

Stian Darell  
Ole Jakob Sønstebø

# Effisient prising og handlestrategier i det nordiske kraftmarkedet

## Efficient pricing and trading strategies in the Nordic power market

MASTEROPPGAVE - Økonomi og administrasjon/siviløkonom  
Trondheim, Mai 2016

Hovedprofil: Finansiering og investering

Veileder: Stein Frydenberg



NTNU

Handelshøyskolen i Trondheim

NTNU har intet ansvar for synspunkter eller innhold i oppgaven.  
Framstillingen står utelukkende for studentens regning og ansvar.



## **Sammendrag**

En av funksjonene til et derivatmarked er å flytte risiko mellom aktørene. Hedgere vil betale for å kvitte seg med risiko som spekulanter er villige til å ta på seg for en gevinst. For at aktørene skal kunne ha tillit til markedet, må imidlertid prisene være effisiente. Denne tilliten er viktig for at aktørene skal ville investere uten å måtte tenke på eventuelle risikoer som feilprising av produkter. I denne masteroppgaven undersøker vi hvorvidt prisingen av årlige, kvartalsvise og månedlige futureskontrakter i det nordiske kraftmarkedet er effisient. Det finnes relativt lite empiri på dette området i markedet, og det er dermed viktig å belyse det ytterligere. Metoden går ut på å sammenligne priser for periodekontrakter og porteføljer av kontrakter med kortere leveringsperioder, som i teorien har lik kontantstrøm og dermed må ha lik verdi. Vi finner indikasjoner på ineffisient prising i form av statistisk signifikante prisdifferanser for sammenligninger av kontrakter med både årlig og kvartalsvis levering. Vi argumenterer for at omstruktureringer i de tilbudte derivatene og sammensetningen av aktører kan resultere i lavere likviditet som igjen kan føre til feilprising. Videre bruker vi pristestene som grunnlag for en handlestrategi, og finner arbitrasjemuligheter i starten av utvalgsperioden. Vi kan imidlertid ikke påstå økonomisk signifikans for ineffisente priser etter 2006. To ytterligere handlestrategier, basert på at futuresmarkedet er flest dager i contango, testes og gir positive resultater. Vi argumenterer for at futuresmarkedet oftest er i contango på grunn av en større andel hedgere i form av kraftkonsumenter, som øker etterspørselen etter futureskontrakter og presser futuresprisene over spotprisen. Empirien har betydning både for hedgere og spekulanter i den forstand at resultatene underbygger tilliten som kreves til futuresmarkedet.



## **Abstract**

One of the functions of a derivatives market is to move risk between market participants. Hedgers will pay to get rid of the risk that speculators are willing to take on for a profit. If participants are to have confidence in the market, however, prices must be efficient. This trust is important for the players' willingness to invest without the risk of mispriced products. In this paper we investigate whether the pricing of annual, quarterly and monthly futures contracts in the Nordic power market is efficient. There is relatively little empirical evidence in this area of the market, and it is therefore important to clarify further. The method involves comparing prices for term contracts and portfolios of contracts with shorter delivery periods, which in theory have similar cash flows and thus must have equal value. We find indications of inefficient pricing in the form of significant price differences for comparisons of contracts with both annual and quarterly delivery. We argue that restructuring of the offered derivatives and composition of players can result in lower liquidity which may lead to mispricing. Furthermore, we use the price tests as a basis for a trade strategy, and find arbitrage opportunities at the start of the sample period. We can, however, not claim economic significance for inefficient prices after 2006. Two additional trading strategies, based on the fact that the futures market is more often in contango than backwardation, are tested and yield positive results. We argue that the futures market is more often in contango due to a greater proportion of hedgers being consumers, which increases the demand for futures contracts and drives futures prices above the spot price. This study has significance for both hedgers and speculators in the sense that our results strengthen the trust required for futures market participants.



# Innholdsfortegnelse

<b>SAMMENDRAG</b> .....	<b>III</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>V</b>
<b>TABELLISTE</b> .....	<b>VIII</b>
<b>FIGURLISTE</b> .....	<b>IX</b>
<b>FORORD</b> .....	<b>XI</b>
<b>1 INNLEDNING</b> .....	<b>1</b>
1.1 BAKGRUNN OG MOTIVASJON .....	1
1.2 PROBLEMSTILLINGER.....	2
1.3 OVERSIKT OVER OPPGAVENS STRUKTUR.....	2
<b>2 DET NORDISKE KRAFTMARKEDET</b> .....	<b>5</b>
2.1 NORD POOLS OPPHAV OG HISTORIE .....	5
2.2 DET FYSISKE MARKEDET .....	5
2.3 DET FINANSIELLE MARKEDET .....	7
2.4 BANKGARANTIER .....	9
<b>3 PRESENTASJON AV EMPIRISK FELT OG RELEVANT TEORI</b> .....	<b>11</b>
3.1 TEORI OM MARKEDSEFFISIENS OG ARBITRASJE.....	11
3.2 EMPIRI SOM OMHANDLER EFFISIENT PRISING I DET NORDISKE KRAFTMARKEDET .....	12
3.3 EMPIRI SOM OMHANDLER PRISING AV DERIVATER .....	14
<b>4 FORSKNINGSMETODE</b> .....	<b>19</b>
4.1 MODELL FOR TEST AV EFFISIENT PRISING .....	19
4.2 HANDLESTRATEGIER .....	21
<b>5 UTVALG OG DATA</b> .....	<b>27</b>
5.1 INNHENTING OG SORTERING AV DATA .....	27
5.2 DESKRIPTIV ANALYSE AV UTVALG .....	27
5.3 BASIS, CONTANGO OG BACKWARDATION .....	31
<b>6 RESULTATER, EMPIRI, DISKUSJON</b> .....	<b>37</b>
6.1 PROBLEMSTILLING 1 .....	37
6.2 PROBLEMSTILLING 2.....	43
6.3 OPPSUMMERING AV RESULTATER OG ANALYSE .....	58
<b>7 KONKLUSJON</b> .....	<b>63</b>
<b>8 REFERANSER</b> .....	<b>65</b>
<b>9 VEDLEGG</b> .....	<b>69</b>

## Tabelliste

<b>Tabell 5.1</b> .....	28
<b>Tabell 5.2</b> .....	29
<b>Tabell 5.3</b> .....	30
<b>Tabell 5.4</b> .....	31
<b>Tabell 5.5</b> .....	32
<b>Tabell 5.6</b> .....	34
<b>Tabell 6.1</b> .....	38
<b>Tabell 6.2</b> .....	40
<b>Tabell 6.3</b> .....	42
<b>Tabell 6.4</b> .....	44
<b>Tabell 6.5</b> .....	45
<b>Tabell 6.6</b> .....	46
<b>Tabell 6.7</b> .....	48
<b>Tabell 6.8</b> .....	49
<b>Tabell 6.9</b> .....	50
<b>Tabell 6.10</b> .....	51
<b>Tabell 6.11</b> .....	51
<b>Tabell 6.12</b> .....	55
<b>Tabell 6.13</b> .....	55
<b>Tabell 6.14</b> .....	56
<b>Tabell 6.15</b> .....	57
<b>Tabell 9.1</b> .....	69
<b>Tabell 9.2</b> .....	69
<b>Tabell 9.3</b> .....	69
<b>Tabell 9.4</b> .....	70
<b>Tabell 9.5</b> .....	70



## Figurliste

<b>Figur 1.1</b> Finansielle og ikke-finansielle aktører ved de ulike markedsplassene.....	1
<b>Figur 2.1</b> Produksjonskostnader.....	7
<b>Figur 2.2</b> Handle- og leveringsperiode for DSFutures.....	8
<b>Figur 5.1</b> Terminstruktur 2004-2010 .....	33
<b>Figur 5.2</b> Terminstruktur 2011-2016 .....	34
<b>Figur 5.3</b> Netto eierfordel TRC1 og TRC2 og fyllingsgrad.....	35
<b>Figur 6.1</b> Min- og maksverdier årsperioder .....	39
<b>Figur 6.2</b> Min- og maksverdier kvartalsperioder .....	41
<b>Figur 6.3</b> Out of sample kumulativ avkastning for reinvesterende strategi .....	53
<b>Figur 6.4</b> Out of sample avkastning .....	53
<b>Figur 6.5</b> In sample-avkastninger contango offset-strategi.....	56
<b>Figur 6.6</b> Out of sample-avkastninger contango offset-strategi.....	58
<b>Figur 9.1</b> Spotprisfordeling 2004 - 2016.....	71
<b>Figur 9.2</b> Avkastningsfordeling spotpris 2004 - 2006 .....	71
<b>Figur 9.3</b> Marginkurve 25.05.2016 .....	72



## **Forord**

Denne masteroppgaven er skrevet ved NTNU, avdeling Handelshøyskolen i Trondheim, og er det avsluttende arbeidet på siviløkonomstudiet. Oppgaven er skrevet våren 2016 innen hovedprofilen finansiering og investering og omhandler en analyse av effisient prising og handlestrategier på det nordiske kraftmarkedet.

Først og fremst vil vi takke vår veileder og førsteamanuensis Stein Frydenberg for konstruktive tilbakemeldinger og oppfølging. Vi vil også takke henholdsvis Nord Pool ASA og Montel AS via professor Sjur Westgaard og Knut Strømnes for tilgang til data gjennom deres servere, samt Tarjei Kristiansen for bidrag med kildemateriale.

Innholdet i denne oppgaven står for forfatterens regning.

Trondheim 23.05.2016

---

Stian Darell

---

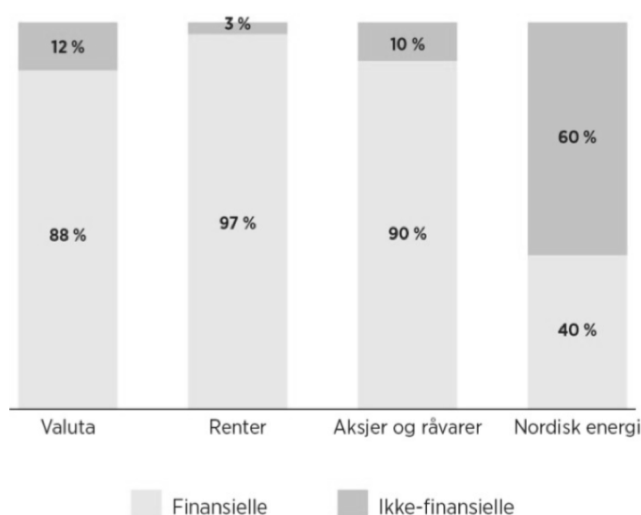
Ole Jakob Sønstebø



# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn og motivasjon

Det nordiske kraftmarkedet er et relativt nytt råvaremarked som fortsatt er i utvikling. Strømmen vi bruker hver dag, som befinner seg overalt rundt oss og som vi stort sett tar for gitt har utgangspunkt i Nord Pools kraftbørs. Her blir tilbud og etterspørsel klarert og sendt ut i strømmettet. Mekanismene i markedet er ganske komplekse og ikke allmennkunnskap. Av Figur 1.1 ser man at den største andelen av aktører som handler nordisk kraft er ikke-finansielle, med en andel på 60 %. Dette er en kontrast til hva man kan observere på internasjonale markeder for valuta, renter, aksjer og råvarer. En av årsakene til dette kan være at markedet fortsatt er relativt ungt, og at det kanskje ikke har tiltrukket seg nok finansielle aktører med større fokus på trading og spekulasjon.



**Figur 1.1 Finansielle og ikke-finansielle aktører ved de ulike markedsplassene.** Søylene viser hvor stor andel av åpne derivatposisjoner som er inngått av henholdsvis finansielle og ikke-finansielle aktører, i globale valuta-, rente-, aksje- og råvaremarkeder, og i det nordiske kraftmarkedet. Figur og tekst hentet fra Bjønnes og Saakvitne (2015).

På bakgrunn av dette er det viktig å belyse hvordan et marked som har så mye å si for oss faktisk fungerer. Videre er det alltid et behov for tilførsel av ny empiri for at akademikere og markedsaktører også skal få en større forståelse for ulike aspekter ved markedet. Dette vil muligens også kunne ha innvirkning på hvordan spekulanter og andre tradere opererer. Med

denne masteroppgave ønsker vi derfor å studere kraftbørsens derivater for å bidra til mer empiri som gir økt forståelse av markedet.

Det norske kraftmarkedet ble deregulert i 1991, og i 1996 ble Nord Pool ASA opprettet som et samarbeid mellom Norge og Sverige for et felles marked for kraft. Med Finland og Danmarks inntreden i markedet i henholdsvis 1998 og 2000, fikk vi et fullt integrert marked for de nordiske landene. I ettertid har Nord Pool blitt åpnet for flere andre europeiske land, det gjør at markedet har fått mange flere aktører og opplevd en stor vekst de seneste årene. Man skiller mellom den fysiske og den finansielle handelsplassen, fysisk kraft omsettes på Nord Pool, mens de finansielle instrumentene omsettes på Nasdaq OMX. Vårt fokus i denne oppgaven ligger på de finansielle instrumentene, og vi har dermed sett på data fra Nasdaq OMX Commodities.

Basert på metoden til Kristiansen (2007) har vi sammenlignet markedets årlige futureskontrakter med årlige porteføljekontrakter konstruert av kvartalskontrakter, og sammenlignet markedets kvartalsvise forwardkontrakter med kvartalsvise porteføljekontrakter konstruert av månedskontrakter. Teori tilsier at disse parene av kontrakter må ha lik pris for at det ikke skal finnes arbitrasjemuligheter. Videre har vi testet tre ulike handlestrategier: en direkte basert på pristestene og to contango-strategier basert på observasjoner av hvordan futureskontraktene i markedet oppfører seg.

## **1.2 Problemstillinger**

Problemstilling 1:

*Er futureskontraktene i det nordiske kraftmarkedet effisient priset?*

Problemstilling 2:

*Kan handlestrategier benyttes for å utnytte eventuelle feilprisinger og typiske markedstilstander i futuresmarkedet?*

## **1.3 Oversikt over oppgavens struktur**

Oppgaven videre er organisert på følgende måte. Kapittel 2 er en innføring i Nord Pools historie, hvordan markedet fungerer og hvilke produkter som tilbys. I kapittel 3 presenterer vi det empiriske feltet og relevant teori om markedseffisiens, arbitrasje og markedstilstandene contango og backwardation. Forskningsmetoden blir diskutert i kapittel 4, mens utvalg, data og

deskriptiv statistikk blir beskrevet i kapittel 5. Kapittel 6 er dedikert til selve analysen, empirien og resultatene. Dette vil til slutt bli kort oppsummert før vi kommer med konklusjonen i kapittel 7.





## **2 Det nordiske kraftmarkedet**

### **2.1 Nord Pools opphav og historie**

Den nordiske kraftbørsen, Nord Pool ASA, har sitt opphav fra det norske kraftmarkedet. I forkant av dereguleringen av europeiske kraftmarkeder som startet med den Europeiske kommisjonen for elektrisitet i 1996, begynte Norge liberaliseringen av kraftmarkedet allerede i 1991 med ny lov fra Stortinget om å deregulere handelen. Det uavhengige selskapet Statnett Marked AS ble opprettet i 1993, fulgt av et norsk-svensk samarbeid som ble det første internasjonale kraftmarkedet, med navnet Nord Pool, i 1996. Finland ble medlem i 1998, og i 2000 ble det nordiske markedet fullt integrert med innlemmingen av Danmark.

Det finansielle markedet har utviklet seg i takt med det fysiske. Et marked for å handle forward-kontrakter ble allerede introdusert samtidig som det fysiske kraftmarked ble opprettet i 1993, og utvalget av finansielle instrumenter har utviklet seg i løpet av markedets eksistens. I stedet for et fysisk oppgjør av forward-kontrakter, ble finansielt oppgjør og en standardisering av kontraktene introdusert for markedet i 1997. En ny struktur på produktene der sesongkontrakter ble byttet gradvis ut med kvartalskontrakter begynte i 2003, og disse ble videre notert for første gang i 2004. I tillegg ble handleperioden på ukentlige futures avkortet til 8-9 uker i 2004, og ned til 6 uker i 2006. Alle kontrakter med levering fra og med 2006 ble notert i EUR/MWh i stedet for NOK/MWh, noe som gjorde handel mellom landegrensene mer effektiv. Inntil 2008 var det finansielle markedet en del av Nord Pool, men det ble da skilt ut og solgt til Nasdaq.

### **2.2 Det fysiske markedet**

Det fysiske nordiske kraftmarkedet er operert av Nord Pool ASA. Her skiller man mellom day-ahead spot market (Elspot), og et marked for intradag som dekker de samme områdene for å forsikre om at det er balanse i tilbud og etterspørsel for strøm (Nord Pool, 2016). All handel i Elspot stenger klokken 12 på formiddagen dagen før, men handel i Elbas stenger en time før levering. Handel på disse to markedene krever fysisk levering av strøm, og dermed er markedet dominert av elektrisitetselskaper.

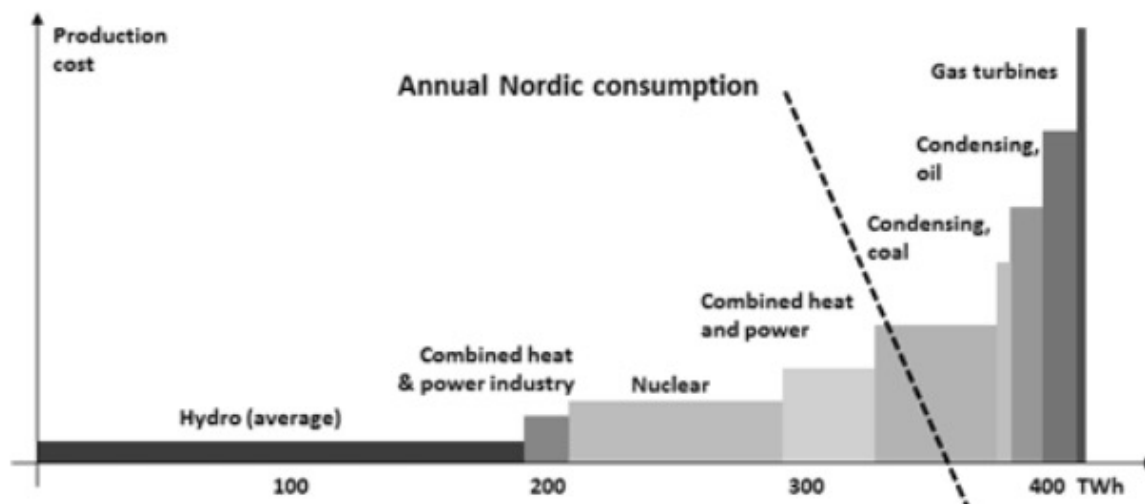
Markedsaktørene i Elspot plasserer ordrer for prisen på strøm som de enten tilbyr eller etterspør hver time for etterkommende dag. Nord Pool vil deretter kalkulere en systempris etter klokken

12, når ordreperioden utløper. Systemprisen tar ikke overføringsbegrensninger i betraktning, og for å unngå overbelastning i overføringsnett har man delt inn i områder med forskjellige priser basert på etterspørsel og tilbud. Områdene er delt inn i land og videre i regioner innad i landene. I tillegg til å unngå overbelastning vil også områdeprisen ta hensyn til de regionale markedsforholdene (Nord Pool, 2016).

Systemprisen på Nord Pool er generert på timesbasis, og etterspørselen har normalt sett et forutsigbart mønster over en 24-timersperiode. Etterspørselen er typisk høyest i arbeidstiden, med topp på ettermiddagen og bunn om natten. Den daglige systemprisen er videre beregnet som det aritmetiske gjennomsnittet for hele 24-timersperioden, og brukes som underliggende for de finansielle derivatene. Videre i oppgaven vil begrepene systempris og spotpris bli brukt om hverandre.

Hovedskillet mellom kraft og andre råvarer er at det er umulig å lagre den i større beholdninger over tid når den først er produsert. Batterier er per i dag ikke effektive nok til å oppbevare store mengder strøm, og det er svært kostbart å produsere kondensatorer som tåler spenningen som kreves for å lagre et tilfredsstillende volum. Fordelen med vannkraft er at man ved hjelp av magasiner kan omgjøre lagret vann til strøm på kort tid.

Tall hentet fra Nord Pool Spot viser at det er over 370 produsenter av strøm fra de nordiske og baltiske landene, som til sammen produserer omkring 420 TWh per år. Vannkraft utgjør den største kilden til strøm, da den i et år med normal nedbørsmengde fyller omtrent 50 % av etterspørselen i Norden. I Norge kommer 96 % av strømproduksjonen fra vannkraft, og den resterende andelen fra vind- og varmekraft (Hatlen og Aarrestad, 2014). Finland og Sverige produserer en kombinasjon av vannkraft, varmekraft og kjernekraft, mens Danmark for det meste lager varmekraft. Man ser imidlertid en økende andel vindkraft i Danmark. På grunn av behovet for nedbør for å kunne produsere vannkraft, er de nordiske landene mer avhengige av land som Russland, Tyskland og Polen i tørkeperioder.



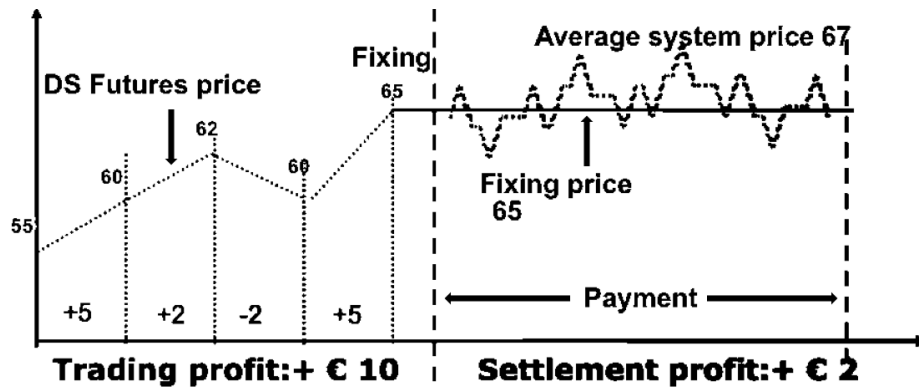
**Figur 2.1 Produksjonskostnader.** Hentet fra NordPoolSpot (2016)

Figur 2.1 viser en typisk situasjon for produksjonskostnadene i det nordiske kraftmarkedet. Vannkraft har lave kostnader, og når vannmagasinene har høy fyllingsgrad vil man bli mindre avhengig av kjernekraft og andre strømkilder som er mer kostbare å produsere. Dette medfører lavere strømpriser. Motsatt vil man oppleve høyere strømpriser når fyllingsgraden er lav. Figuren viser også hvor mye strøm som kommer fra de ulike kildene, og man kan observere en forholdsvis lav etterspørselsetastisitet. I et økonomisk perspektiv virker dette logisk da strøm er noe de fleste trenger, relativt uavhengig av pris.

