

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP





## Forord

Denne masteroppgaven har blitt skrevet som en del av masterstudiet økonomi og administrasjon ved Institutt for økonomi og ressursforvaltning (IØR), Universiteten for Miljø- og Biovitenskap (UMB) våren 2012.

I forbindelse med gjennomføring av oppgaven vil vi gjerne rette en stor takk til vår hovedveileder Atle G. Guttormsen. Oppgaven slik den står i dag ville ikke vært mulig uten hans hjelp og fortløpende innspill underveis. Vi vil også rette en stor takk til vår tilleggsveileder Espen Gaarder Haug som har vært en uunværlig støttespiller gjennom hele prosessen. Til slutt vil vi takke Fish Pool som har vært mer enn villige til å svare på spørsmål og bistå der de kunne under arbeidet med oppgaven.

Oslo 11. mai 2012

---

Lars Gundersen

---

Kristoffer Engelschiøn

## Sammendrag

Det norske lakseeventyret startet med brødrene Ove og Sivert Grøntvedt da de i 1970 satte ut 20 000 laksesmolt på Hitra, som i dag blir ansett som verdens første lakseanlegg. Siden den gang har laksemarkedet gjennomgått store forandringer. Introduksjonen av lakseoppdrett har gitt markedet en enorm vekst. I 2010 ble det produsert 1 460 000 tonn atlantisk laks på verdensbasis, hvorav Norge stod for omtrent 65 prosent av produksjonen. Dette gjør Norge til den helt klart største aktøren av oppdrettslaks på markedet, og i 2010 eksporterte vi laks til en verdi av omtrent 31,3 mrd kroner.

Laksprisen er preget av store svingninger. Det norsketablerte Fish Pool så en mulighet i denne usikkerheten og åpnet i 2006 en markeds plass for kontrakter med finansielt oppgjør hvor laks er underliggende aktiva. Aktørene på markeds plassen kan deles inn i to grupper, hvor den ene er spekulanter og den andre er aktive aktører (oppdrettere og foredlere) som ønsker å sikre seg mot ufordelaktige prissvingninger.

Markeds plassen Fish Pool har siden oppstarten vært preget av relativt lav likviditet. Vi har i denne oppgaven sett på ulike utfordringer forbundet med den lave likviditeten, i tillegg har vi sett nærmere på prising av asiatiske opsjoner som man kan kjøpe og selge på Fish Pool. Oppgavens problemstilling er som følger:

*Hvilke utfordringer kan lav likviditet på Fish Pool gi for en aktør som handler laksederivatene?*

På grunn av den lave likviditeten, og derav et datasett som i stor grad er preget av manglende observasjoner, har vi rettet fokuset vekk fra tradisjonell analyse av derivatenes effektivitet i risikostyring, og heller sett på hvilke utfordringer den lave likviditeten kan medføre for aktører som bruker laksederivatene.

I analysen av futureskontraktens likviditet så vi at omsatt volum per år har økt betraktelig, samtidig fant vi en synkende trend i antall dager med nullavkastninger fra 2008 frem til 2011. Noe overraskende fant vi at 2007 har lavest antall dager med nullavkastning, en forklaring kan være at mange aktører kjøpte små kontrakter for å bli kjent med

markedsplassen. Funnene våre tyder på at likviditeten på Fish Pool har økt siden oppstarten i 2006.

For å kunne analysere futureskontraktene på Fish Pool har vi laget en kontinuerlig prisserie, for å gjøre dette må vi rulle kontraktene fra en periode til neste. Ved rulling av en futureskontrakt til neste blir man utsatt for rullehopp. I hvilken grad rullehoppet utgjør risiko for aktøren er avhengig av hvorvidt retning og størrelse på hoppet er kjent. På grunn av lav likviditet på Fish Pool kan vi ikke si noe om trend i forhold til rullehoppet, vi kan derfor ikke konkludere om rullehoppet utgjør en risiko for aktørene eller ikke.

Ved prising av opsjoner forutsetter flere sentrale opsjonsprisindeksmodeller at avkastningen til underliggende aktivum følger en normalfordeling. Med bakgrunn i at aktører på Fish Pool både kan kjøpe og selge (skrive) opsjoner ønsker vi gjennom denne oppgaven å undersøke hvorvidt avkastningen til Fish Pool Indeks<sup>TM</sup> følger en normalfordeling da dette er underliggende aktivum for opsjonene som omsettes på Fish Pool. For å analysere den historiske fordelingen til FPI<sup>TM</sup> sin avkastning har vi grafet den gjennom statistikkprogrammet Oxmetrics. Videre har vi utført en Jarque-Bera test på avkastning for å se om fordelingen er signifiant forskjellig fra normalfordeling. Under de innledende analysene fant vi at fordelingen til FPI<sup>TM</sup> tilsynelatende virket normalfordelt, som ikke stemmer overens med generell teori på området. Vi utvidet derfor analysen til å inkludere data fra SSB og NOS, som tilsammen utgjør 70 prosent av FPI<sup>TM</sup>. Analysen av disse indeksene viste klart at både SSB og NOS avviker fra en normalfordeling. Vi har derfor konkludert med at det er lite trolig at FPI<sup>TM</sup> er normalfordelt.

Vi har brukt historisk volatilitet som utgangspunkt når vi beregnet teoretiske opsjonspriser ved bruk av Turnbull og Wakeman approksimasjonsmodellen. Selv om det er naivt å tro at volatiliteten i morgen blir lik som volatiliteten i dag, er dette det beste utgangspunktet vi har siden vi ikke har mulighet til å beregne implisitt volatilitet. Volatilitetsnivået viste seg å gi store utslag på opsjonsprisen i det teoretiske eksempelet. Hvilke volatilitet man legger til grunn for å prisen en opsjon vil derfor ha stor betydning i forhold til prisen man får.

Det er mange forhold man må ta hensyn til dersom man skal entre et marked med lav likviditet. I denne oppgaven har vi kartlagt flere utfordringer i forbindelse med likviditeten på markedsplassen Fish Pool. Blant annet har vi sett at lav likviditet kan skape prishopp, og hvordan man kan bli sittende i en ugunstig posisjon uten mulighet til å komme seg ut. Uansett hvilke forhold man har til risiko er det viktig å være klar over hvilke risikofaktorer man kan bli utsatt for før man går inn i et marked.

## **Abstract**

The Norwegian salmon adventure began with the brothers Ove and Sivert Grøntvedt when they in 1970 established what today is considered the world's first salmon farm. Since then, the salmon market has undergone major changes. The introduction of salmon farming resulted in huge growth in the salmon market. In 2010 it was produced 1.46 million tons of Atlantic salmon in the world, where Norway accounted for about 65 percent of the total production. This makes Norway by far the largest provider of farmed salmon, and in 2010 they exported salmon to a value of approximately 31.3 billion NOK.

Salmon prices are characterized by large fluctuations. The Norwegian company Fish Pool saw an opportunity in this uncertainty and established in 2006 a marketplace for contracts with a financial settlement, where salmon is the underlying asset. The participants in the marketplace can be divided into two groups, one of which is speculators, and the other is active participants (farmers and processors) who want to hedge against unfavorable price fluctuations.

The marketplace Fish Pool has since it was established been characterized by relatively low liquidity. We have in this paper looked at the various challenges associated with the low liquidity, in addition, we looked more closely at the pricing of Asian options that one can buy and sell at Fish Pool. The Research question for this paper is as follows:

*What challenges might low liquidity in the market place Fish Pool give participants who trade salmon derivatives?*

Because of the low liquidity, and hence a data set that is largely characterized by a lack of observations, we have with this paper focused away from traditional analysis of derivatives efficiency in risk management, and instead focused on what challenges faced by the low liquidity may cause to participants who trade salmon derivatives.

In our analysis of the futures contract's liquidity, we found that trading volume per year has increased significantly, at the same time we found a decreasing trend in the number of days with zero returns from 2008 until 2011. Surprisingly, we found that the 2007 has the lowest number of days with zero return, an explanation may be that many participants bought small contracts to learn how the market works. Our findings suggest that liquidity at Fish Pool has increased since it was established in 2006.

In order to analyze the futures contracts at Fish Pool, we have created a continuous price series, and to do this we need to roll the contracts from one period to the next. Rolling a futures contract from one to the next is subjected to rolling jumps. To what extent rolling jumps is a risk for participants in the market depends on whether the direction and size of the jump is known. Due to low liquidity in the Fish Pool, we can not say anything about the trend in relation to rolling jumps, therefore we can not conclude whether rolling jumps represents a risk for the participants or not.

Several well-known option pricing models assumes that the return of the underlying asset follows a normal distribution in relation to pricing of options. Given that participants at Fish Pool can both buy and sell (write) options, we want through this paper to examine whether the return to the Fish Pool Index<sup>TM</sup> follows a normal distribution as this is the underlying asset for options traded on Fish Pool. To analyze the historical distribution of FPI<sup>TM</sup>'s return, we graph it through the statistical program Oxmetrics. We have also performed a Jarque-Bera test on returns to see if the distribution is significant different from the normal distribution. During the initial analysis, we found that the distribution of FPI<sup>TM</sup> seemingly is normal distribution, which does not match the general theory in this area. We therefore extended the analysis to include data from SSB and NOS, which together account for 70 percent of FPI<sup>TM</sup>. The analysis of these indices showed clearly that both the SSB and NOS

differ from a normal distribution. We have therefore concluded that it is unlikely that the FPI™ is normally distributed.

We have used historical volatility as a basis when we calculated the theoretical option prices using the Turnbull and Wakeman approximation model. Although it is naive to believe that the volatility of tomorrow will be the same as the volatility of today, this is the best foundation we have since we are unable to calculate implied volatility. Volatility levels were found to have major effects on the option price in the theoretical example. Which volatility that is used to price an option will therefore be of great importance in relation to the price that is calculated.

There are many factors one must take into account when entering a market with low liquidity. In this paper we have identified several challenges in relation to liquidity in the marketplace Fish Pool. Among other things, we have seen that low liquidity may create price jumps, and how participants may be locked in an unfavorable position without the opportunity to get out of the market. Whatever risk preferences one has, it is important to be aware of the risk factors you can be exposed to before entering a market.



# Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b> .....	12
1.1	Introduksjon og motivasjon .....	12
1.2	Problemstilling .....	14
<b>2</b>	<b>Laks - produktegenskaper og marked</b> .....	15
2.1	Historisk perspektiv .....	15
2.2	Lakseoppdrett – produksjonsprosessen .....	16
2.3	Laksemarkedet .....	18
2.4	Laksens egenskaper som råvare .....	21
<b>3</b>	<b>Likviditet</b> .....	23
3.1	Redegjørelser rundt likviditet .....	23
<b>4</b>	<b>Markedseffisiens</b> .....	26
4.1	Forutsetninger for et effektivt marked .....	28
<b>5</b>	<b>Derivater</b> .....	29
5.1	Forwardkontrakt .....	29
5.2	Futureskontrakt .....	31
5.3	Futures som estimat på spotpris .....	32
5.4	Clearingsentral .....	33
5.5	Bilateral handel (OTC) .....	34
5.6	Trading av derivater på børs .....	34
5.7	Opsjoner .....	35
5.8	Eksotiske opsjoner .....	38
<b>6</b>	<b>Fish Pool ASA</b> .....	39
6.1	Fish Pool Index™ .....	40
6.2	Monthly settlement price (MSP) .....	42
6.3	NOS Clearing ASA .....	43
6.4	Handelskalender .....	43
6.5	Derivatene på Fish Pool .....	44
6.5.1	Futures på Fish Pool .....	45
6.5.2	Opsjoner på Fish Pool .....	45
6.5.3	Handel på Fish Pool i praksis – eksempel med tidslinje .....	46
<b>7</b>	<b>Egenskaper ved historisk fordeling</b> .....	49
7.1	Normalfordeling (Gauss fordeling) .....	49
7.2	Skjevhet og kurtose .....	50
<b>8</b>	<b>Stokastiske prosesser</b> .....	52
<b>9</b>	<b>Prising av opsjoner</b> .....	55
9.1	Put – Call paritetet .....	55

9.2	Historisk tilbakeblikk på opsjonsprisinde modeller .....	57
9.3	Black – Scholes – Mertons opsjonsprisinde modell .....	59
9.4	Generalisert Black – Scholes – Merton .....	62
9.5	Turnbull og Wakeman approksimasjonsmodell .....	62
9.6	Alternative opsjonsprisinde modeller .....	64
9.6.1	Levy prosesser .....	64
9.6.2	Stokastisk volatilitet .....	65
10	<b>Hedging</b> .....	66
10.1	Delta hedging .....	68
11	<b>Jarque-Bera normalitetstest</b> .....	69
12	<b>Redegjørelser rundt datasettet</b> .....	70
12.1	Utfordringer med datasettet .....	72
13	<b>Analyse</b> .....	74
13.1	Rulling av futureskontrakter .....	74
13.2	Prishopp .....	78
13.3	Likviditet på Fish Pool .....	80
13.4	Volatilitet og prisutvikling på Fish Pool Indeks™ .....	83
13.5	Analyse av historisk fordeling .....	87
13.5.1	Historisk fordeling til futuresprisenes avkastning .....	87
13.5.2	Historisk fordeling FPI™ avkastning .....	89
13.5.3	Historisk fordeling SSB avkastning .....	92
13.5.4	Historisk fordeling NOS avkastning .....	93
13.5.5	Oppsummering og sammenligning - normalfordelingstest .....	94
13.6	Teoretisk prising av opsjoner på Fish Pool – TWA .....	95
13.7	Hedgestrategier med laksederivater .....	98
14	<b>Oppsummering og konklusjon</b> .....	103
	<b>Litteraturliste</b> .....	106
	<b>Vedlegg</b> .....	110

## Figuroversikt

<b>Figur 1:</b> Prisutvikling i laksens produksjonstid hvor den røde linjen illustrerer når man setter ut rogn, og det grå feltet er perioden hvor laksen er slakteklar. ....	18
<b>Figur 2:</b> Antall tonn slaktet laks i Norge fra 1994 til 2010. Alle tall oppgitt i 1 000. ....	19
<b>Figur 3:</b> Fordeling av produksjon av oppdrettslaks på verdensbasis. ....	19
<b>Figur 4:</b> Norges eksport av laks fordelt på de største markedene. ....	20
<b>Figur 5:</b> Relativ fordeling mellom villfisk og oppdrettsfisk til matproduksjon (Figur laget av Atle G. Guttormsen). ....	21
<b>Figur 6:</b> Avkastningsprofil forwardkontrakter, kort posisjon til venstre og lang posisjon til høyre. ....	30
<b>Figur 7:</b> Forhold mellom futurespris og spotpris når leveringsperioden nærmer seg. ....	33
<b>Figur 8:</b> Avkastningsprofil ved forfall til plain vanilla opsjoner. ....	36
<b>Figur 9:</b> Sammensetning og vekting av Fish Pool Indeks™. ....	41
<b>Figur 10:</b> Utvikling i Fish Pool Indeks™ justert for FCA Oslo uke 1 til 39 2011. ....	42
<b>Figur 11:</b> Protective put er en strategi man kan ta i bruk for å sikre seg mot en nedside når man eier underliggnede. ....	47
<b>Figur 12:</b> Tidslinje som forklarer hendelsesforløpet ved kjøp av en opsjon på Fish Pool fra handel til forfall. ....	48
<b>Figur 13:</b> Illustrasjoner av ulike normalfordelte variable. ....	50
<b>Figur 14:</b> Eksempel på negativ og positiv skjevhet. ....	51
<b>Figur 15:</b> Historisk fordeling daglig avkastningen til hvete fra 1963 til 2012, data lastet ned fra <a href="http://www.wikiposit.org">www.wikiposit.org</a> , de røde ringene markerer de dagene med størst utfall i perioden. ....	51
<b>Figur 16:</b> Monte Carlo simulering av en prisserie som følger en mean reverting prosess. Mean-reverting hastighet er 0,5 og mean-revertign nivå på kr 25, volatiliteten 20 prosent og futuresprisen kr 35. ....	54
<b>Figur 17:</b> Monte Carlo simulering av en prisserie som følger en Wiener prosess. Volatiliteten er på 20 prosent og futuresprisen starter på kr 35. ....	55
<b>Figur 18:</b> Illustrasjon av en syntetisk long call og en syntetisk long put opsjon. ....	57
<b>Figur 19:</b> Plott av rullehoppenes avkastning fra Fish Pool først lanserte futureskontraktene i 2006 og frem til 2012. ....	78
<b>Figur 20:</b> Fiktiv prisserie intradag og handlet volum til de ulike prisene. ....	79
<b>Figur 21:</b> Fordeling av nullavkastninger i hvert hele kalenderår siden Fish Pool åpnet. ....	81
<b>Figur 22:</b> Handelsvolum på Fish Pool i tonn fra 2007-2011. ....	82
<b>Figur 23:</b> Relativ fordeling av nullavkastninger for hvert hele kalenderår siden Fish Pool åpnet. ....	83
<b>Figur 24:</b> Glidende årlig standardavvik FPI™ fra 2004-2012. ....	84
<b>Figur 25:</b> Linjediagram som viser avkastning på FPI™ 2004-2012. ....	85
<b>Figur 26:</b> Linjediagram av prisutvikling på FPI™ fra uke 1 2004 til uke 7 2012. ....	86
<b>Figur 27:</b> Historisk fordeling til futureskontraktens avkastning med normalfordelt referanselinje. ....	88
<b>Figur 28:</b> Historisk fordeling til avkastning på FPI™ med normalfordelt referanselinje. ....	89
<b>Figur 29:</b> Illustrasjon over hvor stor andel av FPI™ som består av SSB og NOS. ....	91
<b>Figur 30:</b> Historisk fordeling til avkastning på SSB med normalfordelt referanselinje. ....	92
<b>Figur 31:</b> Historisk fordeling til avkastning på NOS med normalfordelt referanselinje. ....	93

**Figur 32:** Prisutvikling med fiktiv høy-lav intradag kurser som illustrerer en stop-loss strategi.  
..... 100

## Tabelloversikt

<b>Tabell 1:</b> Eksempel på hvordan man kan ruller fra en kontrakt til neste. ....	71
<b>Tabell 2:</b> Utsnitt av datasett 1 hvor den markerte cellen illustrerer et rullehopp. ....	72
<b>Tabell 3:</b> Eksempel på forekomster av nullavkastninger .....	72
<b>Tabell 4:</b> Eksempel på et deterministisk rullehopp.....	76
<b>Tabell 5:</b> Eksempel på hvordan rullehoppet kan bestå av både deterministisk hopp og prishopp.....	77
<b>Tabell 6:</b> Gjennomsnittspris på FPI for hele perioden 2004-2012 og på årlig basis. ....	87
<b>Tabell 7:</b> Standardavvik, skjevhet og eksess kurtose til futureskontraktenes avkastning.....	88
<b>Tabell 8:</b> Standardavvik, skjevhet og eksess kurtose til avkastningen på FPI.....	90
<b>Tabell 9:</b> Resultater fra Jarque-Bera normalitetstest til avkastningen på FPI. ....	90
<b>Tabell 10:</b> Korrelasjonsmatrise mellom $FPI^{TM}$ , SSB og NOS. ....	91
<b>Tabell 11:</b> Standardavvik, skjevhet og eksess kurtose til avkastningen på SSB.....	92
<b>Tabell 12:</b> Resultater fra Jarque-Bera normalitetstest til avkastningen på SSB. ....	93
<b>Tabell 13:</b> Standardavvik, skjevhet og eksess kurtose til avkastningen på NOS.....	94
<b>Tabell 14:</b> Resultater fra Jarque-Bera normalitetstest til avkastningen på NOS. ....	94
<b>Tabell 15:</b> Oppsummering av funnene og resultatene fra normalitetstestene fra $FPI^{TM}$ , SSB og NOS.....	94
<b>Tabell 16:</b> Oppsummering av opsjonspriser med ulik strike pris og ulik volatilitet med 4 mnd til forfall. ....	96
<b>Tabell 17:</b> Oppsummering av opsjonspriser med ulik strike pris og ulik volatilitet med 9 mnd til forfall. ....	98

# 1 Innledning

## 1.1 Introduksjon og motivasjon

*En professor stiller følgende spørsmål til studentene sine: "Hva slags risiko forbinder dere med å hoppe ut av et fly 10 000 fot over bakken uten fallskjerm?". Professoren gir studentene noen sekunder til å tenke, men før noen rekker å svare, bryter han ut: "Det er ingen risiko forbundet med å hoppe uten fallskjerm. Det er den sikre død."*

Risiko er knyttet til det ukjente, dersom utfallet er helt sikkert er det ingen risiko. Innen finans omfatter begrepet risiko usikkerhet både knyttet til oppgang og nedgang. Vi ønsker i denne oppgaven å se på laks og lakseoppdrett, når det gjelder prisen på laks, i motsetning til eksempelet over, er det lite som er sikkert. Hva lakseprisen vil være i fremtiden er det ingen som kan si noe sikkert om. I dette ligger det et stort usikkerhetsmoment, eller med andre ord *risiko*.

Laksemarkedet har gjennomgått store forandringer de siste 40 årene. Introduksjonen av lakseoppdrett har gitt markedet en enorm vekst. I 2010 ble det produsert 1 460 000 tonn atlantisk laks i verden, hvorav Norge stod for omtrent 65 prosent av produksjonen. Dette gjør Norge til den helt klart største aktøren på markedet og i 2010 eksporterte vi laks til 96 land verden over til en verdi av 31,3 mrd kroner. Til tross for ekspansjonen innen lakseindustrien har det inntil nylig ikke eksistert en egen laksebørs hvor det kan handles derivater med laks som underliggende aktiva.

Laksprisen er preget av relativt høy volatilitet og store svingninger. Øglend fant i sin studie fra perioden 1995 til 2007 at laks har et årlig standardavvik på 51,6 prosent. Til sammenligning fant han at US beef og pork har årlig standardavvik på henholdsvis 41,2 og 86,3 prosent (Øglend 2010: 44). Det norsketablerte Fish Pool så en mulighet i denne usikkerheten og åpnet i 2006 en markedsplass for kontrakter med finansielt oppgjør hvor laks er underliggende aktiva.

I denne oppgaven skal vi se nærmere på hvordan aktører i markedet kan bruke derivatene som tilbys gjennom Fish Pool. Derivatene kan være et svært nyttig verktøy både for aktører som ønsker å redusere sin risikoeksponering og for aktører som ønsker å spekulere i markedet. Samtidig er det en utfordring at derivater i bestemte marked kan ha unike egenskaper som aktørene må ta høyde for. Vi skal også se litt nærmere på det som kanskje er mer ukjente risikofaktorer som følge av at Fish Pool har relativt lav likviditet, og hvordan dette kan påvirke ulike posisjoner i derivatmarkedet.

For å kunne analysere futureskontraktene på Fish Pool må vi lage en kontinuerlig prisserie, for å gjøre dette har vi rullet kontraktene fra en periode til neste. Ved rulling av en futureskontrakt til neste blir man utsatt for rullehopp. I hvilken grad rullehoppet utgjør risiko for aktøren er avhengig av hvorvidt retning og størrelse på hoppet er kjent. Vi skal undersøke hvordan rullehoppene fortoner seg på Fish Pool.

Siden Fish Pool åpnet markedsplassen har de utvidet produktporteføljen fra bare å omfatte kontrakter som ikke er clearet, forwardkontrakter, til å omfatte futureskontrakter som er clearet av NOS Clearing. De har siden 2009 åpnet markedet for handel av opsjoner med Fish Pool Indeks<sup>TM</sup> som underliggende, og i 2010 ble den første clearede opsjonen solgt. Det er nå mulig å handle opsjoner både bilateralt (OTC) og clearet gjennom Fish Pool.

Vi skal med denne oppgaven se på hvordan man kan prisen en opsjon. Vi vil først presentere opsjonsprisinde modeller hvor vi gjør rede for de ulike parametrene som påvirker opsjonsprisen. Deretter skal vi se nærmere på Turnbull og Wakemans approksimasjonsmodell som vi skal bruke senere i oppgaven for å beregne teoretiske opsjonspriser. Grunnen til at vi vil gjøre dette er fordi alle aktører på Fish Pool kan skrive ut og kjøpe opsjoner i henhold bestemmelsene i Fish Pool Rulebook. Prisene som blir presentert her er kun teoretiske hvor målet er å illustrere hvordan ulike faktorer kan påvirke opsjonspriser.

## 1.2 Problemstilling

*Hvilke utfordringer kan lav likviditet på Fish Pool gi for en aktør som handler laksederivatene?*

Vi ønsker i denne oppgaven å kartlegge ulike risikofaktorer som følger av lav likviditet på markedsplassen Fish Pool og hvilke konsekvenser det kan ha for aktører som ønsker å benytte seg av markedsplassen. Med utfordringer mener vi hva slags risiko det medfører at markedet har lav likviditet som kommer i tillegg til prisrisiko. Likviditet er et relativt begrep, vi har derfor i kapittel 3 redergjort kort for en generell definisjon av begrepet, mens vi i kapittel 13.3 ser på likviditeten til Fish Pool.

For best mulig å besvare problemstillingen vår har vi utarbeidet følgende hypoteser:

### **Hypotese 1:**

*Likviditeten på Fish Pool har økt siden oppstarten i 2006*

Likviditet er et gjennomgående tema for oppgaven. Vi ønsker med denne hypotesen å si noe hvordan likviditeten på Fish Pool har utviklet seg siden det ble startet opp.

### **Hypotese 2:**

*Den logaritmiske avkastningen til Fish Pool Indeks<sup>TM</sup> er ikke normalfordelt*

For at et marked skal være velfungerende er det viktig at produktene som omsettes er riktig priset. Ved prising av opsjoner forutsetter flere sentrale opsjonsprisinde modeller at avkastningen til underliggende aktivum følger en lognormalfordeling. Dersom avkastningen ikke følger en normalfordeling kan det føre til at opsjonen enten blir for høy eller for lav. Med bakgrunn i at aktører på Fish Pool både kan kjøpe og selge (skrive) opsjoner ønsker vi gjennom denne hypotesen å undersøke hvorvidt avkastningen til Fish Pool Indeks<sup>TM</sup> følger en normalfordeling da dette er underliggende aktivum for opsjonene som omsettes på Fish Pool.

## Oppgavens oppbygging

For å kunne drøfte oppgavens problemstilling vil vi først prøve å gi en forståelse for hvorfor behovet for en markeds plass som Fish Pool har vokst frem, forklare hvilken rolle de har og hvilke produkter de tilbyr i forbindelse med risikostyring ved bruk av futures- og forwardkontrakter er det naturlig å ta for seg optimal hedgerate og å beregne hedgeeffektivitet. For å avgrense oppgaven har vi valgt ikke å gå inn på dette. Grunnen til at vi velger ikke å vektlegge dette i oppgaven er todelt. Det ene er at begrensninger i forbindelse med datasettet vil gi stor usikkerhet til resultatene vi finner. I kapittel 12.1 ser vi nærmere på utfordringene med datasettet. Det andre er at vi ønsker å vinkle oppgaven mer i retning av utfordringer knyttet til en markeds plass med relativt lav likviditet.

Oppgaven innledes med en kort beskrivelse av laks og ulike egenskaper til lakseprisen. For å besvare problemstillingen vår kommer vi til å analysere Fish Pool Indeks<sup>TM</sup>, som er en syntetisk indeks hvor prisene noteres ukentlig (se kapitte 6.1). Vi vil også konstruere en daglig spotpris basert på futurespriser med kort tid til forfall (se kapittel 12).

Videre vil vi analysere og diskutere ulike egenskaper ved prisseriene. Blant de egenskapene vi skal se nærmere på er den historiske fordelingen til lakseprisens avkastning. Videre kommer vi til å sette opp et eksempel hvor vi beregner en teoretisk opsjonspris ved hjelp av Turnbull og Wakeman approksimasjonsmodell for å illustrere hvordan ulik volatilitet og tid til forfall påvirker opsjonsprisen. Til slutt kommer vi med to eksempler på hvordan en aktør kan hedge i et gitt scenario, henholdsvis med futures og opsjoner.

## 2 Laks - produktegenskaper og marked

### 2.1 Historisk perspektiv

Med en lang kystlinje har Norge gode forutsetninger for å drive med fiske og havbruk. Gjennom en lang tradisjon som fiskerinasjon har det vokst frem kunnskap om hvordan høste havets ressurser.



Det norske lakseeventyret startet med brødrene Ove og Sivert Grøntvedt. De satte i 1970 ut 20 000 laksesmolt på Hitra, og dette regnes i dag for verdens første lakseanlegg. Det ble en stor suksess og det dukket stadig opp nye anlegg langs hele den norske kysten. Den store tilstrømningen av nye anlegg førte til at Stortinget i 1973 vedtok en konsesjonslov for å styrke kystsamfunnet og i tillegg forhindre at næringen i for stor grad skal bli preget av industrigiganter. I 1977 ble det for første gang i historien produsert mer laks enn regnbueørret, som frem til da hadde vært den dominerende næringen ([www.fhl.no](http://www.fhl.no)). Laksenæringen fortsatte å vokse i stor fart, og veksten var i periode så stor at det ble iverksatt konsesjonsstopp for en periode i 1978 ([www.laks.no](http://www.laks.no)).

Oppdrettsnæringen var på et tidlig stadie i stor grad preget av å være familiebedrifter og gründersjeler som var vant med å søke løsninger på egen hand.

*“Vi er vant til å ernære oss fra havet, der utbyttet ofte er svært så varierende. Vi har derfor en kultur som ser og tar i bruk nye løsninger.” – Sivert Grøntvedt ([www.ntnu.no](http://www.ntnu.no)).*

Laksenæringen har vært preget av mye sykdom, spesielt 80-tallet var en vanskelig periode hvor sykdomsutbrudd slo ut flere anlegg. I årene 1987-88 ble det brukt 48 tonn antibiotika på 50 000 tonn laks. Til sammenligning ble det i 1999 brukt 0,6 tonn antibiotika på 450 000 tonn laks, som tyder på at samarbeidet med forskningsinstitusjoner har gitt avkastning ([www.ntnu.no](http://www.ntnu.no)). Et tett samarbeid mellom oppdrettsnæringen og forskningsmiljøet har over tid gitt et generasjonsskifte i bedriftene, som har beveget seg fra å være familiebedrifter til mer kunnskapsbaserte bedrifter.

## **2.2 Lakseoppdrett – produksjonsprosessen**

I dette avsnittet beskriver vi i korte trekk hvordan oppdrettslaks produseres. Et innblikk i produksjonsprosessen skal bidra til å forstå risikobildet som er knyttet til produksjonen.

Oppdrettsprosessen av laks starter på land med rogn i kar hvor de befruktes og ligger til klekking i ca 60 dager. Akkurat som villaksen starter prosessen i ferskvann. Etter klekking går

de fra rogn til yngel. Som yngel har de en liten sekk på magen som er fylt med næring. De bruker 4 – 6 uker på å ta til seg fôr før de kan flyttes over til et større kar.

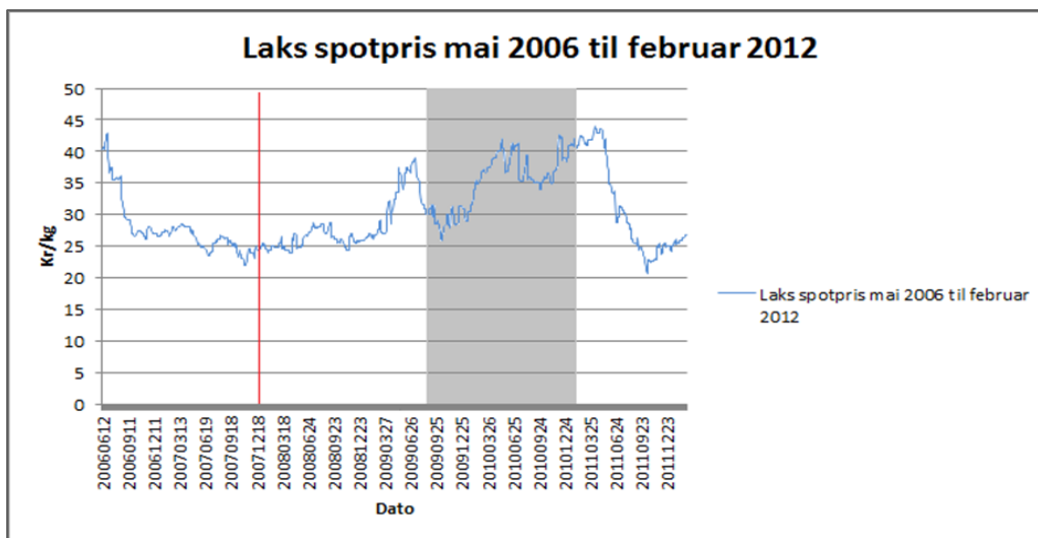
Etter 10 – 16 måneder i ferskvann har laksen vært gjennom store forandringer som gjør at de kan leve i saltvann. Denne prosessen kalles smoltifisering og gjør at laksen kan settes ut i lakseanlegg i sjøen. Laksen holdes i hav og fjorder i 14 – 22 måneder inntil de når en vekt på 4 – 6 kilo. Laksen er da klar for slakting. Laksen flyttes så til slakteriet med en brønnbåt, hvor den blir sløyd. Deretter går den videre enten til foredling, til butikken slik den er eller den eksporteres til utlandet. Alt i alt tar hele prosessen fra rogn til slakteklar laks 2-3 år ([www.leroy.no](http://www.leroy.no)).

