



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2016 30 stp

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Fakultet for samfunnsvitenskap
Handelshøyskolen

Effekten av handelsaktivitet på volatiliteten i råvarefutures

The Effect of Trading Activity on Volatility in
Commodity Futures

Mohammad Umar Nadeem
Master i økonomi og administrasjon

Forord

Denne masteroppgaven har blitt skrevet som en del av masterstudiet i økonomi og administrasjon med hovedprofil i finans, ved institutt Handelshøyskolen på Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU).

Jeg ønsker å benytte denne muligheten til å takke min veileder, Sjur Westgaard, for en god og informativ veiledning gjennom hele semesteret. Jeg vil også takke alle forelesere jeg har hatt i mine to år på NMBU for gode og lærerike forelesninger.

Eventuelle uklarheter og feil i oppgaven er ene og alene mitt ansvar.

Ås, 18 Mai 2016

Mohammad Umar Nadeem

Sammendrag

Analytikere og forskere bruker økonomisk teori og empiriske funn for å identifisere forklaringsvariabler som kan forbedre prognoser for volatilitet. I denne oppgaven undersøker jeg forholdet mellom volatilitet, volum og open interest for seks utvalgte råvarefutures handlet i USA. Jeg benytter meg av to forskjellige metoder, OLS-basert og GARCH-basert modelleringsmetodikk, for å undersøke dette forholdet. Volum og open interest blir inkludert i variansligningen som forklaringsvariabler i begge modellene.

Handlet volum og open interest blir inndelt i forventede og uforventede komponenter for å kunne skille mellom effekten av disse på volatiliteten. Dummy variabler for de uforventede komponentene blir også inkludert i variansligningen for å se om det finnes en asymmetrisk effekt av uforventet handelsaktivitet på volatiliteten.

Resultatene indikerer at både volum og open interest kan forklare volatiliteten i råvarefutures. Empiriske funn i denne oppgaven tyder på at volatiliteten er høyere i perioder med høyt handlet volum for råvarefutures. Både forventet og uforventet volum er positivt korrelert med volatiliteten, hvor en økning i uforventet volum har en større effekt på volatiliteten i forhold til en økning i forventet volum.

Resultatene oppnådd i denne oppgaven viser ingen tegn på at eksisterende open interest reduserer eller "demper" volatiliteten i et marked. Derimot viser resultatene at en økning i uforventet open interest reduserer volatiliteten. Med andre ord kan effekten av et volumsjokk på volatiliteten reduseres, avhengig av om open interest øker eller minker.

Tilslutt viser resultatene ingen asymmetrisk effekt av uforventet handelsaktivitet på volatiliteten med unntak av for gull- og sølvkontrakten. For disse kontraktene har positive sjokk i volum en større effekt på volatiliteten enn negative sjokk i volum.

Økt kunnskap om forholdet mellom volatilitet, volum og open interest vil kunne hjelpe markedsaktører til å ta bedre beslutninger i futuresmarkedet. Markedsaktører kan benytte volum og open interest som en proxy for henholdsvis informasjonsankomst og markedsdybde i markedene.

Abstract

Analysts and researchers use economic theory and empirical findings to identify variables that can improve volatility forecasts. In this paper I examine the relationship between volatility, volume and open interest for six selected commodity futures traded in the United States. Two different methods, OLS-based and GARCH-based modeling methodology, is used to examine this relationship. Volume and open interest are included in the variance equation as explanatory variables in both models.

Traded volume and open interest are divided into expected and unexpected components to distinguish between the effects of these on volatility. Dummy variables for the unexpected components are also included in the variance equation to see if there is an asymmetrical effect of unexpected trading activity on volatility.

The results indicate that both volume and open interest can explain volatility in commodity futures. Empirical findings in this thesis suggest that there is higher volatility in periods of high trading volume in commodity futures. Both expected and unexpected volume is positively correlated with volatility, where an increase in unexpected volume has a greater effect on volatility relative to expected volume.

The results obtained in this study show no evidence that existing open interest significantly "mitigates" price volatility in a market. However, the results show that an increase in unexpected open interest reduces volatility. In other words, the effect of a volume shock on volatility decreases, depending on whether open interest increases or decreases.

Finally, the results show no asymmetrical effect of unexpected trading activity on volatility, except for the gold and silver contracts. For these contracts, positive shocks in volume have a greater effect on volatility than negative shocks in volume.

Increased knowledge about the relationship between volatility, volume and open interest will be able to help market participants make better decisions in the commodity futures market. Market participants can use volume as a proxy for information arrival and open interest as a proxy for market depth in the commodity futures market.

Innhold

Forord.....	i
Sammendrag	ii
Abstract	iii
Figurliste.....	vi
Tabelliste	vi
1 Introduksjon.....	1
1.1 Problemstilling.....	2
2 Litteratur og teori	5
2.1 Litteratur.....	5
2.1.1 Volatilitet-volum forholdet.....	5
2.1.2 Volatilitet-open interest forholdet	6
2.1.3 Forholdet mellom pris, volum og open interest.....	7
2.2 Tidligere studier.....	8
2.2.1 Mitt studie	10
3 Data og deskriptiv statistikk.....	11
3.1 Beskrivelse av data	11
3.2 Deskriptiv statistikk.....	12
3.2.1 Avkastninger	12
3.2.2 Volum og open interest	15
4 Metode	18
4.1 Forventet og uforventet handelsaktivitet	18
4.2 OLS modell.....	19
4.3 GARCH modellen	20
5 Resultater.....	22
5.1 OLS modell.....	22
5.1.1 Volum og open interest som forklaringsvariabler	22
5.1.2 Asymmetrisk effekt av volum og open interest sjokk	23
5.2 GARCH.....	24
5.2.1 Volum og open interest som forklaringsvariabler	25
5.2.2 Asymmetrisk effekt av volum og open interest sjokk	25
5.2.3 Oppsummering av resultatene	26
6 Konklusjon	29
7 Litteraturliste	31
8 Vedlegg	32
8.1 Kjikvadrat tabell.....	32

8.2	Avkastning råvarefutures 2010-2015	33
8.3	Volatilitet råvarefutures 2010-2015	34
8.4	MA volum og open interest (Coffee C, Gold og Natural Gas).....	35
8.5	MA volum og open interest (Silver og Sugar No.11)	36

Figurliste

Figur 1: Avkastning Natural gas.....	13
Figur 2:Avkastning Crude oil.....	14
Figur 3: Volatilitet Natural gas.....	14
Figur 4:Volatilitet Crude oil	15
Figur 5: 50 dagers moving average av open interest for Crude oil	16
Figur 6: 50 dagers moving average av volum for crude oil	17

Tabelliste

Tabell 1:Pris, volum og open interest (Murphy 1999)	7
Tabell 2:Kontrakt, symbol og futures børns	12
Tabell 3:Deskriptiv statistikk av avkastningene.....	13
Tabell 4: Deskriptiv statistikk og ADF testverdier for volum og open interest seriene.....	16
Tabell 5:Resultater fra OLS-modell.....	23
Tabell 6: Resultater fra OLS-modell med dummy variabler	24
Tabell 7: Resultater fra GARCH-modell	25
Tabell 8: Resultater fra GARCH-modell med dummy variabler.....	26

1 Introduksjon

Volatiliteten i avkastningen til ulike aktiva er et viktig tema for forskere av finansiell økonomi og utøvere i finansmarkedet. Verdien av aksjer, obligasjoner og andre eiendeler er avhengig av forventet volatilitet i avkastningen. Videre er volatilitet essensielt for investeringsbeslutninger, hedging og risikostyring. Betydningen av volatilitetsprognoser ble fremhevet når Robert F. Engle ble tildelt nobelprisen for sin innsats i modellering av volatilitets dynamikk i 2003.

Volatilitetsmodeller er benyttet i mange viktige anvendelser av finansiell forskning. Moderne porteføljeteori avgjør de optimale porteføljene basert på variansen og kovariansen av eiendelens avkastning (Markowitz 1952). Konseptet bak kapitalverdimodellen er at forventet meravkastning på en eiendel, altså i forhold til en risikofri avkastning, er premien til investorer for å ta på seg den systematiske risikoen. Opsjonsprismodeller er også avhengig av volatiliteten i underliggende aktiva. Value-at-risk modeller er ofte benyttet av banker og andre finansinstitusjoner for å vurdere risikoen i kapitalbeholdningen deres (Hull 2012).

En volatilitetsmodell bør være i stand til å gi gode prognoser for volatilitet. Slike prognoser blir benyttet i risikostyring, prising av derivater, hedging, porteføljesammensetning og mange andre finansielle aktiviteter. For alle aktivitetene kreves det prognoser for volatiliteten. For eksempel må en risikoleder vite sannsynligheten i dag, for at hans/hennes portefølje vil falle i verdi i fremtiden, mens en opsjonstrader vil vite hvordan volatiliteten for kontrakten vil utvikle seg i løpet av levetiden til kontrakten. Videre vil en porteføljeforvalter kanskje vurdere å selge en aksje eller portefølje før den blir for volatil (Engle & Patton 2001).

Volatilitetsmodeller er generelt beregnet fra historiske data for avskrivninger. Siden man har uforutsigbare og ikke-repeterende sjokk i markedet er modellering av volatilitet vanskelig. Analytikere og forskere bruker økonomist teori og empiriske funn for å identifisere forklaringsvariabler som kan forbedre prognoser for volatilitet. Jeg vil i denne oppgaven benytte meg av volum og open interest som forklaringsvariabler for volatiliteten i råvarefutures, for å se om disse variablene kan bidra til å bedre volatilitet prognoser i råvare futuresmarkedet.

1.1 Problemstilling

Tradisjonelle økonometriske modeller antar at volatiliteten i avkastningen til ulike aktive er konstant over tid (Engle 1982). I nyere tid har forskere studert på tidsvarierende volatilitet i avkastningen til et aktiva, for å kunne forbedre prognoser av finansielle markedsutfall. Engle (1982) var en av de første til å forske på slike modeller med *autoregressive conditional heteroscedasticity* (ARCH) modellen av tidsvarierende volatilitet. Det har siden vært flere modifikasjoner av modellen hvor den kanskje mest populære har vært *generalized autoregressive conditional heteroskedasticity* (GARCH) modellen av Bollerslev (1986).

Flere forskere benytter også ulike forklaringsvariabler i modellene for å forbedre volatilitet prognoser. Blant annet modifierer flere forskere GARCH modellen ved å inkludere volum og open interest for aksjer og futures i variansligningen, og flere av studiene viser at volum og open interest som forklaringsvariabler har en signifikant effekt på volatiliteten. Disse studiene er nærmere beskrevet i kapittel 2.

Tanken bak å inkludere volum i variansligningen henger sammen med at når ny informasjon kommer til markedet vil aktører gjøre handel basert på denne informasjonen. Hedgere vil ta posisjoner i markedet for å stabilisere sine fremtidige inntekter eller kostnader, mens spekulanter vil prøve å dra nytte av informasjonen og spekulere i hvilken vei prisen vil bevege seg. Dette vil igjen resultere i endringer i pris og volum siden begge er drevet av samme variabel, altså ny informasjon. Basert på dette forventes det at volatilitet og volum vil være positivt korrelerte (Clark 1993).

Bruken av open interest som forklaringsvariabel i variansligningen er benyttet for å se på betydningen av et ekstra mål på markedsaktivitet i å forklare volatilitet. Motivasjonen bak bruken av open interest som en forklaringsvariabel henger sammen med at endringer i open interest avviker fra endringer i volum, noe som er grunnen til at det forventes å gi ytterligere forklaringskraft (Ripple & Moosa 2009).

Et annet viktig aspekt ved bruken av open interest er at mange spekulanter er dag-tradere og dermed ikke holder åpne posisjoner over natten. Dermed vil open interest på slutten av en handelsdag først og fremst reflektere hedging aktivitet, som igjen reflekterer mengden av uinformert trading. Altså, ved å benytte open interest sammen med volum vil man kunne få innsikt i priseffekter av markedsaktivitet, som forårsakes av informerte versus uinformerte tradere, eller lettere sagt, hedgere versus spekulanter (Bessembinder og Seguin 1993).

Forholdet mellom volatilitet og handelsaktivitet variablene i futuresmarkedet vil være av interesse for alle markedsaktørene. Økt kunnskap om dette forholdet vil kunne hjelpe aktører til å ta bedre beslutninger i futuresmarkedet.

Basert på dette vil jeg i denne oppgaven se på forholdet mellom volum, open interest og volatilitet for seks råvarefutures handlet i USA. Ved å benytte meg av en OLS- og GARCH modell, og dermed to forskjellige estimater på betinget volatilitet, skal jeg besvare følgende problemstilling:

"Kan volum og open interest forklare volatiliteten i råvarefutures?"

Volum er antall kontrakter som handles i et gitt tidsintervall, og måles normalt på daglig basis. For hver kjøper av en futureskontrakt må det være en selger, og dermed er volum summen av antall kjøp eller salg, men ikke summen av de to. Volum er en nyttig indikator på aktiviteten i markedet og markedslivviditeten. (Carter 2015).

