic Exchange

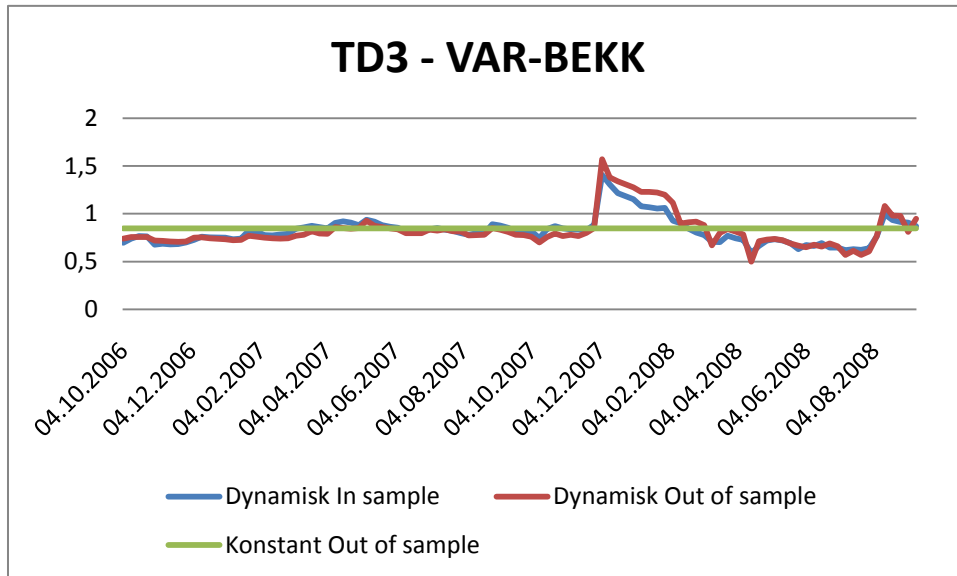
Graf A.6.4: Rute PM 4 TC - hedgeratioer in sample



Kilde: Imarex og Baltic Exchange

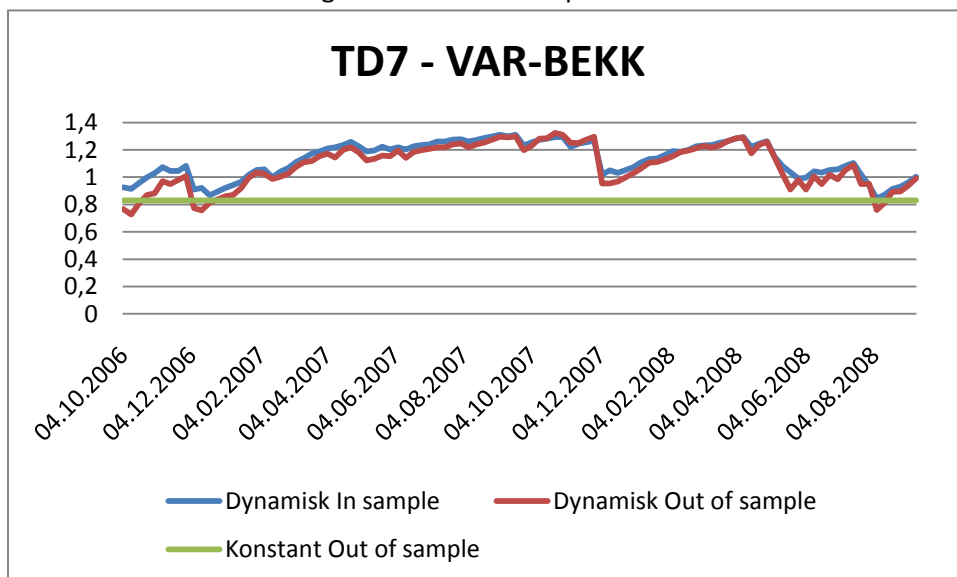
Appendiks 7 – Hedgeratioer Out of sample