Pris er en åpenbar kilde til risiko for en oppdretter, men det finnes også andre faktorer som er sentrale risikokilder. Et eksempel på en slik risikofaktor er hvordan laksen sin vekst påvirkes av klima. Ved en normal sommer vokser laksen mest i august og begynnelsen av september. Dersom det er en spesielt varmt en sommer og havet varmes opp tilstrekkelig, vil laksen slutte å spise og dermed slutte å vokse (Forsberg og Guttormsen 2006: 184). Et annet eksempel er at laks blir slakteklar og kjønnsmoden i samme periode. Når laks blir kjønnsmoden forringes kvaliteten og den slutter å vokse. Dette medfører et begrenset tidsvindu hvor laksen er slakteklar, og oppdrettere vil følgelig være opptatt av uke-til-uke prisendringer i denne perioden (Øglend 2010: 44).

En oppdretter må ta stilling til hvordan han forventer at lakseprisen kommer til å utvikle seg i tidsvinduet hvor laksen er slakteklar. Øglend skriver at prognoser for utviklingen i lakseprisen på lang sikt har lav treffsikkerhet, mens det på kort sikt er noe mer forutsigbarhet i forhold til fremtidig prisutvikling (Øglend 2010: 66).

Dersom prisen er 28 kr/kg ved starten på slakteperioden må oppdretteren vurdere hvorvidt han tror prisen kommer til å gå opp eller ned de neste ukene for å vurdere om det lønner seg å vente med slakt eller ikke. Tror oppdretteren at prisen skal øke på kort sikt og derfor beslutter å utsette slakt, må det veies opp mot økt marginalkostnad. Ved å utsette slakt vil det blant annet kreve høyere kostnader i forbindelse med fôr, økte lønnskostnader og det vil kunne utsette prosessen ved at man ikke får frigjort kapasitet. Det er med andre ord en del

alternativkostnader knyttet opp mot å utsette slakt. Under har vi laget en figur for å illustrere hvordan prisen kan utvikle seg innenfor slakteperioden.

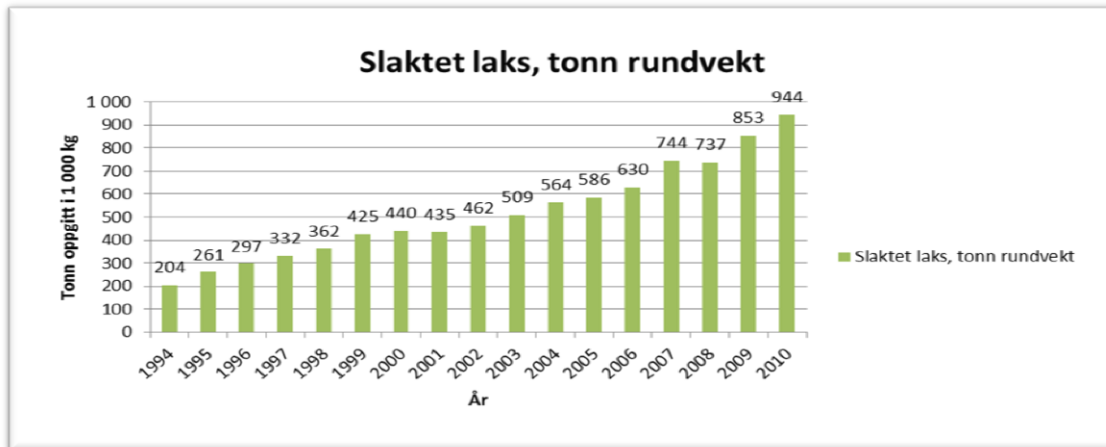


Figur 1: Prisutvikling i laksens produksjonstid hvor den røde linjen illustrerer når man setter ut rogn, og det grå feltet er perioden hvor laksen er slakteklar.

Fra figur 1 ser vi at prisen svinger kraftig i perioden hvor laksen er slakteklar og utgjør en betydelig risiko for oppdretteren. Den røde streken representerer tidspunktet for befruktning av rogn og det grå feltet representerer perioden fisken er slakteklar. Vi ser at prisen beveger seg fra rett over 25 kr/kg til i underkant av 45 kr/kg i denne perioden, som betyr betydelig risiko for oppdretteren og understreker viktigheten av å velge riktig slaktetidspunkt.

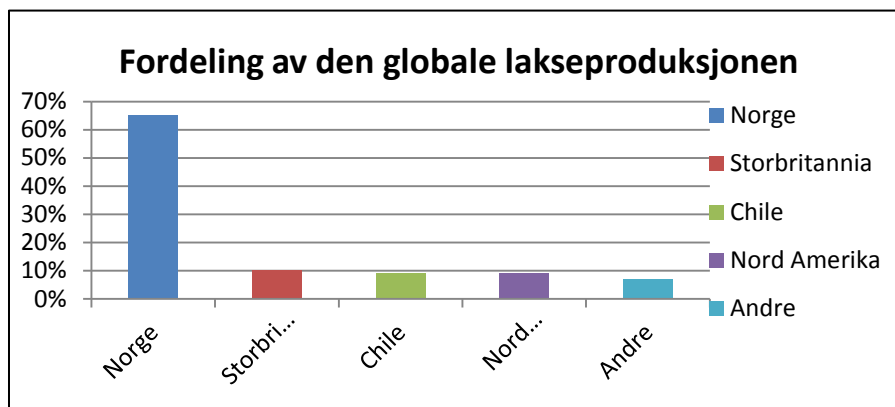
## 2.3 Laksemarkedet

Lakseproduksjonen har siden tidlig 70-tallet og frem til nå økt kraftig verden over. Det ble i 2010 produsert 1,45 millioner tonn laks på verdensbasis. Norge stod i 2010 for 65 prosent av den totale produksjonen og er dermed verdens største lakseprodusent ([www.laksefakta.no](http://www.laksefakta.no)). Fra det første lakseanlegget ble opprettet på tidlig 70-tallet til i dag har den norske lakseproduksjonen økt kraftig.



Figur 2: Antall tonn slaktet laks i Norge fra 1994 til 2010. Alle tall oppgitt i 1 000.

Fra figur 2 ser vi at produksjonen av atlantisk laks i Norge har en jevn og økende trend fra 1994 til 2010. Produksjonen har beveget seg fra 204 000 tonn i 1994 til 944 000 tonn i 2010.



Figur 3: Fordeling av produksjon av oppdrettslaks på verdensbasis.

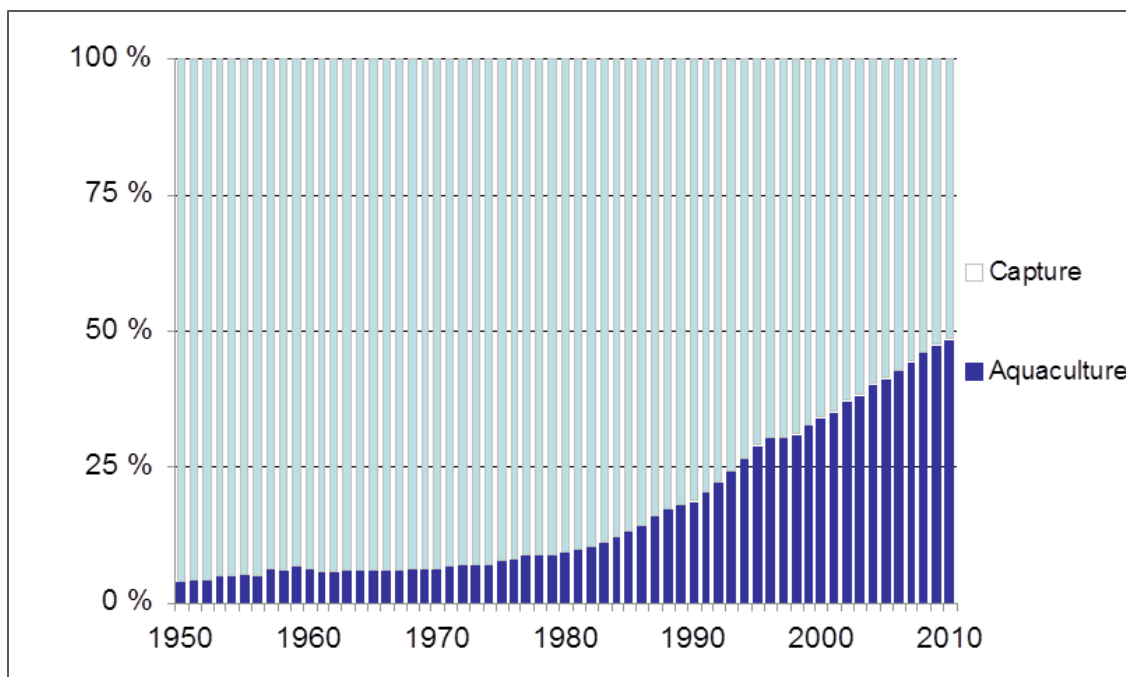
Fra figur 3 ser vi at Norge med god margin er verdens største produsent av atlantehavslaks med over 65 prosent av den globale produksjonen. Vi ser videre at Storbritannia, Chile og Nord Amerika produserer langt mindre med sine henholdsvis 10, 9 og 9 prosent.

Store deler av den norske lakseproduksjonen eksporteres til utlandet. Figur 4 viser en oversikt over de viktigste landene Norge eksporterer laks til. Vi ser at EU er det klart største markedet med ca. 65 prosent av den totale eksporten, mens Øst Europa og Russland importerer henholdsvis 11 og 9 prosent. Den resterende eksporten fordeler seg over USA med 6 prosent, Sør-øst Asia med 5 prosent og Japan med 4 prosent.



Figur 4: Norges eksport av laks fordelt på de største markedene.

Frem til omtrent 1970 har fangst av villfisk hatt den helt klart dominerende posisjonen som matfisk. Under har vi tatt med en figur som illustrerer forholdet mellom villfisk og oppdrettsfisk.



Figur 5: Relativ fordeling mellom villfisk og oppdrettsfisk til matproduksjon (Figur laget av Atle G. Guttormsen).

Fra figur 5 ser vi utviklingen til det relative forholdet mellom villfisk og oppdrettsfisk som benyttes til mat på verdensbasis. Fra 1950 til omtrent 1970 ser vi at villfisk har vært den dominerende matfisken. Fra 1980 ser vi at oppdrettsfisk øker andelen markant helt frem til 2010 og står for i underkant av 50 prosent av markedet. Til tross for enorm produksjonsvekst av oppdrettslaks, må hoveddelen av økningen på verdensbasis tilskrives oppdrett av karpe i Kina. Samtidig har et tett samarbeid med forskningsinstitusjoner gjort lakseoppdrettere til pionerer innen oppdrett, blant annet i form av å være tidlig ute med ny teknologi.

## 2.4 Laksens egenskaper som råvare

Oppdretteres vilje til å prøve nye løsninger og samarbeid med forskningsinstitusjoner har gitt en teknologisk utvikling som over tid har endret laksens kvaliteter som råvare. Istedenfor å fiske på den tradisjonelle måten, ales nå fisken opp i merder på lakseanlegg. Dette gir en større grad av forutsigbarhet i forhold til produksjonsmengde og det gjør det enklere å

tilpasse mengden til markedet. Før lakseanleggene var fiskeren prisgitt å få solgt all fisken han hadde fanget. Oppdrettsanleggene gjør det mulig å holde laksen i merdene litt lenger, dersom det er behov for det. Stadig bedre teknologi gjør at oppdrett er mindre følsom for dårlig vær og sykdom i laksebestanden. Samarbeid lakseprodusenter mellom og regulering gjennom konsesjoner fra myndighetene gjør at produsert mengde nasjonalt blir mer forutsigbart enn tidligere. Havbruket har gjort det mulig å kunne tilby sjømat gjennom hele året, uavhengig av de sesongmessige variasjonene i klima ([www.laksefakta.no](http://www.laksefakta.no)). Samlet sett gjør dette at tilbudet av norsk laks har blitt mye mer forutsigbart enn tidligere.

Aktører som er aktive i laksemarkedet har til dels lært seg hvordan svingninger i lakseprisen henger sammen med sesongmessige variasjoner i etterspørselen. Samtidig er både størrelsen og retningen av prisutviklingen fra uke til uke ofte ukjent for aktørene. Dette er signifikante prisvariasjoner aktører i markedet ønsker å kartlegge for å bedre sitt beslutningsgrunnlag (Guttormsen 1999: 159).

Informasjon rundt laksesykdommer, rømming, temperatur og værforhold også videre er viktig for å kunne predikere lakseprisen. Dette er sentrale faktorer i forhold til hvor mye laks som produseres og tilbys ute på markedet. Ettersom mye av laksen som produseres i Norge eksporteres til utlandet er prisen også avhengig av produksjon i andre land som selges i det samme markedet. Dette ble svært tydelig i 2007 da Chile ble hardt rammet av laksesykdom. I løpet av en toårs periode gikk oppdrettere i Chile fra å produsere rundt 400 000 tonn laks i året til å produsere rundt 60 000 tonn, som tilsvarer en nedgang på over 75 prosent ([www.ft.com](http://www.ft.com)). Mindre laks på markedet endret balansen mellom tilbudet og etterspørselen og resulterte i en markant prisøkning ([ww.aftenposten.no](http://ww.aftenposten.no) (a)).

Stor eksport av laks til utlandet gjør at prisen er avhengig av valutapriser opp mot den norske kronen, hvor en sterk krone gjør norsk laks dyrere. Tollrestriksjoner er en faktor som kan påvirke lakseprisen og bidrar til at den er vanskeligere å predikere. Et eksempel på dette er USA som i 1991 satt opp en straffetoll på norsk laks. Straffetollen var på i underkant av 24 prosent og har gjort det svært vanskelig for norske oppdrettere å komme inn på det amerikanske markedet. Bakgrunnen for straffetollen var at USA mente at den norske statens subsidiering til oppdrettsnæringen i Norge var konkurransedrivende i disfavør av den

amerikanske næringen. Straffetollen varte i mer enn 20 år og ble opphevet i 2012 (www.aftenposten.no (b)).

### 3 Likviditet

I dette kapitlet skal vi redegjøre for begrepet likviditet og komme med en definisjon som vil ligge til grunn for resten av oppgaven. Videre i kapitlet skal vi med et eksempel illustrere hvordan lav likviditet kan utgjøre en stor risiko for aktører. I oppgavens analysedel kommer vi til å drøfte likviditeten på Fish Pool og se hvordan aktører som handler derivater der kan bli påført risiko som følge av lav likviditet.

#### 3.1 Redegjørelser rundt likviditet

Basel Committee on Banking Supervision ble opprettet i 1974 og er et samarbeidsorgan for å styrke tilsynet og retningslinjene sentralbanker pålegger bankene. I forbindelse med rapporten (Basel III) hvor disse retningslinjene publiseres har komiteen tatt stilling til hva som karakteriserer likvide aktiva og marked.

*I følge Basel III har aktiva høy grad av likviditet dersom den enkelt og umiddelbart kan omsettes til kontanter med lite eller ingen tap av verdi.*

Videre har de satt opp følgende punkter de mener er sentrale i forbindelse med høy grad av likviditet.

#### Grunnleggende egenskaper ved aktiva med høy grad av likviditet

- Lav kredittrisiko og markedsrisiko
  - Aktiva med lav risiko har en tendens til å ha høyere grad av likviditet enn aktiva med høy risiko.
- Enkel verdsettelse av aktiva



- Likviditeten til aktiva øker dersom aktørene i et marked er enig om verdien. Dette gir at prisingsformelen må være slik at det er enkelt å beregne en verdi av aktiva og den må ikke være avhengig av sterke forutsetninger. I tillegg må variablene som benyttes for å beregne verdien være offentlig tilgjengelig.
- Lav korrelasjon med høyrisiko aktiva
- Oppført på en utviklet og anerkjent børsmarkedsplass
  - Aktiva som er oppført på børsmarkedsplass er mer åpen for alle aktører.

### **Grunnleggende egenskaper ved marked med høy grad av likviditet**

- Aktivt marked med en betydelig størrelse
  - Markedsplassen bør ha et stort antall aktører og et høyt handelsvolum. Det burde foreligge historiske data som viser markedets bredde (hvor mye prisen endrer seg dersom volumet endres litt) og dybde (hvor stort volum som kan omsettes til en gitt pris).
- Tilstedeværelse av market makers
  - Bid/offer vil dermed høyst sannsynlig være tilgjengelig for kjøp og salg av likvide aktiva.
- Lav markedskonsentrasjon
  - En mangfoldig gruppe kjøpere gir at graden av likviditet er mer pålitelig.
- Flight to quality
  - Historisk sett beveger markedet seg mot mer likvide aktiva ved perioder med høy systematisk (markedsrelatert) volatilitet. ([www.bis.org](http://www.bis.org)).

Likviditet og handelsaktivitet er faktorer som står helt sentralt i forhold til finansielle markedsplasser. Flere anerkjente modeller innen finansfaget forutsetter likviditet i markedene. Blant disse har vi den berømte opsjonspringsmodellen til Black-Scholes-Merton, hvor Scholes og Merton i 1973 mottok Nobelpris innen økonomi for formelen. Trolig ville også Black mottatt en pris for sitt bidrag dersom han fremdeles var i live.

I 1993 ble Long-Term Capital Management (LTCM) opprettet og blant annet Scholes og Merton ble rekruttert til selskapet for å bidra med sin kompetanse. LTCM benyttet seg av

komplekse matematiske formler som skulle avdekke arbitrasjemuligheter i markedet. Svært forenklet kan det forklares med at de støvsugde markedet for små arbitrasjemuligheter. Strategien gikk blant annet ut på å kjøpe statsobligasjoner som var feilpriset i forhold til hverandre. Spreaden i arbitrasjesituasjoner er ofte liten, og de måtte derfor inn med mye kapital for å tjene penger og for å dra nytte av arbitrasjen. Store deler av kapitalen ble hentet inn gjennom lån. De første årene fungerte strategien bra, og de leverte meget solide avkastninger til sine investorer. Fondet vokste seg stort og hadde på et tidspunkt posisjoner som var anslått til å ha en verdi på over 1 000 milliarder dollar. Sensommeren 1998 meldte Russland at de ikke kom til å gjøre opp sin utenlandsgjeld, som resulterte i at markedet reagerte med panikk og stupte. For at strategien til LTCM skulle fungere og de skulle bevare hedgen som var satt opp var de avhengig av å selge posisjoner. Fondets store markedsandel gjorde at når de begynte å selge, falt markedet ytterligere, som igjen gjorde at fondet måtte selge mer for å bevare hedgen. Etter kort tid stod LTCM i fare for ikke å kunne betjene de enorme lånene sine, og myndighetene i USA vurderte det slik at dersom fondet skulle gå konkurs risikerte de, på grunn av den enorme størrelsen til fondet, at hele finansmarkedet kollapset. Amerikanske myndigheter gikk derfor inn med en redningspakke for å unngå konkurs (Hull 2011: 31).

Eksempelet over er svært forenklet, men er tatt med for å illustrere en stor svakhet med flere sentrale økonomiske modeller som forutsetter likvide markeder, blant disse Black-Scholes-Merton sin opsjonsprisinde modell. Strategien til LTCM som i utgangspunktet skulle innebære svært lav risiko tok ikke i stor nok grad høyde for at ekstreme hendelser kunne inntreffe. Da Russland fraskrev seg all utenlandsgjeld snudde markedet totalt og var ikke lenger likvid. LTCM som ønsket å selge posisjoner hadde ikke lenger kjøpere, som førte til at prisen falt dramatisk. Dette viser at marked som i utgangspunktet har høy likviditet plutselig kan tørke inn.

## 4 Markedseffisiens

Vi tar i denne oppgaven for oss markedsplassen Fish Pool og ser på ulike utfordringer i forbindelse med lav likviditet. For å besvare oppgavens problemstilling benytter vi oss av datamateriale som er publisert av Fish Pool og hentet fra [www.fishpool.eu](http://www.fishpool.eu). Som en del av grunnlaget for analysen har vi satt sammen en prisserie bestående av futureskontraktene (se kapittel 12).

Sentral økonomisk teori i forhold til markedsplasser er hypotesen om markedseffisiens. Teorien sier at fremtidige futurespriser reflekterer dagens spotpris pluss at den inneholder informasjon og forventninger vedrørende fremtidig prisutvikling til varen. Effisiente marked er en forutsetning for at aktører skal ha tillit nok til å innta posisjoner på markedsplassen. Tilliten oppstår ved at alle aktørene på markedet har tilgang til den samme informasjonen og dermed stiller likt i forhold til å handle på markedet.

Hypotesen om markedseffisiens, Efficient Market Hypothesis (EMH), ble kjent på tidlig 50-tallet. I 1953 fant Kendall til sin store overaskelse at det ikke er et forutsigbart mønster i utviklingen til aksjepriser. Han fant at det er like sannsynlig at prisene går opp som de går ned på en bestemt dag, uavhengig av tidligere prisutvikling. Det virket som prisene ikke fulgte et logisk mønster, men heller et uberegnelig mønster. Kort tid etter ble det klart at tilfeldig prisbevegelse indikerer et velfungerende eller effektivt marked, ikke et irrasjonelt et (Bodie m. fl. 2009: 344).

Teorien rundt EMH ble videreutviklet på 60- og 70-tallet og innebærer at prisen på en finansiell eiendel til enhver tid gjenspeiler eiendelens fundamentale verdi. I praksis vil dette si at, dersom hypotesen er korrekt, vil det være umulig for en forvalter å slå markedet over tid ([www.regjeringen.no](http://www.regjeringen.no)).

- Markedseffektivitet krever ikke at markedsprisen er lik den sanne prisen til enhver tid, men at avviket fra den sanne prisen er tilfeldig. Markedsprisen kan være høyere eller lavere enn den sanne prisen, så lenge avviket er tilfeldig.

- At avviket er tilfeldig impliserer at det er like sannsynlig at den finansielle eiendelen er over- som underpriset. Det impliserer også at prisavvikene er ukorrelerte med alle observerbare variabler. For eksempel skal selskaper med lavere price-earnings rate ha like stor sannsynlighet for over- eller underprising som et selskap med høyere price-earnings rate.
- Dersom avvikene til den sanne prisen følger et tilfeldig mønster, skal det ikke være mulig for investorer å finne finansielle eiendeler som er under- eller overpriset i markedet.

Markedseffisiens sees ikke bare i forhold til markedet, men også i forhold til aktørene på markedet. Det er svært lav sannsynlighet for at alle markeder er effisiente i forhold til alle aktører. Der et marked er effisient for en aktør, trenger den ikke nødvendigvis være det for en annen. Et marked kan for eksempel være effisient for gjennomsnittsaktpøren. Dette må sees i sammenheng med at forskjellige aktører kan ha forskjellige skattesatser, transaksjonskostnader osv.

Det er i tillegg naturlig å se markedseffisiens i lys av informasjonsgrad som er tilgjengelig for markedsaktørene. Fama delte inn i tre former eller nivåer av markedseffisiens basert på hva slags informasjon som reflekteres i markedsprisene (Damodaran 2002: 113):

**Svak markedseffisiens** vil si at prisene reflekterer all tilgjengelig informasjon som kan trekkes ut ved å analysere data som for eksempel historiske priser, handelsvolum og korttidsrenter. Dette er informasjon som er tilgjengelig for alle og lite kostbart å innhente. En svak form for markedseffisiens gir at dersom slik informasjon gir troverdig informasjon om fremtidig utvikling i markedet, vil aktørene på markedet vite hvordan de skal bruke informasjonen. Dette resulterer i at informasjonen fort mister sin verdi. Dersom det foreligger informasjon som indikerer prisøkning, vil prisen stiger umiddelbart til dette nivået. Det er med andre ord ikke mange som får benyttet seg av informasjonen.

**Semi-sterk markedseffisiens:** prisene reflekterer samme informasjon som ved svak markedseffisiens, men i tillegg kommer all offentlig informasjon som regnskap, produktlinjen til selskapet, patenter de eier, prognoser for inntekt, regnskapsføringsmetoder og kvaliteten

til ledelsen. Hypotesen gir at dersom aktørene på markedet har tilgang til denne typen informasjon, vil det reflekteres i prisene.

**Sterk markedseffisiens:** prisene reflekter all informasjon som er relevant for verdien til den finansielle eiendelen, inkludert informasjon som vanligvis bare insidere innehar. Med sterk form for markedseffisiens vil det ikke være mulig for aktører å finne finansielle eiendeler som er under- eller overpriset i markedet, fordi denne informasjonen allerede er priset inn.

Ny informasjon er per definisjon uforutsigbar. Dersom den er forutsigbar ville den alt være en del av dagens informasjon. Det vil si at dersom prisen til en finansiell eiendel endrer seg på grunn av ny informasjon, vil prisendringen være uforutsigbar (Bodie m. fl. 2009: 348-349).

#### 4.1 Forutsetninger for et effektivt marked

Et marked blir ikke automatisk effektivt. Det er investorer som kontinuerlig utvikler strategier for å slå markedet som skaper markedseffisiens. Damodaran skriver at følgende forutsetninger må være til stede for å eliminere ineffektivitet i markedet:

- Markedets ineffektivitet danner grunnlaget for at aktører utvikler strategier for å slå markedet. For at dette skal være sant må:
  - de finansielle eiendelene omsettes/handles
  - transaksjonskostnadene i forbindelse med å finne ineffektivitetene i markedet må være mindre enn forventet avkastning ineffektiviteten gir
- Det bør være profittmaksimerende aktører som:
  - ser potensiale for meravkastning
  - kan utvikle strategier for å slå markedet og dermed få meravkastning
  - har ressurser til å gjennomføre handel helt til ineffektiviteten er eliminert

Dersom markedet er effektivt, vil aktørene slutte å se etter ineffektiviteter, som igjen vil gjøre markedet ineffektivt. Det er dermed naturlig å se på et effektivt marked som en selvkorrigerende mekanisme hvor ineffektiviteter kommer med jevne mellomrom, men forsvinner umiddelbart som markedsaktørene oppdager dem (Damodaran 2002: 112-115).

## 5 Derivater

Et derivat kan defineres som et finansielt instrument hvor prisen blir utledet av verdien på andre underliggende variable. Derivater kan avhenge av nesten hva som helst. Det vanligste som underliggende variabel er prisen på aksjer, børsindeks, valutakurser eller futurespriser på råvarer, men det finnes også derivater med for eksempel temperaturer som underliggende variabel. Futureskontrakter og opsjoner er eksempler på slike derivater og i senere tid har derivatenes rolle blitt stadig større og viktigere i finansmarkedet hvor de kan brukes til forsikring, spekulasjon og arbitrasje (Bodie m.fl. 2009: 671).

Derivater kan være et svært nyttig verktøy både for aktører som ønsker å redusere sin risikoeksponering og for aktører som ønsker å spekulere i markedet. Samtidig er det en utfordring at derivater i bestemte marked kan ha unike egenskaper som aktører må ta høyde for. I dette kapitlet skal vi kort presentere grunnleggende teori om derivater på generell basis, for senere å bruke dette som grunnlag når vi i kapittel 6.5 presenterer derivatene som omsettes på Fish Pool.

### 5.1 Forwardkontrakt

En forwardkontrakt er et relativt simpelt derivat, det er en avtale om å selge eller kjøpe et produkt til en avtalt pris på et avtalt tidspunkt. Alle forhold vedrørende produkt, pris, kvalitet på produktet, tidspunkt for leveranse, størrelse på leveranse og lignede må avklares mellom kjøper og selger ved kontraktinngåelse. På denne måten kan alle forwardkontrakter skreddersys for å tilfredsstille kjøper og selgers behov. Siden disse kontraktene ikke er standardiserte er det mest vanlig å handle forwards på over-the-counter (OTC) markedet, som regel mellom en finansiell institusjon og en klient (Hull 2011: 5). Den parten av en forwardkontrakt som inntar en lang posisjon (kjøper av kontrakten) forplikter seg til å kjøpe

underliggende aktiva på et bestemt tidspunkt. Den parten som inntar en kort posisjon (selger av kontrakten) forplikter seg til å selge underliggende aktiva på et bestemt tidspunkt.

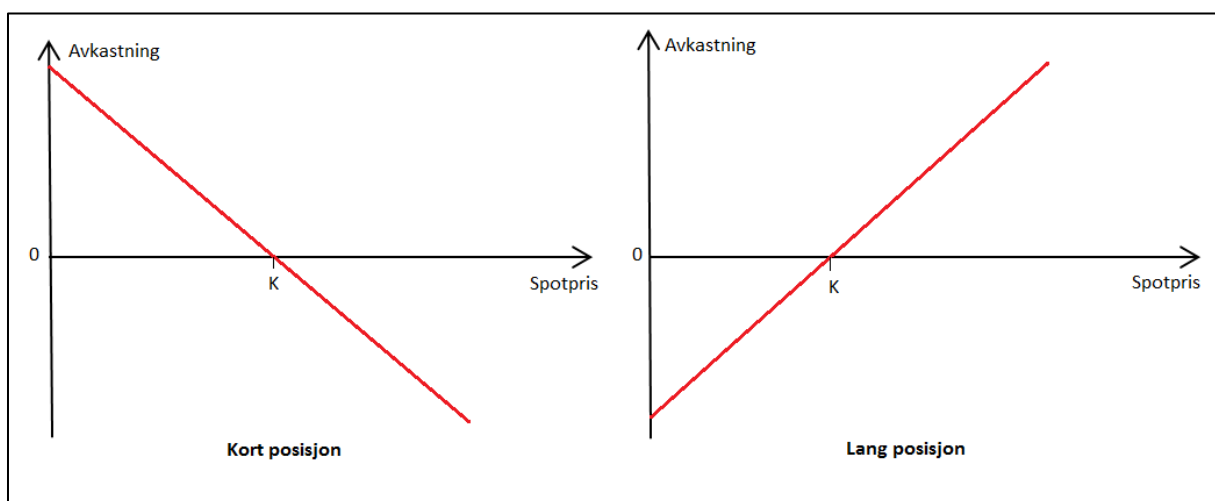
Oppgjøret til en forwardkontrakt skjer ved kontraktens utløp. Selgeren av kontrakten forpliktes da til å levere produktet slik det er spesifisert i kontrakten, og kjøperen av kontrakten forpliktes til å betale den forhåndsbestemte prisen. Siden det ikke koster noe å inngå en forwardkontrakt vil kontraktens avkastning være den totale gevinst/tap for aktøren. Avkastningen for en lang posisjon i en forwardkontrakt på en enhet av aktiva er:

$$S_T - K \quad (5.1)$$

Hvor  $K$  er leveringspris og  $S_T$  er produktets spotpris på leveringstidspunktet. Avkastningen på en kort posisjon i en forwardkontrakt blir:

$$K - S_T \quad (5.2)$$

Avkastningen kan bli både positiv og negativ. Dette er illustrert i figuren under.



Figur 6: Avkastningsprofil forwardkontrakter, kort posisjon til venstre og lang posisjon til høyre.

Vi ser fra figur 6 at en aktør med en lang posisjon vil ha få positiv avkastning dersom spotprisen ( $S$ ) blir høyere enn den avtalte leveringsprisen ( $K$ ). For en aktør med en kort posisjon i forwardmarkedet vil få en positiv avkastning dersom spotprisen ( $S$ ) blir lavere enn den avtalte leveringsprisen ( $K$ ).

En ulempe med forwardkontrakter som handles på OTC markedet er at det er forbundet med kreditrisiko, som er når en av partene ikke overholder sin del av kontrakten. Man burde derfor gjennomføre en kredittsjekk av motparten for å redusere denne typen risiko (Hull 2011: 30).

## 5.2 Futureskontrakt

En futureskontrakt er, som en forwardkontrakt, en avtale mellom to parter om å kjøpe eller selge et produkt til en fastsatt pris til et fastsatt tidspunkt. I motsetning til skreddersydde forwardkontrakter er futureskontraktene standardisert og blir handlet på børs. En viktig oppgave for børsen er derfor å spesifisere alle forhold i en kontrakt som er av betydning for partene. Typisk vil dette innebære kvalitet på underliggende produkt, hvor stor en kontrakt er (hvor mye av produktet vil bli levert under en kontrakt), hvor levering finner sted og når levering finner sted (Hull 2011: 24). En fordel er at standardiserte kontrakter er mer likvide enn en skreddersydd forwardkontrakt som er laget for å dekke én aktørs spesielle behov. En annen fordel med kontrakter som handles over børs er at de i betydelig mindre grad er forbundet med kreditrisiko. En nøkkelrolle for børsen er å organisere handler på en måte som gjør mislighold av avtaler til et lite sannsynlig utfall, det er her marginer kommer inn. Ved at de som handler stiller margin reduserer børsen risikoen for at kontraktene skal misligholdes.

Det er et veldig lite antall av alle kontrakter som blir solgt som leder til levering. Grunnen til dette er at de aller fleste tradere velger å reversere sin posisjon før tidspunktet for levering inntreffer. Ved å reversere en posisjon inntar man en motsatt posisjon som det den opprinnelige kontrakten har, på den måten utligner kontraktene hverandre. Levering av varer har blitt så uvanlig at flere tradere har glemt hvordan leveringsprosessen virker (Hull 2011: 24).

