

***Sammenhengen mellom spot- og terminkontrakspriser  
i et vannkraftdominert elektrisitetsmarked  
– en studie av det nordiske kraftmarkedet***

Andreas Drage

Espen Riibe

Våren 2012

BE 305 E

## **Abstract**

We analyze 6 years of futures prices and 9 years of forward prices from the Nordic electricity market, and investigate the existence of a convenience yield and a risk premium. We find that both futures and forwards tend to be higher than current spot prices – the market is in contango on average, but the observed convenience yield is clearly influenced by season and availability of hydrostorage. We find that as the time to delivery increases, and as the delivery period increases, the driving force of net convenience yield shift from expected future availability of water, to current storage levels. The average risk premium is also found to be negative. Continuously holding a long position in contracts therefore leads to a negative realized return over the period. This may indicate an asymmetric relationship between the demand for long and short positions in the contracts, low presence of speculators, and that the market is not fully integrated with the broad financial markets. The findings coincide with those of Botterud et al. (2010) – our analysis show that the observed relationship between current spot and contract-prices are clearly linked to physical states in the electricity system. However, the relationship between risk premium and the same physical states show ambiguous results, indicating that there may be other variables that better explain the observed realized return.

## Forord

Denne utredningen er siste del av siviløkonomutdanningen med spesialiseringen finansiering og investering ved Handelshøgskolen i Bodø, Universitetet i Nordland.

Valget av tema og problemstilling falt med bakgrunn i at vi har en interesse for kraftmarkedet, og for derivater som finansielle instrument. Denne utredningen gav oss derfor en mulighet til å kombinere disse interessefeltene, og øke vår forståelse for kraftmarkedet og de kontrakter som handles på dette markedet. Det har imidlertid vært en betydelig inngangsbarriere i forhold til å forstå helheten i dette markedet, og vi har opplevd det som veldig berikende å bryte denne barrieren.

Vi vil gjerne takke vår veileder, førsteamanuensis Frode Kjærland ved Handelshøgskolen i Bodø, for sin støtte og kompetanse innenfor emnet.

---

Andreas Drage

---

Espen Riibe

Bodø, den 21.05.2012

## Sammendrag

De fleste empiriske studier av kraftmarkeder har sett på sammenhengen mellom spot- og terminkontraktpriser i lys av en risikopremieteori basert på modellering av spotprisen, med bakgrunn i at elektrisitet som underliggende ikke kan lagres, og at tradisjonelle ”cost-of-carry”- argumenter derfor ikke kan anvendes. Botterud et al. (2010) bryter med dette synet, og argumenterer for at det i et vannkraftdominert marked som det nordiske, kan benyttes en lagerkostnadstankegang i tillegg til risikopremietankegangen. Vi antar også dette synet, da vannkraftprodusenter har mulighet til- og fleksibilitet ved å lagre vann i magasiner, og dermed indirekte lagre elektrisitet.

Vi analyserer 6 år med historiske spot- og futurespriser, og 9 år med historiske spot- og forwardpriser på det nordiske vannkraftdominerte kraftmarkedet. Vi finner at gjennomsnittlig netto eierfordel og risikopremie er negativ over analyseperiodene, hvilket tilsier at markedet i gjennomsnitt er i contango i forhold til både gjeldende spotpris og forventet spotpris.

For netto eierfordel påviser vi klare relasjoner til fysiske tilstander i kraftsystemet, som vannmagasinstand, tilsig og systemlast. Ved økt tid til levering, og økt leveringslengde, finner vi at de primære drivere av netto eierfordel skifter fra forventninger om framtidig tilgjengelighet av vann, til nåværende inventar av vann. Relasjonen til finansielle tilstander som varians, skjevhet og nivå i spotpris er totalt sett som forventet i lys av teorier om lagring av råvarer, samt den observerte korrelasjonen mellom spotprisen og kontraktene. Vi finner støtte for antagelsen om at en lagerkostnadstankegang også kan benyttes i det nordiske kraftmarkedet.

Vi finner ingen klar entydig relasjon mellom risikopremie og de fysiske og finansielle tilstandene, og vi finner indikasjoner på at den spesifiserte modellen for risikopremie ikke kan støttes. Vi finner imidlertid at gjennomsnittlig risikopremie for de analyserte futureskontraktene og for forwardkontrakten er henholdsvis -2, -7 og -3,6 %. Vi argumenterer for at risikopremiens størrelse indikerer at det fortsatt er et asymmetrisk forhold mellom kjøpere og selgere i kontraktene, og dermed behovet for sikring. Dette tyder også på at tilstedeværelsen av spekulanter i markedet ikke er tilstrekkelig, og at den finansielle delen av kraftmarkedet ikke er fullt integrert med de brede finansmarkedene.

# Innholdsfortegnelse

Abstract.....	ii
Forord .....	iii
Sammendrag.....	iv
Figuroversikt .....	viii
Tabelloversikt.....	viii
Formeloversikt .....	ix
Begrepsordliste.....	ix
<b>1 INNLEDNING .....</b>	<b>1</b>
1.1 Bakgrunn for oppgaven.....	1
1.2 Problemstilling.....	2
1.3 Utredningens oppbygning .....	3
<b>2 DET NORDISKE KRAFTMARKEDET.....</b>	<b>4</b>
2.1 Særtrekk ved elektrisitet.....	4
2.2 Historikk.....	5
2.2.1 Monopoltilpasningen .....	5
2.2.2 Skift mot deregulering .....	5
2.3 Organisering i dag.....	7
2.3.1 Aktørene .....	7
2.3.1.1 Produsenter .....	7
2.3.1.2 Leverandører og sluttbrukere.....	9
2.3.1.3 Tradere og meglere.....	10
2.3.2 Overføringsnett .....	10
2.4 Det fysiske markedet.....	12
2.4.1 Bilaterale avtaler .....	12
2.4.2 Elspot .....	12
2.4.3 Elbas.....	16

2.4.4	Regulorkraftmarkedet.....	16
2.4.5	Regulerkraftopsjoner.....	17
2.5	Det finansielle kraftmarkedet .....	17
2.5.1	Futures.....	19
2.5.2	Forwards.....	21
2.5.3	Swaps .....	22
2.5.4	Contracts for Difference.....	23
2.5.5	Opsjoner .....	24
2.5.6	Karbonkontraktene.....	25
<b>3</b>	<b>PRISING AV TERMINKONTRAKTER .....</b>	<b>26</b>
3.1	Lagringskostnadsteorien .....	26
3.1.1	Teorien om lagring.....	26
3.1.2	Backwardation og contango.....	27
3.1.3	Markedet for lagring.....	28
3.1.4	Inventarbeholdning og prisdynamikken .....	29
3.2	Teorien om risikopremie .....	32
3.3	Tidligere studier av terminkontraktsprising .....	34
3.3.1	Klassiske Råvarer .....	34
3.3.2	Energimarkeder .....	34
3.3.3	Elektrisitetsmarkeder .....	35
3.4	Effisiens og informasjon .....	38
<b>4</b>	<b>METODE OG MODELLOPPSETT.....</b>	<b>41</b>
4.1	Vitenskapsteoretisk tilnærming .....	41
4.2	Modelloppsett.....	43
4.2.1	Netto eierfordel.....	43
4.2.2	Risikopremie.....	45
4.3	Økonometrisk metode.....	46

4.3.1	Forutsetninger for regresjon .....	47
4.3.2	Data.....	51
4.3.3	Validitet og reliabilitet .....	51
<b>5</b>	<b>ANALYSE.....</b>	<b>53</b>
5.1	Databehandling og operasjonalisering .....	53
5.1.1	Operasjonsdata.....	53
5.1.2	Futures og forward.....	53
5.1.3	Spotprisene .....	55
5.2	Spotpris og fysiske tilstander i kraftsystemet .....	55
5.3	Spot- og terminkontraktpriser.....	58
5.4	Netto eierfordel.....	60
5.4.1	Regresjonsanalyse.....	63
5.4.1.1	Futureskontrakt, levering t+1 .....	63
5.4.1.2	Futureskontrakt, levering t+6 .....	67
5.4.1.3	Forward, levering t+1 .....	68
5.5	Risikopremie.....	70
5.5.1	Regresjonsanalyse risikopremie .....	72
5.5.1.1	Futureskontrakt, levering t+1 .....	72
5.5.1.2	Futureskontrakt, levering t+6 .....	74
5.5.1.3	Forward, levering t+1 .....	76
<b>6</b>	<b>KONKLUSJON OG IMPLIKASJONER.....</b>	<b>77</b>
	LITTERATURLISTE.....	80
	Vedlegg 1: Markedskobling .....	i
	Vedlegg 2: Spotpris.....	ii
	Vedlegg 3: Endring etterspørsel og eierfordel.....	iii
	Vedlegg 4: Utledning av formlene $r_p$ og $c_y$ .....	iv
	Vedlegg 5: RATS utskrifter – Netto eierfordel.....	v
	Vedlegg 6: RATS utskrifter – Risikopremie .....	xv

## Figuroversikt

Figur 1: Ulike produsenters marginalkostnader – en oversikt .....	9
Figur 2: Bud/tilbud fra én aktør for én time, neste dag.....	13
Figur 3: Aggregerte tilbuds- og etterspørselskurver .....	13
Figur 4: Eksponering på tvers av områder via finansiell kontrakt.....	15
Figur 5: Oppgjør i en futureskontrakt. Eksempel for én time i leveringsperioden .....	20
Figur 6: Oppgjør med en forwardkontrakt. Eksempel for én time i leveringsperioden .....	21
Figur 7: Lagringskostnadsteorien – terminkontrakt mot spotpris .....	28
Figur 8: Risikopremieteorien – terminkontrakt mot spotpris .....	33
Figur 9: Informasjonsdeling.....	40
Figur 10: Ukentlig forbruk og tilsig over analyseperioden.....	56
Figur 11: Ukentlig tilsig og spotpris .....	56
Figur 12: Ukentlig spotpris, magasinstand og avvik magasin.....	57
Figur 13: Ukentlig spot og futurespriser .....	58
Figur 14: Månedlig pris for spot og forward .....	59
Figur 15: Gjennomsnittlig eierfordel og normalt magasinnivå over ukene .....	62
Figur 16: Residualer fra innledende regresjon f1w .....	63
Figur 17: Autokorrelasjonshistogram – f1w.....	64
Figur 18: Autokorrelasjonshistogram – f6w.....	67
Figur 19: Residualer innledende regresjon, forwardkontrakt.....	69
Figur 20: Gjennomsnittlig risikopremie og middelværdi magasinnivå over ukene .....	72
Figur 21: Residualer innledende regresjon f1w .....	73
Figur 22: Residualer innledende regresjon f6w .....	74

## Tabelloversikt

Tabell 1: Deskriptiv statistikk: ukentlig spot og futureskontrakter .....	59
Tabell 2: Månedlig spotpris og forward .....	60
Tabell 3: Netto eierfordel .....	61
Tabell 4: Resultater Ljung-Box test f1w.....	64
Tabell 5: Resultat White's test f1w .....	65
Tabell 6: Resultat av Jarque-Bera f1w.....	65
Tabell 7: Netto eierfordel f1w .....	66
Tabell 8: Netto eierfordel f6w .....	68
Tabell 9: Netto eierfordel forward.....	69
Tabell 10: Deskriptiv statistikk risikopremie.....	70



Tabell 11: Risikopremie f1w .....	73
Tabell 12: Risikopremie f1w .....	75
Tabell 13: Utskrift av innledende regresjon for forward .....	76

## Formeloversikt

Formel 1: Prising av råvareswaps.....	22
Formel 2: Lagerkostnadshypotesen, diskret form.....	27
Formel 3: Lagerkostnadshypotesen, kontinuerlig form .....	27
Formel 4: Likevektstilspasning for lagring .....	29
Formel 5: Teorien om risikopremie, kontinuerlig form .....	33
Formel 6: Regresjonsmodell - Netto eierfordel .....	43
Formel 7: Regresjonmodell - Risikopremie.....	45
Formel 8: Koeffisientestimator .....	47
Formel 9: Eierfordel .....	60
Formel 10: Risikopremie .....	70

## Begrepsordliste

<i>F1W:</i>	Forkortelse i figur og tabeller. Futureskontrakt med 1 uke til levering.
<i>F6W:</i>	Forkortelse i figur og tabeller. Futureskontrakt med 6 uker til levering.
<i>Grunnlast:</i>	Fritt oversatt fra "base-load" og vedrører driftstimer med normal systemlast.
<i>Lag:</i>	En tidligere verdi. En lag = $t - 1$ , to lag = $t - 2$ , ..., k lag = $t - k$ .
<i>Terminkontrakt:</i>	Fellesbetegnelse for futures- og forward kontrakter.
<i>Topplast:</i>	Fritt oversatt fra "peak-load" og vedrører driftstimer med høyt trykk i systemlast.

# 1 Innledning

---

## 1.1 Bakgrunn for oppgaven

Det nordiske kraftmarkedet har vært igjennom en omfattende deregulering de siste tiår, og vi har sett utviklingen av et nyskapende og velfungerende kraftmarked. Markedet har vært i stadig endring, både i forhold til medlemsland, produktspesifikasjon og tilknytning til kontinentale energimarkeder. I dag foregår fysisk handel på den multinasjonale kraftbørsen Nord Pool Spot, og finansiell handel via handelssystemet til Nasdaq OMX Commodities Nordic. Grunnstammen for den finansielle handelen er terminkontraktene futures og forwards, og kontraktene har en stadig viktigere rolle for risikostyring og spekulasjon i et fysisk marked som bærer preg av høy volatilitet og sesongsvingninger. Forståelse for sammenhengen mellom spotpriser og terminpriser er dermed helt sentralt for aktørene som deltar i dette markedet.

Sammenhengen mellom spot og futures har vært gjenstand for mye forskning og debatt, for mange ulike råvaremarkeder. I elektrisitetsmarkeder har den rådende oppfatningen vært at siden elektrisitet ikke kan lagres, faller klassiske arbitrasje- og replikasjonsargumenter bort, slik at det dermed er nødvendig med en forventningsrettet tilnærming. De fleste empiriske studier forsøker å modellere spotprisen ved undersøkelser av kontraktspriser, i lys av en risikopremieteori. Det nordiske kraftmarkedet er imidlertid dominert av vannkraft basert på vannmagasin, og Botterud et al. (2010) argumenterer derfor for at en lagerkostnadstankegang *også* kan benyttes for dette markedet, og finner støtte for dette i en analyse av futureskontrakter i perioden 1996 – 2006.

Denne utredningen er en forlengelse av ovennevnte studie, ved at vi analyserer futureskontrakter den siste 6 års- perioden av det nordiske kraftmarkedet. Vi argumenterer for at markedet har modnet, og at dynamikken har endret seg i forhold til perioden analysert av Botterud et al. (2010). Vår analyseperiode har hatt stabilitet i forhold til medlemsland på den fysiske kraftbørsen, samt kontraktspesifikasjoner på det finansielle markedet. Blant annet har karbonkontrakter vært i aktiv handel over hele analyseperioden, som også påvirker elektrisitetsprisene. Fysisk er markedet inndelt i flere områder i senere tid, og det er også opprettet koblinger mot andre kraftbørsområder. Markedet er derfor mer integrert enn hva det

var tidligere. Den finansielle delen har også modnet i forhold til deltakelsen av spekulanter og investorer. Det må antas at markedet i dag er mer velutviklet, og at spekulanter innehar en større rolle på det finansielle markedet. I dag eksisterer det eksempelvis flere kraftfond som driver aktiv handel av derivater på kraftmarkedet, og de finansielle kontraktene er mer tilgjengelig for investorer i de bredere finansielle markedene.

Videre bidrar denne utredningen til eksisterende empiri ved at vi også analyserer forwardkontrakter med månedslevering for hele den perioden dagens forwardspesifikasjon har eksistert; 2003 – 2012. Dette gjør vi for å undersøke hva som skjer med dynamikken og relasjonen til de teoretiske sammenhengene når leveringsperioden øker.

## 1.2 Problemstilling

Med bakgrunn i funnene til Botterud et al. (2010), ønsker vi å forlenge dette studiet ved å analysere perioden 2006 – 2012 for futureskontrakter, i tillegg til at vi bidrar til eksisterende empiri ved at vi analyserer forwardkontrakter for perioden 2003 – 2012. Formålet er å påvise eksistensen av en netto eierfordel, og videre undersøke hvilke variabler som påvirker denne størrelsen. Vi tester også tilstedeværelsen av en risikopremie, og undersøker hvorvidt denne også drives av de variabler som påvirker netto eierfordel. Vår problemstilling i denne utredningen er derfor:

*Hvilken sammenheng er det mellom terminkontraktspriser og spotpriser i det nordiske kraftmarkedet, i lys av de to etablerte teoriene om prising av terminkontrakter?*

Som følge av tettere integrasjon og et mer modent marked, har vi to a priori forventninger for vår analyseperiode. Det må imidlertid presises at disse ikke blir eksplisitt testet for, men kvalitativt undersøkt. For det første forventer vi at integrasjonen mellom energimarkeder, og introduksjonen av karbonkontraktene, burde ha ført til en økt eierfordel av lagret vann i magasiner. Vedrørende eksistensen av en risikopremie forventer vi at markedets modning har ført til en risikopremie nærmere null, da flere spekulanter burde antas å bringe etterspørselen etter posisjoner i kontraktene nærmere en likevekt.

## 1.3 Utredningens oppbygning

Vi innleder andre kapittel med en relativt grundig presentasjon av det nordiske kraftmarkedet, hvor vi først presenterer et kort historisk perspektiv. Dette gjør vi fordi det er essensielt å forstå det underliggende marked ved studiet av derivater. Hovedfokuset ligger i en presentasjon av markedets organisering i dag, og inndelingen i en fysisk og en finansiell kraftbørs. Vi gir en kort presentasjon av aktørene i markedet, de finansielle produkter som handles, og formålet med disse produktene.

Tredje kapittel gir en grundig beskrivelse av de to etablerte teoriene for prising av terminkontrakter; lagerkostnadshypotesen og teorien om risikopremie. Deretter følger en gjennomgang av empiriske undersøkelser av sammenhengen mellom spot og terminkontrakter, og avslutningsvis diskuteres markedseffisiens og informasjonstilgang.

Påfølgende kapittel tar for seg vår vitenskapsteoretiske tilnærming, etterfulgt av modelloppsett og en diskusjon av denne. Videre presenteres det metodiske rammeverk, med fokus på de forutsetninger som må ligge til grunn for en lineær regresjonsmodell.

Analysen foretas i det femte kapitlet. Vi starter med enkle deskriptive undersøkelser av prisutvikling og relasjoner til fysiske tilstander i kraftsystemet. Analysen er deretter todelt med tanke på testing av de to ulike prisingsteoriene. Vi starter med netto eierfordel, og foretar deskriptive undersøkelser av denne størrelsen, fulgt av regresjonsanalyser. Vi avslutter deretter med tilsvarende analyser av risikopremien.

I siste kapittel gir vi en konklusjon og peker på implikasjoner av funnene. Vi framhever de viktigste funnene, og foreslår konsekvenser og betydninger av funnene, også i forhold til videre forskning.

## 2 Det nordiske kraftmarkedet

---

### 2.1 Særtrekk ved elektrisitet

Elektrisitet i seg selv kan ikke lagres – i hvert fall ikke i tilstrekkelig store mengder til at man kan snakke om en økonomisk effekt. Dagens batterier er verken gode nok eller store nok til at man kan lade opp når strømmen er billig og forbruke når prisen er høy, og bruk av superledere er fortsatt på teststadiet med betydelige økonomiske barrierer (popsci.com). Strøm må dermed produseres i samme øyeblikk som den forbrukes, og ettersom forbruket varierer både innenfor det enkelte døgn og over sesonger, må også produksjonen variere tilsvarende. Et poeng her er at man må skille mellom strøm og innsatsfaktoren. Innsatsfaktorene i kraftverk kan lagres, og i så måte kan man tenke seg ”lagret elektrisitet” – mer presist lagret energi. Et høytrykkvannkraftverk har lagret energi i form av vannmagasiner og samtidig rask responstid på produksjonsendringer, slik at det kan argumenteres for at de har lagret elektrisitet, til tross for at de er gjenstand for strenge regler på blant annet magasin vannstand. Imidlertid kan ikke tankegangen om lagring generaliseres fullt ut. Det gir ikke samme mening å si at et kullkraftverk, for eksempel, har lagret energi i form av kull på lager.

Strøm følger unike fysiske lover, herunder loven om minste motstands vei. Dette betyr at strømmen flyter der den møter minst motstand, og at det er nærmest umulig å dirigere strømmen. Dette gjør også at elektrisitet ikke kan spores tilbake til produsenten, hvilket gjør måling og betalingsmekanismen kompleks. Motstand vil også føre til at det blir noe energitap når strøm transporteres over store avstander. Dette betyr at konstruksjon av transmisjonsnett for overføring må planlegges nøye, og at det ikke uten videre kan endres på i form av fjerning eller utbygging. Utvides linjenettet kan flyten endres betraktelig andre steder i nettverket. Implikasjonen her er at brudd eller overbelastning i én del i nettverket kan ha store konsekvenser andre steder – nettsystemet er interaktivt og ømfintlig. Legger man til det faktum at strøm overføres med lysets hastighet, er det klart at den tekniske biten av markedet er svært komplisert. Hvert øyeblikk må produksjon og forbruk være i balanse, innenfor gitte kapasitetsbeskrankninger på transmisjonsnett. Kraftsystemet må dermed overvåkes kontinuerlig av en systemoperatør, som om nødvendig må inn å overstyre produksjon og/eller

forbruk for å få balanse i systemet. Eventuell ubalanse i systemet påvirker frekvensen på overføringen og i ytterste konsekvens mørklegging av store områder.

## **2.2 Historikk**

### ***2.2.1 Monopoltilpasningen***

De fysiske funksjonene i kraftindustrien kan inndeles i produksjon, systemoperasjoner, transmisjon og distribusjon, mens handelsfunksjonene er videresalg og salg til sluttbruker. Med transmisjon menes her transport over sentralnettet, mens distribusjonslinjene er transport på linjene videre fra sentralnett til sluttbruker. Tradisjonelt var alle funksjonene vertikalt integrert som monopol innenfor geografiske områder, med statlig prisregulering av monopolvirksomhetene. I forhold til transmisjon og distribusjon er disse åpenbare naturlige monopol; det gir ingen økonomisk, praktisk, miljømessig eller estetisk mening å legge flere sett med konkurrerende kabler inn til et hus. Et spørsmål som reiser seg er da hvorfor de andre funksjonene var vertikalt integrert. I følge Hunt (2002) skyldes dette hovedsakelig transaksjonskostnader. For det første krevde de tekniske utfordringene forbundet med å koordinere produksjon og transmisjon en så kompleks integrering via systemoperatøren, at man anså det som umulig å separere funksjonene. Systemoperatøren måtte uansett styre produksjonen i hvert område, så denne kunne like godt befinne seg under samme tak som produsenten. Langsiktig planlegging dro også fordel av integrering av funksjonene. For det andre antok man at produksjon og levering hadde store skalaøkonomiske egenskaper, og dermed kunne ses på som naturlige monopol.

### ***2.2.2 Skift mot deregulering***

Den tekniske utfordringen i samspillet mellom produksjon og systemoperasjon er langt mer overkommelig med dagens utvikling av datasystemer og datakraft. Den viktigste årsaken var imidlertid at man innså at samspillet kan koordineres via handelsfunksjonene i et marked (Hunt 2002), og at et slikt marked ville åpne for konkurranse både på produksjonssiden og leverandørsiden. Transmisjon, distribusjon og systemoperasjon er imidlertid fortsatt funksjoner som bærer egenskapene til naturlige monopol.

Norge var en pioner for deregulering, og var det andre landet i Europa (etter England og Wales) som la til rette for mer markedsbaserte prinsipper for kraftomsetning (Al-Sunaidy og

Green 2006). Dereguleringen var gitt ved energiloven av 29.juni 1990 som setter rammene for kraftforsyningen i Norge, og legger til rette for konkurranse innen produksjon og omsetning, regulering av utbygging og drift av anlegg, samt overføringstariffer og adgang til nettene. Hovedformålet med energiloven var å jevne ut elektrisitetsprisen mellom områder, redusere diskriminering mellom kunder, samt effektivisere produksjon og fordeling. Den norske energiloven dannet grunnlaget for dereguleringsprosessen i de andre nordiske landene, og videre samarbeid og integrering av det nordiske kraftmarkedet.

I 1996 ble verdens første flernasjonale kraftbørs opprettet gjennom Nord Pool ASA, et samarbeid mellom Norge og Sverige via systemoperatørene Statnett og Svenska Kraftnät. I årene fram mot 2008 var det en rivende utvikling i det nordiske kraftmarkedet og på kraftbørsen. Norden ble fullt ut integrert med innlemmingen av Finland og Danmark, og markedsforbindelser til Tyskland ble opprettet på intradagmarkedet Elbas. Det finansielle markedet inkluderte stadig nye kontraktstyper, og var også først i verden med handel av karbonutslippskvoter. I 2008 ble deler av Nord Pool ervervet av NASDAQ OMX, gjennom kjøp av Nord Pool Clearing ASA, Nord Pool Consulting AS, samt de internasjonale produktene fra Nord Pool. Det fysiske markedet forble en del av Nord Pool Spot AS, og inkluderer i dag også Estland som auksjonsområde, samt en tettere forbindelse med Europa gjennom markedskoblinger til Tyskland og Nederland for å sikre flyt fra lavprisområder til høyprisområder. NASDAQ OMX har i 2010 ervervet hele den finansielle biten av markedet gjennom kjøp av Nord Pool ASA fra Statnett og Svenska Kraftnät.

Kraftmarkedet i dag er et *felles* nordisk engrosmarked for kraft, som innebærer at aktørene står fritt til å kjøpe og selge kraft i konkurranse med tilsvarende aktører fra andre nordiske land. Dette er et sentralt poeng, som ofte overses i debatter om strømpriser i media. Sett fra et samfunnsøkonomisk perspektiv er formålet med et nordisk integrert marked at man skal maksimere den *nordiske* samfunnsnytt, ved at kraft skal flyte fra lavprisområder til høyprisområder (nordpoolspot.com).

## 2.3 Organisering i dag

### 2.3.1 Aktørene

Ved en liberalisering av et kraftmarked blir markedet sammenlignbart med andre råvaremarkeder. I utgangspunktet vil et slikt marked, i likhet med alle andre markeder, bestå av produsenter, detaljister og sluttbruker. Ved inkludering av en finansiell markedsdel vil også tradere og meglere innta markedet. Her presenteres kort aktørene, med hovedfokus på produsenter og vannkraft.

#### 2.3.1.1 Produsenter

Elektrisitet er et homogent gode, men det produseres på svært ulike måter og med ulike innsatsfaktorer og installasjoner. Under presenteres kort noen ulike typer produksjonsenheter, med hovedfokus på vannkraft.

#### **Vannkraft**

Tradisjonelt har Norges elektrisitetsproduksjon nesten utelukkende kommet fra vannkraft, og vannkraft vil fortsatt dominere i overskuelig framtid. I Sverige utgjør vannkraft rundt 50 % av produsert elektrisitet, og i Finland er andelen på cirka 20 %. Et vannkraftverks gjennomsnittlige produksjonsevne bestemmes ut fra installert effekt og det forventede årlige tilsiget i et år med normal nedbør. Tilsiget er den samlede vannmengden som renner til magasinene fra et vassdrags samlede nedbørsfelt. *Høytrykkkraftverk* utnytter store fallhøyder og mindre vannmengder, og er typisk kraftverk med vannmagasiner. Produksjonen i slike verk kan omstilles på svært kort tid, slik at høytrykkskraftverk er å anse som en meget fleksibel genereringsinstallasjon. Vannets potensielle energi kan lagres i magasinene i perioder med stort tilsig og lite forbruk (vår/sommer), med påfølgende tapping i perioder med høyt forbruk (høst/vinter). Som en konsekvens av dette kan det være lønnsomt å pumpe opp vann i høyere magasiner ved lave strømpriser, for å dra nytte av vannets økte energi ved høyere strømpriser. Noen magasinreservoar er også svært store - Kvilldal vannkraftverk i Rogaland i Norge utgjør cirka 4 % av vannkraftkapasiteten i Norge (Olje- og energidepartementet 2008). Vannstanden i magasiner må imidlertid holde seg innenfor gitte nedre og øvre grenser fastsatt av et manøvreringsreglement. Hovedårsaken til dette reglementet er av miljøhensyn, og av hensyn til ulike interessenter som er tilknyttet vassdraget og dets utløp.



I sin planlegging står vannkraftprodusenter ovenfor et dobbelt maksimeringsproblem; maksimere verdien av produksjon nå, samtidig som verdien av framtidige produksjonsmuligheter maksimeres. Relatert til sistnevnte poeng er den såkalte vannverdien, som representerer alternativkostnaden ved å produsere nå kontra å lagre vannet for framtidig produksjon, og er en sentral faktor for produsentene (Wangensteen 2012). Ettersom tilsiget i det enkelte vassdrag er usikkert, er også tilgangen til produsentenes innsatsfaktor usikkert. De benytter derfor komplekse optimeringsverktøy i sin planlegging og tilpasning ovenfor markedet. Marginalkostnadene i høytrykkskraftverk vil være nær null så lenge magasinene har ledig kapasitet, men investeringskostnadene for denne typen installasjoner vil være betydelig.

### ***Vindkraft og elvekraft***

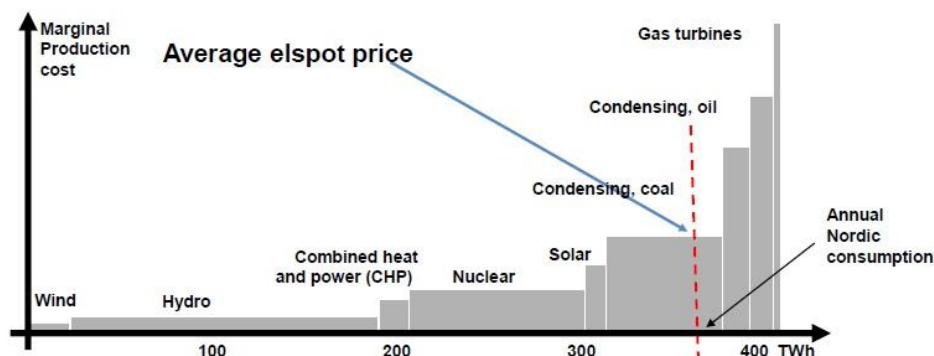
Elvekraftverk utnytter store vannmengder med liten fallhøyde. Vannføringen i et slikt kraftverk kan vanskelig reguleres, og produksjonen vil øke betydelig i tilfeller med flom, unormalt mye snøsmelting og store nedbørsmengder. Vindmøller på sin side er sterkt avhengig av vindhastigheter innenfor et gitt intervall, og i så måte svært like elvekraftverk. Produksjon fra vindmøller er dermed også uforutsigbar. Driftskostnadene for begge typer installasjoner er lave, slik at kraftprisene må være svært lave for at produksjonen skal være ulønnsomt.

### ***Termiske kraftverk***

Termiske kraftverk er fellesbetegnelsen på installasjoner som benytter forbrenning av ulike innsatsfaktorer for å generere elektrisitet. For gasskraftverk vil produksjonen vedvare så lenge kraftprisen overstiger kostnadene forbundet med produksjon. Kostnadene er blant annet avhengig av fremtidig strømpris, gasspris og kvotepris for utslipp av drivhusgasser. Omstillingskostnadene er også høye, slik at denne type kraftverk egner seg best for topplast når etterspørselen er svært høy.

Andre typer termiske installasjoner baserer kraftproduksjonen på biobrensel, fossile brensler og kjernekraft. I Norge omfatter dette produksjon basert på avfall, spillvarme, olje, gass og kull. I Sverige og Finland er en stor andel av kraftproduksjonen basert på kjernekraft. Slike kraftverk er gjenstand for et strengt regelverk, og er avhengig av en jevn og kontinuerlig produksjon. Atomanleggene egner seg derfor til grunnlast – jevn produksjon under normal etterspørsel.

Figuren under gir et bilde på marginalkostnadene forbundet med de ulike typer installasjoner i det nordiske kraftsystemet, og viser at de mest kostbare produksjonstypene først blir lønnsomme ved topplasttimer.



Figur 1: Ulike produsenters marginalkostnader – en oversikt (nordpoolspot.com)

### 2.3.1.2 Leverandører og sluttbrukere

Leverandører er bindeleddet mellom fysisk produksjon og levering til sluttbrukere. Det finnes rendyrkede leverandører, og kombinasjoner av produsent-leverandør og nettoperatør-leverandør. Leverandørsiden er svært konkurranseutsatt mot sluttbrukerne. Dette er en konsekvens av dereguleringen, hvor sluttbrukere står fritt til å velge strømleverandør på tvers av geografiske regioner. Sluttbrukerne pris-differensierer og har et bredt utvalg av sluttbrukeravtaler å velge mellom.

I vannkraftsammenheng vil forbruket grovt sett variere motsatt med tilsiget, da forbruket er størst på vinterstid og minst på våren og sommeren – sesongene hvor tilsiget er minst (Olje- og energidepartementet 2008). Etterspørselen fra husholdninger er relativt inelastisk med hensyn til pris, og er i stor grad avhengig av værforhold. Dette er imidlertid et spørsmål om informasjonsdeling. Informasjon om svært høye priser vil typisk nå ut til sluttbrukerne i driftstidene via media, og prisene styrer derfor forbruksmønsteret. Etterspørselens elastisitet vil kunne forventes å endre seg i det vi går over til timesavlesning av strømmen og mer transparente informasjonssystemer, da timeavlesning vil gjøre konsumentene mer prisinformerte i driftstimen. I følge Hunt (2002) er måling per time den siste brikken i et fullkomment frikonkurranse- elektrisitetmarked. Sluttbrukere som storindustri er mer priselastiske og benytter seg gjerne av bilaterale fastprisavtaler eller sikringsinstrumenter i det finansielle markedet. Etterspørselen fra industri er i stor grad avhengig av aktivitet.

### **2.3.1.3 Tradere og meglere**

En trader – eller *spekulant*, handler med derivater på det finansielle markedet, alene eller på vegne av investorer. De siste årene har innslaget av spekulanter og investorer i kraftmarkedet økt, og eksponering mot elektrisitetsmarkedet har blitt mer tilgjengelig for private investorer gjennom blant annet kraftfond og ulike derivater notert på for eksempel Oslo Børs – slik som DNB ETN Elkraft. *Meglere* fungerer på samme måte som i andre markeder – som en mellommann for to parter, og handler både i spotmarkedet og på det finansielle markedet på vegne av kunder.

### **2.3.2 Overføringsnett**

Strømnettet er fortsatt gjenstand for monopolregulering og systemet består av et sentralnett og lokale distribusjonsnett. Sentralnettet er et høyvolts transmisjonsnett som opereres og driftes av systemoperatøren i det enkelte land. Hvert lokalområde har en nettoperatør som opererer og drifter det lokale lavvolts distribusjonsnett. Forholdet mellom installert produksjonskapasitet og faktisk forbruk varierer i de ulike regionene. I Norge er eksempelvis situasjonen slik at storparten av vannkraftanleggene befinner seg på Vestlandet og i Nordland, mens forbruket er størst på Østlandet. Det er dermed behov for å transportere kraft fra vest til øst og fra nord til sør. Kraftflyten mellom regioner påvirkes ytterligere av utveksling med Danmark, Sverige, Finland og Nederland, gjennom eksport og import. Dette legger føringen for hvordan sentralnettene er konstruert.

Systemoperatørenes viktigste rolle utover driften av sentralnettene, er å sørge for kontinuerlig overvåkning av transmisjonsnettet for at det skal oppnås kraftbalanse. Her har systemoperatørene flere tekniske og markedsmessige virkemidler til rådighet, men det vil imidlertid fokuseres på de rent markedsmessige virkemidlene senere i denne utredningen. Systemoperatører i Norge, Sverige, Finland, Danmark og Estland er henholdsvis Statnett, Svenska Kraftnät, Fingrid, Energinet.dk og Elering. Alle er helt eller delvis statseid av de respektive stater, og er organisert som ikke- kommersielle selskaper som skal være uhildet og uavhengig av de kommersielle aktørene.