Open interest er antall ikke-likviderte kontrakter til enhver tid: dermed er det et kumulativt mål. Det måles ved enten antall åpne long posisjoner eller åpne short posisjoner, men ikke summen av de to. Anta for eksempel at individ A kjøper to kontrakter fra individ B. På slutten av dagen vil oppgjørssentralen registrere at individ A har to åpne long posisjoner og individ B har to åpne short posisjoner. Både volum og open interest vil bli registrert som to kontrakter. På dag to selger individ D (ny selger) en kontrakt til individ C (ny kjøper). På slutten av dag to vil open interest ha økt fra to til tre og daglig volum vil bli registret som en kontrakt. Open interest øker til tre kontrakter fordi individ A har fortsatt to åpne long kontrakter og nå har i tillegg individ C også en åpen long kontrakt. På den andre siden har individ B og D åpne short kontrakter på til sammen tre (Carter 2015).

På samme måte som flere tidligere studier vil jeg benyttet meg av handelsaktivitet som en felles betegnelse for volum og open interest i denne oppgaven. Videre vil jeg bruke volum som en proxy for informasjonsankomst og open interest som en proxy for markededybde i et marked.

Handelsaktivitet variablene vil bli delt inn i forventede og uforventede komponenter ved å benytte en metode ganske lik den Bessembinder og Seguin (1993) bruker. Dermed vil jeg kunne skille mellom effekten av forventet og uforventet handelsaktivitet på volatiliteten. For det første vil jeg se om begge komponentene har en signifikant effekt på volatiliteten. For det

andre vil jeg se om overraskelser i handelsaktivitet har en større effekt på prisvolatiliteten enn forventet handelsaktivitet.

Foruten dette vil jeg også se om det er en asymmetrisk effekt av uforventet handelsaktivitet på volatiliteten. Med andre ord vil jeg se om volatiliteten responderer asymmetrisk på positive og negative sjokk i volum og open interest.

Følgelig vil jeg også besvare følgende to delspørsmål:

- *"Er effekten av både forventet og uforventet handelsaktivitet på volatiliteten signifikant?"*
- *"Er effekten av uforventet handelsaktivitet på volatiliteten asymmetrisk?"*

2 Litteratur og teori

2.1 Litteratur

Det har vært flere studier dedikert til å utforske forholdet mellom volatilitet og volum i aksje- og futuresmarkedet. Flere studier dokumenterer et positivt forhold mellom prisvolatilitet og volum. I motsetning til studier dedikert til å utforske volatilitet-volum forholdet, er det langt færre studier som utforsker forholdet mellom prisvolatilitet og open interest.

2.1.1 Volatilitet-volum forholdet

Det er to teoretiske forklaringer på forholdet mellom volatilitet og volum. Den første er "*Mixture of distributions hypothesis*" (MDH) av Clark (1973) som antar at prisvolatilitet og volum sammen og samtidig reagerer på informasjonsflyten til markedet. Dette forklares med at det er en felles avhengighet av avkastning og volum på en felles hendelse. Starter man i en likevekt, vil en endring i etterspørselen sette i gang en bevegelse i prisnivået. Mens tilpasningsprosessen foregår vil aktiviteten (volum) øke som et svar på endringen i etterspørselen, til en ny likevekt er nådd. Under denne hypotesen vil derfor handlet volum øke med endringen i etterspørselen og prisnivået, uavhengig av om prisen går opp eller ned. Basert på MDH er derfor volatilitet og volum positivt korrelert. Tauchen og Pitts (1983) forlenger Clark (1973) sin MDH, og hevder at tradere reviderer sine vurderinger ved ankomst av ny informasjon i markedet, og jo større uenigheter mellom tradere, jo høyere volatilitet og volum.

Den andre er "sekvensiell ankomst av informasjon" (SIA) modellen konstruert av Copeland (1976), hvor den sekvensielle ankomsten av ny informasjon til markedet fører både volum og prisbevegelser gjennom såkalte informasjons sjokk, før en likevekt blir etablert. Modellen indikerer en positiv sammenheng mellom volum og prisvolatilitet, og antyder at volatilitet potensielt er forutsigbart basert på kunnskap om volum.

Under MDH av Clark (1973) vil alle investorer motta informasjonen og utføre transaksjoner basert på informasjonen samtidig. Den endelige likevekten er dermed nådd ved en gruppe av handler. Mens under SIA av Copeland (1976) vil investorene motta informasjonen en om gangen, og utføre transaksjoner en etter en. Dermed vil det være et antall mellomliggende likevekter før den endelige likevekten er oppnådd. Ifølge Clark (1973) vil det derfor under MDH ikke være noe tilleggsinformasjon i tidligere volatilitet som kan brukes til å forutsi

fremtidig volum, som ikke er observert i tidligere lag av volum. Mens under SIA, hvor informasjonen kommer til en investor om gangen, kan tidligere volatilitet gi verdifull informasjon som kan forbedre volumprognoser (Copeland 1976).

Blume et al. (1994) utviklet en modell som tradere kan benytte seg av for å tilegne seg verdifull informasjon om finansielle aktiva, ved å observere tidligere priser og informasjon knyttet til volum. Modellen demonstrerer hvordan volum påvirker markedsoppførselen og argumenterer for at volum gir informasjon om informasjonskvaliteten i markedet. Videre viser modellen hvordan volum og prisbevegelser henger sammen og demonstrerer hvordan sekvenser av volum og priser kan være informative. Derfor bruker litteraturen ofte volum som en proxy for informasjonsankomst.

2.1.2 Volatilitet-åpen interesseforholdet

Selv om handlet volum har vært mye brukt som en proxy for informasjonsankomst, bidrar også åpen interesse med viktig informasjon til markedsaktørene. For tekniske analytikere, reflekterer åpen interesse likviditeten i forbindelse med et bestemt marked, fordi en økning eller nedgang i åpen interesse tilsier at pengene er på vei inn eller ut av et bestemt marked (Kyle 1985). Kyle (1985) mener at likviditeten i markedet er et dårlig definert begrep for åpen interesse og mener at åpen interesse bør være definert som dybden i et marked. Han definerer markedsdybde som volumet av en ordrestrøm som kreves for å flytte prisene med en enhet. Videre mener han at markedsdybden endres med handelsaktiviteten, og at et dypt marked bidrar til å skape markedsvilkår som reduserer prispresstet som oppstår ved handel basert på ny informasjon. Altså, eksisterende markedsdybde er negativt korrelert med volatilitet.

Bessembinder og Seguin (1993) mener det er to grunner til å bruke åpen interesse som et mål på markedsdybde:

- Mange spekulanter holder ikke åpne posisjoner i futuresmarkedet over natten. Dermed vil åpen interesse på slutten av en handelsdag primært reflektere hedge posisjoner og derfor kunne brukes som en proxy for nivået på ikke-informasjons (ikke-spekulativ) handelsaktivitet, som ikke er veldig følsom ovenfor ny informasjon. Åpen interesse og volum kan signalisere den potensielle effekten på pris som følge av markedsaktivitet som genereres av informerte kontra ikke-informerte aktører eller spekulanter kontra hedgere. Med andre ord, handlet volum kan signalisere prisseffekten av markedsaktivitet generert av spekulanter (informerte aktører), mens åpen interesse kan signalisere prisseffekten av markedsaktivitet generert av hedgere (uinformerte aktører).

- Markedsdybden avhenger av aktørenes vilje og evne til å risikere kapital og ta posisjoner i markedet som en respons på oppfattet avvik i prisen. Viljen til å handle er delvis bestemt av hvor mye risiko en bestemt aktør er villig til å ta på seg, mens evne er delvis bestemt av hvor mye kapital en bestemt aktør har til rådighet. Dersom disse og andre bakenforliggende faktorer som bestemmer markedsdybden ikke endres, bør laggede verdier av open interest inneholde informasjon om dagens markedsdybde.

2.1.3 Forholdet mellom pris, volum og open interest

Gould (2003) sammenligner rollen til pris, volum og open interest med tanke på prognoser av prisbevegelser og antyder at pris, volum og open interest kollektivt gir svar på tre viktige spørsmål om markedsbevegelsen. For det første gir prisen svar på spørsmålet om hva som skjedde i markedet fordi prisbevegelser oppstår som følge av de underliggende kreftene av tilbud og etterspørsel. For det andre gir volum informasjon om "trykket" bak prisbevegelsen ved å vise om aktører er interessert i å ta del i markedet. Videre gir open interest informasjon om hvilke aktører som er den dominante markedskraften bak dagens pris, nye markedsaktører eller nåværende posisjonsholdere. Ifølge Gould er open interest den viktigste faktoren med tanke på prognoser av prisbevegelser, fordi open interest gir innsikt i hvordan man skal tolke volumendringer.

Murphy (1999) antyder at analytikere generelt er enige om at volum og open interest sammen med prisbevegelser gir nyttig informasjon om hvilken retning markedet vil bevege seg i. Basert på dette gir Murphy en generell regel i å tolke volum og open interest for å kunne bedre forutsi prisutviklingen. Denne er oppsummert i tabell 1.

Pris	Volum	Open interest	Tolkning av prisutvikling
Stiger	Stiger	Stiger	Bullish
Stiger	Faller	Faller	Bearish
Faller	Stiger	Stiger	Bearish
Faller	Faller	Faller	Bullish

Tabell 1: Pris, volum og open interest (Murphy 1999)

I følge Murphy har volum og open interest generelt lignende virkning på prisen. Hvis volum og open interest er stigende vil pristrenden fortsette i sin nåværende retning, uavhengig av om

prisen er stigende eller fallende. Dette på bakgrunn av at økende volum og open interest tyder på at markedet har nok kjøps - eller salgspres, støttet av et stort antall markedsaktører. På den andre siden kan fallende volum og open interest bli sett på som en advarsel om at dagens prisutvikling nærmer seg en slutt fordi fallende volum og open interest indikerer en mangel på vilje fra markedsaktørene.

Nærmere forklaring på endringer i open interest er (Murphy 1999)

- Hvis prisen øker og open interest er stigende indikerer dette at nye penger strømmer inn i markedet på grunn av nye kjøp, og dette signaliserer et *bullish* marked.
- Hvis det er en økende prisutvikling og open interest faller, er i det i hovedsak forårsaket av at aktører med short posisjoner blir tvunget til å likvidere sine posisjoner for å minimere tapet. Penger forlater markedet og dette signaliserer et *bearish* marked fordi den økende prisutviklingen vil bli reversert når de nødvendige short posisjonene er likvidert.
- Hvis prisen faller og open interest stiger indikerer dette at nye penger strømmen inn i markedet på grunn av aggressiv short salg, og prisutviklingen forventes å fortsette.
- Hvis prisen faller og open interest er fallende, kan prisnedgangen være forårsaket av at long posisjonsholdere blir tvunget til å likvidere sine posisjoner. Dette indikerer at den fallende prisutviklingen vil ende når nok long posisjoner har blitt likvidert.

2.2 Tidligere studier

Flere forskere har studert sammenhengen mellom prisvolatilitet og handelsaktivitet, målt ved volum og open interest i futuresmarkedene. Ved å bruke open interest som en proxy for markedsdybde har Bessembinder og Seguin (1993) undersøkt forholdet mellom prisvolatilitet, volum og open interest i åtte futuresmarkeder i USA. Bessembinder og Seguin finner et sterkt positivt forhold mellom prisvolatilitet og volum, noe som støtter MDH av Clark (1973).

Dessuten støtter funnene gjort av Bessembinder og Seguin også markedsdybde teorien, altså at forventet open interest er positivt relatert til antall tradere eller den totale kapitalen i et marked i begynnelsen av en handels økt, og en økning i antall tradere eller den totale kapital i et marked øker markedsdybden og dermed reduserer volatilitet. De konkluderer altså med at forventet open interest er negativt korrelert med prisvolatilitet i alle åtte futuresmarkedene, noe som indikerer at høyere open interest demper prisvolatiliteten. Bessembinder og Seguin

(1993) finner også at effekten av uforventet volum er asymmetrisk; positive sjokk i volum har en større effekt på volatiliteten enn negative sjokk, mens negative sjokk i open interest har en større effekt på volatiliteten enn positive sjokk i open interest.

Lamoureux og Lastrapes (1990) benyttet seg av GARCH modellen for å undersøke forholdet mellom prisvolatilitet og volum i aksjemarkedet. Dette ved å bruke daglig volum som et mål på informasjonsflyten (frekvensen av informasjonsankomst), basert på Clark (1993) sin MDH. Lamoureux og Lastrapes oppdager også at ARCH effekten forsvinner når daglig volum blir lagt til i den betingede varianslikningen.

I motsetning til studiet av Lamoureux og Lastrapes (1990), viser Majand og Yung (1991) at i futuresmarkedet forblir ARCH effekten når daglig volum blir inkludert i den betingede varianslikningen. De finner i tillegg et positivt forhold mellom daglig volum og prisvolatilitet, noe som er konsistent med de teoretiske modellene til Clark (1973) og Copeland (1976).