Sammenhengen mellom futurespris og spot pris kan oppsummeres i form av cost of carry. Dette er et mål på lagringskostnadene pluss rente man må betale for å finansiere varen



fratrukket inntekt opptjent på varen. For en råvare som genererer inntekt til en rate  $q$  og krever lagringskostnader til en rate  $u$ , vil cost of carry bli:  $r - q + u$ . Ved å definere cost of carry som  $c$ , vil futuresprisen til en forbruksvare kunne skrives som:

$$F_0 = S_0 e^{(c-y)T} \quad (5.3)$$

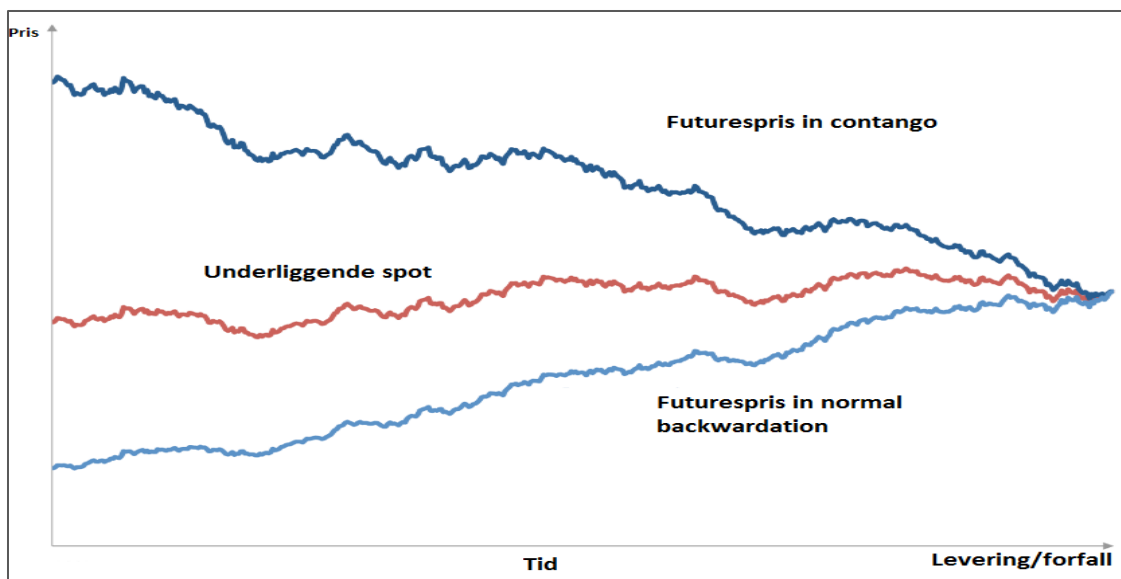
Hvor  $y$  er convenience yield (Hull 2011: 120).

### 5.3 Futures som estimat på spotpris

Etterhvert som leveringsperioden til en futureskontrakt nærmer seg, konvergerer futuresprisen mot spotprisen til underliggende aktiva. Ved levering, eller når kontrakten forfaller, er futuresprisen lik eller veldig nær spotprisen. Vi skal nå se på to eksempler som forklarer hvorfor det er slik:

Anta at futuresprisen er høyere enn spotprisen (in contango) ved levering/forfall. En aktør vil kunne shorte (selge) en futureskontrakt og kjøpe underliggende. Ved å levere/innløse futureskontrakten har aktøren låst inn en fortjeneste som tilsvarer differansen mellom spot og futureskontrakten, med andre ord har vi her et eksempel på en arbitrasjemulighet.

Anta så at futuresprisen er lavere enn spotprisen (in normal backwardation) når det nærmer seg levering/forfall. Aktører som er interessert i å komme inn på det fysiske markedet vil da kunne gå long (kjøpe) en futureskontrakt og vente til levering. Futuresprisen har en tendens til å stige opp mot spotpris.



Figur 7: Forhold mellom futurespris og spotpris når leveringsperioden nærmer seg

I figur 7 har vi laget en illustrasjon av in contango og in normal backwardation, hvor den røde grafen illustrerer spotprisen på underliggende. Den øverste (mørkelå) grafen illustrerer når futuresprisen er in contango. Den nederste (lyseblå) grafen illustrerer når futuresprisen er in normal backwardation.

Vi ser fra figuren at futuresprisen i begge tilfellene (contango og backwardation) går mot spot når det nærmer seg forfall (Hull 2011: 26-27).

## 5.4 Clearingsentral

Det er ønskelig for både kjøper og selger å gjennomføre handel av derivater med minst mulig risiko. Ved å bruke en clearingsentral som mellomledd i handelen kan en redusere motpartsrisiko ved at aktørene aldri er i direkte kontakt med hverandre, men kun forholder seg til clearingsentralen. Clearingsentralen vil da fungere som kjøper for selgeren og selger for kjøperen, og sikrer dermed at begge partene gjennomfører handelen i henhold til avtale.

Det å være garantist for begge parter medfører en kredittrisiko for clearingsentralen, de krever derfor at alle som ønsker å handle med clearingsentralen må opprette en marginkonto. På slutten av hver handledag justeres marginkontoene for gevinst eller tap basert på hva sluttkursen er, for på denne måten å minske kredittrisikoen clearingsentralen utsetter seg for (Hull 2011: 32-33). Fish Pool samarbeider med clearingsentralen NOS Clearing, se kapittel 6.3.

## **5.5 Bilateral handel (OTC)**

I motsetning til kontrakter som er handlet gjennom en clearingsentral, kan det handles bilateralt, eller Over The Counter (OTC). Bilateral handel vil si at partene handler direkte med hverandre, uten en clearingsentral som mellomledd. En stor fordel med over-the-counter markedet er at vilkårene i kontrakten ikke trenger å være de samme som de som blir stilt for kontrakter som handles på børs. Her blir spesifikasjonene i hver kontrakt forhandlet frem av markedsaktørene før en avtale inngås. En ulempe med over-the-counter markedet er at det er forbundet med kredittrisiko, det vil si at det er risiko for at en av partene ikke holder sin del av avtalen. Det er derfor vanlig at partene seg i mellom blir enige om hvor mye sikkerhet som skal stilles for kontrakten. Typisk settes den til en bankgaranti på 10 prosent av verdien til det underliggende. Volumet som blir omsatt på OTC markedet er i dag mye høyere enn det som blir omsatt på børs (Hull 2011: 3-4).

## **5.6 Trading av derivater på børs**

Derivater som handles på børs kjennetegnes av at kontraktene (futures/opsjoner) er standardiserte, det stilles da spesifikke krav til både kvantitet og kvalitet på underliggende vare. Børser som har tilbydd slike kontrakter har eksistert lenge, Chicago Board of Trade (CBOE) ble etablert i 1848, og gjorde det enkelt for bønder og kjøpmenn å handle standardiserte kontrakter med hverandre. De første kontraktene som ble handlet her var

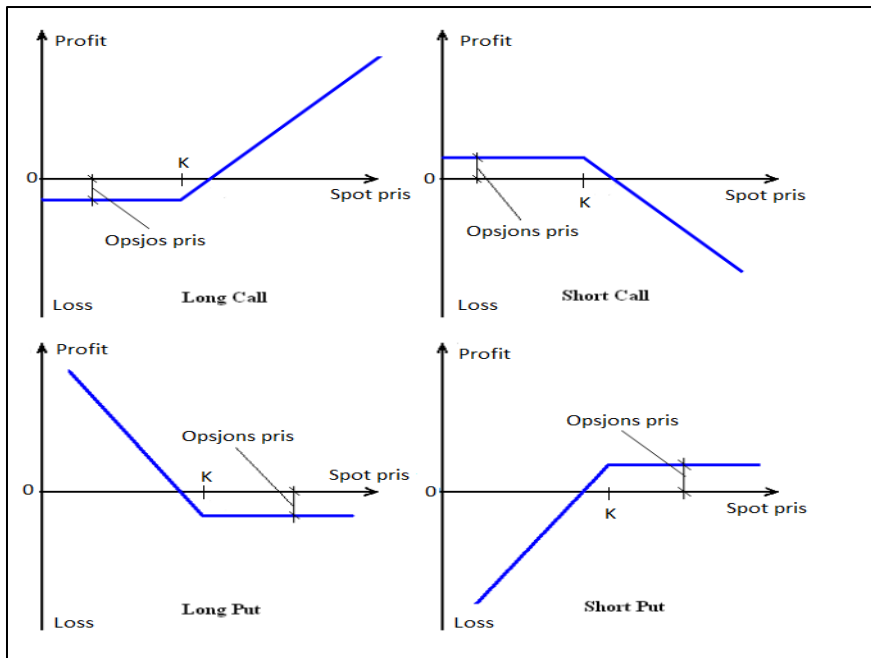
futures kontrakter, som på den tiden gikk under navnet *to-arrive contract*. Spekulanter så fort fordeler med å handle disse kontraktene fremfor å handle med korn direkte.

CBOE lanserte sine første call opsjoner med aksjer som underliggende i 1973, og de første put opsjonene ble lansert fire år senere. Dette var ikke de første solgte opsjonene, men CBOE gjorde suksess ved å definere rammene til kontraktene som ble solgt på en ryddig og klar måte. En kontrakt er som regel en avtale om å kjøpe eller selge 100 aksjer. Nå selges og kjøpes det derivater på en rekke ulike børser verden over og kontraktene har vist seg nyttig både for aktører i det fysiske markedet og for spekulanter (Hull 2011: 2-3), se vedlegg 1 for oversikt over de største børsene hvor det handles derivater.

## 5.7 Opsjoner

En opsjon gir holderen av opsjonen en rett, men ikke plikt, til å kjøpe/selge en eiendel til en fastsatt pris (strike pris) på eller før en avtalt forfallsdato. Opsjoner deles inn i fire hovedkategorier: long og short call opsjon (kjøpsopsjon) og long og short put opsjon (salgsopsjon). Dersom man er long en opsjon har man kjøpt en opsjon, dersom man er short har man solgt en opsjon. Som vi illustrerer under kan opsjoner kan deles inn i fire basisposisjoner.

I figur 8 har vi laget diagram som viser kontantstrømmen til de ulike basis opsjonsposisjonene. Den blå linjen illustrerer avkastningsprofilen til de ulike posisjonene ved forfall.



Figur 8: Avkastningsprofil ved forfall til plain vanilla opsjoner

De to opsjonene som blir betegnet som standardopsjoner (plain vanilla), er Europeisk opsjon og Amerikansk opsjon. Forskjellen mellom disse opsjonene er at en Europeisk opsjon bare kan innløses på forfallsdatoen, mens en Amerikansk opsjon kan innløses når som helst gjennom opsjonens levetid. Avkastningen til standardopsjonene er lik for både en call og en put. På tross av dette vil en Amerikansk opsjon være minst like mye verdt som en tilsvarende Europeisk opsjon, dette skyldes at man kan innløse den amerikanske opsjonen før den utløper. Vi får derfor at  $C_{Amerikansk} \geq C_{Europeisk}$  (Hull 2011: 225).

En call opsjon er en rett, men ikke plikt, til å kjøpe en eiendel til en fastsatt pris (strike price) på eller før en avtalt forfallsdato. Dersom eieren av opsjonen velger å utøve retten sin må selger av opsjonen holde sin del av avtalen, og en transaksjon gjennomføres. Dersom eieren ikke utøver sin rett innen forfall vil opsjonen utløpe og bli verdiløs. En kjøpsopsjon vil bli innløst dersom pris på underliggende er høyere enn den avtalte strike prisen. Avkastningen til en long Europeisk/Amerikansk call opsjon er gitt ved:

$$\text{Payoff long call} = \max(S_t - K, 0) \quad (5.4)$$

Der  $S_t$  er spot prisen i tidspunkt  $t$  og  $K$  er strike prisen. Dette betyr at opsjonen vil bli utøvd dersom  $S_t > K$ , og at den ikke vil bli utøvd dersom  $K > S_t$ .

En put opsjon er en rett, men ikke plikt, til å selge en eiendel til en fastsatt pris på eller før en avtalt forfallsdato. Avkastning til en Europeisk/Amerikansk put opsjon er gitt ved:

$$\text{Payoff long put} = \max(K - S_t, 0) \quad (5.5)$$

Som det fremgår av denne likningen vil en put opsjon bare bli utøvd dersom  $K > S_t$  i innløsningspunktet (Hull 2011: 220-221).

Ved å kombinere call og put opsjoner, long og short, sammen med underliggende aktiva på ulike måter kan man sette sammen en rekke forskjellige strategier, der risiko og avkastning kan tilpasses etter ønske. Man kan da også potensielt tjene penger uansett om markedet går opp eller ned, eller dersom det holder seg rolig. Eksempel på slike strategier er *bull spread*, *butterfly spread*, *strangle* og *straddle*. Man kan også lage syntetiske opsjoner, strategier med nettoeffekt som tilsvarer for eksempel en long call opsjon.

Egenskapene til en opsjon gjør den fleksibel kan derfor brukes til mange ulike formål. For aktive aktører av råvarer, for eksempel korn, kan en opsjon bli brukt som forsikring (hedging). En bonde kan kjøpe en put opsjon på korn for å sikre seg en minimumspris på kornet som han produserer. Dersom markedsprisen på korn faller under den avtalte prisen vil bonden utøve sin rett opsjonen gir og således kunne selge varen for en pris som er høyere enn det markedet tilbyr. På samme måte kan en møller, som er avhengig av å kjøpe korn, sikre seg mot en høy markedspris ved å kjøpe en call opsjon.

Opsjonen kan brukes som et verktøy i risikostyring av porteføljer, eller som rene spekulasjonsobjekter. Fordelen med å eie opsjoner er at de har en begrenset nedside mens oppsiden kan teoretisk være ubegrenset. For en spekulant som investerer i aksjeopsjoner kontra selve aksjen vil tapet, uansett hvor dårlig det går, begrense seg til det beløpet som ble investert. Dersom man selger en opsjon vil maksimal gevinst begrense seg til opsjonspremien, mens tapet kan teoretisk bli ubegrenset.

## 5.8 Eksotiske opsjoner

Siden de første standardopsjonene ble handlet på CBOE har det vært en stor fremvekst av eksotiske opsjoner. Eksotiske opsjoner er derivater hvor payoff avviker fra plain vanilla/standardopsjoner, og de handles hovedsakelig på over-the-counter markedet. En årsak til det økte tilbudet av slike opsjoner kan være at kunnskapsnivået innen opsjonsteori har økt kraftig. I tillegg har endring i rammebetingelser og regelverk har skapt nye markeder man ikke kunne utnytte med standardopsjoner. Eksotiske opsjoner kan bidra til å redusere opsjonspremien, men kan også øke marginen for banker/meglerhus. Et økende behov for skreddersøm til risikostyring og skreddersøm til investors markedssyn kan også forklare noe av fremveksten.

En asiatisk opsjon er blant de mest brukte eksotiske opsjonene, og blir spesielt mye brukt på råvarer, metaller og valuta. Opsjonene som blir solgt på Fish Pool er av asiatisk (gjennomsnittsoptjon) art. Avkastningen til en Asiatisk opsjon er avhengig av gjennomsnittet til prisen på underliggende aktiva gjennom opsjonens levetid eller en del av levetiden. Denne typen opsjoner omsettes både på børs og OTC markedet. Det er to typer Asiatiske opsjoner. Den ene er average rate opsjon / fixed strike opsjon som gir avkastning:

$$\text{Long Call} = \text{Maks} (S_{\text{Average}} - K, 0) \quad (5.6)$$

$$\text{Long Put} = \text{Maks} (K - S_{\text{Average}}, 0) \quad (5.7)$$

Den andre er Average strike opsjon / floating strike opsjon som gir avkastning:

$$\text{Long Call} = \text{Max} (S - K_{\text{Average}}, 0) \quad (5.8)$$

$$\text{Long Put} = \text{Max} (K_{\text{Average}} - S, 0) \quad (5.9)$$

Gjennomsnittet kan være geometrisk eller aritmetisk basert på enten kontinuerlige eller diskret priser. Dersom man bruker et geometrisk gjennomsnitt vil det være mulig å finne opsjonsverdien gjennom en analytisk løsning. Ved bruk av aritmetisk gjennomsnitt er det vanskeligere å benytte seg av en analytisk løsning, Monte Carlo simulering eller analytiske approksimasjoner blir brukt for å beregne en opsjonspris. Grunnen til at det er vanskelig å

finne en analytisk løsning på en opsjon med aritmetisk gjennomsnitt er fordi da man antar at aksjeprisen er log-normalfordelt vil ikke det aritmetiske gjennomsnittet ha en log-normalfordeling (Haug 1997: 97 ). En typisk Asiatisk opsjon er en fixed strike opsjon med aritmetisk gjennomsnitt basert på diskret priser (bruker ofte close-kursen).

Det er flere grunner til at Asiatiske opsjoner har blitt populære. For det første vil ikke aktive aktører som selger en vare, for eksempel en elkraft produsent, være spesielt opptatt av hva spot prisen er på en enkelt dag, det som betyr noe er hva prisen er over en periode. For det andre vil kortsiktig manipulasjon av prisen ha liten betydning for gjennomsnittet, store aktører kan med andre ord ikke manipulere prisen så en opsjon ender in eller out of the money. En siste grunn for populariteten til Asiatiske opsjoner er at volatiliteten til et gjennomsnitt av spot prisen alltid vil være lavere enn volatiliteten til spot prisen, som normalt medfører at opsjonen blir rimeligere enn en tilsvarende standard opsjon.

## **6 Fish Pool ASA**

Fish Pool ASA er en markedsplass for finansielle derivater innen sjømat og ble opprettet i 2006. De opererer i et globalt marked, hvor de tilbyr futures, forwards og opsjoner med atlantehavslaks som underliggende. Atlantehavslaksen har de siste årene opplevd en sterk økning på både tilbuds-, og etterspørselssiden. Den er preget av store svingninger i prisen, som gjør det vanskelig for involverte aktører å planlegge fremtidige investeringer og aktiviteter.

Fish Pool ønsker gjennom finansielle instrumenter å tilby aktører på begge sider av bordet en mulighet til å låse prisen en gitt periode frem i tid, slik at de kan oppnå større grad av forutsigbarhet. Børsen er åpen for alle som er utsatt for prisrisiko, og er også åpen for aktører som ønsker å spekulere i markedet. Kontraktene er av finansiell art, som vil si at det ikke er fysisk levering av laks. Det vil si at når den inngåtte kontrakten skal realiseres, vil partene som inngikk kontrakten enten måtte betale eller motta differansen mellom deres avtalte pris og forrige måneds gjennomsnittspris fra Fish Pool Index™.



Fish Pool er under lisens fra Finansdepartementet for å drive en regulert markeds plass for råvarederivater, hvor fisk og sjømat er underliggende aktiva. En regulert markeds plass vil si at de er underlagt samme regler som en børs, blant annet at de overvåkes og kontrolleres av Kredittilsynet. Dette for å sikre en nøytral og lik behandling av alle involverte aktører på markedet, og sikre trygg handel og ha tilstrekkelig kvalitetssikring for de involverte aktørene. Kredittilsynet skal også sørge for at markeds plassen er objektiv og med høy etisk standard.

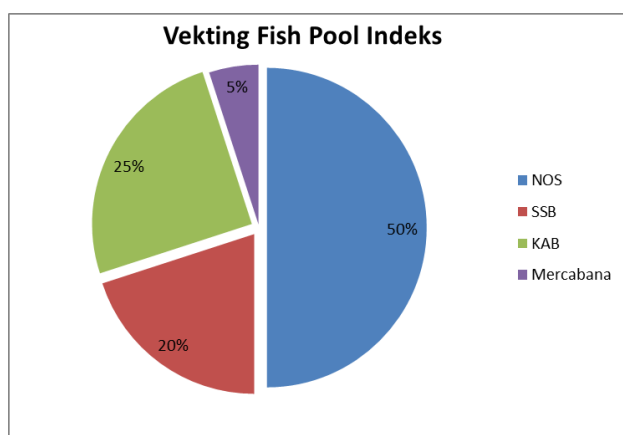
Fish Pool tilbyr to alternative oppgjør av kontraktene, bilaterale oppgjør og oppgjør gjennom en clearingsentral. Bilaterale oppgjør vil si at partene gjør opp seg mellom direkte, såkalte OTC-kontrakter, mens oppgjør gjennom en clearingsentral vil si at det går gjennom en nøytral tredjepart, som er *NOS Clearing ASA* på Fish Pool ([www.fishpool.eu](http://www.fishpool.eu) (d)).

## 6.1 Fish Pool Index™

Alle handler som skjer gjennom Fish Pool er av finansiell art. For at partene som handler på markedet skal kunne gjøre opp kontraktene, er det nødvendig med en prisindeks som reflekterer faktisk spotpris til fersk atlantehavslaks. Til tross for at det handles laks hver dag i et spotmarked, finnes det ikke en indeks med daglige spotpriser som er tilgjengelig for oss. Fish Pool har konstruert en syntetisk prisindeks ved navnet Fish Pool Index™ (FPI™), som er underliggende for alle kontraktene som inngås gjennom Fish Pool. Indeksen er ukentlig og publiseres hver onsdag. En pris som blir publisert kan fortsatt endre seg noe, inntil to uker etter at den først ble publisert. Dette er fordi det er en syntetisk indeks som er sammensatt av flere prislelementer og det tar tid å innhente informasjon. Denne indeksen skal være nøytral for alle aktører som benytter seg av den. Den skal gjenspeile faktisk markedspris, og den skal ikke være mulig å manipulere. FPI™ er for tiden vektet sammen av fire prislelementer:

1. *NOS Exporters Index* (NOS) er med en andel på 50 prosent den indeksen som er vektet tyngst på FPI™. Det er en indeks som viser gjennomsnittlig salgspris på 3-6 kg Superior atlantehavslaks for lakseoppdrettere.

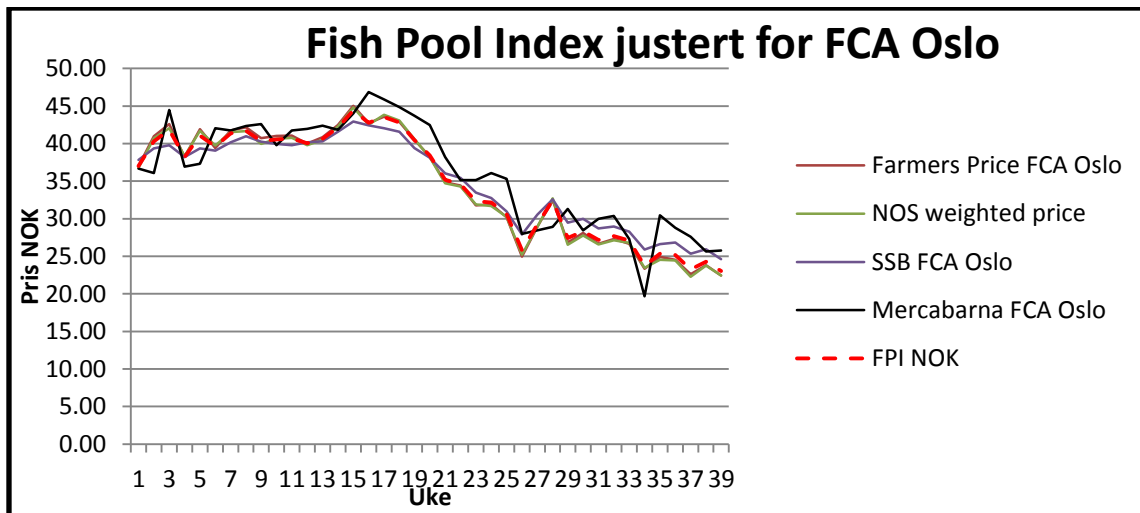
2. *Kontali Analyse Benchmark (KAB)* er vektet nest størst på FPI™ med 25 prosentandel. Dette er en indeks av gjennomsnittlig salgspris oppdrettere oppnår på laks levert FOB, som står for Free On Board og er en betegnelse for at selgeren er forpliktet til å levere varen ferdig pakket på et fartøy.
3. *SSB Eksport indeks* er vektet med en andel på 20 prosent av FPI™. Dette er en indeks hvor det er beregnet gjennomsnittlig kilopris på all fersk laks som er eksportert ut av landet.
4. *Mercabana indeks* har den minste andelen av FPI™ med 5 prosent. Mercabana indeksen har base i Barcelona, Spania. Det er et samarbeid mellom myndighetene og flere andre aktører som er involvert i eksport av frossen og ferske råvarer.



Figur 9: Sammensetning og vektning av Fish Pool Indeks™.

Figur 9 illustrerer hvordan de forskjellige markedene er vektet forskjellig i FPI. I tillegg til å være vektet forskjellig er hvert marked justert for *FCA Oslo* pris. *FCA* står for Free Carrier og innebærer at prisene er justert for frakt, toll, avgifter og forsikring som enten legges til eller trekkes fra prisen for å reflektere *FCA Oslo* pris.

FPI™ er beregnet som en månedlig oppgjørpris, basert på ukentlige priseobservasjoner. Prisindeksen er basert på et vektet ukentlig gjennomsnitt av størrelse 3-6 kg Superior Atlanterhavslaks, sløyd inkludert hode. 3-4 kg er vektet med 30 prosent, 4-5 kg er vektet med 40 prosent mens 5-6 kg er vektet med 30 prosent ([www.fishpool.eu](http://www.fishpool.eu) (e)).



Figur 10: Utvikling i Fish Pool Indeks<sup>TM</sup> justert for FCA Oslo uke 1 til 39 2011.

I figur 10 har vi grafet de første 39 ukene av 2011 for de forskjellige markedene som danner grunnlaget for beregningen av den ukentlige Fish Pool indeksen, *justert for FCA Oslo*. Vi har valgt en periode hvor det er store variasjoner i prisen for å se hvordan innvirkning det har hatt for de forskjellige indeksene som utgjør FPI<sup>TM</sup>. Vi ser fra figuren at markedene som ligger til grunn for FPI<sup>TM</sup> korrelerer ganske bra med hverandre. Videre ser vi fra figuren at Mercabarna korrelerer i mindre grad enn de andre markedene med FPI. Dette kan forklares med at Mercabarna med sine 5 prosent av totalen er vektet betydelig lavere enn de under beregningen av FPI<sup>TM</sup>.

## 6.2 Monthly settlement price (MSP)

Kontrakter som selges på Fish Pool gjøres opp mot en månedlig oppgjørpris (Monthly settlement price eller MSP). MSP tilsvarer et aritmetisk gjennomsnitt av de ukentlige FPI<sup>TM</sup> prisene fra den foregående måneden og publiseres den 15. hver måned. Dersom den 15. ikke er en handledag publiseres oppgjørsprisen den nærmeste handledagen i etterkant. Grunnen til at MSP publiseres omtrent 15 dager etter at gjennomsnittsperioden er avsluttet

er fordi gjennomsnittet er beregnet på FPI™ som igjen er satt sammen av forskjellige indekser. Det tar dermed noe tid for Fish Pool å innhente informasjon fra indeksene.

### **6.3 NOS Clearing ASA**

Fish Pool har et samarbeid med NOS (Norsk Oppgjørs Sentral) Clearing ASA. Hver gang to aktører inngår en avtale gjennom Fish Pool, sendes informasjonen knyttet til avtalen automatisk videre til NOS Clearing. De vil da godkjenne avtalen med bakgrunn i partenes finansielle styrke og soliditet. Dersom avtalen godkjennes får begge partene opprettet en Cash Margin innskuddskonto. NOS Clearing vil fra nå sikre at begge partene til enhver tid er i stand til å oppfylle sine forpliktelser i henhold til kontrakten.

*Margin futures:* Basert på en daglig mark-to-market evaluering av partenes posisjon i markedet vil Cash Margin belastes eller godskrives tilsvarende.

*Margin opsjoner:* I motsetning til futures er det ikke daglig marked-to-market evaluering på opsjoner. Marginen i forhold til opsjonskontrakter består av to deler, hvor den ene er verdien på opsjonen, mens den andre delen er risikoen for endring i opsjonsprisen. Marginen blir da opsjonsverdien pluss den minst fordelaktige antatte prisendringen til opsjonen. Risiko for endring i implisitt volatilitet tas hensyn til når antatt endring i opsjonsprisen beregnes ([www.nosclearing.com](http://www.nosclearing.com) (a)).

### **6.4 Handelskalender**

For å kunne handle på Fish Pool må du være medlem, eller handle gjennom en megler som er medlem. Fish Pool er åpen for handel alle arbeidsdager. Antall handelsdager eller arbeidsdager varierer noe fra år til år, men ligger på omtrent 250 dager i året. Alle kontraktene på Fish Pool åpnes for handel 29 måneder før forfall. Kontraktene er månedlige og består av 4 -5 uker, avhengig lengden til måneden den tilhører, se vedlegg 2 for oversikt Fish Pools handelskalender. Kontraktene kan handles frem til 2. fredag etter at kontrakten

har forfalt. Grunnen til at kontrakten kan handles etter forfall er at det fremdeles er knyttet usikkerhet til FPI™ frem til MSP blir publisert av Fish Pool.

Det handles også kvartalsvise og årlige kontrakter gjennom Fish Pool. De kvartalsvise kontraktene består av 3 månedskontrakter mens årlige kontrakter er satt sammen av 12 månedskontrakter. I begge tilfeller vil det beregnes et månedlig gjennomsnitt hvor månedskontraktene gjøres opp fortløpende under kontraktsperioden helt til endelig oppgjør som skjer etter at kontrakten har forfalt. De kontraktene som blir handlet mest på Fish Pool er seks og tolv månedskontrakter. Felles for alle kontraktene er at de varer fra første handledag til siste handledag innen kontrakten forfaller. Eksempelvis varer en månedskontrakt fra første handledag til siste handledag innen den måneden kontrakten forfaller. En kvartalsvis kontrakt varer fra første handledag i den første måneden av kvartalet til den siste handledagen i den siste måneden av kvartalet kontrakten forfaller. Det samme gjelder årlige kontrakter, som varer fra den første handledagen i den første måneden av året til den siste handledagen i den siste måneden av året kontrakten forfaller.

Endelig oppgjør for kontraktene er satt til 2. *fredag* etter at kontrakten har forfalt. Dersom denne fredagen ikke er en handledag, settes oppgjøret til nærmeste handledag i etter denne.

## **6.5 Derivatene på Fish Pool**

Siden Fish Pool åpnet markedet i 2006 har de utvidet produktporteføljen fra bare å omfatte kontrakter som ikke er clearet, forwardkontrakter, til å omfatte kontrakter som er clearet av NOS Clearing, futureskontrakter. De har siden 2009 åpnet markedet for handel av opsjoner med Fish Pool Indeks™ som underliggende, og i 2010 ble den første clearede opsjonen solgt. Det er nå mulig å handle opsjoner både bilateralt (OTC) og clearet gjennom Fish Pool.

### 6.5.1 Futures på Fish Pool

Futureskontraktene som tilbys gjennom Fish Pool er av finansiell art, og det vil derfor ikke være fysisk levering ved oppgjør. Oppgjørsbeløpet er differansen mellom avtalt kontraktspris og Monthly Settlement Price (MSP) multiplisert med kontraktsvolum. Kontraktene er strukturert med månedlige oppgjør hvor FPI<sup>TM</sup> er underliggende. Futureskontrakter på Fish Pool baserer seg på mark-to-market, hvor det er daglig oppgjør mot closingprisen. De månedlige oppgjørsprisene er beregnet som et gjennomsnitt av de 4–5 ukentlige markedsprisene som blir publisert gjennom FPI<sup>TM</sup> (Product Specification and Trading schedule Version 4.0). Alle futureskontraktene som handles gjennom Fish Pool har en lot størrelsen som er satt til 1 tonn per måned. Minste handelsvolum per kontrakt er satt til 0,1 tonn mens minste handlevolum per måned er satt til 1 tonn (www.nosclearing.com (b)). MSP, eller månedlig oppgjørspris, publiseres av Fish Pool på nettsiden deres den 15. hver måned eller nærmeste handledag som følger.

### 6.5.2 Opsjoner på Fish Pool

Fish Pool tilbyr *put* og *call* opsjoner som kan omsettes både clearet og bilateralt. Alle aktører på markedsplassen kan både skrive (selge) og kjøpe opsjoner. Opsjonene er strukturert som asiatiske, som vil si at de er basert på et aritmetisk gjennomsnitt av underliggende. Underliggende aktivum til opsjonene på Fish Pool er FPI<sup>TM</sup>, som er en syntetisk prisindeks basert på fersk superior atlanterhavslaks lagt på is, ferdig pakket og levert FCA Oslo.

Opsjonskontrakter som er clearet er strukturert med månedlige oppgjør mot FPI<sup>TM</sup>. Kontraktene varer i en måned (4-5 uker) og har forfallsdato den siste fredagen i måneden, eller den nærmeste handledagen i forkant, dersom det er stengt den siste handledagen. Fish Pool tilbyr kontrakter over lengre perioden, henholdsvis kvartalsvise og årlige kontrakter, som da er satt sammen av månedskontrakter. Lot størrelsen er satt til 1 tonn per måned. Det vil si at en opsjonskontrakt er definert med 1 tonn laks som underliggende. Minimum handelsvolum for en kontrakt er satt til 0,1 tonn (www.nosclearing.com (b)), mens ett tonn

er satt som minste handelsvolum per måned (jf. Product Specification and Trading Schedule Version 4.0).

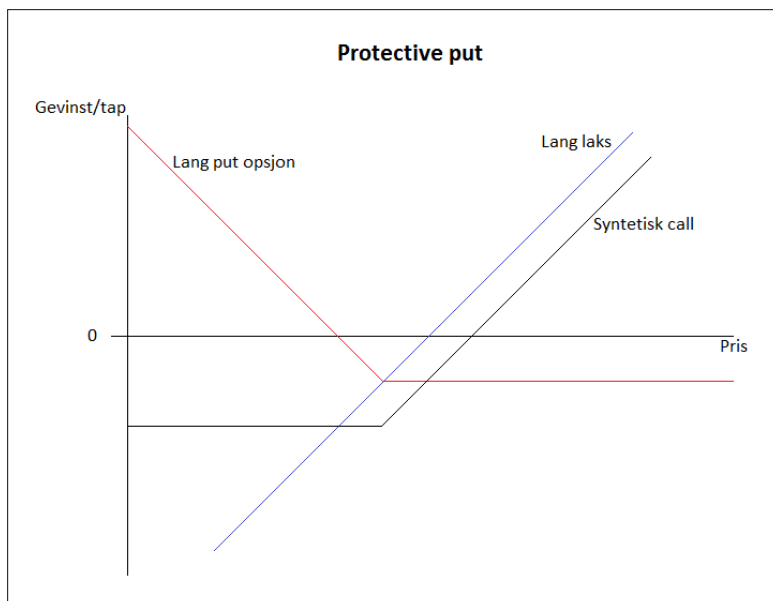
Opsjonspremien betales nærmeste handelsdag etter kontrakten er inngått. Dersom opsjonen er in-the-money ved forfall utøves den automatisk og endelig oppgjør for kontraktene er satt til 2. *fredag* etter at kontrakten har forfalt. Dersom denne fredagen ikke er en handledag, settes oppgjøret til nærmeste handledag etter denne.