### 2.3 Det finansielle markedet

Det finansielle markedet opereres av Nasdaq Commodities Europe, som tilbyr handel av futures, opsjoner og «electricity price area differentials» (EPADs) med kun kontante oppgjør. Både europeiske kjøps- og salgsoptjoner på futureskontrakter er tilgjengelige, men de er lite likvide. EPADs blir brukt til risikostyring i forbindelse med områdeprisforskjeller. Nasdaq tilbyr to ulike typer futureskontrakter med Nord Pools systempris som underliggende: standard futures og «deferred settlement» futures (DSFutures). Forskjellen ligger i hvordan oppgjøret underveis i handleperioden blir avgjort. En standard futureskontrakt blir marked-to-market hver dag i handleperioden. Dette betyr at en endring i pris enten blir tilgodegjort eller belastet marginkontoen, som består av det beløpet investoren må stille som sikkerhet for å kunne handle kontrakter (NasdaqOMX, 2016e). DSFutures har ikke realisert oppgjør i løpet av handleperioden, men kontantstrømmen akkumuleres underveis og realiseres i leveringsperioden som prisdifferansen mellom kjøpsprisen og den endelige prisen siste

handedag (NasdaqOMX, 2016d). Denne formen for futures fungerer dermed i prinsippet mer som en standardisert forwardkontrakt. Markedet for futures består av kontrakter med daglige, ukentlige, månedlige, kvartalsvise og årlige leveringsperioder.



**Figur 2.2 Handle- og leveringsperiode for DSFutures.** Illustrasjonen viser kontantstrømmen til en long-posisjon i en DSFutures. Hentet fra NordPoolASA (2016).

Figur 2.2 viser utviklingen i handle- og leveringsperioden til en DSFutures. Forskjellen mellom kjøpsprisen og den daglige futuresprisen akkumuleres, men realiseres ikke underveis i handleperioden. Siste handledag blir «fixing price» satt og «trading profit» beregnet som den totale prisdifferansen i handleperioden. Denne realiseres i starten av leveringsperioden. «Fixing price» er siste handledags futurespris, og skal i prinsippet være lik den dagens systempris. Oppgjøret under levering beregnes videre som forskjellen mellom «fixing price» og systempris, og blir utbetalt hver måned. Dette betyr at kontantstrømmen som genereres i leveringsperioden består av differansen mellom «fixing price» og gjennomsnittlig systempris, benevnt «settlement profit». Den totale kontantstrømmen består dermed av summen av «trading profit» og «settlement profit», og utgjør det samme som differansen mellom gjennomsnittlig systempris i leveringsperioden og kjøpsprisen. En long-posisjon i futures, som figuren viser, vil ha en positiv «trading profit» dersom «fixing price» er høyere enn kjøpsprisen og en positiv «settlement profit» dersom gjennomsnittlig systempris er høyere enn «fixing price». Det motsatte gjelder for en short-posisjon.

I eksempelet kjøpes futureskontrakten for 55 EUR/MWh og «fixing price» settes til 65 EUR/MWh. Dette gir en «trading profit» på 10 EUR/MWh, som først realiseres ved levering. I leveringsperioden er den gjennomsnittlige systemprisen 67 EUR/MWh, som gir en «settlement profit» på 2 EUR/MWh. Den totale kontantstrømmen blir dermed 12 EUR/MWh,

som er differansen mellom den gjennomsnittlige systemprisen og kjøpsprisen. Siden det kun er DSFutures vi utforsker i oppgaven, vil vi for enkelhets skyld omtale disse som futures bortsett fra der det må skilles mellom DSFutures og standard futures.

## **2.4 Bankgarantier**

Etter 15. mars 2016 kunne ikke lenger de ikke-finansielle markedsaktørene benytte bankgarantier som sikkerhet for utestående kontrakter. Historisk sett har regelverket for europeisk markedsinfrastruktur gitt markedene for gass- og elektrisitetsderivater enkelte særskilte unntak, men disse har nå falt bort. Som en konsekvens av dette, har Nasdaq OMX endret strukturen til de standard futureskontraktene. Der standard futures tidligere kun hadde daglig og ukentlig levering, blir de nå notert parallelt med DSFutures med månedlig, kvartalsvis og årlig leveringsperiode. Bjønnes og Saakvitne (2015) nevner at problemstillingen rundt avskaffelse av bankgarantier som sikkerhet oppfattes som viktig for kraftmarkedet. Videre i artikkelen skrives det at markedsaktører som rammes, hevder at kostnadene rundt derivathandel vil øke betydelig, og at konsekvensene kan bli mindre bruk av derivathandel. I tillegg vil ikke-finansielle aktører heller kunne handle direkte med hverandre i stedet for på markedsplasser, på grunn av de økte kostnadene.



## **3 Presentasjon av empirisk felt og relevant teori**

### **3.1 Teori om markedseffisiens og arbitrasje**

Vi vil først ta for oss hypotesen om effisiente markeder og videre knytte denne opp mot arbitrasje og prising av derivater.

#### **3.1.1 Hypotesen om effisiente markeder**

Hypotesen om effisiente markeder ble utarbeidet av Fama (1970) og beskriver verdsettelsen av aktiva etter tilgjengelig informasjon som skal gjøre det umulig å systematisk kunne tjene penger på under- eller overprising i markedet. Fama (1970) samler og analyserer datidens eksisterende litteratur, både teori og empiri, om hypotesen. Han deler de empiriske testene i tre kategorier: svak, semi-sterk og sterk form, der fellesnevner for de tre er at prisene i et effisient marked vil reflektere all tilgjengelig informasjon. For svak form representerer denne informasjonen historiske priser og offentlig tilgjengelige kunngjøringer. Semi-sterk effisiens eksisterer dersom prisene i tillegg justerer seg når ny informasjon blir allment tilgjengelig. Ved sterk form er problemstillingen om prisene også reflekterer privat informasjon.

Grossman og Stiglitz (1980) påpeker at det ikke kan eksistere perfekt markedseffisiens på grunn av mangel på incentiver til analytikere som skal prise ny informasjon inn i markeder. Hovedpoenget er at markedsfriksjoner, inkludert kostnader for analyser og transaksjoner, reduserer markedseffisiens. Det har kommet flere studier med empiri som har bidratt med anomalier til hypotesen om effisiente markeder. Shiller (1981) argumenterte for at avkastning på aksjeindekser har relativt høyere volatilitet enn aggregert dividende, og denne skal i følge hypotesen om markedseffisiens være lik. Bondt og Thaler (1985) fant i sin studie at for aksjer som ble rangert ved 3 til 5 års tidligere avkastning, ville tidligere vinnere tendere å bli fremtidige tapere, og motsatt. Som en forklaring, argumenterte de at den langsiktige reverseringen skyldtes overreaksjoner fra investorenes side. Summers (1986) viste at priser i teorien kunne ta lange, treige svingninger fra det fundamentale som ikke vil være påviselig på en kortsiktig horisont. I tillegg kan det nevnes at Jegadeesh og Titman (1993) fant bevis for at aksjer med enten relativt høy eller lav avkastning over intervaller på 3 til 12 måneder fortsatte trenden de påfølgende 3 til 12 månedene. Empiri som har vist funn av ineffisiens har blant annet bidratt til fremveksten av atferdsøkonomi, som argumenterer mot klassiske rasjonelle

antakelser og i stedet mener at mennesker har en tendens til å gjøre systematiske kognitive feil (Jones og Netter, 2008).

### 3.1.2 Arbitrasje

Ifølge «The Law of One Price» må et produkt som selges i to forskjellige markeder ha samme pris, justert for transportkostnader. For finansielle derivater finnes ingen fysisk levering og man kan se bort ifra transportkostnader. Tilsvarende prinsipp gjelder dersom en arbitrasjør kan kjøpe og selge to forskjellige derivater med lik cash flow til forskjellig pris.

The pricing of financial derivatives is based on a *no arbitrage* argument. No arbitrage means that we cannot make an instantaneous profit from an investment that has no uncertainty. An investment with no uncertainty about the outcome is called a *risk free investment*. With a risk free investment, it is impossible to make a 'quick turn' or an instantaneous profit. (Alexander (2010) s. 2)

Dersom ekte, eller deterministisk arbitrasje eksisterer, vil vi altså ha en feilprising i markedet slik at man kan kjøpe et derivat for én pris og umiddelbart selge det for en annen. Mekanismen bak prisbalansen er tilbud og etterspørsel av det aktuelle derivatet. I et ineffisient marked der prisene ikke reflekterer all tilgjengelig informasjon, kan tiden som prisene er i ubalanse være så lang at investorer kan ta ut arbitrasjeprofit. Statistisk arbitrasje betyr, i motsetning til ren arbitrasje, at man kan oppnå profit over tid ved for eksempel å benytte seg av «mean reversion-modeller». Bondarenko (2003) definerer statistisk arbitrasje som en nullkostnads handlestrategi for en gitt periode med positiv forventet totalavkastning, og ikke-negativ forventet avkastning i hver mulige slutttilstand. Nullkostnad oppnås for eksempel ved å låne investeringsbeløpet til risikofri rente. Avkastningen må da følgelig være høyere enn lånerenten. For en statistisk arbitrasjestrategi kan imidlertid negative avkastninger forekomme så lenge gjennomsnittlig avkastning er positiv for alle slutttilstander i økonomien.

## 3.2 Empiri som omhandler effisient pricing i det nordiske kraftmarkedet

Det er i hovedsak to artikler som tar for seg effisient pricing av derivater i det nordiske kraftmarkedet, Kristiansen (2007) og Wimschulte (2010). Kristiansen presenterer en modell for å sammenligne prisene på futureskontrakter med ulik leveringsperiode. Dersom det finnes en periodekontrakt med levering i ett år, vil en portefølje av periodekontrakter med levering i hvert



kvartal dette året være utsatt for samme bevegelser i underliggende spotpris gjennom året. Dette vil med andre ord si at dersom man kan kjøpe og selge disse kontraktene på samme tidspunkt, må periodekontrakten og porteføljekontrakten ha lik pris for at det ikke skal kunne oppstå arbitrasjemuligheter.

Før de ble gradvis utfaset fra 2004 og erstattet av kvartalskontrakter, var sesongkontrakter blant de vanlige futureskontraktene sammen med års- og månedskontrakter. En oversikt over sesongkontraktene presenteres i Tabell 9.1 i vedlegget. For å sammenligne sesongkontrakter med en portefølje av kontrakter med kortere leveringsperiode, danner Kristiansen en portefølje av månedskontrakter med levering i tilhørende sesong. På samme måte blir årskontrakter sammenlignet med porteføljer av sesongkontrakter med levering i tilhørende år. Sesongkontrakter med levering fra oktober 2003 til september 2004 sammenlignes med tilhørende månedskontrakter, mens årskontrakter med levering i årene 2001-2003 sammenlignes med porteføljekontrakter med levering i samme tidsrom. Priser blir sammenlignet hver dag i perioden der alle tilhørende kontrakter handles samtidig.

Resultatene for sesong- og månedskontrakter viser at gjennomsnittsprisene for de sammenlignede kontraktene er forskjellige, og at differansen mellom maks- og minimumsverdiene er stor for den tidligste perioden. Denne differansen reduseres imidlertid for hver av de senere kontraktene, og Kristiansen skriver at det kan se ut som at dette sammenfaller med at markedet modnes. Resultatene for års- og sesongkontrakter gir også ulike gjennomsnittspriser, og forskjellen er mindre. Man ser imidlertid varierende utvikling i differansen mellom maks- og minimumsverdier, noe som ikke gir støtte for modning med en mer effisient prising. Kristiansen konkluderer til slutt med at det finnes ineffisient prising i disse kontraktene og at hovedårsaken kan være at markedet fortsatt er umodent.

Wimschulte (2010) bruker samme modell som Kristiansen, men sammenligner kontrakter med andre leveringsperioder. I artikkelen blir månedlige DSFutures sammenlignet med standard futureskontrakter med enten daglig eller ukentlig levering. Ved å bruke både DSFutures og standard futures får Wimschulte en mulighet til både å se på effisient prising og forholdet mellom de to typene kontrakter. Han lager porteføljer med fire ukeskontrakter og fyller opp med så mange dagskontrakter som trengs for å få lik leveringsperiode som en månedskontrakt. For at dette skal gå opp, er det kun måneder som slutter på en søndag som er aktuelle, fordi

dagskontraktene har såpass kort handleperiode at de må plasseres i starten av måneden for at alt skal kunne handles samtidig. Denne problematikken fører til at utvalget blir ganske lite. Undersøkelsen ser på kun ni aktuelle måneder i tidsrommet november 2003 - november 2008, noe som gir 50 totale observasjoner.

Resultatene viser forskjeller i prisene, men ingen signifikante forskjeller i gjennomsnittsprisene til månedskontraktene og de samsvarende porteføljekontraktene. Dette underbygger dermed Cox et al. (1981) sine prediksjoner om futures og forwards, siden DSFutures i prinsippet fungerer som en forwardkontrakt. Når handleperioden er så kort som for de aktuelle kontraktene, kan den risikofrie renten typisk ses på som deterministisk fremfor stokastisk, og forskjeller i pris mellom forwards og futures burde ikke forekomme i et effisient priset marked (Wimschulte, 2010). Wimschulte bemerker at forskjeller i priser for eksempel kan være resultat av ulik likviditet blant kontraktene som sammenlignes, men konkluderer med at markedet er effisient. Dette står da i kontrast til Kristiansen (2007), selv om undersøkelsene ikke er helt analoge. Siden Wimschultes studier omfatter data som i hovedsak er nyere enn Kristiansens, kan man heller ikke utelukke at det faktisk har skjedd en utvikling i markedet mot økt effisient prising.

### **3.3 Empiri som omhandler prising av derivater**

Det er vanlig å omtale futures og forwardkontrakter som ensbetydende når man snakker om prising av disse derivatene. Likheten mellom dem er at begge har kontantstrømmer i leveringsperioden, mens forskjellen er at kun futures blir ”marked to market” i handleperioden. Dersom risikofri rente er stokastisk vil dette da kunne gi forskjellig nåverdi på kontraktene, men dersom den er konstant vil de ha lik pris (Cox et al., 1981). Med en deterministisk rente kan dette forholdet bevises (Hull, 2009). For enkelhets skyld bruker vi futures som et samlebegrep på begge kontrakttypene videre i delkapittelet.

Ifølge Fama og French (1987) finnes det to syn på prising av råvarefutures: lagringskostnadsteorien og teorien om risikopremie. Lagringskostnadsteorien sier at, med ingen arbitrasje, skal futuresprisen skal være lik verdien av å kjøpe og holde råvaren pluss tapt renteinntekt og lagerkostnad, minus eierfordelen av å ha den på lager (ved for eksempel positivt etterspørselssjokk). Dersom man betrakter lagerkostnad og eierfordel som andeler av spotprisen gir dette følgende uttrykk:

$$F_{t,T} = S_t e^{(r_T + u_T - cy_T)}$$

der:

$F_{t,T}$  er futuresprisen på tidspunkt  $t$  med levering på tidspunkt  $t + T$

$S_t$  er spotprisen på tidspunkt  $t$

$r_T$  er periodens risikofrie rente

$u_T$  er periodens lagerkostnad

$cy_T$  er periodens eierfordel (convenience yield)

Hvis netto eierfordel, definert som eierfordel minus lagerkostnad og risikofri rente,  $cy_T - u_T - r_T$ , er positiv, vil vi følgende ha at spotprisen er høyere enn futuresprisen,  $S_t > F_{t,T}$ , og vice versa.

Teorien om risikopremie teoretiserer over sammenhengen mellom futuresprisen og den forventede framtidige spotprisen. Den kan fremstilles i følgende uttrykk:

$$F_{t,T} = E[S_{t+T}] e^{(r_T - k_T)} = E[S_{t+T}] e^{(-rp_T)}$$

der:

$k_T$  er råvarens risikojusterte avkastningskrav

$rp_T$  er råvarens risikopremie

Hvis risikopremien er positiv,  $rp_T > 0$ , vil vi få sammenhengen  $E[S_{t+T}] > F_{t,T}$  og omvendt. Futures- og forventet spotpris er dermed kun sammenfallende med en risikopremie lik null. Ifølge Botterud et al. (2010) kan man forstå risikopremien ved å tenke på futureskontrakten som et finansielt aktiva: dersom avkastningen til underliggende for kontrakten er positivt korrelert med det generelle aksjemarkedet vil det medføre systematisk risiko å holde kontrakten. Risikopremien må således være positiv.

Det har blitt foretatt flest studier med fokus på teorien om risikopremie på ulike elektrisitetsmarkeder. Siden elektrisitet er en råvare som ikke kan lagres (litt forenklet sett produseres og forbrukes den samtidig), argumenterer flere forskere for at arbitrasjebetingelsene til lagringskostnadsteorien faller bort. Man kan ikke kjøpe elektrisitet i spotmarkedet og holde

den på samme måte som med andre råvarer slik som olje, mais eller kaffe. Bessembinder og Lemmon (2002) og Longstaff og Wang (2004) finner positive resultater for at risikopremie kan brukes for å prise futureskontrakter i det amerikanske kraftmarkedet, mens Lucia og Schwartz (2002) viser til varierende funn for det nordiske kraftmarkedet.

Gjolberg og Johnsen (2001) og Botterud et al. (2010) foreslår imidlertid at siden det nordiske kraftmarkedet er dominert av vannkraft, vil produsentene kunne ha mulighet til å lagre potensiell elektrisitet i form av vann i magasinene. Dette gir dermed rom for likevel å se på futurespriser i lys av lagringskostnadsteorien, der eierfordel er knyttet til mengden lagret vann i sammenheng med tilgjengelighet. Lagerkostnader kan ses på som den økonomiske kostnaden av uutnyttet elektrisitet fra vanntilførselen når magasinene er fulle. Botterud et al. (2003) nevner at produsentene i markedet har en fordel overfor konsumentene, fordi de kan omstille tilbudet av elektrisitet raskere enn forbrukerne kan justere etterspørselen. Følgelig vil det være flere risikoaverse konsumenter enn produsenter i markedet. Botterud et al. (2010) konkluderer med begrenset forklaringskraft for både lagringskostnadsteorien og teorien om risikopremie, men peker på at markedet fortsatt er ungt og at det trengs mer forskning på emnet. I denne oppgaven tas det derfor utgangspunkt i lagerkostnadsteorien.

### **3.3.1 Contango og backwardation**

Når en futureskontrakt nærmer seg leveringsdato vil prisen konvergere med den underliggende spotprisen. Dette er basert på et ingen-arbitrasje-prinsipp siden man ellers kunne oppnådd risikofri fortjeneste ved å ta posisjoner i spot og futures på kontraktens siste handledag. Dersom futuresprisen ligger over forventet spotpris i starten av handleperioden, må prisen reduseres mer enn spotprisen i løpet av kontraktens levetid til de konvergerer. Denne markedstilstanden kalles contango. I tilfellene der futuresprisen ligger under forventet spotpris, har vi den motsatte dynamikken; futuresprisen må øke mer enn spotprisen frem til levering, og vi har en markedstilstand som kalles normal backwardation eller kun backwardation. For aktører med long-posisjoner i futureskontraktene er i utgangspunktet backwardation ønskelig, mens kortere kan tjene på kontrakter som befinner seg i contango. Det er imidlertid ikke sikkert at futuresprisene reduseres i contango eller øker i backwardation, siden det kun er dynamikken mellom futures og spot som gjelder. I contango kan for eksempel en futurespris som er høyere enn spotprisen fortsatt øke, så lenge den øker mindre enn spotprisen og de konvergerer siste handledag. Det motsatte gjelder følgelig for backwardation.

John Maynard Keynes (1930) og John Hicks (1939) var økonomene som utarbeidet teorien om contango og backwardation i to separate arbeider på 30-tallet. De argumenterer for at futuresprisen vil ligge over forventet spotpris, som betyr at futuresmarkedet er i contango, når hedgere har long-posisjoner og spekulanter har short-posisjoner i futures. Hvis hedgere derimot har short-posisjoner og spekulanter har long-posisjoner, vil futuresprisen ligge under forventet spotpris og vi har et futuresmarked i backwardation. De grunnla dette med at spekulantene krever kompensasjon for risikoen de tar på seg, mens hedgere kan akseptere tap for å kvitte seg med risiko (Hull, 2009).

For å måle om et futuresmarked har vært i contango eller backwardation kan det undersøkes om basisen har vært positiv eller negativ i den aktuelle tidsperioden. Basis blir definert både som  $F_{t,T} - S_t$  (Fama og French, 1987) og som  $S_t - F_{t,T}$  (Botterud et al., 2010) avhengig av formålet. For enkelhets skyld velger vi uttrykket som er brukt tidligere på det nordiske kraftmarkedet, som også gjør at vi kan omtale basis og eierfordel med likt fortegn. Dette gir oss uttrykkene  $S_t - F_{t,T}$  for basis og  $\frac{S_t - F_{t,T}}{F_{t,T}}$  for relativ basis. Fra lagringskostnadsteorien kan følgende forhold utledes:

$$F_{t,T} = S_t e^{(r_T + u_T - cy_T)}$$

$$S_t = F_{t,T} e^{(cy_T - u_T - r_T)}$$

$$S_t - F_{t,T} = F_{t,T} (e^{(cy_T - u_T - r_T)} - 1)$$

$$\frac{S_t - F_{t,T}}{F_{t,T}} = e^{(cy_T - u_T - r_T)} - 1$$

Vi bruker videre tilnærmingen for små renter:

$$\frac{S_t - F_{t,T}}{F_{t,T}} \approx \ln\left(\frac{S_t}{F_{t,T}}\right)$$

Og får da en tilnærmet relativ basis direkte fra det andre uttrykket:

$$\ln\left(\frac{S_t}{F_{t,T}}\right) = cy_T - u_T - r_T$$

Netto eierfordel,  $cy_T - u_T - r_T$ , er dermed lik relativ basis og er positiv når spotprisen er høyere enn futuresprisen. Vi omtaler heretter basisen som netto eierfordel, eller bare eierfordel. Dersom eierfordelen har vært signifikant positiv (negativ) i en periode, kan futuresmarkedet betegnes som å ha vært i backwardation (contango) (Botterud et al., 2010). Et futuresmarked har en terminstruktur som betyr at flere kontrakter med ulik leveringsperiode kan handles på samme tidspunkt. En ren contango (backwardation) betyr da at hele terminstrukturen følger en reduksjon (økning) i pris for kontraktene som har kortere tid igjen til forfall. Følgelig kan man observere flere ulike sammensetninger av markedstilstandene: futuresmarkedet kan for eksempel være i contango for kontraktene nærmest forfall, mens det samtidig er i backwardation for kontraktene med lengst tid igjen til levering. Dette kan normalt oppstå når futuresmarkedet skifter mellom de to rene tilstandene.