Graf A.7.1: Rute TD3 - Hedgeratioer out of sample



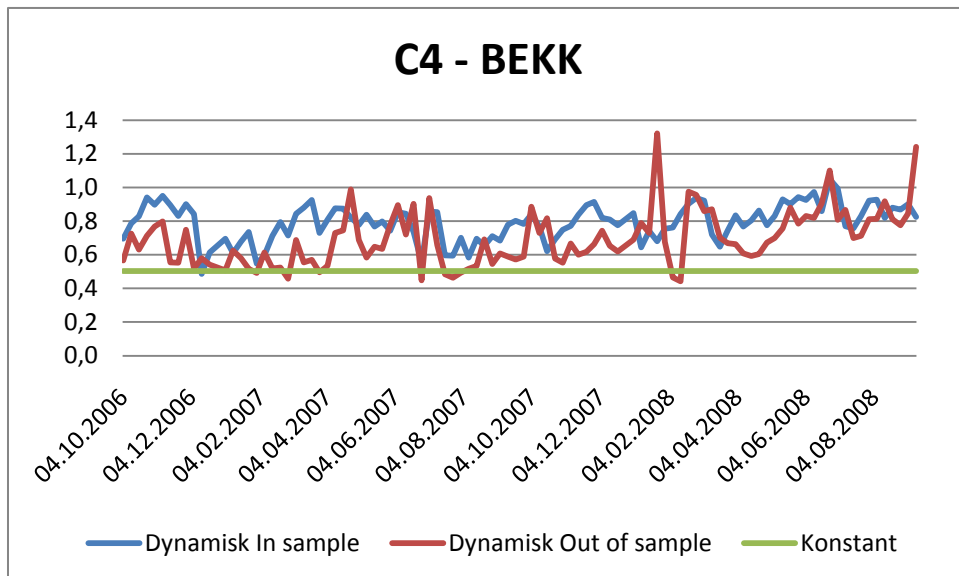
Kilde: Imarex, Baltic Exchange og Worldscale Association

Graf A.7.2: Rute TD7 - Hedgeratioer out of sample



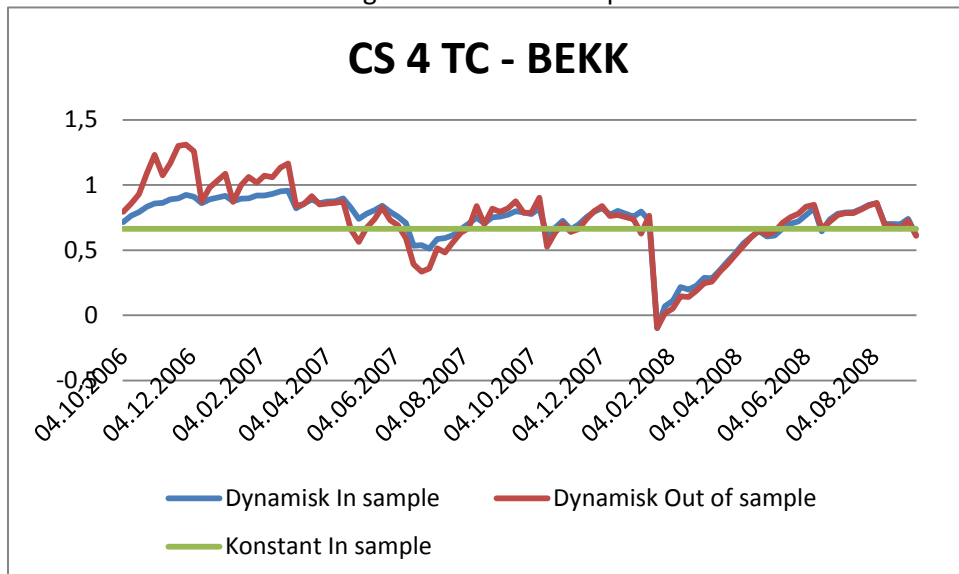
Kilde: Imarex, Baltic Exchange og Worldscale Association

Graf A.7.3: Rute C4 - Hedgeratioer out of sample



Kilde: Imarex og Baltic Exchange

Graf A.7.4: Rute CS 4 TC - Hedgeratioer out of sample



Kilde: Imarex og Baltic Exchange

Tabell A.7.1: Korrelasjon mellom hedgeratioer out of sample / in sample

Korrelasjon hedgeratioer in sample / out of sample					
	TD3	TD7	C4	CS 4 TC	PM 4 TC
Korrelasjonskoeffisient	0,94	0,97	0,42	0,93	0,98

Tabell A.7.2: Hedgeeffektivitet perioden 04.10.2006 – 10.09.2008 Out of sample og In sample.