Fish Pool publiserer den 15. hver måned en månedlig oppgjørpris (Monthly Settlement Price eller MSP). Denne oppgjørsprisen er beregnet på ukentlige priser presentert på FPI™ i perioden som er spesifisert i kontrakten.

### **6.5.3 Handel på Fish Pool i praksis – eksempel med tidslinje**

Strukturen til derivatene er spesifikke og inneholder mye informasjon, vi vil derfor forsøke å gi bedre oversikt over kontraktsstrukturen på Fish Pool gjennom et praktisk eksempel.

En lakseoppdretter er naturlig lang laks. Anta videre at en oppdretter tror lakseprisen vil øke i den nærmeste fremtid, men ønsker å beskytte seg mot et mulig prisfall. Etter å ha gått gjennom flere strategier bestemmer oppdretteren seg for å kjøpe en protective put, som vil si å kjøpe en put opsjon samtidig som du eier underliggende. Med denne strategien vil han sikre seg mot et fall i laksenprisen, samtidig som han får med seg oppsiden dersom prisen på laks øker. Alt oppdretteren kan tape med denne strategien er opsjonspremien som allerede er betalt.



Figur 11: Protective put er en strategi man kan ta i bruk for å sikre seg mot en nedside når man eier underliggende.

Fra figur 11 ser vi et eksempel på en *protective put*. Den røde grafen viser gevinst/tap for den kjøpte put opsjonen. Den blå grafen reflekterer laksen som oppdretteren allerede eier. Når vi slår sammen disse to får vi netto virkning som tilsvarer en long call opsjon, den sorte grafen i figuren.

Anta så at oppdretteren kjøper en tremåneders put opsjon for siste kvartal 2011 (Q4-11), til en premie på 1 kr/kg med kontraktspris (strike) satt til 25 kr/kg. Det er første gang oppdretteren handler derivater, så han bestemmer seg for å teste det en gang ved å kjøpe minst mulig kvantum, som på Fish Pool er 1 tonn.

Det viser seg videre at forsikringen (put opsjonen) gav positiv avkastning, Fish Pool publiserte en gjennomsnittlig oppgjørpris på 23 kr/kg i perioden til opsjonens levetid. Opsjonen blir da utøvd og oppdretteren tjener:

- $(25 \text{ kr} * 1\,000 \text{ kg}) - (23 \text{ kr} * 1\,000 \text{ kg}) = 25\,000 \text{ kr} - 23\,000 \text{ kr} = \mathbf{2\,000 \text{ kr}}$

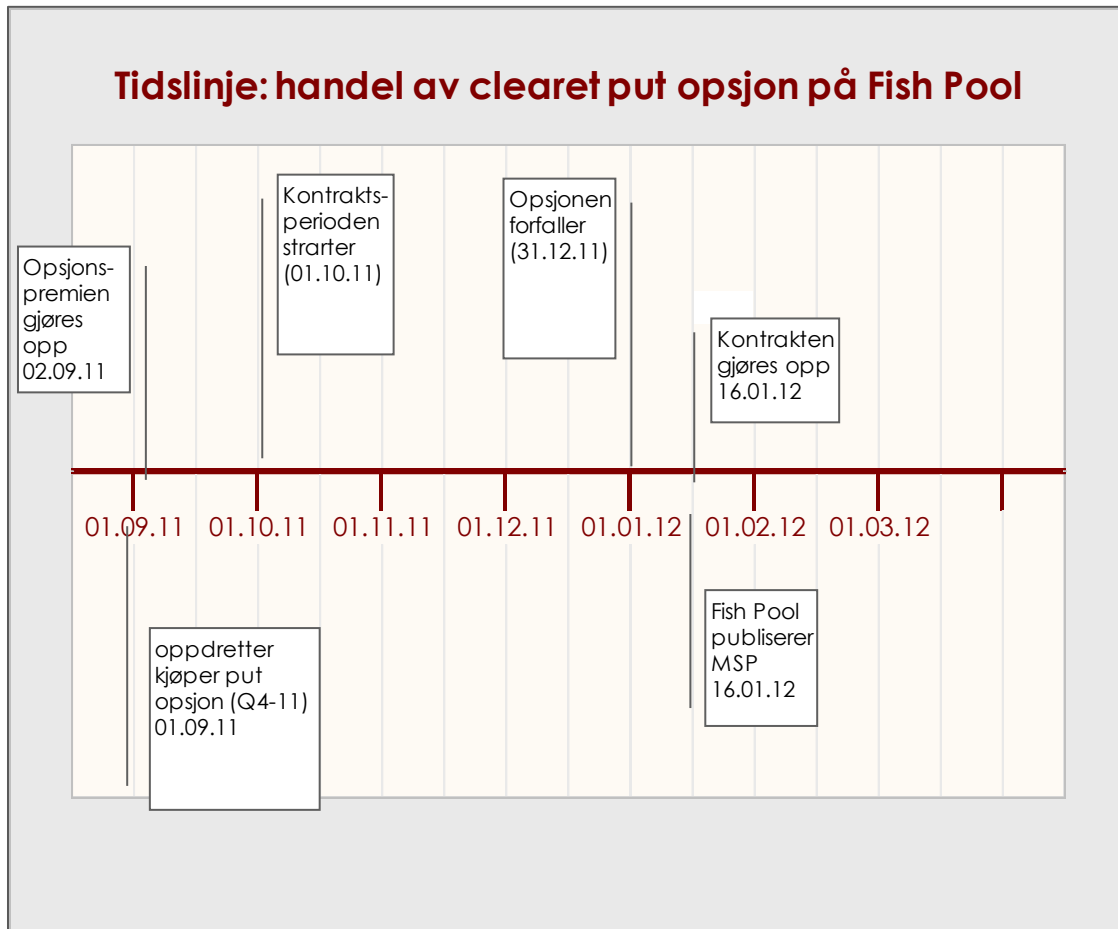
Oppdretteren har betalt en premie for denne forsikringen mot prisfall som vi må ta hensyn til:



- Profitt kontrakt – kontraktspremie = 2 000 – (1 kr \* 1 000 kg) = **1 000 kr**

Oppdretteren har med en protective put klart å sikre seg en minimumspris på 1 tonn laks til 24 kr/kg. Samtidig ville han fått med seg oppsiden, dersom det var det som hadde blitt tilfelle.

I figur 12 har vi satt opp en tidslinje for å illustrere hvordan en handel kan se ut.



**Figur 12:** Tidslinje som forklarer hendelsesforløpet ved kjøp av en opsjon på Fish Pool fra handel til forfall.

### Hendelsesforløp:

En oppdretter bestemmer seg for å kjøpe en tremåneders put opsjon for å sikre seg mot fall i lakseprisen.

- 01.09.11 – Kontrakten mellom partene inngås. NOS Clearing fungerer som mellomledd.
- 02.09.11 – Oppdretteren betaler opsjonspremien på 1 000 kr (første handledag etter kontraktinngåelse)
- 03.10.11 – Opsjonens levetid starter (første handelsdag)
- 30.12.11 - Opsjonen forfaller (siste handelsdag), NOS Clearing vil automatisk innløse opsjonen dersom den er in-the-money
- 16.01.12 - Fish Pool publiserer oppgjørspriisen (MSP) (senest den 15 etter forfall, eller dagen etter, dersom det ikke er en handledag)
- Kontrakten gjøres opp gjennom NOS Clearing
  - Skriveren av opsjonen betaler differansen mellom kontraktsprisen og oppgjørspriisen, 2 000 kr til NOS Clearing
  - Nos Clearing betaler ut tilsvarende over oppretteren, som er holder av opsjonen

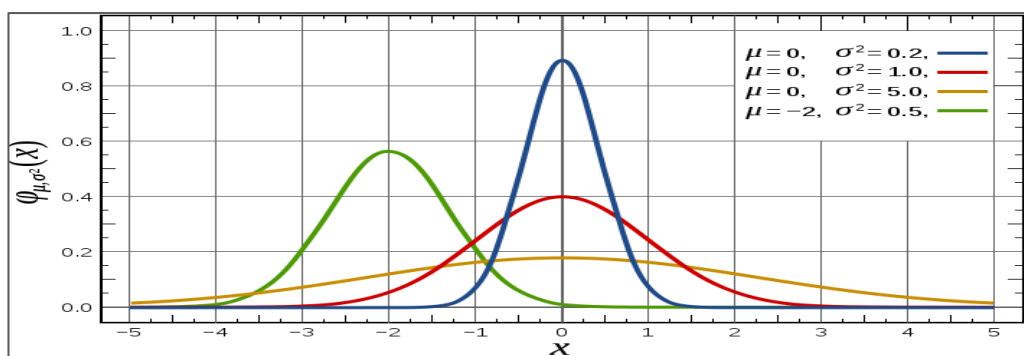
## 7 Egenskaper ved historisk fordeling

Som vi nevnte innledningsvis i oppgaven forutsetter flere opsjonsprisinde modeller at avkastning til underliggende aktiva er normalfordelt når opsjoner skal prises. Vi skal med dette kapitlet se nærmere på relevant teori for å så gi en forståelse for normalfordeling. Teorien vi presenterer her vil ligge til grunn senere i oppgaven når vi skal analysere den historiske fordelingen til lakseprisen sin avkastning.

### 7.1 Normalfordeling (Gauss fordeling)

Normalfordeling er den vanligste fordelingen innen statistikk, det er en kontinuerlig sannsynlighetsfordeling som lett kan kjennes igjen på den karakteristiske klokkeformen (se figur 13). Denne fordelingen kalles også for Gauss fordeling etter tyske Carl Friedrich Gauss (1777-1855). En normalfordelt variabel har forventningsverdi  $\mu$  og standardavvik  $\sigma$ , og kan

skrives  $X \sim N(\mu, \sigma)$ . En grunn for at denne fordelingen ofte dukker opp følger av *sentralgrenseteoremet* som sier at gjennomsnittet  $\bar{X}$  er tilnærmet normalfordelt hvis utvalget er stort nok – uansett hvilke fordeling  $X$ -ene har. En egenskap ved normalfordelingen er at arealet under kurven opp til  $\mu + z \cdot \sigma$  er like stort uansett hvilke verdier  $\mu$  og  $\sigma$  har, dette innebærer at dersom man kjenner fordelingsfunksjonen til en normalfordelt variabel vil man enkelt kunne finne fordelingsfunksjonen til alle andre normalfordelte variable (Løvås 2004: 177-184). En fordeling med forventning  $\mu = 0$  og standardavvik  $\sigma = 1$  kalles standard normalfordeling og er den fordelingen man tar utgangspunkt i. Felles for alle normalfordelte variable er at gjennomsnitt, median og mode er samme tallverdi siden kurven er entoppet og symmetrisk. I figuren nedenfor er det eksempler på ulike normalfordelte variable med ulik  $\mu$  og  $\sigma$ , den røde kurven representerer en standard normalfordeling.



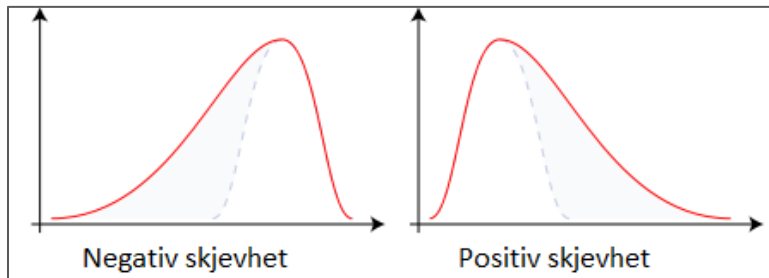
Figur 13: Illustrasjoner av ulike normalfordelte variable.

## 7.2 Skjevhet og kurtose

Både skjevhet ( $\gamma_1$ ) og kurtose ( $\beta_2$ ) er mål man bruker for å beskrive egenskapene til en fordeling, disse målene kan kvantifiseres og ved en normalfordeling er  $\gamma_1 = 0$  og  $\beta_2 = 3$ . Eksess kurtose er et forenklet mål på kurtose og uttrykkes  $\beta_2 - 3 = 0$  ved normalfordeling.

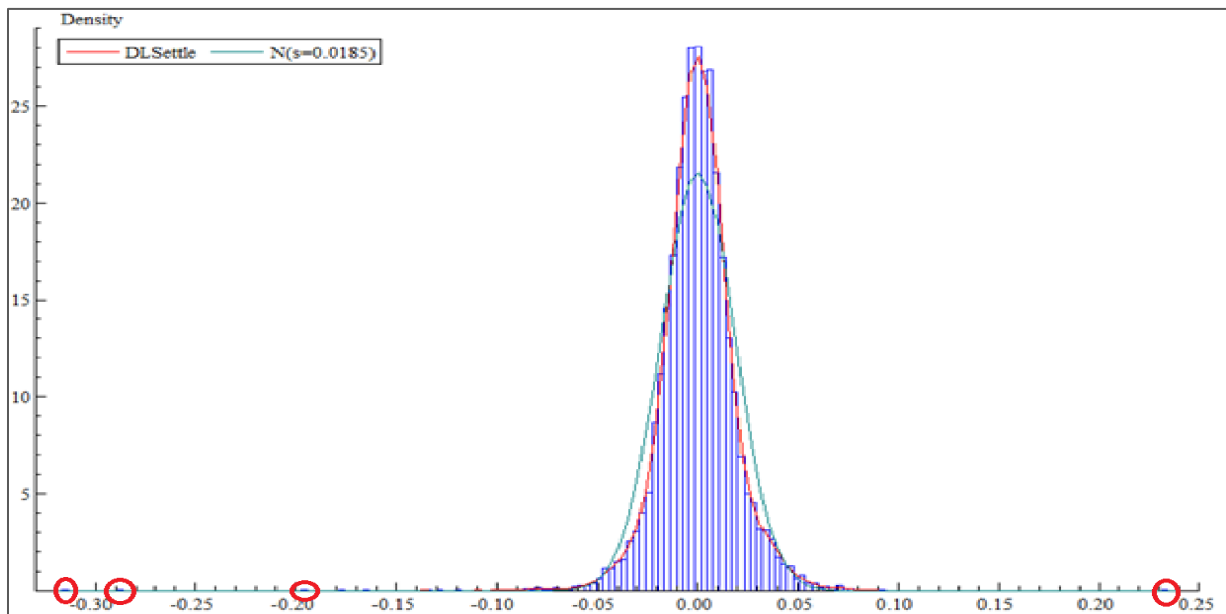
Figur 14 illustrerer både en fordeling med negativ skjevhet og en fordeling med positiv skjevhet. En fordeling med negativ skjevhet indikerer at halen på venstresiden av sannsynlighetsfordelingen er lengere enn halen på høyresiden, og at hovedvekten av

verdiene ligger til høyre for gjennomsnittet. For en fordeling med positiv skjevhet ser vi at utfallet er motsatt, halen på høyresiden av fordelingen er lenger enn halen på venstresiden og hovedtyngden av observasjonene ligger til venstre for fordelings gjennomsnitt.



Figur 14: Eksempel på negativ og positiv skjevhet.

Man har lenge vært klar over at aksjeavkastninger avviker fra normalfordelingen. Det man ofte kan observere gjennom plot av avkastninger er høy topp og fete haler, dette fenomenet kalles leptokurtose, og betyr at det er flere dager med liten eller ingen bevegelse og flere dager med ekstreme utslag enn det man antar ved en normalfordeling (Løvås 2004: 44).



Figur 15: Historisk fordeling daglig avkastningen til hvete fra 1963 til 2012, data lastet ned fra [www.wikiquote.org](http://www.wikiquote.org), de røde ringene markerer de dagene med størst utfall i perioden.

I figur 15 ser man hvordan endring i daglige priser for hvete har fordelt seg siden april 1969 til februar 2012,  $n = 10789$  (data hentet fra Wikiposit.org 22.2.2012). Den grønne linjen representerer en normalfordeling, mens den røde illustrerer hvordan prisene faktisk har fordelt seg. Her ser man at det er klare avvik fra en normalfordeling, fordelings skjevhet =  $-0.96138$  og eksess kurtose =  $20.120$ . De røde ringene i figuren markerer de mest ekstreme prisendringene. Fra 20. mai til 21. mai i 1986 gikk prisen fra 358 til 261,5, dette er et fall på over 30 prosent fra en dag til den neste. Dette er forenelig med det resultatet Mitchell fant i sin empiriske studie av høy topp/fete haler -fordeling i råvarepriser som ble publisert i 1915 (Haug 2007a: 17-18). Det at råvareprisen ikke følger en normalfordeling, men har høy topp og fete haler, vil ha betydning for både prising av opsjonene og for risikostyring. Mitchells studie er et bevis på at man har vært klar over denne typen fordeling i råvareprisene i mange år, på tross av denne kunnskapen bruker man fortsatt opsjonsprisinde modeller som forutsetter at endring i pris på underliggende aktiva er normalfordelt.

## 8 Stokastiske prosesser

Variable hvor det er knyttet en usikkerhet til fremtidig bevegelse sies å følge en stokastisk prosess, det vil si at selv om utgangspunktet er kjent er det mange mulige veier prosessen kan gå. En stokastisk prosess skal gi en realistisk approksimasjon for hvordan prisen kan bevege seg i fremtiden. Ved å bruke historisk data kan man kartlegge egenskaper ved fordelingen til en råvarepris. Valget av stokastisk prosess burde gjenspeile den historiske fordelingen og ta hensyn til *empiriske momenter* ved fordelingen. Det er fire momenter som spesielt blir vektlagt: gjennomsnitt, varians, skjevhet og kurtose (Geman 2005: kap 3). Ved utvikling av opsjonsprisinde formler er derfor den stokastiske prosessen av stor betydning for hvilke opsjonspriser man får. Den mest brukte modellen for aksjeprisbevegele er en *geometric Brownian motion*, som i diskret tid kan uttrykkes:

$$\Delta S = \mu S \Delta t + \sigma S \varepsilon \sqrt{\Delta t} \quad (8.1)$$

Der  $S$  er aksjepris,  $\mu$  er aksjens forventede avkastning,  $\sigma$  er aksjens volatilitet,  $\varepsilon\sqrt{\Delta t} = \Delta z$  og utgjør en *Wiener prosess* der  $\varepsilon$  er et tilfeldig trukket tall med en standard normalfordeling  $N(0, 1)$ ,  $\Delta t$  er en liten tidsendring.  $\Delta S$  er derfor endring i aksjeprisen gitt en liten tidsendring  $\Delta t$ . Det første leddet i likningens høyre side er et driftsledd, mens det andre utgjør det stokastiske leddet. Black – Scholes – Merton modellen forutsetter at aksjeprisene følger denne typen stokastisk prosess, modellen antar at aksjeprisen endrer seg kontinuerlig og er log-normalfordelt, og at aksjens avkastning følger en normalfordeling (Hull 2011: 309).

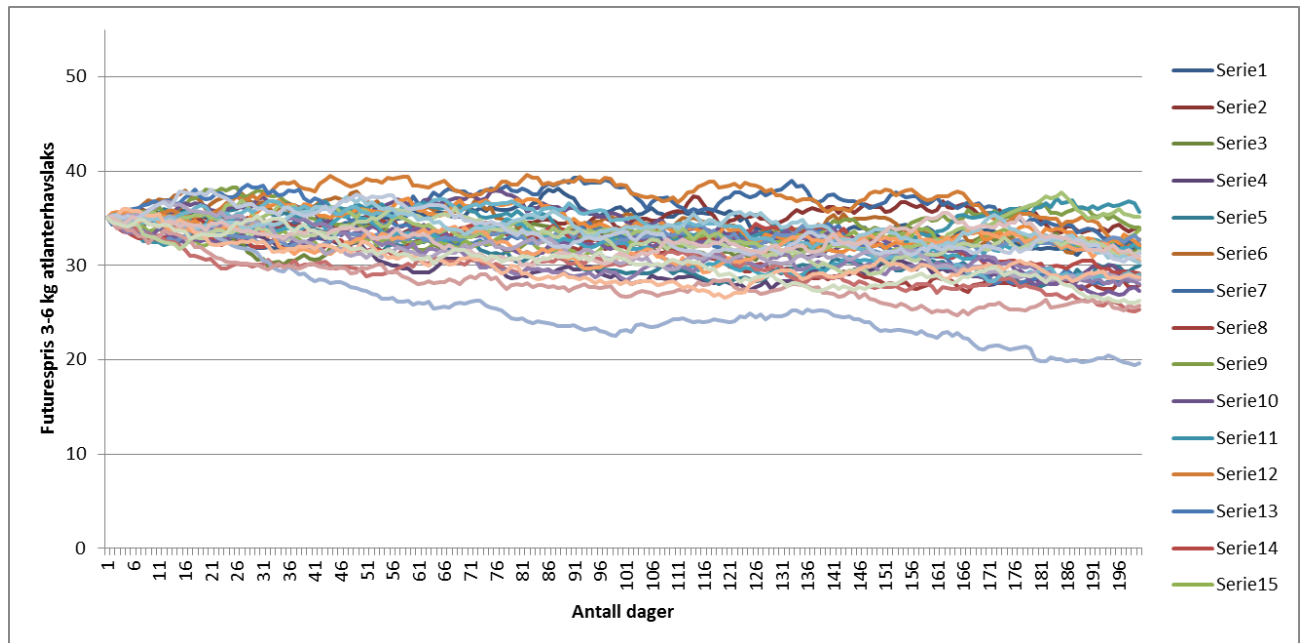
Prisen på råvarer følger ofte en annen stokastisk prosess enn *geometric Brownian motion*. Forholdet mellom tilbud og etterspørsel er avgjørende for fastsettelse av prisen, dette følger mikroøkonomisk teori som sier at prisen blir til i likevektspunktet mellom tilbud og etterspørsel. Dersom man får et skift i etterspørselskurven til et gode som følge av at konsumentens inntekt øker vil etterspørselen etter det gode også øke (forutsatt et normalgode). Hvis tilbudet holdes konstant vil dette føre til at prisen stiger, imidlertid vil økt pris gjøre det mer attraktivt å produsere mer av gode som resulterer i økt tilbud. I det nye likevektspunktet som oppstår vil prisen tendere mot det opprinnelige prisnivået før inntektsøkningen. I motsatt fall, dersom etterspørsel synker, vil prisen bli lavere som fører til at færre vil produsere, tilbudet synker og prisen vil igjen bli presset opp mot det opprinnelige prisnivået (Pindyck og Rubinfeld 2009: 26-28). På grunn av denne markedsmekanismen kan man ofte observere at prisen på en råvare følger en *mean-reverting prosess*.

Mean-reverting Ornstein – Uhelbeck prosess regnes som en modifisert Wiener prosess hvor modellens egenskaper har blitt modifisert slik at prisen over tid vil bevege seg mot en likevektspris, denne prisen er ofte knyttet til nivået på de langsiktige produksjonskostnadene. Modellen kan uttrykkes slik:

$$\frac{dS_t}{S_t} = K(\theta - \ln S_t)dt + \sigma dZ_t \quad (8.2)$$

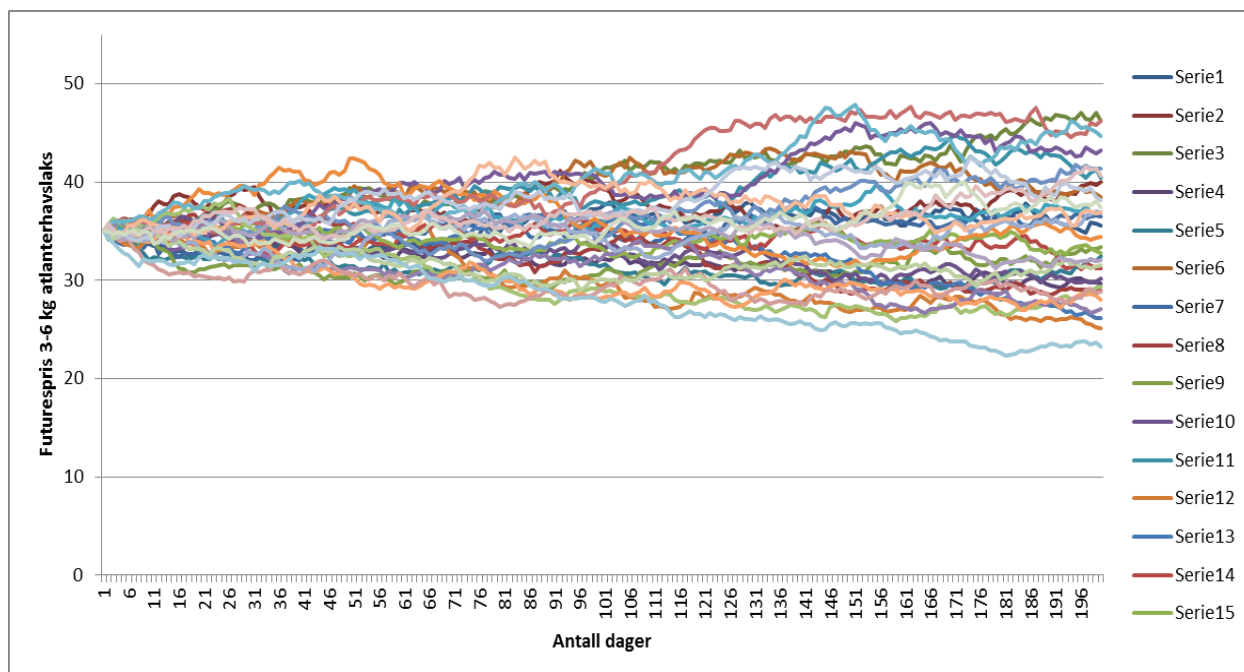
Hvor  $K$  er mean-reverting hastigheten,  $\theta$  er mean-reverting nivået,  $\sigma$  er volatiliteten til underliggende og  $dZ_t$  er en Wiener prosess. I figur 16 under ser man hvordan en mean-reverting prosess er brukt for å estimere prisutvikling over en periode på 200 dager. Nesten alle stiene ender på en verdi mellom ca 28 og 37 (dersom man ser bort fra den ene stien som

ender på under 20), og det er en klar trend ned mot mean-reverting nivået på 25. I dette eksempelet har vi satt mean-reverting hastighet til 0,5 og mean-revertign nivå til kr 25, volatilitet til 20 prosent og futuresprisen til kr 35.



**Figur 16: Monte Carlo simulering av en prisserie som følger en mean reverting prosess. Mean-reverting hastighet er 0,5 og mean-revertign nivå på kr 25, volatiliteten 20 prosent og futuresprisen kr 35.**

Under (figur 17) ser vi et eksempel på en Monte Carlo simulering som ikke følger en mean-reverting prosess. Dersom mean-reverting hastigheten er 0 faller hele det første leddet i funksjonen bort og man sitter igjen med en Wiener prosess. Her har vi en volatilitet 20 prosent og futuresprisen starter på kr 35. Fra figuren kan man se at spredningen i slutten av den simulerte perioden er mye større enn det som var tilfellet når mean-reverting hastigheten var på 0,5.



Figur 17: Monte Carlo simulering av en prisserie som følger en Wiener prosess. Volatiliteten er på 20 prosent og futuresprisen starter på kr 35.

## 9 Prising av opsjoner

I dette kapittelet skal vi mer inngående se på hvordan man kan prise en opsjon. I første del beskriver vi put-call paritetet, deretter ser vi på historisk utvikling av opsjonsprisinde modeller fra 1900 frem til i dag. Deretter skal vi ta for oss ulike opsjonsprisinde modeller hvor vi gjør rede for de ulike parametrene som påvirker opsjonsprisen. Kapittelet avsluttes med at vi ser nærmere på Turnbull og Wakemans approksimasjonsmodell som vi skal bruke senere i oppgaven for å beregne teoretiske opsjonspriser.

### 9.1 Put – Call paritetet

Put – call paritetet er av stor betydning for opsjonsteorien og har derfor opp gjennom historien fått relativt stor oppmerksomhet. Kjennskapen til put – call paritetet går langt



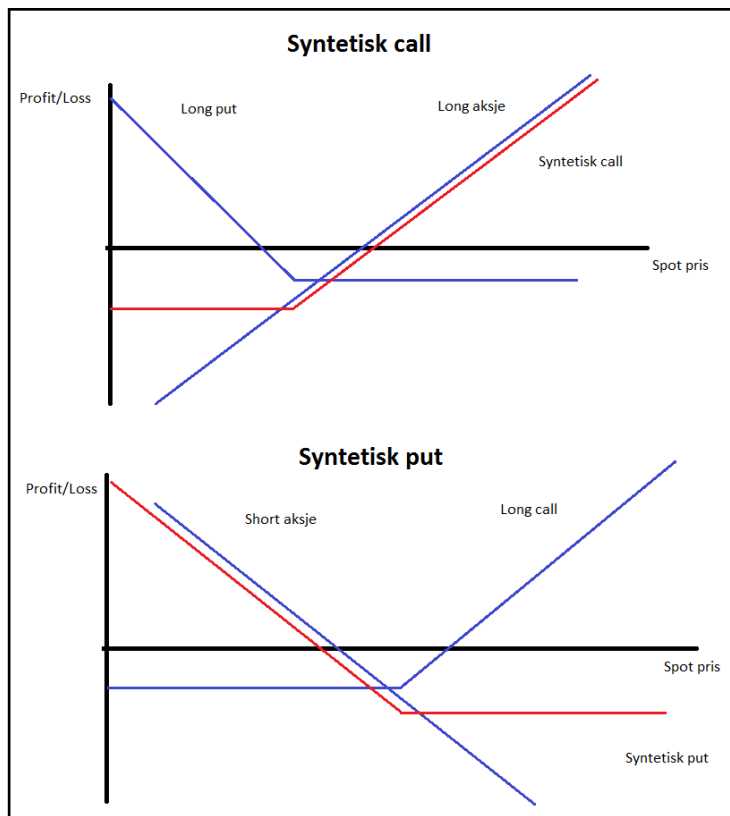
tilbake i tid, og det kan spores helt tilbake til starten av 1900 – tallet. Boken «The Put – and – Call» fra 1902 av Leonard R. Higgins og boken «The A B C of Options and Arbitrage» fra 1904 av S. A. Nelson beskriver begge inngående om put – call paritetet slik vi kjenner det i dag (Haug 2007a: 35).

$$c + Ke^{-rT} = p + S_0 \quad (9.1)$$

Put – call paritetet er en viktig egenskap mellom prisen til en Europeisk call og put opsjon. Paritetet viser hvordan man kan utlede prisen til en put opsjon fra prisen til en call opsjon dersom begge opsjonene har lik strike pris og tid til forfall. Det forutsettes slik put – call paritetet ser ut i formel **(9.1)** at aksjen ikke utbetaler dividende i løpet av opsjonens levetid. Dersom man har et tilfelle hvor denne likheten ikke er tilfredsstillt vil man ha en arbitrasjemulighet. For eksempel:

$$c + Ke^{-rT} < p + S_0$$

I denne situasjonen kan man kjøpe en call opsjon og selge både put opsjonen og aksjen, for på den måten å låse inn en sikker gevinst. En annen nyttig egenskap ved put – call paritetet er at man lett kan se hvordan man kan gjøre en put om til en call og omvendt. For å lage en syntetisk call kan man kjøpe en put og underliggende aksje, og for en syntetisk put kan man kjøpe en call og selge aksjen mot (Hull 2011: 221-225).



Figur 18: Illusrasjon av en syntetisk long call og en syntetisk long put opsjon

I figur 18 ser man hvordan netto effekten av en long call og short aksje blir til en syntetisk long put, og hvordan en long put og long aksje blir til en syntetisk long call. Man kan også konstruere short put og short call opsjoner.

## 9.2 Historisk tilbakeblikk på opsjonsprisinde modeller

Den første opsjonsprisindeformelen vi kjenner til ble utviklet av Louis Bachelier, hvor han i 1900 forsvarte sin doktoravhandling med aksjespekulasjon som tema. Han antok at prisen på underliggende aktiva følger en normalfordeling, denne antakelsen gjør det mulig å observere negative priser noe som er et lite sannsynlig senario. Bachelier beregnet prisen på en call opsjon til å bli forventet pris ved forfall:

$$c = (S - K)N(d_1) + \sigma\sqrt{T}n(d_1) \quad (9.2)$$

hvor

$$d_1 = \frac{S-K}{\sigma\sqrt{T}}$$

$S$  = aksjepris

$K$  = opsjonens strike pris

$T$  = tid til forfall i år

$\sigma$  = aksjeprisens volatilitet

$N(x)$  = den kumulative fordelingsfunksjonen

$n(x)$  = standard normalfordeling

Bachelier tok i sin avhandling ikke stilling til hverken dynamisk eller statisk delta hedging, men han beskrev, om noe vagt, put – call paritetet. Hvordan man kan lage en syntetisk put ved å kjøpe futureskontrakter mot en short call opsjon. Allerede i 1915 kritiserte Wesley C. Mitchell modellen til Bachelier for ikke å ta hensyn til de alt for mange tilfellene av ekstreme avvikene fra normalfordelingen som han fant i sin studie av høy topp/fete haler. Det er store utfordringer knyttet til prising av opsjoner dersom man antar at aksjeavkastningen ikke er normalfordelt. I 1960 tok Sprenkle opsjonsprisingsteorien ett skritt videre da han i sin doktorgradsavhandling antok at aksjeprisene følger en log-normalfordeling og avkastningen er normalfordelt, dette innebærer at aksjeprisen følger en geometric Brownian motion. På denne måten utelukket han negative aksjepriser. James Boness publiserte i 1964 en opsjonspringsformel som også antok log-normalfordelte aksjepriser, han utledet følgende formel for prisen på en call opsjon:

$$c = S_0N(d_1) - Ke^{-\mu T}N(d_2) \quad (9.3)$$

hvor

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{K}\right) + \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

$\mu$  = forventet avkastning på underliggende aktiva

Thorp publiserte en rapport i 1969 hvor han beskrev en formel som var veldig lik som den Boness publiserte fem år tidligere. Noe Thorp gjorde annerledes i denne rapporten var å beskrive hvordan man ved å endre hedgen gjennom opsjonens levetid ville kunne redusere risiko mye bedre enn ved en statisk hedge (Haug 2007a: 34-41).