## 4 Forskningsmetode

### 4.1 Modell for test av effisient prising

Vi følger samme metode som Kristiansen (2007) bruker i sin artikkel, basert på tilnærmingen til Stensland og Bjerksund (2004).

Standarden i markedet er å oppgi futurespriser i EUR/MWh. Antall MWh bestemmes av timeantallet, som er avhengig av hvilken leveringsperiode kontrakten går over, og energi per time (effekt). Timeantallet i en månedskontrakt varierer for eksempel mellom 672-745, avhengig av antall dager i måneden, skuddår og sommertid. En kvartalskontrakt inneholder følgelig rundt 2200 timer og en årskontrakt i underkant av 8800 timer. Investorene bestemmer selv størrelsen på kontraktene, men minste aksepterte energi per time er 1 MWh. For en januarkontrakt på 744 t, en eksempelvis pris på 25 EUR/MWh og en effekt på 10 MW, fås da en totalverdi på € 186 000. Siden de forskjellige kontraktstypene varierer både i timeantall og effekt, er det mest effektivt å bruke EUR/MWh både i omtale og utregninger. Alle kontrakter i analysen antas for enkelhets skyld å innebære minsteeffekten på 1MW.

Betrakt fire futureskontrakter med ulike leveringsperioder:

1. En kontrakt med levering i periode  $i = 1$  og pris ved tidspunkt 0 på  $f_{0,1}$
2. En kontrakt med levering i periode  $i = 2$  og pris ved tidspunkt 0 på  $f_{0,2}$
3. En kontrakt med levering i periode  $i = 3$  og pris ved tidspunkt 0 på  $f_{0,3}$
4. En kontrakt med levering i periode  $P$  og pris ved tidspunkt 0 på  $f_{0,P}$

der de etterfølgende periodene 1, 2 og 3 utgjør det samme tidsrommet som periode  $P$ , det vil si at  $P = \sum i$ . Alle kontraktspriser er oppgitt i EUR/MWh. For å finne den absolutte verdien av kontraktene på tidspunkt 0,  $F_{0,i}$ , må derfor antall timer i hver periode,  $\Delta_i$ , multipliseres inn. Av dette kommer følgende uttrykk:

$$1. F_{0,1} = \Delta_1 f_{0,1}$$

$$3. F_{0,3} = \Delta_3 f_{0,3}$$

$$2. F_{0,2} = \Delta_2 f_{0,2}$$

$$4. F_{0,P} = \Delta_P f_{0,P}$$

En portefølje bestående av kontrakt 1, 2 og 3 vil dekke samme leveringsperiode, timeantall og effekt som kontrakt 4. Dette betyr at kontrakt 4 og denne porteføljekontrakten er utsatt for de samme svingninger i den underliggende spotprisen gjennom hele leveringsperioden. I et friksjonsfritt marked med ingen arbitrasje må nåverdien til kontraktene dermed konvergere. Dersom man ser bort ifra risikofri rente, får vi følgende approksimasjon:

$$\Delta_P f_{0,P} = \Delta_1 f_{0,1} + \Delta_2 f_{0,2} + \Delta_3 f_{0,3}$$

For små rentesatser kan denne tilnærmingen brukes (Kristiansen, 2007). Lucia og Schwartz (2002) viser til at de fikk neglisjerbare forskjeller da de utførte tester både med og uten risikofri rente. På grunn av tidshensyn brukes derfor denne modellen. Siden det er ønskelig å operere med EUR/MWh, kan kontrakt 4-prisen videre settes lik det tidsvektede gjennomsnittet av delkontraktene i porteføljen:

$$f_{0,P} = \frac{\Delta_1 f_{0,1} + \Delta_2 f_{0,2} + \Delta_3 f_{0,3}}{\Delta_P}$$

Et praktisk eksempel, med en kontrakt for kvartal 2 (Q2) og en portefølje bestående av april (M4), mai (M5) og juni (M6), vil se slik ut:

$$f_{0,Q2} = \frac{720h * f_{0,M4} + 744h * f_{0,M5} + 720h * f_{0,M6}}{2184h}$$

Nullhypotesen i undersøkelsen er at futuresmarkedet er effisient priset. Med det menes at differansen mellom prisene til periodekontrakten og den tilhørende porteføljekontrakten er lik null. For å teste dette, brukes daglige prisobservasjoner fra tidsvinduet der alle derivatene kan handles samtidig. Prisene til kontraktene i porteføljen vektet som vist over og trekkes fra prisen til periodekontrakten for å finne den daglige differansen,  $D_j$ . For sammenligningen mellom års- og kvartalskontrakter vil dette se ut som følger:

$$D_j^Y = f_{j,Y} - \sum_{Q=Q_1}^{Q_4} \frac{\Delta_Q}{\Delta_Y} f_{j,Q}$$



der  $Y$  og  $Q$  er leveringsperiodene;  $Y$  er det aktuelle året og  $Q$  representerer kvartalene nummerert fra Q1 til Q4. Hver handledag benevnes  $j$  og  $\Delta_i$  gjengir timeantallet i leveringsperioden  $Y$  eller  $Q$ . For kvartals- og månedskontrakter brukes uttrykkene:

$$D_j^{Q1} = f_{j,Q1} - \sum_{M=M1}^{M3} \frac{\Delta_M}{\Delta_{Q1}} f_{j,M} \qquad D_j^{Q2} = f_{j,Q2} - \sum_{M=M4}^{M6} \frac{\Delta_M}{\Delta_{Q2}} f_{j,M}$$

$$D_j^{Q3} = f_{j,Q3} - \sum_{M=M7}^{M9} \frac{\Delta_M}{\Delta_{Q3}} f_{j,M} \qquad D_j^{Q4} = f_{j,Q4} - \sum_{M=M10}^{M12} \frac{\Delta_M}{\Delta_{Q4}} f_{j,M}$$

der  $Q$  er det aktuelle kvartalet og  $M$  de tilhørende månedene nummerert fra M1 til M12. Kvartalet  $Q = Q1$  sammenlignes med de tilhørende månedskontraktene  $M = M1, M2$  og  $M3$ .  $Q = Q2$  sammenlignes med  $M = M4, M5$  og  $M6$  osv.

Det beregnes daglig differanse i handleperioden og foretas deretter t-tester på den gjennomsnittlige prisdifferansen,  $\bar{D}$ , mellom periode- og porteføljekontraktene. Formelt tester vi da hypotesene:

$$H_0: \bar{D} = 0 \qquad H_1: \bar{D} \neq 0$$

der:

$$\bar{D} = \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J D_j$$

## 4.2 Handlestrategier

Først undersøkes det om det er mulig å oppnå arbitrasjeprofit i praksis med en direkte implementering av testene fra forrige del. I tillegg testes to enkle risikable strategier for statistisk arbitrasje basert på observasjoner av markedstilstandene. Disse to handlestrategiene utføres kun på månedskontrakter for å maksimere antall handleobservasjoner.

### 4.2.1 Strategi 1: Arbitrasje

Med denne strategien implementeres testene av effisient prising i praksis for å avdekke om det finnes arbitrasjemuligheter. Måten dette utføres på er å ta utgangspunkt i bid- og ask-priser for derivatene og observere den daglige prisdifferansen på samme måte som i testene. Ask-prisen er investors kjøpspris og bid-pris er salgsprisen, derfor vil en eventuell arbitrasjeprofit kun oppstå i tilfeller der bid-prisen er høyere enn ask-prisen. Dette innebærer at både kjøp av periodekontrakt/salg av porteføljekontrakt og kjøp av porteføljekontrakt/salg av periodekontrakt må undersøkes. I tillegg til ask-/bid-spreaden oppstår det transaksjonskostnader ved hver handel som må trekkes fra før mulig handelssignal gis. Kostnadene består av variabel handelsavgift («trading fee») og variabel klareringsavgift («clearing fee») og er oppgitt i EUR/MWh. De hentes fra Nasdaq og tilføres direkte til den enkelte kontrakt ved at de legges på kjøpsprisen og trekkes fra salgsprisen.

Er differansen fortsatt positiv, tas de posisjonene som generer arbitrasje og posisjonene holdes til levering. Kontantstrømmen til en finansiell futureskontrakt blir påvirket av underliggende spotpris på forskjellig vis avhengig av hvilken posisjon man har i kontrakten. Dersom gjennomsnittlig spotpris i leveringsperioden er høyere enn futuresprisen, tjener man differansen med long-posisjon og taper differansen med short-posisjon. For kjøp og salg av kontrakter med lik leveringsperiode, innebærer dette at spotprisen blir irrelevant for kontantstrømmen; det er kun prisforskjellen mellom kontraktene som bestemmer gevinst eller tap. Dette kan vises med følgende utledning, der også transaksjonskostnader er medregnet, for kjøp av årskontrakt og salg av portefølje med kvartalskontrakter:

La  $k$  og  $\bar{S}$ , begge oppgitt i EUR/MWh, være henholdsvis transaksjonskostnadene og gjennomsnittlig spotpris i leveringsperiodene  $Q$  og  $Y$ . Futureskontraktens kontantstrøm over hele perioden,  $CF_Y$ , blir da:

Long-posisjon årskontrakt:

$$CF_Y = \Delta_Y (\bar{S}_Y - f_{0,Y}^{ask} - k)$$

Short-posisjon porteføljekontrakt:

$$CF_Y = \sum_{Q=Q_1}^{Q_4} \Delta_Q (f_{0,Q}^{bid} - k - \bar{S}_Q)$$

Total kontantstrøm:

$$CF_Y = \Delta_Y(\bar{S}_Y - f_{0,Y}^{ask} - k) + \sum_{Q=Q_1}^{Q_4} \Delta_Q(f_{0,Q}^{bid} - k - \bar{S}_Q)$$

$$CF_Y = \Delta_Y\bar{S}_Y - \Delta_Y f_{0,Y}^{ask} - \Delta_Y k + \sum_{Q=Q_1}^{Q_4} \Delta_Q f_{0,Q}^{bid} - \Delta_Y k - \Delta_Y\bar{S}_Y$$

$$CF_Y = \sum_{Q=Q_1}^{Q_4} \Delta_Q f_{0,Q}^{bid} - \Delta_Y f_{0,Y}^{ask} - \Delta_Y 2k$$

Legg her merke til at siden det i prinsippet er to handler for hele perioden, ett kjøp og ett salg, dobles transaksjonskostnaden. Utledningen kan videre omformuleres til kontantstrøm per energienhet, definert som den observerte differansen,  $D$ , på standardformen EUR/MWh:

$$\frac{CF_Y}{\Delta_Y} \equiv D = \sum_{Q=Q_1}^{Q_4} \frac{\Delta_Q}{\Delta_Y} f_{0,Q}^{bid} - f_{0,Y}^{ask} - 2k$$

og for daglige observasjoner:

$$D_j = \sum_{Q=Q_1}^{Q_4} \frac{\Delta_Q}{\Delta_Y} f_{j,Q}^{bid} - f_{j,Y}^{ask} - 2k$$

Benevn så hver hele leveringsperiode for  $P$  og hver delperiode som til sammen utgjør  $P$ , for  $i$ . Uttrykket kan da generaliseres som følger:

$$D_j = \sum_{i=1}^I \frac{\Delta_i}{\Delta_P} f_{j,i}^{bid} - f_{j,P}^{ask} - 2k \qquad D_j = f_{j,P}^{bid} - \sum_{i=1}^I \frac{\Delta_i}{\Delta_P} f_{j,i}^{ask} - 2k$$

Siden denne strategien vil være lik uavhengig av hvordan markedet utvikler seg, undersøkes hele utvalgsperioden samtidig. Handlesignalene for strategien blir da:

Handel dersom:  $D_j > 0$

Ingen handel dersom:  $D_j < 0$

der  $D_j$  er prisdifferansen i EUR/MWh på handledag  $j$  mellom periodekontrakt og tilhørende porteføljekontrakt beregnet av uttrykkene over.

#### 4.2.2 Strategi 2: Contango roll over

Roll over betyr at man holder en posisjon i en kontrakt, kansellerer den på slutten av handleperioden i stedet for å la den gå til levering, og tar ny posisjon i påfølgende periodekontrakt. Dersom man har long-posisjon i en månedskontrakt som nærmer seg levering og skal kansellere posisjonen, må man selge kontrakten til markedsprisen den aktuelle dagen. Investor er dermed utsatt for basisrisikoen ved kanselleringstidspunktet; man taper differansen dersom prisen har økt. Årene 2004-2010 benyttes som in sample-periode. Siden den relative basisen til månedskontrakter har vært signifikant negativ i dette tidsrommet, som vi kommer nærmere inn på i kapittel 5, testes en short-posisjons roll over-strategi basert på at futuresmarkedet forventes å være flest dager i contango. Dette innebærer å short-selge månedskontrakter en måned før levering og kjøpe de tilbake siste handledag. Deretter rulles short-posisjonen over til påfølgende månedskontrakt. For eksempel short-selges februar kontrakten første handledag i januar, kjøpes tilbake siste handledag i januar, deretter short-selges marskontrakten første handledag i februar, kjøpes tilbake siste handledag i februar osv.

Denne metodikken testes for seks ulike terminserier av månedskontrakter, TRC1-TRC6, der TRC1 består av løpende kontrakter med en måned til forfall, TRC2 av kontrakter med to måneder til forfall osv. Det beregnes avkastning for hver månedlige handel ved å ta den naturlige logaritmen til futuresprisen på månedens første dag (salg) delt på prisen månedens siste dag (kjøp).

$$r_M = \ln \left( \frac{f_{\text{første dag},M}}{f_{\text{siste dag},M}} \right)$$

Etter å ha rangert resultatene for de forskjellige terminseriene med Sharpe ratio, testes den beste strategien videre i out of sample-perioden fra 2011 til januar 2016.

### 4.2.3 Strategi 3: Contango offset

Som en videreføring av forrige strategi undersøkes det om det lønner seg å ta short-posisjon i månedskontrakter tidligere i handleperioden, og på samme måte kansellere posisjonen med en long-posisjon siste handledag. In sample-perioden består av månedskontrakter med levering fra januar 2006 til desember 2010. Her beregnes logaritmisk avkastning på tvers av kontraktene for posisjoner tatt hver dag i perioden fra 85 handledager før levering til nest siste dag. Avkastningen dag  $j$  før forfall, der  $j \in [1,85]$  for måned  $M$  kan uttrykkes som følger:

$$r_{j,M} = \ln\left(\frac{f_{j,M}}{f_{siste\ dag,M}}\right)$$

Dette blir utført på hver kontrakt og gjennomsnittsavkastning blir beregnet for hver dagsstrategi. Strategiene rangeres ved Sharpe ratio og den best presterende strategien testes deretter out of sample. Denne perioden består av månedskontrakter med levering fra januar 2011 til april 2016.



## **5 Utvalg og data**

### **5.1 Innhenting og sortering av data**

Data vi har brukt i denne analysen er basert på daglige priser på månedlige, kvartalsvise og årlige futureskontrakter: sluttpriser i perioden 03.01.2003 til 31.03.16 og ask- og bid-priser i perioden 02.01.2004 til 26.04.2016. I tillegg har vi brukt sluttpriser til terminseriene for månedskontrakter med henholdsvis én til seks måneder igjen til levering, for perioden 05.01.2004 til 12.02.2016. Periodene er litt ulike på grunn av forskjellig tilgjengelighet i dataene og tidspunkt for uthenting. Utvalgsperioden begrunnes med at vi vil utføre analysen på hele tidsrommet der kvartalskontraktene har vært tilbudt i markedet. Vi har benyttet Thompson Reuters Datastream for å hente ut det meste, men der Datastream har manglet data på enkelte kontrakter har vi benyttet serverne til Montel AS. Helge- og helligdager, pluss andre duplikatdager i datasettene har blitt fjernet. Alle priser er oppgitt i EUR/MWh.

### **5.2 Deskriptiv analyse av utvalg**

I den deskriptive statistikken for utvalget har vi sett på relative prisendringer i form av logaritmiske avkastninger. Data er delt opp i kontrakter med leveringsperiode på henholdsvis én måned, ett kvartal og ett år. Avslutningsvis vises oversikten for TRC-seriene vi har benyttet i en av handlestrategiene, som består av løpende månedlige kontrakter med fra henholdsvis én til seks måneder igjen av handleperioden før forfall (TRC1-TRC6).

#### **5.2.1 Månedskontrakter**

Logaritmiske avkastninger ble beregnet av daglige priser i månedskontraktene og sortert etter leveringsmåned. Vi valgte å gjøre dette for å avdekke eventuelle sesongvariasjoner gjennom året. Deskriptiv statistikk presenteres i Tabell 5.1.

**Tabell 5.1****Deskriptiv statistikk for månedlige futureskontrakter**

Tabellen viser antall avkastningsobservasjoner, aritmetiske gjennomsnitt (Avk), min- og maksverdier, standardavvik (SD), annualisert volatilitet (Vol), skjevhet, eksess kurtose og Jarque-Bera-verdier for logaritmiske daglige avkastninger i perioden 01.09.2005 til 31.03.2016. Månedene januar - desember refererer til leveringsmåneden til kontraktene. Totalverdiene er beregnet som gjennomsnitt, bortsett fra antall og min- og maksverdier.

Levering	Antall	Avk	Min	Maks	SD	Vol	Skjevhet	Kurtose	JB
Januar	1356	-0,0011	-0,1181	0,2151	0,0213	0,3375	0,65	10,50	6325,54
Februar	1369	-0,0012	-0,1371	0,1222	0,0247	0,3921	-0,11	3,57	730,12
Mars	1372	-0,0015	-0,1094	0,1057	0,0255	0,4049	0,03	1,95	217,55
April	1371	-0,0012	-0,1202	0,0701	0,0321	0,5099	0,09	-0,49	15,59
Mai	1215	-0,0014	-0,1174	0,1274	0,0266	0,4216	-0,15	2,52	325,34
Juni	1204	-0,0012	-0,1455	0,1404	0,0264	0,4191	0,03	3,38	572,89
Juli	1215	-0,0007	-0,2455	0,1535	0,0297	0,4713	-0,22	6,33	2039,30
August	1220	-0,0013	-0,1671	0,1320	0,0266	0,4229	-0,17	3,73	714,25
September	1239	0,0001	-0,1219	0,1373	0,0244	0,3872	0,38	4,40	1030,43
Oktober	1236	-0,0006	-0,1560	0,1080	0,0239	0,3802	-0,51	5,91	1854,32
November	1271	-0,0002	-0,1597	0,0980	0,0214	0,3394	-0,29	3,91	827,78
Desember	1290	-0,0010	-0,1571	0,1254	0,0206	0,3270	-0,26	5,65	1727,73
<b>Totalt</b>	<b>15358</b>	<b>-0,0009</b>	<b>-0,2455</b>	<b>0,2151</b>	<b>0,0253</b>	<b>0,4011</b>	<b>-0,05</b>	<b>4,28</b>	<b>1365,07</b>

Den daglige gjennomsnittsavkastningen har vært negativ for alle kontraktene, bortsett fra de med levering i september. Min- og maksverdiene har vært jevnt over høye, som vi ser igjen i daglig standardavvik og volatilitet; totalt gjennomsnittlig standardavvik er 28 ganger større enn absoluttverdien til total gjennomsnittsavkastning. Skjevheten er varierende positiv eller negativ uten noe tilsynelatende mønster, mens kurtosen er positiv for alle unntatt kontraktene med levering i april. Jarque-Bera-statistikken viser at antakelsen om normalfordelte avkastninger kan forkastes for hele utvalget på 1 %-nivå. Forventningen om log-normalfordeling for finansielle avkastninger stemmer altså ikke for de månedlige futureskontraktene i utvalgsperioden. Det er vanskelig å oppdage noen spesielle sesongvariasjoner gjennom året basert på de presenterte dataene.

**5.2.2 Kvartalskontrakter**

For kvartalskontraktene ble avkastninger beregnet og sortert på samme måte og med samme hensikt som for månedskontraktene. Deskriptiv statistikk presenteres i Tabell 5.2.



**Tabell 5.2****Deskriptiv statistikk for kvartalsvise futureskontrakter**

Tabellen viser antall avkastningsobservasjoner, aritmetiske gjennomsnitt (Avk), min- og maksverdier, standardavvik (SD), annualisert volatilitet (Vol), skjevhet, eksess kurtose og Jarque-Bera-verdier for logaritmiske daglige avkastninger i perioden 05.01.2004 til 24.02.2016. Kvartalene Q1 - Q2 refererer til leveringskvartalene til kontraktene. Totalverdiene er beregnet som gjennomsnitt, bortsett fra antall og min- og maksverdier.

Levering	Antall	Avk	Min	Maks	SD	Vol	Skjevhet	Kurtose	JB
Q1	5814	-0,0002	-0,1520	0,1335	0,0149	0,2358	-0,40	8,13	16175,13
Q2	6507	-0,0002	-0,1306	0,1229	0,0177	0,2803	-0,32	5,37	7943,93
Q3	7107	-0,0002	-0,1423	0,1273	0,0175	0,2780	-0,22	5,66	9542,02
Q4	7762	-0,0001	-0,1565	0,1021	0,0145	0,2295	-0,42	6,91	15692,30
Totalt	27190	-0,0002	-0,1565	0,1335	0,0161	0,2559	-0,34	6,52	12338,35

Gjennomsnittsavkastningene er negative for alle kvartalene, men ikke like negative som for månedskontraktene. Ekstremverdiene er imidlertid større, og dette gjenspeiles i volatiliteten. Totalt gjennomsnittlig standardavvik er over 80 ganger større enn den totale gjennomsnittlige avkastningen i absoluttverdi. Alle kvartalene har negativ skjevhet og høy kurtose som i tur gir høye Jarque-Bera-verdier. Log-normalfordeling forkastes også for avkastningene til kvartalskontraktene. Sesongvariasjoner mellom kvartalene i året er heller ikke her lett å oppdage.