#### **2.3.2.1 Overføringstariffer**

Systemet for nettleie fungerer slik at produsenter må betale nettoperatør for å levere strøm inn på nettet, og forbruker må tilsvarende betale nettoperatør for å hente strøm ut av nettet. Aktørene betaler bare nettleie til sin lokale nettoperatør, og dette åpner for eksempel for at en

leverandør i Lindesnes kan kjøpe fra en produsent i Hammerfest. En slik handel innebærer teknisk sett ikke at strømmen flyter hele veien fra Hammerfest til Lindesnes, jevnfør strømmens egenskaper. Helt forenklet, vil det være slik at for hver time sluttbrukeren i Lindesnes forbruker strøm, må den korresponderende mengde strøm tilføres nettet av en produsent – et eller annet sted må det produseres tilsvarende det som tappes ut ([nordpoolspot.com](http://nordpoolspot.com)).

## 2.4 Det fysiske markedet

I typiske spotmarkeder foregår kjøp og salg av råvarer med umiddelbar levering, og likevektsprisen benevnes som spotprisen. Gitt elektrisitetens egenskaper, er det imidlertid ikke mulig å konstruere et rent realtidsmarked for kraft. Strømpriser må derfor være ex ante eller ex post (Wangensteen 2012), men det er mulig å konstruere et marked som opererer tett opp mot fysisk levering. Spotmarkedet i Norden er derfor et ex ante marked med priser dagen i forkant av levering, mens regulatormarkedet er organisert med handel nærmere realtid. En stor andel av handelen foregår også utenom konvensjonelle markeder, gjennom bilaterale avtaler.

### 2.4.1 Bilaterale avtaler

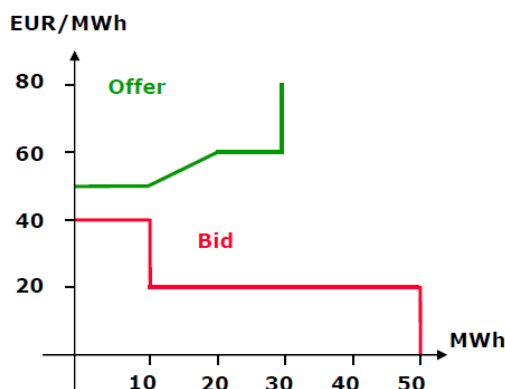
Bilaterale avtaler er direkte avtaler mellom kraftselgere og store kraftforbrukere om kjøp og salg av en gitt mengde kraft til en gitt pris, typisk over en lengre periode. Disse avtalene inngås utenom børs, og er gjerne skreddersydde avtaler utover flere år som er tilpasset kjøperens forbruksprofil og prissikringsbehov (regjeringen.no). I tillegg til slike bilaterale avtaler som inngås av markedsaktører, eksisterer det også industrikontrakter hvor prisen fastsettes av Stortinget. Bilaterale avtaler kan forøvrig meldes inn til clearing hos Nasdaq OMX Commodities Europe dersom aktørene ønsker dette.

### 2.4.2 Elspot

Elspot er et auksjonsbasert marked for krafthandel med levering neste døgn, organisert av Nord Pool Spot AS. Elspot er hovedarenaen for krafthandel i den nordiske regionen, med omtrent 74 % av all fysisk handel (nordpoolspot.com). Prisen blir drevet av tilbud og etterspørsel i et dobbeltauksjonssystem<sup>1</sup>, og har per i dag 350 aktører. Handel på Elspot fungerer ved at aktørene, innen kl. 12.00 hver dag, melder inn kjøp- og salgsbud til Nord Pool Spot for hver enkelt time det kommende døgnet. Aktørene har også mulighet for å legge inn blokkbud for flere timer, som enten blir akseptert i sin helhet eller avvist. Figurene under viser et prinsipielt eksempel hentet fra Nord Pool Spot, for hvordan prosessen fungerer for anmelding av enkelttimer.

---

<sup>1</sup> Dobbeltauksjon: Både kjøpere og selgere melder inn bud.



Figur 2: Bud/tilbud fra én aktør for én time, neste dag (nordpoolspot.com).

Figuren over viser anmeldingen til en leverandør som også er produsent, for én enkelt time det kommende døgnet, innenfor et gitt prisintervall. Aktøren vil planlegge sin tilpasning etter sine forpliktelser overfor kunder og produksjonsmessige forhold. I dette eksempelet forventer aktøren at dens slutt kunder samlet vil etterspørre 50MWh den gitte timen. Grovt sett har aktøren da fire tilpasninger: Kjøpe 50MWh fra kraftbørsen, delvis kjøpe og delvis produsere selv, produsere akkurat 50MWh selv, eller produsere mer enn 50MWh for å selge overskytende kvantum. Anmeldingen reflekterer til hvilke prisnivåer aktøren vil gjøre disse tilpasningene for den gitte timen. Generelt vil anmelding kreve nøye planlegging fra aktørene. Sett fra produsentenes side vil det være et stort spenn i kostnadene forbundet med produksjon avhengig av type installasjon, jevnfør diskusjonen over.

Når Nord Pool Spot mottar alle anmeldelser fra alle aktørene kl. 1200, aggregeres alle kjøps- og salgsmeldinger ved hjelp av en bestemt algoritme kalt SESAM. Algoritmen genererer totale tilbuds- og etterspørselsfunksjoner for engrosmarkedet, for hver time kommende døgn.



Figur 3: Aggregerte tilbuds- og etterspørselskurver (nordpoolspot.com).

I markedskrysset dannes så *systemprisen*, som representerer markedsklareringen uten kapasitetsflaskehals, og som også representerer den samfunnsøkonomisk optimale ressursallokeringen (nordpoolspot.com). Systemprisen tolkes dermed som den teoretiske felles nordiske prisen – spotprisen – for den gitte timen dersom det ikke er noen begrensninger på leveringsnettet. Benevningene systempris og spotpris vil videre bli benyttet om hverandre.

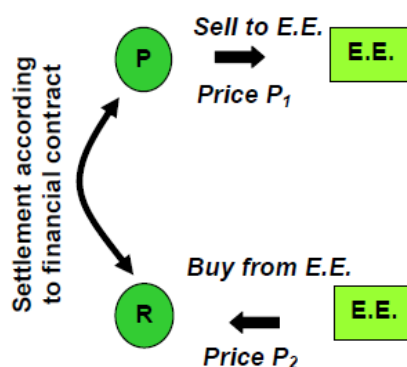
### **Kraftflyt**

Imidlertid er det slik at kraftflyten i Norden, både mellom landene og innad i landene, er gjenstand for kapasitetsbeskrankninger på overføringsnettene. Av den grunn deles markedet og de enkelte land i flere områder, bestemt av systemoperatørens vurdering av systemets flaskehals. Aktørene må derfor også angi hvilket område de tilhører når de anmelder til Nord Pool Spot, slik at børsen har grunnlag for å kalkulere *områdeprisen*. Noen områder vil ha et kraftunderskudd, mens andre områder vil ha et kraftoverskudd. Kraften må dermed flyte fra overskuddsområder til underskuddsområder. Dersom det da er flaskehals i transmisjonsnettet mellom områdene, vil det kunne oppstå store prisforskjeller mellom områdene - med lavere pris i overskuddsområder og høyere pris i underskuddsområder.

For å utnytte overføringskapasiteten fullt ut, jevne ut prisforskjeller og maksimere sosial velferd, foregår det derfor en *implisitt* auksjon; tilgjengelig overføringskapasitet mellom områder blir lagt til som et skift mot høyre i etterspørselskurven for overskuddsområdet, og lagt til som et skift mot høyre i tilbudskurven for underskuddsområdet. Prisen som framkommer i hvert område blir den endelige områdeprisen, og den vil bli jevnere mellom områdene enn før man utfører implisitt auksjon. Dette medfører at handelsmekanismene på Elspot grovt sett skaper kraftbalanse, ved å balansere etterspørsel og tilbud på tvers av områder med kapasitetsbeskrankninger.

Etter kalkuleringen publiseres resultatene av Nord Pool Spot, og hver enkelt aktør får rapporter om hvordan de skal tilpasse seg neste døgn gitt områdeprisene, samt aktørens opprinnelige anmeldingskurve. Samtidig mottar systemoperatørene tilsvarende rapporter fra Nord Pool Spot vedrørende aktørens tilpasninger, slik at de kan sette i gang med sin planlegging av systemoperasjoner. Områdeinndelingen medfører at det er den implisitte auksjonen på Elspot som initialt håndterer overføringskapasiteten på vegne av de nordiske systemoperatører. En konsekvens av dette er at aktører som befinner seg i forskjellige

budområder ikke kan handle elektrisitet med hverandre direkte gjennom bilaterale avtaler - fysisk handel må foregå mellom aktører innenfor samme område, eller over Elspot. Aktørene kan imidlertid benytte seg av finansielle kontrakter for å oppnå eksponering mot andre budområder. Det finansielle markedet utdypes nærmere senere i utredningen, men figuren under viser, i prinsippet, hvordan to aktører kan handle med hverandre på tvers av områder. Aktørene handler fysisk over børsen, men holder samtidig en finansiell kontrakt med hverandre.



Figur 4: Eksponering på tvers av områder via finansiell kontrakt. E.E. er børsen, R er leverandør, og P er produsent (nordpoolspot.com)

### **Europeisk integrering**

Argumentene for maksimering av samfunnsnytt og optimal kraftflyt fra lavprisområder til høyprisområder gjennom implisitt auksjon, taler i retning for europeisk integrasjon av kraftmarkedene. Dersom det er flaskehals mellom *børsområder*, må kraftflyten bestemmes i samarbeid mellom de ulike kraftbørsene. Et slikt samarbeid kalles markedskobling, og er allerede etablert mellom Norden, Tyskland og vest- og sentral Europa gjennom selskapet European Market Coupling Company - EMCC. EMCC er eid av Nord Pool Spot AS, EEX AG, Energinet.dk, TenneT TSO GmbH, og 50Hertz Transmission GmbH (marketcoupling.com). Som sentralt organ mottar EMCC ordrer fra kraftbørsene, og bestemmer flyten mellom børsområdene gjennom priskalkulasjon og samme implisitte auksjon som nevnt over. Denne flyten brukes som en del av inndata i hver enkelt børs' priskalkulasjon for sine områder. Dette betyr at hver enkelt aktør på kraftbørsene automatisk får tilgang til mulige kraftoverføringer med andre børsområder. Figuren i vedlegg 1 illustrerer markedskoblingene mellom børsområdene i dag.



### **2.4.3 Elbas**

I Elspot blir det bestemt pris og kvantum dagen i forveien for levering neste døgn. Av flere ulike årsaker oppstår det ofte et gap mellom anmeldt tilpasning dagen i forveien og nødvendig tilpasning i det aktuelle døgnet for aktørene, og det er derfor nødvendig med et marked hvor aktørene har mulighet til å handle nær realtid for å sikre balanse mellom tilbud og etterspørsel. Eksempelvis kan uforutsette hendelser på produksjonssiden – deriblant systemsvikt, mekaniske problemer, eller at kjernekraftverk må stoppe produksjonen på grunn av sikkerhet, endre forholdet mellom anmeldt levering og faktisk levering. Intradag handel er derfor muliggjort gjennom intradagmarkedet Elbas. På Elbas foregår det kontinuerlig kontrakthandel mellom kjøpere og selgere, døgnet rundt, opptil én time før fysisk levering.

Elbas har fått en stadig viktigere rolle ettersom mer vindkraft inntar markedet. Vindkraft er som nevnt en naturlig uforutsigbar elektrisitetskilde, og er dermed særlig gjenstand for avvik mellom anmelding og faktisk produksjon. Elbas fungerer dermed som en justeringsmekanisme for å opprettholde kraftbalanse, ved at aktørene selv må balansere sine tilpasninger og forpliktelser. Selv om aktørene har lovbestemt leveringsplikt og benytter Elbas for å opprettholde balanse i markedet, er det likevel nødvendig med en regulator som overvåker det hele for å opprettholde momentan balanse. Systemoperatørene sørger for kraftbalanse gjennom handelsmekanismen regulatorkraft.

### **2.4.4 Regulatorkraftmarkedet**

Systemoperatørene må, om nødvendig, overstyre produksjon eller forbruk for å hindre sammenbrudd av systemet. I et liberalisert kraftmarked etterstrebes det imidlertid at det skal brukes markedsprinsipper for denne typen regulering, i den grad det er teknisk mulig. De nordiske systemoperatørene samarbeider om et felles nordisk regulatorkraftmarked (heretter RKM). Markedet er et sentralt virkemiddel for å opprettholde momentan kraftbalanse i driftstimen. Aktører på dette markedet er hovedsakelig produsenter som på inntil femten minutters advarsel kan regulere opp eller ned produksjonen, men også større forbrukere kan delta i markedet dersom de på kort varsel kan trappe ned eller koble ut forbruket. Aktørene melder inn bud på hvilket kvantum og til hvilken pris de kan regulere opp eller ned for gitte timer, innen kl. 19.30 før neste driftsdøgn (nve.no). Budene fungerer som bilaterale avtaler mellom aktør og systemoperatør, og skal gi aktøren kompensasjon for endret tilpasning. I selve driftstimen vil systemoperatøren i utgangspunktet prisdifferensiere, og velge laveste pris

dersom det er nødvendig med regulering. Imidlertid må det også her tas hensyn til systemets flaskehals, slik at de mest gunstige budene teknisk sett vil prioriteres, ved eksistensen av betydelige flaskehals. Vannkraftprodusenter er åpenbare kandidater for å delta på dette markedet, ettersom produksjonsmetoden er svært fleksibel og kan reguleres raskt.

#### **2.4.5 Regulerkraftopsjoner**

I tillegg til de bilaterale avtalene i RKM finnes det et regulerkraftopsjonsmarked (heretter RKOM), som har til hensikt å supplere RKM. RKOM gir aktørene mulighet til å selge opsjoner på regulatorkraft til systemoperatørene, og legger dermed til rette for at systemoperatør har ytterligere effektreserver dersom markedet kommer i ubalanse. Kjøp av opsjonen gir en eksklusiv rett til å disponere effekt i produksjon og forbruk, og selgeren av opsjonen kompenseres gjennom opsjonspremien. I Norge har Statnett satt som mål at det aldri skal være under 2000 MW i effekt på RKM ved inngangen til hver driftstime. I perioder vil det ikke være nødvendig å kjøpe inn effektreserve fra RKOM, men særlig på vinterhalvåret vil RKOM benyttes mye, da tilsiget er lavt samtidig som forbruket er høyt. Både produsenter og storforbrukere har mulighet til å selge uke- og sesongopsjoner til Statnett. Rent teknisk foretrekkes imidlertid opsjoner knyttet til regulering av produksjon, da Statnett har satt en nedre grense for hvor mye av effektreserven som må komme fra produsenter. I sum vil markedsmekanismene i Elspot, Elbas, RKM og RKOM føre til kraftbalanse i Norge og Norden.

## **2.5 Det finansielle kraftmarkedet**

De finansielle kontraktene handles på NASDAQ OMX Commodities Europe (heretter Nasdaq), som opererer det finansielle markedet. Aktører kan her handle kraftderivater på det tyske, britiske, nederlandske og nordiske kraftmarkedet. I tillegg omsettes det kontrakter relatert til karbonutslipp. Rollen til Nasdaq er å fungere som en utsteder av finansielle kontrakter, samtidig som at de driver med clearing mellom kjøper og selger. Med clearing så menes det at Nasdaq som tredjepart tar på seg motpartrisikoen til den enkelte aktør. I stedet for at kjøper og selger holder kontrakter med hverandre, blir Nasdaq selger av lange kontrakter og kjøper av korte kontrakter. Posisjonen til clearinghuset blir følgelig lik netto null etter oppgjøret med partene. Nasdaq håndterer også bilaterale kontrakter som er meldt for clearing, selv om kontraktene er uavhengige og ikke handlet over børs.

På Nasdaq handles det blant annet terminkontrakter for fremtidige priser på et standardisert volum med strøm, men det er viktig å presisere at det ikke forekommer noen utveksling av fysisk strøm. Fysisk oppgjør av kontraktene ville krevd et komplekst system for oppfølging på tvers av systemoperatørers område med hensyn til kapasitet. Kontraktene er derfor rent finansielle med et kontantoppgjør. Dagens kontrakter er utformet slik at de tilfredsstiller aktørenes behov for sikring og spekulasjon. Grunntanken bak slike kontrakter er at de skal benyttes i sikringsøyemed, for eksempel ved at produsenter, leverandører og sluttbrukere kan låse inn prisen på elektrisitet og dermed sikre sine kontantstrømmer.

Spotprisene på strøm er i perioder svært volatile og gjenstand for sesongsvingninger, noe som også kan observeres i vedlegg 2 hvor spotprisen per døgn er vist over perioden 2000 - 2012. Produsenter og leverandører kan derfor dra nytte av å sikre sine kontantstrømmer – selv de mest finansielt solide aktørene kan rammes hardt dersom prisutviklingen uventet hopper i disfavør (Bessembinder og Lemmon 2002). Med utgangspunkt i rene leverandører og produsenter, er det slik at førstnevnte er naturlige kjøpsikrere, ettersom de er avhengig av å kjøpe inn kraft for levering til sluttbrukere uansett prisnivå og volatilitet. Produsenter på den andre siden, er i utgangspunktet naturlige salgssikrere. Imidlertid består ikke aktørene i det nordiske kraftmarkedet av rene produsenter og leverandører, men av kombinasjoner som også inkluderer netteierfunksjonen. Det vil derfor være mange ulike insentiver for kjøp og salgssikring, og mange årsaker til behovet for sikring, avhengig av eierstruktur, likviditetsbehov og produksjonsinstallasjon.

En konsekvens av kontraktens utforming er at de også kan benyttes til *spekulasjon* omkring markedets volatilitet. Spekulanter har en viktig rolle på det finansielle markedet, ettersom de bidrar med likviditet og aktivitet. For enhver posisjon i en kontrakt, må det være en aktør som inntar motposisjonen. Et stort antall spekulanter vil derfor være til fordel for alle aktører, ettersom man enklere kan bevege seg inn og ut av posisjoner, og spekulantene bidrar til korrekt prising av instrumentene. Statkraft, Europas største aktør innen fornybar energi, oppfordrer faktisk til flere aktører på sine hjemmesider (statkraft.no):

*”Engrosmarkedet for kraft er mer attraktivt og fungerer best desto flere aktører som deltar og jo flere motparter vi har. Derfor oppfordrer vi deg til å handle med kraft, og gjerne hos oss!”*

Elektrisitetsproduktene som handles er terminkontraktene forwards, futures, Contract for Difference (CdF), samt opsjonsprodukter. Produktene er videre delt inn i topplast og grunnlast, avhengig om levering gjelder for underperioder med høy etterspørsel av elektrisitet, eller over normale perioder. Elektrisitetsproduktene som gruppe kalles derivater – eller avledede instrumenter – fordi de er avledet fra et underliggende fysisk marked. Systemprisen på det underliggende fysiske marked vil være referansepris for de ulike finansielle kontraktene, og det er slik det fysiske og finansielle markedet kobles sammen. Systemprisen på Nord Pool Spot er referansepris for de nordiske kontraktene (inkludert Estland), EEX Phelix for Tyskland, APX for Nederland og N2EX for Storbritannias kontrakter. Kontraktene for de ulike kraftbørsområdene blir derfor ulike, men mange aktører er eksponert for fysisk levering på tvers av underliggende markeder (eksempelvis grunnet eierskap på tvers av markeder), og handler derfor i flere ulike kontrakter. Med systemprisen som referanse og grunnlag for det finansielle markedet, er det essensielt at denne er konsistent og nøyaktig, og at den oppfattes som den korrekte markedsprisen av de finansielle aktørene. Prisdannelsen og håndteringen av transmisjonsbegrensninger på Elspot må derfor være transparent og konsistent (nordpoolspot.com).

### **2.5.1 Futures**

En futureskontrakt er en avtale mellom to parter om et kjøp eller salg av et bestemt volum av en eiendel, til en forhåndsavtalt pris og leveringstidspunkt i fremtiden. Parten som *kjøper* kontrakten tar den lange posisjonen, og forplikter seg til å kjøpe underliggende eiendel på leveringsdato. Parten som *selger* kontrakten og tar den korte posisjonen, forplikter seg til å levere eiendelen på leveringstidspunktet. Når man inngår en kontrakt med en motpart, enten som kjøper eller selger, skjer det ingen utbetaling eller innbetaling ved dette tidspunkt,  $t = 0$ . Terminologien kjøp og salg i terminkontraktsammenheng kan derfor være en kilde for misforståelse. Tilsvarende, dersom man ønsker å komme seg ut av den posisjonen man har tatt, vil man ikke *selge* kontrakten i tradisjonell forstand, men inngå en ny kontrakt med den motsatte posisjonen. Nettoposisjonen blir dermed null, og man har låst inn en eventuell gevinst eller et tap.

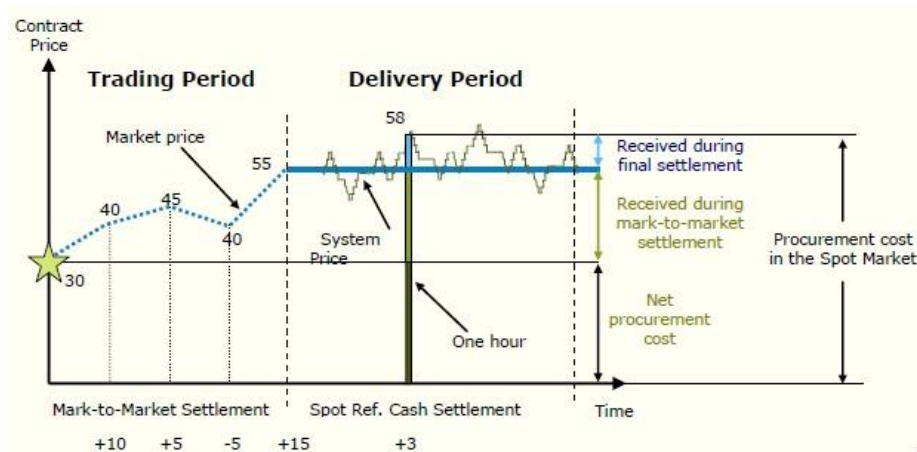
#### **Marginkonto**

Den totale profitten en lang posisjon oppnår ved slutten av kontrakten er  $S_T - F_{t,T}$ , mens en kort posisjon oppnår en profitt lik  $F_{t,T} - S_T$ . Her er  $S_T$  lik spotprisen på tidspunkt  $T$ , og  $F_{t,T}$  er den inngåtte kontraktsprisen. Futureskontrakter er konstruert slik at det skal være *daglig*

oppgjør i handelsperioden fram til leveringstidspunktet, det vil si at gevinst eller tap på endringen i futuresprisen avregnes daglig. Det er derfor nødvendig at aktørene har en marginkonto, noe som gjelder for både kjøper og selger siden begge er eksponert for tap. Marginkontoen har to funksjoner; for det første skal den fungere som sikkerhetskonto med kontanter eller likvider som skal sikre aktørens betalingsforpliktelser i henhold til kontrakten. For det andre skal den fungere som oppgjørskonto.

### **Marginkonto for strøm**

For futureskontrakter på kraftmarkedet opererer man ikke med et leveringstidspunkt, men en leveringsperiode, det vil si at levering skjer over en periode avtalt i kontrakten. Nedenfor følger en skisse som viser gangen og oppgjøret i en futureskontrakt.



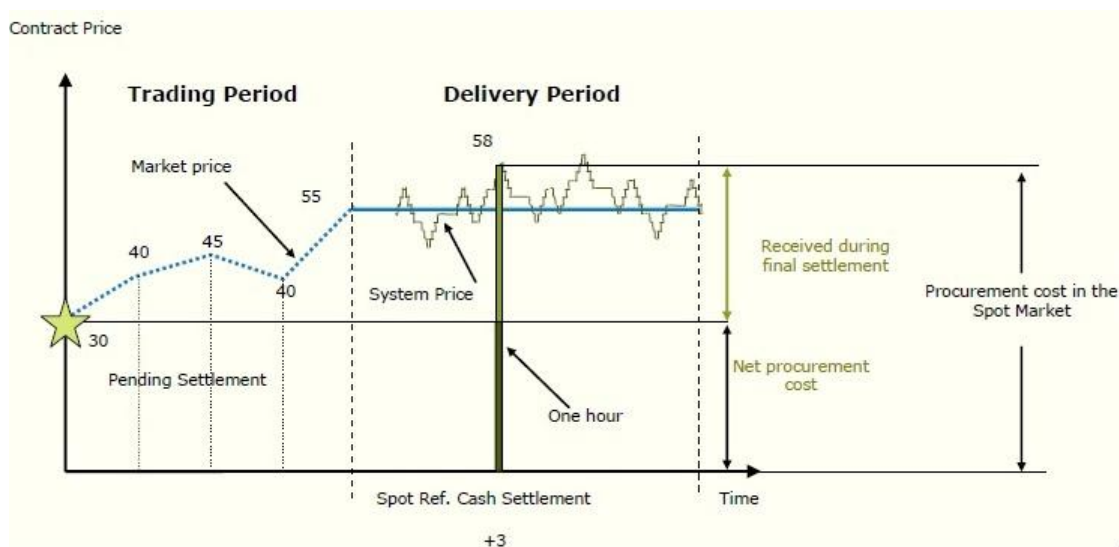
Figur 5: Oppgjør i en futureskontrakt. Eksempel for én time i leveringsperioden. Priser i EUR/ MWh (nasdaqomxcommodities.com)

I illustrasjonen har en part kjøpt en kontrakt til en futurespris på 30. I løpet av handelsperioden har imidlertid markedsprisen på futureskontrakten økt totalt sett med 25 til 55. De 25 er underveis kreditert partens marginkonto. Når kontrakten går over til leveringsperioden vil 55 være endelig sluttkurs. Under leveringsperioden fortsetter avregningen, men nå mellom spotpris og futureskontraktens sluttkurs ved inngang til levering. For den gitte timen markert i figuren, stiger spotprisen til 58, mens aktøren fortsatt betaler 55 - det vil si en profitt på 3. Den totale profitten fra kontrakten den timen er dermed lik 28. Dersom aktøren velger å kjøpe strøm i spotmarkedet den timen, betales 58. Aktøren er imidlertid kreditert en gevinst på 28, slik at den faktiske prisen på strøm den timen er låst til 30, opprinnelig kontraktspris.

## 2.5.2 Forwards

En forwardkontrakt er konseptuelt identisk med en futureskontrakt – en avtale om levering av underliggende vare til en bestemt pris og et bestemt tidspunkt i framtiden. Forwardkontrakter har imidlertid ikke noe daglig oppgjør, og er dermed ikke like standardisert som en futureskontrakt. Av den grunn er forwardkontrakter typisk bilaterale avtaler mellom aktører og handles ”over-the-counter” (kjent som OTC). Dette gjelder spesielt for finansielle underliggende og en rekke råvarer.

På kraftmarkedet er imidlertid forwardkontraktene standardisert. Kontraktene har ikke marginoppgjør i handelsperioden, men daglig oppgjør skjer i *leveringsperioden*. Opprinnelig var de standardiserte finansielle kontraktene på kraftbørsen utelukkende futureskontrakter, med tidshorisont opp mot tre år. Imidlertid var aktiviteten og likviditeten over børsen konsentrert i kontraktene med korte tidshorisonter, mens langsiktige kontrakter var handlet mest i OTC- markedet gjennom forwards. Nasdaq forklarer denne preferansen markedsaktørene hadde gjennom marginkravet på futureskontraktene. For lange futureskontrakter blir marginkravet for høyt og reduserer aktørenes likviditet. Som en respons til markedsaktørenes adferd, introduserte børsen forwardkontrakter som var standardisert og utformet på samme måte som i OTC- markedet. Futureskontraktene er i dag redusert til en tidshorisont på 1-6 uker, mens forwardkontraktene har en tidshorisont fra 1 måned og opptil 5 år. Handel i en forwardkontrakt illustreres med et eksempel tilsvarende illustrasjonen av oppgjør i futures.



Figur 6: Oppgjør med en forwardkontrakt. Eksempel for én time i leveringsperioden. Priser i EUR/ MWh (nasdaqomxcommodities.com)

I eksemplet kjøper aktøren en forwardkontrakt med levering til 30. Ved inngang til leveringsperioden har prisen økt til 55. I den gitte timen i leveringsperioden, krediteres aktøren 28. Beløpet består av *akkumulert* gevinst fra handelsperioden på 25, og 3 fra spotreferanse oppgjøret. Total gevinst for den gitte timen er dermed 28, og aktøren har, jevnfør futureseksempelet over, låst inn en elektrisitetspris på 30.

### 2.5.3 Swaps

Generelt sett er en swap definert som et bytte – eller en veksling av kontantstrømmer *over tid*. Man kan si at en swap er en multiperiodisk forwardavtale, hvor levering ikke skal skje på et bestemt tidspunkt jevnfør en forward, men over en bestemt *periode* (Bodie et al. 2011). En swapavtale fungerer dermed som et sikringsverktøy for flere usikre kontantstrømmer; alternativt kan man snu på det hele og definere en forward som et spesialtilfelle av en swap (McDonald 2003). Med andre ord er det en sammenheng mellom swaps og forwardkontrakter, og en multiperiodisk swap kan *teoretisk* prises ved å benytte informasjonen fra forwardkurven. Med forwardkurven menes settet av forwardpriser på et gitt tidspunkt, med forskjellig tid til forfall for en gitt underliggende vare.

Logikken kan relateres til teoriene om rentens terminstruktur, og forklares best med et enkelt eksempel: Anta to forwardavtaler på henholdsvis ett år og to år, der man i en kort posisjon har avtalt å selge en gitt vare til pris  $F_1$  om ett år, og  $F_2$  om to år. Alternativet er å inngå en swap, med avtale om å selge til pris  $F^*$  både i år 1 og år 2. Begge disse avtalene må være likeverdige i dag, med andre ord:  $\frac{F_1}{(1+y_1)} + \frac{F_2}{(1+y_2)^2} = \frac{F^*}{(1+y_1)} + \frac{F^*}{(1+y_2)^2}$ , hvor  $y_i$  er relevant diskonteringsrente, typisk prisen på en nullkuponobligasjon som betaler 1 kr på tidspunkt  $t$ . Den generelle formelen for prising av råvareswaps er ifølge McDonald (2003)

$$\bar{F} = \frac{\sum_{i=1}^n y(0, t_i) F_{0, t_i}}{\sum_{i=1}^n y(0, t_i)}$$

Formel 1

Swapprisen er altså et vektet gjennomsnitt av forwardpriser. Poenget her er at det som defineres som forwards og futures på Nasdaq, egentlig er swaps rent definisjonsmessig. Ved forfallstidspunktet vil kraftkontraktene som nevnt avregnes mot gjennomsnittlig spotpris over en *leveringsperiode*, slik at den variable spotprisen blir byttet mot en fastpris i

leveringsperioden. For eksempel vil en forwardkontrakt for fjerde kvartal 2012 ha leveringsperiode fra 1.oktober til 31.desember. For hver dag i leveringsperioden blir kontraktsprisen ved inngangen til 1.oktober avregnet, time for time, mot spotprisene – det vil si at det skjer en avregning mot gjennomsnittlig spotpris over hele 2208 timer for en grunnlastkontrakt. I følge Haug (2007) var det mange aktører som ikke var klar over denne swapkoblingen i oppstartsfasen av det finansielle kraftmarkedet. Feilen mange gjorde var at de sammenstilte forwardverdi med forwardpris; ved å ikke tolke forwarden som en swap, ble ikke diskonteringen riktig ved sammenligning av ulike forwards. Jevnfør formlene nevnt over bør for eksempel et sett med fire kvartalskontrakter som dekker ett år, ha samme verdi som en ettårskontrakt. Enkelte spekulanter utnyttet derfor dette gjennom arbitrasje på sesong og årskontrakter. I dag er imidlertid markedet mer modent, og man bør kunne anta, ifølge Haug (2007), at denne arbitrasjemuligheten ikke eksisterer ved at forwardprisene reflekterer ”swapproblematikken”.

Terminologien forwards og futures beholdes likevel i praksis og i akademiske studier. Benth et al. (2008) påpeker at ettersom kontraktene ikke kan handles i leveringsperioden og prisen er låst, kan de derfor ikke ses på som en kilde til risikosikring i leveringsperioden. De fokuserer derfor på dynamikken under handelsperioden i sine analyser - det er altså ikke ”tid til forfall” som er vesentlig for analysering av kontraktene, men ”tid til levering”.

#### **2.5.4 Contracts for Difference**

For at aktører med behov for sikring skal kunne oppnå *perfekt* sikring med bruk av futures eller forwardkontrakter på kraftmarkedet må det ikke være kapasitetsbegrensninger på transmisjonsnettet i markedsområdet. Terminkontrakter benytter systemprisen som referanse, men for en nordisk aktør vil den faktiske prisen være områdeprisen, og aktøren vil utsettes for prisrisiko lik differansen mellom systempris og områdepris. Contracts for Difference åpner for muligheten til å sikre seg mot avviket mellom systempris og områdepris, og kan kun handles for det nordiske elektrisitetsmarkedet på Nasdaq. En slik kontrakt kan eksempelvis være definert som  $\Delta P = \text{Områdepris Oslo} - \text{systempris}$ . For at perfekt sikring skal oppnås må følgende porteføljestrategi gjennomføres:

1. Sikre ønsket volum med en terminkontrakt.
2. Sikre prisdifferansen med samme tidsperiode og volum for område gjennom Contract for Difference.



### 3. Gjennomføre fysisk handel i spotmarkedet.

Contract for Difference er en forward, hvis markedspris reflekterer markedsaktørens antagelser om hva prisdifferansen på et område vil bli i løpet av perioden. Markedsprisen vil være positiv når markedet forventer at en områdepris vil være høyere enn systemprisen, noe som tilsier at området har netto import. Kontrakter vil være negativt priset hvis markedet forutaner at områdeprisen vil være lavere enn referansepris - området eksporterer strøm. Kontraktene er den eneste muligheten aktørene har for å sikre områdepris spesielt.

#### **2.5.5 Opsjoner**

Hull (2012) beskriver opsjoner som en rett, men ikke en plikt til å kjøpe eller selge en underliggende eiendel på en bestemt dato til en forhåndsavtalt pris. For kraftmarkedet kan det kun handles opsjoner på det nordiske markedet, og da kun europeiske opsjoner med utøvelse på forfallsdatoen. Det spesielle med opsjoner på kraftmarkedet er at de gir en rett til å kjøpe eller selge en underliggende *terminkontrakt*, ikke elektrisitet i seg selv. Opsjonene er dermed en derivat på en derivat, og underbygger terminkontraktenes sentrale rolle i det finansielle kraftmarkedet. Opsjonskontraktene gjelder for kvartal og år, noe som også vil gjelde for levering av de underliggende kontraktene som er futures og forwards. Som ved andre finansmarkeder krever opsjoner en opsjonspremie, da fleksibiliteten representert med at man har en rett, men ikke en plikt til å utføre en handel vil komme til en pris. Ved å kjøpe en salg- eller kjøpsopsjon er tapet begrenset til opsjonspremien, mens profittmuligheten er ubegrenset. Motsatt, ved en solgt opsjon er profittmuligheten begrenset til opsjonspremien, mens tapet er ubegrenset.

En kjøpsopsjon kan sammenlignes med en forsikring mot økte forwardpriser på elektrisitet. En kjøper kan forsikre at den faste prisen på fremtidig elektrisitet ikke vil overstige visse nivåer, samtidig som man har muligheten til å ikke utøve opsjonen og dra fordel av et eventuelt prisfall. En kjøpt salgsoptionsjon kan bli benyttet av en produsent som en forsikring til fremtidig salg av kraft. En kombinasjon av ulike opsjoner, og med diverse underliggende kontrakter med forskjellige tidsperioder, gir store muligheter for sikring og spekulasjon for en aktør som er interessert i dette.