Hedgeeffektivitet - Out of sample				Hedgeeffektivitet - In sample		
	CLRM	BEKK	VAR-BEKK	CLRM	BEKK	VAR-BEKK
TD7	23,82 %	-	24,04 %	27,62 %	-	25,19 %
TD3	30,94 %	-	23,17 %	33,15 %	-	28,35 %
C4	53,20 %	56,77 %	-	61,88 %	60,23 %	-
CS 4 TC	49,22 %	42,37 %	-	49,22 %	45,28 %	-
PM 4 TC	25,42 %	27,58 %	-	27,78 %	29,42 %	-

Appendiks 8 – Data fra Eviews

Her er resultatene fra Eviews for en VAR-BEKK-modell for rute TD3 presentert med den hensikt å markere hvilken del av resultatet som benyttes til å estimere de dynamiske hedgeratioene out of sample. Den første delen viser resultatet av kjøringen av modellen. Lengre ned under "Estimated Equations" er de aktuelle ligningene markert med rødt. Disse representerer ligning 4.28 og 4.29. Verdiene til ligningen finnes under Transformed Variance Coefficients, også markert med rødt. Hedgeratio for kommende periode kan estimeres ved hjelp av ligningene for GARCH (1), GARCH (2) og COV(1,2), og verdiene til koeffisientene i ligningene.

System: UNTITLED
 Estimation Method: ARCH Maximum Likelihood (Marquardt)
 Covariance specification: Diagonal BEKK
 Date: 12/05/09 Time: 17:36
 Sample: 1/28/2004 9/10/2008
 Included observations: 238
 Total system (balanced) observations 476
 Presample covariance: backcast (parameter =0.7)
 Convergence achieved after 50 iterations

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C(1)	0.003208	0.011710	0.273945	0.7841
C(2)	0.002684	0.009963	0.269403	0.7876
Variance Equation Coefficients				
C(3)	0.005116	0.001765	2.897772	0.0038
C(4)	0.002508	0.000990	2.534055	0.0113
C(5)	0.001814	0.001112	1.631098	0.1029
C(6)	0.326698	0.072859	4.483999	0.0000
C(7)	0.251116	0.056857	4.416639	0.0000
C(8)	0.853859	0.052617	16.22780	0.0000
C(9)	0.928929	0.032912	28.22465	0.0000
Log likelihood	291.3636	Schwarz criterion		-2.241499
Avg. log likelihood	0.612108	Hannan-Quinn criter.		-2.319885
Akaike info criterion	-2.372803			

Equation: VAR2SPOT = C(1)

R-squared	-0.000326	Mean dependent var	-2.33E-19
Adjusted R-squared	-0.000326	S.D. dependent var	0.178154
S.E. of regression	0.178183	Sum squared resid	7.524567
Durbin-Watson stat	2.007829		

Equation: VAR2FUTURE = C(2)

R-squared	-0.000296	Mean dependent var	-5.13E-18
Adjusted R-squared	-0.000296	S.D. dependent var	0.156207
S.E. of regression	0.156230	Sum squared resid	5.784627
Durbin-Watson stat	1.996446		

Covariance specification: Diagonal BEKK
 GARCH = M + A1*RESID(-1)*RESID(-1)*A1 + B1*GARCH(-1)*B1
 M is an indefinite matrix
 A1 is diagonal matrix
 B1 is diagonal matrix

Transformed Variance Coefficients				
	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
M(1,1)	0.005116	0.001765	2.897772	0.0038
M(1,2)	0.002508	0.000990	2.534055	0.0113
M(2,2)	0.001814	0.001112	1.631098	0.1029
A1(1,1)	0.326698	0.072859	4.483999	0.0000
A1(2,2)	0.251116	0.056857	4.416639	0.0000
B1(1,1)	0.853859	0.052617	16.22780	0.0000
B1(2,2)	0.928929	0.032912	28.22465	0.0000

Estimation Command:

```
=====
ARCH(DERIV=AA) @DIAGBEKK C(INDEF) ARCH(1,DIAG) GARCH(1,DIAG)
```

Estimated Equations:

```
=====
VAR2SPOT = C(1)
```

```
VAR2FUTURE = C(2)
```

Substituted Coefficients:

```
=====
VAR2SPOT = 0.00320794129262
```

```
VAR2FUTURE = 0.00268400036599
```