**5.2.3 Årskontrakter**

Samme prosedyre for beregning og sortering av avkastninger er lagt til grunn for årskontraktene. Deskriptiv statistikk presenteres i Tabell 5.3.

**Tabell 5.3**  
**Deskriptiv statistikk for årlige futureskontrakter**

Tabellen viser antall avkastningsobservasjoner, aritmetiske gjennomsnitt (Avk), min- og maksverdier, standardavvik (SD), annualisert volatilitet (Vol), skjevhet, eksess kurtose og Jarque-Bera-verdier for logaritmiske daglige avkastninger i perioden 03.01.2003 til 24.02.2016. Årene 2006 - 2018 refererer til leveringsårene til kontraktene. Totalverdiene er beregnet som gjennomsnitt, bortsett fra antall og min- og maksverdier.

Levering	Antall	Avk	Min	Maks	SD	Vol	Skjevhet	Kurtose	JB
Y 2006	740	0,0006	-0,0867	0,0356	0,0101	0,1604	-0,99	9,53	2922,69
Y 2007	749	0,0004	-0,0963	0,0734	0,0139	0,2201	-1,16	9,61	3048,88
Y 2008	748	0,0008	-0,0666	0,0550	0,0115	0,1819	-0,55	4,67	716,71
Y 2009	749	0,0001	-0,0899	0,0673	0,0154	0,2448	-0,99	6,44	1414,84
Y 2010	886	-0,0001	-0,0897	0,0919	0,0166	0,2627	-0,21	5,30	1043,73
Y 2011	1137	0,0003	-0,0833	0,0774	0,0147	0,2332	-0,12	4,08	792,41
Y 2012	1252	-0,0001	-0,0724	0,0549	0,0122	0,1934	-0,30	3,79	767,75
Y 2013	1253	-0,0002	-0,0732	0,0575	0,0104	0,1649	-0,32	5,25	1461,41
Y 2014	1250	-0,0003	-0,0486	0,0529	0,0085	0,1352	0,39	5,15	1410,97
Y 2015	1251	-0,0003	-0,0320	0,0466	0,0068	0,1082	0,14	3,06	490,50
Y 2016	1250	-0,0008	-0,0553	0,0992	0,0078	0,1239	1,16	26,00	35497,55
Y 2017	1037	-0,0009	-0,0421	0,0447	0,0074	0,1174	-0,31	6,35	1758,26
Y 2018	786	-0,0011	-0,0424	0,0473	0,0080	0,1267	-0,21	6,20	1263,58
<b>Totalt</b>	<b>13088</b>	<b>-0,0001</b>	<b>-0,0963</b>	<b>0,0992</b>	<b>0,0110</b>	<b>0,1748</b>	<b>-0,27</b>	<b>7,34</b>	<b>4045,33</b>

For årskontraktene finner vi en større andel positive gjennomsnittsavkastninger, men de negative dominerer også her. Avkastningene er i totalsnitt mindre negative enn for kvartal- og månedskontraktene. Totalt gjennomsnittlig standardavvik har økt i forhold til absoluttverdien til den totale snittavkastningen; for årskontraktene er den hele 110 ganger større. Skjevheten er varierende, men negativ for alle år bortsett fra 2014, 2015 og 2016. Kurtosen er jevnt over høy, men ekstremt høy for 2016. Log-normalfordelte avkastninger forkastes igjen med høye Jarque-Bera-verdier. Det er interessant å legge merke til at volatiliteten ser ut til å ha blitt redusert i løpet av utvalgsperioden; fra å være relativt jevn frem til og med 2013, har den falt ganske betydelig i 2014 og deretter holdt seg jevn igjen. Dette kan være et mulig tegn på at årskontraktene har blitt mer likvide de siste årene, da illikvide derivater kan ha høyere volatilitet fordi færre aktører fører til at prisene ikke balanseres like fort.

#### 5.2.4 Terminserier

Vi presenterer funnene for terminstrukturen til månedskontraktene i Tabell 5.4.

**Tabell 5.4****Deskriptiv statistikk for terminfutureskontrakter**

Tabellen viser antall avkastningsobservasjoner, aritmetiske gjennomsnitt (Avk), min- og maksverdier, standardavvik (SD), annualisert volatilitet (Vol), skjevhet, eksess kurtose og Jarque-Bera-verdier for logaritmiske daglige avkastninger i perioden 03.01.2003 til 24.02.2016. Seriene TRC1 – TRC2 refererer til tid igjen til forfall for kontraktene, der TRC1 består av kontrakten som til enhver tid har én måned igjen til levering osv. Totalverdiene er beregnet som gjennomsnitt, bortsett fra antall og min- og maksverdier.

Serie	Antall	Avk	Min	Maks	SD	Vol	Skjevhet	Kurtose	JB
TRC1	3035	-0,0002	-0,3145	0,4133	0,0370	0,5867	1,39	17,54	39871,49
TRC2	3035	-0,0002	-0,3913	0,2742	0,0323	0,5129	0,20	17,29	37841,40
TRC3	3035	-0,0002	-0,1823	0,2662	0,0293	0,4656	0,60	11,83	17888,51
TRC4	3035	-0,0002	-0,3325	0,1854	0,0279	0,4428	-0,55	13,42	22939,47
TRC5	3035	-0,0002	-0,2167	0,2571	0,0268	0,4257	-0,16	10,99	15292,99
TRC6	3035	-0,0002	-0,1968	0,1453	0,0249	0,3950	-0,53	8,48	9229,19
Totalt	18210	-0,0002	-0,3913	0,4133	0,0297	0,4715	0,16	13,26	23843,84

For terminseriene har den daglige gjennomsnittsavkastningen vært lik for alle, mens volatiliteten reduseres for hver måned ekstra det er igjen til forfall. Det også verdt å merke at de tre terminseriene nærmest forfall har positiv skjevhet, mens de tre siste har negativ skjevhet. Kurtosen er positiv for alle, og øker jo nærmere man kommer forfall. Jarque-Bera-verdiene viser at antakelsen om log-normalfordelte avkastninger nok en gang må forkastes.

Oppsummert virker det vanskelig å avdekke eventuelle sesongvariasjoner basert på de daglige avkastningene til futureskontraktene. Det kan imidlertid se ut som at årskontraktene har blitt mer likvide de siste årene, basert på lavere volatilitet. Hvis vi sammenligner kontraktene på tvers av leveringsperioder, kan det virke som at den daglige volatiliteten reduseres jo lengre leveringsperiode vi har på kontraktene, noe som kan peke mot at de lengre kontraktene er mer likvide enn de korte. Det er imidlertid mer trolig at kontraktene med lang leveringsperiode og handletid er mindre korrelerte med spotprisen og derfor er mindre volatile av den grunn. Gjennomsnittlig avkastning blir samtidig mindre negativ jo lengre leveringsperiode, noe som kan være et tegn på at markedet gjennomsnittlig befinner seg i contango, og at effekten er sterkest for kontraktene med kort leveringsperiode. Dette utforskes imidlertid grundigere i neste delkapittel.

### 5.3 Basis, contango og backwardation

For å undersøke om futuresmarkedet har vært i contango eller backwardation, vil vi beregne basisen mellom spotprisen og henholdsvis hver terminseriene med økende tid igjen til forfall.

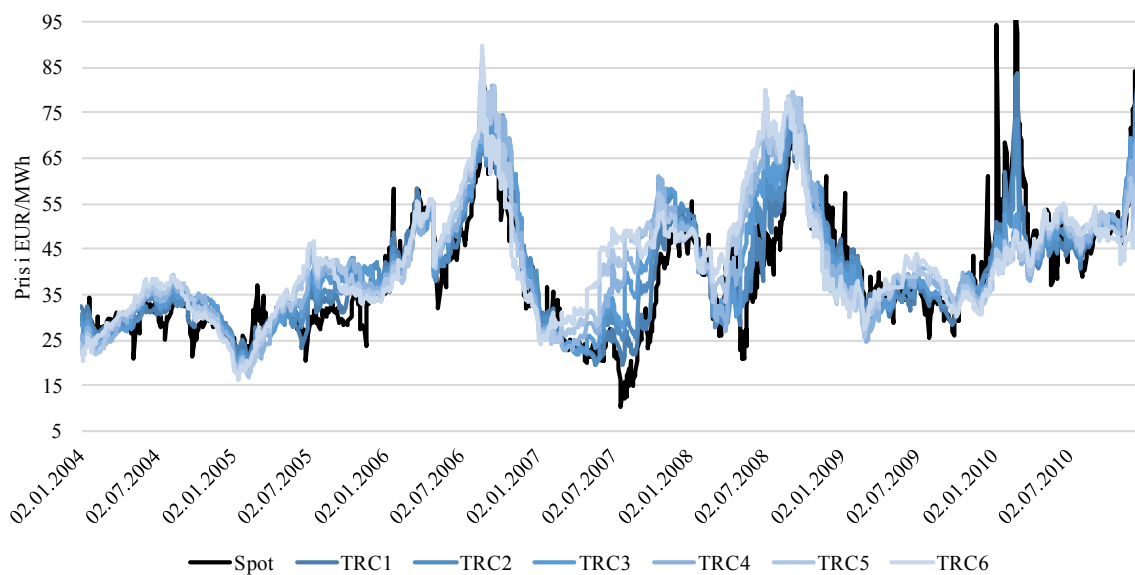
Vi bruker tilnæringsformelen for relativ basis som utledet i kapittel 3. Resultater for tidsperiodene 2004 - 2010 og 2011 - 2016 presenteres i Tabell 5.5.

**Tabell 5.5**  
**Oversikt over basis for terminstrukturen 2004-2010**

Tabellen viser antall daglige prisobservasjoner der relativ basis har vært enten positiv eller negativ i tidsrommet 02.01.2004 til 30.12.2010. Relativ basis er beregnet med formelen:  $Relativ\ basis = \ln\left(\frac{S_t}{F_{t,T}}\right)$ , der  $S_t$  er spotpris på tidspunkt  $t$  og  $F_{t,T}$  er pris på tidspunkt  $t$  for en månedlig futureskontrakt med  $T$  måneder til levering, der  $T \in [1,6]$ . \*\*\* indikerer signifikans på 1%-nivå.

Serie	Obs	Positiv basis		Negativ basis		t-verdi	p-verdi	Signifikans
		Antall	Andel	Antall	Andel			
TRC1	1753	750	0,43	1003	0,57	8,20	0,0000	***
TRC2	1753	682	0,39	1071	0,61	12,04	0,0000	***
TRC3	1753	640	0,37	1113	0,63	12,67	0,0000	***
TRC4	1753	640	0,37	1113	0,63	12,80	0,0000	***
TRC5	1753	667	0,38	1086	0,62	12,56	0,0000	***
TRC6	1753	726	0,41	1027	0,59	12,59	0,0000	***

Vi får resultater som tilsier at relativ basis har vært signifikant negativ for alle de seks terminseriene i perioden 2004 til 2010. Tolkningen av dette blir at markedet gjennomsnittlig sett har vært i contango. Det betyr imidlertid ikke at vi har hatt negativ basis for hele terminstrukturen på samme tid, og i tillegg vet vi ikke noe om forholdet mellom de forskjellige terminseriene. Dermed kan vi ikke på grunnlag av testene si om det har vært ren contango eller ren backwardation, men dette undersøker vi grafisk i Figur 5.1.



**Figur 5.1 Terminstruktur 2004-2010.** Forhold mellom de 6 månedlige terminkontraktene for perioden 02.01.2004 til 30.12.2010. Daglige priser i EUR/MWh på y-aksen.

Som vi ser har det vært store svingninger i prisene gjennom perioden. Et godt eksempel på ren contango finner vi i siste halvdel av 2007. Der observerer vi at kontraktene med lengst tid igjen til forfall har høyest pris og at den reduseres gradvis med tid til forfall frem til spotkurven som ligger lavest i tverrsnittet. Her observerer vi også den mulige utviklingen som vi nevnte i kapittel 3: alle terminprisene øker selv om markedet er i contango, men spotprisen øker mest slik at den likevel konvergerer med den første terminserien på siste handledag hver måned. Ren backwardation finner vi i starten av 2010, der spotprisen ligger høyest og prisene reduseres med økt tid til levering. Mønsteret er ikke fullstendig åpenbart, men det kan se ut som at perioder med contango siste halvdel av året blir avbrutt av perioder med backwardation fra årsskiftene og utover våren. Vi gransker funnene for perioden 2011 - 2016 i Tabell 5.6.

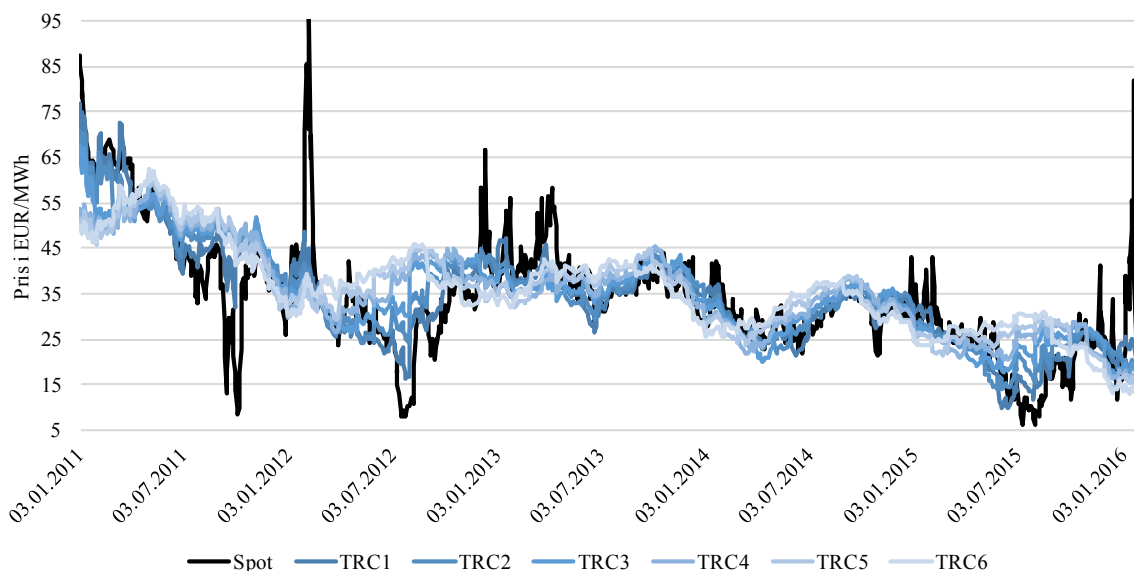
**Tabell 5.6**

**Oversikt over basis for terminstrukturen 2011-2016**

Tabellen viser antall daglige prisobservasjoner der relativ basis har vært enten positiv eller negativ i tidsrommet 03.01.2011 til 08.02.2016. Relativ basis er beregnet med formelen:  $Relativ\ basis = \ln\left(\frac{S_t}{F_{t,T}}\right)$ , der  $S_t$  er spotpris på tidspunkt  $t$  og  $F_{t,T}$  er pris på tidspunkt  $t$  for en månedlig futureskontrakt med  $T$  måneder til levering, der  $T \in [1,6]$ . \*\*\* indikerer signifikans på 1%-nivå.

Serie	N	Positiv basis		Negativ basis		t-verdi	p-verdi	Signifikans
		Antall	Andel	Antall	Andel			
TRC1	1279	666	0,52	613	0,48	1,91	0,0569	
TRC2	1279	602	0,47	677	0,53	5,12	0,0000	***
TRC3	1279	558	0,44	721	0,56	6,82	0,0000	***
TRC4	1279	551	0,43	728	0,57	7,21	0,0000	***
TRC5	1279	540	0,42	739	0,58	7,47	0,0000	***
TRC6	1279	554	0,43	725	0,57	7,37	0,0000	***

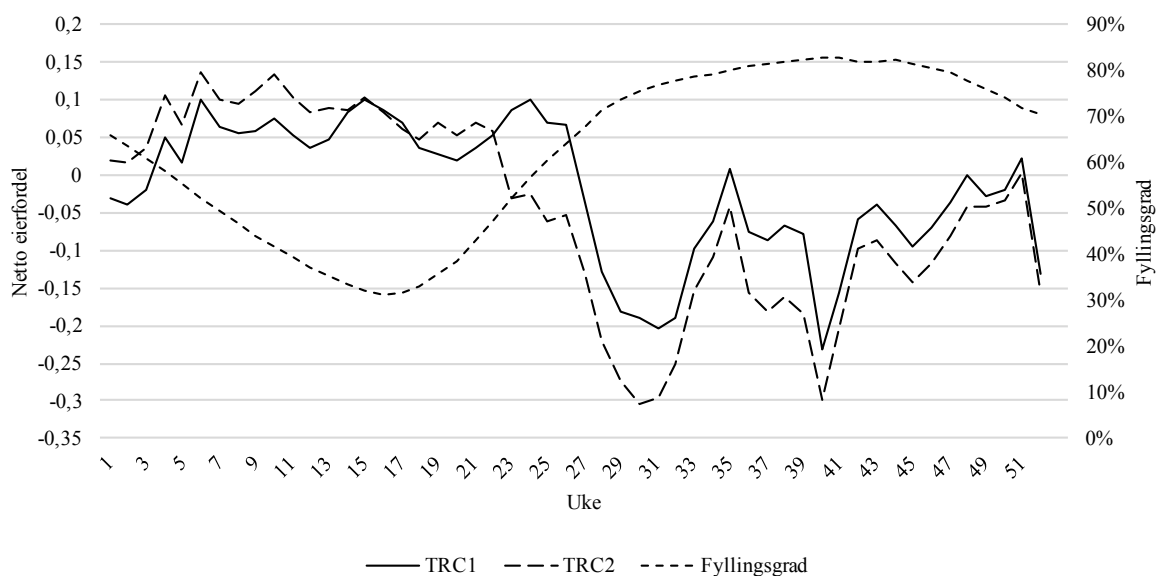
Vi finner stort sett de samme resultatene i denne perioden, men en viktig forskjell er at vi har hatt større andel positiv basis for den første terminserien. Dette tyder på flest dager i backwardation for kontraktene nærmest forfall, men resultatet er imidlertid ikke-signifikant. For resten av terminstrukturen finner vi fortsatt signifikante resultater på 1 %-nivå, men andelen negative observasjoner har blitt redusert for alle seriene. Vi undersøker videre dynamikken i terminstrukturen grafisk i Figur 5.2 under.



**Figur 5.2 Terminstruktur 2011-2016.** Forhold mellom de 6 månedlige terminkontraktene for perioden 03.01.2011 til 08.02.2016. Daglige priser i EUR/MWh på y-aksen.

Prissvingningene har vært mindre for futuresprisene, men spotprisen ser ut til å ha nesten like høy volatilitet som i forrige periode. Trenden har vært jevnt avtakende i motsetning til stigningen de foregående årene. Klare eksempler på contango ser vi rundt juli 2012 og juli 2015. Tilfellene med backwardation er ikke like klare, men vi ser antydninger i første halvdel av 2013 og 2015. Fortsatt virker det som markedet er i contango siste halvdel av året og i backwardation først i året, men det kan se ut som forskjellene innad i terminstrukturen har blitt redusert. Både de signifikante resultatene for negativ basis, fortolket som et marked i contango, og antydninger til sesongmønster underbygger funnene til Botterud et al. (2010).

Som nevnt i kapittel 3 er basisen og netto eierfordel positiv når markedet er i backwardation. Produsentene vil ifølge lagerkostnadsteorien ha positiv netto eierfordel i starten av året når fyllingsgraden reduseres og risikoen for tomme magasin gir produsentene en fordel av å ha kraft «på lager». Fra våren og utover til høsten fylles vannmagasinene opp, og produsentene er utsatt for risiko ved at overskuddsvann fører til uutnyttet kapasitet. Dette kan derfor gi en negativ eierfordel (Botterud et al., 2010). I Figur 5.3 undersøkes sammenhengen mellom fyllingsgrad og netto eierfordel.



**Figur 5.3. Netto eierfordel TRC1 og TRC2 og fyllingsgrad.** Figuren viser ukentlig netto eierfordel, beregnet som  $\ln \frac{S_t}{F_{t,T}}$ , for de to første terminseriene, TRC1 og TRC2 i et normalår beregnet av ukentlige gjennomsnitt for årene 2004-2015. Priser i EUR/MWh.

Av Figur 5.3 ser vi at i et normalår er netto eierfordel for den første terminserien positiv nesten hele første halvår, mens den reduseres drastisk og holder seg negativ fra midt på året. Den andre terminserien følger samme mønster, men får det negative skiftet en måned før. Med et slikt forutsigbart skift kan det være grunnlag for å benytte en «calendar spread»-strategi, der man tar posisjoner i de to terminseriene avhengig av om de forventes å stige eller falle. Vi observerer videre at de negative verdiene siste halvår er større enn de positive første halvår. Fyllingsgraden følger et forutsigbart mønster som er avhengig av tilsig av vann og produksjonsvolum. Graden har sitt bunnivå tidlig på våren før snøen smelter, og toppunkt sent på høsten. I følge resonnementet skulle da markedet typisk være i backwardation første halvår og i contango siste halvår. Dette sammenfaller med funnene til Botterud et al. (2010).



## **6 Resultater, empiri, diskusjon**

I dette kapittelet presenterer vi resultatene fra prisingstestene og handlestrategiene våre. Først tar vi for oss problemstilling 1 der vi undersøker om prisingen av futureskontrakter er effisient ved å sammenligne priser for kontrakter med ulik leveringsperiode, men med lik kontantstrøm. Problemstilling 2 omhandler tre handlestrategier: Strategi 1 undersøker arbitrasjemuligheter ved implementering av modellen fra prisingstestene, mens Strategi 2 og 3 er basert på betraktninger om markedstilstandene.

### **6.1 Problemstilling 1**

*Er futureskontraktene i det nordiske kraftmarkedet effisient priset?*

#### **6.1.1 Forventede resultater**

Vi forventer å finne antydninger til ineffisient prising i starten av utvalgsperioden. Dette baserer vi på at markedet fortsatt var relativt nytt for ti år siden og fordi strukturen til de tilbudte produktene hadde endret seg en del frem til denne perioden. Kvartalskontraktene hadde nettopp blitt introdusert, og det kan tenkes at det tok en del tid før likviditeten ble høy nok til å balansere prisene raskt. Lav likviditet kan ha sammenheng med høy volatilitet, og det kan være en faktor til at prisingsforskjeller mellom kontraktene kan oppstå. Siden kontraktene med kortest leveringsperiode er mest likvide, forventer vi å finne større forskjeller mellom års- og kvartalskontrakter enn mellom kvartals- og månedskontrakter. Vi forventer imidlertid også at prisseffisiensen har økt med årene, og at det på slutten av perioden ikke lenger finnes signifikante forskjeller mellom de sammenlignede kontraktene.