Watanabe (2001) undersøker forholdet mellom prisvolatilitet, volum og open interest for Nikkei 225 aksjeindeks futures som handles på Osaka Securities Exchange (OSE). Data for perioden før 14. februar 1994 og perioden etter er undersøkt separat av Watanabe. OSE endrer gradvis regelverket, som for eksempel marginkrav, prisklasser og tidsintervall. I perioden etter 14. februar 1994 var det ifølge Watanabe færre reguleringer og derfor undersøkes perioden før og etter separat. Resultatene innhentet av Watanabe for perioden etter 14. februar 1994 er lik resultatene av Bessembinder og Seguin (1993), men for perioden før 14. februar 1994 viser resultatene ingen sammenheng mellom prisvolatilitet, volum og open interest. Watanabe mener resultatet indikerer at forholdet mellom prisvolatilitet, volum og open interest kan variere med regelverket i et marked.

Fung og Patterson (1999) undersøker også forholdet mellom prisvolatilitet, volum og markededybde (open interest) i syv amerikanske futuresmarkeder. Dataen ble hentet fra *Futures Industry Institute* og besto av fem valutafutures og to rentefutures. Fung og Patterson identifiserte en sterk, positiv relasjon mellom prisvolatilitet og volum, samt et negativt forhold mellom markededybde og volatilitet, noe som tyder på at økt dybde reduserer prisvolatilitet i markedet.

Flere studier knyttet til å utforske forholdet mellom volatilitet, volum og open interest inkluderer Raganathan og Peker (1997). De finner at uforventet volum har en større effekt på volatiliteten enn forventet volum, og et positivt volumsjokk har en større effekt på

volatiliteten enn et negativt volumsjokk for fire futureskontrakter handlet på Sydney Futures Exchange.

Kumar og Pandey (2010) utforsket forholdet mellom volatilitet, volum og open interest for de fleste råvarene på futuresmarkedet i India. De finner en signifikant positiv korrelasjon mellom volatilitet og volum for alle råvarene, men selv om volumparameterne er signifikante, forklares volatiliteten i hovedsak av egne laggede verdier. I motsetning til de fleste studiene finner Kumar og Pandey ingen signifikant forhold mellom volatilitet og open interest.

2.2.1 Mitt studie

Mitt studie er et tilskudd til tidligere studier som utforsker forholdet mellom volatilitet, volum og open interest, men med nyere data. I tillegg er det til min beste kjennskap ingen studier som har undersøkt dette forholdet for kaffe, sukker og naturgass kontraktene handlet i USA. For gull, sølv og råolje kontraktene er dette forholdet utforsket i tidligere studie. Dette gir meg muligheten til å sammenligne resultater for ny og gammel data, og se om dette forholdet varierer fra tid til tid.

3 Data og deskriptiv statistikk

3.1 Beskrivelse av data

Daglige priser, handlet volum og open interest for alle kontraktene er hentet fra Stevens Continuous database på Quandl. Dataperioden strekker seg fra januar 2010 til desember 2015. Datasettet består av sluttpriser for alle kontraktene. Prisene er hentet fra de nærliggende futureskontraktene for å oppnå en representativ prisserie, da de nærliggende futureskontraktene vanligvis er de mest aktive med tanke på handel.

Volum og open interest seriene er hentet fra kontrakten som ruller over til neste kontrakt ved "*open interest-switch*". Altså, når open interest for nest nærliggende kontrakt overgår «*fronth-month*» kontrakten, ruller kontrakten over til neste kontrakt. Denne rulle metoden kalles også for likviditetsbasert metode. Årsaken til at jeg har valgt å bruke slike kontrakter for handelsaktivitet variablene er fordi både volum og open interest faller når kontrakten nærmer seg forfallsdato, dermed vil fallet i disse variablene ikke skyldes prisendringer. En optimal løsning ville vært å bruke volum og open interest serier som er summert over alle utestående kontrakter, men slike serier har jeg etter beste evne ikke funnet tilgjengelig.

Kontinuerlige futureskontrakter, som jeg har benyttet meg av i denne oppgaven, er konstruert av å kjede sammen individuelle kontrakter som er nærmest deres utløpsdato, for å skape en langsiktig dataserie. Slike kontrakter, også kalt «*front-month*» kontrakter, viser til kontrakten som har kortest tid til forfall. Denne kontrakten er vanligvis den mest likvide av alle kontraktene i terminstrukturen for en gitt råvare. Kontraktene ruller over på den siste handelsdagen til neste kontrakt som har nærmeste utløpsdato. For prisjustering er kalendervektet metode benyttet, hvor prisgapet mellom de påfølgende kontraktene er glattet ut ved å benytte en veid gjennomsnitt prosess. (Quandl, 2016)

Jeg har i denne oppgaven benyttet meg av logaritmiske avkastninger. Videre har jeg brukt daglige observasjoner da dette egner seg best for modellering av GARCH. Det var totalt 1480 daglige observasjoner av priser, men etter å ha fjernet manglende observasjoner fra datasettet endte jeg opp med 1468 observasjoner.

Futureskontrakt	Symbol	Futures børs
Coffee C	KC	Intercontinental Exchange
Sugar No.11	SB	Intercontinental Exchange
Gold	GC	New York Mercantile Exchange
Silver	SI	New York Mercantile Exchange
Crude Oil	CL	New York Mercantile Exchange
Natural Gas	NG	New York Mercantile Exchange

Tabell 2: Kontrakt, symbol og futures børs

Tabell 2 viser en oversikt over alle seks råvarekontraktene jeg har valgt ut i denne oppgaven.

3.2 Deskriptiv statistikk

3.2.1 Avkastninger

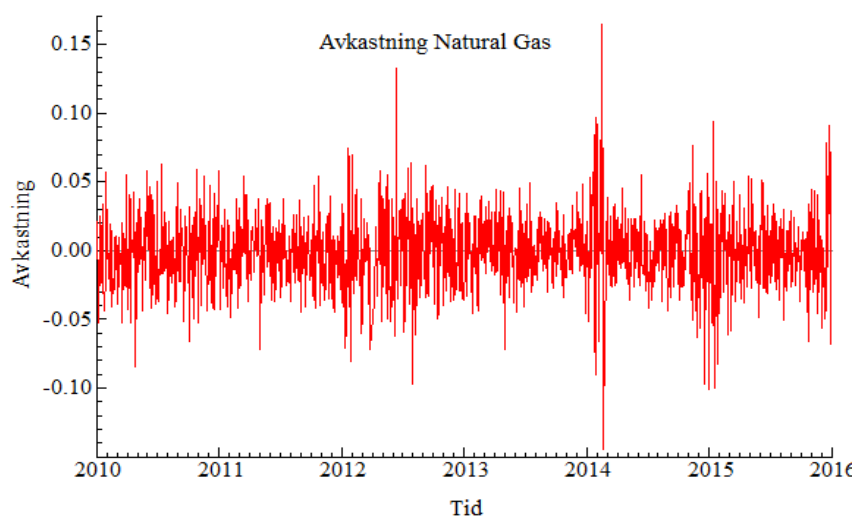
Tabell 3 viser deskriptiv statistikk for avkastningene til alle kontraktene. Årlig avkastning og standardavvik er beregnet basert på antagelsen om at det er 250 handledager i løpet av et år. Basert på gjennomsnittlig årlig avkastning, har samtlige kontrakter hatt en negativ avkastning i perioden 2010 - 2015. Av alle kontraktene har naturgasskontrakten hatt den laveste avkastningen med -15,35% i gjennomsnittlig årlig avkastning. Videre er gullkontrakten den minst volatile kontrakten, målt i standardavvik, mens naturgass er den mest volatile kontrakten med et årlig standardavvik på 42,59%. Avkastningene er også fordelt i stor skala i løpet av perioden. For eksempel ser vi at den høyeste avkastningen for kaffe kontrakten på en dag var 20,51%, mens den laveste avkastningen på en dag var -9,68%.

Alle kontraktene har avkastningsserier med en excess kurtosis som er høyere enn null, hvor avkastningen til kaffe og sølvkontrakten har de høyeste excess kurtosene. Dette indikerer at samtlige kontrakter har fordelinger med høye topper og fete haler i forhold til en normalfordeling. De fleste kontraktene har en fordeling med negativ skjevhet, noe som indikerer at datapunktene er forskjøvet til venstre i forhold til en normalfordeling. Jarque bera verdiene for alle kontraktene er større enn den kritiske verdien vi finner i kjikvadrat tabellen med et signifikansnivå på 5% og to frihetsgrader. Dermed forkaster vi nullhypotesen om at avkastningene er normalfordelte, se vedlegg 1 for kjikvadrat tabell.

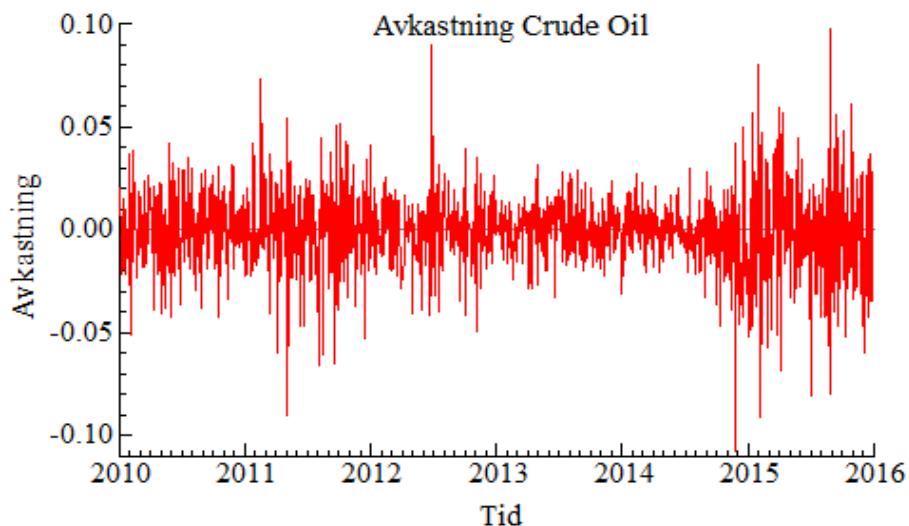
Kontrakt	Avkastning	Årlig avkastning	STDAV	Årlig STDAV	Kurtosis	Skjevhet	Min	Max	Jarque Bera
Coffee C	-0,009 %	-2,31 %	2,16 %	34,12 %	6,28	0,62	-9,68 %	20,51 %	2507
Sugar No.11	-0,041 %	-9,73 %	2,08 %	32,89 %	2,61	-0,37	-12,37 %	6,66 %	449
Gold	-0,004 %	-0,91 %	1,12 %	17,68 %	4,42	-0,71	-7,91 %	4,62 %	1316
Silver	-0,016 %	-3,89 %	2,12 %	33,58 %	6,77	-0,95	-19,52 %	7,73 %	3023
Crude Oil	-0,055 %	-12,76 %	1,96 %	31,05 %	3,00	-0,16	-10,79 %	9,77 %	556
Natural Gas	-0,067 %	-15,35 %	2,69 %	42,59 %	2,33	0,10	-14,45 %	16,49 %	333

Tabell 3: Deskriptiv statistikk av avkastningene

Figur 1 og 2 viser avkastningen til henholdsvis naturgass- og kaffekontrakten i perioden 2010-2015. Vi ser av figurene at kontraktene er utsatt for ekstremt positive og negative avkastninger i løpet av perioden. For figurer av avkastningen til de resterende kontraktene se vedlegg 8.2.