Historien viser at det har vært mange andre som også har jobbet med å finne den beste opsjonsprisindeformelen og hvordan man kan hedge risiko. Put – call paritetet slik vi kjenner det i dag har også vært kjent veldig lenge, men det som blir sett på av mange som det store gjennombruddet innen opsjonsprisingsteori kom med Fischer Black, Myron Scholes og Robert Merton i 1973.

### 9.3 Black – Scholes – Mertons opsjonsprisingmodell

Black – Scholes – Merton modellen, eller bare Black – Scholes, blir ansett som det store gjennombruddet i prisingen av Europeiske aksjeopsjoner. Både Boness og Thorp brukte forventet avkastning ( $\mu$ ) som neddiskonteringsrente, Black, Scholes og Merton hadde en annen innfallsvinkel til problemet. De argumenterte for at ved å sette opp en risikofri portefølje bestående av en opsjon og underliggende aksjer med motsatt posisjon over en kort tidshorisont vil gi en avkastning lik risikofri rente ( $r$ ), dersom man utelukker arbitrasjemuligheter. Bakgrunnen for dette argumentet er at opsjonsprisen innenfor en kort tidshorisont er perfekt korrelert med underliggende aksjepris, således vil gevinst/tap i

opsjonsverdi som følge av endring i prisen på underliggende utjevnes ved at verdien på aksjene endrer seg tilsvarende i motsatt retning. Man vet dermed med sikkerhet hva verdien av porteføljen blir i slutten av en kort tidsperiode. Teoretisk er porteføljen bare risikofri i ett øyeblikks tid, for å opprettholde en risikofri portefølje over en lengre tidsperiode må man derfor konstant korrigere forholdet mellom opsjon og aksjer. Med andre ord beskrev Merton hvordan man ved dynamisk delta hedging kontinuerlig over tid kan eliminere all risiko i en portefølje. For at det teoretisk skal være mulig å eliminere all risiko ved bruk av dynamisk delta hedging la de følgende forutsetninger til grunn (Hull 2011: kap 14).

Forutsetninger for Black – Scholes – Merton modellen:

1. Aksjeprisen følger en geometric Brownian motion

$$dS = \mu S dt + \sigma S dZ$$

→ Priser er lognormalfordelt

→ Avkastning er normalfordelt

2. Shortsalg er alltid tillatt
3. Ingen transaksjonskostnader eller skatter
4. Ingen dividendeutbetaling i løpet av derivatets levetid
5. Ingen risikofrie arbitrasjemuligheter
6. Kontinuerlig prisbevegelser
7. Risikofri rente,  $r$ , er konstant

I virkeligheten er det ikke sikkert at alle disse forutsetningene holder mål, men selv om det skulle vise seg at det er brudd på en eller flere av forutsetningene vil det ikke dermed si at modellen ikke kan benyttes. For å avgjøre dette må man vite hvor sensitiv modellen er for slike brudd.

For prising av en Europeisk aksjeopsjon utledet Black, Scholes og Merton følgende formel:

$$c = S_0 N(d_1) - K e^{-rt} N(d_2) \quad (9.4)$$

og

$$p = Ke^{-rt}N(-d_2) - S_0N(-d_1) \quad (9.5)$$

hvor

$N(x)$  er den kumulative sannsynlighetsfordelingen til en standard normalfordelt verdi

$$d_1 = \frac{\ln(S_0/K) + (r + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = \frac{\ln(S_0/K) + (r - \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}} = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

$S_0$  = Nåværende aksjepris

$K$  = Strike prisen

$T$  = Tid til forfall

$\sigma$  = Aksjeprisens volatilitet

$r$  = Risikofri rente

Av disse variablene er det bare volatiliteten som er ukjent, de andre kan enten observeres i markedet eller så er de fastsatt som en del av kontraktsspesifikasjonene. Volatiliteten er et mål på usikkerheten knyttet til aksjens fremtidig avkastning. To ulike tilnærminger for å estimere volatiliteten er: a) beregne historisk volatilitet, b) implisitt volatilitet.

En stor forskjell mellom denne formelen og den formelen Boness publiserte i 1964 er at Black – Scholes ikke inneholder noen variable som blir påvirket av investorens risikopreferanser. Siden modellen ikke inneholder variable som påvirkes av risikopreferanser kunne Black, Scholes og Merton argumentere for at risiko heller ikke påvirker løsningen, de kunne dermed anta en risikonøytral verden. I en risikonøytral verden vil forventet avkastning for alle investeringer være lik risikofri rente, dette er fordi en risikonøytral aktør ikke krever en risikopremie for å utsette seg selv for risiko. I formelen ser vi at forventet avkastning ( $\mu$ ) er erstattet med risikofri rente ( $r$ ). Dette argumentet utgjør essensen i risikonøytral prising

(Hull 2011: kap 14), og gjorde analysen betraktelig enklere da det ikke var behov for å kartlegge investorers risikopreferanser for å kunne kalkulere en opsjonspris.

## 9.4 Generalisert Black – Scholes – Merton

I den generaliserte versjonen av Black – Scholes – Merton modellen (GBS) innlemmes også variabelen  $b$ , cost-of-carry. Ved å endre verdien til  $b$  kan modellen brukes til å prise Europeiske aksjeopsjoner som betaler en kontinuerlig utbytte, futuresopsjoner og valutaopsjoner (Haug 1997: 7). Det er den generaliserte Black-Scholes-Merton modellen som ligger til grunn for Turnbull og Wakeman sin approksimasjonsmodell som vi skal benytte senere i oppgaven for å beregne noen teoretiske opsjonspriser (se kapittel 13.6).

Generalisert Black – Scholes – Merton uttrykkes:

$$c_{GBS} = Se^{(b-r)T}N(d_1) - Xe^{-rT}N(d_2) \quad (9.6)$$

$$p_{GBS} = Xe^{-rT}N(-d_2) - Se^{(b-r)T}N(-d_1) \quad (9.7)$$

Hvor

$$d_1 = \frac{\ln(S/X) + (b + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = \frac{\ln(S/X) + (b - \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}} = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

$b$  = Cost-of-carry rate ved å eie underliggende aktiva

## 9.5 Turnbull og Wakeman approksimasjonsmodell

Som nevnt tidligere er det svært vanskelig å finne en analytisk løsning på en asiatisk opsjon basert på et aritmetisk gjennomsnitt. Opsjonene på Fish Pool er av Asiatisk art, vi ser det

derfor som hensiktsmessig å nevne en formel som blir brukt til å prise slike opsjoner. Turnbull og Wakeman utviklet en approksimasjonsmodell (TWA) hvor de justerer gjennomsnitt ( $b_A$ ) og varians ( $\sigma_A^2$ ) slik at de er konsistente med utvikling i det aritmetiske gjennomsnittet. De justerte verdiene blir så brukt som variable i den generaliserte BSM modellen.

TWA uttrykkes:

$$c \approx S e^{(b_A - r)T_2} N(d_1) - K e^{-rT_2} N(d_2) \quad (9.8)$$

$$p \approx K e^{-rT_2} N(-d_2) - S e^{(b_A - r)T_2} N(-d_1) \quad (9.9)$$

hvor

$$d_1 = \frac{\ln(S/X) + (b_A + \sigma_A^2/2)T_2}{\sigma_A \sqrt{T_2}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma_A \sqrt{T_2},$$

og  $T_2$  er gjenværende tid til forfall på det tidspunktet opsjonen skal prises.

her er T tid til forfall målt i år. Volatiliteten og cost – of – carry til gjennomsnittet er gitt ved følgende funksjoner:

$$\sigma_A = \sqrt{\frac{\ln(M_2)}{T} - 2b_A}$$

$$b_A = \frac{\ln(M_1)}{T}$$

$M_1$  og  $M_2$  utgjør det første og andre moment i det aritmetiske gjennomsnittet og beregnes på følgende måte:

$$M_1 = \frac{e^{bT} - e^{bt}}{b(T-t)}$$



$$M_2 = \frac{2e^{(2b+\sigma^2)T}}{(b+\sigma^2)(2b+\sigma^2)(T-t)^2} + \frac{2e^{(2b+\sigma^2)t}}{b(T-t)^2} \left[ \frac{1}{2b+\sigma^2} - \frac{e^{b(T-t)}}{b+\sigma^2} \right]$$

Hvor  $T$  representerer tid til forfall fra det tidspunktet opsjonen ble skrevet, og  $t$  er tid til gjennomsnittperioden starter. Dersom man er i den situasjonen at opsjonen allerede befinner seg i gjennomsnittperioden må strike prisen ( $K$ ) erstattes med  $\hat{K}$  og opsjonsverdien må multipliseres med  $\frac{T_2}{T}$ .

$$\hat{K} = \frac{T}{T_2}K - \frac{T_1}{T_2}S_A$$

Hvor  $T_1 = T - T_2$ , og  $S_A$  er gjennomsnittsprisen på underliggende aktiva i den observerte perioden  $T_1$  (Haug 2007b: 186).

## 9.6 Alternative opsjonsprisinde modeller

Frem til nå har vi introdusert Black-Scholes-Merton opsjonsprisinde modell som forutsetter at prisene er kontinuerlige og at de er en lognormalfordelt. Dette er forutsetninger som ofte ikke holder i virkeligheten, og som medfører feilprising av opsjoner. Det finnes flere alternative prosesser hvor forutsetningene kanskje holder bedre sett i forhold til virkeligheten.

### 9.6.1 Levy prosesser

Modeller som forutsetter at priser på endringsform er kontinuerlig er kjent som diffusion models. Modeller hvor endring i pris er kontinuerlig, men også inneholder hopp kalles mixed jump-diffusion modeller. En modell hvor endring i pris består utelukkende av hopp er kjent som pure jump model. Alle modellene over karakteriseres som Levy prosesser. Vi vil videre nevne eksempler på slike prosesser, før vi ser på modeller som forutsetter stokastisk volatilitet.

## **Mertons Mixed Jump-Diffusion Model**

Merton Jump-Diffusion Model er en modell som forutsetter at prisen på endringsform er kontinuerlige, men hvor det forekommer hopp. Modellen kan for eksempel implementeres med Monte Carlo simulation. I tillegg til at prisene da følger en geometric Brownian motion og volatiliteten følger en wienerprosess, legges det til et ledd som simulerer hopp i prisen. Hopp i prisen kan for eksempel simuleres gjennom en Poisson prosess (Hull 2011: 601-603).

## **The Variance-Gamma Model**

The variance-gamma model er en pure jump modell som forutsetter at prisavkastningen utelukkende inneholder hopp. Det betyr at prisen på endringsform ikke er kontinuerlig. En gammaprosess vil si at prisavkastningene kun består av hopp, hvor små hopp forekommer ofte, mens store hopp forekommer av og til. Dette gir at fordelingen til variance-gamma modellen har lengere haler enn lognormalfordelingen som er gitt ved geometric Brownian motion. Modellen har en tendens til å gi u-formede volatilitetssmil, som ikke nødvendigvis er symmetrisk (Hull 2011: 603-605).

### **9.6.2 Stokastisk volatilitet**

*“Suppose we use the standard deviation of possible future returns on a stock as a measure of its volatility. Is it reasonable to take that volatility as a constant over time?”*

I think not.” - Fischer Black (1976) (Javaheri 2005: kap 1).

Stokastisk volatilitet er statistisk metode innen matematisk finans hvor volatilitet svinger over tid, i motsetning til å være konstant. Ved å tillate at volatiliteten varierer over tid skal opsjonsprisingsmodellen bli mer nøyaktig. Modeller som bygger på stokastisk volatilitet er sofistikerte krever relativt mye datakraft. Metodene har blitt mer anvendelig og videre utviklet etterhvert som datateknologien er utviklet seg og blitt bedre.

GARCH Diffusion modeller kan sees på som en samlebetegnelse for flere modeller, hvor hovedprinsippet er å kartlegge aktiva sin volatilitet hvor variansen følger en mean-reverting prosess (Hull 2011: 605-608). Vi kommer ikke til å benytte oss av GARCH i denne oppgaven.

## 10 Hedging

Aktører som benytter seg av derivater kan deles inn i to kategorier: hedgere og spekulanter. Etterspørselen for en markeds plass hvor det handles derivater oppstår gjerne i forbindelse med et behov for å redusere risiko eller å hedge risiko, mens spekulantene er viktig for å skape tilstrekkelig likviditet i markedet.

The Commodity Futures Trading Commission (CFTC) er en institusjon som overvåker futuresmarkedet i USA og skal sørge for åpen og transparent handel og sørge for at ingen aktører driver med kursmanipulasjon eller annen svindel. CFTC definerer hedging med futures som:

*“Taking a position in a futures market opposite to a position held in the cash market to minimize the risk of financial loss from adverse price change; or a purchase or sale of futures as temporary substitute for a cash transaction that will occur later. One can hedge either a long cash market position (e.g., one owns the cash commodity) or a short cash market positions (e.g., one plans on buying the cash commodity in the future) (Kolb og Overdahl 2010: 43).*

Kolb og Overdahl skriver i boken *“Financial derivatives – pricing and risk management”* at motsetningen til hedgere er spekulanter. En spekulant er en aktør som ikke hedger, men som har det primære målet å oppnå profitt ved for eksempel å forutse prissvingninger. Et eksempel på en spekulant er en aktør som ikke har en fysisk posisjon i markedet og kjøper en futureskontrakt. Spekulanten har dermed påtatt seg en risiko han i utgangspunktet ikke hadde. I korte trekk kan hedging oppsummeres som handel designet for å fjerne risiko. Fjernes all risiko, kalles det en perfekt hedge. En hedge som ikke endres etter den er satt opp, kalles en statisk hedge. Eksempel på en statisk hedge kan være en oppdretter som

kjøper futureskontrakter for deler eller hele volumet laks de skal produsere, og ikke kjøper eller selger flere futureskontrakter før laksen skal slaktes og leveres.

Hvorvidt et selskap velger å hedge kan avhenge av hvilke holdninger bransjen har til risiko. Hull skriver at dersom hedging ikke er normalen innen en bransje, kan det slå uheldig ut for et selskap som velger å gå mot strømmen ved å hedge. Konkurransen innen bransjen medfører at endring i prisen på varene eller tjenestene som produseres reflekterer råvarepriser, renter, valutakurser osv. Et selskap som ikke hedger kan forvente en tilnærmet konstant fortjenestemargin. Dersom et selskap velger å gå mot strømmen ved å hedge, kan de forvente at fortjenestemarginen endrer seg med endringen i prisen. For å illustrere dette har vi laget et eksempel med foredlere av laks. Anta at bransjen ikke har noen tradisjon for å hedge bort risiko. Dersom lakseprisen øker, vil det gi en tilsvarende økning i grossistprisen. Dette gir at fortjenestemarginen til selskaper som ikke hedger forblir tilnærmet uendret, uansett prisendring. Anta videre at en foredler hedger sitt innkjøp av laks 18 måneder frem i tid gjennom futureskontrakter. De vil da ha en økende fortjeneste dersom lakseprisen øker, og en redusert fortjeneste dersom lakseprisen avtar (Hull 2011: 50-51).

Dersom et selskap hedger ved bruk av futureskontrakter vil risikoprofilen endre seg. For å illustrere dette med et eksempel, anta at utviklingen i aksjekursen til et selskap som driver med lakseoppdrett i stor grad er positivt korrelert med utviklingen i lakseprisen. En oppdretter velger å låse inn en pris for store deler av lakseproduksjonen det neste året gjennom futureskontrakter, inntektene til selskapet vil dermed i stor grad være sikret. I hvilken grad selskapets aksjekurs reagerer på endring i lakseprisen vil være avhengig av om oppdretteren offentliggjør hedgenivået eller ikke.

Anta videre at en spekulant som har stor tro på at lakseprisen skal kraftig opp i tiden fremover, og samtidig er villig til å ta risikoen for at prisen går ned. Spekulanten kjøper aksjer i et kjent selskap som driver med lakseoppdrett i tro om at dersom prisen på laks går opp, følger aksjekursen etter. Det spekulanten ikke vet er at lakseselskapet har valgt å låse inn en pris for hele produksjonsvolumet. Tiden går, og det skulle vise seg at spekulanten fikk rett, lakseprisen gikk rett til værs. Aksjekursen til lakseoppdretteren stiger noe på grunn av høye forventninger til resultatet når neste rapport over kvartalstall skal presenteres, men faller i

etterkant når det blir kjent at oppdretteren har hatt en inntjening langt under det som var forventet. Spekulanten har dermed kjøpt et annet "produkt" enn det han ønsket og trodde, det er viktig for selskaper å være åpne om hvilke hedge posisjon de har eller hvilke risikoprofil de har.

Ved hedging med opsjoner brukes det ofte mer sofistikerte strategier, hvor det blant annet kan beregnes delta, gamma og vega. Vi vil i det videre se nærmere på delta, som er sentral i forbindelse med *dynamisk hedging* eller også kalt deltahedging.

## 10.1 Delta hedging

Delta ( $\Delta$ ) til en opsjon er definert som endring i opsjonsprisen med hensyn til endring i underliggende aktiva (Hull 2011: 380). For eksempel, anta at delta til en call opsjon er 0,6. Det betyr at dersom prisen på det underliggende aktiva endrer seg noe, vil opsjonsprisen endre seg med 60 prosent av endringen. Matematisk kan vi sette opp delta ( $\Delta$ ) slik:

$$\Delta = \frac{dc}{dS} \quad (10.1)$$

hvor  $c$  er prisen på call opsjonen og  $S$  er prisen på underliggende.

For å illustrere en deltahedge har vi laget et eksempel hvor en spekulant selger (skriver) opsjoner på aksjer i et lakseselskap. Anta at aksjekursen i dag er på 100 kr, og at opsjonen koster 10 kr, og at en opsjon er på 100 aksjer. Anta videre at spekulanten selger 10 call opsjoner, eller med andre ord opsjoner på 1000 aksjer. Vi beregner oss frem til en delta til opsjonene på 0,5. Det vil si at posisjonen kan hedges ved å kjøpe  $0,5 * 1000$  aksjer = 500 aksjer. Tapet (gevinsten) fra aksjeposisjonen motvirker gevinsten (tapet) fra opsjonsposisjonen. Dersom aksjekursen øker med 1 krone og dermed gir en gevinst på 500 kr fra de kjøpte aksjene, vil opsjonsprisen gå opp med  $0,5 * 1 \text{ kr} = 0,5 \text{ kr}$  og gi et tap på 500 kr. Deltaen til opsjonsstrategien (skrevne opsjoner) blir dermed  $0,5 * (-1000) = -500$ . Dette betyr at spekulanten taper  $500\Delta S$  på opsjonsposisjonen dersom prisen på aksjen øker med  $\Delta S$ . Deltaen til en aksje er 1,0 som gir at aksjeposisjonen (lang 500 aksjer) gir en delta på +

500. Deltaen til opsjonsposisjonen motvirker dermed deltaen til aksjeposisjonen ( $- 500 + 500 = 0$ ), og spekulanten har dermed en *deltanøytral* posisjon (Hull 2011: 380-386).

Det er viktig å merke seg at delta til en opsjon ikke er konstant. Det vil si at opsjonsposisjonen til spekulanten i eksempelet over kun er deltanøytral i en kort periode. For å opprettholde en deltanøytral posisjon må hedgen justeres fortløpende etterhvert som deltaen endrer seg. Spekulanten må da enten kjøpe flere eller selge aksjer, alt ettersom deltaen øker eller synker. En slik fortløpende endring av hedgen, kalles *dynamisk hedging*.

Dynamisk hedging er blant annet sentralt i forbindelse med Black-Scholes-Merton sin prisingsmodell for opsjoner. På Fish Pool må opsjonene hedges med futureskontraktene. På grunn av den lave dag-til-dag likviditeten til futureskontraktene på Fish Pool det er umulig med dynamisk kontinuerlig deltahedging på Fish Pool. Vi vil derfor videre i denne oppgaven ikke se nærmere på delta til opsjonene på Fish Pool når vi senere i oppgaven skal beregne teoretiske opsjonspriser.

## 11 Jarque-Bera normalitetstest

Det finnes flere metoder for å teste for hvorvidt et datasett er normalfordelt. En som har blitt svært populær og som ofte følger med statistikkprogram er Jarque-Bera (JB) test. Det er en asymptotisk test som tar utgangspunkt i OLS residualer.

JB beregner først skjevhet og kurtose til fordelingen i datasettet. Skjevhet vil si hvorvidt halene er symmetriske eller ikke. Kurtose er et mål på hvorvidt fordelingen har høyere topp og tjukkere haler (eller omvendt) enn normalfordeling. Se kapittel 7.2 for mer om skjevhet og kurtose i forhold til normalfordeling. For datasett som er normalfordelt skal skjevheten være lik null og kurtose være lik tre (eksess kurtose lik null). Jarque-Bera testen beregnes med følgende formel:

$$JB = \frac{n}{6} \left[ S^2 + \frac{(K-3)^2}{4} \right] \quad (11.1)$$

hvor  $n$  er størrelsen på utvalget,  $S$  er skjevheten,  $K$  er kurtose (ikke eksess kurtose). Formelen er utviklet av Jarque og Bera som har vist at under forutsetningene for normalitet, følger verdien beregnet i formelen over  $\chi^2$ -fordeling med 2 frihetsgrader ved store utvalg. Dette kan skrives:

$$JB_{asy} \sim \chi^2_{(2)}$$

hvor  $asy$  står for asymptotisk, eller med andre ord et stort utvalg.

Vi ser fra formelen (11.1) at dersom utvalget er normalfordelt og dermed  $S$  og  $(K-3)$  er null, så er også  $JB$  null. Dersom utvalget ikke er normalfordelt,  $S$  og/eller  $(K-3)$  ikke er null, øker verdien til  $JB$ . Hvorvidt  $JB$ -verdien vi finner ved hjelp av formelen (11.1) er høy eller lav, avgjøres med en  $\chi^2$ -tabell. Dersom verdien som er beregnet ved hjelp av formelen over er større enn den kritiske verdien vi finner i  $\chi^2$ -tabellen med to frihetsgrader og et valgt signifikansnivå, forkaster vi nullhypotesen som sier at utvalget er normalfordelt. Dersom verdien vi beregner i  $JB$ -testen ikke er større enn den kritiske  $\chi^2$ -verdien, forkaster vi ikke nullhypotesen (Gujarati og Porter 2010: 78-79). Se vedlegg 3 for  $\chi^2$ -tabell.

Jarque-Bera er en asymptotisk metode som følger en  $\chi^2$ -fordeling. Dersom utvalget ikke er stort nok, kan testen gi feil resultat. Studier har vist at  $JB$  fungerer dårlig dersom utvalget er lite. Grunnen til dette er at skjevhet og kurtose ikke har en uavhengig fordeling. Spesielt kurtose konvergerer tregt mot normalitet.

## 12 Redegjørelser rundt datasettet

I forbindelse med denne oppgaven benytter vi oss av fire forskjellige datasett, heholdtvis futurespriser fra Fish Pool, Fish Pool Indeks, samt laksepriser hentet fra SSB og NOS.

**Datasett 1:** Futuresprisene er daglig stengekurs fra perioden 12.06.2006 til 29.02.2012. Dataserien består av totalt 1480 observasjoner og er lastet ned fra [www.fishpool.eu](http://www.fishpool.eu) (b) 01.03.2012.

**Datasett 2:** Fish Pool Indeks™ er ukentlige priser fra perioden uke 1 i 2004 til uke 7 i 2012. Dataserien består av 425 observasjoner og ble lastet ned fra [www.fishpool.eu](http://www.fishpool.eu) (c) 01.03.2012.

**Datasett 3:** Laksepriser hentet fra SSB er ukentlige priser fra perioden uke 1 i 2000 til uke 7 i 2012. Dataserien består av 633 observasjoner og er lastet ned fra [www.ssb.no](http://www.ssb.no) 01.03.2012.

**Datasett 4:** Laksepriser hentet fra NOS er ukentlige priser fra perioden uke 1 i 1995 til uke 7 i 2012. Dataserien består av 894 observasjoner og er lastet ned fra [www.nosclearing.com](http://www.nosclearing.com) (d) 01.03.2012.

Ved bruk av futurespriser som datagrunnlag er det nødvendig å ta hensyn til rulling fra en kontrakt til neste. Akkurat når kontraktene rulleres vil variere fra marked til marked. I følge Fish Pool er det sjeldent at en kontrakt handles etter den 15. innen den måneden kontrakten forfaller. Med bakgrunn i disse opplysningene har vi valgt å rulle kontraktene i midten av måneden. Se tabell 1 der vi ruller fra juni til juli kontrakten i 2006.

**Tabell 1:** Eksempel på hvordan man kan rulle fra en kontrakt til neste.

Closing Date	Year Expiring	Month Expiring	Price NOK
20060613	2006	6	40,5
20060614	2006	6	40,5
20060615	2006	6	40,8
20060616	2006	7	40,1
20060619	2006	7	40,4
20060620	2006	7	40,7
20060621	2006	7	41

*Utsnittet viser hvordan vi ruller fra juni- til julikontrakten i 2006. Hoppet skjer fra 15. til 16.juni, tilsvarende vil de andre rulleringene i datasettet se ut.*

Når vi i analysedelen skal beregne historisk volatilitet og skal se nærmere på sannsynlighetsfordelingen til prisen, har vi valgt å fjerne rullehoppene fra datasettet da de ikke reflekterer faktisk prisendring. Se tabell 2 for eksempel på hvordan et rullehopp kan se ut.



Tabell 2: Utsnitt av datasett 1 hvor den markerte cellen illustrerer et rullehopp.

Closing Date	Year Expiring	Month Expiring	Price NOK	Avkastning
20060614	2006	6	40,5	0
20060615	2006	6	40,8	0,0073801
20060616	2006	7	40,1	-0,017306
20060619	2006	7	40,4	0,0074535
20060620	2006	7	40,7	0,0073983

Vi ser her et utsnitt av datasettet hvor den markerte cellen er et rullehopp. Rullehoppet er prisendringen fra en kontrakt til den neste.

## 12.1 utfordringer med datasettet

I dette kapittel skal vi se nærmere på utfordringer med datasett 1. Etter å ha rullert kontraktene og justert for rullehopp beregnet vi daglig avkastning gjennom hele perioden. Vi har da et datasett med 1410 datapunkter. Et problem som åpenbarte seg var at omtrent halvparten av avkastningene (703) viste ingen endring i pris. Dersom nullavkastningene er et resultat av uendret pris til tross for at futureskontrakten er handlet, er ikke det et problem i seg selv. Etter samtaler med Fish Pool har vi fått opplyst at nullavkastning høyst sannsynlig skyldes ingen handel. Fish Pool hevder at det er svært sjeldent at det ikke er endring i futuresprisen dersom kontrakten er handlet.

Price NOK	Avkastning
27,9	0,0108109
28	0,0035778
28	0
28	0
28	0
28	0
28	0

I tabell 3 har vi klipt ut et utsnitt av datasettet. Utsnittet er symptomatisk for hele datasettet, og den lengste perioden uten handel er på 17 dager, som tilsvarer nesten en hel måned med handelsdager. Den viser daglig kilopris på laks i høyre kolonne og avkastning i venstre kolonne. Det er rimelig å anta at periodene med nullavkastning, som vi har vist eksempel på i tabell 3, skyldes lav likviditet i markedet.

Tabell 3: Eksempel på forekomster av nullavkastninger

27,2	-0,007326
27	-0,0073801
27	0
27	0
27	0
27	0
27	0
27	0
27	0
27	0
27	0
27	0
27	0
26,9	-0,0037106
26,8	-0,0037244
26,7	-0,0037383
26,6	-0,0037523
26,5	-0,0037665
26,5	0
26,5	0
26,5	0
26,5	0
26,6	0,0037665

To problemer med å beregne historisk volatilitet med datasettet er at:

1. endringen i pris som følge av en periode med nullavkastninger ikke nødvendigvis reflekterer daglig volatilitet, men for hele eller deler av perioden med nullavkastninger.
2. vi underestimerer volatiliteten for perioden som følge av høy forekomst av nullavkastninger.

Vi ser også at den høye forekomsten av nullavkastninger vil gi problemer i forbindelse med når vi skal se på den historiske fordelingen til futuresprisen sin avkastning. Fordelingen vil få en meget høy topp som følge av alle nullavkastningene, og vil gi at kurtosenivå som vil avvike fra en normalfordeling.

Et annet problem i forhold til perioder med nullavkastninger i datasettet er at det med stor sannsynlighet generer prishopp. Dette kan gi konsekvenser i forhold til prising av opsjoner og delta hedging.

En metode for å finne en optimal hedgerate er *Minimum Variance Hedge Ratio*. Raten er i dette tilfelle avhengig av forholdet mellom endringen til spotprisen og endringen til futuresprisen.

$\Delta S$ : Endring i spotprisen,  $S$ , under en periode som tilsvarer varigheten til hedgen.

$\Delta F$ : Endring i futuresprisen,  $F$ , i en periode som som tilsvarer varigheten til hedgen.

Videre definerer vi  $h^*$  som minste varians hedgerate.

Formel for å beregne optimal hedgerate:

$$h^* = \rho \frac{\sigma_S}{\sigma_F} \quad (12.1)$$

Hvor  $\sigma_S$  er standardavviket til  $\Delta S$ ,  $\sigma_F$  er standardavviket til  $\Delta F$  og  $\rho$  er korrelasjonskoeffesint mellom  $\Delta S$  og  $\Delta F$  (Hull 2011: 57).

$\rho$ : i perioder med nullavkastning vet vi ikke noe om prisutviklingen til futuresprisene, vi har derfor ikke noe sammenligningsgrunnlag for å si om det er samsvar mellom

prisbevegelsene på  $FPI^{TM}$  og futureskontraktene.  $\rho$  vil med høy sannsynlighet ikke reflektere hvordan prisseriene korrelerer i virkeligheten.

$\sigma_F$  på grunn av nullavkastningene underestimeres volatiliteten.

Med bakgrunn i dette mener vi at grunnlaget for å beregne en optimal hedgerate ikke er godt nok. Som vi nevnte innledningsvis kommer vi derfor ikke til å se nærmere på hedgeeffektivitet i analysen.

## 13 Analyse

### 13.1 Rulling av futureskontrakter

Futureskontrakter har en begrenset levetid. Det er viktig både for tradere, aktive aktører og analytikere å konstruere en kontinuerlig prisserie, dette er for å teste hypoteser eller utvikle ulike strategier for spekulasjon eller hedgeformål (Carchano og Pardo 2009). For å konstruere en kontinuerlig prisserie må man rulle futureskontraktene på et tidspunkt før de forfaller. Rulle en futureskontrakt innebærer at man på et tidspunkt i kontraktens levetid reverserer posisjonen man har, dette gjøres ved å selge/kjøre en tilsvarende kontrakt som den man har, for så å innta en posisjon i en annen kontrakt med utløp på et senere tidspunkt. Tidligere var den mest vanlige måten å konstruere en kontinuerlig prisserie å benytte seg av data fra den nærmeste futureskontrakten helt til kontraktens forfall og deretter koble prisserien sammen med neste påfølgende kontrakt. I 1965 oppdaget Samuelson at volatiliteten til futureskontraktene steg voldsomt når de nærmet seg forfall, denne volatiliteten ble ikke gjenspeilet i spotprisen. Han mente at dersom man ikke tok hensyn til spriket i volatiliteten til futuresprisene og spotprisen ville man kunne ende opp med å trekke konklusjoner på feil grunnlag. Det er derfor et poeng å finne det beste tidspunktet for når man skal rulle futureskontrakten for å få en prisserie som på beste måte gjenspeiler utviklingen i spotprisen. Ma, Mercer og Walker konkluderte i sin rapport fra 1992 med at tidspunktet for å rulle en kontrakt er avhengig av råvaren, men at man alltid burde

unngå å rulle på den siste dagen av kontraktens levetid siden dette nesten alltid vil generere en overdreven volatilitet (Carchano og Pardo 2009). På Fish Pool slutter man å handle nærmeste kontrakt omtrent midt i måneden kontrakten utløper, vi har derfor bestemt oss for å rulle kontraktene den første handledagen etter den 15. samme måneden kontrakten forfaller.

For aktive aktører kan det ofte være aktuelt å beholde en posisjon lengere enn det en futureskontraktperiode er, ved å rulle fra en kontrakt til en annen kan man beholde den posisjonen man ønsker så lenge det er av interesse. For en spekulant som er lang en futureskontrakt som nærmer seg utløp kan det være aktuelt å rulle til neste kontrakt dersom vedkommende fortsatt tror på en oppgang i markedet (bullish holdning).

Hver gang man ruller en kontrakt blir man utsatt for bid/offer spread. I markedet er det til enhver tid to priser, en man kan kjøpe til (offer) og en man kan selge til (bid). I det tilfellet man er lang en futureskontrakt som man ønsker å rulle må man selge en kontrakt tilsvarende den kontrakten man har til bid prisen i markedet, deretter kjøper man en kontrakt som forfaller på et senere tidspunkt til offer prisen i markedet (Garner 2010: 28). Bid/offer spreaden kan medføre både gevinst eller tap for en aktør i futuresmarkedet. Utfallet bid/offer spreaden vil ha på handelen er avhengig av hvilke forventninger markedet har til fremtidig prisendring i sammenheng med posisjonen man har i futuresmarkedet. For eksempel dersom markedet forventer at prisen på laks skal gå ned den kommende måneden vil en som er lang i futuresmarkedet, og ønsker å beholde sin posisjon, selge futureskontrakter til en høyere pris enn det som vedkommende må kjøpe neste måneds kontrakt for. I denne situasjonen vil man tjene penger på bid/offer spreaden. I motsatt fall vil en som er lang i futuresmarkedet tape penger dersom markedet forventer en prisstigning i måneden som kommer.