#### **6.1.2 År- og kvartalskontrakter**

For prisdifferansen mellom periodekontrakter med årlig leveringsperiode og porteføljer bestående av kvartalsvise kontrakter, har vi funnet statistisk signifikante forskjeller i 12 av 13 tilfeller. Resultatene presenteres i Tabell 6.1.

**Tabell 6.1**  
**Test av priseffisens år og kvartal**

Tabellen viser en oversikt over resultatene fra testene av priseffisens for periode- og porteføljekontrakter med leveringstid på et år. Antall handledager, N, gjennomsnittspriser i EUR/MWh for årskontrakter og kvartalsvise porteføljekontrakter, gjennomsnittlig differanse og min- og maksverdier for differansen presenteres. Signifikans er basert på t-tester og Wilcoxon-tester, der \*\* indikerer signifikans på 5 %-nivå, og \*\*\* på 1 %-nivå.

Leveringsperiode	N	Gjennomsnittspris			Min	Maks	Signifikans	
		Årskontrakt	Portefølje	Differanse			t-test	Wilcoxon
2006	500	30,62	30,69	-0,07	-1,60	0,49	***	***
2007	499	39,28	39,30	-0,03	-0,77	0,69	***	***
2008	498	44,23	44,30	-0,07	-0,94	0,53	***	***
2009	500	50,21	50,29	-0,08	-0,96	0,44	***	***
2010	498	44,80	44,88	-0,09	-1,04	0,72	***	***
2011	497	41,61	41,60	0,01	-0,80	0,86		
2012	503	44,64	44,70	-0,06	-1,37	0,58	***	***
2013	490	42,23	42,27	-0,04	-0,48	0,47	***	***
2014	498	37,91	37,93	-0,02	-0,27	0,47	***	***
2015	496	33,14	33,20	-0,06	-0,44	0,25	***	***
2016	498	28,03	28,06	-0,03	-0,27	0,17	***	***
2017	299	24,69	24,70	-0,01	-0,29	0,20	**	
2018	38	17,97	18,03	-0,06	-0,18	0,08	***	***

Differansene viste seg å ikke være normalfordelte (se Tabell 9.4 og Tabell 9.5 i vedlegg), som er en av forutsetningene for å bruke students t-test. Vi har i tillegg derfor utført Wilcoxons test for ikke-parametriske fordelinger for å forsterke troverdigheten til testresultatene. Dette fører én færre signifikant gjennomsnittsdifferanse, men ellers er resultatene like. Vi observerer at alle de signifikante differansene er negative, noe som innebærer at porteføljekontraktene har vært priset konsekvent lavere enn årskontraktene i disse årene. Gjennomsnittsdifferansene har vært relativt jevne, og det er vanskelig å se noen trend bortsett fra at de høyeste differansene fant sted i løpet av de fem første årene og det er flere lave utfall de senere årene. Intervallet mellom min- og maksverdiene har imidlertid hatt en jevn reduksjon i perioden, som illustrert i Figur 6.1. Man kan tydelig se at differansen har vært avtakende gjennom perioden, som kan tyde på at prisingen har blitt mer effisient, til tross for fortsatt signifikante forskjeller.



**Figur 6.1 Min- og maksverdier årsperioder.** Figuren viser utviklingen til min- og maksverdiene for prisdifferansene mellom periodekontrakter og kvartalsvise porteføljekontrakter med leveringsperiode på ett år i perioden 2006 – 2018.

### 6.1.3 Kvartals- og månedskontrakter

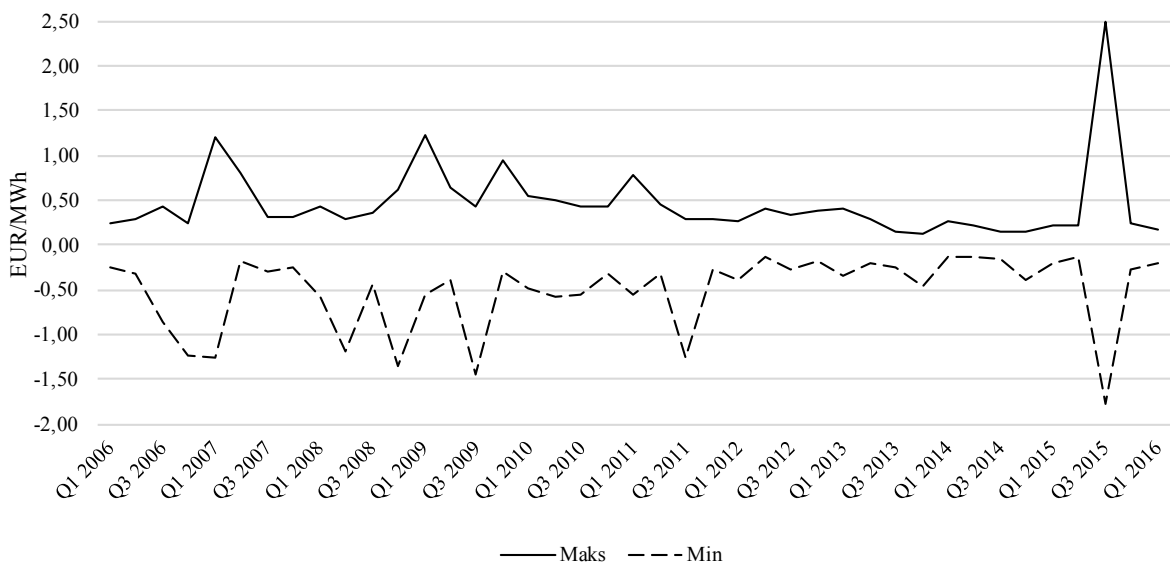
Av de 41 kontraktene vi har studert, har vi funnet statistisk signifikante prisdifferanser i 22 av tilfellene. Resultatene presenteres i Tabell 6.2.

**Tabell 6.2**  
**Test av priseffisiens kvartal og måned**

Tabellen viser resultatene fra testene av priseffisiens for periode- og porteføljekontrakter med leveringstid på et kvartal. Antall handledager, N, gjennomsnittspriser i EUR/MWh for kvartalsskontrakter og månedlige porteføljekontrakter, gjennomsnittlig differanse og min- og maksverdier for differansen presenteres. Signifikans er basert på t-tester og Wilcoxon-tester, der \*\* indikerer signifikans på 5 %-nivå, og \*\*\* på 1 %-nivå.

Leveringsperiode	N	Gjennomsnittspris			Min	Maks	Signifikans	
		Kvartal	Portefølje	Differanse			t-test	Wilcoxon
Q1 2006	86	39,46	39,50	-0,03	-0,24	0,23	***	***
Q2 2006	86	41,96	41,95	0,01	-0,33	0,29		
Q3 2006	81	48,26	48,22	0,04	-0,85	0,42	**	***
Q4 2006	86	62,94	63,02	-0,08	-1,24	0,25	***	***
Q1 2007	83	58,81	58,79	0,02	-1,25	1,20		
Q2 2007	82	27,98	27,89	0,09	-0,19	0,81	***	***
Q3 2007	81	26,19	26,22	0,10	-0,31	0,31	**	**
Q4 2007	86	37,03	37,00	0,03	-0,25	0,32	***	**
Q1 2008	82	52,41	52,40	0,01	-0,58	0,43		
Q2 2008	78	40,85	40,84	0,01	-1,20	0,29		**
Q3 2008	81	43,57	43,57	-0,01	-0,43	0,37		
Q4 2008	87	67,65	67,77	-0,12	-1,36	0,61	***	***
Q1 2009	84	57,25	57,20	0,05	-0,56	1,22		
Q2 2009	82	34,69	34,66	0,03	-0,39	0,64		
Q3 2009	80	34,40	34,46	-0,06	-1,44	0,43	**	
Q4 2009	85	36,67	36,66	0,02	-0,30	0,94		
Q1 2010	85	36,58	36,56	0,03	-0,49	0,54		**
Q2 2010	83	44,03	43,99	0,04	-0,57	0,51	**	
Q3 2010	82	45,93	45,94	0,00	-0,55	0,43		
Q4 2010	88	49,41	49,39	0,02	-0,33	0,43		
Q1 2011	87	57,14	57,16	-0,02	-0,55	0,78		
Q2 2011	85	55,55	55,53	0,02	-0,33	0,46		
Q3 2011	82	52,98	53,04	-0,06	-1,27	0,30	***	***
Q4 2011	86	49,64	49,64	0,00	-0,27	0,29		
Q1 2012	86	45,16	45,20	-0,04	-0,39	0,28	***	***
Q2 2012	86	33,50	33,41	0,09	-0,13	0,41	***	***
Q3 2012	81	30,21	30,17	0,04	-0,27	0,33	***	***
Q4 2012	86	37,78	37,72	0,06	-0,18	0,37	***	***
Q1 2013	81	41,19	41,17	0,02	-0,34	0,40		
Q2 2013	78	36,81	36,77	0,03	-0,20	0,28	***	***
Q3 2013	79	35,86	35,88	-0,02	-0,25	0,15	***	***
Q4 2013	86	38,53	38,60	-0,06	-0,46	0,13	***	***
Q1 2014	83	40,57	40,56	0,01	-0,12	0,28		
Q2 2014	81	29,02	29,00	0,02	-0,13	0,23	**	
Q3 2014	80	25,72	25,72	0,00	-0,16	0,14		
Q4 2014	86	34,05	34,08	-0,04	-0,39	0,14	***	***
Q1 2015	84	34,76	34,75	0,01	-0,20	0,22		
Q2 2015	82	26,41	26,39	0,03	-0,13	0,21	***	***
Q3 2015	81	20,84	20,76	0,08	-1,77	2,49		
Q4 2015	88	24,62	24,64	-0,03	-0,27	0,25	**	***
Q1 2016	87	24,65	24,67	-0,02	-0,21	0,16	***	***

Wilcoxon's test gir 21 signifikante prisdifferanser, og resultatene fra de to testene må kunne sies å stemme godt overens. Heller ikke her kan vi avdekke noen tydelig trend, siden hyppigheten til de signifikante forskjellene varierer gjennom hele perioden. 7 av de 8 kvartalene i 2012 og 2013 viser imidlertid signifikante forskjeller, noe som skiller seg ut fra de øvrige årene. I tillegg kan det også her se ut som at de største signifikante differansene fant sted de første årene i utvalget. Det er like mange negative som positive signifikante differanser, og det virker ikke som det er noen systematikk eller utvikling i fortegnene til prisdifferansene. Vi ser i Figur 6.2 at trenden for intervallet mellom min- og maksverdiene er avtakende også for disse kontraktene, med unntak av 3. kvartal i 2015, der det virker som det har vært et prissjokk to datoer i juni 2015 som førte til ekstremverdiene.



**Figur 6.2 Min- og maksverdier kvartalsperioder.** Figuren viser utviklingen til min- og maksverdiene for prisdifferansene mellom periodekontrakter og månedlige porteføljekontrakter med leveringsperiode på ett kvartal i perioden 2006 – 2018.

Vi har avdekket statistisk signifikante prisdifferanser mellom periode- og porteføljekontrakter med både årlig og kvartalsvis leveringsperiode. De største, hyppigste og mest konsekvente prisdifferansene finner vi for kontraktene med årlig leveringsperiode, men også for de kvartalsvise er ca. halvparten av resultatene signifikante.

**Tabell 6.3****Oppsummerte resultater test av priseffisiens**

Tabellen viser antall observasjoner totalt for alle kontraktene, gjennomsnittspriser for periodekontrakter og tilhørende porteføljekontrakter, gjennomsnittsdifferanse og min- og maksverdier for differansene. Signifikans presenteres for t-tester og Wilcoxon-tester.

Periode	N	Gjennomsnittspris				Min	Maks	Signifikans	
		År	Kvartal	Portefølje	Differanse			t-test	Wilcoxon
År	5814	36,87		36,92	-0,05	-1,60	0,86	12 av 13	11 av 13
Kvartal	3423		40,51	40,51	0,01	-1,77	2,49	22 av 41	21 av 41

Den jevne forekomsten av signifikante forskjeller gjennom hele utvalget og for begge sammenligninger av kontrakter, tyder ikke på at prisene i futuresmarkedet har blitt mer effisiente. Vi har imidlertid sett at avvikene har vært størst i starten av utvalgsperioden, og at intervallet mellom min- og maksverdier har vist en tendens til å avta med årene. I tillegg har differansen for sammenligningene med kvartalsvise leveringsperioder vært mer tilfeldig enn for årlige leveringsperioder. Det kan derfor virke som at futuresmarkedet har blitt mer modent i løpet av utvalgsperioden.

#### 6.1.4 Referanser til tidligere studier og sammenligning

Resultatene fra undersøkelsene til Kristiansen (2007) og Wimschulte (2010) er ikke direkte sammenlignbare med våre resultater, både på grunn av ulike kontraktstyper og forskjellige leveringsperioder. Det er likevel interessant å sammenligne resultatene for å prøve og avdekke generelle trender. Resultatene vi har fått er i tråd med Kristiansen (2007) sine funn, der det ble funnet prisingsforskjeller mellom årskontrakter og porteføljer av sesongkontrakter og mellom sesongkontrakter og porteføljer av månedskontrakter. Mens han finner avtakende min- og maksverdier kun for kontrakter med sesonglevering, som er mest like våre kontrakter med kvartalsvis levering, finner vi denne trenden for begge våre leveringsperioder. Dette kan være en indikasjon på at markedet har modnet mer i vår utvalgsperiode, som kommer etter Kristiansens. Wimschulte (2010) sammenlignet månedskontrakter med porteføljer sammensatt av ukes- og dagskontrakter, og fant ingen prisingsforskjeller mellom kontraktene, noe som ikke er samsvarende med våre resultater. Siden vi får større andel signifikante resultater for kontraktene med lengst leveringsperiode, kan det se ut som prisingen er mer effisient for korte leveringsperioder, i tråd med både Kristiansen (2007) og Wimschulte (2010).

## **6.2 Problemstilling 2**

*Kan handlestrategier benyttes for å utnytte eventuelle feilprisinger og typiske markedstilstander i futuresmarkedet?*

### **6.2.1 Strategi 1: Arbitrasje**

#### **6.2.1.1 Forventede resultater**

Etter å ha gjennomført tester for priseffisiens og fått flere statistisk signifikante resultater for differansene mellom priser som i teorien skal være like, er spørsmålet hvorvidt resultatene er økonomisk signifikante. Dette innebærer da om vi kan oppnå arbitrasje etter at transaksjonskostnader og «market makers» andel trekkes fra. Vi forventer at markedet opplevde størst feilprising rett etter introduksjonen av kvartalskontrakene, og at det således er flest arbitrasjemuligheter de første årene av utvalgsperioden. Selv om vi ser statistisk signifikante differanser i pristestene gjennom hele perioden, er det ventelig at sannsynligheten for arbitrasjegevinst reduseres utover perioden, i tråd med at prisavvikene er avtakende.

Ask- og bid-prisene brukt i analysen er hentet fra de årlige, kvartalsvise og månedlige terminseriene. Vi har sortert seriene tilbake til de respektive periodekontraktene de kom fra, og videre brukt samme metode som i pristestene. Grunnet lengre periode tilgjengelig data for disse seriene, omfatter utvalget også eldre kontrakter enn i pristestene. Vi har valgt å benytte også de eldre kontraktene for å belyse mest mulig av utviklingen i markedet etter at kvartalskontraktene ble introdusert. For transaksjonskostnader har vi benyttet «trading fee» på 0,0045 EUR/MWh, og «clearing fee» på 0,0039 EUR/MWh (NasdaqOMX, 2016a). Faste kostnader har vi sett bort ifra, og «clearing fee» er basert på høyeste klareringsvolum. Dette gir en transaksjonskostnad på 0,0084 EUR/MWh per kjøp eller salg. Profitt oppgis i absolutte tall, da det oppstår komplikasjoner ved å beregne prosentvis avkastning for arbitrasjestrategier. Dette kommer vi imidlertid tilbake til etter presentasjonen av resultatene.

#### **6.2.1.2 År- og kvartalskontrakter**

I den første strategien tar vi long- og short-posisjoner på dager der det er positiv prisdifferanse mellom årskontrakt og portefølje av kvartalskontrakter. Hvilken posisjon vi tar i hvilket derivat, avhenger av hvilken side den positive differansen forekommer; enten shorter vi

periodekontrakten og kjøper porteføljekontrakten eller omvendt. Vi har observert 185 gode handler av totalt 11036 mulige. Resultatene presenteres i Tabell 6.4.

**Tabell 6.4**  
**Strategi 1: Resultater år og kvartal**

Tabellen viser resultater fra en arbitrasjestrategi der man tar long- og short-posisjoner ved prisdifferanser mellom årskontrakt og portefølje av kvartalskontrakter. 2. kolonne viser hvert akkumulerte profitt for long-posisjon i årskontrakt og short-posisjon i porteføljekontrakt. Akkumulert profitt for motsatte posisjoner vises i kolonne 3. Profitt oppgis i absolutte tall på formen EUR/MWh. Antall handlemuligheter består av de to mulige posisjonene man kan ta i hver kontrakttype for hver handledag i perioden der alle sammenlignede kontrakter tilbys samtidig. Tidsrom: 01.10.2004 - 26.04.2016

Leveringsperiode	Portefølje <sup>bid</sup> – År <sup>ask</sup>	År <sup>bid</sup> – Portefølje <sup>ask</sup>	Gode handler	Handlemuligheter
2005	26,6594	37,9123	58	124
2006	5,7509	35,2684	105	498
2007	2,2377	0,0000	3	624
2008	0,0047	0,0000	1	996
2009	0,0000	0,0000	0	998
2010	0,0064	0,0000	2	1000
2011	0,0000	1,6326	2	996
2012	5,6841	0,0000	3	998
2013	0,0075	0,7957	3	1004
2014	0,1265	0,0000	2	994
2015	0,8973	0,0102	3	992
2016	0,3862	0,0000	2	996
2017	0,0000	0,0301	1	658
2018	0,0000	0,0000	0	158
<b>Totalt</b>	<b>41,76</b>	<b>75,65</b>	<b>185</b>	<b>11036</b>

Vi observerer en akkumulert profitt på 41,76 EUR/MWh for long-posisjon i årskontrakter og short-posisjon i porteføljekontrakter, og en akkumulert profitt på 75,65 EUR/MWh med de motsatte posisjonene. Dette utgjør en total profitt på 117,41 EUR/MWh. Profitten består i hovedsak av handlemuligheter for leveringsårene 2005 og 2006, og arbitrasje er nærmest ikke tilstedeværende for de påfølgende årene. Dette stemmer overens med våre forventninger om at arbitrasjemulighetene trolig ville være størst i starten av perioden, rett etter introduksjonen av kvartalskontraktene.

### 6.2.1.3 Kvartals- og månedskontrakter

I den andre strategien tar vi long- og short-posisjoner på dager der det er positiv prisdifferanse mellom kvartalskontrakt og portefølje av månedskontrakter. Vi har observert 554 gode handler av totalt 8124 mulige. Resultatene presenteres i Tabell 6.5.



**Tabell 6.5****Strategi 1: Resultater kvartal og måned**

Tabellen viser resultater fra en arbitrasjestrategi der man tar long- og short-posisjoner ved prisdifferanser mellom kvartalskontrakt og portefølje av månedskontrakter. 2. kolonne viser hvert akkumulerte profitt for long-posisjon i kvartalskontrakt og short-posisjon i porteføljekontrakt. Akkumulert profitt for motsatte posisjoner vises i kolonne 3. Profitt oppgis i absolutte tall på formen EUR/MWh. Antall handlemuligheter består av de to mulige posisjonene man kan ta i hver kontrakttype for hver handledag i perioden der alle sammenlignede kontrakter tilbys samtidig. Profitt for hvert kvartal er for enkelhets skyld henført til sitt respektive leveringsår. Tidsrom: 02.01.2004 - 26.04.2016

Levering	Portefølje <sup>bid</sup> – Kvartal <sup>ask</sup>	Kvartal <sup>bid</sup> – Portefølje <sup>ask</sup>	Gode handler	Handlemuligheter
2004	197,9825	306,8660	196	442
2005	239,3553	1070,1365	324	670
2006	111,8965	0,0000	22	676
2007	0,0000	0,0000	0	668
2008	0,0021	0,0014	2	656
2009	0,6115	0,0475	2	666
2010	0,0000	0,0202	1	668
2011	0,0000	0,0000	0	676
2012	0,0000	0,0096	1	676
2013	0,0013	0,0131	2	650
2014	0,0308	0,0064	2	654
2015	0,0000	0,0217	1	662
2016	0,0044	0,0000	1	360
<b>Totalt</b>	<b>549,8844</b>	<b>1377,1223</b>	<b>554</b>	<b>8124</b>

For long-posisjon i kvartalskontrakter og short-posisjon i porteføljekontrakter får vi en akkumulert profitt på 549,88 EUR/MWh, og for motsatte posisjoner 1377,12 EUR/MWh. Dette er en god del høyere enn hva vi så for de lengre kontraktene. Andelen gode handler er også en del større, med 6,82 % for kvartalsvise leveringsperioder kontra 1,68 % for årlige. Den samme trenden kan imidlertid observeres for disse kontraktene sammenlignet med de lengre kontraktene. De første årene har det vært mange arbitrasjemuligheter, men etter 2006 finnes det meget få. Dette samsvarer både med våre forventninger og med testresultatene for prisseffisiens i problemstilling 1. Vi observerer imidlertid høyere andel arbitrasjemuligheter for de korte kontraktene. Dette står i kontrast til funnene i problemstilling 1, der de lange kontraktene virket mer ineffisiente.

**6.2.1.4 Eksempel på arbitrasjestrategi**

I Tabell 6.6 presenterer vi et praktisk eksempel på arbitrasjestrategien hentet fra 07.09.2012 for kjøp av årskontrakt og short-salg av portefølje bestående av kvartalskontrakter, med levering i 2013. Dette eksemplet belyser dermed et reelt scenario for hvordan man i praksis kunne utnyttet strategien og oppnådd profitt. Siden vi som tidligere nevnt ser bort ifra risikofri rente, kan vi forenkle eksempelet i tre dimensjoner. For det første vil dette gjøre «time value of money»

uvesentlig, noe som gjør at perioden mellom handledato og kontantstrømmer også blir irrelevant. I virkeligheten ville kontantstrømmene fått en noe diskontert nåverdi. For det andre kan vi se bort ifra distingveringen mellom «trading profit» og «settlement profit», og beregne leveringsperiodens kontantstrøm som differansen mellom gjennomsnittlig spotpris og futuresprisen på handletidspunktet. Med risikofri rente lik null vil denne være identisk, som vist i kapittel 2. For det tredje er den årlige kontantstrømmen i praksis delt opp i månedlige oppgjør, men med risikofri rente lik null kan vi forenkle og beregne kvartalsvise oppgjør. Selv om den gjennomsnittlige netto kontantstrømmen gjennom året vil være positiv for de arbitrasjehandlene som foretas, kan investor oppleve svingninger i netto kontantstrøm i de månedlige oppgjørene. Dette skjer fordi prisforskjellen mellom periodekontrakten og kontrakten for den aktuelle delperioden kan være mer eller mindre positiv, eller til og med negativ. Finansieringen av handelen blir også påvirket av dette, og blir diskutert senere i kapittelet.

Vi beregner kontantstrømmene for hver kontrakt basert på gjennomsnittlig spotpris for tilhørende leveringsperiode. Alle priser oppgis fortsatt i EUR/MWh, og den årlige spotprisen beregnes dermed som det tidsvektede gjennomsnittet av kvartalene. Differansen mellom futurespris og spotpris, der fortegnet er avhengig av hvilken posisjon man har i kontrakten, blir multiplisert med antall leveringstimer, og man får kontantstrømmen for hver kontrakt.

**Tabell 6.6**  
**Eksempel på arbitrasjestrategi**

Tabellen viser et praktisk eksempel på arbitrasjestrategien basert på virkelige tall. Priser på årskontrakt og kvartalskontrakter den 07.09.2012 representerer leveringspris for henholdsvis år og kvartaler i 2013. Leveringstimer er antall timer i hvert kvartal og i 2013 som helhet. Spotpris er beregnet som gjennomsnittet for hvert kvartal, og et årlig vektet gjennomsnitt basert på antall timer i 2013 som helhet. Alle priser og transaksjonskostnader oppgitt i EUR/MWh, kontantstrømmer oppgitt i EUR.

Årlig kontantstrøm for long-posisjon i årskontrakt:  $CF_Y = \Delta_Y (\bar{S}_Y - f_{0,Y}^{ask} - k)$

Årlig kontantstrøm for short-posisjon i kvartalskontrakter:  $CF_Y = \sum_{Q=Q1}^{Q4} \Delta_Q (f_{0,Q}^{bid} - k - \bar{S}_Q)$

Leveringsperiode	Long-posisjon	Short-posisjon			
	2013	Q1 2013	Q2 2013	Q3 2013	Q4 2013
År <sup>ask</sup>	38,35				
Kvartal <sup>bid</sup>		42,60	34,75	34,20	42,00
Spotpris	39,10	43,05	40,32	36,58	36,57
Trans.kostnader	0,0084	0,0084	0,0084	0,0084	0,0084
Differanse	0,74	-0,46	-5,58	-2,39	5,42
Leveringstimer	8760	2159	2184	2208	2209
Kontantstrøm	6518,96	-983,15	-12176,75	-5275,53	11982,30
Netto	65,83				

Eksempelet viser at investor sitter igjen med en total profitt på € 65,83. Det er imidlertid viktig å merke seg at netto kontantstrøm er negativ både i andre og tredje kvartal, som vil ha betydning for finansieringen av handelen. For å beregne prosentvis avkastning skal man ta utgangspunkt i investert kapital, som for vår strategi blir beløpet man må investere som sikkerhet i marginkontoen for å kunne inngå handelen.

Sikkerheten som må stilles kan deles inn i to, «base collateral» og «daily margin requirement». «Base collateral» er en fast engangskostnad som må innbetales før man kan handle på Nasdaq Commodities, noe vi har valgt å se bort i fra i denne oppgaven. For øvrig er disse beløpene € 120 000 for direkte handel med Nasdaq Commodities og € 30 000 dersom man handler gjennom en «clearing client». «Daily margin requirement» består av «variation margin» som går på gevinst/tap gjennom handle- og leveringsperioden, og en «initial margin» som reflekterer porteføljerisikoen for handelen. DSFutures har ikke oppgjør i handleperioden og dermed vil kun «initial margin» gjelde for denne strategien.

Nasdaq benytter «SPAN®(1) risk model» for å kalkulere «initial margin», som er basert på opp til 16 ulike pris- og volatilitetstilfeller. Videre benyttes denne modellen til å kalkulere en marginkurve som tar hensyn til volatilitet og antall dager igjen av handleperiode, for å beregne marginen man må innbetale før handelen kan gjennomføres. Ved handel ca. 337 dager før levering, kreves ca. 10 % av kontraktsprisen i sikkerhet, mens det de siste 10 dagene kreves opp mot 50 % (NasdaqOMX, 2016b). Marginkurven finnes i vedlegg som Figur 9.3. Modellen kan i tillegg ta høyde for «netting» av marginen for motsatte posisjoner enten i samme eller ulike markeder, og marginen vil bli basert på korrelasjonen mellom produktene (NasdaqOMX, 2016c).

I vårt eksempel tar vi to motsatte posisjoner i to teoretisk sett identiske produkter som vil gi en sterk negativ korrelasjon, og det er naturlig å tro at dette vil ha stor betydning for kalkulering av porteføljerisikoen. Som vi har poengtert forekommer det imidlertid svingninger i kontantstrømmen i løpet av leveringsperioden som kan innebære at marginkravet blir noe høyere enn ved perfekt negativ korrelasjon. Vi beregner totale kontraktspriser og tilnæringer til bunden kapital og avkastninger i Tabell 6.7.

**Tabell 6.7****Kontraktstørrelser, sikkerhetsstillelse og avkastning**

Panel A viser kontraktstørrelser for årskontrakten og kvartalskontraktene. Beløpene er beregnet ved å multiplisere antall leveringstimer med prisen på futures fratrukket transaksjonskostnader. Panel B viser mulige tilfeller av kapital som må stilles som sikkerhet for handlestrategien, der totalbeløpet i Panel A er basis for prosentberegningene. Avkastningen i prosent er profitten fra handlestrategien delt på mulig sikkerhetsstillelse.

<b>Panel A</b>					
	År	1. kvartal	2. kvartal	3. kvartal	4. kvartal
Beløp	335872,42	91955,26	75875,65	75495,05	92759,44
Totalt	<u>671957,83</u>				

<b>Panel B</b>		
Sikkerhet (%)	Sikkerhet (EUR)	Avkastning
10 %	67195,78	0,098 %
20 %	134391,57	0,049 %
30 %	201587,35	0,033 %
40 %	268783,13	0,024 %
50 %	335978,92	0,020 %

Summen av alle kontraktene beløper seg til € 671957,83. I et «worst case»-scenario vil man tape hele beløpet i long-posisjon, og teoretisk sett oppleve et uendelig stort tap for short-posisjon. Nord Pool innførte muligheten for negative elpriser i 2009, og man har blant annet opplevd negative priser på strøm i Danmark, som vil kunne bidra til en potensielt større nedside for en long-posisjon (Energistyrelsen, 2015). Dette er imidlertid utenkelig, da den underliggende systemprisen blir kalkulert med grunnlag i alle områdeprisene i Norden. Et scenario der alle de nordiske landene har negative elpriser, eller at vektingen av negative priser fra enkelte land er tyngst, har følgende lav sannsynlighet. I tillegg må det nevnes at ikke-finansielle aktører frem til 15. mars 2016 har hatt muligheten til å benytte bankgarantier som sikkerhet. Siden vi antar at disse aktørene typisk sett er hedgere, og at aktører som ville brukt denne arbitrasjestrategien er spekulanter, vil imidlertid dette ha lite innvirkning for vårt eksempel. Det er likevel verdt å merke seg at alle aktører nå må stille kapital eller finne andre løsninger.

Eksempelet gir en total profitt på € 65,83, som kan oppfattes som noe lavt i sammenheng med kontraktstørrelsene som inngår i handlestrategien. Avkastningen varierer fra 0,02 % til 0,098 % avhengig av kapitalbehovet, og må vurderes relativt til risikoen investor har for negative oppgjør i løpet av leveringsperioden. Det blir dermed en individuell avveining av investors avkastningskrav og risikopreferanse om handelen skal gjennomføres.

## 6.2.2 Strategi 2: Contango roll over

### 6.2.2.1 Forventede resultater

Forventningen er å få resultater som reflekterer at basisen er signifikant negativ i in sample-perioden, noe som trolig vil føre til at strategien har positiv avkastning. Det er imidlertid ikke garantert at short-salg lønner seg i contango, som nevnt i kapittel 3. Strategien har ingen sikring mot tap, og det forventes høy volatilitet i avkastningene. Avkastningene beregnes for enkelthets skyld på kjøpsprisen, siden det vil være for tidkrevende å hente inn nøyaktige tall på bunden kapital for posisjonene som tas.

### 6.2.2.2 In sample

For in sample-perioden ble roll over-strategien for de seks tilgjengelige terminseriene testet. Prøveperioden bestod av daglige data for handledagene i tidsrommet 02.01.2004 til 30.12.2010. Dette utgjør 84 månedlige avkastningsobservasjoner for hver tidsserie. Standardavvik ble beregnet for hvert avkastningssett og seriene rangert etter høyest Sharpe ratio. Kun de to første terminseriene genererte flere gode enn dårlige handler, som vi leser av Tabell 6.8.

**Tabell 6.8**  
**Strategi 2: In sample-oversikt**

Tabellen viser antall og prosentvis andel av gode og dårlige handler, der gode handler er definert som positive avkastninger.

Serie	Handler	Gode	Dårlige	Andel gode	Andel dårlige
TRC1	84	51	33	0,61	0,39
TRC2	84	44	40	0,52	0,48
TRC3	84	41	43	0,49	0,51
TRC4	84	39	45	0,46	0,54
TRC5	84	38	46	0,45	0,55
TRC6	84	38	46	0,45	0,55

**Tabell 6.9**  
**Strategi 2: In sample-resultater**

Tabellen viser aritmetiske gjennomsnitt (Avk.), min- og maksverdier, standardavvik (SD), annualisert volatilitet (Vol), Sharpe ratio (SR), skjevhet, eksess kurtose og Jarque-Bera-verdier for logaritmiske månedlige avkastninger i perioden 02.01.2004-30.12.2010. Annualisert volatilitet er beregnet med formelen:  $\hat{\sigma}_{\text{ar}} = \hat{\sigma}_{\text{mnd}} * \sqrt{12}$ , for en investeringsperiode på en måned. Risikofri rente,  $r_f$ , er beregnet som et aritmetisk gjennomsnitt av daglige annualiserte rentesatser for 3-måneders norske statsobligasjoner i utvalgsperioden, på 2.95 %. Seriene er rangert etter høyest Sharpe ratio, definert som:  $SR = \frac{\bar{r}_{\text{mnd}} - \frac{r_f * 21}{252}}{\hat{\sigma}_{\text{mnd}}}$ , der  $\frac{r_f * 21}{252}$  = logaritmisk risikofri rente i en holdeperiode på én måned (21 dager) . N = 84 for hver serie, totalt 504.

Serie	Avk.	Min	Maks	SD	Vol	SR	Skjevhet	Kurtose	JB
TRC1	0,0147	-0,3532	0,4375	0,1448	0,5016	0,0848	0,0126	0,6113	1,3102
TRC2	0,0026	-0,2747	0,3392	0,1288	0,4461	0,0014	-0,0243	-0,1132	0,0531
TRC3	-0,0019	-0,2517	0,3333	0,1214	0,4205	-0,0359	0,2579	-0,1139	0,9765
TRC5	-0,0058	-0,2532	0,2498	0,1069	0,3703	-0,0770	0,2754	-0,2252	1,2396
TRC4	-0,0073	-0,2346	0,2654	0,1106	0,3831	-0,0879	0,2928	-0,3360	1,5954
TRC6	-0,0077	-0,2656	0,2454	0,1057	0,3662	-0,0963	0,2685	-0,2173	1,1742

Videre i Tabell 6.9 observerer vi at bare de to første tidsseriene har hatt positiv gjennomsnittlig avkastning i perioden. Intervallet mellom min- og maksverdier er høyest for serien nærmest forfall og reduseres utover i terminstrukturen. Dette gjenspeiles også i det daglige standardavviket og den annualiserte volatiliteten; volatiliteten er høyest for TRC1 og reduseres når tid til forfall øker. Resultatene viser at skjevheten har vært lav og positiv for alle seriene bortsett fra TRC2 der den var svakt negativ. Kurtosen har også vært lav, og kun positiv for TRC1. De lave Jarque-Bera-verdiene gjør at vi ikke kan forkaste nullhypotesen om normalfordelte avkastninger for noen av seriene. Sett i sammenheng betyr dette at det har vært relativt lik risiko for høye og lave utfall av avkastninger. Rangeringen viser at strategien har prestert best for TRC1 med tanke på forholdet mellom avkastning og risiko. Roll over-strategien utført på TRC1 testes dermed videre i out of sample-perioden.

### 6.2.2.3 Out of sample

I out of sample-perioden ble nok en gang alle seriene testet, men det ble fokusert på prestasjonen til TRC1. Denne testperioden bestod av daglige data for handledagene i tidsrommet 03.01.2011 til 12.02.2016. Dette utgjør 61 månedlige avkastningsobservasjoner for hver tidsserie. Samme deskriptiv statistikk som for prøveperioden presenteres i Tabell 6.10.

**Tabell 6.10**

**Strategi 2: Out of sample-oversikt**

Tabellen viser antall og prosentvis andel av gode og dårlige handler, der gode handler er definert som positive avkastninger.

Serie	Handler	Gode	Dårlige	Andel gode	Andel dårlige
TRC1	61	36	25	0,59	0,41
TRC2	61	38	23	0,62	0,38
TRC3	61	39	22	0,64	0,36
TRC4	61	39	22	0,64	0,36
TRC5	61	37	22	0,63	0,36
TRC6	61	35	25	0,58	0,41

Andelen gode handler har gått marginalt ned i testperioden, fra 61 % til 59 %. Faktisk har TRC1 vært serien med nest færrest positive avkastninger, mens de andre seriene har overprestert i forhold til prøveperioden.

**Tabell 6.11**

**Strategi 2: Out of sample-resultater**

Tabellen viser aritmetiske gjennomsnitt (Avk.), min- og maksverdier, standardavvik (SD), annualisert volatilitet (Vol), Sharpe ratio (SR), skjevhet, eksess kurtose og Jarque-Bera-verdier for logaritmiske månedlige avkastninger i perioden 03.01.2011-29.01.2016. Annualisert volatilitet er beregnet med formelen:  $\hat{\sigma}_{\text{ar}} = \hat{\sigma}_{\text{mnd}} * \sqrt{12}$ , for en investeringsperiode på en måned. Risikofri rente er beregnet som et aritmetisk gjennomsnitt av daglige annualiserte rentesatser for 3-måneders norske statsobligasjoner i utvalgsperioden, på 1,43 %.

Seriene er rangert etter høyest Sharpe ratio, definert som:  $SR = \frac{\bar{r}_{\text{mnd}} - \frac{r_f * 21}{252}}{\hat{\sigma}_{\text{mnd}}}$ , der  $\frac{r_f * 21}{252}$  = logaritmisk risikofri rente i en holdeperiode på én måned (21 dager). N = 61 for hver serie, totalt 366.

Serie	Avk.	Min	Maks	SD	Vol	SR	Skjevhet	Kurtose	JB
TRC3	0,0321	-0,1751	0,1994	0,0760	0,2634	0,4062	0,1248	-0,0600	0,1676
TRC2	0,0375	-0,2127	0,3176	0,1011	0,3501	0,3596	0,5357	0,7167	4,2226
TRC1	0,0494	-0,3120	0,4685	0,1493	0,5173	0,3227	0,7880	1,2794	10,4736
TRC5	0,0209	-0,1431	0,1650	0,0671	0,2323	0,2940	0,2593	-0,1589	0,7478
TRC4	0,0220	-0,1879	0,1845	0,0713	0,2469	0,2915	-0,0115	0,3917	0,3913
TRC6	0,0135	-0,1683	0,1631	0,0675	0,2339	0,1826	-0,0328	-0,1925	0,1051

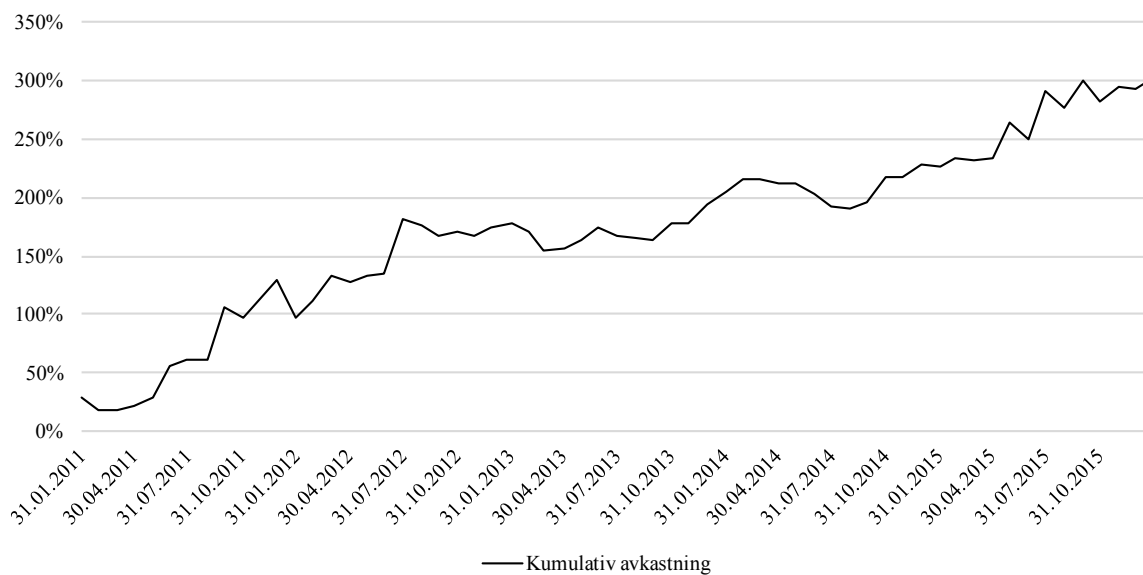
I tråd med antall handler, observeres også her at TRC1 ikke har vært den best presterende serien. Gjennomsnittlig månedlig avkastning har imidlertid økt, fra 1,47 % til 4,94 %. Avkastningen reduseres i takt med terminstrukturen, der kontraktene med lengst igjen til forfall har generert lavest gevinst. Intervallet for min- og maksverdier er igjen størst for TRC1, som gir utslag for daglig standardavvik og annualisert volatilitet; risikoen har vært høyest med stor margin. Imidlertid har forholdet mellom standardavvik og avkastning blitt redusert kraftig; i in sample-perioden var ett standardavvik 9,85 ganger gjennomsnittsavkastningen, mens det nå har blitt redusert til 3,02. Dette gir utslag for Sharpe ratio som har økt fra 0,08 til 0,41. Strategien blir

likevel kun rangert som nr. tre, trolig på grunn av den høye volatiliteten i forhold til de andre seriene.

Mens prøveperioden viste en avkastningsprofil som ikke kunne utelukkes å være normalfordelt, ser vi nå at vi både har positiv skjevhet og eksess kurtose. Dette indikerer at avkastningsfordelingen har lengre høyrehale og fetere haler enn en normalfordeling, som følgende gir økt sannsynlighet for store positive utfall. Jarque-Bera-statistikken er signifikant på 1 %-nivå, som fører til at vi forkaster en antatt normalfordeling for avkastningene. På grunn av dette er varians som basis for risikomåling utilstrekkelig. Selv om volatiliteten er høy, blir den misvisende når man legger den økte sannsynligheten for positive avvik til grunn. Med tanke på at daglig standardavvik kun har økt fra 14,48 % til 14,93 %, er det muligens ikke grunnlag for å si at risikoen har blitt større, og i realiteten har den kanskje blitt redusert hvis man tar med de høyere sentralmomentene i betraktningen. VaR kunne blitt brukt for å kvantifisere risikoen, men siden utvalget vårt er lite, vil beregningene bli for usikre til at vi velger å benytte oss av metoden. Selv om strategien havner på tredje plass, har de to best presterende seriene, henholdsvis TRC3 og TRC2, ikke-signifikante Jarque-Bera-verdier. Mens TRC3 har lav skjevhet og negativ kurtose, har TRC2 positive verdier for begge momentene. I et perspektiv der alle tre momentene vurderes, ville kanskje TRC2 og TRC1 derfor vært de best presterende seriene med roll over-strategien.

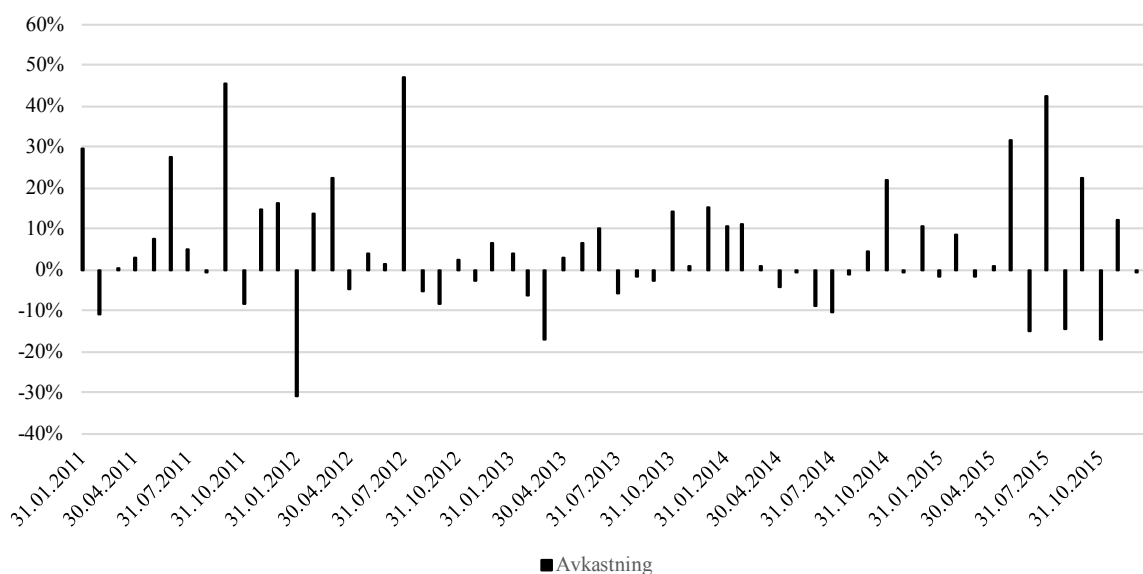
Ved å beregne gjennomsnittlig avkastning, betraktes strategien i prinsippet som at investor investerer et fast beløp hver periode. Det kan i tillegg være interessant å undersøke hvordan avkastningens utvikling ville blitt dersom hver måneds avkastning ble reinvestert i strategien. I Figur 6.3 vises den kumulative avkastningen gjennom perioden grafisk for de additive logaritmiske avkastningene til TRC1-serien i løpet av perioden.





**Figur 6.3 Out of sample kumulativ avkastning for reinvesterende strategi.** Figuren viser den kumulative avkastningen for out of sample-perioden ved å reinvestere gevinsten hver måned. Additive logaritmiske avkastninger er benyttet.

Figur 6.3 viser en relativt jevn stigning gjennom nesten hele perioden og ved siste observasjon ville akkumulert avkastning vært hele 301,22 %. For å ha en stødig utvikling må man oppleve regelmessig flere positive enn negative avkastninger, og det kan dermed virke som at fordelingen har vært ganske jevn gjennom hele testperioden. Avvikene er kurvens lavere stigningstall i løpet av 2013 og siste halvdel av 2014.



**Figur 6.4 Out of sample avkastning.**

Av Figur 6.4 kan man se at avvikene var mest ekstreme i starten og på slutten av testperioden, og det er tydelig at de positive avvikene er flest og størst. Som antatt er det i løpet av 2013 og siste halvdel av 2014 flere negative utfall samtidig som at de positive ikke er like ekstreme.

Oppsummert ga strategien høyest avkastning av alternativene fra in sample-perioden, og selv om volatiliteten også var høyest, bør man bedømme risikoen i et mer helhetlig perspektiv enn kun på grunnlag av varians. Uten å gå nærmere inn på det, har vi argumentert for at strategien kunne ha prestert enda bedre i et slik perspektiv.

### **6.2.3 Strategi 3: Contango offset**

I denne strategien tar vi utgangspunkt i de tilgjengelige historiske månedskontraktene med levering fra januar 2006 til april 2016. Siden de aller fleste månedskontraktene kan kjøpes og selges i seks måneder før forfall, fins det til enhver tid seks handleperioder som overlapper hverandre. Dette innebærer at vi får et litt forskjellig datamateriale fra roll over-strategien. Vi kan for eksempel ikke undersøke kumulativ avkastning på samme måte som for roll over-strategien, siden investor ikke kan reinvestere avkastninger som ennå ikke er realisert. Alle kontraktene har minst 86 handledager og derfor benytter vi avkastninger beregnet for prisen på hver av de 85 siste handledagene i forhold til prisen på forfallsdagen, for alle kontraktene som utvalget.

#### **6.2.3.1 Forventede resultater**

Det forventes at både avkastning og risiko vil være høyere enn for roll over-strategien dersom det vises å være optimalt å holde salgsposisjon i kontraktene en lengre periode før de kanselleres siste handledag. Avkastningene beregnes også her for enkelhets skyld på kjøpsprisen.

#### **6.2.3.2 In sample**

I in sample-perioden utforskes strategien for kontraktene med levering januar 2006 til desember 2010, som dekker en periode fra 01.09.2005 til 30.11.2010. Vi beregner avkastning av å short-selge porteføljen  $j$  dager før forfall for så å ta long-posisjon på forfallsdagen,  $j = 0$ , for hver dag  $j \in [1,85]$  for alle kontraktene i perioden. Deretter samles alle avkastninger for hver dag,  $j$ , og rangeres etter hvilken dagsstrategi som gir høyest Sharpe-ratio. Fordeling av handlinger og rangering presenteres i Tabell 6.12.

**Tabell 6.12****Strategi 3: In-sample-resultater**

Tabellen viser aritmetiske gjennomsnitt (Avk.), min- og maksverdier, standardavvik (SD), annualisert volatilitet (Vol), Sharpe ratio (SR), skjevhet, eksess kurtose og Jarque-Bera-verdier for logaritmiske avkastninger i perioden 01.09.2005 til 30.11.2010. Avkastninger er beregnet for holdeperioder på  $j$  handledager, der kontrakten shortes  $j$  handledager før forfall, og kjøpes tilbake på siste handledag,  $j = 0$ . Annualisert volatilitet er beregnet med formelen:  $\hat{\sigma}_{ar} = \hat{\sigma}_j * \sqrt{\frac{252}{j}}$ , der  $\hat{\sigma}_j$  er standardavvik til avkastninger på investeringer  $j$  handledager før forfall. Risikofri rente er beregnet som et aritmetisk gjennomsnitt av daglige annualiserte rentesatser for 3-måneders norske statsobligasjoner i utvalgsperioden, på 3,30 %. Strategiene er rangert etter høyest Sharpe ratio, definert som:  $SR = \frac{\bar{r}_j - \frac{r_{f^*j}}{252}}{\hat{\sigma}_j}$ , der  $\bar{r}_j$  er gjennomsnittlig log-avkastning for en holdeperiode på  $j$  handledager og  $\frac{r_{f^*j}}{252}$  er logaritmisk risikofri rente i holdeperioden. De fem beste strategiene presenteres. N = 60 for hver dagsstrategi.

Dager	Avk.	Min	Maks	SD	Vol	SR	Skjevhet	Kurtose	JB
65	0,0647	-0,8547	0,7757	0,3010	0,5927	0,1867	-0,0410	0,7503	1,4242
51	0,0561	-0,7905	0,6640	0,2654	0,5900	0,1860	-0,1553	1,1395	3,4871
73	0,0671	-0,8078	0,7953	0,3162	0,5874	0,1819	0,2630	0,4856	1,2811
52	0,0547	-0,8009	0,7035	0,2685	0,5911	0,1784	-0,0645	1,2859	4,1752
8	0,0194	-0,2433	0,3305	0,1055	0,5921	0,1744	0,2842	1,0281	3,4504

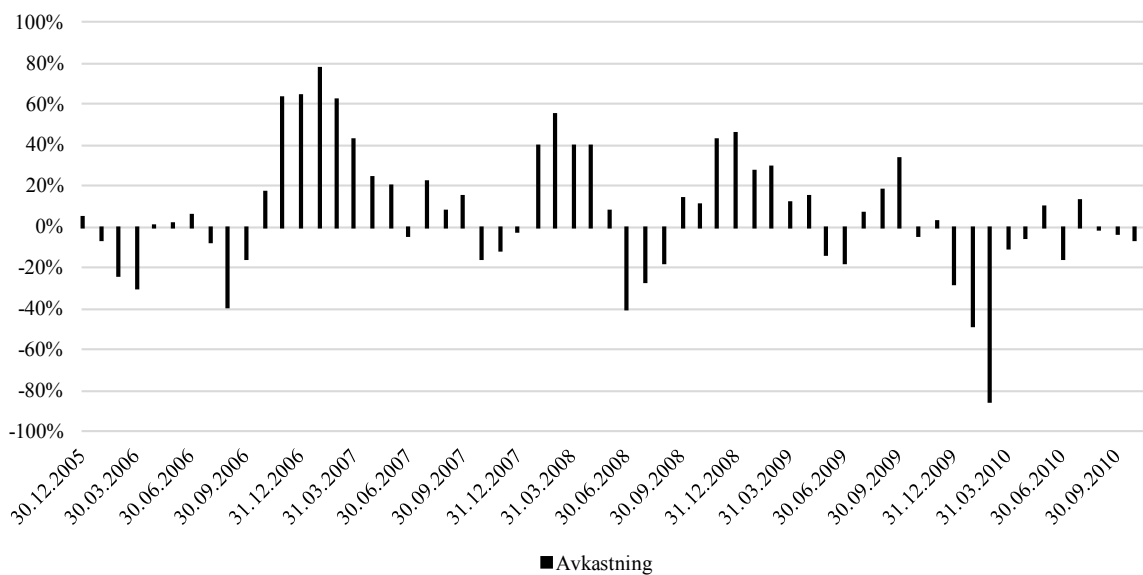
Av Tabell 6.12 ser vi at det er strategien der kontraktene short-selges 65 handledager før forfall som gir høyest Sharpe ratio. Alle strategiene har ulik holdeperiode, og i utgangspunktet skal Sharpe ratio kun sammenlignes for like lange perioder. Vi vil imidlertid argumentere for at lengden til holdeperioden blir uvesentlig for denne strategien, siden det uansett er kun én investering og avkastning i måneden. Den gjennomsnittlige avkastningen i holdeperioden er relativt høy med 6,47 %. Imidlertid er det også store avvik som man ser av min- og maksverdiene, og følgende høyt standardavvik og volatilitet. Til tross for negativ skjevhet og positiv eksess kurtose, er Jarque-Bera-verdiene for små til å kunne forkaste normalfordelte avkastninger på 5 %-nivå. Variansmålet på risiko vurderes derfor som greit å kunne brukes for denne perioden. 65-dagersstrategien testes videre i out of sample-perioden.

**Tabell 6.13****Strategi 3: In sample-oversikt**

Tabellen viser antall og prosentvis andel av gode og dårlige handler, der gode handler er definert som positive avkastninger.

Strategi	Handler	Gode	Andel gode	Dårlige	Andel dårlige
65-dagers	60	34	0,57	26	0,43

65-dagersstrategien har hatt overtall av positive avkastninger, men ikke mer enn 57 %. Det er derfor grunn til å tro at de positive avkastningene har vært mer ekstreme enn de negative. Dette bekreftes i Figur 6.5.



**Figur 6.5 In sample-avkastninger contango offset-strategi.**

Det kan se ut som avkastningene følger et sesongmønster, men dersom man undersøker dette nærmere blir det tydelig at mønsteret er mer tilfeldig. Det ble også testet forskjellige strategier som tok hensyn til eventuelle sesongvariasjoner, men med negative resultater.

### 6.2.3.3 Out of sample

Vi tester strategien for alle dagene igjen, men fokuserer på 65-dagersstrategien. Out of sample-perioden består av månedskontraktene med levering fra januar 2011 til april 2016, som omfatter en periode fra 01.09.2010 til 31.03.2016. Deskriptiv statistikk presenteres i Tabell 6.14.

**Tabell 6.14**

#### Out of-sample-resultater contango offset-strategi

Tabellen viser aritmetiske gjennomsnitt (Avk.), min- og maksverdier, standardavvik (SD), annualisert volatilitet (Vol), Sharpe ratio (SR), skjevhet, eksess kurtose og Jarque-Bera-verdier for logaritmiske avkastninger i perioden 01.09.2010 til 31.03.2016. Avkastninger er beregnet for holdeperioder på  $j$  handledager, der kontrakten shortes  $j$  handledager før forfall, og kjøpes tilbake på siste handledag,  $j = 0$ . Annualisert volatilitet er beregnet med formelen:  $\hat{\sigma}_{\text{ar}} = \hat{\sigma}_j * \sqrt{\frac{252}{j}}$ , der  $\hat{\sigma}_j$  er standardavvik til avkastninger på investeringer  $j$  handledager før forfall. Risikofri rente er beregnet som et aritmetisk gjennomsnitt av daglige annualiserte rentesatser for 3-måneders norske statsobligasjoner i utvalgsperioden, på 1,46 %. Strategiene er rangert etter høyest Sharpe ratio, definert som:  $SR = \frac{\bar{r}_j - \frac{r_{f^*j}}{252}}{\hat{\sigma}_j}$ , der  $\bar{r}_j$  er gjennomsnittlig log-avkastning for en holdeperiode på  $j$  handledager og  $\frac{r_{f^*j}}{252}$  er logaritmisk risikofri rente i holdeperioden. Kun 65-dagersstrategien presenteres. N = 64 for hver strategi.

Dager	Avk.	Min	Maks	SD	Vol	SR	Skjevhet	Kurtose	JB
<b>65</b>	0,1171	-0,5933	0,7424	0,2059	0,4054	0,5504	-0,0273	2,4415	15,9037

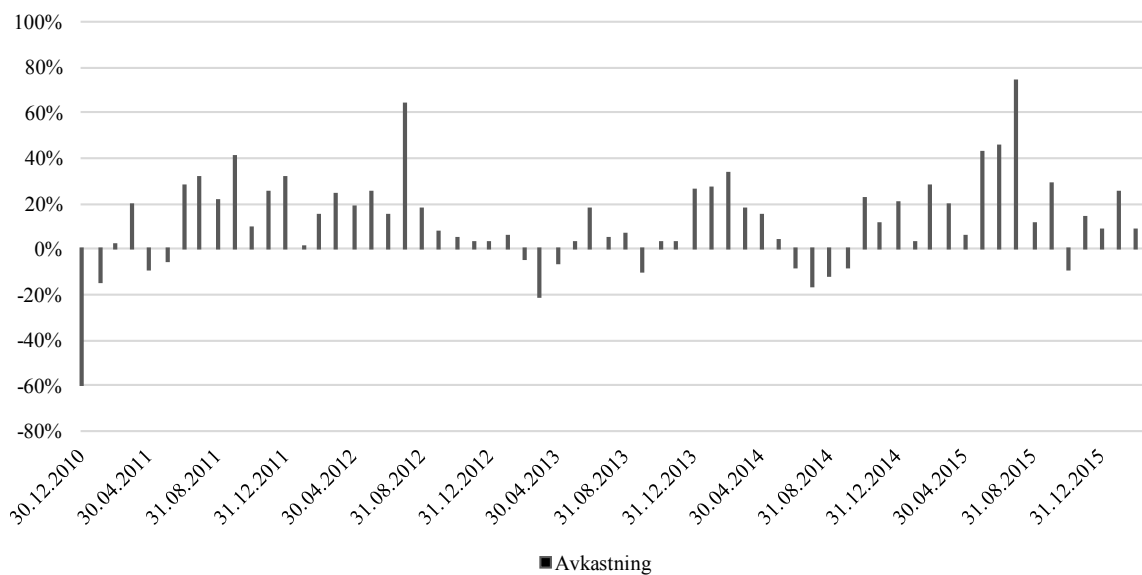
Til tross for at strategien kun blir rangert som nr. 19 i out of sample-perioden, har gjennomsnittsavkastningen vært nærmest dobbelt så høy som in sample. Intervallet for min- og maksverdier har i tillegg blitt redusert, noe vi også observerer i form av lavere volatilitet. Likevel finner vi et standardavvik som er 1,8 ganger gjennomsnittsavkastningen, selv om dette forholdet også har blitt kraftig redusert fra 4,6. Økt avkastning og redusert volatilitet fører dermed til at Sharpe ratio har økt betraktelig, fra 0,1867 til 0,5504. Den marginalt negative skjevheten på -0,0273 og den eksessive kurtosen på 2,4415 gjør at Jarque-Bera verdiene blir høye nok til å forkaste antakelsen om normalfordelte avkastninger. Skjevheten indikerer at det er større sannsynlighet for ekstreme negative utfall, men den er ikke så negativ at det har særlig innvirkning sammenlignet med en normalfordeling. Imidlertid antyder den høye kurtosen at det er flere utfall nærme gjennomsnittet enn i en normalfordeling.

**Tabell 6.15**  
**In sample-oversikt over handler contango offset-strategi**

Tabellen viser antall og prosentvis andel av gode og dårlige handler, der gode handler er definert som positive avkastninger.

Strategi	Handler	Gode	Andel gode	Dårlige	Andel dårlige
65-dagers	64	50	0,78	14	0,22

I forhold til in sample-perioden har antall positive avkastninger hatt en betydelig økning fra 57 % til 78 %. 65-dagersstrategien rangeres da også på delt førsteplass basert på andel gode handler out of sample. Som vi ser i Figur 6.6 er de få negative utfallene relativt små, med noen unntak. Det er tydelig at de fleste utfallene ligger i nærheten av gjennomsnittet, som kurtosen indikerer. Vi ser også at det har vært en periode siste halvdel av 2012 til og med 2013 og i slutten av 2014 med lavere avkastninger og flere negative utfall. Dette stemmer overens med det vi observerte i out of sample-perioden i roll over-strategien.



**Figur 6.6 Out of sample-avkastninger contango offset-strategi.**

Strategien vurderes som god for tidsrommet den ble testet i, selv om den ikke er den best presterende out of sample. Selv om den har prestert godt i testperioden, betyr imidlertid ikke det at vi kan generalisere og si det samme om fremtiden. Den høye volatiliteten må også tas i betraktning av den individuelle investor før en slik strategi implementeres, man må kunne tåle betydelige tap underveis i investeringsperioden.

### 6.3 Oppsummering av resultater og analyse

I problemstilling 1 fant vi statistisk signifikante prisdifferanser mellom periodekontrakter og porteføljekontrakter med lik leveringsperiode. For futureskontraktene med årlig levering var differansene for 13 av 14 leveringsperioder signifikant negative, som innebærer at porteføljekontraktene har vært priset lavere. Avvikene var i tillegg størst for disse sammenligningene. For futures med kvartalsvis levering var prisdifferansene signifikante for 22 av 41 leveringsperioder, men her var fordelene likt fordelt. Resultatene tyder på at prisingen av futureskontrakter er ineffisient. Vi observerte imidlertid at min- og maksverdiene for avvikene ble redusert utover testperioden, som kan tyde på at futuresmarkedet har blitt mer modent både med tanke på flere aktører og høyere likviditet i derivatene.

En av årsakene til den ineffisiente prisingen kan som nevnt være utviklingen av strukturen til derivatene som tilbys, siden kvartalskontrakter nettopp hadde blitt introdusert i starten av utvalgsperioden. Mulig lav likviditet i kontraktene for denne overgangsperioden kan ha ført til

at prisene brukte lengre tid på å havne i balanse. Futureskontraktene har ikke vært utsatt for flere strukturelle endringer siden dette skjedde, og det kan tenkes at prisene derfor har blitt mer korrekte med tiden. Et annet aspekt for å forklare en mulig modning av markedet kan være en økende andel spekulanter som muligens har ført til et større fokus på å utnytte feilprising. Likeledes vil kontinuerlig forskning på markedet gi aktørene bedre forståelse for hvordan derivatene bør prises.

Det er også mulig at forskjellene i korrelasjonen mellom de ulike futureskontraktene og spotprisen fører til at prisbalansen ikke finner sted like raskt dersom spekulanter ikke følger med, noe som kan ha skjedd i starten av perioden på grunn av færre finansielle aktører. De korteste futureskontraktene har høyere korrelasjon med spotprisen enn de lange, og vil da trolig være mer påvirket av volatiliteten (se Tabell 9.2 i vedlegget). Dette kan føre til prisubalanse med lengre eller kortere varighet, som muligens kan utnyttes.

I problemstilling 2 implementerte vi først en strategi for å undersøke om de statistisk signifikante funnene i problemstilling 1 kunne generere arbitrasjeprofit. Vi fant mange muligheter de første årene, men nesten ingen etter 2006. Dette underbygger hypotesen om at kvartalskontraktene var feilpriset rett etter introduksjonene, men at de raskt kom i et balanseforhold med både års- og månedskontrakter. I tillegg til de nevnte mulige årsakene for ineffisient pricing, finnes det en mulighet for at transaksjonskostnadene har vært større de tidligere årene. Wimschulte (2010) bruker imidlertid historiske kostnader som har økt marginalt i perioden 2003 til 2008. I tillegg er transaksjonskostnadene såpass små at en marginal økning vil ha lite å si for den endelige prisdifferansen.

Vi oppsummerer nå hovedfunnene fra de to siste handlestrategiene og setter resultatene inn i et større økonomisk perspektiv. Begge strategier ble utvalgt som de best presterende i sine respektive in sample-perioder, der kun denne perioden var utslagsgivende for hvorvidt strategiene skulle testes videre. Likheten i fremgangsmåte mellom de to metodene er at investor short-selger månedlige futureskontrakter og venter til siste handledag før posisjonen kanselleres. Eventuell profit blir da differansen mellom salgs- og kjøpspris. Forskjellen er at roll over-strategien kan ses på som en kontinuerlig salgsposisjon i den første terminkontrakten, siden posisjonen blir overført på neste kontrakt ved hvert månedsskifte, mens offset-strategien har simultane investeringer i de tre første terminkontraktene fordi det tas salgsposisjon i hver

månedskontrakt 65 handledager før levering. Begge strategiene har altså én avkastning hver måned, men enkeltinvesteringene har forskjellig tidshorisont. Selv om ingen av strategiene var de best presterende i «out of sample»-perioden, har begge metodene oppnådd bedre resultater sammenlignet med in sample-perioden. Strategi 3, med en lengre holdeperiode, viste seg å ha høyest Sharpe-ratio i out of sample-perioden. Betydningen av dette er at investor ville tjent penger på å holde salgsposisjoner i månedskontrakter de siste tolv årene.

Vi kan tenke oss at aktørene i futuresmarkedet består av to hovedgrupper: Hedgere og spekulanter (Keynes, 1930). Hedgerene er både produsenter og konsumenter av strøm, som har motsatt risiko i derivatmarkedet. Uten hedging vil produsenter som selger strøm naturligvis tjene på høye strømpriser, mens konsumentene tjener på lave strømpriser. Mens produsenter kan hedge sin nedsiderisiko ved å selge futureskontrakter, må konsumentene kjøpe for å sikre seg mot prisoppgang. Ved kjøp av futures låses strømprisen for den aktuelle leveringsperioden og de sikrer seg således mot de positive svingningene i underliggende. Spekulanter går typisk inn i motsatte posisjoner av hedgere. Dette kommer av at hedgere vil flytte risikoen sin over på investorer som er villig til å ta på seg risikoen mot kompensasjon i form av positiv forventet avkastning. Siden derivatmarkedet er et nullsumspill – det som selges av én aktør må kjøpes av en annen aktør for at handelen i det hele tatt skal kunne finne sted – blir både forventet risiko og forventet avkastning flyttet over fra hedgeren til spekulanten. Dette innebærer følgelig at hedgeren betaler for å flytte risikoen ved å ta på seg en forventet negativ avkastning.

Vi vil argumentere for at det finnes to årsaker til at det kan være flere konsumenter enn produsenter blant hedgerene i futuresmarkedet. For det første har kraftprodusentene en fordel overfor konsumentene på grunn av den positive skjevheten til spotprisens avkastningsfordeling, som betyr at det er større sannsynlighet for positive enn negative ekstremverdier. Spotprisen kan ikke bli negativ, bortsett fra i ekstreme tilfeller (Energistyrelsen, 2015), men den kan teoretisk sett bli uendelig høy. Risikoen for ekstreme positive priser kan dermed tenkes å legge press på konsumentene til å hedge i derivatmarkedet i større grad enn på produsentene. For det andre kan vi legge til grunn Botterud et al. (2003) sitt poeng angående fordelingen til vannkraftbaserte produsenter overfor konsumentene pga. bedre mulighet til å justere tilbudet på kort sikt. Dersom dette stemmer vil det følgelig kunne finnes flere risikoaverse konsumenter enn produsenter i futuresmarkedet.