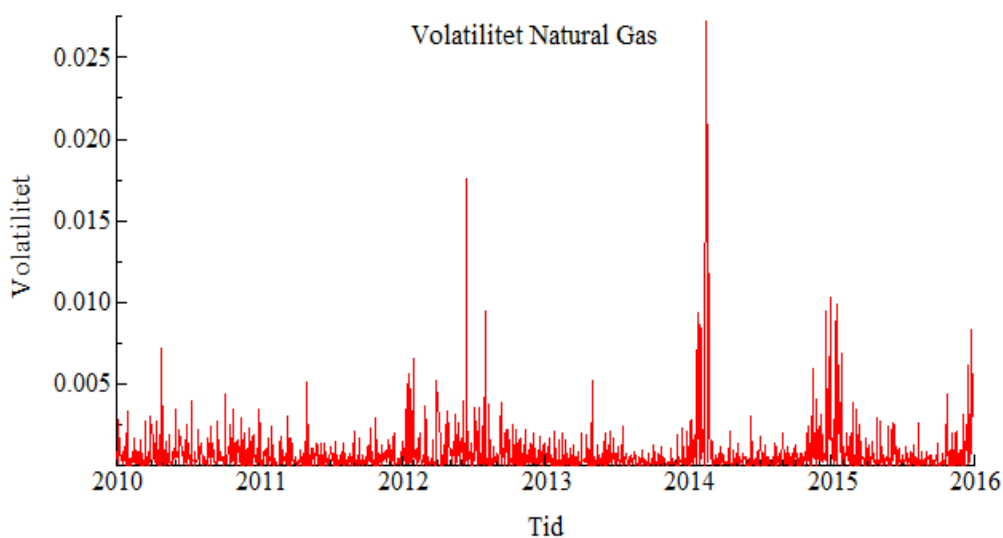


Figur 1: Avkastning Natural gas

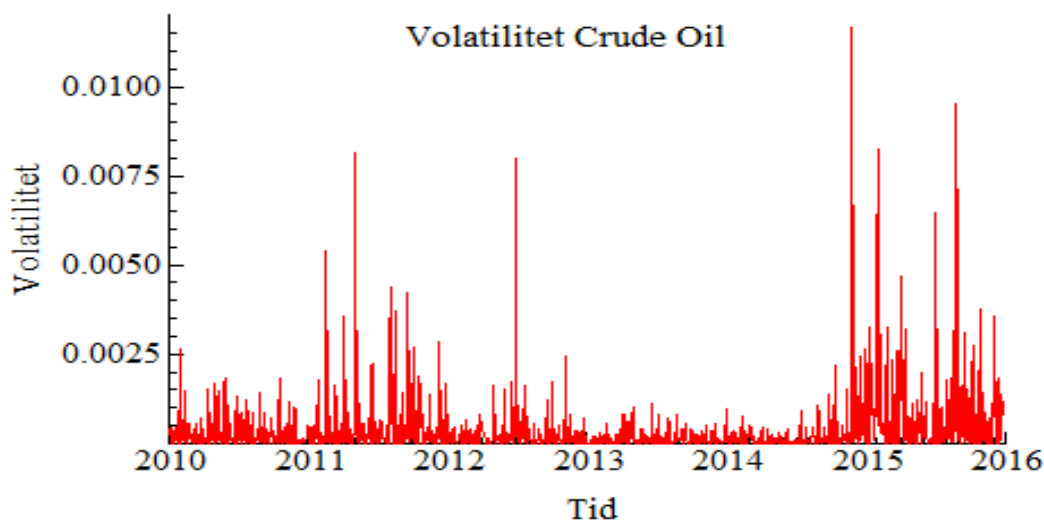


Figur 2: Avkastning Crude oil

Figur 3 og 4 viser volatiliteten, målt som kvadratet av avkastningen (variansen), for henholdsvis naturgass og råoljekontrakten. Vi ser av figurene indikasjoner på tidsvarierende volatilitet hvor perioder med lav volatilitet har en tendens til å bli etterfulgt av perioder med lav volatilitet for en lengre periode. Og på samme måte ser vi perioder med høy volatilitet etterfulgt av perioder med høy volatilitet for en lengre periode. For eksempel ser vi at volatiliteten til råoljekontrakten er lav i perioden 2013-2014 og veldig høy i 2015. For figurer av volatiliteten til de resterende kontraktene se vedlegg 8.3.



Figur 3: Volatilitet Natural gas



Figur 4: Volatilitet Crude oil

3.2.2 Volum og open interest

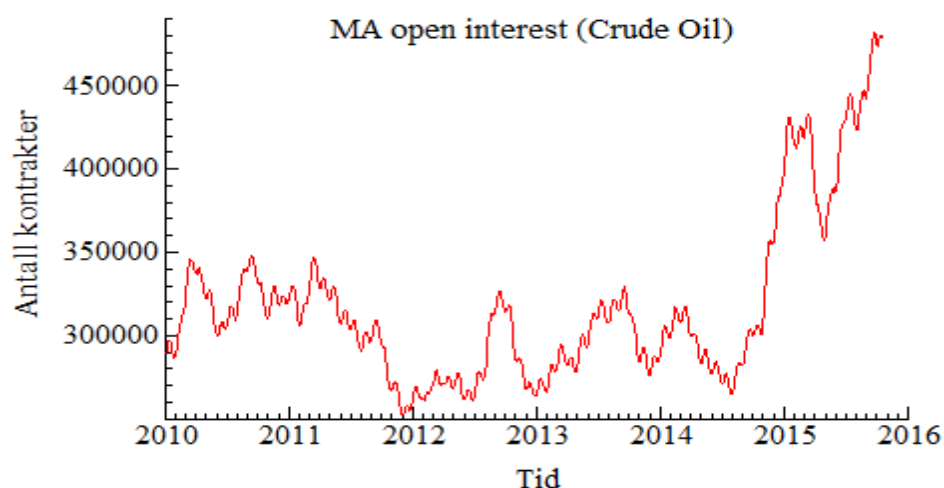
Tabell 4 viser deskriptiv statistikk og ADF testverdier for alle volum og open interest seriene. Sukkerkontrakten har høyest gjennomsnittlig open interest av samtlige kontrakter, mens sølvkontrakten har lavest gjennomsnittlig open interest i denne perioden. Råolje har klart høyest gjennomsnittlig volum mens kaffe har lavest gjennomsnittlig volum. Råolje er den mest aktive kontraktene, målt som summen av volum og open interest, mens kaffe er den minst aktive kontrakten i denne perioden.

Jeg har testet om volum og open interest seriene er stasjonære eller ikke- stasjonære ved hjelp av utvidet Dickey -Fuller (ADF) tester, hvor man tester om serien har en *unit root* eller ikke. Videre bruker jeg *akaike information criterion* (AIC) for å finne riktig lag-struktur i ADF testen for de ulike seriene. Den kritiske verdien for ADF testen på et 5% signifikansnivå er 2,86 (vedlegg 1). Nullhypotesen er at serien har en *unit root* og er dermed ikke – stasjonær, mens alternativhypotesen er at den ikke har en *unit root* og er dermed stasjonær. De kritiske verdiene for volum og open interest seriene er gitt i tabell 3. Vi ser at vi kan forkaste nullhypotesen for alle volum og open interest seriene og dermed konkludere med at de er stasjonære. Dermed trenger jeg ikke å benytte meg av første differansen for å oppnå stasjonære serier. Stasjonaritet er en tilstand som er nødvendig for å unngå uriktige/falske regresjonsresultater.

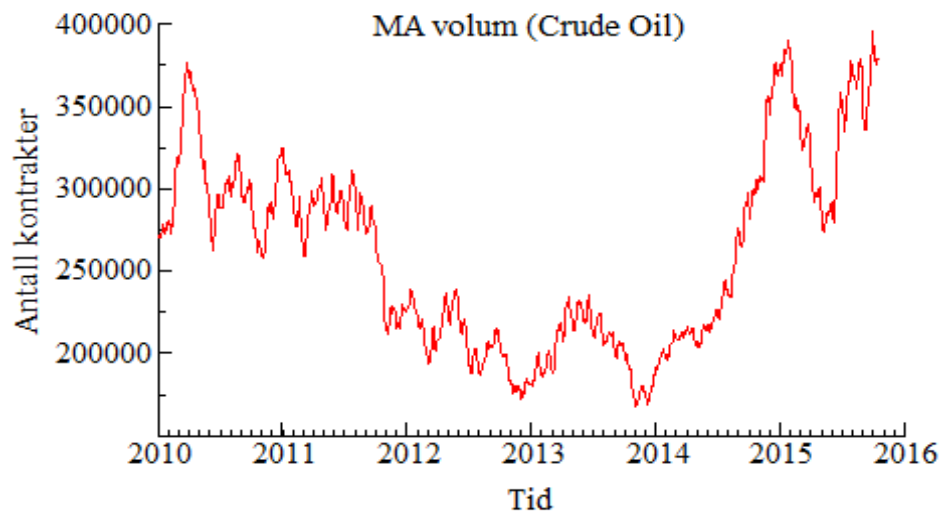
Kontrakt	Gjennomsnitt	STDAV	Kurtosis	Skjevhet	Min	Max	ADF
Coffee C							
Volum	13 974	5770	2,67	1,29	2471	44052	-9,33
Open interest	80 410	15096	-0,58	-0,33	39396	110391	-5,13
Sugar No.11							
Volum	52 831	20076	3,45	1,16	7166	203774	-8,49
Open interest	343 161	90935	-1,30	0,12	161353	531622	-5,03
Gold							
Volum	143 213	56184	2,95	0,85	1933	440826	-5,57
Open interest	256 728	69624	1,33	-0,37	74928	450731	-5,95
Silver							
Volum	43 564	23030	27,98	3,19	5028	354000	-6,49
Open interest	76 744	25566	0,35	-0,05	24866	139082	-5,46
Crude Oil							
Volum	263 203	109167	0,99	0,77	3536	753385	-3,45
Open interest	320 287	69170	1,11	1,02	185089	561919	-4,01
Natural Gas							
Volum	97 793	52358	1,04	1,00	2385	336003	-10,75
Open interest	230 979	47466	-0,25	0,12	104299	365535	-8,07

Tabell 4: Deskriptiv statistikk og ADF testverdier for volum og open interest seriene

Figur 5 og 6 viser 50 dagers moving average av henholdsvis open interest og volum for råoljekontrakten. Vi ser av figurene at både volum og open interest øker betraktelig fra midten av 2014 og fremover. Dette kan forklares av oljepriskrisen vi er vitne til i dag, hvor prisen faller på grunn av et tilbudsoverskudd, og aktører gjør handel basert på dette prisfallet. Se vedlegg 8.4 og 8.5 for figurer av volum og open interest seriene til de resterende kontraktene.



Figur 5: 50 dagers moving average av open interest for Crude Oil



Figur 6: 50 dagers moving average av volum for Crude Oil

4 Metode

For estimeringen av GARCH og OLS modellen har jeg benyttet meg av det statistiske analyseprogrammet Eviews. Jeg starter med å forklare metoden for å dele opp volum og open interest i forventede og uforventede komponenter. Deretter tar jeg meg for den OLS-baserte estimering av volatilitet og viser hvordan handelsaktivitet variablene blir inkludert i variansligningen. Til slutt går jeg gjennom metoden for GARCH modellen og viser hvordan handelsaktivitet variablene blir inkludert i variansligningen.

4.1 Forventet og uforventet handelsaktivitet

Handelsaktivitet variablene volum og open interest er delt inn i forventede og uforventede komponenter ved å benytte en teknikk lik den Bessembinder og Seguin (1992) benytter. Forventet handelsaktivitet serie er den estimerte verdien fra en autoregressive–moving-average (ARMA) modell, mens uforventede handelsaktivitet serier er definert som ε_{it} , som er den virkelige handelsaktiviteten minus den forventede handelsaktiviteten. Dette trinnet gir 12 serier av prognosefeil for volum og open interest seriene:

$$\varepsilon_{it} = \text{Activity}_{it} - \text{FV}_{it} \quad (1)$$

- Activity står for den virkelige verdien av en handelsaktivitet
- FV står for *fitted value* eller estimert verdi fra ARMA modellen
- i står for hvilken kontrakt det gjelder og t for tid

I denne oppgaven benytter jeg meg av *Akaike information criterion* (AIC) for å bestemmer riktig lag struktur i ARMA modellen. Dermed anvendes forskjellige modeller for de ulike seriene av handelsaktiviteten.

4.2 OLS modell

Estimeringen av daglig prisvolatilitet er utført ved hjelp av en prosedyre ganske lik den Bessembinder og Seguin (1993) bruker. Prosedyrer innebærer iterasjon mellom følgende to ligninger; en betinget gjennomsnitt ligning (2) og en betinget volatilitet ligning (3).

$$R_t = \alpha + \gamma R_{t-1} + \pi \sigma_{t-1} + U_t \quad (2)$$

$$\sigma_t = \delta + \omega U_{t-1} + \beta \sigma_{t-1} + \eta_1 \text{ExpVol} + \eta_2 \text{UnexpVol} + \eta_3 \text{ExpOI} + \eta_4 \text{UnexpOI} + e_t \quad (3)$$

- R_t er avkastningen på dag t.
- U_t (residualer) er uforventet avkastning fra ligning (2).
- σ er betinget standardavvik (prisvolatilitet). Metoden for å beregne σ vil bli forklart nedenfor.
- ExpVol og UnexpVol er henholdsvis forventet og uforventet volum.
- ExpOI og UnexpOI er henholdsvis forventet og uforventet open interest

Ifølge Bessembinder og Seguin (1993) er handelsaktivitet variablene tatt med i ligning 3 for å se på effekten av disse på volatiliteten. Videre er lagge av volatilitet og uforventet avkastning inkludert i ligning 3 for å måle effekten av persistens i volatiliteten, et fenomen kalt *volatility-clustering*.

På samme måte som Bessembinder og Seguin (1993) er estimeringen av daglig standardavvik gjort ved anvendelse av følgende transformasjon.

$$\sigma_t = |U_t| \sqrt{\pi/2} \quad (4)$$

På samme måte som Bessembinder og Seguin (1993) estimeres ligning 2 og ligning 3 sekvensielt. Først er ligning 2 estimert uten lagge av volatilitet ved hjelp av OLS. Residualene fra ligning 2 er transformert til volatilitetsestimater ved hjelp av ligning 4 og deretter er ligning 3 estimert. Estimerte verdier fra ligning 3 blir deretter benyttet for å re-estimere ligning 2. Til slutt er ligning 3 re-estimert ved hjelp av residualene fra ligning 2.