Variance-Covariance Representation:

```
=====
GARCH = M + A1*RESID(-1)*RESID(-1)*A1 + B1*GARCH(-1)*B1
```

Variance and Covariance Equations:

```
=====
```

GARCH1 = M(1,1) + A1(1,1)^2*RESID1(-1)^2 + B1(1,1)^2*GARCH1(-1)

GARCH2 = M(2,2) + A1(2,2)^2*RESID2(-1)^2 + B1(2,2)^2*GARCH2(-1)

COV1_2 = M(1,2) + A1(1,1)*A1(2,2)*RESID1(-1)*RESID2(-1) + B1(1,1)*B1(2,2)*COV1_2(-1)

Substituted Coefficients:

```
=====
```

GARCH1 = 0.00511586887672+0.106731702099*RESID1(-1)^2+0.729075406057*GARCH1(-1)

GARCH2 = 0.00181381133969+0.0630590503378*RESID2(-1)^2+0.862909329198*GARCH2(-1)

COV1_2 = 0.00250777624979 + 0.0820390137391*RESID1(-1)*RESID2(-1) + 0.793174614808*COV1_2(-1)

Referanseliste

Artikler og bøger:

- Alizadeh, A. H., M. G. Kavussanos, et al. (2004). "Hedging against bunker price fluctuations using petroleum futures contracts: constant versus time-varying hedge ratios." Applied Economics **36**(12): 1337-1353.
- Andersen, T. G., T. Bollerslev, et al. (2006). "Realized Beta: Persistence and Predictability." Advances in Econometrics: Econometric Analysis of Economic and Financial Time Series in Honor of R.F. Engle and C.W.J. Granger **B**: 1-40.
- Asteriou, D. and S. G. Hall (2007). Applied econometrics : a modern approach using EViews and Microfit. Basingstoke [England] ; New York, Palgrave Macmillan.
- Bera, K. A., P. Garcia, et al. (1997). "Estimation of Time-Varying Hedge Ratios for Corn and Soybeans: BGARCH and Random Coefficient Approaches." The Indian Journal of Statistics **59**(3): 346-368.
- Berument, H. and H. Kiyamaz (2001). "The Day of the Week Effect on Stock Market Volatility." Journal of Economics and Finance **25**(2): 181 - 193.
- Bhargava, V. (2007). "Determining the Optimal Hedge Ratio: Evidence from Cotton and Soybean Markets." Journal of Business & Economic Studies **13**(1): 38-57.
- Bollerslev, Tim, (1986), Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity, Journal of Econometrics, 31,(3): 307-327
- Bollerslev, T., R. F. Engle, et al. (1988). "A Capital-Asset Pricing Model with Time-Varying Covariances." Journal of Political Economy **96**(1): 116-131.
- Brooks, C. (2008). Introductory econometrics for finance. Cambridge, Cambridge University Press.
- Ederington, L. H. (1979). "The Hedging Performance of the New Futures Markets." Journal of Finance **34**(1): 157-170.
- Engle, R. F. (1982). "Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation." Econometrica **50**(4): 987-1007.
- Engle, R. F. and K. F. Kroner (1995). "Multivariate Simultaneous Generalized ARCH." Econometric Theory **11**(01): 122-150.
- Haigh, M. S. and M. T. Holt (2000). "Hedging Multiple Price Uncertainty in International Grain Trade." American Journal of Agricultural Economics **82**(4): 881-896.
- Haigh, M. S. and M. T. Holt (2002). "Hedging Foreign Currency, Freight And Commodity Futures Portfolios: A Note." The Journal of Futures Markets **22**(12): 1117 - 1221.
- Harris, R. D. F., J. Shen, et al. (2009). "The Limits to Minimum-Variance Hedging." SSRN eLibrary.