### **2.5.6 Karbonkontraktene**

Nasdaq ble i februar 2005 (da Nord Pool ASA) den første børsen som åpnet for kjøp og salg av karbonkvoter ([nasdaqomxcommodities.com](http://nasdaqomxcommodities.com)). Karbonkvotene kalles European Union Allowances (EUA) og Certified Emission Reduction (CER), og handles i dag som forwards, futures og opsjoner. EUA er fysiske kvoter og handles i minstevolum på tusen tonn karbondioksid eller karbondioksidedkvivalenter, og er priset i Euro. Markedet for karbonutslippskontrakter har oppstått i kjølvannet av Kyoto-avtalen og som en konsekvens av Kyoto-protokollen. En karbonutslippskvote har en verdi som korresponderer med ett tonn karbondioksidedkvivalenter, og prisen på en slik kontrakt representerer kostnaden ved utslipp av drivhusgasser. Kvotene deles ut eller selges til alle virksomheter innenfor EU som er gjenstand for karbonhandelssystemet. Hensikten med slike kvoter er å gi insentiver til markedet for å redusere utslipp, ved å indirekte gi innehaver av kvoten flere alternative tilpasninger. Gitt at kvoten har verdi, må innehaver foreta økonomiske vurderinger om hvorvidt han bør redusere sine utslipp og selge kvoter, beholde kvoten, eller kjøpe inn flere kvoter. Med andre ord benyttes markedsmekanismene til reduksjon av utslipp. Markedsprisen på slike kontrakter representerer en viktig økonomisk faktor for europeiske kraftprodusenter som emitterer klimagasser ([nasdaqomxcommodities.com](http://nasdaqomxcommodities.com)). Dette betyr at prisene på karbonkontraktene er en av faktorene som påvirker strømprisene i et integrert marked, noe som også var aktuelt sist høst: Siden sommeren 2011 stupte prisen på klimakvoter, noe som direkte påvirket kostnadene for kontinentale kraftprodusenter, og som analytikerne mente ville gi norske forbrukere billigere strøm ([nrk.no](http://nrk.no)).

## 3 Prising av terminkontrakter

---

Teoretisk prising av alle typer derivater er basert på et enkelt men virkningsfullt konsept kjent som replikasjon, samt antagelser om at arbitrasjemuligheter ikke kan vedvare (Sundaram og Das 2011). Ingen arbitrasjemuligheter innebærer at situasjoner hvor man kan skape avkastning uten å foreta en nettoinvestering ikke kan vedvare. Replikasjon betyr at det må være mulig å konstruere en syntetisk portefølje som kopierer derivatet, ved hjelp av spotvaren og inn/utlån av kontanter. Den teoretisk korrekte måten å prise terminkontrakter på har vært gjenstand for diskusjon i akademia, ettersom det ikke eksisterer én entydig generell teori. I tillegg vil praktikere inneha vidt forskjellige oppfatninger om hvordan man skal tilnærme seg prising av kontraktene (Haug 2007). Sentralt i debatten rundt kontraktsprisene er sammenhengen mellom spotpriser og terminkontraktpriser, samt derivatets prediksjonsevne – det vil si i hvilken grad futuresprisen prognostiserer framtidig spotpris. Vi presenterer her de to hovedteoriene for prising av futures- og forwardkontrakter, som implisitt tar hensyn til konseptene replikasjon og null- arbitrasje. Deretter diskuteres ulike empiriske studier av disse teoriene for ulike varer, med fokus på energi- og elektrisitetmarkedene.

### 3.1 Lagringskostnadsteorien

Lagringskostnadstankegangen for råvarer har eksistert siden handel i terminkontrakter oppsprang på midten av attenhundretallet, og har tidlig blitt teoretisk og empirisk bevist for ulike råvarer av blant andre Kaldor (1939), Working (1949), Brennan (1958) og Telser (1958). Working (1949) peker på at det sentrale med et futuresmarked hvor det foregår hedging, er at det gir potensielle råvareholdere et godt grunnlag for å konkludere hvilken avkastning som kan forventes ved å lagre varen. Denne viktige sammenhengen ble opprinnelig neglisjert i diskusjonen rundt futureskontraktens økonomiske betydning og bidrag. Han argumenterer for at gjennom å kunne måle forventet avkastning ved lagring og sikre denne avkastningen, vil futuresmarkedet være mest betydningsfullt, og dermed ha størst mulig bidrag til den økonomiske fordelingen av en råvare over tid. Inventarbeholdningen gir derfor et særdeles viktig bidrag i prisformeringen i markedet for lagringsdyktige råvarer.

#### 3.1.1 Teorien om lagring

Fama og French (1987) viser til at teorien om lagring bør predikere at avkastningen med å kjøpe/sitte på en vare på tidspunkt  $t$ , for så å selge på tidspunkt  $T$  bør være lik tapt

renteinntekt, pluss marginal lagringskostnad, minus marginal eierfordel fra én enhet ekstra av godet i inventar. Dette gir følgende sammenheng for pricing av en terminkontrakt ved benyttelse av lagringskostnadsteorien

$$F_{t,T} - S_t = S_t r_{t,T} + u_{t,T} - cy_{t,T}$$

Formel 2

Eventuelt på kontinuerlig form,

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

Formel 3

Hvor

$F_{t,T}$  er endelig terminkontraktspris, med handel fra periode  $t$  med levering på tidspunkt  $T$

$S_t$  er spotpris på tidspunkt  $t$

$r_{t,T}$  er renten i perioden  $t$  til  $T$

$u_{t,T}$  er lagerkostnad i perioden  $t$  til  $T$

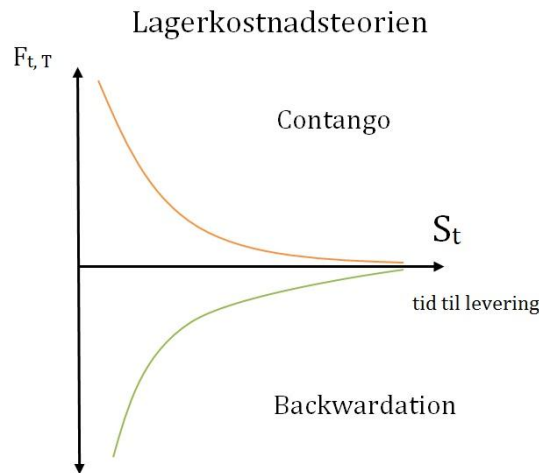
$cy_{t,T}$  er marginal eierfordel

Årsaken til at eierfordel oppstår er i følge Fama og French (1987) at inventarbeholdning kan ha produktiv verdi. En fysisk råvare kan gi positive fordeler som en futureskontrakt ikke kan gi - eksempelvis fordi råvaren er gjenstand for sesongmønster hvor tilbud og etterspørsel ikke sammenfaller i nivå, eller fordi det kan oppstå eierfordel ved å ha inventar for å møte uventet etterspørsel. Eierfordelen representerer den økonomiske verdien av å kunne benytte seg av inventar når det eksisterer knapphet på tilgjengeligheten av varen. Videre påpeker de at teorien forventer at det skal være et negativt forhold mellom eierfordel og inventarbeholdning.

### 3.1.2 Backwardation og contango

Fram mot forfall vil en terminkontrakt konvergere mot spotprisen, gitt av et rent arbitrasjeargument. På forfallstidspunktet er spotvaren og terminkontraktvaren identiske, og må derfor ha identisk pris. Fra formel 3 ser man at futuresprisen kan være lavere eller høyere enn spotprisen, alt etter som om netto marginal eierfordel ( $cy - u$ ) er positiv. Hvis marginal eierfordel er høyere enn lagerkostnaden vil spotprisen overstige futuresprisen, og man har da et tilfelle hvor futuresmarkedet er i *sterkt backwardation*. Det vil si at markedet er i en oppadgående kurve, hvor eierfordelen dekker lager-, alternativ og kapitalkostnad. Et tilfelle hvor man har null eierfordeler vil spotprisen være lik den diskonterte futuresprisen. *Svak backwardation* i så måte blir derfor en situasjon hvor spotprisen er lavere enn futurespris, men større enn den diskonterte futuresprisen,  $F_{t,T} > S_t > F_{t,T}e^{-r}$ . I det motsatte tilfellet hvor

futuresprisen overstiger spotprisen, er markedet i *contango*, hvilket innebærer at man har null eller negativ eierfordel - en nedadgående kurve. Tilstandene kan illustreres slik



Figur 7: Lagringskostnadsteorien – terminkontrakt mot spotpris

For en produsent kan det derfor observeres at hvis markedet aldri er i en tilstand hvor svak backwardation er til stede, vil det ikke eksistere et insentiv for å holde inventar. Nedenfor vil det bli gått nærmere inn på aktørenes tilpasning i varelager, og hvordan eierfordel oppstår i et kjent mikroøkonomisk perspektiv.

### 3.1.3 Markedet for lagring

Tilbudet for lager er til enhver tid lik total tilgjengelig lagerbeholdning holdt av aktørene i markedet. Som alle produkter i et kjent konkurransemarked, hvor prisen ligger på etterspørselskurven i det gitte aktuelle relevante området, er prisen lik marginalverdien av varen – nytteverdien av å konsumere en marginal enhet. Pindyck (2001) viser at for lagring av råvarer representerer marginalverdien den verdien av alle fordeler som påløper ved å holde på marginale enheter av varen, og dette er kjent som den marginale eierfordelen. Lagring av råvarer vil også i de fleste tilfeller stå ovenfor kostnader forbundet med lagringen, da det for det første vil kunne eksistere en fysisk lagringskostnad, som eksempelvis lagringsplass for oljetønner. For det andre vil aktøren alltid være utsatt for en alternativkostnad, da man vil binde kapital i dag som vil representere et tap i opptjent rente. Disse to ulempene er det som kalles "cost-of-carry" for en råvare. Alternativkostnaden er den mest interessante, da denne bør sees som en realopsjon, noe Working (1949) forklarer ved at eierfordelen kan prises som en innebygd "tidsopsjon". Med dette menes at holdere av lagringsdyktige råvarer kan bestemme når de vil velge å konsumere varen – de besitter en holdeopsjon. Hvis det er mest optimalt å lagre en råvare for fremtidig konsum, vil den være priset som en eiendel - er det

mest optimalt å konsumere i dag, vil den være priset som en forbruksvare (Routhledge et al. (2000)). Opsjonen vil dermed aldri utøves med mindre markedet er i backwardation.

Defineres etterspørselen etter lagring som  $N(CY)$ , vil etterspørselen være nedadgående og konveks, det vil si at  $N'(CY) > 0$  og  $N''(CY) < 0$ . Aktørens preferanse for å lagre avhenger av premien de mottar over lagringsperioden som kompensasjon for å foreta seg dette. Pindyck (2001) argumenterer for at det vil være flere faktorer som vil være avgjørende for premien, slik som nåværende og forventet nivå på forbruk eller produksjon av varen. Eksempelvis vil man forvente at forbruket for fyringsprodukter øker på vinteren, og det er i produsentenes interesse å ha dette tilgjengelig for å kunne tilpasse seg slike forventede etterspørselstrykk i sesonger. Videre peker han på at villigheten til å lagre varer avhenger av spotprisen, da det er naturlig at aktører vil være mer villig til å lagre et høyt priset gode enn et lavt priset gode. Pindyck (2001) påpeker videre et siste viktig moment; prisvolatiliteten på et gode er en viktig forklaringsvariabel, da etterspørselen etter lagring vil være høyere ved store svingninger i prisen. Dette skyldes at høyere volatilitet gjør planlegging, estimering og fravær av inventarbeholdning mer kostbart bedriftsøkonomisk. Alle disse argumentene hensyntatt, gir funksjonen  $N(CY; \sigma, z_3, \varepsilon_3)$  for etterspørselen etter lagring, hvor  $\sigma$  er volatilitet,  $\varepsilon_3$  representerer et stokastisk ledd og  $z_3$  er en vektor med spotprisen, forbruk/produksjon og andre variabler som påvirker etterspørselen. Ved å løse ut for eierfordel, gir dette følgende likevektstilpasning for lagring.

$$CY = g(N; \sigma, z_3, \varepsilon_3)$$

Formel 4

### 3.1.4 Inventarbeholdning og prisdynamikken

For å forstå dynamikken i spotmarkedet og aktørens strategiske tilpasning i forhold til lagring generelt, vil det være nyttig å tolke hvordan variablene endrer seg ved midlertidige eller permanente skift i etterspørselen etter godet.

#### 3.1.4.1 Midlertidig etterspørselssjokk

Det antas en situasjon hvor markedet er i likevekt før et etterspørselssjokk inntreffer, eksempelvis kaldt vær i et marked for energiprodukter. Etersom sjokket er uventet, har ikke aktørene på forhånd tilpasset seg med opp- eller nedbygning av inventaret, og tolker "sjokket" som en midlertidig hendelse, hvor likevekten vises som  $N_0$  i figuren i vedlegg 3. Det kalde været vil øke forbruksetterspørselen, og vil endre netto etterspørselsfunksjon  $f(\Delta N)$ , med et skift oppover, som vist fra  $f(\Delta N_1)$  til  $f(\Delta N_2)$  i figuren. Dette skulle imidlertid endre prisen

tilsvarende, men siden det kalde været kun anses som forbigående vil aktørene i stedet redusere inventarbeholdningen fra  $N_0$  til  $N_1$  og prisendringen begrenses med et hopp fra  $P_0$  til  $P_1$ . Eierfordelen innenfor den kalde perioden vil øke fra  $CY_0$  til  $CY_1$ , som vist i figuren. Når perioden er over vil netto etterspørsel endres tilbake til opprinnelig likevekt, mens spotprisen ikke vil falle tilbake til normal tilstand. Årsaken til dette er at aktørene ønsker å øke varebeholdningen, slik at produksjonen (evt. innkjøp) er større enn forbruket. Derfor vil spotprisen kun falle fra  $P_1$  til  $P_2 > P_0$ , og vedvare på dette nivået inntil inventarbeholdningen øker til komfortable nivåer -  $N_0$ , og eierfordelen reduseres til slutt fra  $CY_1$  til  $CY_0$ .

### **3.1.4.2 Permanent økning i volatilitet**

Det antas en markedssituasjon hvor det forventes at prisvolatiliteten vil øke og at situasjonen vil vedvare på lengre sikt. Pindyck (2001) benytter spotprisvolatilitet som en approksimering for generell volatilitet i spotmarkedet, da den korrelerer sterkt med usikkerheten til forbruk og produksjon. For råvaremarkedet generelt er fluktuasjoner i netto etterspørsel eller tilbud hovedårsaken for prisvolatiliteten, mens for enkelte markeder kan slike fluktuasjoner i stor grad stamme fra spekulativ kjøp eller salg. Fluktuasjoner kan i følge Pindyck (2001) skape en selvforsterkende effekt, da prisfluktuasjoner i seg selv kan resultere i fluktuasjoner for produksjon og/eller forbruk. En økning i prisvolatilitet og derav en økning i volatilitet for produksjon og etterspørsel vil innebære en økning i villigheten til å lagre inventar; for enhver gitt pris ønsker markedsaktørene å holde en større beholdning som en buffer for fluktuasjonene i produksjon og forbruk. Dette resulterer i et skift oppover i etterspørselskurven for lagring.

Den ”permanente” tilstanden som nå oppstår i markedet er at netto etterspørsel for lagring øker, hvor årsaken er at den økte volatiliteten øker *verdien* av produsentenes operasjonelle opsjoner. Dette er ulike opsjoner som å produsere i dag, eller at produsenten avventer for mulig økning i pris – tidligere nevnt som holdeopsjon. Opsjonene øker produsentens alternativkostnad til å produsere i dag, som er kostnaden ved å utøve dem i stedet for å bevare opsjonene. Dermed resulterer volatilitet til at alternativkostnaden for nåværende produksjon øker, og det skjer et skift i netto etterspørsel etter lagring. Hvis man forespeiler at situasjonen for volatiliteten vil vedvare på ubestemt tid, vil det eksistere ny likevekt for spotpris, eierfordel og nivå for inventar, hvor alle er høyere enn det de i utgangspunktet var.

Pindyck (2001) påpeker imidlertid at det er vanskelig å finne empiriske bevis for situasjoner hvor volatiliteten vil øke og forventes å vedvare for en lengre periode, i tillegg til at distinksjonen mellom midlertidig og lengre periode kan være diffus. Han viser til at Gulfkrigen førte til en kraftig økning i volatiliteten for råvareolje i perioden juli 1990 - januar 1991, men dette var ingen permanent situasjon - tilstanden var konstant i løpet av perioden, men vendte tilbake til normalen.

For et elektrisitetsmarked, vil permanente volatilitetsøkninger være vanskelig å bevise empirisk, da fluktuasjoner i volatilitet og pris kan stamme fra svært mange kilder. Som nevnt innledningsvis har kraftmarkedet i Norden vært gjenstand for store endringer i dynamikken over de siste 15 årene, slik at markedet ikke kan anses å ha vært "konstant" i lengre tid. I så måte vil det være vanskeligere å konkludere vedrørende dynamikken i markedet generelt, og volatilitetsendringer spesielt. For øvrig kan det tolkes dit hen at karbonkontraktenes inntreden i januar 2005, isolert sett har påvirket spotprisenes fluktuasjoner. På det britiske elektrisitetsmarkedet finner Bunn og Fezzi (2007) bevis for at karbonkontraktene er svakt eksogene mot kraft, og at sjokkpriser på karbonkontrakter skaper en signifikant økning på elektrisitetsprisene. For det nordiske markedet konkluderer Fell (2008) med at elektrisitetsprisene reagerer signifikant på prissjokk for karbonkontraktene på kort sikt. I tillegg finner han bevis for tidsvarierende respons av elektrisitetsprisene ved prissjokk i karbonkontrakter. Dette støttes av Veka et al. (2012) som finner positiv og signifikant korrelasjon mellom energiprodukter, karbonkontrakter og elektrisitet på det nordiske markedet, og forklarer dette med at det skjer såkalte volatilitetsoverføringer desto tettere integrert energimarkedene i Europa blir.



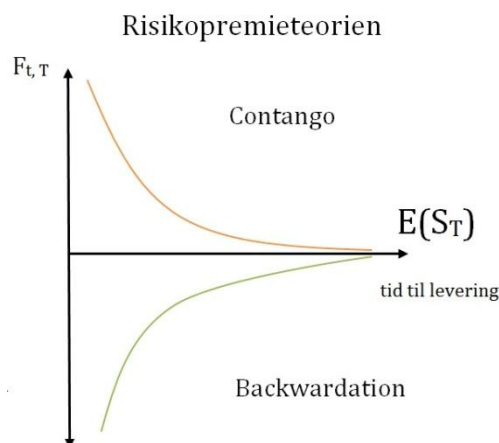
## 3.2 Teorien om risikopremie

Der lagerkostnadshypotesen forsøker å beskrive det teoretiske forholdet mellom dagens spotpris og futurespris, forsøker teorien om risikopremie å beskrive relasjonen mellom forventet spotpris på leveringstidspunkt og futurespris. Tradisjonelt sett har det eksistert tre teorier for å forstå sammenhengen mellom futurespris og forventet spotpris; forventningshypotesen, normal backwardation og contango.

*Forventningshypotesen* legger simpelthen til grunn at futuresprisen er lik den forventede framtidige spotprisen:  $F_{t,T} = E(S_T)$ . Legges dette synet til grunn, vil begge posisjoner i en futureskontrakt ha en forventet fortjeneste lik null, og dette impliserer at aktørene er risikonøytrale, og at det er likevekt mellom antall kjøps- og salgsposisjoner. I en verden hvor fremtidig spotpris er usikker, vil denne hypotesen med andre ord ignorere risikoelementet som må bygges inn i futuresprisen (Bodie et al. 2011).

*Normal backwardation* er i følge Bodie et al. (2011) assosiert med arbeidene til Keynes på 1920- tallet og senere Hicks (1946), og deres teorier om forventninger og usikkerhet. De neoklassiske økonomenes argumentasjon bygger på at for de fleste underliggende varer vil det være naturlige sikringsaktører på salgssiden - aktører som ønsker å sikre salg av underliggende vare. For at disse aktørene skal få motparter i kontraktene, må spekulanter gis insentiver i form av en forventning om fortjeneste. Spekulanter vil bare innta kjøpsposisjon i kontraktene dersom kontraktsprisen er lavere enn forventet framtidig spotpris,  $F_{t,T} < E(S_T)$ , som vist i figuren nedenfor. Hypotesen om normal backwardation sier altså at aktører vil by ned futuresprisen innledningsvis slik at prisen er lavere enn forventet spotpris, før den over levetiden til slutt konvergerer mot spotprisen. Teorien inkluderer dermed en risikopremie, men denne er imidlertid ikke basert på systematisk risiko (Bodie et al. 2011).

*Contango-* hypotesen tilsvarer den motsatte vinklingen av normal backwardation. Her er de naturlige sikringsaktørene på kjøpssiden, og futuresprisen må derfor initialt være høyere enn forventet spotpris;  $F_{t,T} > E(S_T)$ . Selgersiden i kontrakten oppnår dermed et insentiv til å innta kontrakten gjennom en forventet fortjeneste. Disse tilstandene gir kurvene



Figur 8: Risikopremieteorien – terminkontrakt mot spotpris

Den tradisjonelle *nettosikringshypotesen* gir et kompromiss mellom de tre ulike teoriene nevnt over, og fremmer at hvordan futuresprisen forholder seg til forventet spotpris, avhenger av hvorvidt det er netto kjøp- eller salgssikringsaktører. Nettosiden må betale en premie for å lokke til seg motparter i kontraktene. En annen måte å tenke på, forholder seg imidlertid til innsikten gitt av *moderne porteføljeteori*, og raffinerer synet fra de tradisjonelle hypotesene (Bodie et al. 2011). Teorien tilsier at dersom den underliggende vare innehar positiv systematisk risiko, må futuresprisen være lavere enn forventet spotpris. Det forventes altså kompensasjon i form av en risikopremie for å påta seg systematisk risiko, og det er kjøperen av den underliggende vare som påtar seg denne risikoen. Dersom den underliggende har negativ systematisk risiko, vil futuresprisen bli høyere enn forventet spotpris. Er det ingen systematisk risiko, sammenfaller dette med forventningshypotesen, med andre ord at futuresprisen er lik forventet spotpris. Formelt, settes gjerne teorien om risikopremie opp som følger, hvor  $rp$  er risikopremien

$$F_{t,T} = E(S_T)e^{(r_T - k_T)} = E(S_T)e^{-rpT}$$

Formel 5

Dagens pris på futureskontrakten er dermed den forventede spotpris på leveringstidspunktet, diskontert eller justert opp for en henholdsvis positiv eller negativ risikopremie. Tankegangen skiller seg dermed fra lagerkostnadshypotesen ved at man her tar utgangspunkt i framtidige forventninger, og justerer dette tilbake i tid med et avkastningskrav, mens lagertankegangen tar utgangspunkt i dagens pris, og justerer denne for kost/nytte forbundet med tiden fram til levering. De to teoriene er ikke nødvendigvis gjensidig utelukkende, da de beskriver kontraktens forhold til spotpris på to ulike tidspunkt. Spesielt for finansielle underliggende er begge tankesett compatible. For fysiske underliggende derimot, gjelder

lagerkostnadstankegangen dersom det eksisterer et typisk lagermarked – hvis ikke er risikopremieteorien typisk den anvendte tilnærmingen.

### 3.3 Tidligere studier av terminkontraktsprising

#### 3.3.1 Klassiske Råvarer

Fama og French (1987) tester sammenhengen mellom spotpris, futurespris og eierfordel for blant annet landbruksvarer, treverk og matvarer. De slår fast at basisen ( $F_{t,T} - S_t$ ) i løpet av lagringsperioden primært sett bør forklares av økonomiske tilstander som påvirker variasjoner i marginal lagringskostnad og marginal eierfordel, kontra en forklaring via risikofri rente. På den andre side, finner de at for metallprodukter vil forklaringen til endringer i basis i høyeste grad være styrt av den risikofrie renten. De fant eksempelvis at for gull, er den risikofrie renten alene med på å forklare 83 % av endringen i basis. Videre viser de til at goder er gjenstand for sesongmønstre, hvor spesielt matvarer gir sterkest bevis på at sesong er med som forklaringsfaktor. Siden den risikofrie renten bare forklarer en brøkdel av basisen til disse råvarene, kan sesongen pekes på som hovedårsak til endringen. Implikasjonen av studiet er at lagerkostnadshypotesen fungerer for disse råvarene, men hvordan den fungerer – hvilke drivere som er primærbestemmende, er ulikt for de ulike varene. Dette poenget formuleres presist av McDonald (2003, s. 161):

*“...An analogous idea in financial markets might be: Financial forwards are all alike; each commodity forward, however, has some unique economic characteristic that must be understood in order to appreciate forward pricing in that market”.*

#### 3.3.2 Energimarkeder

Pindyck (2001) tester sammenhengen mellom spot og terminkontrakter for råvareolje, fyringsolje og bensin, og finner at eierfordel er økonomisk signifikant for disse, men at den i stor grad fluktuerer over tid. For øvrig påpeker han at enkelte av disse fluktuasjonene er forutsigbare, da de er sesongbestemte faktorer for lagring. I de fleste tilfellene observerer han at futuresmarkedene er i svak backwardation, men at det i enkelte episoder med jevne mellomrom forekommer sterk form for backwardation. Pindyck finner at det er positiv korrelasjon mellom spotprisene og eierfordel - spesielt i tilfeller med høye priser, men påpeker at dette ikke alltid skyldes den kalkulerende basis mellom spot og futures. Årsaken forklares med midlertidige tilbuds- eller etterspørselstrykk, som vil føre til at den kortsiktige

marginalkostnaden øker ut over den langsiktige, og man har derfor i slike situasjoner høy etterspørsel etter lagring grunnet reduksjon av produksjonskostnaden. Funnene basert på et månedlig snitt for råvareolje, fyringsolje og bensin gir henholdsvis 4, 3,4 og 8,1 prosent i marginal eierfordel over den respektive gjennomsnittlige spotprisen, og understreker dermed at lagringsteorien generelt kan benyttes som prisestimator for terminkontrakter på energimarkedet.

Wei og Zhu (2006) er en av de første til å måle eierfordel og risikopremie for naturgass på det amerikanske markedet for forwardkontrakter. De forklarer eierfordelen med spotprissjokk, prisvolatilitet og gasslagringssjokk, og de finner at for perioden er eierfordelen omtrentlig 3 prosent av spotprisene, men de påpeker at resultatet er høyst variabelt og følsomt for tidsvarierende prisvolatilitet. For risikopremien antar de en nøytral nettosikringsposisjon, slik at risikopremien i gjennomsnitt bør være lik null. De argumenterer for at det bør være en positiv sammenheng mot spotprisenivået, spotprisens volatilitet, eierfordelen, samt variansen og kovariansen til eierfordelen og risikofri rente. I tillegg bør det eksistere en negativ korrelasjon til risikofri rente. Funnene indikerer imidlertid at det eksisterer en risikopremie over hele perioden på 6,5 % over spotprisen, og at påvirkningen fra variablene er av blandet karakterer i forhold til hva teorien skulle tilsi; spotprisenivået, spotprisens volatilitet og eierfordel er til en viss grad statistisk signifikant i løpet av perioden, og at variablene påvirker risikopremien i positiv retning, slik teorien er definert. Variablene varians og kovarians for eierfordel og risikofri rente er ikke signifikante, og feiler derfor i å forklare risikopremien – i strid med hypotesen. Avslutningsvis gir de uttrykk for at det i så måte kan se ut til at modellen og risikopremietankegangen for pricing av det amerikanske naturgassmarkedet ikke er egnet. De impliserer at en lagerkostnadstankegang kan gi en bedre beskrivelse av prisdynamikken i markedet enn risikopremieteorien.

### **3.3.3 Elektrisitetsmarkeder**

En av de mest innflytelsesrike modellene for analyse av risikopremie i elektrisitetsmarkedene er gitt av Bessembinder og Lemmon (2002). De argumenterer for at siden elektrisitet ikke kan lagres, faller arbitrasje- og replikasjonsargumentene som underbygger lagerkostnadshypotesen bort, og at denne teorien derfor ikke er anvendbar for elektrisitet som underliggende. De tar derfor utgangspunkt i en risikopremie- tankegang, hvor modellen er en likevektsmodell som forutsetter et isolert marked med en risikoavers tilbuds- og

etterspørselsside. Det forutsettes videre at prisene settes av produsenter og leverandører - spekulanter holdes utenfor modellen. Modellen og empiriske funn for det amerikanske kraftmarkedet viser at forwardprisen gir en skjev prediksjon av forventet spotpris, og at forskjellen mellom realisert spot og forwardprisen reduseres med forventet varians av spotprisen, og øker med forventet skjevhet av spotprisen.

Flere studier finner støtte for modellen presentert av Bessembinder og Lemmon (2002). Longstaff og Wang (2004) og Douglas og Popova (2008) analyserer auksjonsprisene dagen i forveien<sup>2</sup>, mot realtidsprisene i det amerikanske PJM- markedet. Begge studier bekrefter at forwardpremien er relatert til varians og skjevhet i spotprisen. Douglas og Popova (2008) utvider for øvrig modellen ved å vise at tilgjengeligheten av lagret gass har innvirkning på forwardpremien. I lys av likevektsmodellen til Bessembinder og Lemmon (2002), er de blant de første som argumenterer for at siden *innsatsfaktorene* til kraftverkene kan lagres, vil arbitrasje- og konverteringsmuligheter for disse ha en effekt på forwardpremien for elektrisitet. Hadsell og Shawky (2007) studerer elektrisitetsmarkedet i New York med en egenutviklet modell, hvor de undersøker eksistensen av forwardpremier, og hvordan den eventuelle premien kan relateres til Keynes' teori om normal backwardation. De finner blandede resultater på premiens størrelse, avhengig av region innenfor markedet. New York-markedet er derfor tilsynelatende lite integrert med andre finansmarkeder, ved at forwardpremien er klart positiv i én region, men nær null i en annen region. Dette relaterer de til studier som har vist at fullt integrerte futuresmarkeder burde ha en risikopremie lik null. De anser derfor at modellen til Bessembinder og Lemmon (2002) muligens egner seg bedre for å beskrive New York-markedet siden den antar et isolert marked, og de finner også støtte for modellens prediksjoner ved at de påviser en sammenheng mellom forwardpremie og volatilitet.

I de europeiske elektrisitetsmarkedene har Karakatsani og Bunn (2005) studert det britiske elektrisitetsmarkedet, og de finner at risikopremien er negativ i topplasttimer og positiv i grunnlasttimer. De forklarer dette ved å koble inn nettosikringshypotesen; i topplasttimer er det overskuddsetterspørsel etter kjøpsposisjoner, og denne siden betaler derfor en premie til topplastproduksjonen. I grunnlasttimer er blant annet atomkraftverkene gjenstand for tekniske krav, slik at disse har et behov for å innta salgsposisjoner – derav et overtilbud av

---

<sup>2</sup> Fritt oversatt fra "day-ahead-market"

salgsposisjoner relativt til kjøpsposisjoner, som medfører en premie til kjøpsiden. Diko et al. (2006) studerer elektrisitetmarkedene i Tyskland, Nederland og Frankrike, og analyserer, i motsetning til de studier nevnt så langt, forwardpremier med en lengre tidshorisont enn et døgn. De finner at resultatene er i overensstemmelse med modellen til Bessembinder og Lemmon (2002), selv om tidshorisonten på sammenhengen spot og forward økes. Resultatene sammenfaller også med de ovennevnte studier av de amerikanske og det britiske kraftmarkedet.

En felles faktor for de ovennevnte studier av de amerikanske og europeiske markedene er at de forsøker å modellere spotprisen, og benytter den modellerte prisen som grunnlag for å kalkulere risikopremie. På det nordiske kraftmarkedet har blant andre Lucia og Schwartz (2002) også forsøkt å ta utgangspunkt i en modellering av spotprisen for å teste eksistensen av risikopremie, men resultatene av analysen er tvetydige. Av andre som har analysert det nordiske markedet, har imidlertid noen en svært interessant tilnærming som til dels bryter med studiene presentert over. Både studiene til Gjølberg og Johnsen (2001) og Botterud et al. (2010) implementerer en lager- og eierfordeltankegang basert på at det nordiske kraftmarkedet er dominert av vannkraft. Førstnevnte diskuterer at siden vannkraftprodusenter kan lagre vann i magasin, er det et asymmetrisk forhold mellom produsentene og konsumentene i forhold til arbitrasjemuligheter. De påpeker at lagerkostnaden kan ses på som en alternativkostnad forbundet med spillvann når vannmagasinene er fulle, og at denne vil være null så lenge magasinene ikke er fylt opp. De viser at basisen mellom futuresprisen og spotprisen er signifikant avhengig av tilstanden til vannmagasinnivået, og knytter dette opp mot en eierfordel når det er knapphet på vann. De vurderer også eksistensen av en risikopremie, og finner at prediksjonsevnen til futuresprisene er så svak at differansen til realisert spotpris ikke kan rettferdiggjøres med en risikopremie alene. De kobler dette til nettosikringshypotesen og ulikevekt mellom posisjonene i kontraktene. De er imidlertid forsiktige med å trekke noen klare konklusjoner, med tanke på at de besitter få observasjoner og studerer et svært ungt deregulert marked.

Botterud et al. (2010) peker på at modellen lansert av Bessembinder og Lemmon (2002) baserer seg på forutsetninger som gjør modellen ugyldig i det nordiske kraftmarkedet. Eksempelvis antas det at produsentene har en konveks kostnadsfunksjon, noe som er en betydelig forenkling av den planlegging og tilpasning vannkraftprodusenter må gjøre i forhold til vannverdien og alternativkostnader. Videre antar modellen en fast utsalgspris for

leverandører, og den holder spekulanter helt utenfor. Førstnevnte gir en klart dårlig beskrivelse av det nordiske markedet, hvor leverandørsiden er svært konkurranseutsatt, og sistnevnte gjør at modellen ikke fanger opp den dynamikk som kommer fra et betydelig innslag av spekulanter på det nordiske markedet. Modellens relevans for det nordiske markedet er også avkreftet av Redl et al. (2009), og nylig av Lucia og Torró (2011). Botterud et al. (2010) tar derfor utgangspunkt i de samme ideene som Gjølberg og Johnsen (2001), og argumenterer for at man også kan forstå sammenhengen mellom spot og futures i kraftmarkedet via lagerkostnadshypotesen. De forsøker empirisk å beskrive eksistensen av både en netto eierfordel og en risikopremie, og disse variablenes relasjon til fysiske og markedsmessige tilstander i kraftsystemet. De analyserer futureskontrakter med 1 til og med 6 uker til levering over perioden 1996 til 2006, og finner at både gjennomsnittlig netto eierfordel og gjennomsnittlig risikopremie er negativ over perioden. De finner at begge størrelsene er klart linket til ulike fysiske og markedsmessige tilstander i systemet.

### **3.4 Effisiens og informasjon**

Risikopremieteoriens og lagerkostnadshypotesens funksjon hviler på en implisitt antagelse om at markedet – både for derivaten selv og for det underliggende – er informasjonseffisient. Sammenhengene mellom spot og terminkontraktpris holder bare dersom aktørene faktisk har tilgang til – og benytter relevant tilgjengelig informasjon. Temaet informasjonseffisiens er sentralt i enhver prismodell, og vi vil her gi en kort presentasjon av de generelle begrep vedrørende effisiens, samt begrepets relasjon til terminkontrakter og kraftmarkedet.

Effisiensteorien slik vi kjenner den har sin opprinnelse fra Fama (1970), som definerer at et marked er effisient dersom prisene reflekterer all tilgjengelig informasjon – det eneste som fører til prisendringer er ny tilgjengelig informasjon. I et effisient marked kan det dermed ikke oppnås noen ekstraordinær avkastning over tid ved å lete etter verdifull informasjon, ettersom ny informasjon per definisjon tilkommer tilfeldig, og den prises raskt inn. Det skilles gjerne mellom tre grader av effisiens avhengig av informasjonssettet som vurderes, og spørsmålet som stilles er hvor raskt informasjonen prises inn. Ved svak effisiens er all tilgjengelig historisk informasjon reflektert i prisen, herunder historiske priser, prisbevegelser og observerte mønstre. Halvsterk effisiens utvider informasjonssettet til all forventningsrettet tilgjengelig informasjon, mens sterk effisiens også inkluderer innsideinformasjon – hvilket

betyr at markedet reagerer så raskt at heller ikke innsideinformasjon kan gi konsistent ekstraordinær avkastning.