For å kunne fastslå om det eksisterer en asymmetrisk effekt av uforventet handelsaktivitet på volatilitet, er dummy variabler benyttet (Bessembinder og Seguin 1993). Nærmere forklart kan man se om effekten av uforventet handelsaktivitet på volatiliteten er forskjellig ved

positive og negative sjokk. Dummy variabler er definert som 0 for et negativt sjokk (lavere enn forventet handelsaktivitet) og 1 for positive sjokk (høyere enn forventet handelsaktivitet). Følgelig uttrykkes ligning 5 som:

$$\sigma_t = \delta + \omega U_{t-j} + \beta \sigma_{t-j} + \eta_1 \text{ExpVol}_t + \eta_2 \text{UnexpVol}_t + \eta_3 \text{ExpOI}_t + \eta_4 \text{UnexpOI}_t + \eta_5 \text{UnexpVoldum}_t + \eta_6 \text{UnexpOIdum}_t + e_t \quad (5)$$

UnexpVoldum representerer dumme variabel for uforventet volum og er 1 for positive sjokk på dag t og ellers 0. UnexpOIdum representerer dummy variabel for uforventet open interest og er 1 for positive sjokk på dag t og 0 ellers.

4.3 GARCH modellen

Ifølge Piot-Lepetit og M'Barek (2011) er en rekke detaljerte og kompliserte metoder blitt benyttet av økonomer for å modellere tidsvarierende mønstre av volatilitet i råvareprisene. Av disse er *moving average* (MA) modellen, *autoregressive* (AR) modellen eller den mer generelle *autoregressive integrated moving average* (ARIMA) modellen vanligvis benyttet for å kunne identifisere strukturen av en tidsserie. Mer nylig er en mer komplett og kompleks modell utviklet av Engle (1982), kalt *autoregressive conditional heteroscedasticity* (ARCH) modellen. Det har siden blitt gjort flere modifikasjoner av ARCH modellen, hvor den kanskje mest populære har vært *generalized autoregressive conditional heteroskedasticity* (GARCH) modellen av Bollerslev (1986). ARCH modellen tillater tidligere sjokk i avkastningen til å påvirke dagens volatilitet, mens GARCH modellen tillater ikke bare tidlige sjokk, men også tidligere volatilitet til å påvirke dagens volatilitet (Piot-Lepetit & M'Barek 2011).

Ligningen for GARCH (1,1) kan skrives som (Hull 2012):

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha u_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2 \quad (6)$$

Hvor σ^2 er den betingede variansen på tid t, μ^2 er kvadratet uforventede avkastningen på tid t-1, α er vekten tildelt μ^2 , σ^2 er betinget varians på tid t-1, β er vekten tildelt σ^2 og ω er den gjennomsnittlig langsiktige variansraten som volatilitetsprognosene konvergerer mot (Hull 2012).

For at volatilitet skal konvergere mot et gjennomsnitt må også $\alpha + \beta < 1$. β verdien reflekter den relative betydningen av variansen i forrige periode i kalkulasjon av dagens betingede varians, mens α verdien reflekterer den relative betydningen av uforventet avkastning i

forrige periode i kalkulasjon av dagens betingede varians (Hull 2012). I denne modellen viser summen av $\alpha + \beta$ i hvilken grad volatiliteten er persistent. Jo nærmere summen er 1, desto større er tendensen av volatiliteten til å vedvare i lengre perioder (Piot-Lepetit & M'Barek 2011).

I motsetning til ligning 2 og 3 som er estimert ved OLS regresjoner, har GARCH modellen empirisk vist seg å rimelig godt fange opp den tidsvarierende volatiliteten i avkastningen til finansielle data (Bollerslev 1986). Den estimerte GARCH (1,1) spesifiseringen¹, inkludert handelsaktivitet variablene, kan uttrykkes som:

$$R_t = \alpha + \gamma R_{t-1} + \varepsilon_t, \varepsilon_t | \Omega_{t-1} \sim N(0, \sigma^2) \quad (7)$$

$$\sigma^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2 + \eta_1 \text{ExpVol}_t + \eta_2 \text{UnexpVol}_t + \eta_3 \text{ExpOI}_t + \eta_4 \text{UnexpOI}_t \quad (8)$$

- R er avkastningen på tid t
- ε (residualer) er uforventet avkastning på tid t fra ligning (7)
- ExpVol og UnexpVol representerer forventet og uforventet volum på tid t
- ExpOI og UnexpOI representerer forventet og uforventet open interest på tid t
- σ^2 er betinget varians (prisvolatilitet) på tid t basert på tidligere informasjon (Ω_{t-1})

På samme måte som under OLS metoden er dummy variabler benyttet for å kunne fastslå om det eksisterer en asymmetrisk effekt av uforventet handelsaktivitet på volatilitet. Dermed får man følgende ligning:

$$\sigma^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2 + \eta_1 \text{ExpVol}_t + \eta_2 \text{UnexpVol}_t + \eta_3 \text{ExpOI}_t + \eta_4 \text{UnexpOI}_t + \eta_5 \text{UnexpVoldum}_t + \eta_6 \text{UnexpOldum}_t \quad (9)$$

¹ Generelt vil en GARCH (1,1) modell være tilstrekkelig for å fange opp volatility-clustering i dataen (Brooks 2014).

5 Resultater

5.1 OLS modell

I tabell 5 er resultatene for betinget volatilitet fra ligning (3) presentert. Nærmest alle kontraktene har lagged volatilitetserier som er signifikante, med unntak av for sølvkontrakten. Dette indikerer en grad av persistens i volatiliteten for de fleste markedene.

5.1.1 Volum og open interest som forklaringsvariabler

Fem av seks kontrakter har positive estimerte koeffisienter for forventet volum, hvor det eneste unntaket er for sølvkontrakten. Videre er fire av koeffisientene signifikante, men ikke koeffisientene for sukker- og sølvkontrakten. Dette indikerer at en økning i forventet volum bidrar til å øke volatiliteten i disse markedene. De estimerte koeffisientene assosiert med uforventet volum er alle positive hvor fem av seks er signifikante. På samme måte som forventet volum bidrar en økning i uforventet volum også til høyere volatilitet for de fleste kontraktene. Størrelsen på koeffisientene indikerer at forventet og uforventet volum har ulik grad av effekt på volatiliteten. Koeffisientene for uforventet volum er høyere enn koeffisientene for forventet volum, dette indikerer at en enhets endring i uforventet volum har en større effekt på volatiliteten enn en enhets endring i forventet volum.

For forventet open interest er samtlige koeffisienter negative, med unntak av koeffisienten for råoljekontrakten som er positiv (ikke-signifikant). Derimot er det kun en av de negative koeffisientene som er signifikant. Dette er inkonsistent med teorien om markedsdybde presentert av Kyle (1985), da resultatene i denne oppgaven ikke finner noe bevis på at en økning i forventet open interest signifikant demper volatiliteten for de fleste kontraktene. Videre er resultatene også forskjellige fra funnene gjort av Bessembinder og Seguin (1993), men konsistente med funnene gjort av Kumar og Pandey (2010).

Fem av seks estimerte koeffisienter for uforventet open interest er negative og signifikante. De negative koeffisientene antyder at en økning i uforventet open interest er med på å redusere volatiliteten i markedet. Med andre ord vil en uforventet økning i open interest dempe effekten av et volum sjokk på volatiliteten. Størrelsen på denne såkalte "dempe" effekten kan grovt anslås ved å sammenligne koeffisienten til uforventet open interest og koeffisienten til uforventet volum. For eksempel for gullkontrakten vil den marginale effekten

av uforventet volum på 10 000 kontrakter på volatiliteten bli: $0,36 \pm 0,02$, avhengig av om open interest øker eller synker.

$$\sigma_t = \delta + \omega U_{t-1} + \beta \sigma_{t-1} + \eta_1 \text{ExpVol} + \eta_2 \text{UnexpVol} + \eta_3 \text{ExpOI} + \eta_4 \text{UnexpOI} + e_t \quad (3)$$

Tabell 5: Resultater fra OLS-modell

Futureskontrakt	Gold	Silver	Coffee C	Sugar No.11	Natural Gas	Crude Oil
Konstant	0,00514	0,00052	0,01180	0,02536	0,01609	-0,00489
	(3,57519)**	(0,20189)	(3,87717)**	(9,99483)**	(4,96146)**	(-2,19704)**
Volatilitet (t-1)	0,25571	0,17564	0,09779	0,11653	0,14661	0,13076
	(6,3196)**	(0,23725)	(2,7326)**	(3,95195)**	(2,48163)**	(4,61674)**
Uforventet avkastning (t-1)	-0,01406	-0,21939	-0,00211	-0,02819	-0,039114	0,03307
	(-1,8822)*	(0,29607)	(-0,09482)	(-1,29782)	(1,85583)*	(1,54435)
Forventet volum	3,93E-06	-5,27E-07	4,43E-05	1,19E-05	6,06E-06	3,67E-06
	(4,72485)**	(-0,13278)	(4,72485)**	(1,37017)	(4,06501)**	(6,16454)**
Uforventet volum	3,06E-05	6,35E-06	1,11E-04	1,12E-05	7,06E-07	4,71E-05
	(4,63752)**	(1,70982)*	(1,65442)*	(3,52692)**	(0,414319)	(2,583046)**
Forventet open interest	-4,85E-07	-6,00E-07	-1,17E-07	-4,32E-05	-1,11E-06	3,34E-06
	(-0,12444)	(-0,26565)	(0,36313)	(-8,09059)**	(0,88555)	(1,5286)
Uforventet open interest	-2,15E-06	-8,89E-06	1,84E-06	-2,26E-05	-1,02E-05	-2,53E-05
	(-1,65341)*	(-3,83551)**	(0,81098)	(-1,87221)*	(-1,95573)*	(-2,01033)**
Justert R²	0,2078	0,2379	0,1698	0,2106	0,1825	0,1486

- 1) Den avhengige variabelen er den absolutte verdien av $\sqrt{\pi/2}$ multiplisert med uforventet avkastning.
 2) Koeffisienter med t-verdier i parentes.
 3) * og ** betegner statistisk signifikans på henholdsvis 10% og 5% signifikansnivå.

5.1.2 Asymmetrisk effekt av volum og open interest sjokk

Tabell 6 viser en oversikt over resultatene når dummy variabler er inkludert i variansligningen. Med andre ord ser vi effekten av uforventet handelsaktivitet på volatiliteten når den får varierer avhengig av om det er positive eller negative sjokk. De estimerte resultatene er nærmest identiske når man inkluderer dummy variabler i ligningen, med unntak av at koeffisienten til forventet volum for sølvkontrakten blir positiv.

Dummy variablene er definert som lik 0 for et negativt sjokk og lik 1 for et positivt sjokk. Koeffisienten assosiert med de uforventede handelsaktivitets seriene representerer den marginale effekten av et negativt sjokk på volatiliteten, mens den marginale effekten av et positivt sjokk på volatiliteten kan beregnes ved å summere koeffisienten til den uforventede handelsaktivitetsserien med koeffisienten til dummy variabelen. Fra tabell 5 kan vi se at dummy variabel koeffisientene assosiert med volum sjokk er positive, men kun signifikant for

gull- og sølvkontrakten. Dette indikerer at positive sjokk i volum har en større effekt på volatiliteten enn negative sjokk i volum for disse markedene.

Tilslutt viser resultatene ingen asymmetrisk effekt av open interest sjokk i råvarefutures. Dummy variabel koeffisientene assosiert med uforventet volum er for de fleste kontraktene positive, men resultatene er ikke signifikante.

$$\sigma_t = \delta + \omega U_{t-j} + \beta \sigma_{t-j} + \eta_1 \text{ExpVol}_t + \eta_2 \text{UnexpVol}_t + \eta_3 \text{ExpOI}_t + \eta_4 \text{UnexpOI}_t + \eta_5 \text{UnexpVoldum}_t + \eta_6 \text{UnexpOldum}_t + e_t \quad (5)$$

Tabell 6: Resultater fra OLS-modell med dummy variabler

Futureskontrakt	Gold	Silver	Coffee C	Sugar No.11	Natural Gas	Crude Oil
Konstant	0,005848	0,00054	0,01227	0,02778	0,01623	-0,0049
	(3,89674)**	(0,20990)	(3,965038)**	(10,86131)**	(5,01123)**	(-2,20104)**
Volatilitet (t-1)	0,17609	0,1865	0,04941	0,11065	0,04871	0,13157
	(2,28317)**	(0,25196)	(1,83486)*	(3,93608)**	(1,81646)*	(4,64230)**
Uforventet avkastning (t-1)	-0,01392	-0,23269	-0,00147	-0,00511	-0,03904	0,03349
	(-1,17769)	(-0,31405)	(-0,06620)	(-1,15295)	(1,85615)*	(1,56224)
Forventet volum	4,19E-06	3,09E-08	4,42E-05	1,15E-07	8,20E-07	3,69E-06
	(4,94913)**	(0,514052)	(3,33177)**	(1,34773)	(4,99923)**	(5,62566)**
Uforventet volum	4,38E-06	6,28E-07	6,29E-05	4,72E-06	2,34E-09	8,74E-06
	(4,78883)**	(1,68801)*	(1,83402)*	(3,23306)**	(-0,13756)	(2,61618)**
Uforventet volum dummy	1,42E-05	2,10E-06	5,39E-05	3,84E-05	2,41E-06	6,00E-06
	(1,8401)*	(1,78728)*	(0,34907)	(0,81154)	(1,06720)	(1,23860)
Forventet open interest	-3,89E-07	-2,26E-07	-1,57E-07	-4,29E-07	-2,31E-08	3,54E-06
	(-0,91308)	(-0,00888)	(0,48523)	(-8,03921)**	(-0,16974)	(1,3360)
Uforventet open interest	-1,15E-06	-9,24E-06	3,75E-07	-1,18E-06	-8,05E-07	-8,05E-06
	(-1,77639)*	(-3,44092)**	(1,22212)	(-1,82084)*	(-1,76009)*	(-2,2749)**
Uforventet open interest dummy	1,07E-05	7,30E-07	-1,21E-06	1,26E-06	3,32E-07	3,32E-05
	(1,13615)	(0,56309)	(-0,92325)	(1,02219)	(0,87816)	(0,68089)
Justert R²	0,2103	0,2249	0,1629	0,2188	0,1728	0,1547

- 1) Den avhengige variabelen er den absolutte verdien av $\sqrt{\pi/2}$ multiplisert med uforventet avkastning.
 2) Koeffisienter med t-verdier i parentes.
 3) * og ** betegner statistisk signifikans på henholdsvis 10% og 5% signifikansnivå.