- Herbst, A. F., D. D. Kare, et al. (1989). "Hedging effectiveness and minimum risk hedge ratios in the presence of autocorrelation: Foreign currency futures." Journal of Futures Markets **9**(3): 185-197.
- Hull, J. (2006). Options, futures, and other derivatives. Upper Saddle River, N.J., Pearson/Prentice Hall.
- Johansen, S. (1988). "Statistical analysis of cointegration vectors." Journal of Economic Dynamics and Control **12**(2-3): 231-254.
- Johansen, S. and K. Juselius (1990). "Maximum Likelihood Estimation and Inference on Cointegration-
-With Applications to the Demand for Money." Oxford Bulletin of Economics and Statistics **52**(2): 169-210.
- Johnson, L. L. (1960). "The Theory of Hedging and Speculation in Commodity Futures " The Review of Economic Studies **27**(3): 139-151.
- Kavussanos, M. G. and N. K. Nomikos (2000 a). "Hedging in the Freight Futures Market." The Journal of Derivatives **8**(1): 41-58.
- Kavussanos, M. G. and N. K. Nomikos (2000 b). "Constant vs. time varying hedge ratios and hedging efficiency in the BIFFEX market." Transportation Research(Part E36): 229-248.
- Kavussanos, M. G. and N. K. Nomikos (2000 c). "Futures hedging when the structure of the underlying asset changes: The case of the BIFFEX contract." Journal of Futures Markets **20**(8): 775-801.
- Kavussanos, M. G. and N. K. Nomikos (2003). "Price Discovery, Causality and Forecasting in the Freight Futures Market." Review of Derivatives Research **6**(3): 203-230.
- Kavussanos, M. G. and I. Visvikis (2006). Derivatives and Risk Management in Shipping. Athens, Witherbys Publishing.
- Kavussanos, M. G., I. Visvikis, et al. (2005). "The Unbiasedness Hypothesis in the Freight Forward Market: Evidence from Cointegration Tests." Review of Derivatives Research **7**(3): 241-266.
- Kim, M. and R. M. Leuthold (2000). Nonparametric Kernel Estimation Of Multiple Hedge Ratios. 2000 Annual meeting, July 30-August 2, Tampa, FL 21737,, American Agricultural Economics Association (New Name 2008: Agricultural and Applied Economics Association).
- Markowitz, H. (1952). "Portfolio Selection " The Journal of Finance **7**(1): 77-91.
- McDonald, R. L. (2006). Derivatives markets. London, Addison-Wesley.
- Park, T. H. and L. N. Switzer (1995). "Bivariate GARCH estimation of the optimal hedge ratios for stock index futures: A note." Journal of Futures Markets **15**(1): 61-67.
- Rasmussen, T. S. and E. Tversland (2007). Managing Risk with Freight Futures from IMAREX: Thesting Hedging Effectiveness and the Unbiasedness Hypothesis. Bergen, Norges Handelshøyskole. **Master thesis**: 1-101.
- Sims, C. A. (1980). "Macroeconomics and Reality " Econometrica **48**(1): 1-48.

Stein, J. L. (1961). "The Simultaneous Determination of Spot and Futures Prices " The American Economic Review **51**(5): 1012-1025.

Stopford, M. (1997). Maritime economics. London, Routledge.

Taylor, S. J. (1986). Forecasting the Volatility of Currency Exchange Rates, International Journal of Forecasting, (3): 159-70

Walton, D. O. (2005) Making Modern Shipping: Making the Modern World. A Concise History of Modern Commercial Shipping. The Britannia Steam Ship Insurance Association. 150th anniversary 1855-2005 20-27

Working, H. (1953). "Futures Trading and Hedging." American Economic Review(June 1953): 314-343.

Internettider:

Baltic Exchange < <http://www.balticexchange.com>> (15.12.2009)

Bulkratene går på ny, stygg smell? HegnarOnline 24.07.09 <<http://www.hegnar.no>> (15.12.2009)

Chicago Board Options Exchange <http://www.cboe.com/vix> (15.12.2009)

Frontline-resultatet stupte 84 prosent. HegnarOnline 27.11.09 <<http://www.hegnar.no>> (15.12.2009)

Imarex <<http://www.imarex.no>> (15.12.2009)

RS Platou <<http://www.platou.com>> (15.12.2009)

Tankratene doblet på to uker. HegnarOnline 18.11.09 <<http://www.hegnar.no>> (15.12.2009)

Tankratene opp inntil 571 prosent!. HegnarOnline 12.06.09 <<http://www.hegnar.no>> (15.12.2009)

Worldscale Association <<http://www.worldscale.co.uk>> (15.12.2009)