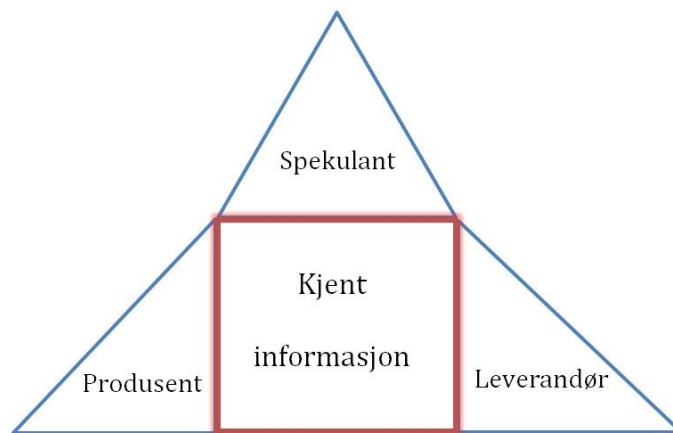
Wangensteen (2012) påpeker at spotprismarkedet for nordisk elektrisitet er effisient, og viser til en studie foretatt av SINTEF Energy Research som bekrefter dette gjennom simulering av kortsiktige marginalkostnader mot de realiserte spotprisene. Det sentrale spørsmålet her er hvorvidt terminkontraktsmarkedene er effisiente. Som Hadsell og Shawky (2006) belyser, vil et fullt ut integrert futuresmarked for elektrisitet innebære at markedet er effisient, ved at futuresprisen er en forventningsrettet korrekt estimator for framtidig spotpris, og risikopremien er null. Dette vil skje fordi deltakelse av mange aktører fra et bredt spekter av ulike finansmarkeder vil føre til en naturlig likevekt mellom salgs- og kjøpsposisjoner i kontraktene.

Alle de studiene nevnt over finner at risikopremien er forskjellig fra null, og mange kobler derfor inn nettosikringshypotesen. Eksistensen av nettosikringsposisjoner ulik null impliserer ikke nødvendigvis at markedet er ineffisient – men det er vanskelig å påvise hva som burde være en korrekt priset risikopremie. Deregulerte elektrisitetsmarkeder generelt er ikke modne, og det nordiske kraftmarkedet spesielt har som nevnt vært gjenstand for store endringer siden oppstarten. Det har derfor vært vanskelig å vise til noen stabile fundamentale forhold på disse markedene. På det nordiske kraftmarkedet, finner som nevnt Gjølberg og Johnsen (2001) at forskjellen mellom kontraktspris og realisert spotpris er så stor at den ikke kan rettferdiggjøres av en risikopremie. De utvikler sin egen prismodell, og ved å inkludere lett tilgjengelig informasjon i modellen, forbedrer de spotprisestimatene markant sammenlignet med terminkontraktsprisene. Dette tyder på at det nordiske kraftmarkedet for dette tidsrommet var ineffisient. Markedet har siden den gang modnet adskillelig mer, men Botterud et al. (2010) og Lucia og Torró (2011) finner, for sine respektive analyseperioder, at det fortsatt er klare antydninger til ulikevekt mellom tilbuds- og kjøpsiden i kontraktene.

Et sentralt poeng for det nordiske kraftmarkedet, er hvilken informasjon som er tilgjengelig og i hvilken grad for de respektive aktørene som deltar på det finansielle markedet. Haug (2007) kommenterer at det var nærmest umulig for spekulanter å konkurrere mot kraftaktører fra det fysiske markedet hva angikk innsikt og informasjon om klimatiske forhold og fysiske tilstander i kraftsystemet, og de løste dette ved og kun å verdsette derivatene og sammenligne opp mot andre derivater. Dette asymmetriske informasjonsforholdet bedret seg etter hvert som



markedet modnet, men fortsatt er det rimelig å anta at ikke alle aktørene besitter helt identiske informasjonssett. Gitt en forenkling hvor det er tre rendyrkede aktører som deltar på det finansielle markedet; produsent, leverandør og spekulant - vil den respektive aktør være spesialist på sine felt. Dersom markedet i dette eksempelet ikke er sterkt effisient, oppstår situasjonen som er illustrert i diagrammet i figur 9 under, hvor hver aktør besitter innsideinformasjon som er utenfor det felles domene av informasjon.



Figur 9: Informasjonsdeling

Botterud et al. (2010) påpeker også at informasjonen ikke er perfekt tilgjengelig for alle, og de velger derfor variabler i sin analyse som med rimelig sikkerhet er tilgjengelig for samtlige aktører. I dag eksisterer det spesialister som tilbyr analyser og prognoser for eksempelvis forbruk og klimatiske forhold. Majoriteten av aktørene har tilgang til denne typen analyser, og vil i stor grad besitte samme informasjon om nåværende og forventet fysiske tilstander i det nordiske kraftsystemet.

## 4 Metode og modeloppsett

---

### 4.1 Vitenskapsteoretisk tilnærming

Johnson og Duberley (2000) hevder at de fundamentale oppfatningene vedrørende filosofisk standpunkt i vitenskapelig forskning bunner ut fra hvilket ontologisk og epistemologisk syn man har. De påpeker videre at betraktningen rundt temaet og hvilket standpunkt man har, og er bevisst på, er viktig for hvordan man tilnærmer seg forskning. Hvilket filosofisk standpunkt vi har vil kunne klargjøre hvilke metoder som ligger naturlig for vår forskning. I tillegg vil dette kunne åpne opp for nye muligheter vedrørende spørsmål om temaet, og bruk av metoder vi opprinnelig ikke har kjennskap til. Det er imidlertid vanskelig å kategorisere seg selv i en distinkt filosofisk retning i lys av filosofisk vitenskapsteori. De ulike retningene presenteres gjerne i litteraturen med hovedtrekk som vi ikke umiddelbart føler en tilknytning til, og hvordan vi fortolker disse hovedtrekkene er subjektivt. Under diskuteres vår filosofiske tilnærming og hvilken retning som, gitt dens kjennetegn og vår fortolkning av den, passer best som kategori for oss.

#### **Ontologi og Epistemologi**

Ontologi er filosofiske antagelser om virkelighetens natur - om verden eksisterer objektivt eller om den er sosialt konstruert. Johnson og Duberley (2000) forklarer ontologi under faggrenen metafysikk, fordi man forsøker å stille spørsmål om hvordan man forstår verden; eksempelvis objekter og deres egenskaper, rom og tid, og årsaks- og virkningsssammenhenger. Vår ontologi heller mot positivistisk tenkning - eller mer spesifikt et realistisk syn om at virkeligheten rundt oss eksisterer objektivt og uavhengig av oss.

Hvordan vi best kan forstå denne verden, og hvilke kriterier som ligger til grunn for hva som utgjør vitenskapelig kunnskap kalles epistemologi. Epistemologi deles gjerne inn i subjektive og objektive syn, og Johnson og Duberley (2000) forklarer at et subjektivt syn vil mene at forskning eller observasjon aldri vil være teorinøytralt, og at en observator alltid vil påvirke det observerte. Motsatt vil en objektiv epistemologi innebære at observator er teorinøytral og at man distanserer subjektet fra vitenskapen. Positivistene i sin mest ekstreme form har den oppfatningen at de kan observere og trekke konklusjoner på en objektiv måte, med et teorinøytralt språk, og dekode sine funn til absolutte sannheter. Sosial konstruktivistene og herunder postmodernistene, som er ekstremtilfellet på motsatt side, mener at ingen forskning

vil være objektiv, da all forskning er gjenstand for subjektive tolkninger. Vårt syn er at man ikke under noen omstendigheter kan slå fast sannheter basert på et nøytralt forskningspråk. Man vil latent inneha forut antagelser, og man har verdiladede meninger som man må ta høyde for i analysering av data og i konklusjoner. I tillegg vil man tilhøre et forskningsmiljø som har en sjargong som vil påvirke språket og synet man har før man går inn i forskningsarbeidet – man tilhører et gitt ”paradigme” i lys av Kuhn’s teori. Vi skal benytte en kvantitativ metode, og hvilke variabler som skal inn i modellen vår og hvordan vi skal teste og konkludere, er gjenstand for subjektiv tolkning og formet av det akademiske paradigmet vi har tilhørighet til. Imidlertid mener vi at selv om forskning ikke kan finne ”sannheter”, kan det avdekkes usannheter i lys av Karl Popper og falsifiseringsteorien. I følge Popper kan hypoteser aldri bevises, men de kan falsifiseres eller med andre ord motbevises, og teorier drives frem i en ”darwinistisk spiral” gjennom den hypotetisk-deduktive metode. Dette mener vi fører til at forskning kan gå videre, stille nye spørsmål og således danne nye hypoteser basert på forkastede hypoteser.

En objektiv ontologi og subjektiv epistemologi tilsier at vi tilhører realismen, kritisk teori eller pragmatisme. I lys at vi i vår oppgave skal benytte velkjente statistiske og økonometriske metoder for å undersøke de teoretiske sammenhengene, argumenterer vi for at pragmatismen er vårt nærliggende filosofiske syn. Pragmatikere søker kobling mellom teori og praksis, og fokuserer på hva som fungerer i praksis, heller en å sette søkelyset på den filosofiske debatten rundt sannhet og lovmessigheter. For en pragmatiker handler det om å benytte riktig verktøy for rett jobb. Easterby-Smith et al. (2008) henviser til ”The Kolb learning cycle”, som forklarer gangen i pragmatisk vitenskap slik: læring tar plass i en kontinuerlig bevegelse fra konkrete erfaringer, til reflekterte observasjoner, til abstrakt konseptualisering, til aktiv eksperimentering og tilbake til konkret erfaring. Herunder vil erfaringer føre til at idéer oppstår, hvor pragmatikere mener at en idé eller teori benyttes som et redskap til en plan for handling for å oppnå praktiske resultater. En idé har bare mening dersom den er en plan for handling, og pragmatikere handler på bakgrunn av at man ikke er fornøyd med situasjonen man er i. Vårt formål med denne utredningen er å øke forståelsen for hvordan terminkontraktene prises – vi er ikke ute etter å etablere en presis prismodell for prediksjon eller handelsstrategier. Vi er bevisst ved at de modeller vi skal spesifisere ikke kan forventes å fange opp all dynamikk som preger kraftmarkedene. Utredningen vil derfor bære preg av kvalitative tolkninger i tillegg til kvantitativ testing. Deskriptiv statistikk og regresjonsanalyse har vist seg å være velegnet i lignende studier som er gjennomført, og vi vil

støtte oss mot erfaringer som fungerer i praksis. Vi vil imidlertid gi en dypere økonometrisk vinkling på metodene, og forsøke å ivareta de premisser som må ligge til grunn for å kunne foreta statistisk inferens.

Vi vil ikke påstå at vi søker å finne permanente sannheter ved hjelp av de økonometriske modellene, selv om de kan være tilstede. Vi støtter oss mot Johnson og Duberley (2000), som nevner at pragmatikerne aldri vil påstå at man har funnet ”sannhet”, da man vil mangle de nødvendige kognitive og språklige betydningene for å fange opp alt. Vi finner også kommentaren til Haug (2007, s. x) vedrørende finansielle modeller svært treffende: ”... *models are only models and derivatives are themselves based typically on more fundamental underlying models*”. Økonomiske modeller er forenklinger av virkeligheten, og basert på en rekke antagelser, for eksempel om sannsynlighetsfordelinger og rasjonell adferd. Videre vil forskere alltid foreta forenklinger i sine spesifikke modeller, og både vår analyse samt de studier vi baserer oss på, er intet unntak. Det betyr imidlertid ikke at modellene er *dårlige*, eller at de ikke egner seg godt i praksis.

## 4.2 Modelloppsett

Vår analyse skal basere seg på metodikken og fremgangsmåten gitt i Botterud et al. (2010), og som vi har nevnt innledningsvis vil vi analysere perioden 2006- 2012 for å undersøke om det i denne perioden eksisterer tilsvarende sammenhenger for futureskontraktene som dette studiet finner. Vi skal også analysere perioden 2003- 2012 for forwardkontrakter i lys av samme metodikk og fremgangsmåte. Vi vil her presentere og konkretisere de variabler som skal testes, og de hypoteser vi antar i det vi går inn i analysen. Operasjonalisering av variablene beskrives i analysen.

### 4.2.1 Netto eierfordel

Basert på Botterud et al. (2010) setter vi opp samme regresjonsligning, gitt av formel 6. Under diskuteres variablene slik de er definert og undersøkt i nevnte studie, og vi etablerer våre forventninger til disse variablene i lys av denne empirien, samt den teoretiske diskusjonen i forrige kapittel.

$$cy_t = \alpha + \beta_1 S_t + \beta_2 Var_t + \beta_3 Skjev_t + \beta_4 Mag_t + \beta_5 Aforbruk_T + \beta_6 Atilsig_{T-t} + u_t$$

Formel 6

## Hvor

$cy_t$  er netto eierfordel

$\alpha$  er konstanten

$S_t$  er spotpris tidspunkt  $t$

$Var_t$  er varians i spotpris tidspunkt  $t$

$Skjev_t$  er skjevhet i spotpris tidspunkt  $t$

$Mag_t$  er vannmagasinstand tidspunkt  $t$

$Aforbruk_T$  er forventet avvik fra gjennomsnittlig forbruk, leveringstidspunkt  $T$

$Atilsig_{T-t}$  er forventet avvik i tilsig fra middelvei, fra tidspunkt  $t$  til leveringstidspunkt  $T$

$u_t$  er feilledet tidspunkt  $t$

Variablene er spesifikt valgt i Botterud et al. (2010) fordi de både antas å ha en påvirkning på netto eierfordel, og fordi informasjonsinnholdet i variablene kan antas kjent av alle aktører i markedet, jevnfør diskusjonen i kapittel 3.4. De påpeker imidlertid at mange av variablene ikke har et åpenbart entydig fortegn og fortolkning. For de fysiske variablene, ble det antatt og påvist at vannmagasinstand har et negativt forhold til netto eierfordel. Ettersom vannmagasin er den faktiske inventarbeholdningen, forventer også vi at denne relasjonen gjelder, da knapphet på vann burde øke den marginale eierfordelen av å sitte på vann i magasinene.

Variabelen avvik i forbruk, er definert med bakgrunn i at aktørene besitter estimater for leveringsperiodene, og også informasjon om hva det gjennomsnittlige forbruk typisk er i leveringsperiodene. Variabelen er tenkt å representere last i kraftsystemet. Aktørene er forventet å reagere på avviket mellom estimat og gjennomsnittlig forbruk, og dette burde reflekteres i en påvirkning på eierfordelen. Dersom forbruket forventes å øke i leveringsperioden i forhold til normalen, bør dette, alt annet likt, redusere eierfordelen. Dette er fordi etterspørselen etter kjøpssiden i kontraktene vil øke i dag, og dermed øke prisen på kontrakten relativt til spotprisen, slik at basisen og dermed eierfordelen reduseres. Dette er også den effekten vi venter å se i vår analyse.

Avvik i tilsig er avvik mellom estimert tilsig fram mot leveringsperioden, og tilsiget fram mot leveringsperioden i en normaltilstand. Med normaltilstand menes ukentlig tilsig i et definert normalår beregnet som middelvei over en tidsperiode. Igjen er det ventet at aktørene besitter estimater for tilsig fram i tid, og at reaksjonene vil komme på avvik fra normalen. Avviket forventes å påvirke netto eierfordel positivt, ved at etterspørselen etter sikring reduseres ved forventede positive avvik, slik at kontraktsprisene i dag reduseres relativt til

spotprisen - motsatt av argumentasjonen over. Botterud et al. (2010) påpeker at de ikke har noen klar a priori tolkning av fortegnet for denne variabelen, og finner heller ikke at variabelen har sammenheng i sin test. Her anser vi imidlertid at det er rom for en alternativ tolkning; et positivt forventet avvik i tilsig, vil alt annet likt redusere eierfordelen, fordi tilgjengeligheten av vann og dermed inventar forventes å øke. Dette er den a priori antagelsen vi har i vår test.

Gjeldende spotpris er i Botterud et al. (2010) forventet å ha en negativ påvirkning på netto eierfordel, da de kommenterer at spotprisen er lagerkostnaden – alternativkostnaden knyttet til lagring kontra produksjon. I vannkraftsammenheng burde dette især gjelde spesielt våte og tørre perioder. Dette er imidlertid ekstremtilfeller, slik at gitt normale tilstander velger vi å støtte oss på Gjølberg og Johnsen (2001), ved at marginal lagerkostnad ikke eksisterer så lenge vannmagasinene har ledig kapasitet. Vi forventer derfor at nivå på gjeldende spotpris skal ha en positiv påvirkning på netto eierfordel, fordi en økning i spotprisen vil, alt annet likt, øke basisen,  $F_{t,T} - S_t$ , og dermed netto eierfordel, jevnfør funnene til Pindyck (2001).

Gjeldende varians og skjevhet i spotpris er forventet å ha en positiv påvirkning på netto eierfordel, og denne sammenhengen er signifikant til stede i nevnte studie. Dette er konsistent med argumentene gitt av Pindyck (2001), ved at volatilitet vil øke etterspørsel etter lagring, noe som er diskutert i forestående kapittel. Skjevhet i spotprisen sier også noe om hvor utsatt spotprisdistribusjonen er for prishopp, og store prishopp vil også gi insentiver til økt lagring. Vi antar derfor samme forventning til disse variablene i vår analyse.

#### **4.2.2 Risikopremie**

Regresjonsligningen for risikopremie gitt av formel 7 antar i Botterud et al. (2010) de samme variablene som for netto eierfordel, med unntak av den avhengige variabelen  $rp_t$ . Forventningene og tolkningen av disse variablenes relasjon til risikopremie er imidlertid noe annerledes, og vi diskuterer dette under.

$$rp_t = \alpha + \beta_1 S_t + \beta_2 Var_t + \beta_3 Skjev_t + \beta_4 Mag_t + \beta_5 Aforbruk_T + \beta_6 Atilsig_{T-t} + u_t$$

Formel 7

Fokuset er nå skiftet over til sammenhengen mellom forventet spotpris og dagens terminkontraktspotpris. Vannmagasinstand er forventet og påvist å ha et inverst forhold til risikopremie, da lave magasinnivå i dag øker sannsynligheten for store prishopp, slik at etterspørselen etter kjøpsiden i terminkontraktene øker. Dette driver opp prisen på kontraktene og dermed risikopremien. Vi benytter oss også av denne a priori forventningen til relasjonen vannmagasin- risikopremie.

Variablene avvik i tilsig og avvik i forbruk er framoverskuende variabler som nå har en tolkning knyttet til informasjonseffisiens. Et høyere enn forventet positivt avvik i tilsig fram mot levering vil, alt annet likt, redusere sannsynligheten for høye spotpriser, og dermed den realiserede risikopremien. En uventet økning i forbruk fra gjennomsnittlig forbruk i leveringsperioden vil isolert sett øke spotprisene og dermed den realiserede risikopremien. Botterud et al. (2010) finner også disse sammenhengene, og forholdet ble signifikant påvist. Signifikant påvirkning fra variablene forklares med at avvikene i liten grad er kjent for aktørene på handelstidspunktet. Vi antar derfor også disse forholdene mellom variablene og risikopremien, men har ingen a priori forventninger til graden av påvirkning fra disse variablene.

For de markedsmessige variablene finner studiet at disse har et inverst forhold til risikopremien for alle kontraktstidslengdene, med unntak av variansens relasjon til risikopremien for kontrakten med 6 uker til levering. Bare spotprisvariabelen ble sterkt signifikant, og påvirkning på risikopremien forklares med at spotprisen og kontraktene er høyt korrelerte. Våre forventninger til spotprisen er nøytral, ettersom vi først må sjekke terminkontraktens bevegelser mot spotprisen for vår analyseperiode. For variablene varians og skjevhet, er disse typisk forventningsrettede i andre studier av risikopremien, som baserer seg på Bessembinder og Lemmon (2002). Vi forventer ikke at disse variablene skal ha en betydelig påvirkning på risikopremien, men vi antar at distribusjon og volatilitet i spotpris på handelstidspunktet vil gi en indikasjon på risikonivå for leveringsperioden, og at forholdet derfor skal være positivt.

### **4.3 Økonometrisk metode**

Vi benytter en kombinasjon av deskriptiv statistikk, korrelasjon og multippel regresjon i vår analyse. Vi redegjør her for de begrep som må etableres, og de forutsetninger som må ligge til grunn for regresjonsanalyser. Regresjonsanalyse innebærer et forsøk på å beskrive og vurdere

forholdet mellom en gitt variabel og en eller flere andre variabler. I vårt tilfelle skal vi forsøke å forklare hvordan de konstruerte variablene eierfordel og risikopremie påvirkes av ulike variabler for finansielle og fysiske tilstander i kraftsystemet. Under gir vi de forutsetninger som underbygger modellens gyldighet for statistisk inferens. Dersom annet ikke er gitt, er presentasjonen hovedsakelig basert på Brooks (2008).

### 4.3.1 Forutsetninger for regresjon

Teknisk innebærer regresjon at man forøker å beskrive et lineært forhold mellom variablene ved å tilpasse en rett linje mellom datapunktene. Dette gjøres gjennom metoden ”ordinary least squares” – OLS, som tilpasser linjen ved å minimere kvadratet av de vertikale avstandene mellom de faktiske verdier og linjen. Begrunnelsen for å minimere de vertikale avstandene og ikke de horisontale i OLS prosedyren, kommer av at den avhengige variabelen  $y$  behandles som stokastisk, mens den forklarende variabelen behandles som deterministisk over gjentatte stikkprøver. For vår analyse blir det et definisjonsspørsmål om vi besitter populasjonen eller stikkprøve – et spørsmål som avgjøres av hva vi ønsker å undersøke. Ønsker vi å si noe om den spesifikke perioden vi undersøker og har data fra, besitter vi populasjonen for den perioden. Ønsker vi å benytte vår undersøkelse til å si noe om tidligere perioder eller predikere framover må vi anse våre data som en stikkprøve hentet fra populasjonen av historiske og framtidige verdier. Denne distinksjonen har liten praktisk betydning for selve utførelsen av regresjonen og hovedtestene, men er likevel viktig i kommentarer om betydningen av undersøkelsen.

Matematisk estimeres koeffisientene  $\hat{\beta}$  i en multippel regresjon via følgende formel som kalles *estimator*:

$$\hat{\beta} = \begin{bmatrix} \hat{\beta}_1 \\ \dots \\ \hat{\beta}_k \end{bmatrix} = (X'X)^{-1}X'y$$

Formel 8

Nøkkelen til gyldigheten av regresjonen ligger i estimatoren, og denne er bare statistisk optimal dersom visse forutsetninger ligger til grunn. Med statistisk optimale menes at estimatoren er såkalt ”BLUE” – Best Linear Unbiased Estimators. I dette ligger det at estimatoren faktisk gir estimat av de sanne verdiene av konstanten  $\alpha$  og koeffisientene  $\beta$ , og at dette estimatet i gjennomsnitt tilsvarer de faktiske verdiene. Videre skal estimatene være lineære kombinasjoner av den tilfeldige variabelen  $y$ , og estimatoren skal ha minimum varians



sammenlignet med andre klasser av lineære estimatorer – det vil si at OLS faktisk gir beste estimator i lys av det matematiske Gauss-Markow teoremet. I tillegg til ”BLUE”-egenskapene, blir også estimatoren konsistent under forutsetningene. Konsistens vil i denne sammenhengen si en asymptotisk egenskap; desto større stikkprøve desto større sannsynlighet for at estimatene tilsvarer de sanne verdiene. Under går vi nærmere inn på de forutsetningene som ligger til grunn, og konsekvensene av brudd på forutsetningene.

$$1) E(u_t) = 0$$

Den første forutsetningen innebærer at gjennomsnittet av feilleddene skal være null. Dette ivaretas alltid dersom et konstantledd er inkludert i regresjonen, fordi regresjonslinjen da tvinges gjennom gjennomsnittsverdien av den avhengige variabelen  $y$ . Utover denne egenskapen har konstantleddet i en regresjon sjeldent noen økonomisk betydning.

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

Forutsetningen kalles antagelsen om homoskedastisitet, og antar at variansen til feilleddene er konstant over tid. Dersom dette ikke er tilfellet, er feilleddene heteroskedastiske, og konsekvensen av dette er at standardfeilene brukt i hypotesetesting blir feil. Estimatoren er fortsatt konsistent og vil i snitt gi de sanne verdiene, men den har ikke lengre minimum varians av klassene av lineære estimatorer. Dette skyldes at variansen ikke inngår i beregningene av estimatoren, men inngår i beregningen av koeffisientvariansen og standardfeilene brukt i hypotesetestingen. Dersom variansen da endrer seg over tid, blir standardfeilene feilaktig.

En vanlig test for heteroskedastisitet, og den vi vil benytte, er White’s generelle test. Testen egner seg godt da den ikke krever at man kjenner til formen på heteroskedastisiteten. Testen sjekker om variansen til feilleddene er strengt avhengig av én eller flere av de kjente variablene i den opprinnelige regresjonen. Vi går ikke dypere inn på den generelle testen her, da White’s test enkelt utføres i de fleste statistikkprogrammer. Dersom heteroskedastisitet blir påvist, er to mulige remedier enten å forsøke med logaritmisk transformasjon av alle variabler for å redusere størrelsene, eller benytte heteroskedastisk-robuste standardfeil i regresjonen. Logaritmisk transformasjon er ikke et alternativ for oss, da vi har variabler som kan anta negative verdier. Robuste standardfeil er dermed vår eneste måte å ta høyde for et brudd på denne forutsetningen.

$$3) \text{cov}(u_i, u_j) = 0, \text{ for } i \neq j$$

Kovariansen mellom feilleddene antas å være null over tid. Med andre ord er ikke feilleddene korrelert med hverandre – autokorrelasjon eller seriekorrelasjon er ikke til stede. Dersom autokorrelasjon påvises, er konsekvensene tilsvarende de for heteroskedastisitet. Avhengig av om den påviste autokorrelasjonen er positiv eller negativ, blir standardfeilen henholdsvis undervurdert eller overvurdert, noe som påvirker gyldigheten av den inferens man foretar. Positiv autokorrelasjon ses på som mest alvorlig, da undervurderte standardfeil fører til større sannsynlighet for type 1- feil; man forkaster en nullhypotese feilaktig.

Den enkleste testen for autokorrelasjon er Durbin-Watson testen, som tester korrelasjonen mellom feilleddet og dets forrige verdi, altså korrelasjon mellom feilledd på tidspunkt  $t$  og tidspunkt  $t-1$  – *én lag*. For å kunne teste autokorrelasjon for ytterligere *lags*, må man benytte seg av andre tester, eksempelvis Breusch-Godfrey eller Ljung-Box. Vi benytter oss fortrinnsvis av Ljung-Box, supplert med Durbin-Watson ettersom sistnevnte automatisk presenteres i regresjonsutskriften. Ljung-Box tester om autokorrelasjonskoeffisienten opp til og med antall spesifiserte lags er simultant lik null.

Det er flere ulike måter å håndtere autokorrelasjon på. Det eksisterer standardfeil som er HAC-robuste, det vil si *både* robust for heteroskedastisitet og autokorrelasjon. Videre kan man gå bort fra den statiske modellen og over til en dynamisk modell som er spesifisert på endringsform, og som inkluderer lags av variabler. En slik modell kan helt eller delvis fjerne seriekorrelasjon, men det er imidlertid slik at seriekorrelasjon kan være konsekvensen av andre ”feil” med regresjonsmodellen, og da hjelper det heller ikke å introdusere lags. Ulike årsaker til autokorrelasjon kan være utelatte variabler, sesongbaserte svingninger som modellen ikke fanger opp, eller en feilspesifisert funksjonsform på regresjonen. Dersom autokorrelasjon blir et tema hos oss, er det eneste reelle alternativet HAC- robuste standardfeil. I lys av vår innfallsvinkel hvor vi vil sammenligne våre funn med tidligere studier, vil en dynamisk modell bli *mindre* meningsfylt økonomisk sett, til tross for at den kanskje blir mer korrekt statistisk sett.

$$4) \text{cov}(u_t, x_t) = 0$$

Forklaringsvariablene  $x$  skal være deterministiske og ukorrelert med feilleddene. Dette innebærer at forklaringsvariablene er bestemt utenfor modellen. Egenskapene til estimatoren

holder imidlertid selv om forklaringsvariablene er stokastiske, gitt at de ikke korrelerer med feilleddene. I den typen regresjon vi foretar, er det rimelig å anta at denne forutsetningen holder, ettersom situasjoner hvor forutsetningen bryter sammen gjerne oppstår om man forsøker OLS på spesifikasjoner med simultane ligningssett, hvilket er en av årsakene til at vektor autoregressive spesifikasjoner egner seg bedre i den type tilfeller. Antagelsen er rimelig, fordi den er relatert til forutsetning 1. Dersom den første forutsetningen holder, kan man skrive forutsetning 4 som  $E(x_t u_t) = 0$ .

$$5) u_t \sim N(0, \sigma^2)$$

Feilleddene skal være tilnærmet normalfordelt for å kunne benytte stikkprøver for å asymptotisk inferere om populasjonen, det vil si foreta enkelt- eller simultane hypotesetester av modellparametrene. Den vanligste testen for normalitet er Jarque-Bera testen, som simultant tester om fordelingen har kurtose og skjevhet som avviker betydelig fra normalfordelingen. Skjevhet måler hvorvidt fordelingen er usymmetrisk omkring gjennomsnittet, mens kurtose måler hvor fete haler fordelingen har i forhold til normalfordelingen.

Estimatene vil imidlertid være tilnærmet normalfordelt selv om feilleddene ikke er det, men dette følger med et forbehold; for at dette skal gjelde må de 4 første forutsetningene holde, og utvalget må være tilstrekkelig stort med hensyn til antall observasjoner. I praksis er de færreste finansielle og økonomiske variabler normalfordelte, men et stort nok utvalg fører til at testobservatorene følger sentralgrenseteoremet og de store talls lov, slik at de asymptotisk er normalfordelt. I mange tilfeller er derfor brudd på normalitet av liten betydning for videre inferens. Man kan likevel undersøke hva som kan forårsake eller i stor grad påvirke brudd på normaliteten. Ofte er det såkalte uteliggere – ekstremverdier som er hovedårsaken til bruddet. Ekstremverdier i variabler fører til store feilledd – med andre ord feilledd som ligger langt unna snittet, og som derfor gir skjevhet i distribusjonen. Slike uteliggere kan finnes ved å plote inn og studere feilleddene, og elimineres i regresjon ved hjelp av dummy- variabler. Man må imidlertid utvise forsiktighet om man inkluderer slike dummy- variabler. For mange vil bruke opp antall frihetsgrader i de statistiske beregningene, og det bør også undersøkes hvorvidt disse ekstremverdiene er en iboende del av dynamikken i variablene, og derfor ikke burde fjernes. Det er begrenset hvor mye man kan manipulere datamaterialet av statistiske årsaker uten at det går på bekostning av den økonomiske og kvalitative betydningen av datamaterialet.

### **4.3.2 Data**

Vi henter data for de finansielle kontraktene direkte fra Nasdaq sine ftp-servere. For det fysiske markedet henter vi materialet fra Nord Pool Spot sine servere. Operasjonsdataene magasinstand og tilsig fra Nord Pool Spot har sin opprinnelse fra de respektive systemoperatører og vassdrag- og energidirektoratene i Norden. Alle data er således fra sekundærkilder, det vil si at data opprinnelig er innhentet av andre og ikke nødvendigvis til samme formål som for vår agenda. Data består av kvantitativt tallmateriale og er dermed harde data.

### **4.3.3 Validitet og reliabilitet**

Validitet kan enklest forklares som gyldigheten av testingen og i hvilken grad vi måler det vi har til hensikt å måle. Reliabilitet vedrører påliteligheten av vår studie, og hvorvidt det er etterprøvbart i den forstand at man kommer fram til samme resultater ved hjelp av samme metode.

I forhold til datamaterialet er det slik at sekundærkilder kan inneholde feil og mangler relatert til både målinger og registreringer. Dette er ikke noe vi har mulighet til å undersøke, og vi stoler derfor på at materialet hentet fra både Nasdaq og Nord Pool er adekvat og således godt validitetsmessig. Tilgang til disse kildene er normalt sett betalbare abonnements tjenester, og i lys av at datatilgang er kommersielle produkt anser vi det som en rimelig antagelse at disse er kvalitetssikret av tilbyderne. Imidlertid er det slik at det materialet vi henter fra serverne kommer i ulike format, med tall organisert på ulike måter og frekvenser, fordelt på svært mange dokumentfiler. Vi må derfor foreta en relativt stor og tidkrevende behandling av datamaterialet. En slik behandling introduserer en viss risiko for feil, men under de tidsrammene vi arbeider med, er det ikke realistisk å dobbeltsjekke behandlingen – vi kan bare foreta stikkprøver av arbeidet og rette de feil som påvises. Vi opererer derfor under antagelsen om at det ikke vil eksistere betydelige feil med datamaterialet vårt.

Metodisk støtter vi oss på tidligere studier hva angår validitet, og vi kjører diagnostiske tester for å sikre gyldigheten av mulig statistisk inferens. Ut over dette, vil vi strebe etter å være mest mulig transparente og tydelige på det vi foretar oss, både i forhold til behandling og transformering av data, samt testing av data. Vi vil tydeliggjøre de forutsetninger vi tar og de

forenklinger som er nødvendige. Dette gjør vi for at studiet vårt skal være mest mulig reliabelt og etterprøvbart.

# 5 Analyse

---

Vi foretar her empiriske analyser av spot- og terminkontraktprisene. Innledningsvis beskriver vi operasjonaliseringen av datamaterialet og de variabler vi benytter i modellene våre. Vi starter med diskusjon av enkle deskriptive undersøkelser av prisutvikling og sammenhenger. Deretter følger vi opp med regresjonsanalysene, og tester hvilke variabler som kan påvirke både netto eierfordel og risikopremie i lys av de teorier og studier som er diskutert. Netto eierfordel diskuteres først og vi undersøker tre ulike kontrakter; ukefutures med henholdsvis én og seks uker til levering, og månedsforward med levering påfølgende måned. Deretter tester vi risikopremien for de samme kontraktene. For alle regresjonsanalysene foretar vi grundig testing av regresjonens gyldighet i lys av de metodiske forutsetningene presentert.

## 5.1 Databehandling og operasjonalisering

Analysen baserer seg på historiske spot- og futurespriser i perioden første januar 2006 til og med medio mars 2012, samt spot- og forwardpriser i perioden oktober 2003 til og med februar 2012. Rådata for terminkontraktene består av daglige sluttkurser for alle kontrakter handlet, mens spotprisene er gitt som timepriser. Vi benytter oss også av operasjonelle data som tilsig, forbruk og vannmagasinstand. Vi presenterer her i grove trekk den behandling vi gjør og argumentene for dette.

### 5.1.1 Operasjonsdata

Tilsig og vannmagasinstand er rapportert ukentlig for Norge, Sverige og Finland, målt i MW. Vi summerer materialet slik at vi benytter totalt tilsig og total magasinstand i kraftsystemet. Forbruk er rapportert i MW for hvert enkelt land, og angitt både på timefrekvens og døgnfrekvens. Vi summerer derfor døgnforbruket over uken, og beregner totalt ukentlig forbruk for landene. Grunnet datatilgjengelighet beregnes bare totalt samlet forbruk for Norge, Sverige og Finland, men dette er representativt da disse tre landene står for i overkant av 70 % av det totale nordiske forbruket.

### 5.1.2 Futures og forward

Vi analyserer uke-futures, det vil si futureskontrakter med leveringsperiode over én uke. Vi benytter oss av to utvalg; kontrakter med levering påfølgende uke, og kontrakter med seks uker til levering – som også er tidligste tidspunkt for når en uke-futures starter handel.

Observasjonene vi benytter oss av er sluttkurs siste handelsdag hver uke. Dette betyr at vi får ukentlige observasjoner på kontraktspriser som mer presist kan beskrives som pris uke  $t$  med levering henholdsvis uke  $t + 1$  og  $t + 6$ . Valget av ukentlig frekvens er gjort med bakgrunn i to forhold. For det første rapporteres tilsig og vannmagasinstatistikk ukentlig, slik at man opererer med tilsig over uken, og vannmagasinstand gjeldende uke. For det andre er det fordelaktig å sammenstille frekvensen på prisene med leveringsperioden, slik at man kan konstruere en tidsserie av futurespriser med akkurat  $T-t$  uker til levering. Dersom man øker frekvensen, for eksempel til daglige observasjoner, oppstår det tidsmessige hopp og dermed inkonsistens når man rullerer kontrakter.

Forwardkontrakten som benyttes er en måneds-forward med levering over én måned. Vi vurderer bare ett utvalg bestående av frontmånedene, men følger samme argumentasjon som over og benytter sluttkurs siste handelsdag med levering påfølgende måned. Forwardkontraktene er dermed på månedlig frekvens, og de variablene vi tester mot forwardene må aggregeres tilsvarende.

Valget av siste handelsdag som observasjon i kontraktene beror også på to forhold. Det ene er at aktørene besitter maksimalt med relevant informasjon siste handelsdag gjeldende uke, og det andre er at vi forutsetter at man antar en lang posisjon og holder posisjonen til og med levering. Siste handelsdag representerer derfor hva aktørene låser prisen til i leveringsperioden. For futureskontrakten med levering påfølgende uke og for forwardkontraktene, observerer vi høy aktivitet i kontraktene siste handelsdag. Kontraktene kan derfor sies å være svært likvide på dette tidspunkt, både med hensyn til antall handlede kontrakter og volum. Antall utestående kontrakter er også høyt ved sluttkurs, hvilket betyr at det er mange aktører som faktisk holder kontraktene til levering. For ukekontrakten med 6 uker til levering, er imidlertid aktiviteten svært lav, og utestående kontrakter er null eller nær null. I de tilfeller hvor det ikke er handel i kontrakter, observerer man likevel prisbevegelser fra dagen før. Generelt sett er det slik at clearinghuset setter prisen i de tilfeller det ikke er aktivitet, med bakgrunn i at det skal være daglig marginoppgjør. Dette betyr at det ikke eksplisitt er interaksjon fra aktørene som danner sluttkursen i slike tilfeller. Vi finner det imidlertid rimelig å anta at dersom aktørene anser dette som feilprising, vil de korrigere denne gjennom tilpasning. I alle tilfeller, er det uansett sluttkursen siste handelsdag som er representativ for hva en aktør i praksis kan låse prisen til, dersom aktøren har behov for å

sikre en ukelevering 6 uker fram i tid, og siste handelsdag er det tidspunkt tilgang til relevant informasjon er på det maksimale nivå.

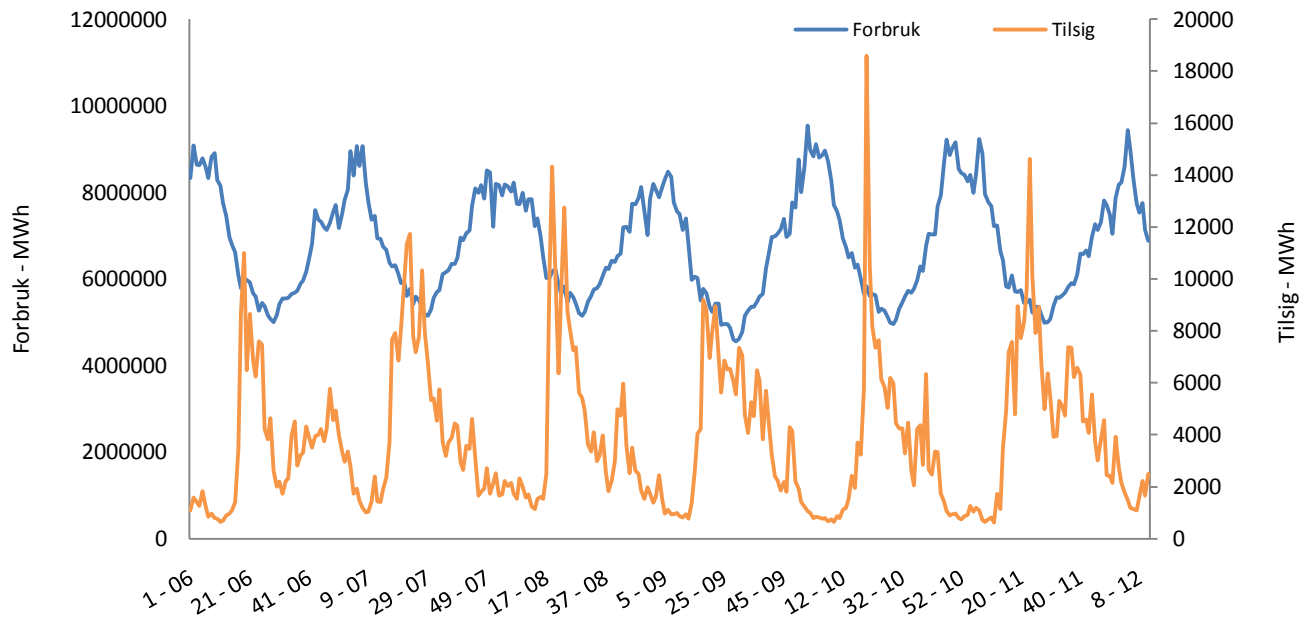
### **5.1.3 Spotprisene**

I datamaterialet fra Nord Pool er det oppgitt priser for hver time i døgnet, organisert etter uker. Hver dokumentfil inneholder prisinformasjon for en enkelt uke, og gjennomsnittlig timepris for hvert døgn er ferdig kalkulert. Gjennomsnittlig timepris over uken beregner vi basert på de gjennomsnittlige timeprisene per døgn. For sammenstilling med forwardkontraktene kalkulerer vi gjennomsnittlig timepris over måneden ved å benytte alle døgnsnittprisene den enkelte måned. Ovenstående operasjonalisering innebærer derfor at vi benytter gjennomsnittlig timepris per faktisk uke og måned. Variablene varians og skjevhet i spotprisen er beregnet ut fra de gjennomsnittlige døgnprisene gjeldende uke for futureskontraktene, og gjennomsnittlige døgnpriser over gjeldende måned for forwardkontrakten.

## **5.2 Spotpris og fysiske tilstander i kraftsystemet**

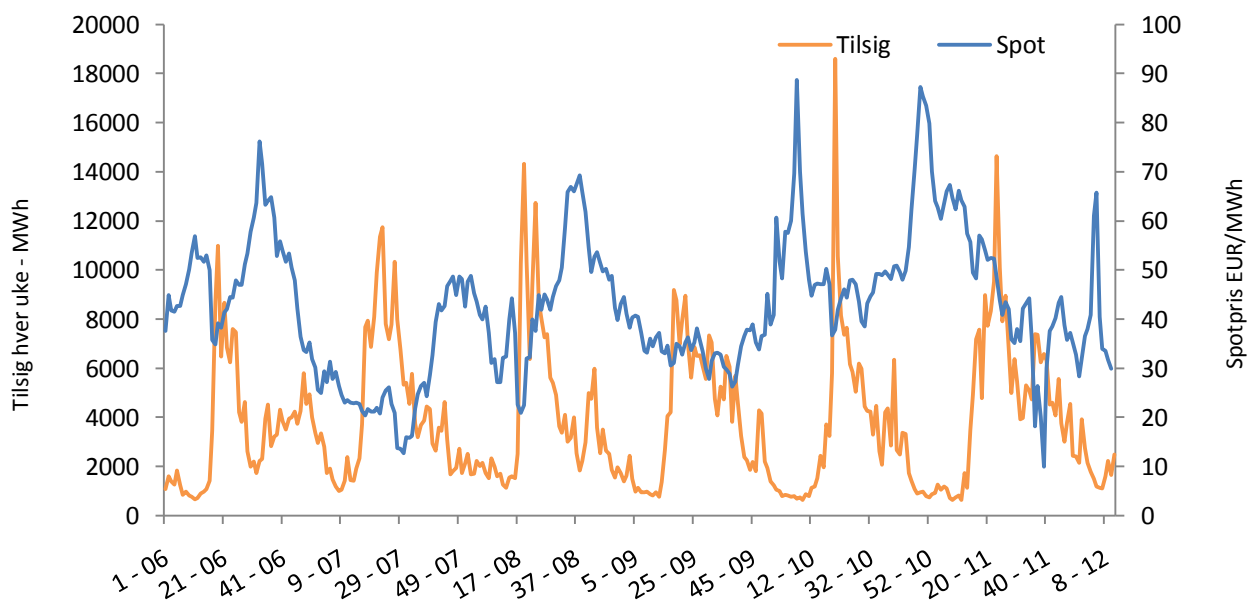
Vi har tidligere nevnt at elektrisitetsforbruket varierer motsatt med tilsiget, det vil si at forbruket er størst på høsten og vinteren da tilsiget er lavest, og lavest på våren og sommeren da tilsiget er stort. Dette er en naturlig konsekvens av de klimatiske forhold som preger Norden, og burde også gjenspeiles i et tilsvarende forhold mellom prisene og magasinstanden. Vannkraft er den dominerende kilde for elektrisitetsproduksjon, ikke bare i Norge, men i hele det nordiske markedet, og utgjør cirka 50 % av produsert volum. I Norge er vannkraftandelen nær 100 %, mens den i Sverige og Finland er henholdsvis 50 % og 20 %, og høytrykkskraftverk er den dominerende installasjonen i alle disse landene. I figur 10 ser vi historisk forbruk mot tilsig.





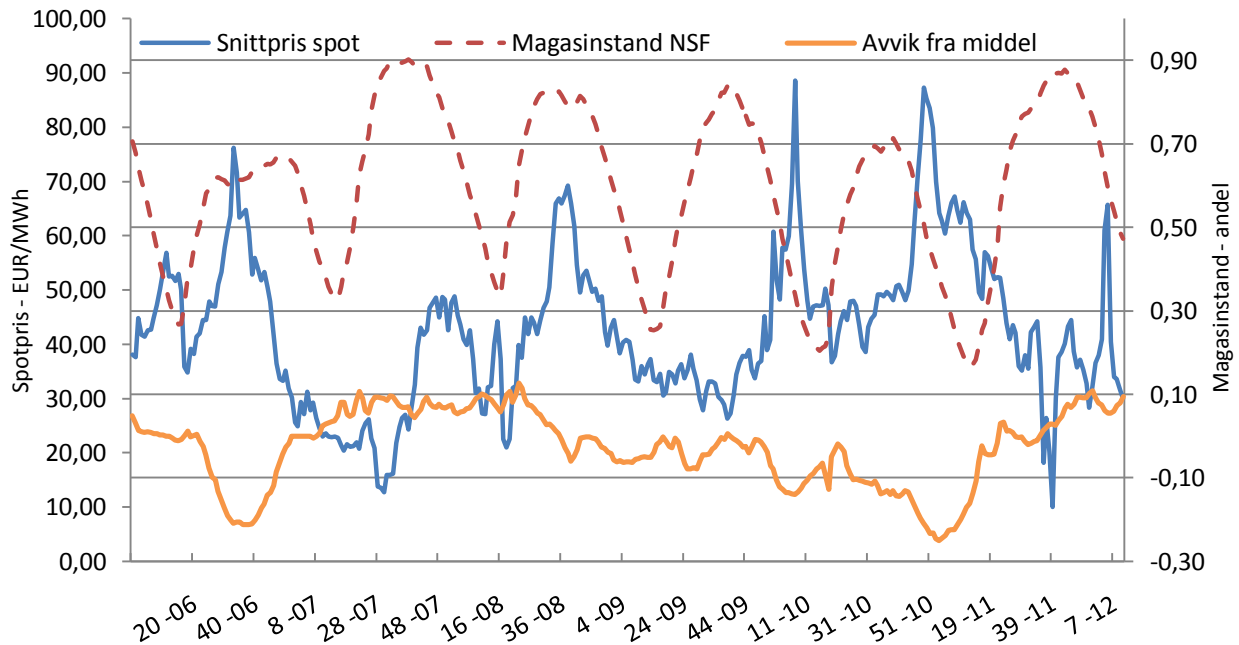
Figur 10: Ukentlig forbruk og tilsg over analyseperioden - MWh

Figuren bekrefter at det er et negativt forhold mellom forbruk og tilsg. Tilsg et topper rundt midten av mai måned med vårløsningen, i det vi går inn i de varmere sommermånedene og forbruket nærmer seg sitt minimum. Vi observerer også at forbruket følger et utpreget sesongmønster, og holder seg relativt stabilt hvert år. Det er ikke mulig å observere noen klar trend for økende forbruk over analyseperioden, men dette er ikke overraskende gitt at perioden er for kort for å kunne observere noen langsiktige egenskaper. Tilsg et følger også et sesongmønster, men bærer preg av mer ustabilitet og variasjon. Videre plottes tilsg et mot spotprisen i figur 11:



Figur 11: Ukentlig tilsg et og spotpris

Vi observerer samme mønster her; innenfor det enkelte år tenderer spotprisen til å være høy når tilsiget er lavt, og lav når tilsiget er høyt. Mønsteret bærer imidlertid preg av mer støy enn i forrige figur, ettersom det er mange faktorer ut over klimasesong som bestemmer spotprisen. I neste figur, plottes spotprisen mot vannmagasinstand og avvik fra middelverdi.



Figur 12: Ukentlig spotpris, magasinstand og avvik magasin (NSF – Norge, Sverige, Finland)

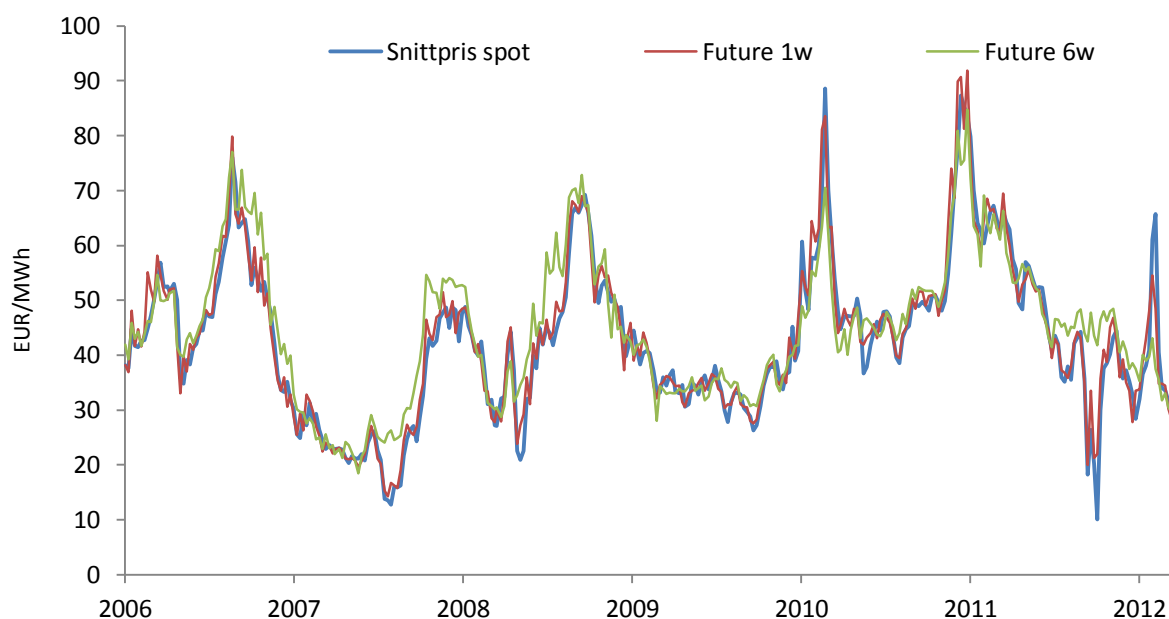
Vannmagasinstanden er total magasinstand i Norge, Sverige og Finland gjeldende uke i forhold til total magasinkapasitet, og er en direkte konsekvens av tilsig og forbruk. Avvik fra middelverdi vil si magasinstandens avvik fra magasinstanden i et beregnet normalår. De respektive land benytter ulike utvalg for beregning av normalår for vannmagasinstand; eksempelvis opererer Norges Vassdrags- og Energidirektorat med medianen for perioden 1990- 2011 som normalåret, mens Svensk Energi opererer med perioden 1960- 2009 som utvalg for middelverdi. Vi beregner derfor selv middelverdier basert på utvalget 1996 – uke 11 2012, og avviket er målt i forhold til disse middelverdiene.

Vi ser at vannmagasinene fylles jevnt opp i vår- og sommerukene når forbruket er lavere enn tilsiget, og tappes i høst- og vinterukene når denne situasjonen snur. I den første halvdel av perioden observerer vi at toppene i vannmagasinstand og spotpris sammenfaller. Spotprisen når sitt høyeste nivå rundt det tidspunkt vannmagasinene begynner å tappes. For den siste halvdel av perioden, ser vi at prishoppet vinteren 09/10 og 10/11 er forskjøvet fra toppen av

vannmagasinet. Dette sammenfaller med at magasinstanden faller videre til svært lave nivåer, og skyldes to lange og kalde vintre. Høsten 2011 bar preg av uvanlig mye tilsig, og presset markedsprisene kraftig ned (nve.no), noe vi klart observerer i figuren. Vinteren 2012 har vært mild, med noe kaldvær i februar, som også bekreftes av utviklingen i grafene. Vi observerer også at store topper og moderate topper i spotprisen, sammenfaller med henholdsvis store negative og positive avvik i magasinstand fra middelnivå. Det synes klart at den fysiske tilstanden for vannmagasinene i Norge, Sverige og Finland har stor innvirkning på prisene i det samlede nordiske kraftsystem.

### 5.3 Spot- og terminkontraktpriser

I figur 13 under sammenstilles grafene for futureskontraktene og spotprisen over analyseperioden, og tabell 1 viser enkel deskriptiv statistikk for seriene.



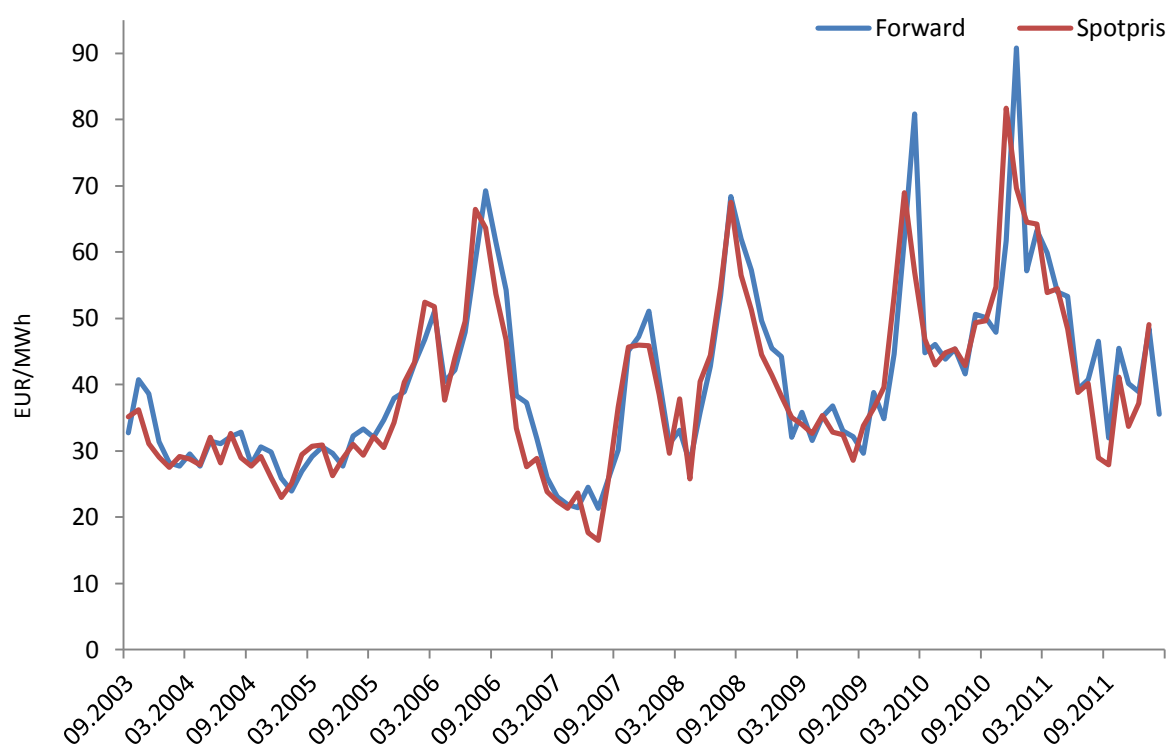
Figur 13: Ukentlig spot og futurespriser

Vi observerer at kontrakten med én uke til levering følger spotprisutviklingen svært tett, med en korrelasjonskoeffisient på 0,97. Kontrakten med 6 uker til levering avviker mer, men det foreligger fortsatt en relativt høy korrelasjonskoeffisient på 0,9. Avvikene skyldes i stor grad at markedsprisingen ikke påvirkes i like stor grad av store hopp i spotprisen. I tabellen ser vi at minimumsverdien for spotprisen er cirka EUR 10, noe som inntraff i uke 40 2011. Dette er et eksempel på hvor kontrakten med 6 uker til levering i samme tidsrom ikke priser inn dette noe uventede fallet.

Pris – EUR/MWh	Spot	1 uke	6 uker
Utvalgsstørrelse	324	324	324
<i>Gjennomsnitt</i>	<i>42,65</i>	<i>43,20</i>	<i>44,81</i>
Standardavvik	13,89	13,98	12,74
Max	88,64	91,86	84,80
Min	9,99	14,26	18,50
Korrelasjon med spot	-	0,97	0,90

Tabell 1: Deskriptiv statistikk: ukentlig spot og futureskontrakter

Figuren under viser utviklingen i månedlig spotpris mot forwardprisen, og også her observerer vi at prisene følger hverandre tett. Av tabell 2 ser vi at korrelasjonskoeffisienten er på 0,91, men vi besitter betydelig færre observasjoner for forwardkontrakten. Likevel tyder dette på at også prisingen av forwardkontrakten følger gjeldende spotpris tett.



Figur 14: Månedlig pris for spot og forward

Pris – EUR/MWh	Spot	Forward
Utvalgsstørrelse	102	102
<i>Gjennomsnitt</i>	<i>39,27</i>	<i>40,57</i>
Standardavvik	12,85	13,05
Max	81,65	90,77
Min	16,53	21,31
Korrelasjon med spot	-	<b>0,91</b>

Tabell 2: Månedlig spotpris og forward

Den høye korrelasjonen mellom spotpris og alle tre kontrakter tyder på at gjeldende spot inngår som en viktig faktor i prisingen av kontraktene, og gir derfor støtte til retorikken i lagerkostnadshypotesen, hvor kontraktspris bestemmes med utgangspunkt i dagens spot. Alternativt impliserer korrelasjonen at nivå på gjeldende spotpris er utgangspunkt for forventet framtidig spotpris, i lys av risikopremieteorien. Vi observerer også at korrelasjonskoeffisientene for futureskontraktene er lavere for vår analyseperiode enn hva Botterud et al. (2010) finner i sin analyseperiode, selv om dette kan skyldes rene tilfeldigheter.

## 5.4 Netto eierfordel

Som vi har diskutert i kapittel 3.3.3, argumenterer Botterud et al. (2010) for at en positiv netto eierfordel burde eksistere i et vannkraftdominert marked når vannmagasinnivåene er relativt lave. Tilsvarende burde netto eierfordel være negativ når magasinstanden er høy. Vi foretar de samme forutsetninger som Botterud et al. (2010), og følger oppsettet i dette studiet med basis i formel 3 med kontinuerlig notasjon. Jevnfør ovennevnte studie antas risikofri rente å være null, ettersom holdeperioden maksimalt strekker seg over 6 uker. Netto eierfordel kan dermed løses ut til formel 9, og transformeringen vises i vedlegg 4.

$$cy_{t,T} = \ln\left(\frac{S_t}{F_{t,T}}\right)$$

Formel 9

Hvor

$cy_{t,T}$  er netto eierfordel uke/måned  $t$ , med levering uke/måned  $T$

$S_t$  er gjennomsnittlig spotpris uke/måned  $t$

$F_{t,T}$  er kontraktspris uke/måned  $t$ , med levering uke/måned  $T$

Netto eierfordel beregnes via formel 9 for alle tre kontraktene. Tabell 3 under viser deskriptiv statistikk for de resulterende seriene. Observer at formelen over resulterer i en netto eierfordel uttrykt som en premie i prosent, men på kontinuerlig form.

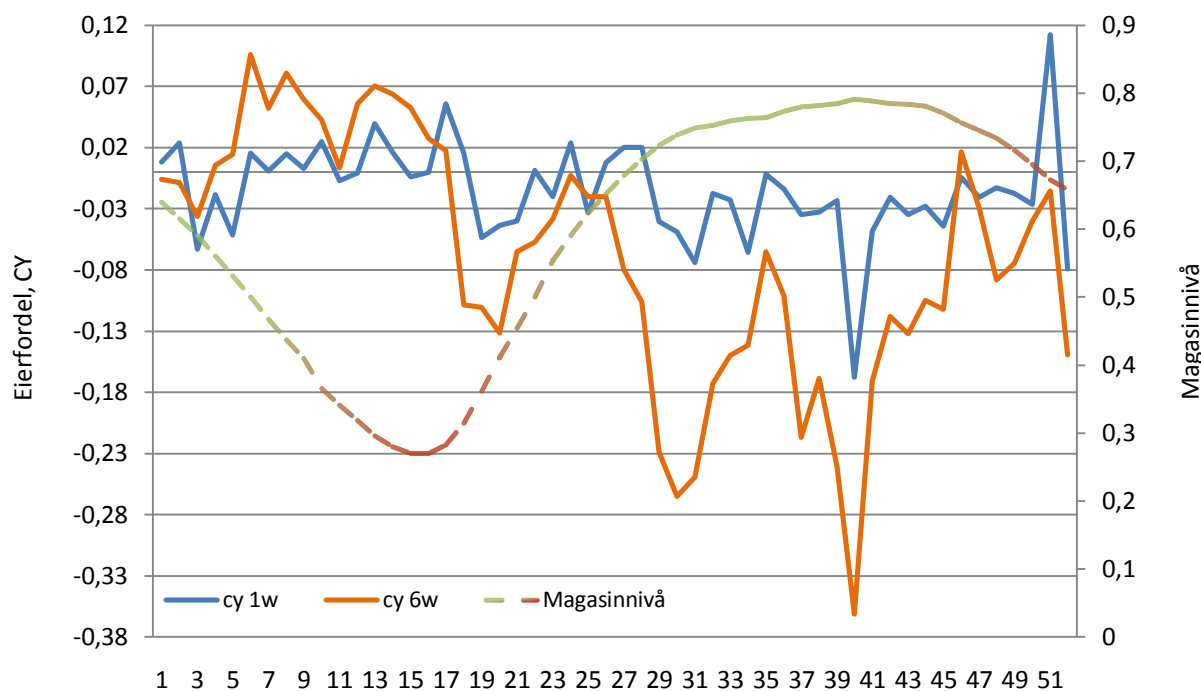
<b>Holdeperiode</b>	<b>1 uke</b>	<b>6 uker</b>	<b>Forward</b>
Utvalgsstørrelse	324	324	102
Andel negativ	0,57	0,64	0,66
Andel positiv	0,42	0,36	0,34
<b>Gj.snittlig eierfordel, CY</b>	<b>-0,016</b>	<b>-0,064</b>	<b>-0,037</b>
Standardavvik	0,086	0,173	0,131
Maks	0,304	0,562	0,324
Min	-0,789	-1,430	-0,487
Øvre grense KI*	-0,003	-0,040	-0,003
Nedre grense KI*	-0,028	-0,089	-0,070

Tabell 3: Netto eierfordel, KI\* = 1 % konfidensintervall

Gjennomsnittlig netto eierfordel er negativ over analyseperioden for alle tre kontrakter. Konfidensintervall beregnet på 1 % nivå bekrefter at gjennomsnittlig netto eierfordel er strengt negativ over holdeperiodene. For futureskontrakten med levering påfølgende uke, er gjennomsnittlig netto eierfordel -1,6 %, og verdien faller til -6,4 % for kontrakten med levering 6 uker fram i tid. Til tross for at en ren sammenligning er en betydelig forenklet metode, er resultatene i tabellen nedslående for vår hypotese om økt netto eierfordel, da netto eierfordel er mindre enn i analyseperioden til Botterud et al. (2010). Dette tyder på at en eventuell volatilitetstransmisjon fra andre energimarkeder grunnet tettere integrering, ikke har ført til en generell økning av netto eierfordel. Imidlertid viser tabellen at vi har noen ekstreme verdier som trekker i negativ retning – minimumsverdiene er betydelig større i absoluttverdi enn de minimumsverdiene det nevnte studiet observerer. Dette fører også til at standardavvikene øker i vår analyseperiode.

Videre undersøkes relasjonen mellom netto eierfordel og vannmagasinstand. Antagelsen er at de positive verdiene for netto eierfordel skal sammenfalle med lave verdier for vannmagasinstand. For å undersøke dette beregnes gjennomsnittlig netto eierfordel for den enkelte uke over analyseperioden. Figur 15 under viser resultatene grafisk mot middelverdi

for vannmagasinstand. For forwardkontrakten er observasjonsfrekvensen månedlig, derfor konstrueres ikke tilsvarende gjennomsnitt og figur.



Figur 15: Gjennomsnittlig eierfordel og normalt magasinnivå over ukene

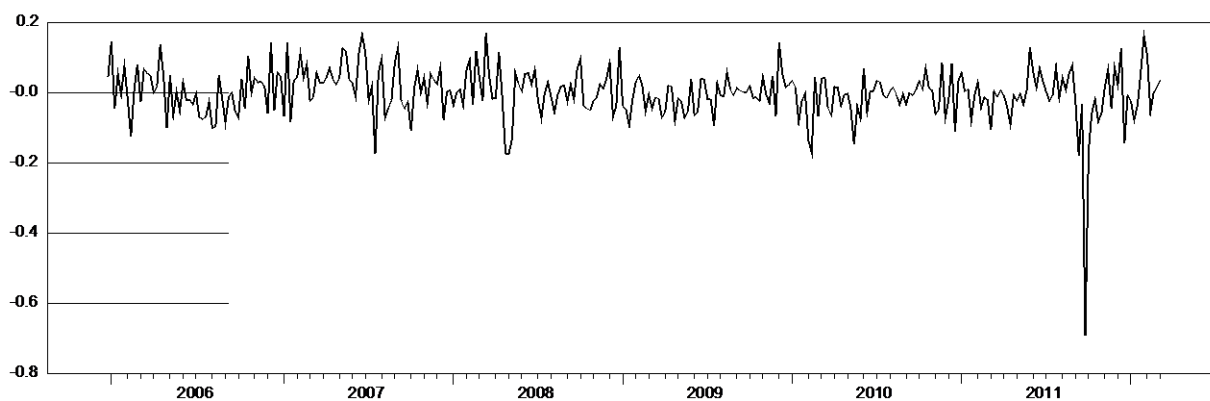
Grafen viser, dog ikke entydig, at netto eierfordel følger et sesongmønster som varierer motsatt med utviklingen i vannmagasinene. Positiv netto eierfordel observeres i hovedsak i løpet av årets første 17 uker, da vannmagasinene tappes. I det vårløsningen starter, faller netto eierfordel drastisk, og når sitt laveste nivå i det vannmagasinene når toppunktet. Dette er konsistent med hva som var forventet og gir støtte til lagerkostnadshypotesen. Netto eierfordel burde, alt annet likt, variere motsatt med vannmagasinstand. Vi utfører en enkel korrelasjonstest for hele analyseperioden, og finner at korrelasjonskoeffisienten mellom vannmagasinstand og netto eierfordel for futureskontraktene er henholdsvis  $-0,21$  for kontrakten med levering påfølgende uke, og  $-0,49$  for kontrakten med levering 6 uker. Tilsvarende for forwardkontrakten gir et resultat på  $-0,44$ . Koeffisientene bekrefter at det er et negativt forhold, men koeffisientene er relativt svake. Dette skyldes imidlertid at det er flere forklaringsvariabler for netto eierfordel enn magasinstand, deriblant tilsig - som varierer svært i periodene mellom magasinenes topp- og bunnpunkt.

### 5.4.1 Regresjonsanalyse

Vi utfører multipl regressjon for alle 3 kontraktene med bakgrunn i regresjonsligning 7, og tolkningen som er gitt av variablene i kapittel 4.2.1. Vi starter med futureskontrakten med levering påfølgende uke, og gir en detaljert gjennomgang av prosedyren og alle diagnostiske tester som utføres. Fullt oppsett av testingen for alle kontraktene i RATS gis i vedlegg 5. For de to andre kontraktene, og ved senere analyse av risikopremie, kommenteres bare avvik og momenter av særskilt interesse, da vi følger den samme gangen for hver regressjon.

#### 5.4.1.1 Futureskontrakt, levering t+1

Vi kjører innledningsvis en ren multipl regressjon for å studere residualene fra regresjonen. Figur 16 under viser residualene grafisk over analyseperioden.

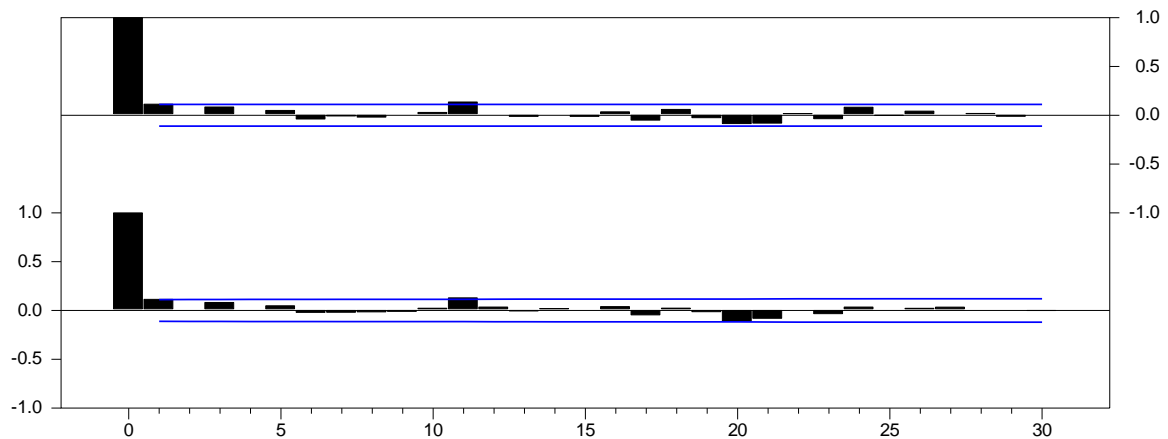


Figur 16: Residualer fra innledende regresjon f1w

Vi observerer at det foreligger én ekstremverdi i residualene. Denne foreligger i uke 40 2011 – den uken hvor spotprisen faller dramatisk ned til 10 EUR/MWh. Selv om det ikke kan anses å være unormalt at spotprisene faller slik, er det likevel uvanlig. Vi mener derfor at vi i regresjonsanalysen har grunnlag for å benytte oss av en dummyvariabel for uke 40 2011, ettersom vi bare observerer denne ene ekstremverdien. En slik variabel vil kunne forbedre normalitetsegenskapene til residualene. For øvrig anser vi grafen av residualene som lovende hva angår statistiske egenskaper, men dette må formelt testes for videre. Grafisk inspeksjon tilsier at residualene beveger seg tilfeldig rundt gjennomsnittet – tilsynelatende null, men vi observerer samtidig tendenser til såkalt ”volatility-clustering”. Dette betyr at svingningene ”klumper seg sammen” periodevis, og at residualene derfor bryter forutsetning 2 og er heteroskedastiske.



Vi konstruerer dummy-variabelen for uke 40 2011, og kjører regresjonen på nytt med denne variabelen inkludert. Det første vi må avklare, er hvorvidt residualegenskapene er slik at vi må benytte robust regresjon. Durbin-Watson observatoren i regresjonsutskriften indikerer at residualene ikke er seriekorrelerte, men vi må som nevnt teste for flere lags via en Ljung-Box test. Vi observerer først autokorrelasjonshistogrammet for residualene vist under.



Figur 17: Autokorrelasjonshistogram – f1w

Det relevante området er fra og med lag 1, og vi observerer at det bare er lag 1 som ser ut til å bryte de blå grensebandene. Bandene indikerer et 95 % konfidensintervall, hvor verdier over eller under bandet er signifikante. Vi benytter denne observasjonen for å definere Ljung-Box testen. Testen settes opp med 12 lags, og resultatene er presentert i tabell 4.

Lag	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Korrelasjon	0,11	-0,01	0,08	-0,01	0,05	-0,05	-0,02	-0,03	-0,01	0,03	0,14	0,01
<b>Q*- observator</b>	<b>15,675</b>		Signifikans		0,2							

Tabell 4: Resultater Ljung-Box test f1w

Testen kan ikke forkaste nullhypotesen om null autokorrelasjon, og kombinert med Durbin-Watson observatoren, går vi videre under antagelsen om at autokorrelasjon ikke er til stede i residualene. Dette betyr at vi ikke trenger å benytte oss av HAC-robust regresjon, men det gjenstår å teste for heteroskedastisitet.

Heteroskedastisitet testes via White's test, hvis nullhypotese er at residualene er homoskedastiske. Resultatet er gitt i tabell 5.

**White's test**

Kji-kvadert (28)	100,09
Signifikans	0,0000000

Tabell 5: Resultat White's test f1w

Testen forkaster nullhypotesen – alternativhypotesen om heteroskedastisitet er sterkt signifikant. Det er dermed klart at vi må benytte oss av heteroskedastisk- robuste standardfeil, og vi må dermed kjøre en robust regresjon. Den siste formelle diagnostiske testen angår forutsetning 5 og normalitetskravet. Jarque-Bera test av residualene og tilhørende statistikk er presentert i tabell 6 under.

**Normalitetsstatistikk**

Observasjoner	324		
Gjennomsnitt	0,00000	Varians	0,003815
Standardfeil	0,061765	SF** gjennomsnitt	0,003431
t-observator	0,00000	Signifikansnivå (gj=0)	1
Skjevhet	-0,198095	Signifikansnivå (Sk=0)	0,147351
Kurtose*	0,83020	Signifikansnivå (Ku=0)	0,002549
Jarque-Bera	11,423598	Signifikansnivå (JB=0)	0,003307

Tabell 6: Resultat av Jarque-Bera f1w. \* indikerer Excess kurtosis, \*\* Forkortelse standardfeil

Vi fokuserer på Jarque-Bera observatoren og tilhørende signifikansnivå. Nullhypotesen om normalitet er klart forkastet. Dette er ikke uventet, da de færreste finansielle data innehar normalfordelte egenskaper. Det eneste remediet vi har for å "tvinge" gjennom normalitetskravet, er å introdusere enda flere dummyvariabler. I dette tilfellet ser vi ikke noen god grunn til å eliminere flere observasjoner fra datasettet. Vi har imidlertid et stort utvalg, og i lys av argumentasjonen gitt i kapittel 4.3.1 går vi derfor videre selv om normalitetskravet for residualene ikke holder. Resultatene av den robuste regresjonen presenteres i tabell 7.

CY 1 uke	Konstant	Spotpris (10 <sup>-4</sup> )	Varians spot (10 <sup>-4</sup> )	Skjevhet spot (10 <sup>-3</sup> )	Magasinnivå	Avvik forbruk (10 <sup>-8</sup> )	Avvik tilsig (10 <sup>-5</sup> )
Verdi	0,0046	3,3018	3,6529**	-1,2913	-0,0569**	-9,8515**	-1,119**
t-observator	0,26	1,08	2,7	-0,30915	-3,36857	-9,78963	-3,61894
<b>Standardisert</b>	n/a	0,053	<b>0,221**</b>	-0,014	<b>-0,13**</b>	<b>-0,416**</b>	<b>-0,187**</b>

Tabell 7: Netto eierfordel f1w. \*\*, \*; Signifikansnivå på hhv. 1 % og 5 %. (10<sup>n</sup>): Skaleringsnivå koeffisientverdi

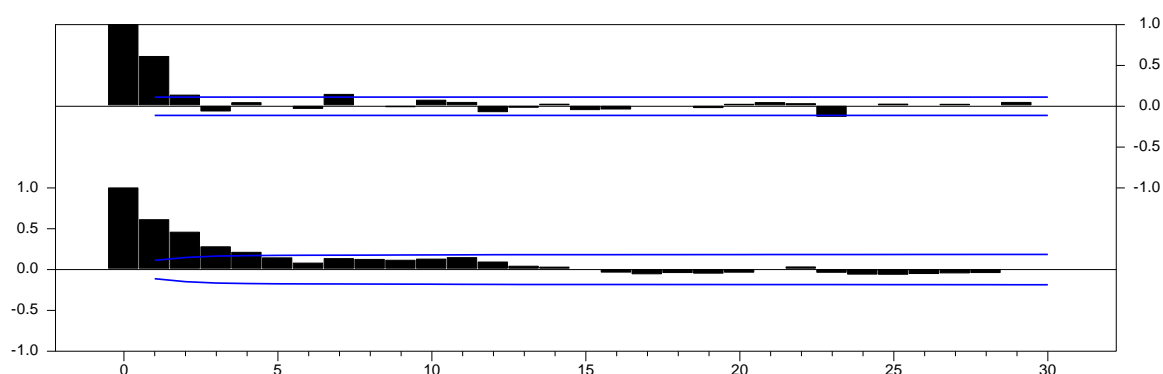
I tabellen angir første rad koeffisientverdiene med skaleringsnivå i parentes over, og andre rad viser tilhørende t-verdier. T- verdiene er resultatet av en test om koeffisientene er null. Desto større t- observator i absolutt verdi, desto mindre sannsynlig er det at koeffisienten er null. Dette gir oss betydningen av de signifikante variablene; de er signifikant forskjellig fra null, og har samme fortegn som t-observatoren. Regresjonen gir en justert R<sup>2</sup> på 0,475 – altså har regresjonen en relativt høy forklaringsgrad. Før vi kommenterer resultatene, kjører vi en ny regresjon med standardiserte variabler. Dette gjør vi fordi de opprinnelige variablene har svært ulik benevning, og det er vanskelig å sammenligne virkningene variablene har på netto eierfordel. En *standardisert variabel* har benevningen standardavvik, og konstrueres ved å trekke fra gjennomsnittet for den enkelte observasjon, og dele på standardavviket. En regresjon på slike variabler gir standardiserte betakoeffisienter, hvis benevning også er uttrykt i standardavvik. Resultatet av denne operasjonen er vist i rad 3 i tabellen. De standardiserte koeffisientene angir hvor mange standardavvik den avhengige variabelen endrer seg med, gitt ett standardavvik endring i den uavhengige variabelen - alt annet likt. Standardiseringen avslører også hvilken variabel som har størst påvirkning på den avhengige variabelen.

Alle variablene relatert til de fysiske tilstander i kraftsystemet, er sterkt signifikant på 1 % nivå, og de har det forventede fortegn i lys av den teoretiske diskusjonen. Vi observerer at avvik i tilsig og avvik i forbruk har større påvirkning enn vannmagasinstand. Dette skiller seg fra studiet til Botterud et al. (2010), som finner at avvik i tilsig ikke er signifikant, og har motsatt fortegn. De finner også at magasinstand og avvik i forbruk har henholdsvis større og lavere påvirkning enn våre funn. Dette indikerer at forventninger om framtidig tilgjengelighet av vann har større betydning for eierfordelen enn nåværende beholdning av vann, for vår analyseperiode.

For de prisrelaterte variablene, er det bare varians som er statistisk signifikant. Variansen har som forventet en positiv påvirkning på netto eierfordel, da perioder med høy varians sammenfaller med perioder hvor det er knapphet på vanntilgangen. Spotprisnivå og skjevhet i spotprisen har verken signifikans eller betydelig påvirkning på eierfordelen i vår modell for denne kontrakten. Dette tyder på at spotprisnivået ikke har betydning for forholdet mellom spotpris og futurespris, samt at spotprisdistribusjonen gjeldende uke ikke er betydningsfull. Førstnevnte sammenheng er ikke uventet gitt de observasjoner vi gjorde i figur 12, med at prisene på spot og kontrakt med levering påfølgende uke følger hverandre tett. For at endring i spotpris skal endre netto eierfordel signifikant, må endringen være større eller lavere enn endringen i futuresprisen på samme tidspunkt, og dette er tilsynelatende ikke tilfellet.

#### 5.4.1.2 Futureskontrakt, levering t+6

Innledende regresjon tilsier at vi også her benytter oss av en dummy-variabel for uke 40 2011. Ved inspeksjon av autokorrelasjonshistogrammene for residualene, ser det ut til at vi nå står ovenfor betydelig autokorrelasjon, jevnfør figur 18 under.



Figur 18: Autokorrelasjonshistogram – f6w

Ljung-Box testen forkaster klart nullhypotesen, og bekrefter dermed at autokorrelasjon er til stede. White's test viser at også heteroskedastisitet er til stede. Vi må dermed benytte oss av HAC-robuste standardfeil i regresjonen. Normalitet blir også forkastet, men vi følger samme argumentasjon som over, og går likevel videre med analysen. Vi kjører HAC robust regresjon med Newey-West<sup>3</sup> estimatorer for både ustandardiserte og standardiserte variabler, og viser resultatene i tabell 8.

<sup>3</sup> Som inndata benyttes regelen for antall lags =  $\sqrt[4]{N}$  hvor N er antall observasjoner

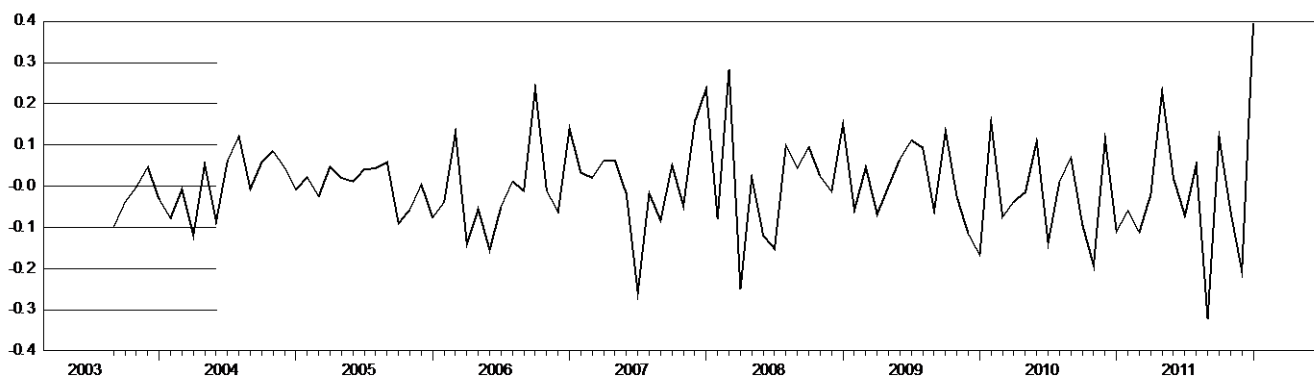
CY6W	Konstant	Spotpris (10 <sup>-3</sup> )	Varians spot (10 <sup>-5</sup> )	Skjevhet spot (10 <sup>-2</sup> )	Magasinnivå	Avvik forbruk (10 <sup>-9</sup> )	Avvik tilsig (10 <sup>-8</sup> )
Verdi	-0,2275	3,7516**	6,64	1,48	-0,333**	1,00	4,4
t-observator	-0,425	3,43	0,280	1,78	-5,91	0,05	0,03
<b>Standardisert</b>	n/a	<b>0,3016**</b>	0,0199	0,0790	<b>-0,3766**</b>	0,0029	0,0014

Tabell 8: Netto eierfordel f6w. \*\*, \*: Signifikansnivå på hhv. 1 % og 5 %. (10<sup>n</sup>): Skaleringsnivå koeffisientverdi

Også denne regresjonen har en relativt stor forklaringsgrad, med en justert  $R^2$  på 0,508. Resultatene er interessante, ved at økt tid til levering ser ut til å skifte forklaringsvariablene over fra forventninger om framtidig tilgjengelighet, til gjeldende ukes tilstand. Vannmagasinstand er signifikant og er nå den variabelen med størst påvirkningskraft. Manglende signifikans og forklaringskraft for variablene avvik i forbruk og avvik i tilsig, kan forklares med at aktørene besitter usikre estimater for forbruk og tilsig 6 uker fram i tid, og at dette ikke påvirker sammenhengen mellom gjeldende spot og futurespris. Varians og skjevhet er ikke signifikant, og dette avviker fra studiet til Botterud et al. (2010). En mulig forklaring er at denne informasjonen anses som mindre relevant da varians og skjevhet ikke kan antas å vedvare i nivå fram mot leveringsperioden, men vi observerer riktige fortegn i forhold til hva som var forventet påvirkning. Et annet avvikende resultat fra nevnte studie er at spotprisen nå er signifikant, med betydelig påvirkningskraft. En naturlig forklaring til dette, kan være at hopp i nivå for spotprisen ikke følges av store hopp i futuresprisen for levering om 6 uker, slik at netto eierfordel da øker per definisjon, gitt av formel 9. Sprang i spotprisen forventes ikke å vedvare fram til leveringsuken, og denne egenskapen observerte vi også i figur 12 tidligere – det er en svakere lineær relasjon mellom spotprisen og kontrakten med levering t+6.

#### 5.4.1.3 Forward, levering t+1

For forwardkontrakten har vi bare 102 månedlige observasjoner, ettersom dagens kontraktspesifikasjon ikke har eksistert lengre tilbake enn til september 2003. Vi må derfor være varsom med bruk av dummy- variabler og manipulering av datamaterialet. Inspeksjon av residualene etter innledende regresjon, gitt av figur 19, viser at det foreligger en ekstremverdi i siste observasjon: Februar 2012. I datamaterialet kan vi ikke finne noen konkret årsak til at denne ekstremverdien foreligger, men vi observerer en kombinasjon av stort avvik mellom spotpris og forwardpris, og svært høy varians i spotprisen for februar. Vi velger derfor å gå videre med en dummy- variabel for denne observasjonen.



Figur 19: Residualer innledende regresjon, forwardkontrakt

Regresjonen kjøres på nytt med dummy-variabelen inkludert. De diagnostiske testene viser at det ikke foreligger autokorrelasjon i residualene, og White's test kan heller ikke forkaste homoskedastisitet. Interessant nok, holder også normalitetskravet for residualene. Ingen av disse testene består dersom dummy-variabelen ikke inkluderes. Vi velger derfor å gå videre med dummien, men for å sette strenge krav til resultatene benytter vi likevel en HAC-robust regresjon.

CY Forward	Konstant	Spotpris ( $10^{-3}$ )	Varians spot ( $10^{-3}$ )	Skjevhet spot ( $10^2$ )	Magasinnivå ( $10^{-1}$ )	Avvik forbruk ( $10^{-6}$ )	Avvik tilsig ( $10^{-10}$ )
Verdi	0,0227	3,026**	-1,1522**	-1,37	-2,603**	-1,013	-2,259
t-observator	0,62	3,58	-3,97	-1,98	-5,43	-0,28	-0,46
<b>Standardisert</b>	n/a	<b>0,294**</b>	<b>-0,4550**</b>	-0,0990	<b>-0,3914**</b>	-0,0360	-0,0180

Tabell 9: Netto eierfordel forward. \*\*, \*: Signifikansnivå på hhv. 1 % og 5 %. ( $10^n$ ): Skaleringsnivå koeffisientene

Tabellen over viser resultatene av regresjonen, som har en justert  $R^2$  på 0,39. Som ventet, er magasinnivå signifikant og har en stor negativ påvirkning på netto eierfordel. Resultatene kan samlet tolkes i samme retning som argumentasjonen for futureskontrakten med 6 uker til levering, men nå er det ikke tid til levering som har økt, men leveringslengden. Et interessant funn er imidlertid at variansen nå er signifikant, og variabelen har den største påvirkningen på netto eierfordel, med negativt fortegn. En mulig tolkning av dette er at variansen inneværende måned ikke forventes å vedvare over leveringsmåneden, slik at en høy varians forventes å falle, og en lav varians forventes å øke. Eierfordelen er stor når volatiliteten er høy, blant annet fordi større svingninger i spotpris kan utnyttes, og fordi etterspørselen etter lagring

dermed øker. Når leveringsperioden strekker seg over en hel måned, kan ikke *denne* månedens volatilitet forventes å vedvare over neste måned.

## 5.5 Risikopremie

Vi følger samme fremgangsmåte som for netto eierfordel, og risikopremie løses ut av formel 5, forklart i vedlegg 4.

$$rp_{t,T} = \ln\left(\frac{S_T}{F_{t,T}}\right)$$

Formel 10

Hvor

$rp_{t,T}$  er risikopremie/realisert avkastning mellom uke/måned t og uke/måned T

$S_T$  er realisert gjennomsnittlig spotpris uke/måned T

$F_{t,T}$  er kontraktspris uke/måned t, med levering uke/måned T

Ved å benytte realisert spotpris periode T, blir risikopremien bare en approksimering av den teoretiske sammenhengen. Oppsettet betyr imidlertid at risikopremien blir den realiserede kontinuerlige avkastning oppnådd ved å innta en kjøpsposisjon i kontraktene og sitte til forfall, som er forutsetningen vi tar i analysen. I tabellen under angir vi deskriptiv statistikk for de resulterende seriene av risikopremie for de tre kontraktene.

Risikopremie - RP	1 uke	6 uker	Forward
Utvalgsstørrelse	322	319	101
Andel negativ	0,59	0,62	0,58
Andel positiv	0,41	0,38	0,42
<b>Gjennomsnittlig RP</b>	<b>-0,02</b>	<b>-0,07</b>	<b>-0,036</b>
Standardavvik	0,097	0,246	0,117
Maks	0,311	0,637	0,28
Min	-0,76	-1,56	-0,475
Øvre grense KI*	-0,0026	-0,0350	-0,006
Nedre grense KI*	-0,03	-0,11	-0,066

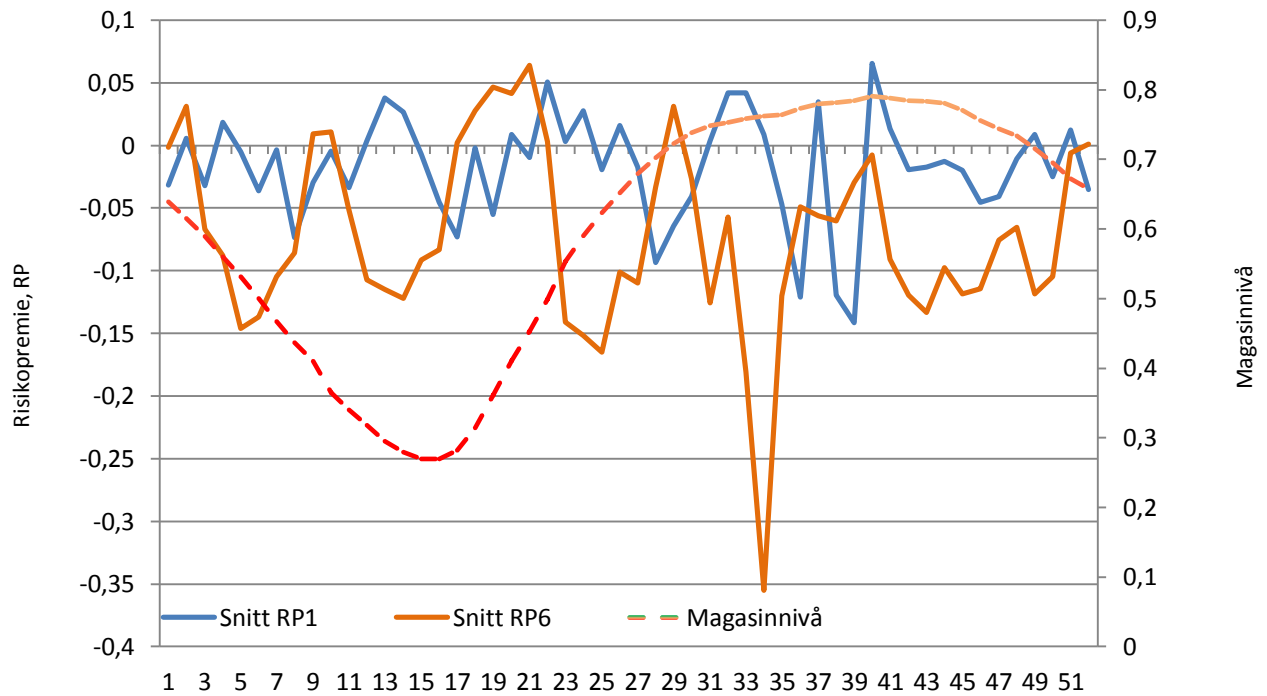
Tabell 10: Deskriptiv statistikk risikopremie. KI\* = Konfidensintervall på 1 % nivå

Gjennomsnittlig risikopremie er negativ over analyseperioden, for alle tre kontrakter. Konfidensintervallene er negative, og bekrefter resultatet på 1 % nivå. Kontraktsprisene tenderer derfor til å være høyere enn realisert spotpris for leveringsperioden - markedet er derfor i snitt i contango. Dette betyr at gjennomsnittlig realisert avkastning ved å kontinuerlig innta en kjøpsposisjon i kontraktene er negativ over perioden, men vi observerer samtidig store sprik mellom maksimum- og minimumsverdier. For futureskontraktene øker premien med tid til forfall, fra -2 % til -7 % for henholdsvis levering t+1 og t+6. Sammenlignet med funnene til Botterud et al. (2010), viser statistikken at risikopremien har blitt *lavere*, med et klart lavere konfidensintervall. Vår hypotese om at markedets modning og integrasjon skulle føre til en økt risikopremie i vår analyseperiode sammenlignet med nevnte studie, ser dermed ut ikke ut til å kunne påvises. Selv ved og midlertidig fjerne ekstremverdier fra datasettet, blir konfidensintervallet fortsatt mer negativt enn i studiet til Botterud et al. (2010). Det må imidlertid påpekes at siden sammenligningsgrunnlaget baserer seg på gjennomsnitt og konfidensintervall, kan vi ikke trekke noen klar konklusjon.

For forwardkontrakten er det slik at tid til levering er den samme som for futureskontrakten med levering påfølgende uke (i snitt tre dager), men vi observerer at risikopremien øker når leveringsperioden øker. Risikopremien for forwardkontrakten har imidlertid lavere maksimums- og minimumsverdier enn futureskontraktene. Dette kan være fordi ekstreme spotpriser har mindre å si for snittprisen over en hel måned, enn for snittprisen over en uke.

For å kunne observere om risikopremien følger noen av de fysiske tilstandene i kraftsystemet, beregner vi gjennomsnittlig risikopremie for den enkelte uke, og plotter dette mot middelverdi vannmagasinstand. Vannmagasinstanden innehar som nevnt implisitt informasjon om tilsig og forbruk. Grafene er vist i figur 19.





Figur 20: Gjennomsnittlig risikopremie og middelvei magasinnivå over ukene

Av figuren er det vanskelig å observere noe klart mønster eller forhold mellom risikopremiene og magasinstand. Grafisk inspeksjon av ukesnitt gir oss derfor ikke noe grunnlag for å bekrefte eller avkreftte våre antagelser om et forhold mellom risikopremie og fysiske tilstander i kraftsystemet. Mulige forhold må derfor testes mer formelt gjennom regresjonsanalyse før vi kan uttale oss.

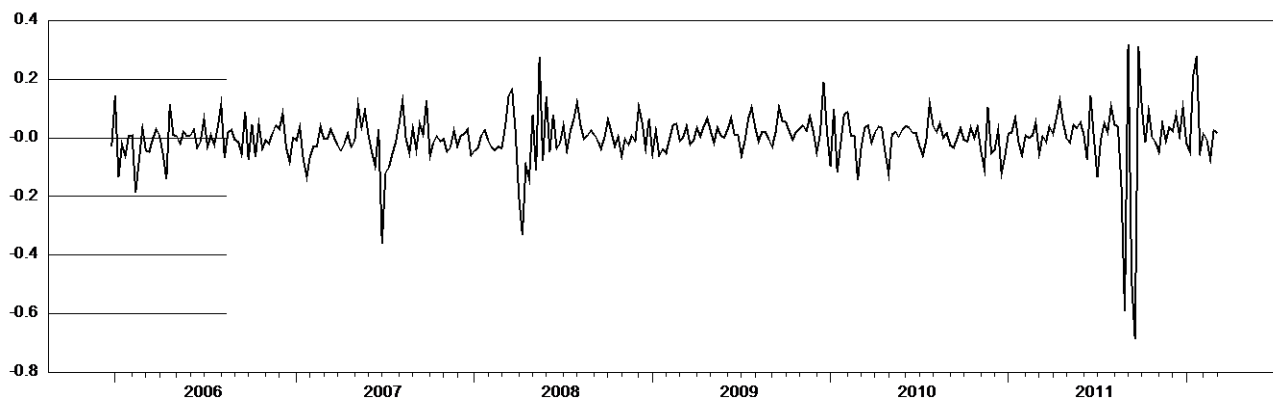
### 5.5.1 Regresjonsanalyse risikopremie

For alle tre kontraktene kjører vi regresjonsanalyser basert på formel 7, med de samme avhengige variablene som i analysen av netto eierfordel. Vi gjentar samme gang og prosess som i de forrige regresjonsanalysene. Vi presiserer igjen at vi her bare vil påpeke avvik og spesiell behandling av modellene, da selve testingen er beskrevet detaljert i kapittel 5.4.1.1 og gitt med fullt oppsett i vedlegg 6.

#### 5.5.1.1 Futureskontrakt, levering t+1

Vi ser av figuren under at det eksisterer flere ekstremverdier høsten 2011 – en høst preget av uvanlig mye tilsig. Dette har stor innvirkning på risikopremien slik den er definert, og vi kan anta at dette prisfallet som vedvarte flere uker var svært uventet for aktørene. Uten dummy-variabler gir regresjonen en svært liten forklaringsgrad målt ved justert  $R^2$ , slik at det blir meningsløst å gå videre med modellen uten disse. Vi ser oss derfor nødt til å benytte 5

dummy- variabler for å fjerne ekstremverdiene i residualene. Vi har imidlertid et så stort utvalg, at vi mener dette er forsvarlig.



Figur 21: Residualer innledende regresjon f1w

De diagnostiske testene av regresjon inkludert dummy- variabler forkaster forutsetningene om homoskedastisitet, ingen seriekorrelasjon og normalitet. Vi må derfor gå videre med en HAC-robust regresjon, men påpeker at residualegenskapene totalt sett ikke er gunstige.

RP 1 uke	Konstant	Spotpris ( $10^{-4}$ )	Varians spot ( $10^{-4}$ )	Skjevhet spot ( $10^{-3}$ )	Magasinnivå ( $10^{-3}$ )	Avvik forbruk ( $10^{-8}$ )	Avvik tilsig ( $10^{-6}$ )
Verdi	0,0207	-6,502	-1,9689*	8,33*	-1,815	4,03**	-5,1533
t-observator	0,89	-1,71	-2,19	2,33	0,93	2,80	-2,09
<b>Standardisert</b>	n/a	-0,092	<b>-0,106*</b>	<b>0,078*</b>	-0,004	<b>0,1512**</b>	-0,077

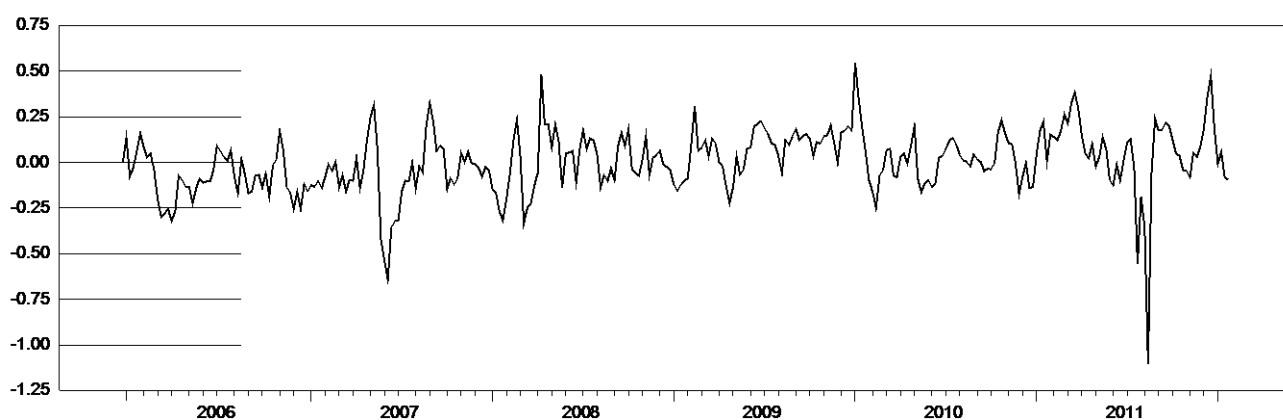
Tabell 11: Risikopremie f1w. \*\*, \*: Signifikansnivå på hhv. 1 % og 5 %. ( $10^n$ ): Skaleringsnivå koeffisientene

Den robuste regresjonen gir en justert  $R^2$  på 0,49, men modellen bør likevel anses som svak i lys av de ovennevnte problemer. Resultatene viser at de fysiske variablene har det forventede fortegn, men bare avvik i forbruk er signifikant og har en stor påvirkning på risikopremien. Dette skiller seg fra studiet til Botterud et al. (2010), som finner at alle de tre fysiske variablene er signifikant for denne kontraktens risikopremie. De påpeker at signifikans for avvik i tilsig og forbruk tyder på at dette ikke er priset inn av aktørene. Våre resultater tyder på at avvik i tilsig i leveringsuken nå er priset inn for denne kontrakten, og at også gjeldende ukes vannmagasinnivå er priset inn av aktørene. Dette kan skyldes forbedrede estimater for klimatiske forhold en uke fram i tid. Avvik i forbruk ser ut til å ikke være priset inn, og en naturlig forklaring kan være at avvik fra gjennomsnittlig forbruk i leveringsuken er svært vanskelig å predikere.

For de finansielle variablene er resultatene av blandede karakterer. Vi forventet at gjeldende ukes spotprisegenskaper skulle ha innvirkning på risikopremien i denne kontrakten ettersom holdeperioden er svært kort, men vi observerer noen uventede resultater. På den ene siden observerer vi at skjevhet i spotpris er signifikant og har et positivt forhold til risikopremien. Dette betyr at dersom distribusjonen av døgnpriser gjeldende uke er positivt skjevfordelt, øker risikopremien, som vi hadde en a priori antagelse om. På den andre side, ser vi at varians i spotprisen gjeldende uke har et signifikant negativt forhold til risikopremien. Dette er noe uventet, ettersom vi forventet at gjeldende ukes varians kan antas å vedvare noe neste uke, og at risikopremien derfor skulle ha et positivt forhold til gjeldende varians. Videre har variabelen spotpris det forventede fortegn, men er ikke signifikant. Dette er merkelig gitt at korrelasjonen mellom spotpris og kontrakt tidligere ble målt til 0,97. Alt annet likt, burde en økning i spotpris følges av en økning i futurespris, og en enda høyere futurespris enn realisert spotpris burde dermed redusere den målte risikopremien. Dette kan være et tegn på at modellen er svak. For øvrig er varians og skjevhet bare signifikant på 5 % -nivå, og vi velger derfor å behandle resultatene forsiktig i lys av residualegenskapene til regresjonen. Vi trekker derfor ikke noen videre slutninger vedrørende resultatene, især for de finansielle variablene.

#### 5.4.1.2 Futureskontrakt, levering t+6

Med økt tid til levering øker også usikkerheten i aktørenes framtidige estimater for leveringsuken, slik at vi forventer å se flere ekstremverdier for denne kontraktstlengden. Dette gjenspeiler seg også i residualene etter den innledende regresjonen, gitt i figur 22. Vi observerer nok en gang ekstreme verdier høsten 2011. I tillegg ser vi at det er uteliggere ved inngang til sommeren 2007, en periode som også var gjenstand for et skarpt fall i prisene jevnfør figur 12.



Figur 22: Residualer innledende regresjon f6w

Vi benytter igjen 5 dummy- variabler for å eliminere ekstremverdiene i residualene, og kjører en ny regresjon med disse inkludert. De diagnostiske testene viser imidlertid også her brudd på alle forutsetningene som testes. Vi må derfor benytte en HAC- robust regresjon.

RP 6 uke	Konstant	Spotpris (10 <sup>-3</sup> )	Varians spot (10 <sup>-4</sup> )	Skjevhet spot (10 <sup>-4</sup> )	Magasinnivå (10 <sup>-2</sup> )	Avvik forbruk (10 <sup>-7</sup> )	Avvik tilsig (10 <sup>-5</sup> )
Verdi	0,18	-4,6**	1,822	5,25	-7,72	2,30**	-2,11**
t-observator	3,08	-4,58	0,76	0,05	-1,07	6,29	-7,23
<b>Standardisert</b>	n/a	<b>-0,258**</b>	0,037	0,0016	-0,061	<b>0,3392**</b>	<b>-0,459**</b>

Tabell 12: Risikopremie f1w. \*\*, \*: Signifikansnivå på hhv. 1 % og 5 %. (10<sup>n</sup>): Skaleringsnivå koeffisientene

Regresjonen har en justert  $R^2$  på 0,63, men vi anser også denne modellen som noe usikker. Resultatene viser at spotprisen nå er signifikant med det forventede fortegn, noe som igjen kan linkes til kontraktens samvariasjon med spotprisen, gitt av figur 12. Gjeldende ukes varians og skjevhet har som ventet positive fortegn, men er ikke signifikante for dette utvalget. Dette er imidlertid rimelig med tanke på at aktørene forsøker å skue 6 uker fram i tid, og varians og skjevhet tidspunkt t er av mindre relevans for levering tidspunkt t+6. Vannmagasinnivå på handelstidspunktet er ikke signifikant for risikopremien, men vi observerer at både avvik i forbruk og avvik i tilsig for leveringsperioden er sterkt signifikant og har stor påvirkning på den realiserste premien. Dette tyder på at estimatene 6 uker fram i tid er såpass usikre at disse avvikene kommer uventet på aktørene. Totalt sett er resultatene som forventet, og de signifikante variablene har stor forklaringskraft målt ved de standardiserte verdiene. Til tross for en riktig kvalitativ tolkning og en høy  $R^2$ , kan vi ikke trekke noen klare statistiske slutninger, fordi modellen innehar for mye støy i residualegenskapene.

### 5.5.1.3 Forward, levering t+1

Vi kjører innledende regresjon, og viser hele utskriften av resultatet her i tabell 13.

Linear Regression - Estimation by Least Squares

Dependent Variable	RP					
Monthly Data From 2003:10 To 2012:01						
Usable Observations	100					
Degrees of Freedom	93					
Centered R <sup>2</sup>	0,0858886					
R-Bar <sup>2</sup>	0,0269137					
Uncentered R <sup>2</sup>	0,169904					
Mean of Dependent Variable	-0,037204379	Variabel	Coeffisient	Std.Error	T-statistic	Sig. level
Std Error of Dependent Variable	0,117533339	<b>Constant</b>	0,1051	0,064	1,64117	0,1041408
Standard Error of Estimate	0,115940924	<b>Spot</b>	-1,41E-03	1,12E-03	-1,25931	0,21107109
Sum of Squared Residuals	1,250133704	<b>Varians</b>	-4,56E-04	3,20E-04	-1,42186	0,1584109
Regression F(6,93)	1,4564	<b>Skjevhet</b>	0,0129	0,0132	0,97799	0,33061587
<b>Significance Level of F</b>	<b>0,2018716</b>	<b>Mag2</b>	-0,1112	0,0624	-1,7819	0,07802912
Log Likelihood	77,2021	<b>Atilsig</b>	-1,49E-06	2,72E-06	-0,54874	0,58449587
Durbin-Watson Statistic	1,842	<b>Aforbruk</b>	-1,59E-09	1,08E-09	-1,47573	0,14339434

Tabell 13: Utskrift av innledende regresjon for forward

Tabellen viser at modellen er feilspesifisert og at regresjonen bryter sammen. Først og fremst viser selve regresjonens signifikansnivå at F- testen ikke er signifikant. Dette betyr at det ikke kan påvises at noen av variablene er signifikant forskjellige fra null. Dette vises også av signifikansnivået til hver enkelt variabel, og justert R<sup>2</sup> er også nær null. Vi kan derfor ikke gå videre med denne modellen, og kan i dette tilfellet konkludere med at denne modellspesifikasjonen ikke kan forklare noe av realisert risikopremie i denne forwardkontrakten. Dette kan bety at variablene enten er feilaktige, eller bare målt feilaktig for å fange opp noe av dynamikken i denne kontrakten.

## 6 Konklusjon og implikasjoner

---

De fleste studier av sammenhengen mellom terminkontrakter og spotpris i kraftmarkeder tar utgangspunkt i en risikopremie- tankegang, og forsøker å modellere spotprisen i sine tester av risikopremie. Vårt hovedformål med denne utredningen har vært å påvise at man også kan tenke ut i fra lagerkostnadshypotesen i det nordiske kraftmarkedet, og utredningen er en forlengelse av studiet til Botterud et al. (2010).

Gjennomsnittlig netto eierfordel påvises å være negativ over hele analyseperioden, hvilket betyr at markedet i gjennomsnitt er i contango. Vi finner indikasjoner på at gjennomsnittlig netto eierfordel ikke har økt som en konsekvens av økt integrering av kraftmarkedet i perioden. Gitt våre forventninger om at det skjer volatilitetstransmisjoner fra andre energimarkeder er dette overraskende, men indikasjonen er basert på en enkel sammenligning av konfidensintervall, og dermed ikke en presis test av en permanent volatilitetsøkning. En mer eksplisitt undersøkelse av dette, med et mer presist modellrammeverk kan derfor være interessant i videre forskning av netto eierfordel. Vi finner imidlertid at det er en klar sammenheng mellom netto eierfordel og fysiske tilstander i det nordiske kraftsystemet, for alle analyserte kontraktslengder. Netto eierfordel har en negativ relasjon til vannmagasinnivåene i Norge, Sverige og Finland for alle utvalgene, og følger sesongsvingningene i magasinnivå. I de perioder av året hvor det er knapphet på vann er eierfordelen klart positiv. For vår analyseperiode ser det imidlertid ut til at fokus skifter fra forventninger om framtidig tilgjengelighet av vann, til gjeldende tilstand av vannmagasin ettersom tid til levering i futureskontraktene øker – noe som divergerer fra tidligere empiri. Med forwardkontrakten, finner vi at også når leveringsperioden øker, er nåværende tilgjengelighet av vann den viktigste fysiske forklaringsvariabelen for netto eierfordel. Det mest interessante funnet i analysen av forwardkontrakten er imidlertid at gjeldende måneds varians i spotpris har et inverst forhold til netto eierfordel. Dette kan tolkes som at gjeldende måneds varians forventes å reverseres i leveringsmåneden, noe som tyder på at variansen er forventningsrettet for forwardkontrakten.

Vi undersøker også eksistensen av en risikopremie i det nordiske kraftmarkedet, og finner at gjennomsnittlig realisert avkastning over hele perioden er negativ for alle utvalgene. Dette betyr at gjennomsnittlig approksimert risikopremie er negativ for alle kontraktene, og at

markedet i snitt er i contango. Resultatet av regresjonsanalysene for risikopremie gir imidlertid ingen klare entydige sammenhenger mellom risikopremie og de utvalgte variabler. Gjeldende magasinvannstand har ingen signifikant sammenheng med risikopremien for futureskontraktene, noe som avviker fra analyseperioden til Botterud et al. (2010). Dette indikerer at aktørene har priset inn nåværende tilgjengelighet av vann. Modellen gir en fornuftig beskrivelse av risikopremien for futureskontrakten med 6 uker til levering, men for futureskontrakten med levering påfølgende uke observeres noen uventede resultat, gitt den høye korrelasjonen mellom kontrakten og spotprisen. Modellen for forwardkontraktens risikopremie er ikke statistisk gyldig, og dette indikerer at den spesifiserte modellen for risikopremie ikke gir en god forklaring på hvilke variabler som påvirker risikopremien for denne kontrakten. Totalt sett gir markedsvariablene slik de er definert en begrenset empirisk forklaringskraft for risikopremie. I videre studier av risikopremien vil vi derfor anbefale at flere av variablene er mer forventningsrettet mot leveringsperioden.

Markedet kan sies å være mer modent i vår analyseperiode sammenlignet med perioden testet i Botterud et al. (2010), og vår a priori forventning var at risikopremien skulle ha økt for vår analyseperiode. Denne antagelsen blir avkreftet, og gjennomsnittlig realisert avkastning er klart mindre i vår analyseperiode. For futureskontraktene med 1 og 6 uker til levering, finner vi en gjennomsnittlig kontinuerlig avkastning på henholdsvis  $-2\%$  og  $-7\%$ . Omregnet til reell enkel avkastning over en holdeperiode som i snitt er på 9 og 44 dager, korresponderer dette med en årlig avkastning på henholdsvis  $119\%$  og  $69\%$  dersom man inntar og holder salgsposisjonen i en slik kontrakt. Selv om disse størrelsene ikke er representative i sammenheng med en reell handelsstrategi, oppleves det påfallende at gjennomsnittlig risikopremie er av disse størrelsene og at de er mer negativ for vår analyseperiode. Risikopremier av denne størrelsen burde antas å tiltrekke flere finansielle spekulanter i et effektivt og integrert marked, som dermed vil drive premien nærmere null. Implikasjonen her ser ut til å være at det fortsatt er netto kjøpere av terminkontrakter, og at tilstedeværelsen av spekulanter fortsatt er relativt lav i det finansielle markedet. Det synes klart at kraftmarkedet ikke er fullt ut integrert med de bredere finansmarkedene. En tolkning av dette kan være at det fortsatt eksisterer inngangsbarrierer for spekulanter fra andre finansmarkeder, i forhold til forståelse og informasjon. Det er dermed asymmetri mellom sikringsaktører og spekulanter i forhold til å forstå kompleksiteten i markedet. Det kan dessuten stilles spørsmålstegn ved hvorvidt slike risikopremier kan forsvares av nettosikringshypotesen, noe som kan indikere en

lav grad av effisiens, i tillegg til at produsentsiden med sine holdeopsjoner tilsynelatende besitter betydelig mer fleksibilitet enn leverandørsiden.

Vi konkluderer med at lagerkostnadshypotesen er relevant i et vannkraftdominert marked som det nordiske, ved at eierfordel og fysiske tilstander i kraftsystemet har relevans for å forstå sammenhengen mellom terminkontraktpriser og spotpriser. For risikopremieteorien har vi ikke kunnet påvise noen entydige sammenhenger til de valgte variablene, og dette kan derfor tyde på at modellen og variablene ikke er den beste spesifikasjonen for å undersøke drivere av risikopremien.



# Litteraturliste

---

- Al-Sunaidy, A. og Green, R. 2006. *Electricity deregulation in OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) countries*. Energy Economics 31, 2006, s. 769-787.
- Benth, Fred E., Jurate S. Benth og Steen Koekebakker. 2008. *Stochastic modeling of electricity and related markets*. River Edge, NJ, World Scientific.
- Bessembinder, Hendrik og Michael L. Lemmon. 2002. *Equilibrium Pricing and Optimal Hedging in Electricity Forward Markets*. The Journal of Finance 57 no 3, 2002, s. 1347-1382.
- Bodie, Zvi, Alex Kane og Alan J. Marcus. 2011. *Investments*. 9th ed. New York, McGraw-Hill Companies, Inc./Irwin.
- Botterud, Audun, Tarjei Kristiansen og Marija Ilic. 2009. *The relationship between spot and futures prices in the Nord Pool electricity market*. Energy Economics 32, 2010, s. 967-978.
- Brennan, Michael J. 1958. *The supply of storage*. The American Economic Review 48, 1958, s. 50-72.
- Brooks, Chris. 2008. *Introductory Econometrics for Finance*. 2<sup>nd</sup> ed. Cambridge, Cambridge University Press.
- Bunn, Derek W. og Carlo Fezzi. 2007. *Interaction of European Carbon Trading and Energy Prices*. FEEM Working Paper no. 63.
- Diko, Pavel, Steve Lawford og Valerie Limpens. 2006. *Risk Premia in Electricity Forward Prices*. Studies in Nonlinear Dynamics & Econometrics 10 issue 3, artikkel 7.
- Douglas, Stratford og Julia Popova. 2007. *Storage and the electricity forward premium*. Energy Economics 30, 2008, s. 1712-1727.
- Duberley, Joanne og Phil Johnson. 2000. *Understanding management research*. London, SAGE Publications, Ltd.
- Easterby-Smith, Mark, Richard Thorpe og Paul R. Jackson. 2008. *Management Research*. 3<sup>rd</sup> ed, London, SAGE Publications, Ltd.

Fama, Eugene F. 1970. *Efficient Capital Markets: A review of Theory and Empirical Work*. The Journal of Finance 25 no 2, 1970, s. 383-417.

Fama, Eugene F. og Kenneth R. French. 1987. *Commodity Futures Prices: Some Evidence on Forecast Power, Premiums, and the Theory of Storage*. The Journal of Business 60, 1987, s. 55-73.

Fell, Harrison. 2008. *EU-ETS and Nordic Electricity – a CVAR Analysis*. Discussion Paper, Resources for the Future.

Gjølberg, Ole og Thore Johnsen. 2001. *Electricity Futures: Inventories and Price Relationships at Nord Pool*. Discussion paper, NHH & UMB.

Hadsell, Lester og Hany A. Shawky. 2006. *One-Day Forward Premiums and the Impact of Virtual Bidding on the New York Wholesale Electricity Market Using Hourly Data*. The Journal of Futures Markets 27 no 11, 2007, s. 1107-1125.

Haug, Espen G. 2007. *Derivatives, Models on models*. West Sussex, John Wiley & Sons, Ltd.

Hicks, John R. 1946. *Value and Capital: An Inquiry into some fundamental principles of economic theory*. 2<sup>nd</sup> ed. London, Oxford University Press.

Hull, John C. 2012. *Options, Futures, and Other Derivatives*. 8<sup>th</sup> global ed. Boston, Pearson education, Prentice Hall.

Hunt, Sally. 2002. *Making competition work in electricity*. New York, John Wiley & Sons, Inc.

Kaldor, Nicholas. 1939. *Speculation and economic stability*. Review of Economic Studies 7, s. 1-27.

Karakatsani, Nektaria V. og Derek W. Bunn. 2005. *Diurnal Reversals of Electricity Forward Premia*. Working paper, London Business School.

Longstaff, Francis A. og Ashley W. Wang. 2004. *Electricity Forward Prices: A High-Frequency Empirical Analysis*. The Journal of Finance 59 no 4, 2004, s. 1877-1900.

Lucia, Julio J. og Eduardo S. Schwartz. 2001. *Electricity Prices and Power Derivatives: Evidence from the Nordic Power Exchange*. Review of Derivatives Research 5, 2002, s. 5-50.

Lucia, Julio J. og Hipòlit Torró. 2011. *On the Risk Premium in Nordic Electricity Futures Prices*. International Review of Economics and Finance 20, 2011, s. 750-763.

McDonald, Robert L. 2003. *Derivatives Markets*. Boston, Pearson Education, Inc.

Olje- og Energidepartementet. 2008. *Fakta 2008, Energi og vannressurser i Norge*. Oslo.

Pindyck, Robert. 2001. *The dynamics of commodity spot and futures markets: a primer*. Energy Journal 22, s. 1-29.

Redl, Christian, Reinhard Haas, Claus Huber og Bernhard Böhm. 2008. *Price Formation in Electricity Forward Markets and the Relevance of Systematic Forecast Errors*. Energy Economics 31, 2009, s. 356-364.

Routhledge, Bryan R., Duane J. Seppi og Chester S. Spatt. 2000. *Equilibrium Forward Curves for Commodities*. The Journal of Finance 55 no 3, 2000, s. 1297-1338.

Sundaram, Rangarajan og Das, Sanjiv R. 2011. *Derivatives: Principles and Practice*. Int. ed. New York, McGraw-Hill / Irwin.

Telser, Lester G. 1958. *Futures trading and the storage of cotton and wheat*. Journal of Political Economy 66, s. 133-144.

Veka, Steinar, Gudbrand Lien, Sjur Westgaard og Helen Higgs. 2012. *Time varying dependency in European energy markets: An analysis of Nord Pool, EEX, and ICE energy markets*. Forthcoming Journal of Energy Markets, 2012.

Wangensteen, Ivar. 2012. *Power system economics – the Nordic Electricity Market*. 2<sup>nd</sup> edition. Tapir academic press, Trondheim 2012.

Wei, Song Z. C. og Zhen Zhu. 2006. *Commodity convenience yield and risk premium determination: The case of the U.S. natural gas market*. Energy Economics 28, 2006, s. 523-534.

Working, H. 1949. *The theory of the price of storage*. American Economic Review 39, s. 1254-1262.

## **Internettkilder**

EMCC. *Hentet 10.mai 2012 fra*

[www.marketcoupling.com](http://www.marketcoupling.com)

Nasdaq OMX Commodities. *Hentet 12. mai fra*

[www.nasdaqomxcommodities.com](http://www.nasdaqomxcommodities.com).

Nord Pool Spot AS. *Hentet 10. mai 2012 fra*

[www.nordpoolspot.com](http://www.nordpoolspot.com)

Sættem, J.B. og Heyerdahl, S. (25. november 2011). *Fallende kvotepris gir billig strøm.*

NRK. *Hentet 10. mai 2012 fra*

[http://m.nrk.no/m/artikkel.jsp?art\\_id=17887690](http://m.nrk.no/m/artikkel.jsp?art_id=17887690)

Norges vassdrags- og energidirektorat. *Hentet 10. mai 2012 fra*

[www.nve.no](http://www.nve.no)

Dillow, Clay. (9. mars 2011). *DOE Exploring Superconducting Magnet Scheme for Grid Energy Storage.* Popsci. *Hentet 10. mai 2012 fra*

<http://www.popsci.com/science/article/2011-03/doe-exploring-superconducting-magnet-scheme-grid-scale-energy-storage>

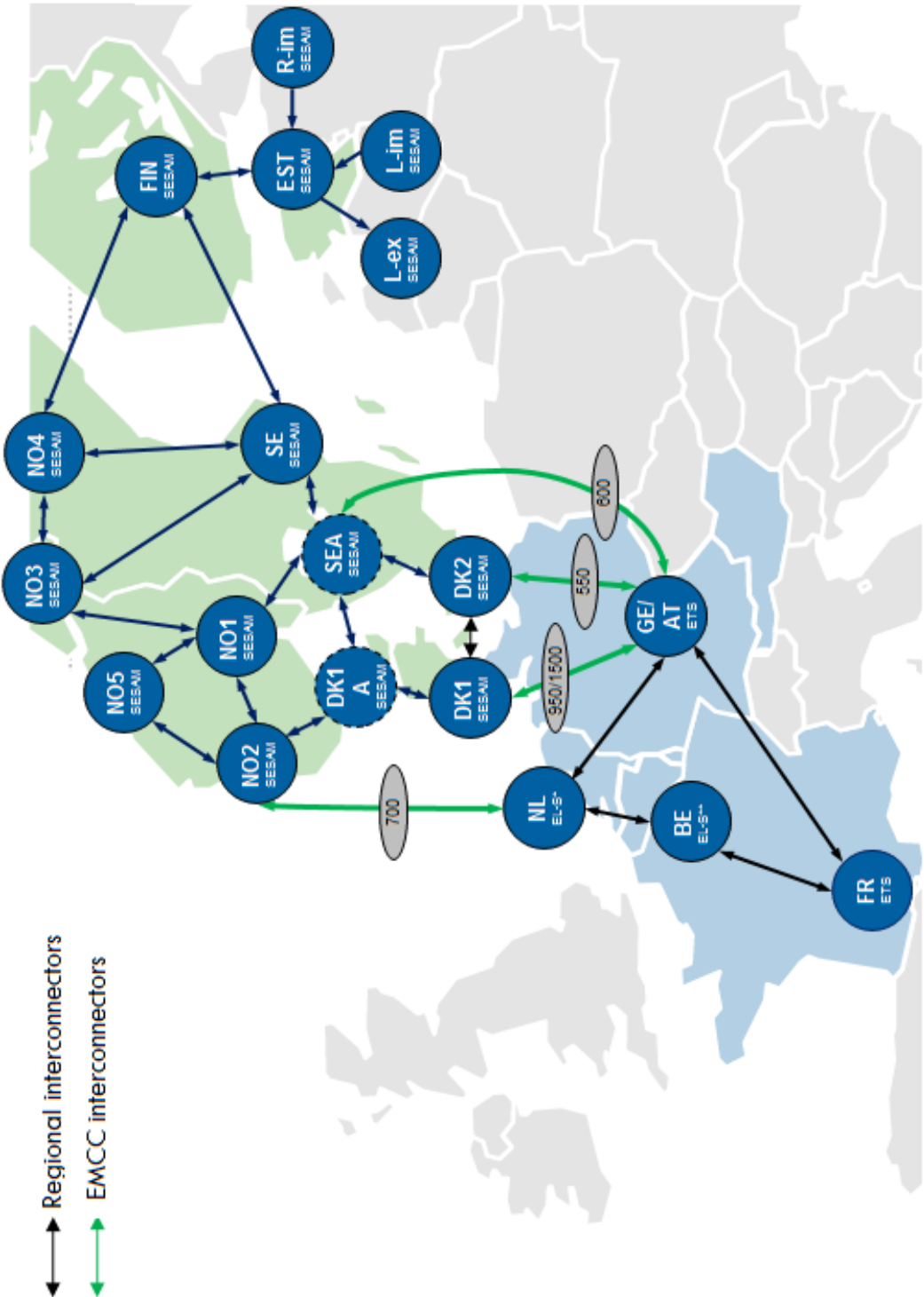
Nærings- og handelsdepartementet. *Hentet 10.mai 2012 fra*

<http://www.regjeringen.no/nb/dep/nhd/dok/regpubl/prop/2010-2011/prop-30-l-20102011/3/2.html?id=626377>

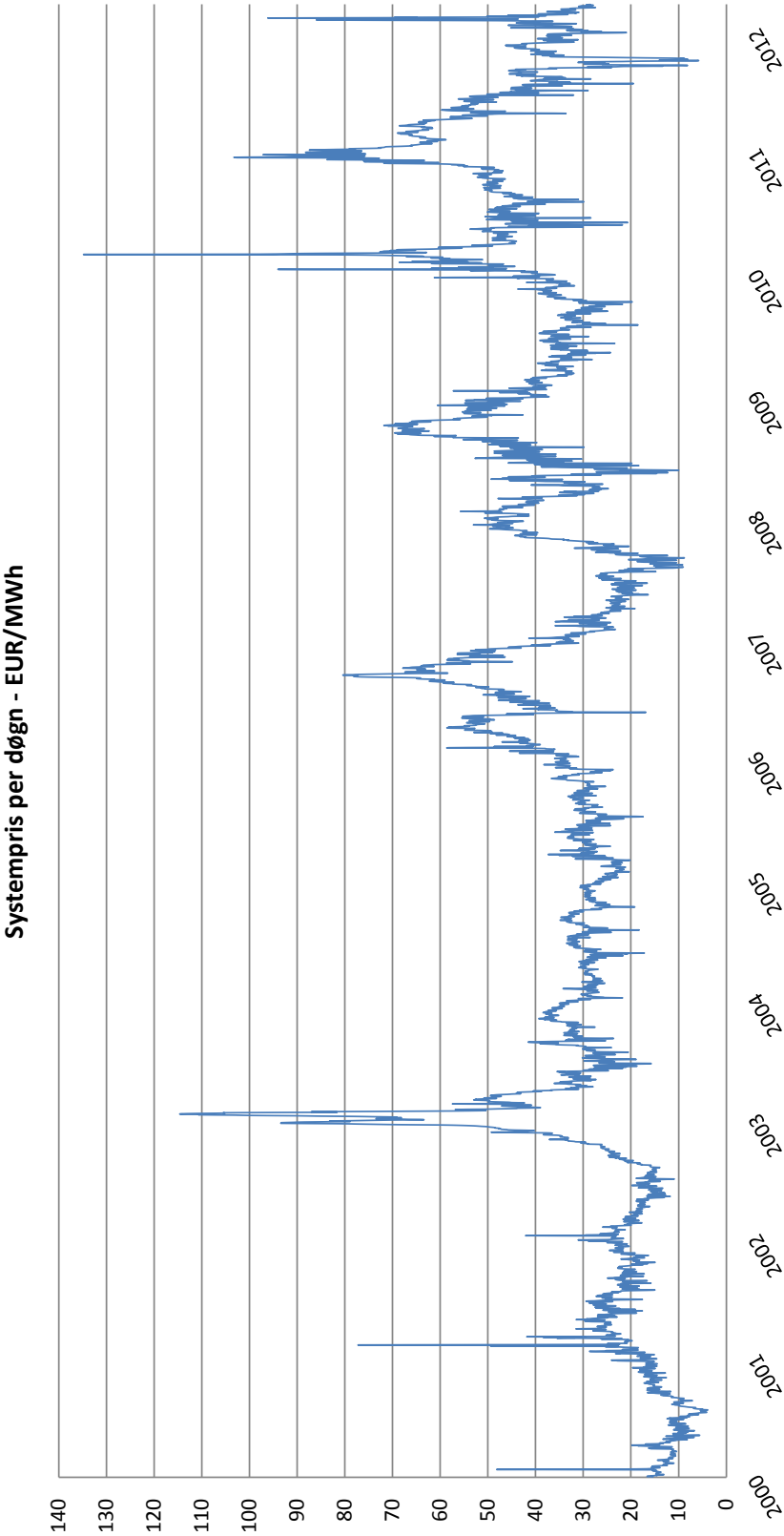
Statkraft. *Hentet 13. mai 2012 fra*

[www.statkraft.no](http://www.statkraft.no)

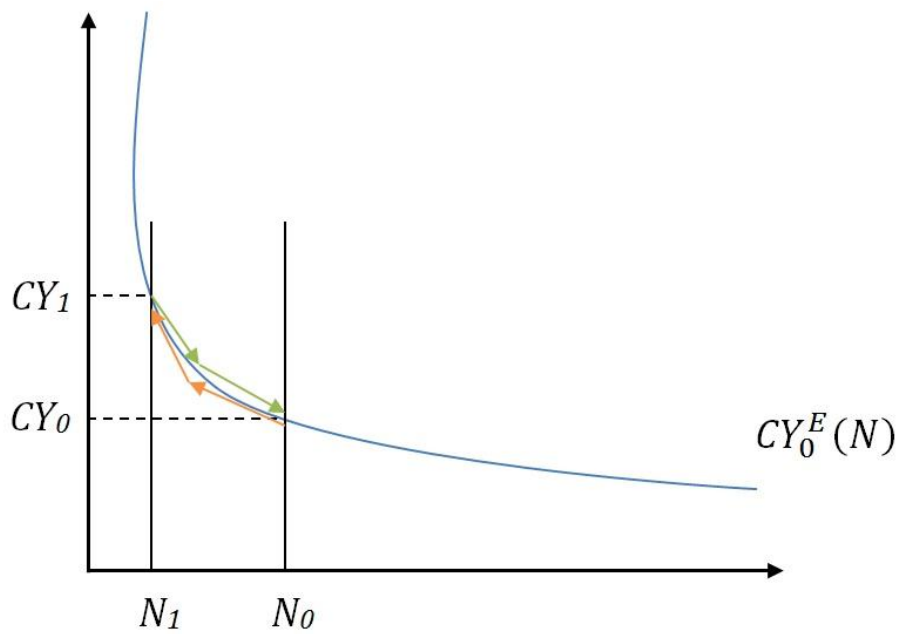
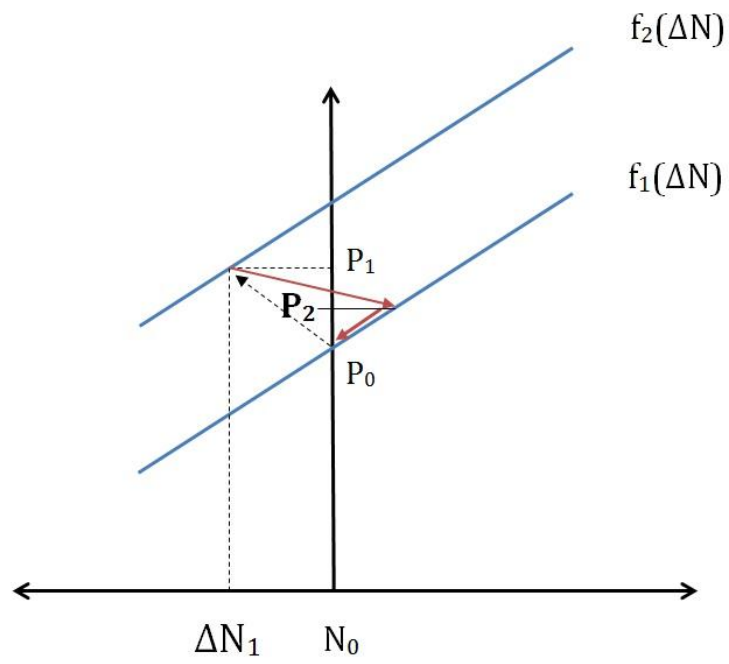
# Vedlegg 1: Markedskobling



# Vedlegg 2: Spotpris



### Vedlegg 3: Endring etterspørsel og eierfordel



## Vedlegg 4: Utleddning av formlene $rp$ og $cy$

Lagerkostnadshypotesen på kontinuerlig form er gitt ved:

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

Ved å sette  $r_T = 0$ , reduseres formelen til

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

Størrelsen av interesse er netto eierfordel,  $cy_T - u_T$ . Av formelen observeres det at

$$F_{t,T} < S_t \text{ (backwardation), når } cy_T > u_T, \text{ dvs når } (cy_T - u_T) > 0$$

$$F_{t,T} > S_t \text{ (contango), når } cy_T < u_T, \text{ dvs når } (cy_T - u_T) < 0$$

Netto eierfordel,  $cy_T - u_T$ , løses ut på følgende måte

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

$$\rightarrow \frac{S_t}{F_{t,T}} = e^{cy_T - u_T}$$

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

Risikopremieteorien gitt ved

$$F_{t,T} = E(S_T) e^{(r_T - k_T)} = E(S_T) e^{-rp_T}, \text{ der } rp \text{ er risikopremie}$$

Samme transformasjon som over løser ut  $rp_T$  uten fortegnet

$$\left(\frac{F_{t,T}}{E(S_T)}\right)^{-1} = (e^{(-rp_T)})^{-1}$$

$$\rightarrow \frac{E(S_T)}{F_{t,T}} = e^{rp_T}$$

$$\rightarrow rp_T = \ln\left(\frac{F_{t,T}}{E(S_T)}\right)$$



## Vedlegg 5: RATS utskrifter – Netto eierfordel

### *Futures, t+1*

#### Innledende regresjon

Linear Regression - Estimation by Least Squares

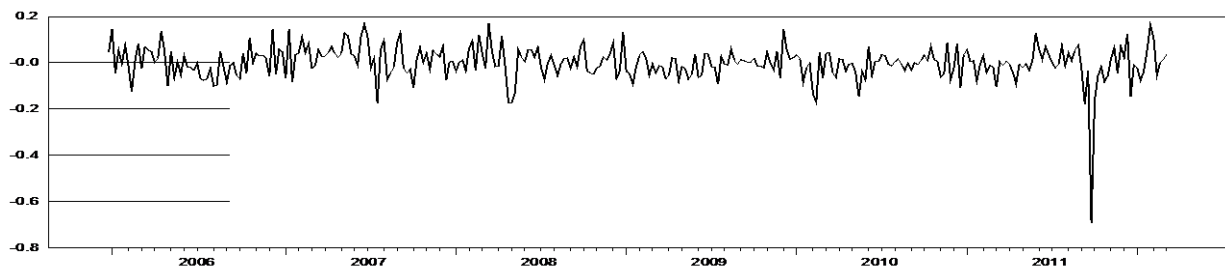
Dependent Variable CY1W

Weekly Data From 2006:01:01 To 2012:03:11

Usable Observations	324
Degrees of Freedom	317
Centered R <sup>2</sup>	0.2788443
R-Bar <sup>2</sup>	0.2651947
Uncentered R <sup>2</sup>	0.3018493
Mean of Dependent Variable	-0.015620486
Std Error of Dependent Variable	0.086184556
Standard Error of Estimate	0.073878080
Sum of Squared Residuals	1.7301767185
Regression F(6,317)	20.4287
Significance Level of F	0.0000000
Log Likelihood	387.9321
Durbin-Watson Statistic	1.6461

Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif
1. Constant	-7.4805e-003	0.0215	-0.34843	0.72774666
2. SPOT	6.8034e-004	3.3872e-004	2.00856	0.04543142
3. VARIANS	3.6186e-004	8.2967e-005	4.36145	0.00001749
4. SKJEVHET	-6.5843e-003	4.5452e-003	-1.44864	0.14842601
5. MAG	-0.0680	0.0217	-3.13067	0.00190647
6. AF1W	-9.9581e-008	1.1754e-008	-8.47238	0.00000000
7. AT1W	-1.2047e-005	3.1685e-006	-3.80217	0.00017203

#### Graf av residualer



### Utskrift dymmy-regresjon

Linear Regression - Estimation by Least Squares

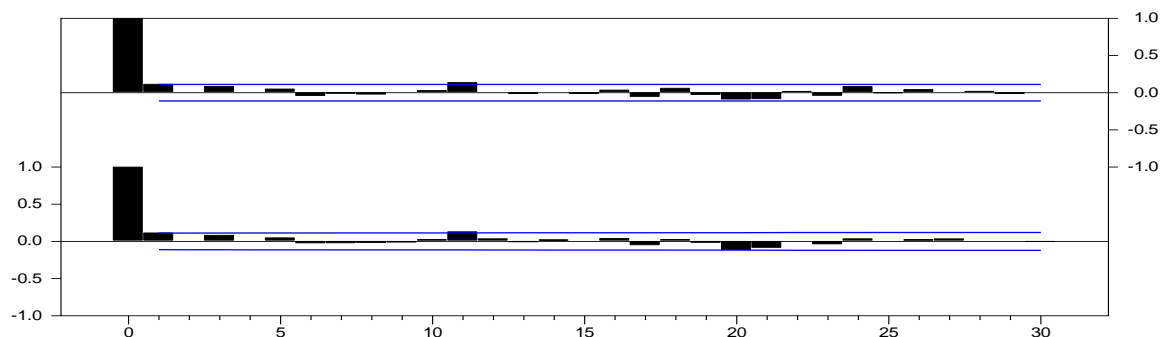
Dependent Variable CY1W

Weekly Data From 2006:01:01 To 2012:03:11

Usable Observations	324
Degrees of Freedom	316
Centered R <sup>2</sup>	0.4864039
R-Bar <sup>2</sup>	0.4750268
Uncentered R <sup>2</sup>	0.5027877
Mean of Dependent Variable	-0.015620486
Std Error of Dependent Variable	0.086184556
Standard Error of Estimate	0.062445051
Sum of Squared Residuals	1.2322054557
Regression F(7,316)	42.7528
Significance Level of F	0.0000000
Log Likelihood	442.9179
Durbin-Watson Statistic	1.7718

Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif
1. Constant	4.6021e-003	0.0182	0.25317	0.80030339
2. SPOT	3.3018e-004	2.8797e-004	1.14655	0.25243619
3. VARIANS	3.6529e-004	7.0128e-005	5.20880	0.00000034
4. SKJEVHET	-1.2913e-003	3.8702e-003	-0.33366	0.73886057
5. MAG	-0.0569	0.0184	-3.09759	0.00212609
6. AF1W	-9.8515e-008	9.9352e-009	-9.91581	0.00000000
7. AT1W	-1.1190e-005	2.6793e-006	-4.17660	0.00003832
8. DUM1140	-0.7196	0.0637	-11.30067	0.00000000

### Graf av autokorrelasjon og partiell autokorrelasjon



### Ljung-Box test

Correlations of Series RESIDS

Weekly Data From 2006:01:01 To 2012:01:29

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0.11344	-0.01098	0.08476	-0.00662	0.05077	-0.05634	-0.02309	-0.03552	-0.01189	0.03152	0.14361	0.01250

Ljung-Box Q-Statistics

Lags	Statistic	Signif Lvl
12	15.675	0.206574

### White's test for heteroskedastisitet

White Heteroscedasticity Test

Chi-Squared(28) = 100.096548 with Significance Level 0.00000000

### **Normalitetstest**

Statistics on Series RESIDS

Weekly Data From 2006:01:01 To 2012:03:11

Observations	324		
Sample Mean	-0.000000	Variance	0.003815
Standard Error	0.061765	SE of Sample Mean	0.003431
t-Statistic (Mean=0)	-0.000000	Signif Level (Mean=0)	1.000000
Skewness	-0.198095	Signif Level (Sk=0)	0.147351
Kurtosis (excess)	0.830197	Signif Level (Ku=0)	0.002549
Jarque-Bera	11.423598	Signif Level (JB=0)	0.003307

### **Robust regresjon**

Centered R <sup>2</sup>	0.4864039
R-Bar <sup>2</sup>	0.4750268
Uncentered R <sup>2</sup>	0.5027877
Mean of Dependent Variable	-0.015620486
Std Error of Dependent Variable	0.086184556
Standard Error of Estimate	0.062445051
Sum of Squared Residuals	1.2322054557
Log Likelihood	442.9179
Durbin-Watson Statistic	1.7718

<b>Variable</b>	<b>Coeff</b>	<b>Std Error</b>	<b>T-Stat</b>	<b>Signif</b>
1. Constant	4.6021e-003	0.0178	0.25896	0.79566420
2. SPOT	3.3018e-004	3.0558e-004	1.08048	0.27992812
3. VARIANS	3.6529e-004	1.3525e-004	2.70077	0.00691792
4. SKJEVHET	-1.2913e-003	4.1771e-003	-0.30915	0.75720944
5. MAG	-0.0569	0.0169	-3.36857	0.00075559
6. AF1W	-9.8515e-008	1.0063e-008	-9.78963	0.00000000
7. AT1W	-1.1190e-005	3.0921e-006	-3.61894	0.00029581
8. DUM1140	-0.7196	0.0157	-45.92947	0.00000000

### **Robust regresjon standardiserte variabler**

Linear Regression - Estimation by Least Squares

With Heteroscedasticity-Consistent (Eicker-White) Standard Errors

Dependent Variable ZCY1W

Weekly Data From 2006:01:01 To 2012:03:11

Usable Observations	324
Degrees of Freedom	317
Centered R <sup>2</sup>	0.4857402
R-Bar <sup>2</sup>	0.4760065
Uncentered R <sup>2</sup>	0.4857402
Mean of Dependent Variable	-0.000005634
Std Error of Dependent Variable	0.999985033
Standard Error of Estimate	0.723863085
Sum of Squared Residuals	166.10095179
Log Likelihood	-351.4961
Durbin-Watson Statistic	1.7687

Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif
1. ZSPOT	0.053409494	0.049242141	1.08463	0.27808565
2. ZVARIANS	0.220549582	0.081373819	2.71033	0.00672171
3. ZSKJEVHET	-0.013951947	0.044587539	-0.31291	0.75434802
4. ZMAG	-0.129191086	0.038274898	-3.37535	0.00073723
5. ZAF1W	-0.416488273	0.042572602	-9.78301	0.00000000
6. ZAT1W	-0.186802425	0.051376181	-3.63597	0.00027693
7. DUM1140	-8.322637550	0.165690707	-50.22996	0.00000000

## ***Futures, t+6***

### **Innledende regresjon**

Linear Regression - Estimation by Least Squares

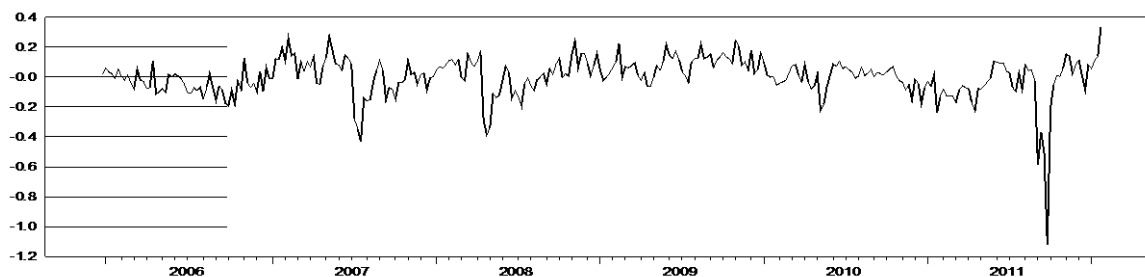
Dependent Variable CY6W

Weekly Data From 2006:01:01 To 2012:01:29

Usable Observations	318
Degrees of Freedom	311
Centered R <sup>2</sup>	0.3745767
R-Bar <sup>2</sup>	0.3625106
Uncentered R <sup>2</sup>	0.4616042
Mean of Dependent Variable	-0.068285426
Std Error of Dependent Variable	0.170111823
Standard Error of Estimate	0.135822266
Sum of Squared Residuals	5.7372309167
Regression F(6,311)	31.0439
Significance Level of F	0.0000000
Log Likelihood	187.1744
Durbin-Watson Statistic	0.7110

Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif
1. Constant	-0.0474	0.0395	-1.20108	0.23063489
2. SPOT	4.4169e-003	6.0225e-004	7.33395	0.00000000
3. VARIANS	5.7368e-005	1.6224e-004	0.35360	0.72388078
4. SKJEVHET	5.3623e-003	8.4252e-003	0.63647	0.52493985
5. MAG	-0.3511	0.0400	-8.77529	0.00000000
6. AF6W	1.3824e-008	2.2328e-008	0.61913	0.53628508
7. AT6W	-1.5784e-007	1.5280e-006	-0.10330	0.91779091

### **Graf av residualer**



### Regresjon med dummyvariabler

Linear Regression - Estimation by Least Squares

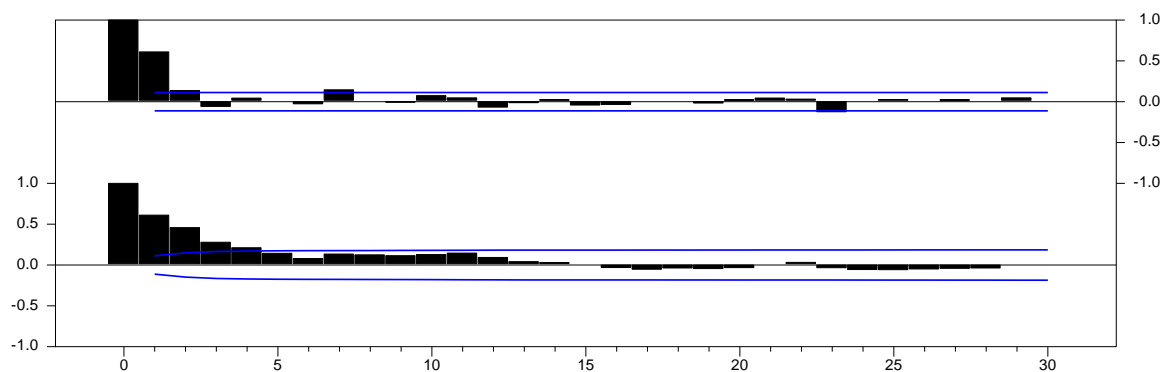
Dependent Variable CY6W

Weekly Data From 2006:01:01 To 2012:01:29

Usable Observations	318
Degrees of Freedom	310
Centered R <sup>2</sup>	0.5185310
R-Bar <sup>2</sup>	0.5076592
Uncentered R <sup>2</sup>	0.5855273
Mean of Dependent Variable	-0.068285426
Std Error of Dependent Variable	0.170111823
Standard Error of Estimate	0.119362369
Sum of Squared Residuals	4.4166862732
Regression F(7,310)	47.6947
Significance Level of F	0.0000000
Log Likelihood	228.7668
Durbin-Watson Statistic	0.7553

Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif
1. Constant	-0.022757796	0.034799855	-0.65396	0.51362085
2. SPOT	0.003751573	0.000533762	7.02855	0.00000000
3. VARIANS	0.000066366	0.000142584	0.46545	0.64193395
4. SKJEVHET	0.014800704	0.007468759	1.98168	0.04839793
5. MAG	-0.332982585	0.035209392	-9.45721	0.00000000
6. AF6W	0.000000001	0.000000020	0.07042	0.94390660
7. AT6W	0.000000044	0.000001343	0.03272	0.97392049
8. DUM1140	-1.175230070	0.122071359	-9.62740	0.00000000

### Graf autokorrelasjon



### Ljung-Box test

Correlations of Series RESIDS

Weekly Data From 2006:01:01 To 2012:01:29

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0.617847	0.465475	0.283759	0.214230	0.146885	0.077047	0.132718	0.128120	0.119380	0.133147	0.155283	0.103047

### Ljung-Box Q-Statistics

Lags	Statistic	Signif Lvl
12	275.374	0.000000

### White's test for heteroskedastisitet

White Heteroscedasticity Test

Chi-Squared(28)= 168.902491 with Significance Level 0.00000000

### **Normalitetstest**

Statistics on Series RESIDS

Weekly Data From 2006:01:01 To 2012:01:29

Observations	318		
Sample Mean	-0.000000	Variance	0.013933
Standard Error	0.118037	SE of Sample Mean	0.006619
t-Statistic (Mean=0)	-0.000000	Signif Level (Mean=0)	1.000000
Skewness	-1.328378	Signif Level (Sk=0)	0.000000
Kurtosis (excess)	4.526131	Signif Level (Ku=0)	0.000000
Jarque-Bera	364.960860	Signif Level (JB=0)	0.000000

### **HAC robust regresjon**

Linear Regression - Estimation by Least Squares

HAC Standard Errors with Newey-West/Bartlett Window and 4 Lags

Dependent Variable CY6W

Weekly Data From 2006:01:01 To 2012:01:29

Usable Observations	318
Degrees of Freedom	310
Centered R <sup>2</sup>	0.5185310
R-Bar <sup>2</sup>	0.5076592
Uncentered R <sup>2</sup>	0.5855273
Mean of Dependent Variable	-0.068285426
Std Error of Dependent Variable	0.170111823
Standard Error of Estimate	0.119362369
Sum of Squared Residuals	4.4166862732
Log Likelihood	228.7668
Durbin-Watson Statistic	0.7553

<b>Variable</b>	<b>Coeff</b>	<b>Std Error</b>	<b>T-Stat</b>	<b>Signif</b>
1. Constant	-0.022757796	0.053497975	-0.42540	0.67054841
2. SPOT	0.003751573	0.001094010	3.42919	0.00060538
3. VARIANS	0.000066366	0.000236787	0.28028	0.77926453
4. SKJEVHET	0.014800704	0.008303503	1.78247	0.07467341
5. MAG	-0.332982585	0.056386028	-5.90541	0.00000000
6. AF6W	0.000000001	0.000000030	0.04686	0.96262681
7. AT6W	0.000000044	0.000001698	0.02588	0.97935537
8. DUM1140	-1.175230070	0.061122267	-19.22753	0.00000000

### **HAC robust regresjon standardiserte variabler**

Linear Regression - Estimation by Least Squares

HAC Standard Errors with Newey-West/Bartlett Window and 4 Lags

Dependent Variable ZCY6W

Weekly Data From 2006:01:01 To 2012:01:29

Usable Observations	318
Degrees of Freedom	311
Centered R <sup>2</sup>	0.5185281
R-Bar <sup>2</sup>	0.5092392
Uncentered R <sup>2</sup>	0.5187726
Mean of Dependent Variable	-0.022150363
Std Error of Dependent Variable	0.984226559
Standard Error of Estimate	0.689493232
Sum of Squared Residuals	147.84968526
Log Likelihood	-329.4515
Durbin-Watson Statistic	0.7551

Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif
1. ZSPOT	0.301626486	0.087049126	3.46501	0.00053020
2. ZVARIANS	0.019939511	0.070601870	0.28242	0.77762006
3. ZSKJEVHET	0.078671686	0.043776881	1.79711	0.07231883
4. ZMAG	-0.376590660	0.063796461	-5.90300	0.00000000
5. ZAF6W	0.002928896	0.061938284	0.04729	0.96228423
6. ZAT6W	0.001365556	0.052621357	0.02595	0.97929673
7. DUM1140	-6.797745373	0.307511644	-22.10565	0.00000000

## Forward

### Innledende regresjon

Linear Regression - Estimation by Least Squares

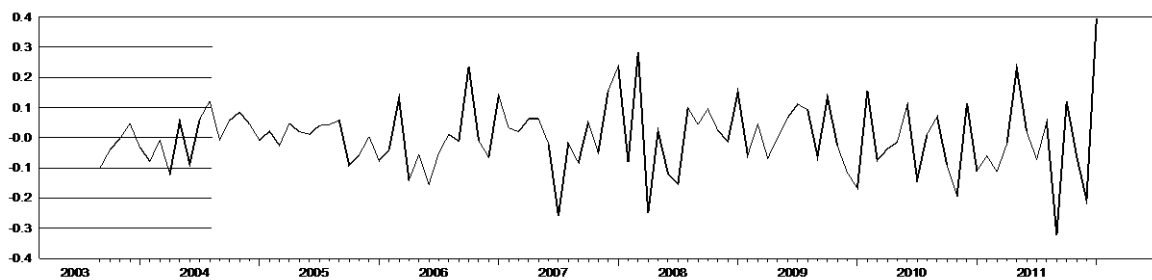
Dependent Variable CY

Monthly Data From 2003:10 To 2012:02

Usable Observations	101
Degrees of Freedom	94
Centered R <sup>2</sup>	0.2566621
R-Bar <sup>2</sup>	0.2092150
Uncentered R <sup>2</sup>	0.3113283
Mean of Dependent Variable	-0.036942390
Std Error of Dependent Variable	0.131774898
Standard Error of Estimate	0.117182265
Sum of Squared Residuals	1.2907782314
Regression F(6,94)	5.4094
Significance Level of F	0.0000771
Log Likelihood	76.8609
Durbin-Watson Statistic	2.2685

Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif
1. Constant	0.0290	0.0647	0.44825	0.65500573
2. SPOT	2.4294e-003	1.1257e-003	2.15805	0.03347233
3. VARIANS	-1.7701e-004	2.4434e-004	-0.72445	0.47059182
4. SKJEVHET	-0.0187	0.0133	-1.40685	0.16276996
5. MAG	-2.7131e-003	6.3000e-004	-4.30640	0.00004073
6. ATILSIG	-4.1105e-007	2.7482e-006	-0.14957	0.88142280
7. AFORBRUK	4.7136e-010	1.0760e-009	0.43808	0.66233233

### Graf av residualer



### Regresjon med dummy- variabel

Linear Regression - Estimation by Least Squares

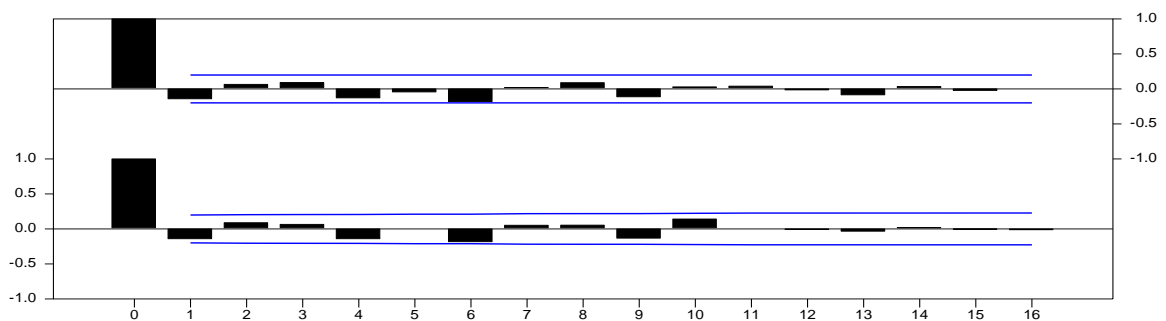
Dependent Variable CY

Monthly Data From 2003:10 To 2012:02

Usable Observations	101
Degrees of Freedom	93
Centered R <sup>2</sup>	0.4229565
R-Bar <sup>2</sup>	0.3795231
Uncentered R <sup>2</sup>	0.4653931
Mean of Dependent Variable	-0.036942390
Std Error of Dependent Variable	0.131774898
Standard Error of Estimate	0.103799554
Sum of Squared Residuals	1.0020143163
Regression F(7,93)	9.7381
Significance Level of F	0.0000000
Log Likelihood	89.6492
Durbin-Watson Statistic	2.3064

Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif
1. Constant	0.0227	0.0573	0.39637	0.69273886
2. SPOT	3.0264e-003	1.0038e-003	3.01490	0.00331355
3. VARIANS	-1.1522e-003	2.8693e-004	-4.01567	0.00012004
4. SKJEVHET	-0.0137	0.0118	-1.15861	0.24958116
5. MAG2	-0.2603	0.0558	-4.66157	0.00001046
6. ATILSIG	-1.0132e-006	2.4371e-006	-0.41575	0.67855320
7. AFORBRUK	-2.2594e-010	9.6256e-010	-0.23472	0.81493889
8. DUM0212	0.7309	0.1412	5.17697	0.00000130

### Graf autokorrelasjon



### Ljung-Box test

Correlations of Series RESIDS

Monthly Data From 2003:10 To 2012:02

Autocorrelations

1	2	3	4	5	6
-0.15839	0.08932	0.06903	-0.16336	0.00019	-0.20777

Ljung-Box Q-Statistics

Lags	Statistic	Signif Lvl
6	11.543	0.072972

### White's test

White Heteroscedasticity Test

Chi-Squared(28)= 39.081317 with Significance Level 0.07962384



### **Normalitets test**

Statistics on Series RESIDS

Monthly Data From 2003:10 To 2012:02

Observations	101		
Sample Mean	0.000000	Variance	0.010020
Standard Error	0.100101	SE of Sample Mean	0.009960
t-Statistic (Mean=0)	0.000000	Signif Level (Mean=0)	1.000000
Skewness	0.393821	Signif Level (Sk=0)	0.111436
Kurtosis (excess)	0.565593	Signif Level (Ku=0)	0.262549
Jarque-Bera	3.956999	Signif Level (JB=0)	0.138277

### **HAC-Robust regresjon**

Linear Regression - Estimation by Least Squares

HAC Standard Errors with Newey-West/Bartlett Window and 3 Lags

Dependent Variable CY

Monthly Data From 2003:10 To 2012:02

Usable Observations	101
Degrees of Freedom	93
Centered R <sup>2</sup>	0.4229565
R-Bar <sup>2</sup>	0.3795231
Uncentered R <sup>2</sup>	0.4653931
Mean of Dependent Variable	-0.036942390
Std Error of Dependent Variable	0.131774898
Standard Error of Estimate	0.103799554
Sum of Squared Residuals	1.0020143163
Log Likelihood	89.6492
Durbin-Watson Statistic	2.3064

<b>Variable</b>	<b>Coeff</b>	<b>Std Error</b>	<b>T-Stat</b>	<b>Signif</b>
1. Constant	0.0227	0.0367	0.61977	0.53540919
2. SPOT	3.0264e-003	8.4463e-004	3.58306	0.00033960
3. VARIANS	-1.1522e-003	2.9017e-004	-3.97072	0.00007166
4. SKJEVHET	-0.0137	6.9176e-003	-1.97727	0.04801085
5. MAG2	-0.2603	0.0479	-5.43493	0.00000005
6. ATILSIG	-1.0132e-006	2.2128e-006	-0.45790	0.64702501
7. AFORBRUK	-2.2594e-010	7.9838e-010	-0.28299	0.77718326
8. DUM0212	0.7309	0.1009	7.24522	0.00000000

### **HAC- Robust regresjon standardiserte variabler**

Linear Regression - Estimation by Least Squares

HAC Standard Errors with Newey-West/Bartlett Window and 3 Lags

Dependent Variable ZCY

Monthly Data From 2003:10 To 2012:02

Usable Observations	101
Degrees of Freedom	94
Centered R <sup>2</sup>	0.4199300
R-Bar <sup>2</sup>	0.3829043
Uncentered R <sup>2</sup>	0.4199300
Mean of Dependent Variable	-0.000002962
Std Error of Dependent Variable	0.999989164
Standard Error of Estimate	0.785545898
Sum of Squared Residuals	58.005741612
Log Likelihood	-115.3066
Durbin-Watson Statistic	2.2995

<b>Variable</b>	<b>Coeff</b>	<b>Std Error</b>	<b>T-Stat</b>	<b>Signif</b>
1. ZSPOT	0.294300817	0.086643059	3.39670	0.00068203
2. ZVARIANS	-0.455292952	0.111779142	-4.07315	0.00004638
3. ZSKJEVHET	-0.098924600	0.052197813	-1.89519	0.05806767
4. ZMAG	-0.391373261	0.073235068	-5.34407	0.00000009
5. ZATILSIG	-0.035979653	0.081685099	-0.44047	0.65959835
6. ZAFORBRUK	-0.018117376	0.069500714	-0.26068	0.79434007
7. DUM0212	5.444901316	0.701996895	7.75630	0.00000000

## Vedlegg 6: RATS utskrifter – Risikopremie

### *Futures, t+1*

#### Innledende regresjon

Linear Regression - Estimation by Least Squares

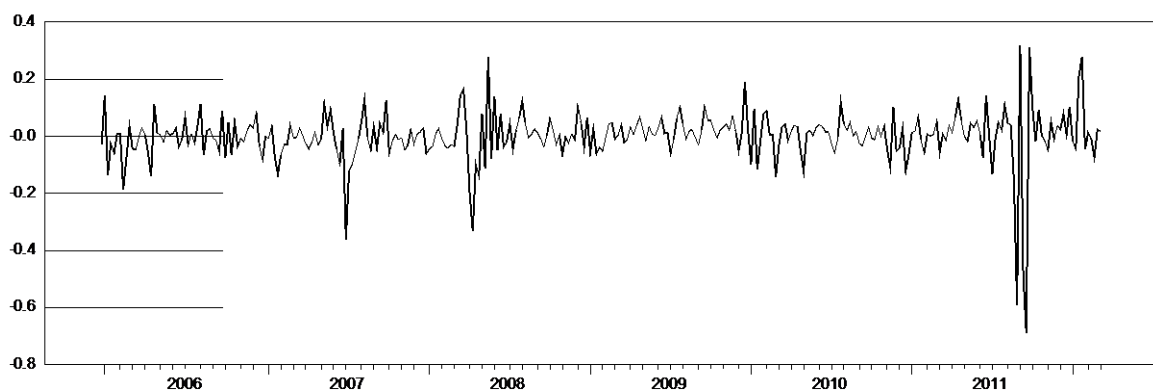
Dependent Variable RP1W

Weekly Data From 2006:01:01 To 2012:03:11

Usable Observations	324
Degrees of Freedom	317
Centered R <sup>2</sup>	0.0841881
R-Bar <sup>2</sup>	0.0668541
Uncentered R <sup>2</sup>	0.1103176
Mean of Dependent Variable	-0.016611905
Std Error of Dependent Variable	0.097082939
Standard Error of Estimate	0.093781611
Sum of Squared Residuals	2.7880119812
Regression F(6,317)	4.8568
Significance Level of F	0.0000918
Log Likelihood	310.6411
Durbin-Watson Statistic	1.9518

<u>Variable</u>	<u>Coeff</u>	<u>Std Error</u>	<u>T-Stat</u>	<u>Signif</u>
1. Constant	0.0302	0.0273	1.10889	0.26831864
2. SPOT	-6.1491e-004	4.2998e-004	-1.43010	0.15367417
3. VARIANS	-2.8718e-004	1.0532e-004	-2.72670	0.00675318
4. SKJEVHET	8.5234e-003	5.7697e-003	1.47727	0.14059596
5. MAG	-0.0239	0.0276	-0.86777	0.38617750
6. AF1W	4.4841e-008	1.4920e-008	3.00538	0.00286415
7. AT1W	-8.8205e-006	4.0222e-006	-2.19297	0.02903585

#### Graf av residualer



### Regresjon med dummies

Linear Regression - Estimation by Least Squares

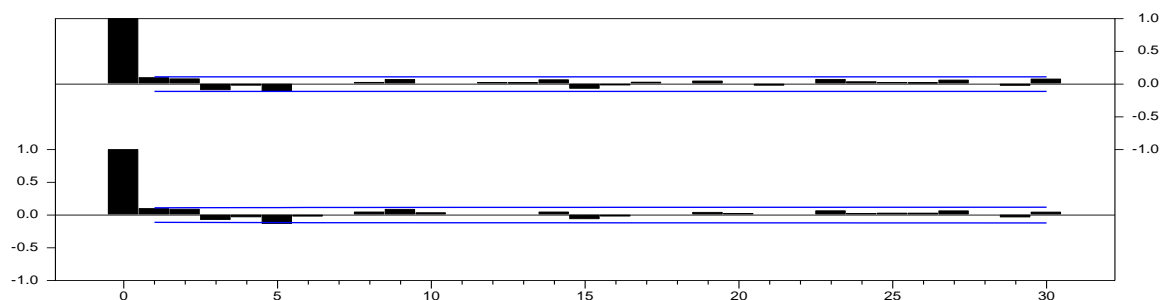
Dependent Variable RP1W

Weekly Data From 2006:01:01 To 2012:03:11

Usable Observations	324
Degrees of Freedom	312
Centered R <sup>2</sup>	0.5079630
R-Bar <sup>2</sup>	0.4906155
Uncentered R <sup>2</sup>	0.5220015
Mean of Dependent Variable	-0.016611905
Std Error of Dependent Variable	0.097082939
Standard Error of Estimate	0.069289234
Sum of Squared Residuals	1.4979113433
Regression F(11,312)	29.2817
Significance Level of F	0.0000000
Log Likelihood	411.2847
Durbin-Watson Statistic	1.8021

Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif
1. Constant	0.0207	0.0202	1.02637	0.30551398
2. SPOT	-6.5023e-004	3.2161e-004	-2.02179	0.04405120
3. VARIANS	-1.9689e-004	7.8574e-005	-2.50576	0.01272793
4. SKJEVHET	8.3302e-003	4.3428e-003	1.91817	0.05600220
5. MAG	-1.8149e-003	0.0205	-0.08840	0.92961158
6. AF1W	4.0268e-008	1.1036e-008	3.64892	0.00030859
7. AT1W	-5.1533e-006	3.0056e-006	-1.71456	0.08741959
8. DUM1140	0.2956	0.0707	4.17814	0.00003820
9. DUM1139	-0.7175	0.0705	-10.17233	0.00000000
10. DUM1138	-0.5029	0.0705	-7.12871	0.00000000
11. DUM1137	0.2946	0.0703	4.19187	0.00003607
12. DUM1136	-0.6157	0.0700	-8.79225	0.00000000

### Graf autokorrelasjon



### Ljung-Box test

Correlations of Series RESIDS

Weekly Data From 2006:01:01 To 2012:03:11

Autocorrelations

1	2	3	4	5
0.09866	0.08906	-0.08911	-0.04362	-0.14799

Ljung-Box Q-Statistics

Lags	Statistic	Signif Lvl
5	16.278	0.006095

### **White's test**

White Heteroscedasticity Test

Chi-Squared(34)= 61.550682 with Significance Level 0.00262223

### **Normality test**

Statistics on Series RESIDS

Weekly Data From 2006:01:01 To 2012:03:11

Observations	324		
Sample Mean	0.000000	Variance	0.004637
Standard Error	0.068099	SE of Sample Mean	0.003783
t-Statistic (Mean=0)	0.000000	Signif Level (Mean=0)	1.000000
Skewness	-0.515356	Signif Level (Sk=0)	0.000164
Kurtosis (excess)	5.358993	Signif Level (Ku=0)	0.000000
Jarque-Bera	402.045868	Signif Level (JB=0)	0.000000

### **HAC- robust regresjon**

Linear Regression - Estimation by Least Squares

HAC Standard Errors with Newey-West/Bartlett Window and 4 Lags

Dependent Variable RP1W

Weekly Data From 2006:01:01 To 2012:03:11

Usable Observations	324
Degrees of Freedom	312
Centered R <sup>2</sup>	0.5079630
R-Bar <sup>2</sup>	0.4906155
Uncentered R <sup>2</sup>	0.5220015
Mean of Dependent Variable	-0.016611905
Std Error of Dependent Variable	0.097082939
Standard Error of Estimate	0.069289234
Sum of Squared Residuals	1.4979113433
Log Likelihood	411.2847
Durbin-Watson Statistic	1.8021

<b>Variable</b>	<b>Coeff</b>	<b>Std Error</b>	<b>T-Stat</b>	<b>Signif</b>
1. Constant	0.0207	0.0231	0.89761	0.36939587
2. SPOT	-6.5023e-004	3.8029e-004	-1.70984	0.08729503
3. VARIANS	-1.9689e-004	8.9670e-005	-2.19568	0.02811456
4. SKJEVHET	8.3302e-003	3.5787e-003	2.32773	0.01992620
5. MAG	-1.8149e-003	0.0218	-0.08332	0.93359801
6. AF1W	4.0268e-008	1.4373e-008	2.80166	0.00508400
7. AT1W	-5.1533e-006	2.4672e-006	-2.08872	0.03673287
8. DUM1140	0.2956	0.0156	18.90845	0.00000000
9. DUM1139	-0.7175	0.0173	-41.54269	0.00000000
10. DUM1138	-0.5029	0.0106	-47.56502	0.00000000
11. DUM1137	0.2946	0.0146	20.16164	0.00000000
12. DUM1136	-0.6157	0.0116	-53.21185	0.00000000

### **Hac med standardiserte variabler**

Linear Regression - Estimation by Least Squares

HAC Standard Errors with Newey-West/Bartlett Window and 4 Lags

Dependent Variable ZRP1W

Weekly Data From 2006:01:01 To 2012:03:11

Usable Observations	324
Degrees of Freedom	313
Centered R <sup>2</sup>	0.5064158
R-Bar <sup>2</sup>	0.4906463
Uncentered R <sup>2</sup>	0.5064158
Mean of Dependent Variable	0.000009737
Std Error of Dependent Variable	1.0000051434
Standard Error of Estimate	0.7136938582
Sum of Squared Residuals	159.42934296
Log Likelihood	-344.8550
Durbin-Watson Statistic	1.7965

<b>Variable</b>	<b>Coeff</b>	<b>Std Error</b>	<b>T-Stat</b>	<b>Signif</b>
1. ZSPOT	-0.092342451	0.053242953	-1.73436	0.08285421
2. ZVARIANS	-0.105996297	0.048294599	-2.19479	0.02817897
3. ZSKJEVHET	0.078222561	0.034153148	2.29035	0.02200121
4. ZMAG	-0.004330123	0.044470306	-0.09737	0.92243168
5. ZAF1W	0.151210594	0.054202307	2.78974	0.00527496
6. ZAT1W	-0.077136073	0.037255384	-2.07047	0.03840856
7. DUM1140	3.088909881	0.136972710	22.55128	0.00000000
8. DUM1139	-7.347250394	0.148662820	-49.42225	0.00000000
9. DUM1138	-5.135858575	0.105068905	-48.88086	0.00000000
10. DUM1137	3.078453565	0.120792665	25.48543	0.00000000
11. DUM1136	-6.300217841	0.096316468	-65.41164	0.00000000

### ***Futures, t+6***

#### **Innledende regresjon**

Linear Regression - Estimation by Least Squares

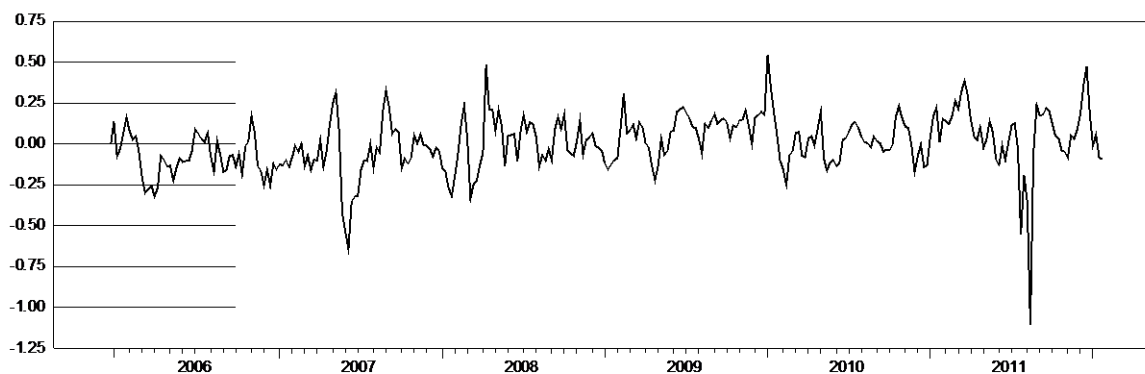
Dependent Variable RP6W

Weekly Data From 2006:01:01 To 2012:01:29

Usable Observations	318
Degrees of Freedom	311
Centered R <sup>2</sup>	0.5137614
R-Bar <sup>2</sup>	0.5043806
Uncentered R <sup>2</sup>	0.5499935
Mean of Dependent Variable	-0.069852049
Std Error of Dependent Variable	0.246562056
Standard Error of Estimate	0.173580276
Sum of Squared Residuals	9.3704648897
Regression F(6,311)	54.7673
Significance Level of F	0.0000000
Log Likelihood	109.1712
Durbin-Watson Statistic	0.6681

Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif
1. Constant	0.1895	0.0505	3.75538	0.00020657
2. SPOT	-4.5993e-003	7.6968e-004	-5.97564	0.00000001
3. VARIANS	1.9950e-004	2.0734e-004	0.96215	0.33672288
4. SKJEVHET	5.9923e-003	0.0108	0.55652	0.57825285
5. MAG	-0.1040	0.0511	-2.03497	0.04270170
6. AF6W	2.1308e-007	2.8535e-008	7.46734	0.00000000
7. AT6W	-2.4981e-005	1.9527e-006	-12.79280	0.00000000

#### Graf residualer



#### Regresjon med dummy-variabler

Linear Regression - Estimation by Least Squares

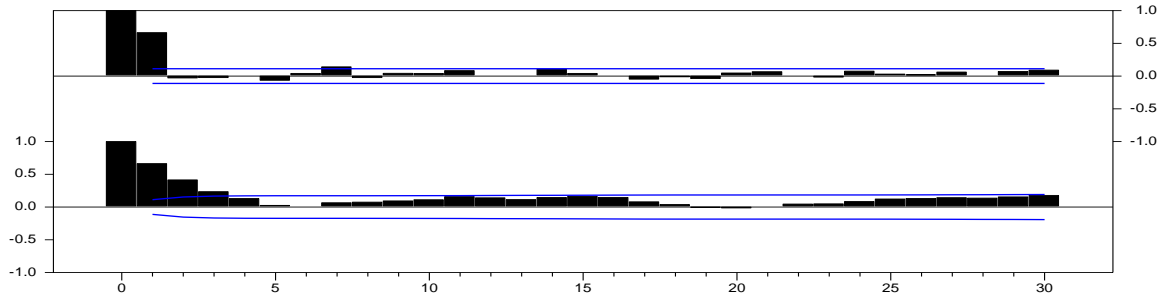
Dependent Variable RP6W

Weekly Data From 2006:01:01 To 2012:01:29

Usable Observations	318
Degrees of Freedom	306
Centered R <sup>2</sup>	0.6458191
R-Bar <sup>2</sup>	0.6330871
Uncentered R <sup>2</sup>	0.6722108
Mean of Dependent Variable	-0.069852049
Std Error of Dependent Variable	0.246562056
Standard Error of Estimate	0.149350869
Sum of Squared Residuals	6.8255387411
Regression F(11,306)	50.7241
Significance Level of F	0.0000000
Log Likelihood	159.5570
Durbin-Watson Statistic	0.6722

Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif
1. Constant	0.180519570	0.043608577	4.13954	0.00004504
2. SPOT	-0.004598008	0.000665063	-6.91364	0.00000000
3. VARIANS	0.000182233	0.000178449	1.02121	0.30796341
4. SKJEVHET	0.000525037	0.009335368	0.05624	0.95518594
5. MAG	-0.077166428	0.044094427	-1.75003	0.08111601
6. AF6W	0.000000230	0.000000025	9.35455	0.00000000
7. AT6W	-0.000021077	0.000001721	-12.24560	0.00000000
8. DUM1134	-1.175215001	0.151519654	-7.75619	0.00000000
9. DUM1131	-0.615387322	0.151292037	-4.06755	0.00006050
10. DUM0725	-0.408024116	0.150677078	-2.70794	0.00715104
11. DUM0724	-0.696279596	0.150672999	-4.62113	0.00000563
12. DUM0723	-0.575339091	0.150604143	-3.82021	0.00016147

**Graf autokorrelasjon**



**Ljung-Box test**

Correlations of Series RESIDS  
Weekly Data From 2006:01:01 To 2012:01:29

Autocorrelations

1	2	3	4	5	6	7
0.66366	0.41508	0.23419	0.12883	0.02167	-0.00964	0.06114

Ljung-Box Q-Statistics

Lags	Statistic	Signif Lvl
7	221.372	0.000000

**White's test**

White Heteroscedasticity Test  
Chi-Squared(33)= 60.575091 with Significance Level 0.00238649

**Normalitets test**

Statistics on Series RESIDS  
Weekly Data From 2006:01:01 To 2012:01:29

Observations	318		
Sample Mean	0.000000	Variance	0.021532
Standard Error	0.146737	SE of Sample Mean	0.008229
t-Statistic (Mean=0)	0.000000	Signif Level (Mean=0)	1.000000
Skewness	0.079150	Signif Level (Sk=0)	0.566304
Kurtosis (excess)	0.743060	Signif Level (Ku=0)	0.007471
Jarque-Bera	7.647864	Signif Level (JB=0)	0.021842

**HAC- Robust regresjon**

Linear Regression - Estimation by Least Squares  
HAC Standard Errors with Newey-West/Bartlett Window and 4 Lags

Dependent Variable RP6W

Weekly Data From 2006:01:01 To 2012:01:29

Usable Observations	318
Degrees of Freedom	306
Centered R^2	0.6458191
R-Bar^2	0.6330871
Uncentered R^2	0.6722108
Mean of Dependent Variable	-0.069852049
Std Error of Dependent Variable	0.246562056
Standard Error of Estimate	0.149350869
Sum of Squared Residuals	6.8255387411
Log Likelihood	159.5570
Durbin-Watson Statistic	0.6722



<b>Variable</b>	<b>Coeff</b>	<b>Std Error</b>	<b>T-Stat</b>	<b>Signif</b>
1. Constant	0.180519570	0.058616760	3.07966	0.00207238
2. SPOT	-0.004598008	0.001004807	-4.57601	0.00000474
3. VARIANS	0.000182233	0.000238873	0.76289	0.44552999
4. SKJEVHET	0.000525037	0.010637310	0.04936	0.96063393
5. MAG	-0.077166428	0.072109015	-1.07014	0.28455826
6. AF6W	0.000000230	0.000000037	6.29329	0.00000000
7. AT6W	-0.000021077	0.000002917	-7.22672	0.00000000
8. DUM1134	-1.175215001	0.040679724	-28.88945	0.00000000
9. DUM1131	-0.615387322	0.034499333	-17.83766	0.00000000
10. DUM0725	-0.408024116	0.037686228	-10.82688	0.00000000
11. DUM0724	-0.696279596	0.037052147	-18.79188	0.00000000
12. DUM0723	-0.575339091	0.035671867	-16.12865	0.00000000

#### **HAC- robust regresjon standardiserte variabler**

Linear Regression - Estimation by Least Squares

HAC Standard Errors with Newey-West/Bartlett Window and 4 Lags

Dependent Variable ZRP6W

Weekly Data From 2006:01:01 To 2012:01:29

Usable Observations	318
Degrees of Freedom	307
Centered R <sup>2</sup>	0.6435581
R-Bar <sup>2</sup>	0.6319476
Uncentered R <sup>2</sup>	0.6435613
Mean of Dependent Variable	0.0029852882
Std Error of Dependent Variable	1.0001468199
Standard Error of Estimate	0.6067623024
Sum of Squared Residuals	113.02527093
Log Likelihood	-286.7465
Durbin-Watson Statistic	0.6620

<b>Variable</b>	<b>Coeff</b>	<b>Std Error</b>	<b>T-Stat</b>	<b>Signif</b>
1. ZSPOT	-0.258291768	0.056226997	-4.59373	0.00000435
2. ZVARIANS	0.037360435	0.049747532	0.75100	0.45265218
3. ZSKJEVHET	0.001578503	0.040666330	0.03882	0.96903712
4. ZMAG	-0.061179452	0.058456153	-1.04659	0.29529008
5. ZAF6W	0.339227388	0.055733657	6.08658	0.00000000
6. ZAT6W	-0.459506643	0.062770065	-7.32047	0.00000000
7. DUM1134	-4.716896091	0.143320455	-32.91153	0.00000000
8. DUM1131	-2.446548225	0.123507623	-19.80888	0.00000000
9. DUM0725	-1.604365623	0.120482727	-13.31615	0.00000000
10. DUM0724	-2.773781832	0.119240257	-23.26213	0.00000000
11. DUM0723	-2.283076407	0.109933770	-20.76774	0.00000000

## ***Forward***

### **Innledende regresjon**

Linear Regression - Estimation by Least Squares

Dependent Variable RP

Monthly Data From 2003:10 To 2012:01

Usable Observations	100
Degrees of Freedom	93
Centered R <sup>2</sup>	0.0858886
R-Bar <sup>2</sup>	0.0269137
Uncentered R <sup>2</sup>	0.1699040
Mean of Dependent Variable	-0.037204379
Std Error of Dependent Variable	0.117533339
Standard Error of Estimate	0.115940924
Sum of Squared Residuals	1.2501337036
Regression F(6,93)	1.4564
Significance Level of F	0.2018716
Log Likelihood	77.2021
Durbin-Watson Statistic	1.8420

<b><u>Variable</u></b>	<b><u>Coeff</u></b>	<b><u>Std Error</u></b>	<b><u>T-Stat</u></b>	<b><u>Signif</u></b>
1. Constant	0.1051	0.0640	1.64117	0.10414080
2. SPOT	-1.4120e-003	1.1212e-003	-1.25931	0.21107109
3. VARIANS	-4.5569e-004	3.2049e-004	-1.42186	0.15841090
4. SKJEVHET	0.0129	0.0132	0.97799	0.33061587
5. MAG2	-0.1112	0.0624	-1.78190	0.07802912
6. ATILSIG	-1.4938e-006	2.7222e-006	-0.54874	0.58449587
7. AFORBRUK	-1.5866e-009	1.0752e-009	-1.47573	0.14339434