5.2 GARCH

Resultatene fra GARCH (1,1) er presentert i tabell 7. Vi ser fra tabellen at a1 og b1 koeffisientene for alle kontraktene er signifikante når volum og open interest er inkludert i betinget varians ligningen. Dette tyder på tidsvarierende volatilitet for samtlige futureskontrakter. Det eneste unntaket er a1 koeffisienten til sukkerkontrakten som ikke er signifikant. Det at ARCH effekten er signifikant (med unntak av sukkerkontrakten) når volum og open interest er inkludert i betinget variansligningen er konsistent med funnene gjort av Majand og Yung (1991), men forskjellig fra funnene gjort av Lamoureux og Lastrapes (1990),

som finner at ARCH effekten på prisvolatilitet ikke er signifikant når volum er inkludert i betinget varians ligningen.

$$\sigma^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2 + \eta_1 \text{ExpVol}_t + \eta_2 \text{UnexpVol}_t + \eta_3 \text{ExpOI}_t + \eta_4 \text{UnexpOI}_t \quad (8)$$

Tabell 7: Resultater fra GARCH-modell

Futureskontrakt	Gold	Silver	Coffee C	Sugar No.11	Natural Gas	Crude Oil
Konstant	0,01886	3,45E-05	0,00018	0,01730	0,00470	1,66E-05
	(0,0037)**	(0,0125)**	(0,65137)	(0,66450)	(0,9563)	(0,0844)*
a1	0,020853	0,091269	0,00052	0,00043	0,06453	0,03948
	(0,0000)**	(0,0000)**	(0,0658)*	(0,1249)	(0,0002)**	(0,0000)**
B1	0,95433	0,83449	0,60000	0,55581	0,90793	0,48518
	(0,0000)**	(0,0000)**	(0,0002)**	(0,0103)**	(0,0032)**	(0,0000)**
Forventet volum	1,61E-08	3,81E-07	3,97E-07	3,25E-08	2,48E-08	4,11E-09
	(0,0115)**	(0,1581)	(0,0352)**	(0,1102)	(0,0714)*	(0,1259)
Uforventet volum	6,92E-07	9,00E-07	4,78E-06	1,11E-07	8,76E-08	3,27E-08
	(0,0021)**	(0,0801)*	(0,0730)*	(0,0765)*	(0,4773)	(0,0325)*
Forventet open interest	-9,64E-09	-2,35E-08	-7,23E-08	-5,39E-08	-1,05E-08	1,43E-09
	(0,1275)	(0,13983)	(0,1220)	(0,0012)*	(0,1622)	(0,3288)
Uforventet open interest	-1,54E-08	-3,80E-08	2,58E-07	-1,94E-07	-1,51E-07	-5,83E-08
	(0,0037)**	(0,0090)**	(0,1755)	(0,0399)**	(0,0770)*	(0,0614)*

1) Koeffisienter med p-verdier i parentes.

2) * og ** betegner statistisk signifikans på henholdsvis 10% og 5% signifikansnivå.

5.2.1 Volum og open interest som forklaringsvariabler

Koeffisienten for forventet volum er for alle kontraktene positiv og signifikant for tre av seks kontrakter. Videre er koeffisienten for uforventet volum positiv og signifikant for alle kontraktene, med unntak av naturgasskontrakten, og indikerer at et sjokk i open interest bidrar til å "dempe" volatiliteten i markedet. For open interest er resultatene i begge modellene identiske, hvor koeffisientene til forventet open interest er negative (med unntak av råoljekontrakten), men kun en av dem er signifikante.

Sammenlignet med OLS modellen gir GARCH modellen omtrent like resultater med unntak av at koeffisienten til forventet volum for sølvkontrakten blir positiv.

5.2.2 Asymmetrisk effekt av volum og open interest sjokk

Tabell 8 oppsummerer resultatene fra GARCH (1,1) med dummy variabler. Resultatene er nærmest identiske som resultatene fra OLS-modellen. Altså, resultatene viser en asymmetrisk effekt av volum sjokk på volatiliteten for kun gull og sølvkontraktene, mens ingen av kontraktene har en asymmetrisk effekt av open interest sjokk på volatiliteten.

$$\sigma^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2 + \eta_1 \text{ExpVol}_t + \eta_2 \text{UnexpVol}_t + \eta_3 \text{ExpOI}_t + \eta_4 \text{UnexpOI}_t + \eta_5 \text{UnexpVoldum}_t + \eta_6 \text{UnexpOldum}_t \quad (9)$$

Tabell 8: Resultater fra GARCH-modell med dummy variabler

Futureskontrakt	Gold	Silver	Coffee C	Sugar No.11	Natural Gas	Crude Oil
Konstant	0,00897	0,00795	0,00046	0,00025	0,00021	0,0087
	(0,0064)**	(0,0002)**	(0,0001)**	(0,4827)	(0,6207)	(0,0924)*
a1	0,01832	0,09965	0,00372	0,00372	0,06192	0,04164
	(0,0001)**	(0,0000)**	(0,2957)	(0,0972)*	(0,0038)**	(0,0000)**
B1	0,96588	0,80155	0,64982	0,60032	0,90952	0,7287
	(0,0000)**	(0,0000)**	(0,0000)**	(0,0072)**	(0,0003)**	(0,0005)**
Forventet volum	4,21E-08	6,47E-09	1,98E-07	9,13E-08	1,64E-08	8,72E-10
	(0,0927)*	(0,1466)	(0,06299)*	(0,1386)	(0,0928)*	(0,1336)
Uforventet volum	4,28E-06	1,10E-07	4,65E-07	8,26E-08	-8,86E-09	4,05E-08
	(0,0017)**	(0,0732)*	(0,0330)**	(0,0639)*	(0,8190)	(0,0550)*
Uforventet volum dummy	4,28E-07	7,63E-06	-1,61E-07	-3,39E-06	2,70E-06	-1,31E-08
	(0,0904)*	(0,0725)*	(0,8302)	(0,4977)	(0,2560)	(0,1090)
Forventet open interest	-2,41E-09	-4,15E-08	-3,38E-09	-4,78E-09	-1,35E-08	1,38E-10
	(0,1596)	(0,1475)	(0,1102)	(0,0028)**	(0,2384)	(0,6369)
Uforventet open interest	-4,26E-09	-1,52E-07	4,00E-08	-3,28E-08	-1,38E-07	-4,46E-09
	(0,0582)*	(0,0418)**	(0,3362)	(0,0279)**	(0,0471)**	(0,0838)*
Uforventet open interest dummy	7,19E-07	3,73E-08	-7,07E-08	-1,88E-07	5,61E-09	1,16E-08
	(0,3371)	0,2904	(0,8072)	(0,3459)	(0,7580)	(0,1507)

1) Koeffisienter med p-verdier i parentes.

2) * og ** betegner statistisk signifikans på henholdsvis 10% og 5% signifikansnivå.

5.2.3 Oppsummering av resultatene

Resultatene fra OLS og GARCH modellen samsvarer med tanke på effekten av handelsaktivitet variablene på volatiliteten. Dette viser et robust resultat for forholdet mellom volatilitet, volum og open interest, da det er benyttet to forskjellige estimater på betinget volatilitet.

Resultatene fra OLS – modellen viser at lagged volatilitet er signifikant for fem av seks kontrakter og indikerer en sterk grad av persistens i volatiliteten i råvarefutures. Altså, perioder med høy volatilitet har en tendens til å bli etterfulgt av perioder med høy volatilitet og perioder med lav volatilitet har en tendens til å bli etterfulgt av perioder med lav volatilitet. Resultatene er konsistente med funnene gjort av Bessembinder og Seguin (1993). Fra GARCH modellen ser vi at koeffisientene til a1 og b1, som måler effekten av henholdsvis tidligere uforventet avkastning og varians på dagens betinget volatilitet, er signifikante for nærmest alle kontraktene. Resultatene er i kontrast til funnene gjort av Lamoureux og

Lastraper (1990), som i sin studie oppdager at ARCH effekten forsvinner når volum er inkludert i variansligningen.

Koeffisientene assosiert med forventet volum er for alle kontraktene positive og indikerer at en økning i forventet volum bidrar til å øke volatiliteten. I OLS-modellen er koeffisientene for fire av seks kontrakter signifikante, mens i GARCH modellen er tre av seks koeffisienter signifikante. Dette kan også tyde på at den positive effekten av forventet volum på betinget volatilitet varierer fra marked til marked. Disse funnene er i samsvar med funnene gjort av Bessembinder og Seguin (1993) som finner at de fleste koeffisientene til forventet volum er positive og signifikante.

Uforventet volum er positivt korrelert med betinget volatilitet og signifikant for nærmest alle kontrakter i både OLS og GARCH modellen. Dette tyder på at en økning i uforventet volum resulterer i høyere volatilitet. Det eneste unntaket er naturgasskontrakten hvor koeffisienten er positiv i OLS modellen og negativ i GARCH modellen, men samtidig ikke-signifikant i begge modellene. Samtidig er det interessant å se at koeffisientene assosiert med uforventet volum er høyere sammenlignet med koeffisientene til forventet volum. Dermed vil en økning i uforventet volum ha en større effekt på volatiliteten enn en økning i forventet volum.

Resultatene for open interest som forklaringsvariabel i variansligningen er forskjellige sett i forhold til resultatene for volum som forklaringsvariabel i variansligningen. Koeffisientene assosiert med forventet volum er negative for samtlige kontrakter, med unntak av for råoljekontrakten, men kun signifikant for sukkerkontrakten. Dette er ikke konsistent med funnene gjort av Bessembinder og Seguin (1993) som finner at en økning i forventet open interest demper volatiliteten i markedet. Resultatene støtter heller ikke markedsdybde teorien til Kyle (1985) som sier at høyere nivåer av forventet open interest signifikant "demper" volatiliteten i et marked.

Koeffisientene assosiert med uforventet open interest er, med unntak av for gullkontrakten, negative og signifikante. Dette tyder på at en økning i uforventet open interest "demper" volatiliteten i markedet. Resultatene er konsistent med funnene gjort av Bessembinder og Seguin (1993).

For å se om det er en asymmetrisk effekt av uforventet handelsaktivitet på volatiliteten ble dummy variabler benyttet i modellene. For de fleste kontraktene er koeffisientene til dummy variablene for uforventet handelsaktivitet positive, noe som signaliserer at positive sjokk i handelsaktivitet har en større effekt på volatiliteten enn negative sjokk i handelsaktivitet. Men

resultatet er kun signifikant for gull og sølvkontrakten. Resultatene viser ingen asymmetrisk effekt av uforventet open interest på volatiliteten. Videre er resultatene motstridende med funnene gjort av Bessembinder og Seguin (1993), som finner at for samtlige kontrakter, inkludert gull- og sølvkontrakten, har uforventet handelsaktivitet en asymmetrisk effekt på volatiliteten. Dette kan tyde på at denne asymmetriske effekten varierer fra tid til tid, siden mine resultater for gull- og sølvkontrakten ikke viser noe asymmetrisk effekt av uforventet handelsaktivitet på volatiliteten.

6 Konklusjon

Formålet med denne oppgaven var å undersøke forholdet mellom prisvolatilitet, volum og open interest for seks utvalgte råvarefutures. Denne oppgaven er et tillegg til tidligere studier, men med nyere data og tre nye markeder hvor effekten av volum og open interest på volatiliteten ikke er undersøkt til min beste kjennskap. For å undersøke dette forholdet er to forskjellige modelleringsmetodikk benyttet, OLS-basert og GARCH basert modell.