Når man ruller fra en kontrakt til en annen opplever man ofte at prisene spriker, eller hopper fra den ene kontrakten til den andre. Dette kommer av at markedet har forventninger til prisutviklingen for neste futureskontrakts periode. Et slikt hopp kalles ofte et deterministisk hopp. Et deterministisk hopp skyldes ikke usikkerhet knyttet til prisbevegelser (prisisiko), men at man sluttet å handle en kontrakt og går over til å handle neste kontrakt. Man burde

derfor skille mellom deterministiske hopp og prishopp. Siden man selv bestemmer når man skal rulle kontrakten er det derfor ingen overraskelse når det deterministiske hoppet kommer. Dersom størrelsen og retningen til de deterministiske hoppene er kjent er det for aktører ikke noe risiko å ta hensyn til i sin risikostyringsstrategi. Er det derimot stor usikkerhet rundt hoppene vil det medføre at risikoen til porteføljen stiger og derfor burde aktørene ta høyde for dette. Se tabell 4 for et eksempel på et rullehopp fra futureskontraktene på Fish Pool, her kan man se hvordan prisserien endrer seg når vi ruller fra august kontrakten 2006 til september kontrakten 2006. Akkurat dette hoppet var på -6 prosent, og vi ser hvordan prisen endret seg fra kr 36,1 til kr 34.

Tabell 4: Eksempel på et deterministisk rullehopp.

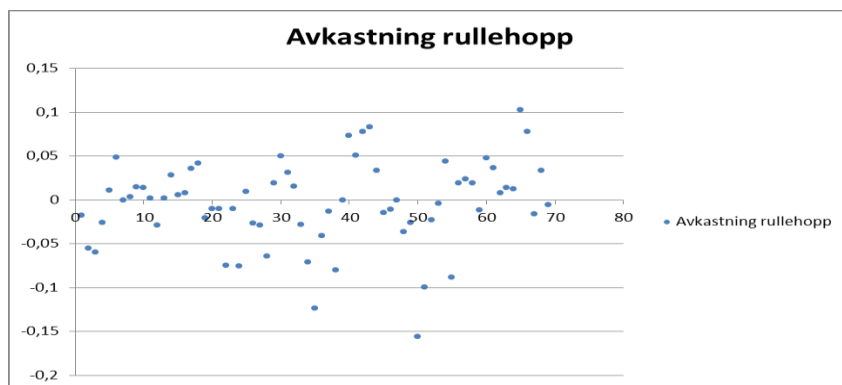
Dato	Pris NOK	Endring pris
20060811	35,9	0,0027894
20060814	36	0,00278164
20060815	36,1	0,00277393
20060816	34	-0,0599323
20060817	33,5	-0,0148151
20060818	33	-0,0150379
20060821	32,5	-0,0152675

På Fish Pool oppstår det et problem i forbindelse med rulling av futureskontraktene, problemet er at det er mange dager hvor det ikke handles noen futureskontrakter i det hele tatt. Når det ikke handles futureskontrakter på Fish Pool i en periode før kontrakten rulles vil rullehoppet bestå av både et deterministisk hopp og prishopp, dette gjør at det blir vanskelig å analysere rullehoppene. Som det fremgår av tabell 5 under ble det ikke handlet noen kontrakter den 13. august 2010, dette er rett før vi ruller til september kontrakten. Det påfølgende rullehoppet er ganske stort, på nesten -10 prosent. Det vi ikke kan si noe om her er hvor stor del av hoppet som skyldes prisendring den dagen det ikke ble handlet kontrakter, altså prisrisiko. Det vi derimot kan si ganske sikkert at rullehoppet ikke bare består av et deterministisk hopp.

Tabell 5: Eksempel på hvordan rullehoppet kan bestå av både deterministisk hopp og prishopp.

Dato	Pris NOK	Endring pris
20100812	39,5	0,0127
20100813	39,5	0
20100816	35,75	-0,0998
20100817	35,5	-0,0070
20100818	36	0,0140

I figur 19 har vi plottet alle rullehoppene i futuresprisene på Fish Pool siden de første tradede kontraktene i juni 2006. Som man kan se fordeler de fleste hoppene seg mellom -0,05 og 0,05 det betyr at de fleste hoppene ikke er større enn 5 prosent, eller mindre enn -5 prosent. Det er fortsatt noen av hoppene som er betydelig større enn dette, ser man nærmere etter legger man merke til at det største negative hoppet er på over -15 prosent, og det neststørste hoppet er på ca. -12,5 prosent. Det største positive hoppet er på litt over 10 prosent. Som nevnt over er det stor usikkerhet knyttet til rullehoppene og hva som skyldes prishopp og hva som skyldes deterministisk hopp siden det er mange dager det ikke handles futureskontrakter. I perioden før hoppet på -15 prosent er det flere dager uten handel og hoppet består derfor sannsynligvis av både et deterministisk hopp og prishopp. Det samme gjelder for det største positive hoppet som er på litt over ti prosent. Datasettet gir oss ikke noe entydig svar på hvordan rullehoppene ser ut. Fra plottet under kan det tyde på at det ikke er noen retning eller størrelse på hoppene, men siden datasettet består av veldig mange punkter som ikke gir oss noe informasjon (alle nullavkastningene) kan vi ikke komme med en konklusjon om hvordan aktører i markedet skal forholde seg til denne typen risiko (eller om det er risiko i det hele tatt). Likviditetsproblemene i Fish Pools futuresmarked gjør det vanskelig å analysere rullehoppene.

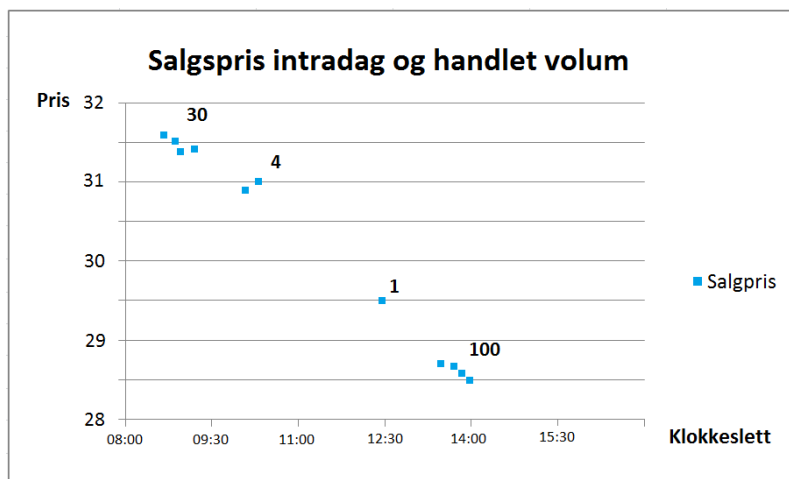


Figur 19: Plott av rullehoppenes avkastning fra Fish Pool først lanserte futureskontraktene i 2006 og frem til 2012.

## 13.2 Prishopp

Det er flere utfordringer knyttet til å avdekke hopp i lakseprisen. Datasettet vi har tilgjengelig viser kun hva lakseprisen endte på ved slutten av dagen (closingprice), ikke utviklingen i løpet av dagen, intradag priser. Det som tilsynelatende ser ut som et prishopp fra en dag til en annen, kan i virkeligheten være at prisen har utviklet seg kontinuerlig gjennom handel hele dagen. Selv om vi ikke kan bevise at lakseprisen hopper er det ikke en urimelig antakelse at det forekommer hopp da det har blitt gjort flere studier som bekrefter hopp i ulike råvarepriser. For eksempel skriver Koekebakker og Lien at det er beviser for at priser på futures med jordbruksråvarer som underliggende har en fordeling med fete haler og at det forekommer uforutsigbare hopp i prisen (Koekebakker og Lien 2003). Vi kommer tilbake til fordelingen til lakseprisen i kapittel 13.5.

Selv med intradagpriser er det et annet problem som oppstår når man skal prøve å kalkulere størrelsen på et prishopp. Espen G. Haug skriver i boken «Derivatives – Models on Models» at størrelsen på prishoppet er individuelt og avhenger av blant annet hvor stor posisjonen en aktør har i markedet (Haug 2007a: 50-51).



Figur 20: Fiktiv prisserie intradag og handlet volum til de ulike prisene.

Dette er et eksempel som illustrerer hvordan størrelsen på en aktør er avgjørende for hvor stort prishoppet er. Figur 20 illustrerer hvordan lakseprisen kan bevege seg i løpet av en dag. De blå punktene viser når og til hvilke pris det ble solgt kontrakter i løpet av en dag, tallet ved siden av punktene angir hvor mange kontrakter som ble solgt. Vi ser at prisen er på ca. kr 31,50 når Fish Pool åpner, etter halvannen time falt prisen ned til kr 31. Neste handel utføres til en pris på kr 29,50, og klokken to handles de siste kontraktene den dagen til kr 28,50. En aktør vil kunne argumentere for at det største hoppet den dagen var på kr 1,50 eller ca 5 prosent der prisen gikk fra kr 31 til kr 29,50. Dette stemmer dersom aktøren skulle selge én kontrakt, og fikk gjort det. Som det fremgår av figuren ble det bare solgt en kontrakt til kr 29,50. Er det derimot en større aktør som ønsker å selge 50 kontrakter vil det realistiske hoppet være mye større, denne aktøren vil bli utsatt for et hopp på minst kr 2,50 eller nærmere 8 prosent. Det er bare aktøren selv som vet hvor mange kontrakter som må kjøpes eller selges og derfor er det bare aktøren selv som vet hvor stort prishoppet er. Den individuelle posisjonen til en aktør er avgjørende for hvor stort et prishopp i realiteten er, Espen G. Haug kaller denne forskjellen «*The Many-World's Interpretation of Jump-Diffusion*» (Haug 2007a: 51).

I dette eksempelet blir det solgt totalt 135 kontrakter gjennom en hel dag, hvor mange kontrakter som blir handlet vil være av betydning for hvor stort prishopp en aktør blir utsatt



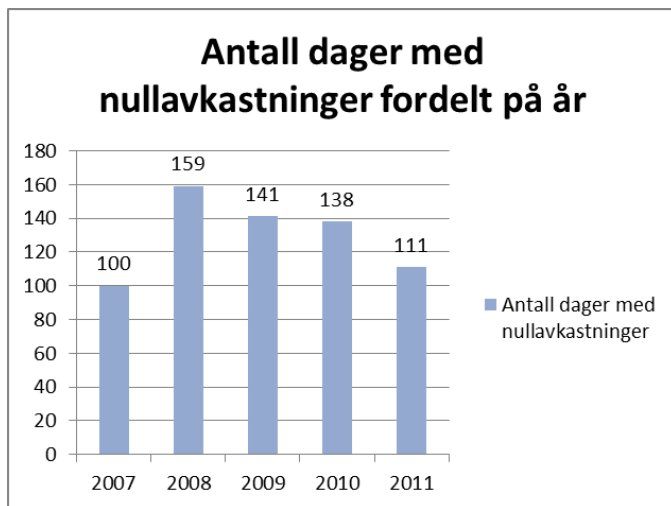
for. Dersom det er svært høy likviditet i markedet er det større sannsynlighet at man får kjøpt eller solgt kontrakter på det tidspunktet man ønsker. Den lave likviditeten på Fish Pool kan dermed bidra til at aktører vil oppleve store prishopp.

Som nevnt tidligere var et argument for BSM formelen at man ved kontinuerlig dynamisk delta hedging ville kunne konstruere en risikofri portefølje, og at det danner grunnlaget for risikofri verdsetting. Haug beskriver hvordan hopp av ulike størrelser påvirker effektiviteten av delta hedging. Selv om man hedger dynamisk vil man under forhold som hopp i prisen fortsatt være eksponert for en betydelig risiko (Haug 2007a: 50-52). Siden det ikke er en realistisk forutsetning at lakseprisen beveger seg dynamisk uten hopp, er det heller ikke realistisk å anta at delta hedging slik Black, Scholes og Merton beskriver det vil fjerne all risiko.

### **13.3 Likviditet på Fish Pool**

I dette kapittelet skal vi forsøke å si noe om utviklingen til likviditeten til markedsplassen Fish Pool. Vår hypotese på området sier at likviditeten har økt siden oppstarten i 2006. Dette skal vi gjøre ved å analysere utviklingen i antall nullavkastninger over tidsperioden 2007 - 2011. Utgangspunktet for denne analysen er datasett 1 (se kapittel 12). Etter samtaler med Fish Pool har vi fått opplyst at det er svært sjeldent at det ikke er endring i lakseprisen fra en dag til en annen, og at dager uten endring i prisen (som gir nullavkastning), mest sannsynlig skyldes ingen handel av kontrakten. Med andre ord betyr det at dersom det er lavt (høyt) antall dager med nullavkastning er det høyt (lavt) antall dager med handel.

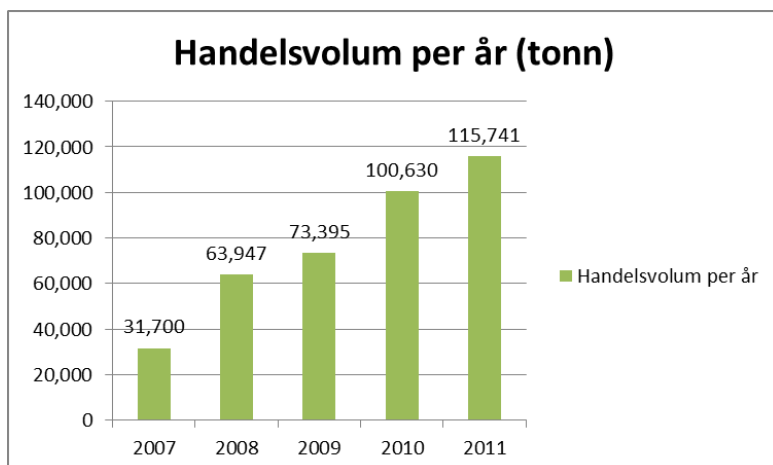
Det første vi har gjort er å beregne antall nullavkastninger for perioden 2007 til 2011. Vi har valgt ikke å se på årene 2006 eller 2012 fordi ingen av disse årene inneholder komplett datasett. Videre har vi delt perioden inn i år og laget et histogram som viser hvordan nullavkastningene fordeler seg på de forskjellige årene.



**Figur 21: Fordeling av nullavkastninger i hvert hele kalenderår siden Fish Pool åpnet.**

Fra figur 21 ser vi at 2007 med 100 forekomster har det laveste antallet dager med nullavkastninger. Dette kommer noe overraskende på oss, for som nevnt innledningsvis har vi en hypotese som sier at likviditeten vil synke etterhvert som markedet modner. En årsak kan være at Fish Pool i 2007 kun har vært åpnet for handel i en kort periode, og at mange aktører handlet små kontrakter for å gjøre seg kjent med markedsplassen. Videre ser vi fra figuren at 2008 har det høyeste antallet dager med nullavkastninger med sine 159 forekomster. I 2009 synker den til 141 dager og i 2010 videre ned til 138 dager med nullavkastninger. Som vi ser i figuren er det fra 2008 en synkende trend ut perioden til 2011, som hadde 111 dager med nullavkastning. Dette indikerer at hypotesen vår som sier at graden av likviditet vil øke etter hvert som markedsplassen modnes stemmer.

Selv om vi ser en synkende trend for antall dager uten handel i perioden 2008 til 2011, er det usikkerhet knyttet til hva den kan fortelle oss om likviditeten til Fish Pool. Det kan være at det er en økende trend med dager hvor det handles, men at antall tonn som handles er lavt. For å kunne kalle en vare likvid, må den være mulig å omsette til penger umiddelbart uten særlig tap av verdi (jf. Basel III, se kapittel 3). Dersom det kun handles i små kvantum på Fish Pool, selv om det gjøres hver dag, har ikke nødvendigvis markedet høy grad av likviditet. Vi har derfor valgt å ta med en figur hvor vi ser på utviklingen til handelsvolumet av laks som er solgt i samme periode.



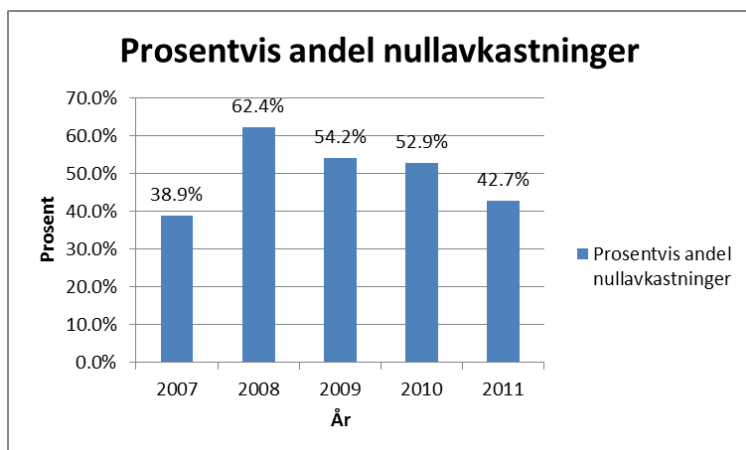
Figur 22: Handelsvolum på Fish Pool i tonn fra 2007-2011.

Fra figur 22 ser vi at 2007 er det året med lavest handelsvolum med 31 700 tonn. I 2008 handles det 63 947 tonn, som tilsvarer en økning på over 100 prosent fra året før. Videre ser vi en ny markant økning fra 2009, hvor det ble handlet 73 395 tonn, til 100 630 tonn i 2010. Det tilsvarer en økning på omtrent 37 prosent. 2011 ble det omsatt 115 741 tonn på Fish Pool, som det største volumet for hele perioden. Det er en tydelig økende trend for hele perioden, som indikerer at Fish Pool tenderer mot økt grad av likviditet.

Som vi har nevnt tidligere varierer antall handelsdager noe fra år til år. For å kontrollere for at endring i antall handelsdager fra år til år ikke påvirker resultatene i analysen over har vi beregnet et relativt forhold mellom antall handelsdager og antall dager med nullavkastning. Formelen vi har benyttet er som følger:

$$\frac{\text{Antall dager med nullavkastning}}{\text{antall handelsdager}} = \text{Prosentvis andel nullavkastninger}$$

Fra figur 23 ser vi at 2007 er det året med lavest andel med nullavkastninger. Videre ser vi at 2008 med 62,4 prosent er det året hvor det er høyest andel dager med nullavkastning. Fra 2008 er det en synkende trend, hvor vi i 2011 ser den laveste andelen med nullavkastninger som tilsvarer 42,7 prosent.



Figur 23: Relativ fordeling av nullavkastninger for hvert hele kalenderår siden Fish Pool åpnet.

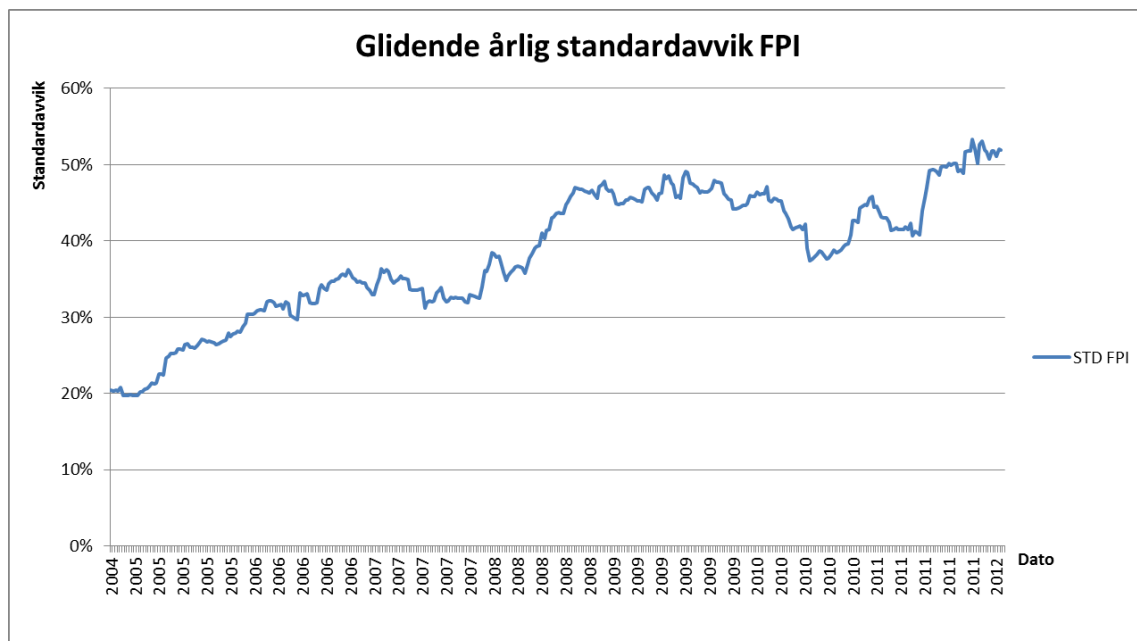
Etter å ha sett på antall nullavkastning per år, både direkte og relativt, samt å ha sett dette i sammenheng med utvikling i handelsvolum ser vi klare indikasjoner på økende grad av likviditet på markedsplassen Fish Pool. Dette er med på å styrke vår hypotese som sier at likviditeten til markedsplassen Fish Pool.

### 13.4 Volatilitet og prisutvikling på Fish Pool Indeks™

“Risiko finnes ikke” hevder Trym Riksen i et innlegg i Dagens Næringsliv (Dagens Næringsliv 14.03.2012: 29). Risiko er et av de mest sentrale begrepene innen økonomifaget, likevel finnes det ingen allmenngyldig definisjon av det. Riksen skriver at dette er fordi risiko er subjektivt og ikke noe som bare venter på å bli målt, uavhengig av sinn eller kultur. Dog er et vanlig mål på risiko standardavvik, eller variasjon i prisene i en gitt periode.

Laks er en råvare med lang produksjonstid og kort holdbarhet etter slakt. Produsenter av laks vet at de skal slakte og selge et visst volum laks i fremtiden. På andre siden har vi for eksempel foredlere av laks som vet at de skal kjøpe et visst volum laks i fremtiden. Begge disse aktørene vil ha en risiko knyttet til kiloprisen på laks i fremtiden. Dersom prisen blir lav kan oppdretteren risikere å måtte selge med tap, og dersom den blir høy får foredlere økte kostnader. Sammenlignet med råvarer med lang lagringstid er aktører i laksemarkedet i

større grad utsatt for prisrisiko fordi de er avhengig av å få solgt/kjøpt varen rett etter slakt. Dette åpner for bruk av finansielle kontrakter hvor partene kan låse prisen og dermed sikre en fremtidig inntekt eller kostnadsnivå. For at aktørene i laksemarkedet skal være villig til å legge ressurser i risikostyring må det være en viss grad av volatilitet i lakseprisen.



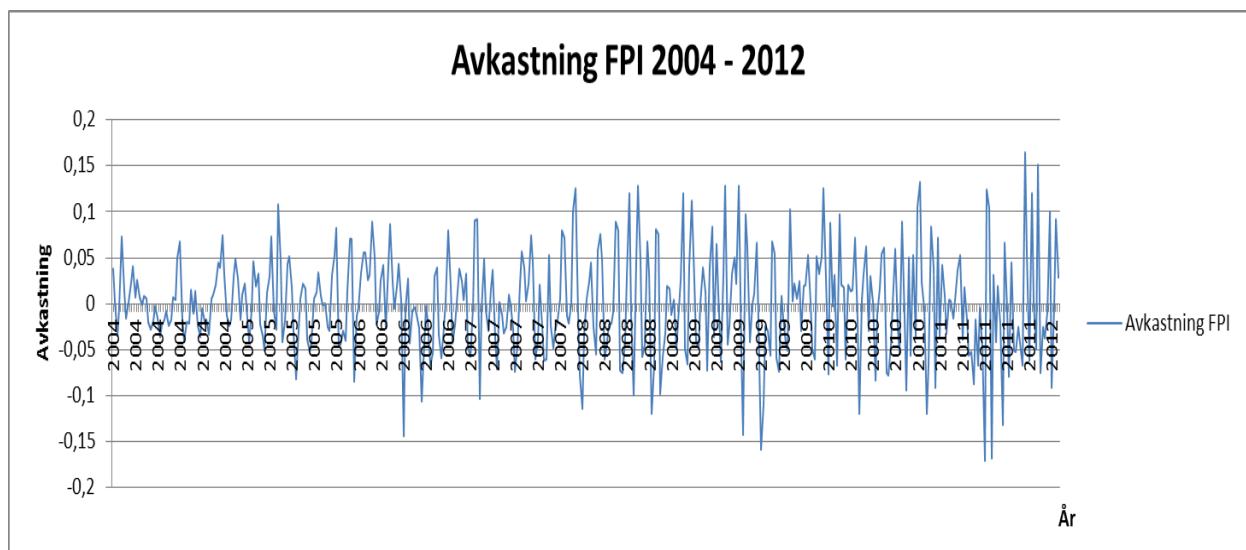
Figur 24: Glidende årlig standardavvik FPI™ fra 2004-2012.

Fish Pool Indeks™ blir publisert ukentlig, når man beregner standardavvik (eller volatilitet) av en ukentlig prisserie får man et ukentlig standardavvik. For å gjøre om ukentlig standardavvik til årlig multipliserer man det ukentlige standardavviket med roten av antall uker i året (52). Man får da formelen:

$$\text{Årlig standardavvik} = \text{Ukentlig standardavvik} * \sqrt{\text{Antall uker per år}}$$

Vi har beregnet et glidende ukentlig standardavvik på årlig basis gjennom perioden fra uke en 2004 til uke syv 2012, for deretter å gjøre dette om til årlige standardavvik. I figur 24 ser man hvordan det glidende årlige standardavviket på Fish Pool Indeks™ har utviklet seg. I begynnelsen av perioden lå årlig standardavvik på rett over 20 prosent. Dette kan virke ganske lavt for en råvare, men som man kan se i figur 25 der vi har plottet avkastning på

FPI™ for samme periode (fra uke en 2004 til uke syv 2012) var det ingen store eller hyppige prisendringer i det første året til indeksen. Det glidende årlige standardavviket har hatt en økende trend gjennom perioden, og ender på over 50 prosent. Av figur 24 ser man at utslagene på avkastning til FPI™ har blitt større siden Fish Pool først publiserte indeksen i 2004. Gjennomsnitt standardavvik for hele perioden har vært på omtrent 39,5 prosent. Hvilke retning standardavviket vil ta i tiden fremover er vanskelig å si, dette er bare en studie av historisk data på relativt kort tid.



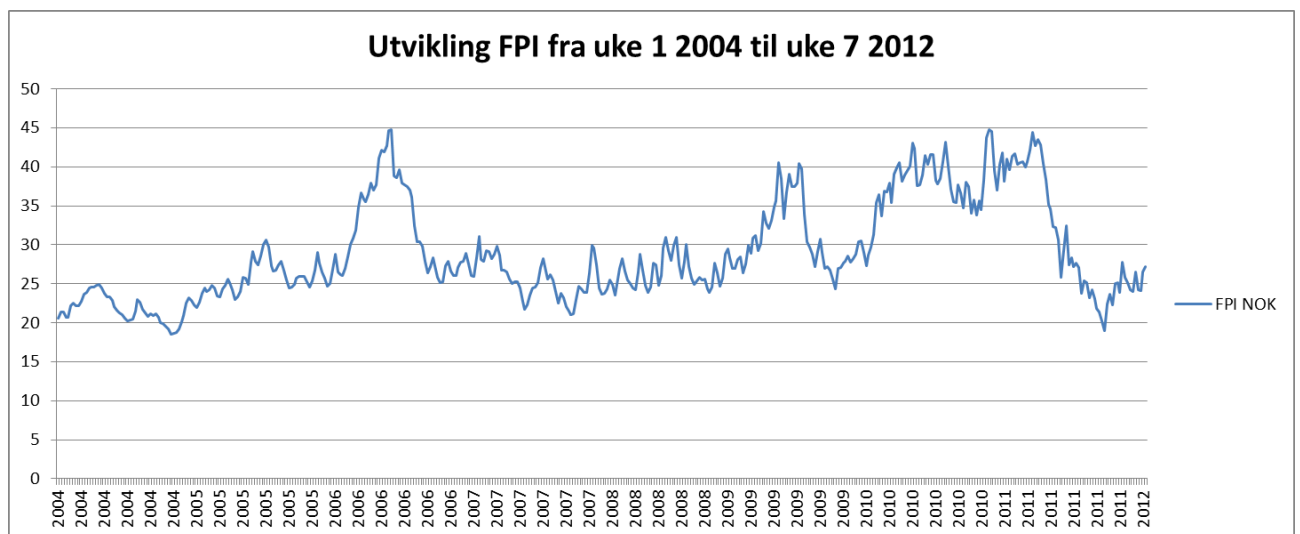
Figur 25: Linjediagram som viser avkastning på FPI™ 2004-2012.

Når man skal prise opsjoner er volatilitet til prisen på underliggende eneste ukjente variabel. To ulike måter å beregne volatilitet kan være historisk volatilitet, som beskrevet over, og implisitt volatilitet. Implisitt volatilitet er den volatiliteten man kan observere i markedet og er den som oftest blir brukt av tradere for å prise opsjoner. I denne oppgaven har vi ingen mulighet til å beregne implisitt volatilitet fordi det ikke foreligger noen opsjonspriser, vi kommer derfor til å benytte historisk volatilitet som grunnlag når vi skal beregne en teoretisk opsjonspris i kapittel 13.6.

Øglend fant beviser for at volatiliteten til lakseprisen var høyere i perioder med høy pris. For en oppdretter betyr dette at en høyere forventet profitt kommer på bekostning av høyere

prisrisiko. I rapporten beskriver han også hvordan forrige ukes volatilitet kan gi indikasjoner på hva neste ukes volatilitet skal bli (Øglend 2010: 65-66), man kan på kort sikt bruke historisk volatilitet som grunnlag for å predikere fremtidig volatilitet.

Som nevnt kan det se ut som prisendringen i starten av perioden, mesteparten av 2004, ikke er veldig stor. Selv om det ikke var store prissvingninger gjennom 2004 var det et dårlig år for lakseoppdrettere. Den årlige gjennomsnittsprisen på FPI™ har aldri vært så lav som det den var i 2004, da var prisen på kr 21,73 (se tabell 6 under). Foreløpig bunnotering på FPI™ kom i uke 45 2004, da var prisen helt nede på kr 18,53. Etter denne noteringen steg prisen, og i 2005 var gjennomsnittsprisen på kr 25,74. Som man ser av figur 26 var det en markant økning i prisen i 2006, fra uke 7 til uke 26 gikk prisen fra henholdsvis kr 26,07 til kr 44,77. Dette er en differanse på kr 18,7 og hele kr 26,24 siden bunnoteringen i 2004, denne prisen er for øvrig den høyeste noterte prisen på FPI™. I uke 46 2006 hadde prisen falt ned til kr 25,24. Dette vitner om store svingninger i lakseprisen på kort tid, hvor prisen nesten dobles og så halveres på under ett år.



Figur 26: Linjediagram av prisutvikling på FPI™ fra uke 1 2004 til uke 7 2012.

Det fortsetter å være store prisendringer på Fish Pool i 2007 og 2008. Selv om differansen mellom laveste og høyeste pris ikke var så ekstrem som det den var i 2006 fluktuerte prisene

i større grad. Fra figur 24 ser vi at glidende standardavviket for denne perioden er høyere enn det det var i 2006.

Tabell 6: Gjennomsnittspris på FPI for hele perioden 2004-2012 og på årlig basis.

Gjennomsnitt pris NOK	
2004-2012	28,97
2004	21,73
2005	25,74
2006	32,36
2007	25,74
2008	26,36
2009	30,96
2010	37,34
2011	31,86
2012	25,26

Fra 2010 steg prisene igjen markant på kort tid, fra kr 27,30 til kr 40,59. Tidligere når prisen hadde vært så et tilsvarende nivå falt den relativt fort ned til et mer «normalt» nivå, men denne gangen holdt prisen seg høy i over ett år. Gjennomsnittsprisen for 2010 var på kr 37,34, som er høyeste årlige snittpris. I 2011 uke 15 var prisen på kr 44,44 og på 28 uker falt prisen til kr 18,99. Dette er det største prisfallet i lakseprisen siden FPI™ første gang ble lansert i 2004. Prisendringen var på kr 25,45, dette tilsvarer en nedgang i prisen på 57,27 prosent på cirka seks

måneder. For en lakseoppdretter kan en slik nedgang få katastrofale konsekvenser. For en oppdretter betyr forskjellen mellom topp og bunnpunktet i 2011 en inntektsrisiko på 26 millioner kroner per 1000 tonn solgte laks. Det er denne prisisikoen Fish Pool prøver å utnytte ved å opprette en markeds plass for finansielle derivater, hvor aktørene i markedet blant annet kan hedge eller redusere risiko gjennom finansielle kontrakter.