Ifølge Keynes (1930) vil spekulanter i et futuresmarked kun ta posisjoner med forventet positiv avkastning; long-posisjon hvis prisene forventes å stige, og short-posisjon hvis de forventes å falle. Hicks (1939) argumenterer for at et futuresmarked i contango, med hedgere i netto long-posisjon, vil ha spekulanter i netto short-posisjon. I contango forventes dermed futuresprisene å være fallende. Dersom antakelsen vår om flest hedgere i form av konsumenter holder, stemmer dette overens med teorien, og underbygges av våre signifikante resultater for en negativ gjennomsnittlig netto eierfordel. Dette betyr at hedgerene flytter risiko og forventet positiv avkastning over på spekulantene, som da tar short-posisjoner i markedet. Dersom flest konsumenter ruller futureskontrakter for å holde en kontinuerlig hegde, kan det tenkes at de kjøper kontrakter i starten av hver måned og ruller de over ved månedsskiftet. Hvis vi antar at det er hedgerene som initierer handlene, vil dette kunne føre til økt etterspørsel i starten av måneden og økt tilbud mot slutten. Det vil videre kunne gi inflaterte priser i starten og deflaterne priser i slutten av hver måned, som kan være med å forklare de positive resultatene vi får for strategier som innebærer short-selging av kontrakter.

Vi har argumentert for at det er to hovedeffekter som fører til at short-strategiene vi har testet genererer positiv avkastning. Det er imidlertid sannsynlig å anta at futuresmarkedet er mer komplekst enn vi har fremstilt det som, og at det er flere faktorer som har innvirkning på prisene. Dette kan blant annet innebære sesongvariasjoner vi ikke har klart å avdekke og forskjellige makrovariabler vi ikke har tatt med i betraktningen, som temperatur og konjunkturer. Disse variablene kan påvirke forventningene til spotprisen, som i tur, avhengig av korrelasjonen, påvirker futuresprisene i varierende grad. I tillegg har vi benyttet lagerkostnadsteorien som det er varierende empirisk grunnlag for å bruke på det nordiske kraftmarkedet. Selv om det kan argumenteres for modellens bruk i et futuresmarked dominert av vannkraft, må man også ta hensyn til at en ikke-triviell andel produsenter av andre kraftkilder ikke opplever de samme fordelene som vannkraftbaserte produsenter kan inneha. Effektene vi omtaler kan derfor være mindre enn de virker som, og det trengs fortsatt mer forskning på området for å få et større og bedre bilde av markedet.



## 7 Konklusjon

Vi har funnet resultater som tyder på at prisingen av futureskontrakter på det nordiske kraftmarkedet ikke er effisient. Resultatene er klartest for prissammenligningen mellom årskontrakter og porteføljekontrakter bestående av kvartalskontrakter, men også for kvartals- og månedskontrakter er over halvparten av testene signifikante. Imidlertid kan det virke som at markedet har modnet noe i løpet av utvalgsperioden, siden volatiliteten i prisdifferansene har en avtakende trend. Dette gjenspeiles også i den første handlestrategien, der vi finner arbitrasjemuligheter de første årene både for kontrakter med levering på ett år og ett kvartal. Vi argumenterer for at lav likviditet og mindre andel finansielle aktører i markedet kan være årsaker til at vi observerer feilprising i starten av perioden. Arbitrasjemulighetene er svært få etter 2006 og avkastningen er lav for de tilfellene investor kunne utnyttet. Selv om vi finner statistisk signifikans for ineffisient prising, kan vi altså ikke påstå økonomisk signifikans.

Vi har videre testet to handlestrategier basert på et futuresmarked med flest dager med negativ eierfordel og signifikante resultater for gjennomsnittlig negativ netto eierfordel i en in sample-periode. Strategiene går ut på å ta short-posisjoner med varierende lengde i månedskontrakter og kansellere posisjonen siste handledag før forfall. Begge strategien presterer godt i out-of-sample-tester, men innebærer både høy avkastning og risiko. Vi argumenterer for at en større andel hedgere i form av kraftkonsumenter øker etterspørselen etter futureskontrakter, presser prisene over spotprisen og fører til et futuresmarked som gjennomsnittlig er i contango. Denne forutsigbarheten gjør at spekulanter kan utnytte en forventning om fallende futurespriser.

Det nordiske kraftmarkedet, både spotmarkedet og futuresmarkedet, behøver ytterligere forskning. Fremover vil det blant annet være interessant å studere hvordan markedsaktørene reagerer på de strukturelle forandringene for finansiering på derivatmarkedet, med tanke på avslutningen av bankgarantier som sikkerhetsstillelse.



## 8 Referanser

- Alexander, C. (2010) *Market Risk Analysis Volume I: Quantitative Methods in Finance*. Chichester, West Sussex, England: John Wiley & Sons Ltd.
- Bessembinder, H. og Lemmon, M. L. (2002) Equilibrium pricing and optimal hedging in electricity forward markets, *The Journal of Finance*, 57 (3), s. 1347-1382.
- Bjønnnes, G. H. og Saakvitne, J. A. (2015) Hva skjer med det nordiske kraftderivatmarkedet om aktørene ikke får stille sikkerhet gjennom bankgarantier?, *Magma*, 2015 (8), s. 39-48.
- Bondarenko, O. (2003) Statistical arbitrage and securities prices, *Review of Financial Studies*, 16 (3), s. 875-919.
- Bondt, W. F. M. og Thaler, R. (1985) Does the stock market overreact?, *the Journal of Finance*, 40 (3), s. 793-805.
- Botterud, A., Bhattacharyya, A. K. og Ilic, M. (2003) Futures and spot prices-an analysis of the Scandinavian electricity market: Proceedings of the 34th Annual North American power Symposium (NAPS 2002); Tempa AZ-USA, October 2002.
- Botterud, A., Kristiansen, T. og Ilic, M. D. (2010) The relationship between spot and futures prices in the Nord Pool electricity market, *Energy Economics*, 32 (5), s. 967-978.
- Cox, J. C., Ingersoll, J. E. og Ross, S. A. (1981) The relation between forward prices and futures prices, *Journal of financial economics*, 9 (4), s. 321-346.
- Energistyrelsen. (2015) *Faktaark Negative Elpriser* [Internett]. Tilgjengelig fra: [http://www.ens.dk/sites/ens.dk/files/undergrund-forsyning/vedvarende-energi/vindkraft-vindmoeller/fakta-vind/noegletal-statistik/faktaark\\_om\\_negative\\_elpriser\\_20012015.pdf](http://www.ens.dk/sites/ens.dk/files/undergrund-forsyning/vedvarende-energi/vindkraft-vindmoeller/fakta-vind/noegletal-statistik/faktaark_om_negative_elpriser_20012015.pdf) (Hentet: 22.05 2016).
- Fama, E. F. (1970) Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work, *The Journal of Finance*, 25 (2), s. 383-417.
- Fama, E. F. og French, K. R. (1987) Commodity futures prices: Some evidence on forecast power, premiums, and the theory of storage, *Journal of Business*, s. 55-73.
- Gjolberg, O. og Johnsen, T. (2001) Electricity futures: inventories and price relationships at nord pool, *Norwegian School of Economics and Business Administration-Department of Finance and Management Science*.
- Grossman, S. J. og Stiglitz, J. E. (1980) On the Impossibility of Informationally Efficient Markets, *The American Economic Review*, 70 (3), s. 393-408.

- Hatlen, L. M. og Aarrestad, K. K. (2014) *Energi- og vannressurser i Norge*. Tilgjengelig fra: [https://www.regjeringen.no/contentassets/fd89d9e2c39a4ac2b9c9a95bf156089a/1108774830\\_897155\\_fakta\\_energi-vannressurser\\_2015\\_net.pdf](https://www.regjeringen.no/contentassets/fd89d9e2c39a4ac2b9c9a95bf156089a/1108774830_897155_fakta_energi-vannressurser_2015_net.pdf).
- Hicks, J. (1939) *Value and Capital: An Inquiry Into Some Fundamental Principles of Economic Theory*. Clarendon Press.
- Hull, J. (2009) *Options, Futures and Other Derivatives*. Pearson/Prentice Hall.
- Jegadeesh, N. og Titman, S. (1993) Returns to buying winners and selling losers: Implications for stock market efficiency, *the Journal of Finance*, 48 (1), s. 65-91.
- Jones, S. L. og Netter, J. M. (2008) *Efficient Capital Markets* [Internett]. The Concise Encyclopedia of Economics. Tilgjengelig fra: <http://www.econlib.org/library/Enc/EfficientCapitalMarkets.html> (Hentet: 22.05 2016).
- Keynes, J. M. (1930) *A Treatise on Money*. Harcourt, Brace.
- Kristiansen, T. (2007) Pricing of monthly forward contracts in the Nord Pool market, *Energy Policy*, 35 (1), s. 307-316.
- Longstaff, F. A. og Wang, A. W. (2004) Electricity forward prices: a high-frequency empirical analysis, *The Journal of Finance*, 59 (4), s. 1877-1900.
- Lucia, J. J. og Schwartz, E. S. (2002) Electricity prices and power derivatives: Evidence from the nordic power exchange, *Review of derivatives research*, 5 (1), s. 5-50.
- NasdaqOMX. (2016a) *Fee list* [Internett]. Tilgjengelig fra: <http://www.nasdaqomx.com/commodities/Marketaccess/feelist> (Hentet: 28.02 2016).
- NasdaqOMX. (2016b) *Margin Curve* [Internett]. Tilgjengelig fra: <http://www.nasdaqomx.com/commodities/clearing/risk-default-management/margincurves> (Hentet: 23.05 2016).
- NasdaqOMX. (2016c) *Margin Requirement* [Internett]. Tilgjengelig fra: <http://www.nasdaqomx.com/transactions/markets/commodities/clearing/risk-default-management/margin-requirement> (Hentet: 05.05 2016).
- NasdaqOMX. (2016d) *Power DS Futures* [Internett]. Tilgjengelig fra: <http://www.nasdaqomx.com/transactions/markets/commodities/markets/power/power-ds-futures>.
- NasdaqOMX. (2016e) *Power Futures* [Internett]. Tilgjengelig fra: <http://www.nasdaqomx.com/transactions/markets/commodities/markets/power/power-futures> (Hentet: 16.03 2016).

- NordPoolASA. (2016) The financial market - An introduction to Nord Pool's financial market and its products.
- NordPoolSpot. (2016) *Producers* [Internett]. Tilgjengelig fra: <http://www.nordpoolspot.com/How-does-it-work/The-market-members/Producers/>.
- Shiller, R. J. (1981) The use of volatility measures in assessing market efficiency, *the Journal of Finance*, 36 (2), s. 291-304.
- Stensland, G. og Bjerksund, P. (2004) Power Market Analyst Study. Lecture Notes, Norwegian School of Economics and Business Administration.
- Summers, L. H. (1986) Does the stock market rationally reflect fundamental values?, *the Journal of Finance*, 41 (3), s. 591-601.
- Wimschulte, J. (2010) The futures and forward price differential in the Nordic electricity market, *Energy Policy*, 38 (8), s. 4731-4733.





## 9 Vedlegg

**Tabell 9.1**

**Oversikt over sesongkontrakter**

Tabellen viser oversikten over sesongkontrakter med tilhørende leveringsperioder. Sesongkontraktene ble gradvis faset ut og erstattet av kvartalskontrakter fra 2004 (Wimschulte, 2010).

Sesongkontrakter	Leveringsperiode
Winter 1	01. januar – 30. april
Summer	01. mai – 30. september
Winter 2	01. oktober – 31. desember

**Tabell 9.2**

**Korrelasjon med spotpris**

Tabellen viser månedlige, kvartalsvise og årlige terminkontraktenes korrelasjon med spotprisen i perioden 02.01.2004 til 08.02.2016. N = 3032, bortsett fra Y4 - Y5 (N = 2419) og Q5 - Q11 (N = 2781).

Måned	Korrelasjon	Kvartal	Korrelasjon	År	Korrelasjon
M1	0,91	Q1	0,79	Y1	0,63
M2	0,85	Q2	0,66	Y2	0,53
M3	0,78	Q3	0,63	Y3	0,53
M4	0,71	Q4	0,65	Y4	0,50
M5	0,65	Q5	0,52	Y5	0,51
M6	0,62	Q6	0,42		
		Q7	0,48		
		Q8	0,56		
		Q9	0,44		
		Q10	0,38		
		Q11	0,42		

**Tabell 9.3**

**Oversikt over risikofri rente i sample-periodene**

Renten er beregnet som et aritmetisk gjennomsnitt av daglige annualiserte rentesatser for 3-måneders norske statsobligasjoner.

Strategi	Sample	Handleperiode	Gj.snittlig risikofri rente
Contango roll over	In sample	02.01.2004 til 30.12.2010	2.95 %
	Out of sample	03.01.2011 til 12.02.2016	1.43 %
Contango offset	In sample	01.09.2005 til 30.11.2010	3.30 %
	Out of sample	01.09.2010 til 31.03.2016	1.46 %

**Tabell 9.4****Deskriptiv statistikk prisdifferanser år kvartal**

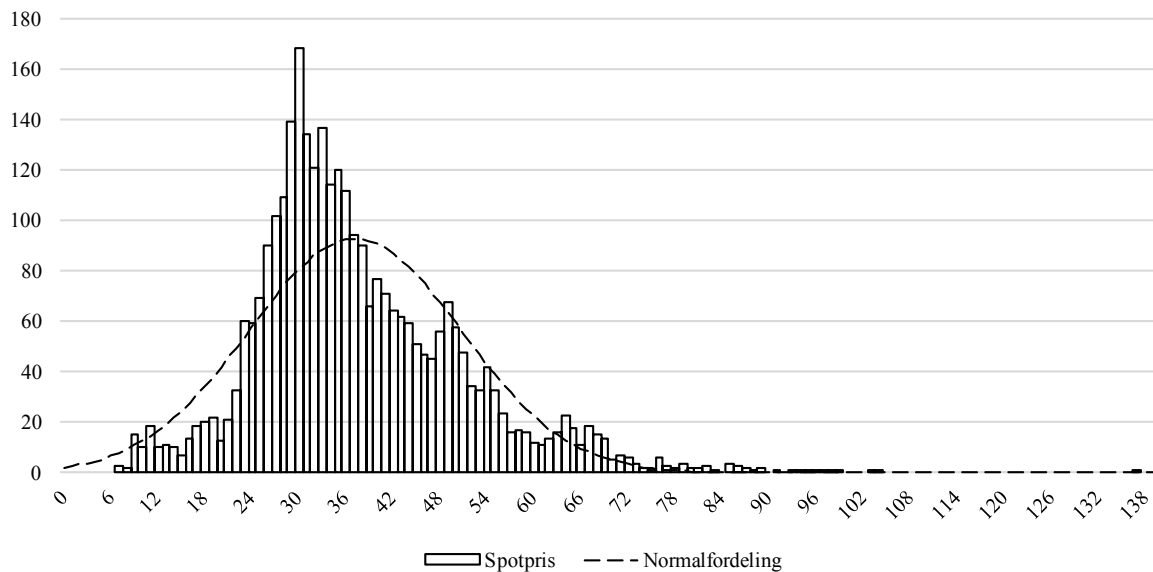
Tabellen viser gjennomsnitt, standardavvik, skjevhet, eksess kurtose og Jarque-Bera-verdier for prisdifferansene mellom periodekontrakter og porteføljekontrakter med årlig leveringsperiode.

Leveringsperiode	Antall	Gj.snitt	SD	Skjevhet	Kurtose	JB
2006	500	-0,0664	0,1913	-2,7040	14,1968	3221,1017
2007	499	-0,0252	0,1327	-0,5249	4,5088	70,2432
2008	498	-0,0744	0,1779	-0,9168	2,8910	70,0054
2009	500	-0,0781	0,1710	-0,6630	2,0768	54,3864
2010	498	-0,0880	0,1908	-0,7797	2,6623	52,8260
2011	497	0,0073	0,1810	0,1814	3,7769	15,2220
2012	503	-0,0587	0,1587	-0,9004	10,6553	1296,1903
2013	490	-0,0374	0,1077	0,2064	3,9275	21,0418
2014	498	-0,0173	0,0949	1,0934	3,5473	105,4372
2015	496	-0,0579	0,1053	-0,2110	0,3503	148,7729
2016	498	-0,0299	0,0739	-0,5434	0,6926	134,9875
2017	299	-0,0102	0,0811	-0,4500	0,4131	93,4672
2018	38	-0,0619	0,0767	0,2958	-1,0088	25,9983

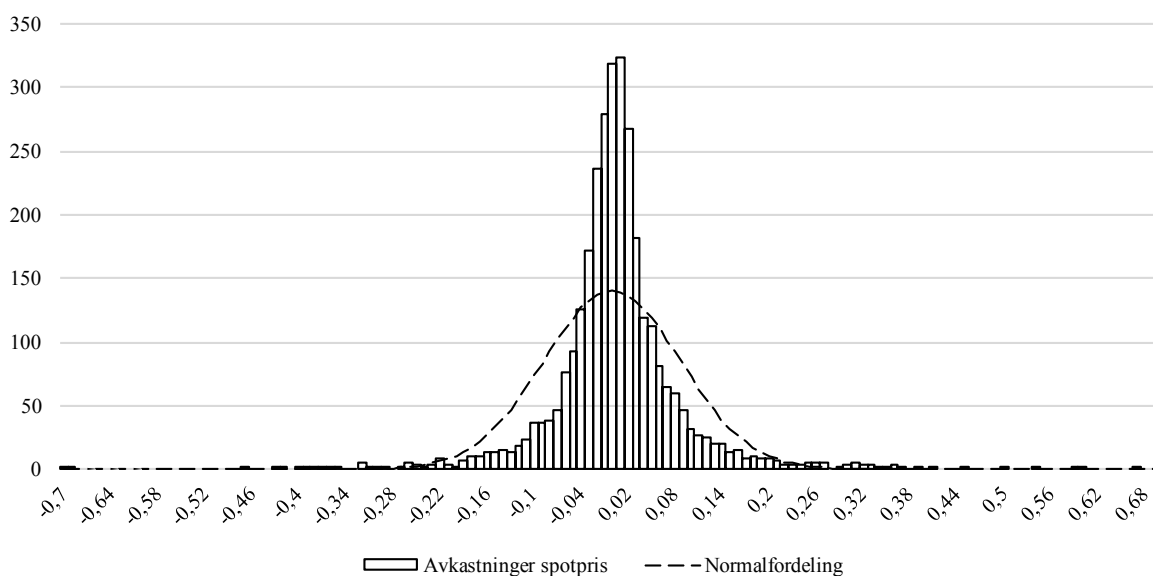
**Tabell 9.5****Deskriptiv statistikk prisdifferanser kvartal måned**

Tabellen viser gjennomsnitt, standardavvik, skjevhet, eksess kurtose og Jarque-Bera-verdier for prisdifferansene mellom periodekontrakter og porteføljekontrakter med kvartalsvis leveringsperiode.

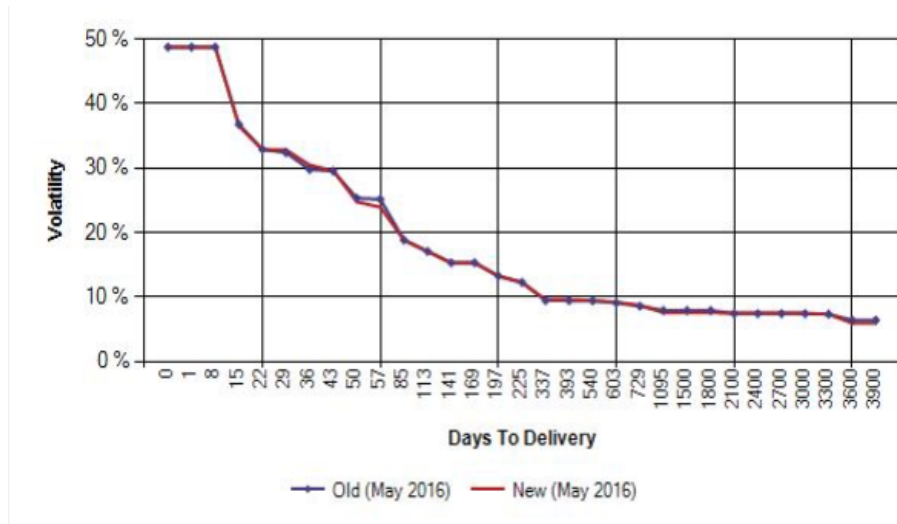
Leveringsperiode	Antall	Gj.snitt	SD	Skjevhet	Kurtose	JB
2006	339	-0,0161	-3,9004	-0,9751	4,4755	107,7627
2007	336	0,0282	2,1851	-1,0469	5,6449	103,4770
2008	332	-0,0270	-6,1097	-0,4529	7,2073	130,9233
2009	332	0,0096	1,9122	-0,1292	6,0851	124,6801
2010	332	0,0193	-0,7790	0,5463	3,5479	41,1610
2011	331	-0,0145	-1,8678	0,5467	2,5026	43,0292
2012	327	0,0366	0,7147	-1,1619	9,0519	834,0147
2013	327	-0,0086	-1,4433	-1,1800	8,9542	835,6561
2014	328	-0,0018	0,2292	-1,5274	9,4893	837,7282
2015	330	0,0214	1,2270	-1,1916	10,1471	837,3739
2016	334	-0,0242	-0,2660	0,1067	1,9672	20,5901



**Figur 9.1 Spotprisfordeling 2004 - 2016.** Figuren viser frekvensen til spotprisen i tidsrommet 01.01.2004 - 08.02.2016 sammenlignet med normalfordeling.



**Figur 9.2 Avkastningsfordeling spotpris 2004 - 2006.** Figuren viser frekvensen til spotprisens log-avkastningen i tidsrommet 02.01.2004 - 08.02.2016 sammenlignet med normalfordeling.



**Figur 9.3 Marginkurve 25.05.2016.** Figuren viser graf over hvor stor grad av sikkerhet som må stilles basert på volatilitet og handledager igjen til levering (NasdaqOMX, 2016b).