Empiriske funn i denne oppgaven viser at både volum og open interest kan forklare volatiliteten i råvarefutures, når satt inn i variansligningen som forklaringsvariabler. Volum er positivt korrelert med volatilitet og dette samsvarer med de teoretiske forklaringene til Clark (1973) og Copeland (1976). Når volum og open interest er delt inn i forventede og uforventede komponenter, er forklaringskraften av disse komponentene forskjellig på volatiliteten for de fleste kontraktene. Foruten små forskjeller som er nevnt tidligere, gir begge modellene like resultater for forholdet mellom volatilitet og handelsaktivitet variablene. Dette viser et robust resultat for forholdet mellom volatilitet, volum og open interest, da modellene har to forskjellige estimater på betinget volatilitet.

Forventet volum er positivt korrelert med volatiliteten for alle kontraktene og indikerer at en økning i forventet volum øker volatiliteten i markedet. Derimot er resultatet kun signifikant for tre og fire av kontraktene, i henholdsvis GARCH og OLS modellen. Dette kan betraktes som at forventet volum-volatilitet forholdet kan variere mellom ulike råvarer. For uforventet volum er derimot resultatene mer konkluderende. Uforventet volum er positivt korrelert med volatiliteten og resultatet er signifikant for alle kontraktene bortsett fra en. I tillegg har uforventet volum en større effekt på volatiliteten sammenlignet med forventet volum.

Forventet open interest er negativt korrelert med volatiliteten, men resultatet er kun signifikant for en av kontraktene. Dette er i kontrast til markedsdybde teorien til Kyle (1985) som sier at eksisterende open interest signifikant demper volatiliteten i et marked. Uforventet open interest er på samme måte som forventet open interest negativt korrelert med volatiliteten og resultatet er signifikant for alle kontraktene bortsett fra en.

En annen måte å tolke resultatene på er at spekulative aktiviteter (informerte tradere), som en proxy for volum, generelt har en tendens til å øke volatiliteten i råvarefutures, mens hedging aktiviteter (uinformerte tradere), som en proxy for open interest, generelt har en tendens til å "dempe" volatiliteten i råvarefutures.

Resultatene i denne oppgaven viser ingen asymmetrisk effekt av uforventet handelsaktivitet for nærmest samtlige kontrakter, med unntak av for gull- og sølvkontrakten. For disse kontraktene indikerer resultatene at positive sjokk i volum har en større effekt på volatiliteten sammenlignet med negative sjokk i uforventet.

For gull- og sølvkontrakten er resultatene for effekten av forventet open interest og uforventet open interest på volatiliteten, forskjellige fra resultatene til Bessembinder og Seguin (1993) for de samme kontraktene. På den andre siden er resultatene for effekten av forventet og uforventet volum på volatiliteten, ganske lik resultatene til Bessembinder og Seguin (1993) for de samme kontraktene. Dette kan tyde på at volum-volatilitet forholdet er stabilt, mens open interest-volatilitet forholdet varierer fra tid til tid for disse kontraktene.

Resultatene fra denne oppgaven og tidligere studier som utforsker forholdet mellom volatilitet, volum og open interest kan benyttes av markedsaktører til å ta bedre beslutninger i markedet. Aktører kan benytte volum og open interest som en proxy for henholdsvis informasjonsankomst og markedsdybde i markedene. Det er for det meste de uforventede komponentene som gir mest informasjon om ny informasjon som kommer til markedet. Ved å inkludere volum og open interest i variansligningen kan markedsaktører oppnå bedre prognoser på volatilitet.

7 Litteraturliste

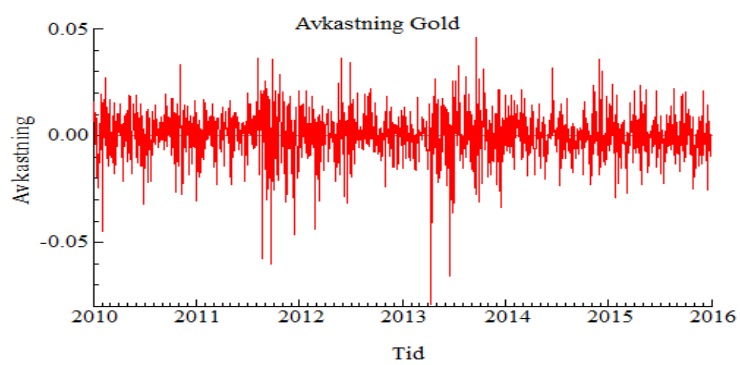
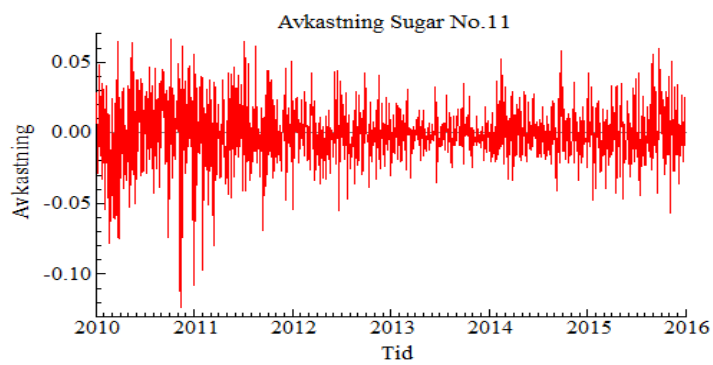
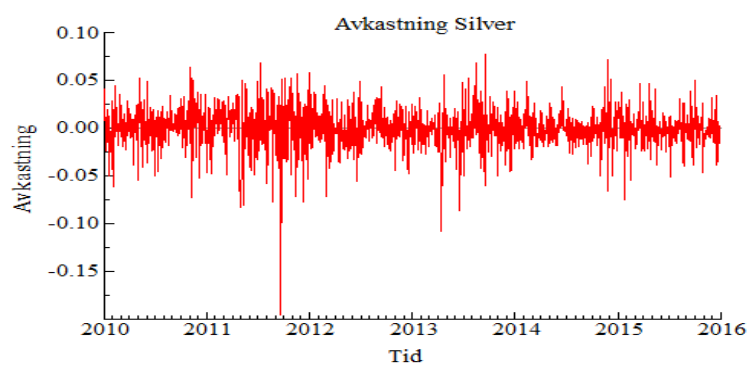
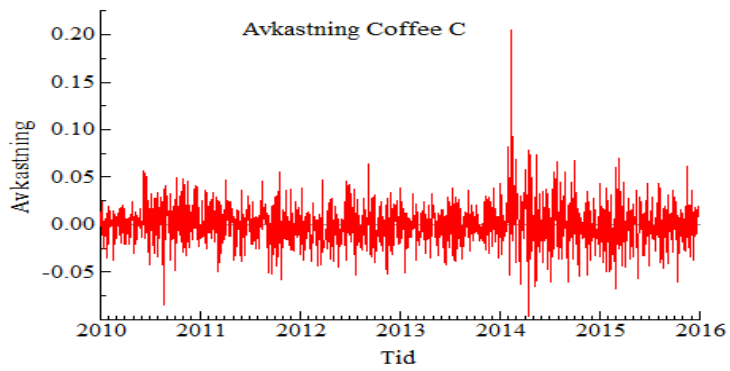
- Bessembinder, H. & Seguin, P. J. (1993). Price volatility, trading volume, and market depth: Evidence from futures markets. *Journal of financial and Quantitative Analysis*, 28 (01): 21-39.
- Blume, L., Easley, D. & O'hara, M. (1994). Market statistics and technical analysis: The role of volume. *The Journal of Finance*, 49 (1): 153-181.
- Bollerslev, T. (1986). Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. *Journal of econometrics*, 31 (3): 307-327.
- Brooks, C. (2014). *Introductory econometrics for finance*: Cambridge university press.
- Carter, C.A. (2015). *Futures and Options Markets: An Introduction*. Juli 2015 utg: RebelText & CreateSpace.
- Clark, P. K. (1973). A subordinated stochastic process model with finite variance for speculative prices. *Econometrica: journal of the Econometric Society*: 135-155.
- Copeland, T. E. (1976). A Model of Asset Trading Under the Assumption of Sequential Information Arrival. *The Journal of Finance*, 31 (4): 1149-1168.
- Engle, R. F. (1982). Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflation. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*: 987-1007.
- Engle, R. F. & Patton, A. J. (2001). What good is a volatility model. *Quantitative finance*, 1 (2): 237-245.
- Fung, H.-G. & Patterson, G. A. (1999). The dynamic relationship of volatility, volume, and market depth in currency futures markets. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 9 (1): 33-59.
- Gould, J. S. (2003). Comparing price. volume and open interest. *Futures-Cedar Falls Iowa then Chicago* , 32 (1): 52-55.
- Hull, J. C. (2012). *Options, futures, and other derivatives*. 8. utg. Boston, Mass.: Prentice Hall.
- Kumar, B. & Pandey, A. (2010). Price volatility, trading volume and open interest: evidence from Indian commodity futures markets. *Trading Volume and Open Interest: Evidence from Indian Commodity Futures Markets (August 14, 2010)*.
- Kyle, A. S. (1985). Continuous auctions and insider trading. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*: 1315-1335.
- Lamoureux, C. G. & Lastrapes, W. D. (1990). Heteroskedasticity in stock return data: volume versus GARCH effects. *The Journal of Finance*, 45 (1): 221-229.
- Majand, M. & Yung, K. (1991). A GARCH examination of the relationship between volume and price variability in futures markets. *Journal of Futures Markets*, 11 (5): 613-621.
- Markowitz, H. (1952). Portfolio selection. *The journal of finance*, 7 (1): 77-91.
- Murphy, J. J. (1999). *Technical Analysis of the Futures Markets: A Comprehensive Guide to Trading Methods and Applications*, New York Institute of Finance: Prentice-Hall. 158-175 s.
- Piot-Lepetit, I. & M'Barek, R. (2011). *Methods to Analyse Agricultural Commodity Price Volatility*: Springer Science & Business Media.
- Ragunathan, V. & Peker, A. (1997). Price variability, trading volume and market depth: evidence from the Australian futures market. *Applied Financial Economics*, 7 (5): 447-454.
- Ripple, R. D. & Moosa, I. A. (2009). The effect of maturity, trading volume, and open interest on crude oil futures price range-based volatility. *Global Finance Journal*, 20 (3): 209-219.
- Tauchen, G. E. & Pitts, M. (1983). The price variability-volume relationship on speculative markets. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*: 485-505.
- Watanabe, T. (2001). Price volatility, trading volume, and market depth: evidence from the Japanese stock index futures market. *Applied Financial Economics*, 11 (6): 651-658.
- Quandl, (2016). <https://www.quandl.com/data/SCF/documentation/about> (Besøkt 14.02.16)

8 Vedlegg

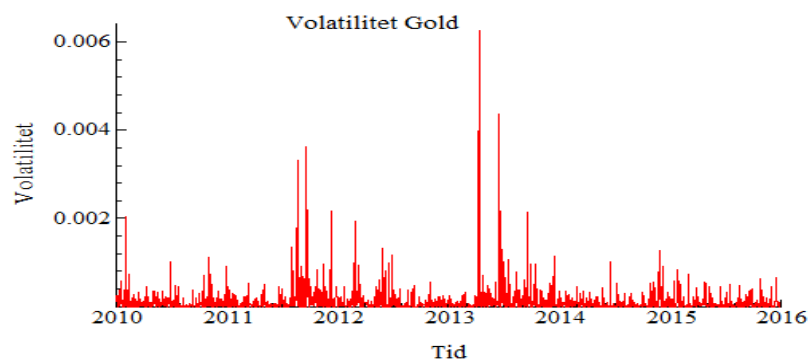
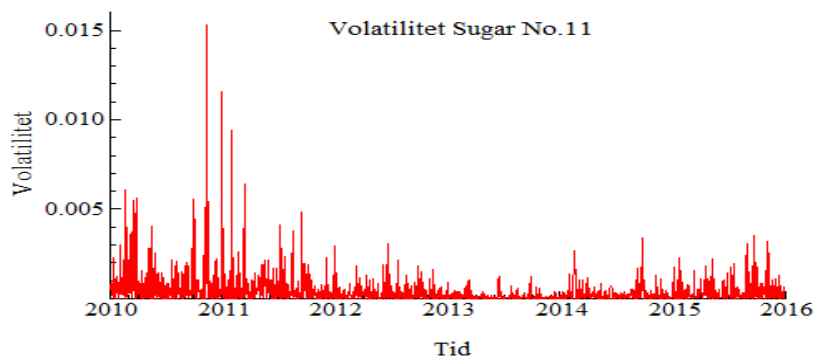
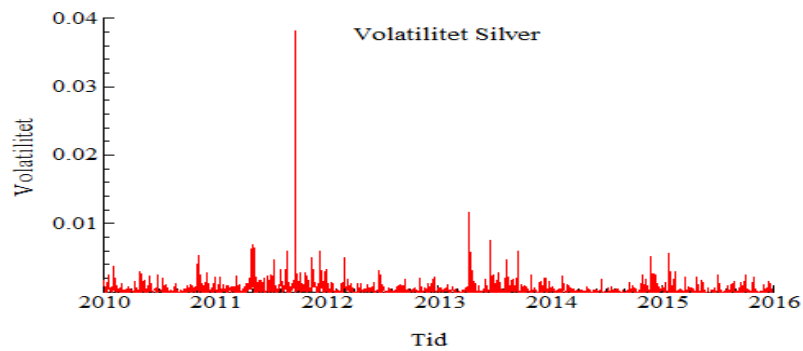
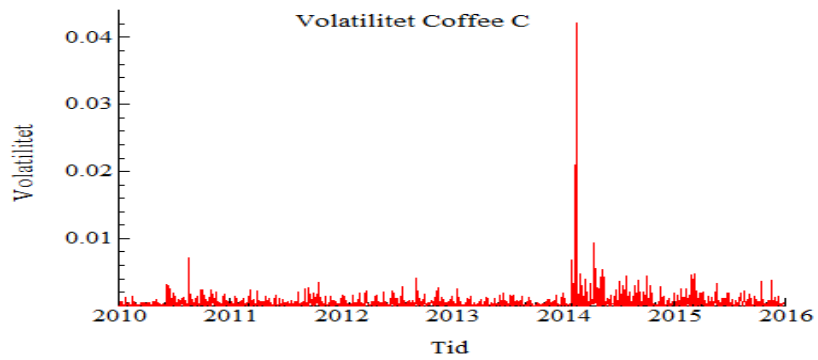
8.1 Kjikvadrat tabell