## 13.5 Analyse av historisk fordeling

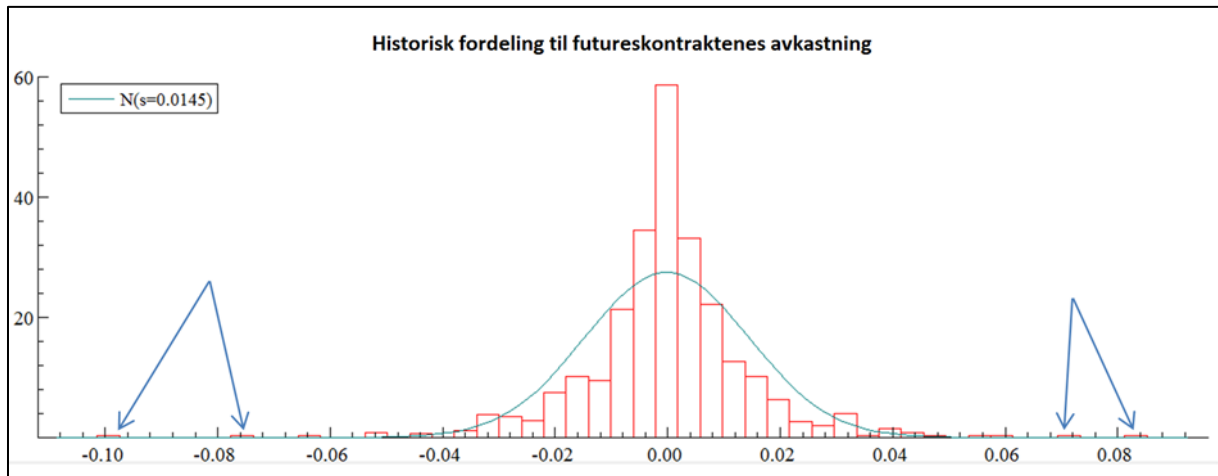
Ved kjøp og salg av opsjoner er det helt sentralt å vite sannsynlighetsfordelingen til lakseprisen sin avkastning. Dersom endring i lakseprisen ikke er normalfordelt, må dette tas høyde for ved prising av opsjoner. Opsjonene som omsettes på Fish Pool er definert med FPI™ som underliggende aktivum. I den forbindelse har vi utarbeidet en hypotese som sier at FPI™ ikke er normalfordelt.

### 13.5.1 Historisk fordeling til futuresprisenes avkastning

Futureskontraktene og opsjonskontraktene er oppført med samme gjennomsnittsperiode og har samme underliggende aktiva. Dette gjør at opsjonene kan behandles som opsjoner på futures, vi vil derfor se nærmere på fordelingene til avkastningene til futuresprisene.



For å analysere den historiske fordelingen til futuresprisenes avkastning bruker vi datasett 1. Det høye antallet nullavkastninger vil gi et uriktig bilde av hvordan fordelingen ser ut i virkeligheten, men vil likevel kunne gi nyttig informasjon når vi ser på fordelingen i halene.



Figur 27: Historisk fordeling til futureskontraktens avkastning med normalfordelt referanselinje.

Vi har i figur 27 laget et histogram for å illustrere hvordan futuresprisenes avkastning fordeler seg i perioden. Med det høye antallet nullavkastninger i datasettet får vi en meget høyt topp, vi har derfor valgt å kutte toppen for enklere å kunne fokusere på halene. Den grønne grafen er en referanse som viser hvordan fordelingen ville sett ut dersom datasettet var normalfordelt. I figuren har vi markert med piler de to laveste og de to høyeste avkastningene i datasettet. Vi ser at de ekstreme prisendringene i halene forekommer oftere enn det normalfordelingen tilsier, hvor den største negative daglige endringen er på omtrent -10 prosent og den største positive daglige endringen er på omtrent 8 prosent.

I tabell 7 har vi oppsummert resultatene fra en deskriptiv analyse. Datasettet består av 1410 observasjoner, men som nevnt tidligere er omtrent halvparten av disse nullavkastninger. Vi

Tabell 7: Standardavvik, skjevhet og eksess kurtose til futureskontraktens avkastning.

Deskriptiv statistikk futures avk	
Observasjoner	1410
Std. Avvik	0.015
Skjevhet	-0.239
Eksess kurtose	12.111

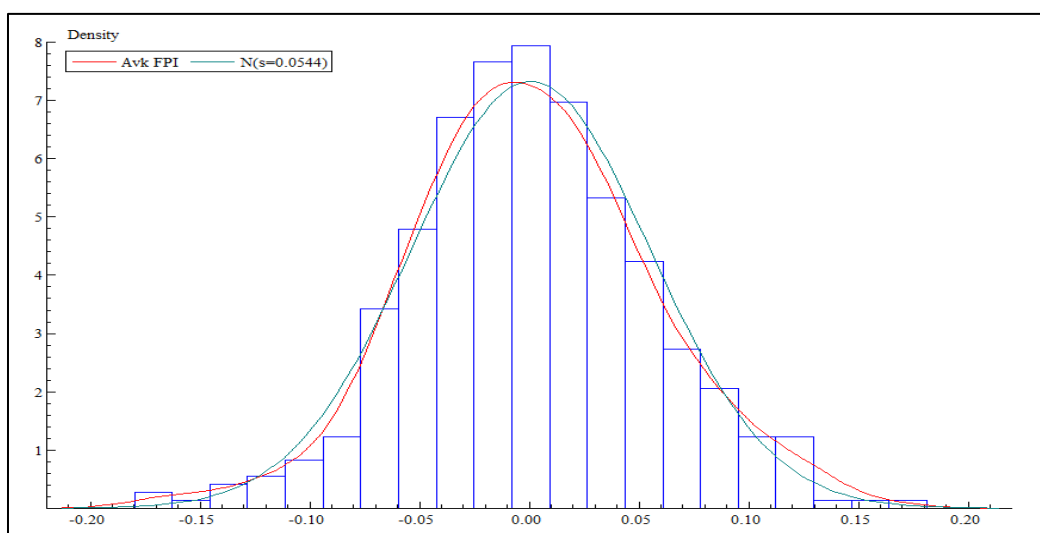
ser fra tabellen at det er et daglig standardavvik på 1,5 prosent, som tilsvarer et årlig standardavvik på omtrent 28,7 prosent. Dette er også betydelig lavere enn den gjennomsnittlige volatiliteten vi fant for FPI<sup>TM</sup>, som er på

39,5 prosent. Dette virker unaturlig lavt for en laksepris som har et rykte på seg for å være svært volatil. En viktig faktor i forhold til den volatiliteten vi har beregnet er den høye forekomsten av nullavkastninger i datasettet, som sier at prisen i flere perioder har vært uten endring, mens de i virkeligheten reflekterer illikvide futureskontrakter. Dette gjør det meningsløst å tolke de beregnede skjevhet- og eksess kurtoseverdiene, som vil være misvisende.

Som nevnt over er det begrenset hvor mye vi kan si om fordelingen til avkastningene til futureskontraktene ved bare å se på halene. Vi har observert fete haler, men vet fremdeles lite om den faktiske fordelingen. I neste kapittel ser vi derfor nærmere på fordelingen til  $FPI^{TM}$ .

### 13.5.2 Historisk fordeling $FPI^{TM}$ avkastning

For å analysere fordelingen til  $FPI^{TM}$  sin avkastning benytter vi oss av datasett 2. I figur 28 har vi gjennom den røde grafen tegnet sannsynlighetsfordelingen til  $FPI^{TM}$  sin avkastning. Den grønne linjen er tatt med som en referanse, og viser hvordan prisendringen ville fordelt seg dersom den var normalfordelt. Sammenligner vi grafene kan det se ut til at  $FPI^{TM}$  avkastningene er tilnærmet normalfordelt. Dette avviker fra den generelle teorien om at avkastning til råvarepriser ikke er normalfordelt.



Figur 28: Historisk fordeling til avkastning på  $FPI^{TM}$  med normalfordelt referanselinje.

**Tabell 8: Standardavvik, skjevhet og eksess kurtose til avkastningen på FPI.**

Deskriptiv statistikk FPI avk	
Observasjoner	425
Std. Avvik	0.054
Skjevhet	0.040
Eksess kurtose	0.342
Gjennomsnitt	0.001

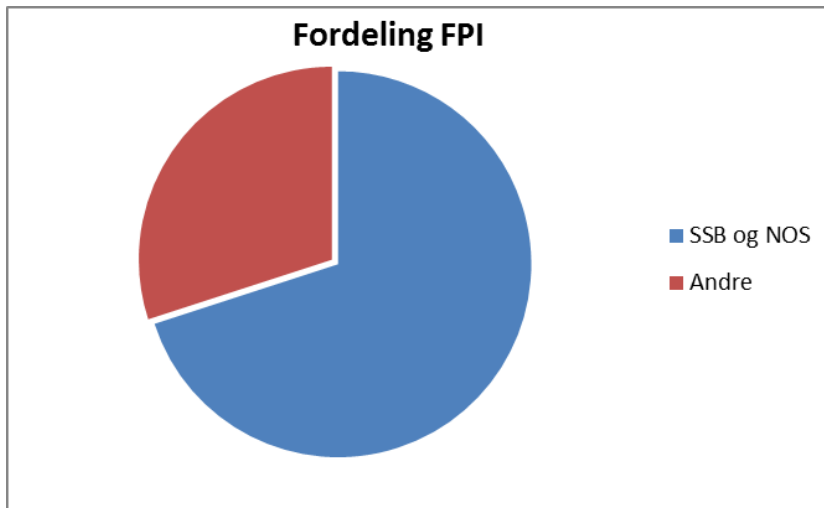
I tabell 8 har vi oppsummert resultatet av en deskriptiv analyse av datasettet. Vi ser her et ukentlig standardavvik på 5,4 prosent, som tilsvarer omtrent 39 prosent på årlig basis. Videre ser vi en skjevhet på 0,041, som tyder på at høyre hale er noe lenger enn venstre hale. Ved normalfordeling skal skjevheten være tilsvarende null. Videre ser vi en eksess kurtose på 0,342. Dette tyder på en noe høy topp samt noe fetere har vi gjennomført en Jarque-Bera test. Den tar utgangspunkt i at både skjevhet og eksess kurtose skal være lik null. Resultatet fra Jarque-Bera testen er oppsummert i tabell 9. Med en JB-verdi på 2,182 og en tilhørende P-verdi på 0,336 kan vi ikke forkaste nullhypotesen som sier at FPI-avkastningen er normalfordelt. Til sammenligning vil vi med et signifikansnivå på 5 prosent forkaste nullhypotesen først når JB-verdien er over 5,99, se vedlegg 3 for Kji-kvadrat tabell.

**Tabell 9: Resultater fra Jarque-Bera normalitetstest til avkastningen på FPI.**

Jarque-Bera test FPI avk	
Jarque-Bera verdi	2.182
P-verdi	0.336

Atle Øglend fant i sin studie at logavkastningen til lakseprisen ikke er normalfordelt (Øglend 2010). Det er derfor noe overraskende at FPI<sup>TM</sup> ifølge JB testen vi utførte ser ut til å være normalfordelt, også fra figur 28 ser det ut til at FPI<sup>TM</sup> er tilnærmet normalfordelt. Vi vil derfor analysere det ytterligere ved å se på historisk fordeling til logavkastningen på SSB og NOS.

Både NOS og SSB sin laksepris indeks har eksistert lenger enn FPI™, og vil derfor gi flere observasjoner og et mer nøyaktig resultat ved testing gjennom Jarque-Bera. En annen grunn til at vi ønsker å se på SSB og NOS sine fordelinger er at de tilsammen utgjør 70 prosent av FPI™.



Figur 29: Illustrasjon over hvor stor andel av FPI™ som består av SSB og NOS.

Figur 29 viser hvordan SSB og NOS med henholdsvis 20 og 50 prosent er vektet inn i FPI™. Det kommer klart frem av denne figuren at endring i FPI™ i stor grad blir preget av endring i

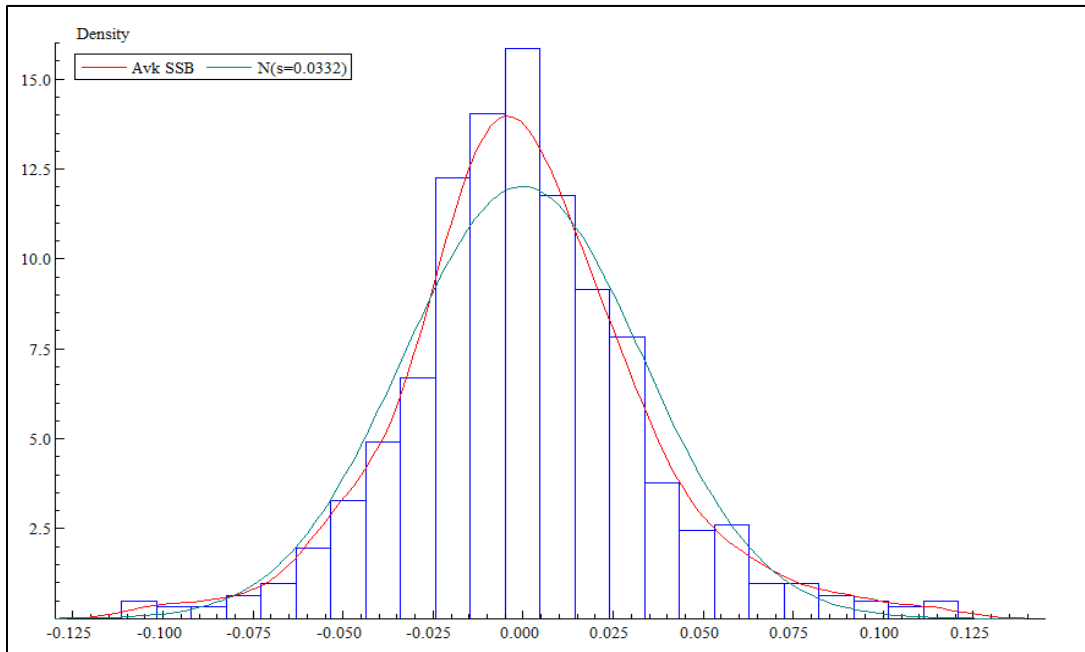
Tabell 10: Korrelasjonsmatrise mellom FPI™, SSB og NOS.

	FPI avk	SSB avk	NOS avk
FPI avk	1		
SSB avk	0.939	1	
NOS avk	0.981	0.909	1

SSB og NOS. Vi har i tillegg valgt å lage en korrelasjonsmatrise mellom FPI™, SSB og NOS, for å se i hvilken grad de korrelerer med hverandre. Resultatet er presentert i tabell 10. Vi ser at NOS korrelerer 98,1 prosent med FPI™, mens SSB korrelerer 93,9 prosent med FPI™. Høy korrelasjon kommer ikke overraskende med tanke på at både NOS og SSB er inkludert i FPI™. Vi mener dette gir grunnlag for å kunne analysere SSB og NOS, og til en viss grad kunne overføre resultatene vi finner til FPI™.

### 13.5.3 Historisk fordeling SSB avkastning

For å teste fordelingen til SSB indeksen sin avkastning benytter vi oss av datasett 3.



Figur 30: Historisk fordeling til avkastning på SSB med normalfordelt referanselinje.

I figur 30 har vi grafet den historiske fordelingen til SSB indeksen sin avkastning. Den grønne grafen er tatt med som en referanse til hvordan avkastningen ville fordelt seg dersom den var normalfordelt. Sammenligner vi grafene ser vi at den historiske fordelingen har en høyere topp og fetere haler enn normalfordelingen, noe som tyder på leptokurtose. Vi ser også at toppen lener seg svakt mot venstre, som tyder på positiv skjevhet. Det vil si at halen

på høyre side er lengere enn halen på venstre side.

Tabell 11: Standardavvik, skjevhet og eksess kurtose til avkastningen på SSB

Deskriptiv statistikk SSB avk	
Observasjoner	632
Std. Avvik	0.033
Skjevhet	0.258
Eksess kurtose	1.191
Gjennomsnitt	0.000

I tabell 11 har vi oppsummert resultatet fra en deskriptiv analyse av datasett 3. Datasettet inneholder 632 observasjoner. Ukentlig standardavvik er beregnet til 3,3 prosent, som tilsvarer et årlig standardavvik på omtrent 23,8

prosent. Videre ser vi fra tabellen en skjevhet på 0,258, som ved en normalfordeling skal

Tabell 12: Resultater fra Jarque-Bera normalitetstest til avkastningen på SSB.

Jarque-Bera test SSB avk	
Jarque-Bera verdi	44.389
P-verdi	0.000

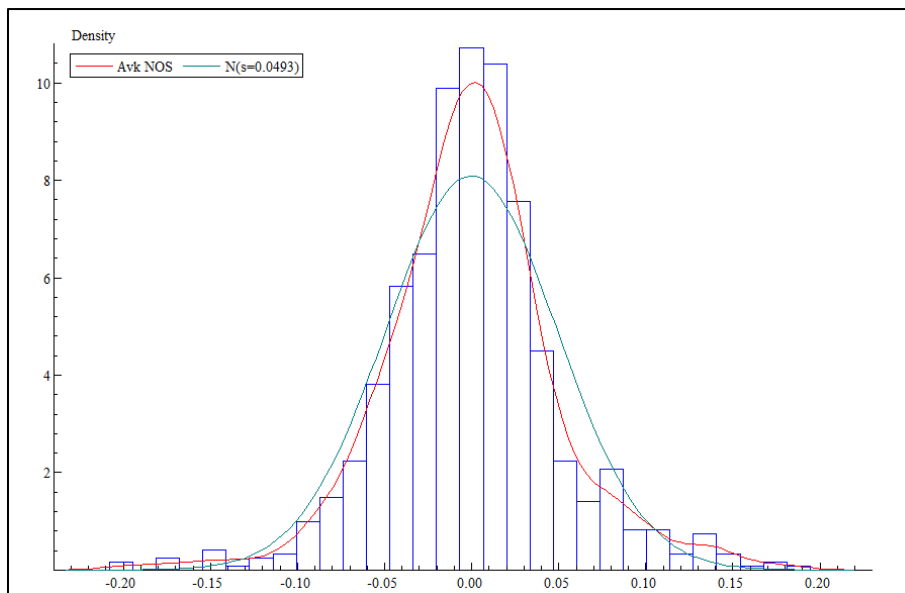
være null. En positiv skjevhet tyder på at halen på høyre side er lenger enn halen på venstre, eller med andre ord en skjev fordeling. Som vi kunne se fra figur 30 ser det ut til at fordelingen har fetere hale og høyere topp enn ved normalfordeling. Dette

bekreftes med en eksess kurtose på 1,191, som ved normalfordeling skal være null. Både skjevhet og kurtose er markant høyere enn ved avkastningen til FPI™, noe som gjør seg synlig når tester for normalfordeling med Jarque-Bera.

Fra tabell 12 har vi oppsummert resultatet fra JB-testen, og vi ser har at med en JB-verdi på 44,389 og en p-verdi på null kan vi forkaste nullhypotesen som sier at avkastningen til SSB indeksen er normalfordelt, innenfor rimelig signifikansnivå (5 prosent).

### 13.5.4 Historisk fordeling NOS avkastning

For å teste fordelingen til NOS indeksen sin avkastning har vi benyttet oss av datasett 4.



Figur 31: Historisk fordeling til avkastning på NOS med normalfordelt referanselinje.

I figur 31 har vi med den røde linjen grafet den historiske fordelingen til avkastningen til NOS indeksen. Som referansepunkt er den grønne grafen hvordan fordelingen hadde sett ut dersom den var normalfordelt. Her ser vi også at den historiske fordelingen har høyere topp og fetere haler enn normalfordelingsreferansen, som indikerer leptokurtose.

**Tabell 13: Standardavvik, skjevhet og eksess kurtose til avkastningen på NOS.**

Deskriptiv statistikk NOS avk	
Observasjoner	893
Std. Avvik	0.049
Skjevhet	0.093
Eksess kurtose	1.936
Gjennomsnitt	0.000

I tabell 13 har vi oppsummert resultatet fra en deskriptiv analyse av datasett 4. Ukentlig standardavvik er beregnet til 4,9 prosent, som tilsvarer 35,3 prosent årlig standardavvik. Videre ser vi fra tabellen en skjevhet på 0,093, som ved normalfordeling skal være null. Dette tyder på en svak positiv skjevhet som betyr at den høyre halen er noe lengere enn den på venstre side. Eksess kurtose skal ved normalfordeling være null, mens den historiske fordelingen til datasett 4 er på 1,936.

**Tabell 14: Resultater fra Jarque-Bera normalitetstest til avkastningen på NOS.**

Jarque-Bera test NOS avk	
Jarque-Bera verdi	140.8
P-verdi	0.000

For å teste hvorvidt indeksen er normalfordelt har vi utført en Jarque-Bera test. Resultatet er oppsummert i tabell 14. Med en Jarque-Bera verdi beregnet til 140,8 og en tilhørende p-verdi på 0,000 kan vi forkaste nullhypotesen og med stor sikkerhet si at NOS ikke er normalfordelt.

### 13.5.5 Oppsummering og sammenligning - normalfordelingstest

I tabell 15 har vi oppsummert de viktigste resultatene fra testene. Vi ser at FPI<sup>M</sup> med 425 har

**Tabell 15: Oppsummering av funnene og resultatene fra normalitetstestene fra FPI<sup>TM</sup>, SSB og NOS.**

Oppsummering resultat			
	FPI	SSB	NOS
Observasjoner	425	632	893
Skjevhet	0.040	0.258	0.093
Eksess kurtose	0.342	1.191	1.936
Jarque-Bera verdi	2.182	44.389	140.800
Normalfordelt (5 % sign.)	Ja	Nei	Nei

det laveste antallet observasjoner, mens SSB har 632 observasjoner. NOS er med 893 observasjoner det største utvalget, og er mer enn dobbelt så stort som FPI<sup>TM</sup>. SSB har med 0,258 den største skjevheten av de tre indeksene. FPI<sup>TM</sup> og NOS har relativt lav skjevhet med henholdsvis 0,040 og 0,093. Alle indeksene har en positiv skjevhet. FPI<sup>TM</sup> har lavest eksess

kurtose som er på 0,342. SSB har eksess kurtose på 1,191, mens NOS har høyest eksess kurtose av indeksene, med en verdi på 1,936. Fra tabellen ser vi at det kun er FPI™ ifølge testen vår som er normalfordelt. Både SSB og NOS har en JB-verdi langt over 5,99 og vi forkaster dermed nullhypotesen som sier at de er normalfordelt.

Funnene over og teori på området indikerer, i motsetning til innledende analyser, at FPI™ på sikt vil avvike fra en normalfordeling. Dette vil bli mer tydelig etterhvert som datasettet får flere datapunkter. Konklusjonen vår blir derfor at logavkastningen på FPI™ avviker fra en normalfordeling. Hypotese 2 styrkes, men kan ikke bekreftes uten et datasett som består av flere observasjoner. Ved å gjenta en normalitetstest på et senere tidspunkt da det foreligger større datamateriale, vil man kunne trekke en konklusjon på et bedre grunnlag.

### **13.6 Teoretisk prising av opsjoner på Fish Pool – TWA**

I dette kapittelet skal vi beregne teoretiske priser på call opsjoner på Fish Pool. Grunnen til at vi vil gjøre dette er fordi alle aktører på Fish Pool kan skrive ut og kjøpe opsjoner i henhold bestemmelsene i Fish Pool Rulebook. Prisene som blir presentert her er kun teoretiske hvor målet er å illustrere hvordan ulike faktorer kan påvirke opsjonsprisen.

Med bakgrunn i funnene vi har gjort til nå i oppgaven skal vi sette opp et eksempel og se hvordan opsjonsprisen blir påvirket av volatilitet til underliggende, om opsjonen er ITM/OTM eller ATM, og tid til forfall. Som vi har sett tidligere i analysen er det stor sannsynlighet for at lakseprisen ikke er normalfordelt. I virkeligheten vil man derfor oppleve at ekstreme hendelser inntreffe oftere enn det man forventer dersom man tror at verden er normalfordelt, slike ekstreme hendelser kalles ofte *black swans*. Hvordan man tar hensyn til slike hendelser (om man i det hele tatt tar hensyn til slike hendelser) vil kunne være avgjørende for om man tjener eller taper penger på salg av en opsjon.

Som nevnt tidligere er underliggende aktivum det samme som for futureskontraktene, nemlig Fish Pool Index™. Oppgjøret er basert på månedlig gjennomsnitt av fire eller fem uker, hvilke måneder som består av fire eller fem uker er vist i handelskalenderen til Fish



Pool (se vedlegg 2). I eksempelet skal vi beregne ulike opsjonspriser ved bruk av Turnbull og Wakeman approksimasjonsmodell, se formel (9.8). Vi har valgt å beregne prisen på en *deep in the money* opsjon, en *at the money* opsjon og en *deep out of the money* opsjon.

Vi har valgt at tid til forfall når opsjonen skrives er ett år ( $T=1$ ). Vi ser på to forskjellige scenarier et der det er 4 måneder igjen til forfall ( $T_2=0,33$ ), og et hvor det er 9 måneder igjen til forfall ( $T_2=0,75$ ). Opsjonens gjennomsnittsperiode starter en måned før forfall. Videre har vi valgt tre ulike volatilitetsnivåer, henholdsvis 20, 40 og 50 prosent. Valgene er basert på laveste volatilitetsnivå observert på Fish Pool Indeks<sup>TM</sup>, høyeste nivå og gjennomsnittet for hele perioden (2004 til 2012). Strike prisen varierer mellom henholdsvis kr 20, kr 30 og kr 40. Vi har satt risikofri rente lik 4 prosent p.a. og cost of carry lik 6 prosent p.a., siden dette er et teoretisk eksempel hvor vi i hovedsak skal se på hvordan volatiliteten påvirker prisen kommer vi ikke til å justere disse (risikofri rente og cost of carry) variablene.

#### Eksempel 1: 4 måneder til opsjonen forfaller

Tabell 16: Oppsummering av opsjonspriser med ulik strike pris og ulik volatilitet med 4 mnd til forfall.

Prising av Asiatiske kjøpsopsjoner ved bruk av TWA			
(S=30, T=1, T2=0,33, r=4%, b=6%)			
vol	K=20	K=30	K=40
20 %	10,24	1,17	0,0003
40 %	10,25	2,14	0,11
50 %	10,28	2,63	0,30

Som det fremgår av tabell 16 varierer opsjonsprisen mye. Det er ikke så interessant å sammenligne prisene på OTM, ATM og ITM med hverandre, men det som derimot er interessant er å sammenligne de forskjellige prisene man får ved å endre volatilitetsnivået når man holder strike prisen konstant. Det som er felles, uavhengig av strike prisen, er at dersom volatiliteten øker blir opsjonsprisen høyere. Ser man først på prisen til en *deep in the money* call opsjon ( $K = 20$ ) varierer den lite dersom man endrer volatiliteten, her skiller det bare fire øre selv om man endrer volatiliteten fra 20 til 50 prosent. Det tilsvarer en relativ differanse på ca 0,4 prosent. Dersom man ser på en *at the money* opsjon ( $K = 30$ ) ser man at prisen varierer i mye større grad når man endrer volatiliteten, prisen varierer

med kr 1,46. Her ser vi en relativ differanse mellom høyeste og laveste pris på 124 prosent, det vil si at dersom man skal prise en ATM opsjon vil volatilitetsnivået gi et mye større utslag enn for en ITM opsjon. Den største relative prisdifferansen finner vi for deep out of the money opsjoner ( $K = 40$ ). Ved å bruke en volatilitet på 20 prosent ser vi fra tabellen at opsjonsprisen blir på 0,03 øre, prisen stiger betraktelig ved å øke volatiliteten. Dette resultatet er ikke veldig uventet da en deep OTM opsjon med lav volatilitet har veldig liten sannsynlighet for å ende ITM ved forfall. Feilprisingen kan gi enorme relative forskjeller, men forskjellen i kroneverdien er større for ATM opsjonen i dette eksempelet.

Det kommer klart frem av tabell 16 at volatiliteten har betydning for opsjonsprisen, men hvor stor betydning volatiliteten har vil blant annet være avhengig av om opsjonen er ITM, ATM eller OTM.

### **Eksempel 2: 9 måneder til opsjonen forfaller**

I tabell 17 ser vi et eksempel hvor det er 9 måneder igjen av opsjonens levetid. Resultatene er de samme for dette eksempelet som for det foregående, men i tillegg ser vi at tid til forfall har en positiv effekt på opsjonsprisen. I dette ligger det at økt tid til forfall gir høyere opsjonspris. Dette resultatet er heller ikke overraskende da en opsjon med lenger levetid vil har større sannsynlighet for å havne ITM på forfall enn en opsjon med kortere tid til forfall. En opsjon innebærer en rett, men ikke plikt, og prisen vil derfor være positivt korrelert med økende volatilitet og tid til forfall fordi dette øker sannsynligheten for at opsjonen ender deep ITM. Dersom opsjonen ender OTM forfaller den verdiløs, og som holder av opsjonen vil man ikke utøve retten man har. Som holder av opsjonen vil man heller ikke kunne tape mer enn det man har betalt for opsjonen, nedsiden er med andre ord begrenset mens oppsiden teoretisk kan være uendelig stor.

Tabell 17: Oppsummering av opsjonspriser med ulik strike pris og ulik volatilitet med 9 mnd til forfall.

<b>Prising av Asiatiske kjøpsopsjoner ved bruk av TWA</b>			
<b>(S=30, T=1, T2=0,75, r=4%, b=6%)</b>			
vol	K=20	K=30	K=40
20 %	10,82	2,42	0,11
40 %	11,06	4,19	1,21
50 %	11,38	5,07	2,00

Vi har tidligere argumentert for at det med høy sannsynlighet er hopp i lakseprisen. I dette eksempelet har vi ikke tatt høyde for slike hopp. Som vi har nevnt i kapittel 9.6 er det utviklet flere modeller som tar høyde for hopp i prisen. Slike modeller er av en mer kompleks art som vil kunne virke forstyrrende når vi skal vise hvordan prisen til opsjonen påvirkes dersom vi endrer volatilitet og tid til forfall for opsjoner som er henholdsvis ATM, ITM og OTM.

Selv om Fish Pool har tilbudt clearede opsjoner siden 2010 har salget av opsjonene vært svært begrenset. Vi har ikke fått tilgang til noen opsjonspriser, dette kan skyldes at det ikke er noen priser for Fish Pool å rapportere, eller at det er så få priser at det for analyseformål ikke vil gi noe holdbar informasjon. For oss betyr mangel på data at vi ikke har mulighet til å analysere implisitt volatilitet eller mulige prisavvik fra teoretiske priser.

### 13.7 Hedgestrategier med laksederivater

Under skal vi se på to ulike eksempler hvor en foredler bruker derivater for å hedge prisrisiko. I det første eksempelet kjøper foredleren futureskontrakter, i det andre eksempelet kjøper foredleren callopsjoner. Hensikten med de to eksemplene er å illustrere hvordan lav likviditet kan påføre en aktør økt risiko.

Når man går inn i et futuresmarked har man ofte gjort seg opp en mening om hvilke retning prisen skal gå. Er man lang futures håper man at prisen skal gå oppover, dersom man har en kort posisjon tjener man penger på at prisen går ned. Ved kontraktinngåelse er det vanlig å bestemme seg for et prisnivå hvor man reverserer posisjonen sin, dette gjør at man raskt

kan ta beslutninger dersom prisen endrer seg i en uønsket retning. En slik strategi kalles en *stop – loss* strategi. En *stop – loss* strategi innebærer at man definerer en grense for hvor stort tap man kan utstå før man må trekke seg ut av markedet. Dersom prisen krysser denne grensen reverserer man sin posisjon.

### **Eksempel 1: Foredler kjøper futureskontrakter**

Her kommer et eksempel på hvordan en aktør kan bruke futureskontraktene som forsikring og hvordan en *stop – loss* strategi kan se ut. En foredler forventer oppgang i lakseprisen i tiden fremover, siden han er naturlig short i markedet ønsker han å låse inn en pris som ikke er for høy. I figuren under (figur 32) har vi plottet en prisserie fra 27. juni 2011 til 15. september 2011. Hver dag er representert av en strek med en prikk på. Prikken illustrerer hva den faktiske lukkeprisen var den dagen mens linjen er en fiktiv prisendring intradag. Den 27. juni kjøper han en julikontrakt på 100 tonn laks på kr 28,75. Gjennomsnitt futures/closing for julikontrakten er kr 28,75. Handelsverdien blir da på:

$$NOK 28,75 * 100 \text{ tonn} = NOK 2\,875\,000$$

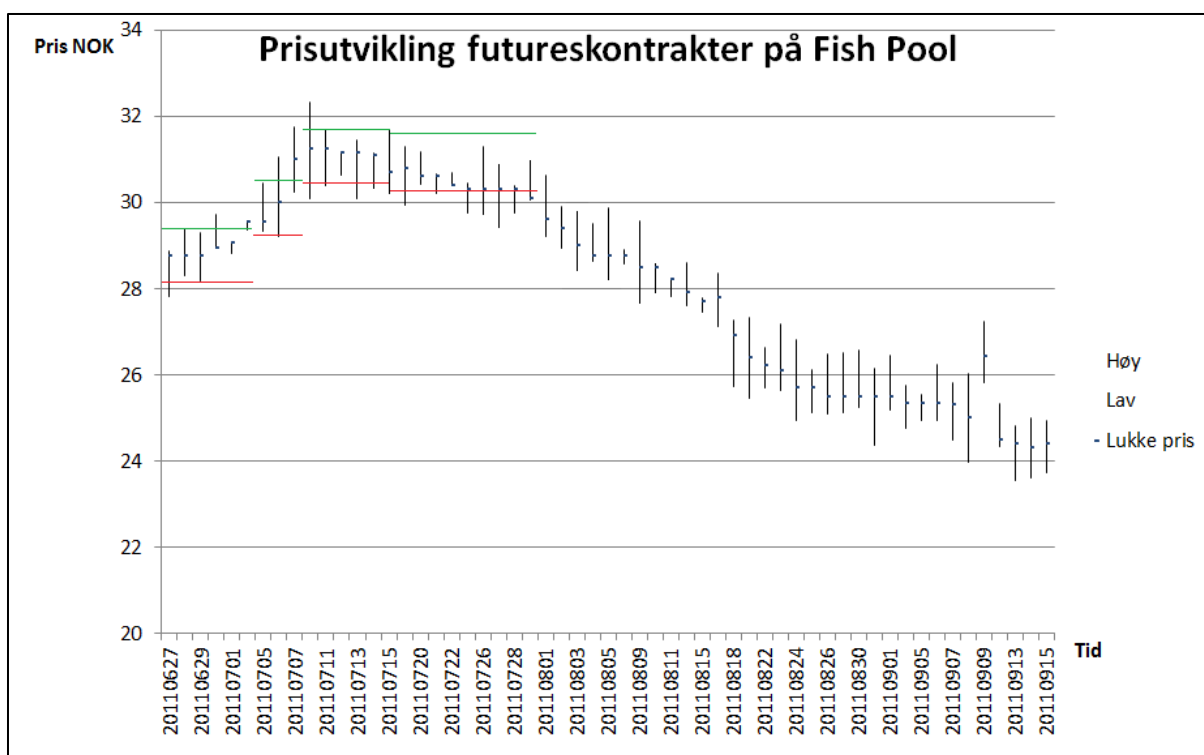
For enkelhetsskyld antar vi en marginprosent på 10 prosent. Marginkravet, det beløpet kunden må stille som sikkerhet, ved inngåelse av kontrakten blir da:

$$NOK 28,75 * 100 \text{ tonn} * 10\% = NOK 287\,500$$

Samtidig som kontrakten inngås setter foredleren opp en *stop – loss* strategi (rød linje i figuren), den innebærer at dersom prisen synker til under kr 28,15 ønsker han å reversere sin posisjon. I tillegg til en nedre grense setter foredleren også opp en øvre grense (grønn linje i figuren) på kr 29,35, dersom lakseprisen krysser denne grensen skal foredleren flytte *stop – loss* strategien oppover. De første dagene etter at foredleren har kjøpt futureskontraktene holder prisen seg innenfor korridoren som strategien hans utgjør. På et tidspunkt ser vi at den høyeste prisen intradag krysser taket på strategien, men siden sluttkursen ender under taket endres ikke *stop – loss* strategien. Fra dag til dag justeres

marginkontoen og daglig *mark – to – market* oppgjør finner sted beregnet ut fra dagens sluttkurs.

Den 4. juli ender prisen på kr 29,55 som er over taket som er satt. I tråd med strategien sin endrer foredleren stop – loss strategien til et høyere nivå, hvor det nye nivået settes til kr 29,30. Strategiens tak blir også endret i takt med stop – loss grensen. Som man kan se av figuren endrer prisen seg uten store bevegelser i de neste dagene, men den 7. juli krysses igjen strategiens tak, og strategien endres igjen oppover. Stop – loss grensen er nå på kr 30,35.



Figur 32: Prisutvikling med fiktiv høy-lav intradag kurser som illustrerer en stop-loss strategi.

I juli dette året rullet kontraktene den 19. Foredleren ville fortsatt beholde sin posisjon i futuresmarkedet og rullet julikontrakten over til augustkontrakten på dette tidspunktet. Ved å selge julikontraktene til kr 30,80 og kjøpe augustkontrakter til kr 30,70 tjente foredleren penger på å rulle kontraktene. Som et resultat av bid/offer spreaden mellom kontraktene justerer foredleren også stop – loss strategien sin ned med 10 øre. Etter tidspunktet for

rulling holder prisen seg innenfor korridoren helt til 29. juli, denne dagen ender prisen under stop – loss grensen og foredleren vil derfor reversere sin posisjon og komme seg ut av futuresmarkedet. For å reversere sin posisjon er foredleren avhengig av at det er aktører som er villig til å kjøpe hans kontrakter. I et marked med høy grad av likviditet vil det være mange potensielle kjøpere og man vil få solgt kontraktene til en pris i nærheten av den prisen man ønsker. Er det derimot få eller ingen kjøpere kan man ende opp med å bli sittende i en ugunstig posisjon der man ikke får solgt de kontraktene man ønsker. Som vi har diskutert tidligere i kapittel 13.3 har det til tider vært lav likviditet på Fish Pool, med flere lange perioder uten at det har blitt handlet en eneste kontrakt.

I tidsrommet fra prisen krysser stop – loss strategien og foredleren ønsker å reversere sin posisjon til kontraktene forfaller synker prisen drastisk. Som man kan se av grafen ender prisen på kr 25,50 ved kontraktens forfall, dette er  $(30,25 - 25,5) = NOK 4,75$  lavere enn det som var stop – loss strategien til foredleren. Det verste utfallet for foredleren er om han ikke får solgt en eneste kontrakt og må bli med på hele nedturen til kontrakten forfaller. Hvis det blir tilfellet må foredleren hele tiden stille med en økende marginsikkerhet, samtidig som han daglig må gjøre opp kontraktene i henhold til mark – to – market prinsippet. I verste fall taper foredleren i dette eksempelet:  $(30,25 - 25,5) * 100 \text{ tonn} = NOK 475 000$  mer enn det han hadde kalkulert med i strategien sin. Som sagt vil dette være verste utfall for en aktør som har en posisjon i futuresmarkedet, det kan godt tenkes at man får solgt noen av kontraktene før forfallstidspunktet. Man kan også få solgt alle kontraktene selv om det er et illikvid marked, men poenget er at dersom man er en aktør i et marked med lav likviditet vil man være utsatt for andre risikoparametere enn i et marked med høy likviditet. Dette er risiko som man ikke så lett kan styre selv, det er derfor viktig at man er godt forbered på mange ulike scenarier og har en plan dersom *worst case* skulle inntreffe.

## Eksempel 2: Foredler kjøper callopsjoner

Anta at en foredler som frykter at lakseprisen skal stige i fremtiden, sikrer seg mot en høy laksepris ved å kjøpe august callopsjoner den 19. juli 2011 for kr 1,50/kg med strikepris på kr 30,50. Volumet han ønsker å sikre er 100 tonn, en callopsjon er på ett tonn laks, foredleren må derfor kjøpe 100 callopsjoner. Total opsjonspremie som foredleren må betale er:

$$(kr\ 1,50 * 1000\ kg) * 100\ tonn = NOK\ 150\ 000.$$

Dette beløpet må betales til skriveren av opsjonen dagen etter kontrakten er inngått i henhold til reglementet på Fish Pool. Ved å kjøpe opsjoner har foredleren sikret seg en pris som han *kan* kjøpe laks for, siden opsjonene allerede er betalt for vet han også hvor mye han maksimalt kan tape på denne handelen. Med andre ord er det ingen risiko forbundet med maksimalt tap, men det er naturlig nok risiko forbundet med om opsjonen forfaller *in – the – money* eller ikke.

Som figur 32 viser ser man at prisen ikke gikk opp, slik foredleren forventet, men at den gikk ned. Gjennom hele august sank prisen og ved opsjonens forfall endte prisen på kr 25,50. Monthly settlement price for denne perioden var på kr 26,20, og opsjonen forfalt dermed verdiløs. Foredleren tapte hele opsjonspremien på kr 150 000.

Sammenligner vi de to eksemplene ser vi at foredleren taper penger i begge tilfellene. Den store forskjellen er at fra eksempel 1 med futureskontrakter som forsikring blir foredleren utsatt for en risiko med hensyn på om han får solgt kontraktene sine på det tidspunktet og til den prisen han ønsker. Mens i eksempel 2 er opsjonene betalt for og det er derfor ingen usikkerhet knyttet til hvor stort et eventuelt tap kan bli. I et illikvid marked vil opsjoner kunne gi større forutsigbarhet enn futureskontrakter, men for opsjonene må man betale en opsjonspremie. I eksempelet over vil det lønne seg å kjøpe opsjoner, både med tanke på at tapet blir mindre og fordi usikkerheten forbundet med illikviditet slik vi har beskrevet bare er knyttet til futureskontraktene. Hva som lønner seg i andre situasjoner er avhengig av blant annet hvordan pris på underliggende beveger seg og hvor høy opsjonspremie man må betale.

Dersom en foredler føler seg veldig sikker på at prisen ikke skal gå ned i nærmeste fremtid er det unødvendig å betale en høy opsjonspremie for en callopsjon. Da vil det være mer

lønnsomt å innta en lang posisjon i futuresmarkedet, eventuelt kan man også selge en putopsjon. Ved å selge en putopsjon vil foredleren si i fra seg en gevinst, som han ikke tror på, dersom prisen skulle bevege seg ned.

## 14 Oppsummering og konklusjon

Som et ungt marked har Fish Pool vært preget av lav likviditet, både på futuresmarkedet og spesielt på opsjonsmarkedet. Vi har i denne oppgaven sett på ulike utfordringer forbundet med lav likviditet, i tillegg har vi sett nærmere på prising av asiatiske opsjoner som man kan kjøpe og selge på Fish Pool. På grunn av den lave likviditeten, og derav et datasett som i stor grad er preget av manglende observasjoner, har vi i denne oppgaven rettet fokuset vekk fra tradisjonell analyse av derivatenes effektivitet i risikostyring, og heller sett på hvilke utfordringer den lave likviditeten kan medføre for aktører som bruker laksederivatene.

I analysen av futureskontraktenes likviditet så vi at omsatt volum per år har økt betraktelig, fra 31 700 tonn i 2007 til 115 000 tonn i 2011, dette er en indikasjon på at likviditeten til futureskontraktene har økt. Ser man derimot på antall dager uten handel på Fish Pool er resultatet litt vanskeligere å tolke. Relativt var det færrest dager uten handel i 2007, dette resultatet er noe overraskende siden det totalt sett var langt færre kontrakter som ble handlet. Flest dager uten handel var i 2008, hvor 62,4 prosent av handledagene endte uten omsetning. I 2011 var antall dager uten handel på 42,7 prosent. Selv om det kan tyde på at likviditeten på Fish Pool har økt ser vi fortsatt at det er relativt lav likviditet. Vi konkluderer med at hypotese 2 er styrket, det tyder på at likviditeten på Fish Pool har økt siden oppstarten i 2006.

En aktør som ønsker å bevare sin posisjon i et futuresmarked er nødt til å rulle futureskontrakten før den forfaller. Som følge av rulling vil man bli utsatt for et rullehopp, i hvilke grad rullehoppet utgjør noe risiko er avhengig av om retning og størrelse på hoppet er kjent. På grunn av lav likviditet på Fish Pool kan vi ikke si noe om trend i forhold til



rullehoppet, vi kan derfor ikke konkludere om rullehoppet utgjør en risiko for aktørene eller ikke.

Ved å analysere historisk fordeling på  $FPI^{TM}$  ønsker vi å si noe om avkastningen er normalfordelt eller om den avviker fra en normalfordeling. Det er flere opsjonspringsmodeller som forutsetter at prisene er lognormalfordelt og avkastningen er normalfordelt. Dersom denne forutsetningen ikke stemmer vil man få en opsjonspris som enten er for høy eller for lav. Vår hypotese sier at  $FPI^{TM}$  ikke er normalfordelt. Når vi bare så på fordelingen til  $FPI^{TM}$  fant vi at fordelingen tilsynelatende virket normalfordelt, dette resultatet svekker hypotesen vår. Da dette ikke stemmer overens med generell teori på feltet bestemte vi oss for å undersøke fordelingen til SSB og NOS, disse indeksene utgjør til sammen utgjør 70 prosent av  $FPI^{TM}$ . Analysen av disse indeksene viste klart at både SSB og NOS avviker fra en normalfordeling. En årsak til at indeksen tilsynelatende virker normalfordelt kan være at dataserien består av relativt få observasjoner,  $FPI^{TM}$  består av drøyt 400 observasjoner. Vi har derfor konkludert med at det er lite trolig at  $FPI^{TM}$  er normalfordelt, selv om vi ikke med sikkerhet kan bekrefte hypotesen så styrkes den av resultatet i denne oppgaven. Ved å analysere  $FPI^{TM}$  på et senere tidspunkt, når det foreligger flere observasjoner vil man få et klarere bilde av den sanne fordelingen til Fish Pool Indeks.

Historisk volatilitet til avkastningen på  $FPI^{TM}$  har vært på 39,5 prosent. Vi har også sett på glidende årlig gjennomsnittlig volatilitet for perioden, resultatet her viste at volatiliteten har variert fra laveste i 2004 på ca. 20 prosent og til 50 prosent i 2011. Vi har brukt historisk volatilitet som utgangspunkt når vi beregnet teoretiske opsjonspriser ved bruk av Turnbull og Wakeman approksimasjonsmodellen. Selv om det er naivt å tro at volatiliteten i morgen blir lik som volatiliteten i dag, er dette det beste utgangspunktet vi har siden vi ikke har mulighet til å beregne implisitt volatilitet. Volatilitetsnivået viste seg å gi store utslag på opsjonsprisen i det teoretiske eksempelet. Hvilke volatilitet man legger til grunn for å prise en opsjon vil derfor ha stor betydning i forhold til prisen man får.

Det er mange forhold man må ta hensyn til dersom man skal entre et marked med lav likviditet. I denne oppgaven har vi kartlagt flere utfordringer i forbindelse med lav likviditet på markedsplassen Fish Pool. Blant annet har vi sett at lav likviditet kan skape prishopp, og

hvordan man kan bli sittende i en ugunstig posisjon uten mulighet til å komme seg ut.  
Uansett hvilke forhold man har til risiko er det viktig å være klar over hvilke risikofaktorer man kan bli utsatt for før man går inn i et marked med lav likviditet.

# Litteraturliste

## Bøker:

- Bodie, Z., A. Kane og A. J. Marcus (2009). *Investments*. New York: McGraw-Hill.
- Damodarian, A. (2002). *Investments valuation. Tools and Techniques for Determining the Value of any asset*. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Garner, C. (2010). *A Trader's First Book on Commodities. An Introduction to the World's Fastest Growing Market*. New Jersey: Pearson Education.
- Geman, H. (2005). *Commodities and commodity derivatives: Modeling and Pricing for Agriculturals, Metals and Energy*. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd.
- Geman, H. (2008). *Risk Management in commodity Markets: From Shipping to Agriculturals and Energy*. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd.
- Gujarati, D. N. og D. C. Porter (2010). *Essentials of econometrics*. New York: McGraw-Hill.
- Haug, E. G. (1997). *The Complete guide to Option Pricing Formulas*. New York: McGraw – Hill.
- Haug, E. G. (2007a). *Derivatives. Models on Models*. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd.
- Haug, E. G. (2007b). *The Complete guide to Option Pricing Formulas*. New York: McGraw – Hill.
- Javaheri A. (2005). *Inside Volatility Arbitrage: The Secret of Skewness*. New Jersey: John Wiley & Sons Inc.
- Kolb, R. W. og J. A. Overdahl (2010). *Financial Derivatives. Pricing and riskmanagement*. New Jersey: John Wiley & Sons Ltd.
- Løvas, G. G. (2004). *Statistikk for universiteter og høyskoler*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Pindyck, R. S. og D. L. Rubinfeld (2009). *Microeconomics*. New Jersey: Pearson Education Inc.
- Ross, S. M. (2010). *Introduction to Probability Models*. California: Elsevier Inc.

## Artikler:

- Carchano, Ó. og Á. Pardo (2009). "Rolling Over Stock Index Futures Contracts", *The Journal of Futures Markets* 7: 684–694.
- Forsberg, O. I. og A. G. Guttormsen (2006). "The Value of Information in Salmon Farming. Harvesting the Right Fish at the Right Time", *Aquaculture Economics & Management* 10: 183-200.
- Guttormsen, A. G. (1999). "Forecasting weekly salmon prices: Risk management in fish farming", *Aquaculture Economics & Management* 2: 159-166.

- Koekebakker, S. og G. Lien (2004). "Volatility and price jumps in agricultural futures prices – evidence from wheat options", *American Journal of Agricultural Economics* 4: 1018-1031.

## Hovedoppgaver, avhandlinger

- Øglend, A. (2010). *An analysis of Commodity Price Dynamics with Focus on the Price of Salmon*. Stavanger: Universitetet i Stavanger, Institutt for industriell økonomi, risikostyring og planlegging. Avhandling.

## Internett:

- [www.aftenposten.no](http://www.aftenposten.no) (a):  
<http://www.aftenposten.no/fakta/innsikt/article3460001.ece#.T4nWrtWCnXl> (lastet ned 14.04.12)
- [www.aftenposten.no](http://www.aftenposten.no) (b):  
<http://www.aftenposten.no/okonomi/innland/USA-fjerner-straffetoll-pa-norsk-laks-6750118.html#.T4nbjtWCnXl> (lastet ned 14.04.12)
- [www.bis.org](http://www.bis.org):  
<http://www.bis.org/publ/bcbs188.pdf> (side 4-6, tror jeg)
- [www.dn.no](http://www.dn.no) (a):  
<http://www.dn.no/forsiden/naringsliv/article2373375.ece> Sitat fra DN (se innledning)
- [www.fhl.no](http://www.fhl.no):  
[http://www.fhl.no/getfile.php/DOKUMENTER/eff\\_fhl\\_komplett\\_lowres.pdf](http://www.fhl.no/getfile.php/DOKUMENTER/eff_fhl_komplett_lowres.pdf) (nederst side 14)
- [www.fishpool.eu](http://www.fishpool.eu) (a):  
<http://fishpool.eu/default.aspx?articleid=61&pageId=59>
- [www.fishpool.eu](http://www.fishpool.eu) (b):  
<http://fishpool.eu/iframe.aspx?iframe=forwardone.asp&pageId=45> (Link "Download Forward Price Database")
- [www.fishpool.eu](http://www.fishpool.eu) (c):  
<http://fishpool.eu/spot.aspx?pageId=55> (Link "Download spot price")
- [www.fishpool.eu](http://www.fishpool.eu) (d):  
<http://fishpool.eu/default.aspx?pageId=7>
- [www.fishpool.eu](http://www.fishpool.eu) (e):  
<http://fishpool.eu/default.aspx?pageId=8>
- [www.ft.com](http://www.ft.com)  
<http://www.ft.com/cms/s/0/53494efa-1c2c-11df-86cb-00144feab49a.html#axzz1uRddWI2V> (lastet ned 10.05.12)
- [www.laks.no](http://www.laks.no):  
<http://www.laks.no/Informasjon/Artikler/En-barekraftig-havbrukshistorie/>

- [www.laksefakta.no:](http://laksefakta.no/nokkelinfo.html)  
<http://laksefakta.no/nokkelinfo.html>
- [www.leroy.no:](http://www.leroy.no/Global/Fakta/Laks/Laks%20i%20oppdrett.pdf)  
<http://www.leroy.no/Global/Fakta/Laks/Laks%20i%20oppdrett.pdf>
- [www.nosclearing.com \(a\):](http://www.nosclearing.com/option-margining/category648.html)  
<http://www.nosclearing.com/option-margining/category648.html>
- [www.nosclearing.com \(b\):](http://www.nosclearing.com/getfile.php/NOS%20Clearing%20ASA/Products%20and%20Services/Rulebook%20and%20agreements/Appendix_5_Product_Specification.pdf)  
[http://www.nosclearing.com/getfile.php/NOS%20Clearing%20ASA/Products%20and%20Services/Rulebook%20and%20agreements/Appendix\\_5\\_Product\\_Specification.pdf](http://www.nosclearing.com/getfile.php/NOS%20Clearing%20ASA/Products%20and%20Services/Rulebook%20and%20agreements/Appendix_5_Product_Specification.pdf)
- [www.nosclearing.com \(d\):](http://www.nosclearing.com/nos-salmon-report/category1116.html)  
<http://www.nosclearing.com/nos-salmon-report/category1116.html> (Linken “Historical data (Office 2003 or newer)”)
- [www.ntnu.no:](http://www.ntnu.no/gemini/2000-05/26_27.html)  
[http://www.ntnu.no/gemini/2000-05/26\\_27.html](http://www.ntnu.no/gemini/2000-05/26_27.html)
- [www.regjeringen.no:](http://www.regjeringen.no/nb/dep/fin/dok/regpubl/stmeld/2009-2010/Meld-St-10-2009-2010/6/2.html?id=599198)  
<http://www.regjeringen.no/nb/dep/fin/dok/regpubl/stmeld/2009-2010/Meld-St-10-2009-2010/6/2.html?id=599198> (Lastet 03.03.12)
- [www.ssb.no:](http://statbank.ssb.no/statistikkbanken/Default_FR.asp?PXSid=0&nvl=true&PLanguage=0&tilside=selecttable/hovedtabellHjem.asp&KortnavnWeb=laks)  
[http://statbank.ssb.no/statistikkbanken/Default\\_FR.asp?PXSid=0&nvl=true&PLanguage=0&tilside=selecttable/hovedtabellHjem.asp&KortnavnWeb=laks](http://statbank.ssb.no/statistikkbanken/Default_FR.asp?PXSid=0&nvl=true&PLanguage=0&tilside=selecttable/hovedtabellHjem.asp&KortnavnWeb=laks)
- [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com/textbook/distribution-tables/)  
<http://www.statsoft.com/textbook/distribution-tables/>

### **Annet:**

- Dagens Næringsliv (2012). “Risiko finnes ikke”. 14. mars
- Product Specification and Trading Schedule Version 4.0 (fra [www.fishpool.eu](http://www.fishpool.eu))
- Rulebook for Trading at Fish Pool ASA Version 4.0 (fra [www.fishpool.eu](http://www.fishpool.eu))



# Vedlegg

## Vedlegg 1: Børser som handler futures og opsjoner

Australian Securities Exchange (ASX)	<a href="http://www.asx.com.au">www.asx.com.au</a>
BM&FBOVESPA (BMF)	<a href="http://www.bmfbovespa.com.br">www.bmfbovespa.com.br</a>
Bombay Stock Exchange (BSE)	<a href="http://www.bseindia.com">www.bseindia.com</a>
Boston Options Exchange (BOX)	<a href="http://www.bostonoptions.com">www.bostonoptions.com</a>
Bursa Malaysia (BM)	<a href="http://www.bursamalaysia.com">www.bursamalaysia.com</a>
Chicago Board Options Exchange (CBOE)	<a href="http://www.cboe.com">www.cboe.com</a>
China Financial Futures Exchange (CFFEX)	<a href="http://www.cffex.com.cn">www.cffex.com.cn</a>
CME group	<a href="http://www.cmegroup.com">www.cmegroup.com</a>
Dalian Commodity Exchange (DCE)	<a href="http://www.dce.com.cn">www.dce.com.cn</a>
Eurex	<a href="http://www.eurexchange.com">www.eurexchange.com</a>
Hong Kong Futures Exchange (HKFE)	<a href="http://www.hkex.com.hk">www.hkex.com.hk</a>
IntercontinentalExchange (ICE)	<a href="http://www.theice.com">www.theice.com</a>
International Securities Exchange (ISE)	<a href="http://www.iseoptions.com">www.iseoptions.com</a>
Kansas City Board of Trade (KCBT)	<a href="http://www.kcbt.com">www.kcbt.com</a>
London Metal Exchange (LME)	<a href="http://www.lme.co.uk">www.lme.co.uk</a>
MEFF Renta Fija and Variable, Spain	<a href="http://www.meff.es">www.meff.es</a>
Mexican Derivatives Exchange (MEXDER)	<a href="http://www.mexder.com">www.mexder.com</a>
Minneapolis Grain Exchange (MGE)	<a href="http://www.mgex.com">www.mgex.com</a>
Montreal Exchange (ME)	<a href="http://www.m-x.ca">www.m-x.ca</a>
NASDAQ OMX	<a href="http://www.nasdaqomx.com">www.nasdaqomx.com</a>
National Stock Exchange, Mumbai (NSE)	<a href="http://www.nseindia.com">www.nseindia.com</a>
NYSE Euronext	<a href="http://www.nyse.com">www.nyse.com</a>
Osaka Securities Exchange (OSE)	<a href="http://www.ose.or.jp">www.ose.or.jp</a>
Shanghai Futures Exchange (SHFE)	<a href="http://www.shfe.com.cn">www.shfe.com.cn</a>
Singapore Exchange (SGX)	<a href="http://www.sgx.com">www.sgx.com</a>
Tokyo Grain Exchange (TGE)	<a href="http://www.tge.or.jp">www.tge.or.jp</a>
Tokyo Financial Exchange (TFX)	<a href="http://www.tfx.co.jp">www.tfx.co.jp</a>
Zhengzhou Commodity Exchange (ZCE)	<a href="http://www.zce.cn">www.zce.cn</a>

Kilde: Hull 2011 s. 823

## Vedlegg 2: Handelskalender på Fish Pool

### Fish Pool Trading calendar 2011 until 2016

#### Year 2011 Friday decisive day

Contract name:	No of weeks	Week Start	Week End
Jan 11 (Weeks 1-4)	4	1	4
Feb 11 (Weeks 5-8)	4	5	8
Mar 11 (Weeks 9-12)	4	9	12
Apr 11 (Weeks 13-17)	5	13	17
May 11 (Weeks 18-21)	4	18	21
Jun 11 (Weeks 22-25)	4	22	25
Jul 11 (Weeks 26-30)	5	26	30
Aug 11 (Weeks 31-34)	4	31	34
Sep 11 (Weeks 35-39)	5	35	39
Oct 11 (Weeks 40-43)	4	40	43
Nov 11 (Weeks 44-47)	4	44	47
Dec 11 (Weeks 48-52)	5	48	52

#### Year 2014

Contract name:	No of weeks	Week Start	Week End
Jan 14 (Weeks 1-5)	5	1	5
Feb 14 (Weeks 6-9)	4	6	9
Mar 14 (Weeks 10-13)	4	10	13
Apr 14 (Weeks 14-18)	5	14	18
May 14 (Weeks 19-22)	4	19	22
Jun 14 (Weeks 23-26)	4	23	26
Jul 14 (Weeks 27-31)	5	27	31
Aug 14 (Weeks 32-35)	4	32	35
Sep 14 (Weeks 36-39)	4	36	39
Oct 14 (Weeks 40-44)	5	40	44
Nov 14 (Weeks 45-48)	4	45	48
Dec 14 (Weeks 49-53)	5	49	53

#### Year 2012, Friday decisive day

Contract name:	No of weeks	Week Start	Week End
Jan 12 (Weeks 1-4)	4	1	4
Feb 12 (Weeks 5-8)	4	5	8
Mar 12 (Weeks 9-13)	5	9	13
Apr 12 (Weeks 14-17)	4	14	17
May 12 (Weeks 18-21)	4	18	21
Jun 12 (Weeks 22-26)	5	22	26
Jul 12 (Weeks 27-30)	4	27	30
Aug 12 (Weeks 31-35)	5	31	35
Sep 12 (Weeks 36-39)	4	36	39
Oct 12 (Weeks 40-43)	4	40	43
Nov 12 (Weeks 44-48)	5	44	48
Dec 12 (Weeks 49-52)	4	49	52

#### Year 2015

Contract name:	No of weeks	Week Start	Week End
Jan 15 (Weeks 2-5)	4	2	5
Feb 15 (Weeks 6-9)	4	6	9
Mar 15 (Weeks 10-13)	4	10	13
Apr 15 (Weeks 14-18)	5	14	18
May 15 (Weeks 19-22)	4	19	22
Jun 15 (Weeks 23-26)	4	23	26
Jul 15 (Weeks 27-31)	5	27	31
Aug 15 (Weeks 32-35)	4	32	35
Sep 15 (Weeks 36-40)	5	36	40
Oct 15 (Weeks 41-44)	4	41	44
Nov 15 (Weeks 45-48)	4	45	48
Dec 15 (Weeks 49-53)	5	49	53

#### Year 2013 Wednesday decisive day

Contract name:	No of weeks	Week Start	Week End
Jan 13 (Weeks 1-5)	5	1	5
Feb 13 (Weeks 6-9)	4	6	9
Mar 13 (Weeks 10-13)	4	10	13
Apr 13 (Weeks 14-17)	4	14	17
May 13 (Weeks 18-22)	5	18	22
Jun 13 (Weeks 23-26)	4	23	26
Jul 13 (Weeks 27-31)	5	27	31
Aug 13 (Weeks 32-35)	4	32	35
Sep 13 (Weeks 36-39)	4	36	39
Oct 13 (Weeks 40-44)	5	40	44
Nov 13 (Weeks 45-48)	4	45	48
Dec 13 (Weeks 49-52)	4	49	52

#### Year 2016

Contract name:	No of weeks	Week Start	Week End
Jan 16 (Weeks 1-4)	4	1	4
Feb 16 (Weeks 5-8)	4	5	8
Mar 16 (Weeks 9-13)	5	9	13
Apr 16 (Weeks 14-17)	4	14	17
May 16 (Weeks 18-21)	4	18	21
Jun 16 (Weeks 22-26)	5	22	26
Jul 16 (Weeks 27-30)	4	27	30
Aug 16 (Weeks 31-35)	5	31	35
Sep 16 (Weeks 36-39)	4	36	39
Oct 16 (Weeks 40-43)	4	40	43
Nov 16 (Weeks 44-48)	5	44	48
Dec 16 (Weeks 49-52)	4	49	52



### Vedlegg 3: Kji-kvadrat fordeling

df\area	.995	.990	.975	.950	.900	.750	.500	.250	.100	.050	.025	.010	.005
1	0.00004	0.00016	0.00098	0.00393	0.01579	0.10153	0.45494	1.32330	2.70554	3.84146	5.02389	6.63490	7.87944
2	0.01003	0.02010	0.05064	0.10259	0.21072	0.57536	1.38629	2.77259	4.60517	5.99146	7.37776	9.21034	10.59663
3	0.07172	0.11483	0.21580	0.35185	0.58437	1.21253	2.36597	4.10834	6.25139	7.81473	9.34840	11.34487	12.83816
4	0.20699	0.29711	0.48442	0.71072	1.06362	1.92256	3.35669	5.38527	7.77944	9.48773	11.14329	13.27670	14.86026
5	0.41174	0.55430	0.83121	1.14548	1.61031	2.67460	4.35146	6.62568	9.23636	11.07050	12.83250	15.08627	16.74960
6	0.67573	0.87209	1.23734	1.63538	2.20413	3.45460	5.34812	7.84080	10.64464	12.59159	14.44938	16.81189	18.54758
7	0.98926	1.23904	1.68987	2.16735	2.83311	4.25485	6.34581	9.03715	12.01704	14.06714	16.01276	18.47531	20.27774
8	1.34441	1.64650	2.17973	2.73264	3.48954	5.07064	7.34412	10.21885	13.36157	15.50731	17.53455	20.09024	21.95495
9	1.73493	2.08790	2.70039	3.32511	4.16816	5.89883	8.34283	11.38875	14.68366	16.91898	19.02277	21.66599	23.58935
10	2.15586	2.55821	3.24697	3.94030	4.86518	6.73720	9.34182	12.54886	15.98718	18.30704	20.48318	23.20925	25.18818
11	2.60322	3.05348	3.81575	4.57481	5.57778	7.58414	10.34100	13.70069	17.27501	19.67514	21.92005	24.72497	26.75685
12	3.07382	3.57057	4.40379	5.22603	6.30380	8.43842	11.34032	14.84540	18.54935	21.02607	23.33666	26.21697	28.29952
13	3.56503	4.10692	5.00875	5.89186	7.04150	9.29907	12.33976	15.98391	19.81193	22.36203	24.73560	27.68825	29.81947
14	4.07467	4.66043	5.62873	6.57063	7.78953	10.16531	13.33927	17.11693	21.06414	23.68479	26.11895	29.14124	31.31935
15	4.60092	5.22935	6.26214	7.26094	8.54676	11.03654	14.33886	18.24509	22.30713	24.99579	27.48839	30.57791	32.80132
16	5.14221	5.81221	6.90766	7.96165	9.31224	11.91222	15.33850	19.36886	23.54183	26.29623	28.84535	31.99993	34.26719
17	5.69722	6.40776	7.56419	8.67176	10.08519	12.79193	16.33818	20.48868	24.76904	27.58711	30.19101	33.40866	35.71847
18	6.26480	7.01491	8.23075	9.39046	10.86494	13.67529	17.33790	21.60489	25.98942	28.86930	31.52638	34.80531	37.15645
19	6.84397	7.63273	8.90652	10.11701	11.65091	14.56200	18.33765	22.71781	27.20357	30.14353	32.85233	36.19087	38.58226
20	7.43384	8.26040	9.59078	10.85081	12.44261	15.45177	19.33743	23.82769	28.41198	31.41043	34.16961	37.56623	39.99685
21	8.03365	8.89720	10.28290	11.59131	13.23960	16.34438	20.33723	24.93478	29.61509	32.67057	35.47888	38.93217	41.40106
22	8.64272	9.54249	10.98232	12.33801	14.04149	17.23962	21.33704	26.03927	30.81328	33.92444	36.78071	40.28936	42.79565
23	9.26042	10.19572	11.68855	13.09051	14.84796	18.13730	22.33688	27.14134	32.00690	35.17246	38.07563	41.63840	44.18128
24	9.88623	10.85636	12.40115	13.84843	15.65868	19.03725	23.33673	28.24115	33.19624	36.41503	39.36408	42.97982	45.55851
25	10.51965	11.52398	13.11972	14.61141	16.47341	19.93934	24.33659	29.33885	34.38159	37.65248	40.64647	44.31410	46.92789
26	11.16024	12.19815	13.84390	15.37916	17.29188	20.84343	25.33646	30.43457	35.56317	38.88514	41.92317	45.64168	48.28988
27	11.80759	12.87850	14.57338	16.15140	18.11390	21.74940	26.33634	31.52841	36.74122	40.11327	43.19451	46.96294	49.64492
28	12.46134	13.56471	15.30786	16.92788	18.93924	22.65716	27.33623	32.62049	37.91592	41.33714	44.46079	48.27824	50.99338
29	13.12115	14.25645	16.04707	17.70837	19.76774	23.56659	28.33613	33.71091	39.08747	42.55697	45.72229	49.58788	52.33562
30	13.78672	14.95346	16.79077	18.49266	20.59923	24.47761	29.33603	34.79974	40.25602	43.77297	46.97924	50.89218	53.67196

Kilde: [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com)