DF	P										
	0.995	0.975	0.20	0.10	0.05	0.025	0.02	0.01	0.005	0.002	0.001
1	0.0000393	0.000982	1.642	2.706	3.841	5.024	5.412	6.635	7.879	9.550	10.828
2	0.0100	0.0506	3.219	4.605	5.991	7.378	7.824	9.210	10.597	12.429	13.816
3	0.0717	0.216	4.642	6.251	7.815	9.348	9.837	11.345	12.838	14.796	16.266
4	0.207	0.484	5.989	7.779	9.488	11.143	11.668	13.277	14.860	16.924	18.467
5	0.412	0.831	7.289	9.236	11.070	12.833	13.388	15.086	16.750	18.907	20.515
6	0.676	1.237	8.558	10.645	12.592	14.449	15.033	16.812	18.548	20.791	22.458
7	0.989	1.690	9.803	12.017	14.067	16.013	16.622	18.475	20.278	22.601	24.322
8	1.344	2.180	11.030	13.362	15.507	17.535	18.168	20.090	21.955	24.352	26.124
9	1.735	2.700	12.242	14.684	16.919	19.023	19.679	21.666	23.589	26.056	27.877
10	2.156	3.247	13.442	15.987	18.307	20.483	21.161	23.209	25.188	27.722	29.588
11	2.603	3.816	14.631	17.275	19.675	21.920	22.618	24.725	26.757	29.354	31.264
12	3.074	4.404	15.812	18.549	21.026	23.337	24.054	26.217	28.300	30.957	32.909
13	3.565	5.009	16.985	19.812	22.362	24.736	25.472	27.688	29.819	32.535	34.528
14	4.075	5.629	18.151	21.064	23.685	26.119	26.873	29.141	31.319	34.091	36.123
15	4.601	6.262	19.311	22.307	24.996	27.488	28.259	30.578	32.801	35.628	37.697
16	5.142	6.908	20.465	23.542	26.296	28.845	29.633	32.000	34.267	37.146	39.252
17	5.697	7.564	21.615	24.769	27.587	30.191	30.995	33.409	35.718	38.648	40.790
18	6.265	8.231	22.760	25.989	28.869	31.526	32.346	34.805	37.156	40.136	42.312
19	6.844	8.907	23.900	27.204	30.144	32.852	33.687	36.191	38.582	41.610	43.820
20	7.434	9.591	25.038	28.412	31.410	34.170	35.020	37.566	39.997	43.072	45.315
21	8.034	10.283	26.171	29.615	32.671	35.479	36.343	38.932	41.401	44.522	46.797
22	8.643	10.982	27.301	30.813	33.924	36.781	37.659	40.289	42.796	45.962	48.268
23	9.260	11.689	28.429	32.007	35.172	38.076	38.968	41.638	44.181	47.391	49.728
24	9.886	12.401	29.553	33.196	36.415	39.364	40.270	42.980	45.559	48.812	51.179
25	10.520	13.120	30.675	34.382	37.652	40.646	41.566	44.314	46.928	50.223	52.620
26	11.160	13.844	31.795	35.563	38.885	41.923	42.856	45.642	48.290	51.627	54.052
27	11.808	14.573	32.912	36.741	40.113	43.195	44.140	46.963	49.645	53.023	55.476
28	12.461	15.308	34.027	37.916	41.337	44.461	45.419	48.278	50.993	54.411	56.892

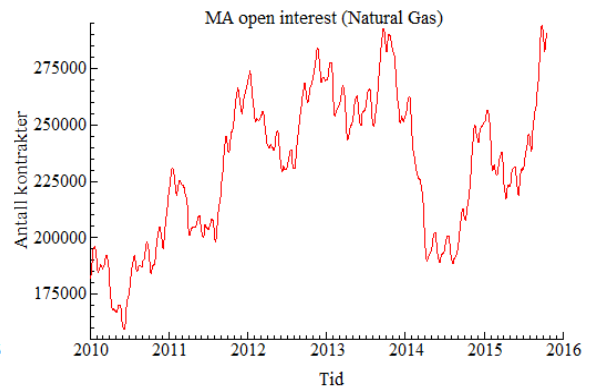
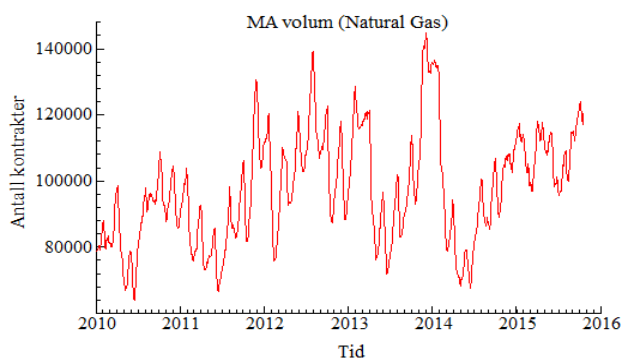
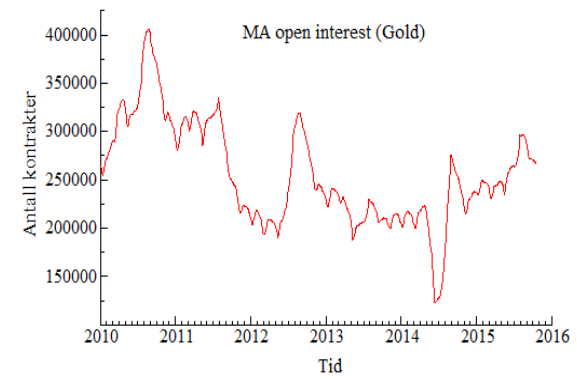
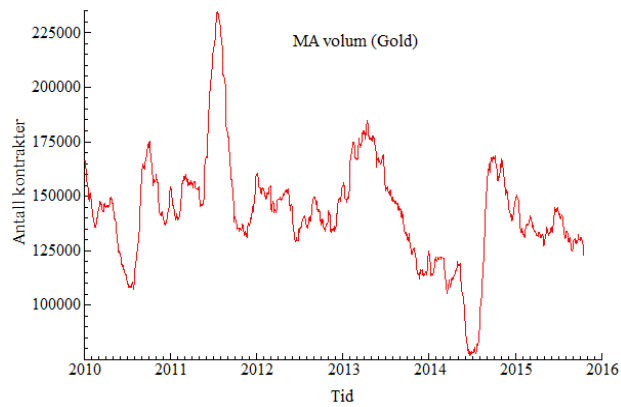
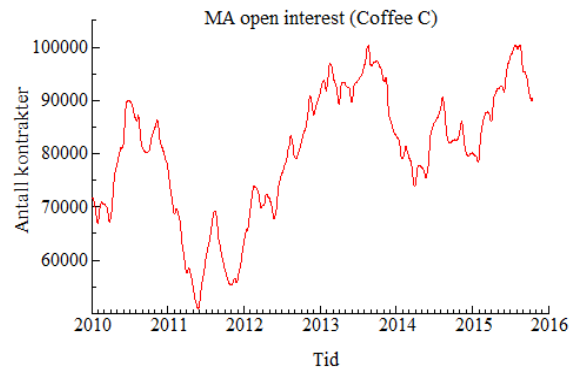
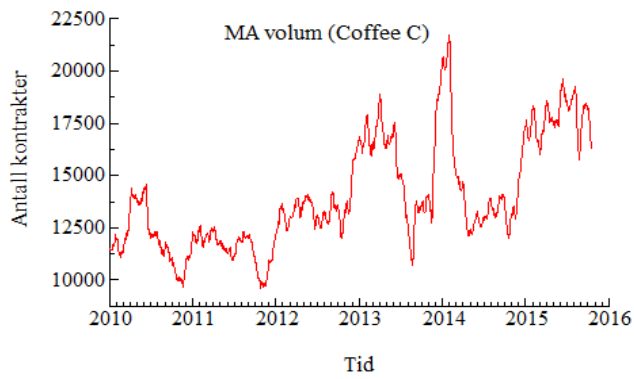
8.2 Avkastning råvarefutures 2010-2015



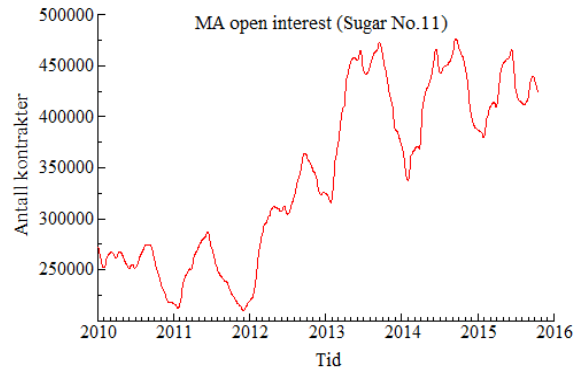
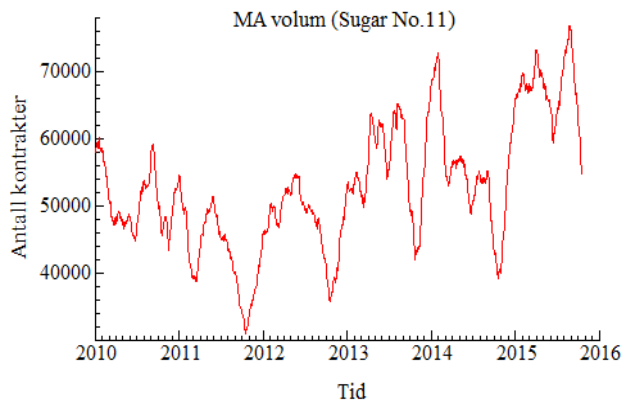
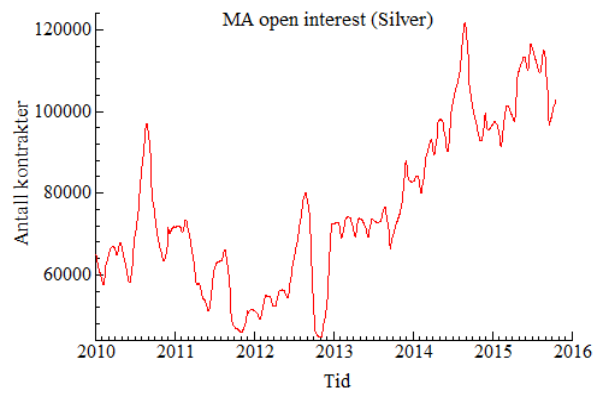
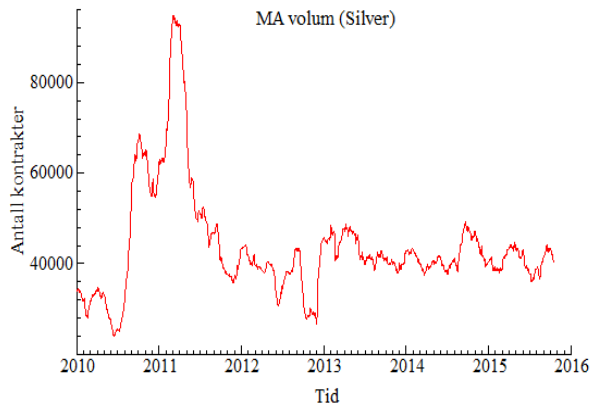
8.3 Volatilitet råvarefutures 2010-2015



8.4 MA volum og open interest (Coffee C, Gold og Natural Gas)



8.5 MA volum og open interest (Silver og Sugar No.11)





Norges miljø- og biovitenskapelig universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway