

Johannes Møllerhagen
Henrik Risvik Opheim

Effekten av hopp i norske aksjekurser

En empirisk høyfrekvent analyse av hopp i norske aksjekurser.

Masteroppgave i Finansiell Økonomi

Veileder: Snorre Lindset

Trondheim, juni 2019

Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet

Fakultet for økonomi

Institutt for samfunnsøkonomi



Forord

Denne masteroppgaven er skrevet som fullførende del av masterprogrammet i Finansiell Økonomi ved Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet. Prosessen med oppgaven har vært både lærerik og interessant, men også en tålmodighetsprøve. Vi har tatt til oss mange nye erfaringer om et tema vi hadde lite kunnskap om fra før, og synes arbeidet har vært gøy.

Opgaven er skrevet i \LaTeX med illustrasjoner fra Microsoft Excel og RStudio. Dataanalyser er gjort i Python, RStudio og STATA. Programmeringskode er tilgjengelig ved forespørsel.

Vi vil takke vår veileder, professor Snorre Lindset ved Institutt for samfunnsøkonomi, som har vært til stor hjelp og støtte underveis. Vi takker også Espen Sirnes i TITLON, som på forespørsel har vært behjelpelig med å fremskaffe nødvendig data for dette prosjektet.

Sammendrag

Hopp i aksjekurser er uforutsette prisendringer, hovedsakelig fremprovosert av selskaps-spesifikke eller makroøkonomiske nyheter og likviditetssjokk. Når flere aksjekurser hopper samtidig kalles det et simultant hopp. I denne oppgaven analyserer vi hvilken effekt individuelle og simultane hopp i aksjekurser har på fremtidig varians og avkastning. Vi bruker heterogene autoregressive modeller (HAR-modeller) til å finne gjennomsnittlig hoppeffekt i en portefølje bestående av 28 aksjer innenfor 6 forskjellige markedssektorer. Hoppene deles i positive og negative hopp. Våre resultater viser at negative hopp øker fremtidig varians, mens positive hopp reduserer til en viss grad fremtidig realisert varians. Vi finner tilsvarende effekt for simultane hopp, men med forsterkede resultater. Effekten av individuelle og simultane hopp på fremtidig avkastning er liten og ikke signifikant. Når aksjene deles inn i sektorer finner vi at effekten av hopp varierer fra sektor til sektor. Sykliske sektorer er mer sensitive, spesielt til negative hopp, enn de defensive sektorene.

Nøkkelord – Realisert varians, Hopp, simultane hopp, HAR, Asymmetrisk effekt

Abstract

Jumps in stock prices are unexpected changes, mainly provoked by company news, macroeconomic news and liquidity shocks. When more than two stock prices jumps in the same time interval, we define it as a simultaneous jump. In this thesis, we analyze the effects of individual- and simultaneous jumps on future realized variance and return. We use heterogeneous autoregressive models (HAR-models) to predict the mean effect of jumps using data from 28 norwegian stocks, within 6 different sectors. We distinguish between positive and negative jumps. Our results show that negative jumps increases future realized variance, while positive jumps weakly decreases future realized variance. We find the same effect for simultaneous jumps, but with a bigger impact. The effect of individual- and simultaneous jumps on returns are negligible and not significant. The results vary between sectors where cyclical stocks are more sensitive, especially to negative jumps, than defensive stocks.

Innhold

1	Innledning	1
1.1	Tidligere litteratur	2
2	Økonomisk Teori	5
2.1	Økonomisk modell	5
2.2	Kontinuerlig avkastning	6
3	Estimator for varians	7
3.1	Realisert Varians	7
3.2	Bipower Varians	8
3.3	Hopp	9
3.4	Simultane hopp	10
4	Heterogene Autoregressive modeller	13
4.1	HAR-Realisert Varians	13
4.2	HAR-RV-Hopp	15
4.3	Asymmetrisk HAR-RV-Hopp	15
4.4	HAR-RV-Simultanhopp	16
4.5	Panel HAR	17
5	Data	19
5.1	Håndtering av høyfrekvent data	19
5.2	Sektorer	20
5.3	Identifisering av hopp	23
6	Analyse	29
6.1	Modellering av realisert varians med HAR-RV	29
6.2	Effekten av individuelle hopp på realisert varians	33
6.3	Effekten av asymmetriske hopp på realisert varians	36
6.4	Effekten av simultane hopp på realisert varians	38
6.5	Effekten av hopp på avkastning	40
7	Konklusjon	43
	Referanser	44
	Appendiks	46

Figurliste

1.1	Intradag prisendringer (logaritmisk endring i pris hvert femte minutt) for Statoil (STL), Yara International (YAR), Seadrill (SDRL), Orkla (ORK) og Norsk Hydro (NHY) den 8. oktober 2008. Aksjekursen til samtlige selskap stiger etter annonsering av et koordinert rentekutt i flere verdensbanker klokken 13.00.	1
5.1	Daglig realisert varians for <i>Aker Solutions</i> i perioden 2006-2010. Vi ser at verdiene er størst i slutten av 2008, i tiden rundt finanskrisen.	24
5.2	Daglig BNS test-statistikk for <i>Aker Solutions</i> i perioden 2006-2010. Den oransje horisontale linjen viser kritisk verdi for den standard normalfordelte test-statistikken, gitt 1% signifikansnivå, $\Phi = 3.09$. Nullhypotesen om ingen hopp på dag t forkastes de gangene hvor test-statistikken er større enn kritisk verdi.	24
6.1	HAR-RV for energi-sektoren. Den røde, prikkete linjen viser observert realisert varians og den blå linjen viser estimert realisert varians. Differansen mellom linjene viser avviket mellom det modellen vår predikerer og hva den reelle realiserte variansen er.	32
6.2	HAR-RV-Hopp for energi-sektoren. Den røde, prikkete linjen viser observert realisert varians og den blå linjen viser estimert realisert varians.	35
A1	HAR-RV for Finans Sektoren. Den røde, prikkete linjen viser observert realisert varians og den blå linjen viser predikert realisert varians.	47
A2	HAR-RV for industri-sektoren. Den røde, prikkete linjen viser observert realisert varians og den blå linjen viser predikert realisert varians.	47
A3	HAR-RV for IT-sektoren. Den røde, prikkete linjen viser observert realisert varians og den blå linjen viser predikert realisert varians.	48
A4	HAR-RV for konsum-sektoren. Den røde, prikkete linjen viser observert realisert varians og den blå linjen viser predikert realisert varians.	48
A5	HAR-RV for material-sektoren. Den røde, prikkete linjen viser observert realisert varians og den blå linjen viser predikert realisert varians.	49
A6	HAR-RV-Hopp for finans-sektoren. Den røde, prikkete linjen viser observert realisert varians og den blå linjen viser predikert realisert varians.	49
A7	HAR-RV-Hopp for industri-sektoren. Den røde, prikkete linjen viser observert realisert varians og den blå linjen viser predikert realisert varians.	50
A8	HAR-RV-Hopp for IT-sektoren. Den røde, prikkete linjen viser observert realisert varians og den blå linjen viser predikert realisert varians.	50
A9	HAR-RV-Hopp for konsum-sektoren. Den røde, prikkete linjen viser observert realisert varians og den blå linjen viser predikert realisert varians.	51
A10	HAR-RV-Hopp for material-sektoren. Den røde, prikkete linjen viser observert realisert varians og den blå linjen viser predikert realisert varians.	51

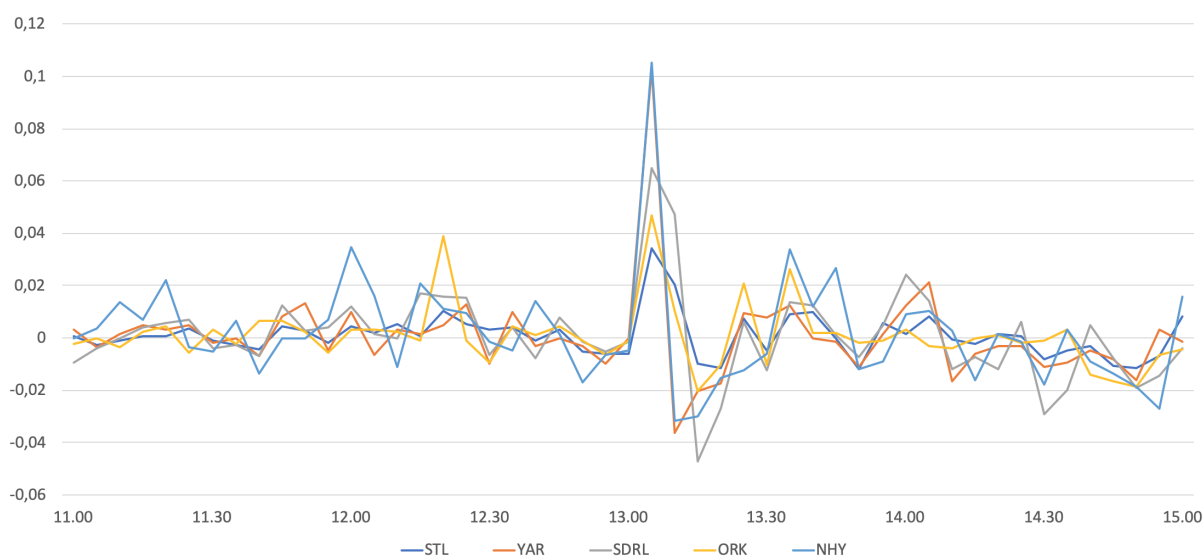
Tabelliste

5.1	Sektorer og tilhørende aksjer.	22
5.2	Tabellen viser deskriptiv statistikk fra og med januar 2006, til april 2010. Statistikken inkluderer kun tall fra den aktive delen av handelsdagen. Med andre ord er prisendringen mellom sluttkursen på dag t og åpningskursen på dag $t + 1$ utelatt. RV er gjennomsnittet av daglig realisert varians. Min er den største negative prisendringen, mens Max er den største positive prisendringen.	23
5.3	Tabellen inkluderer statistikk for dager hvor BNS test-statistikken tilsier at det foreligger et hopp i aksjekursen. $Hopp$ er antall dager med hopp i observasjonsperioden. $+H$ og $-H$ er henholdsvis positive og negative hopp. For alle positive hopp er; tot antall hopp. $+r$ er antall tilfeller hvor gjennomsnittlig prisendring er positiv (frem til samme tidspunkt den påfølgende handelsdagen). $-r$ er antall tilfeller hvor gjennomsnittlig prisendring er negativ (frem til samme tidspunkt den påfølgende handelsdagen). $snitt$ er gjennomsnittlig prisendring for alle tilfeller. Tilsvarende statistikk er gitt for negative hopp. $Snitt\ alle$ er gjennomsnittlig prisendring for både positive og negative hopp.	26
5.4	Deskriptiv statistikk for realisert varians etter hopp i aksjekursen. $+H$ og $-H$ er henholdsvis positive og negative hopp. $+RV$ er antall tilfeller hvor gjennomsnittlig realisert varians har økt etter et hopp (frem til samme tidspunkt den påfølgende handelsdagen). $-RV$ er antall tilfeller hvor gjennomsnittlig realisert varians er redusert.	27
6.1	Tabellen presenterer resultatene fra en HAR-RV-modell for 28 aksjer i det norske aksjemarked. Robust t-statistikk basert på Newey-West korreksjon, med lag-lengde 44, er oppgitt i parentesene. * representerer 5% signifikansnivå, mens ** representerer 1% signifikansnivå.	30
6.2	Tabellen presenterer resultatene fra en panel HAR-RV-modell for et panel av de 28 aksjene, inndelt i 6 markedssektorer. Robust t-statistikk basert på Newey-West korreksjon, med lag-lengde 44, er oppgitt i parentesene. * representerer 5% signifikansnivå, mens ** representerer 1% signifikansnivå.	31
6.3	Tabellen presenterer resultatene fra en HAR-RV-Hopp-modell for 28 aksjer i det norske aksjemarked. Robust t-statistikk basert på Newey-West korreksjon, med lag-lengde 44, er oppgitt i parentesene. * representerer 5% signifikansnivå, mens ** representerer 1% signifikansnivå.	33
6.4	Tabellen presenterer resultatene fra en panel HAR-RV-Hopp-modell for et panel av de 28 aksjene, inndelt i 6 markedssektorer. Robust t-statistikk basert på Newey-West korreksjon, med lag-lengde 44, er oppgitt i parentesene. * representerer 5% signifikansnivå, mens ** representerer 1% signifikansnivå.	34
6.5	Tabellen presenterer resultatene fra en asymmetrisk HAR-RV-Hopp-modell for 28 aksjer i det norske aksjemarked. Robust t-statistikk basert på Newey-West korreksjon, med lag-lengde 44, er oppgitt i parentesene. * representerer 5% signifikansnivå, mens ** representerer 1% signifikansnivå.	36

6.6	Tabellen presenterer en asymmetrisk panel HAR-RV-Hopp-modell for et panel med 28 norske aksjekurser, inndelt i 6 markedssektorer. Robust t-statistikk basert på Newey-West korreksjon, med lag-lengde 44, er oppgitt i parentesene. * representerer 5% signifikansnivå, mens ** representerer 1% signifikansnivå.	37
6.7	Tabellen presenterer en asymmetrisk HAR-RV-SH-modell for et panel med 28 norske aksjekurser, inndelt i 6 markedssektorer. Robust t-statistikk basert på Newey-West korreksjon, med lag-lengde 44, er oppgitt i parentesene. * representerer 5% signifikansnivå, mens ** representerer 1% signifikansnivå.	38
6.8	Tabellen presenterer resultatet fra en asymmetrisk HAR-RV-Hopp-modell med avkastning som den endogene variabelen, for 28 aksjer i det norske aksjemarked. Robust t-statistikk basert på Newey-West korreksjon, med lag-lengde 44, er oppgitt i parentesene. * representerer 5% signifikansnivå, mens ** representerer 1% signifikansnivå.	40
6.11	Tabellen presenterer en asymmetrisk panel HAR-RV-Hopp-modell for et panel av de 28 aksjene, inndelt i 6 markedssektorer med avkastning som den endogene variabelen. Robust t-statistikk basert på Newey-West korreksjon, med lag-lengde 44, er oppgitt i parentesene. * representerer 5% signifikansnivå, mens ** representerer 1% signifikansnivå.	41
A1	Tabellen presenterer en logaritmisk panel HAR-RV-modell for et panel av de 28 aksjene, inndelt i 6 markedssektorer. Robust t-statistikk basert på Newey-West korreksjon, med lag-lengde 44, er oppgitt i parentesene. * representerer 5% signifikansnivå, mens ** representerer 1% signifikansnivå.	46
A2	Logaritmisk asymmetrisk HAR-RV-SH- modell for sektorer i det norske aksjemarkedet. Tabellen presenterer resultatene fra en logaritmisk asymmetrisk HAR-RV-SH-modell for et panel av de 28 aksjene, inndelt i 6 markedssektorer. Robust t-statistikk basert på Newey-West korreksjon, med lag-lengde 44, er oppgitt i parentesene. * representerer 5% signifikansnivå, mens ** representerer 1% signifikansnivå.	46

1 Innledning

Klokken 13.00 onsdag 8. oktober 2008 annonserte flere verdensbanker et koordinert rentekutt. Sentralbankene i Kina, Sveits, Canada, Storbritannia, Sverige, den europeiske sentralbanken og den amerikanske sentralbanken bestemte seg da for å senke rentene med 0.5 prosentpoeng¹. Norges Bank deltok ikke i det koordinerte rentekuttet, men Oslo Børs fikk likevel merke effekten av annonseringen. Aksjeindeksene på mange av børsene i Europa gikk opp, og indeksen på Oslo Børs var selv opp 2.5 prosent en periode. Figur 1.1 viser intradag prisendringer for fem av de mest omsatte aksjene på Oslo Børs høsten 2008, samme dag som annonseringen av rentekuttet. Rett etter annonseringen klokken 13.00 øker alle fem aksjekursene drastisk. Norsk Hydro gikk opp mest med 10.5%. Statoil gikk opp minst med 3.42%, som likevel er en betydelig økning.



Figur 1.1: Intradag prisendringer (logaritmisk endring i pris hvert femte minutt) for Statoil (STL), Yara International (YAR), Seadrill (SDRL), Orkla (ORK) og Norsk Hydro (NHY) den 8. oktober 2008. Aksjekursen til samtlige selskap stiger etter annonsering av et koordinert rentekutt i flere verdensbanker klokken 13.00.

Tradisjonelle porteføljeteorier anvender ofte en normalfordeling for å kunne gjøre markedsantagelser, men i virkeligheten har markeder en tendens til å opptre mer

¹Pressemelding fra E24, samme dag. Tilgjengelig via;
<https://e24.no/boers-og-finans/boerskommentar/brakfall-paa-oslo-boers/2701551>

uforutsigbart.² Observasjoner over tid viser at endringer i aksjepriser kan være større enn hva normalfordelingen antyder, og at den reelle fordeling til avkastningen har tykkere haler. De tykke halene representerer de mest ekstreme og minst sannsynlige kursendringene. Caporin et al. (2015) definerer et hopp i aksjekursen som en prisendring, over et femminutters tidsintervall, større enn seks ganger standardavviket.

Dette er en prisendring langt utenfor det som er sannsynlig i en normalfordeling. For å illustrere med et eksempel; I Figur 1.1 er prisendringen i Norsk Hydro, fra klokken 13.00 til 13.05, lik 10.5%. Dersom standardavviket til aksjen er mindre enn 1.75% ($\frac{10.5\%}{6}$), er dette et hopp i aksjekursen til Norsk Hydro.

Som eksemplifisert kan makroøkonomiske hendelser ha stor innvirkning på aksjekurser, og dermed også investorer. En investor vil til enhver tid ønske å skaffe seg mest mulig informasjon om de aktiva vedkommende investerer i. Kan det da være at hopp i aksjekurser kan gi en oppmerksom investor informasjon som vedkommende kan dra nytte av?

Vi analyserer hvordan hopp i norske aksjekurser påvirker fremtidig varians og avkastning. Vi skiller mellom positive og negative hopp for å undersøke om effekten på fremtidig varians og avkastning er asymmetrisk. Dersom to eller flere aksjekurser hopper i samme tidsintervall, definerer vi dette som et simultant hopp. Vi analyserer om effekten av simultane hopp er forskjellig fra individuelle hopp, og om disse er asymmetriske.

1.1 Tidligere litteratur

Vi er ikke de første som er nysgjerrige på effekten av hopp i aksjekurser. Helt siden høyfrekvent data i større grad ble tilgjengelig, og Barndorff-Nielsen og Shephard (2004) påviste at modeller som tar høyde for hopp gir bedre estimater for fremtidig varians enn andre volatilitetsmodeller, har flere forsøkt å finne hvilken effekt hopp i aksjekurser har på fremtidig varians, avkastning, og korrelasjon mellom aksjer. Lui et al. (2003) og Eraker et al. (2003) undersøker hvorvidt kunnskap om hopp påvirker henholdsvis investeringsstrategier

²*TailRisk*, Pimco. Online tilgang 29-05.2019

url: <https://www.pimco.com/handlers/displaydocument.ashx?id=Y8Xa4IMzIEbGicJGFdwHSKwLqB2QrIpdOGOJ6Gd7ZqCCw74JEBbx4c3p%2FtQ5cP2PnApBY6LCBBRPvdzzJZqVPFtLdZcf7k0I0jGD%2FJemtxXk1yISVNW%2BujImssGEYH%2Fq21JB3dKl4lxrBAiKxMuB0w%2BxSTPaDRMaHiIvdmurTjDAyE8wSnxekLM3bQAlqx7LcuQHshD6HifGbUauXsmgqKSjs18v5tRRGNuBcLduTFQp8bOdR4h6Xg%2F1yteUSHXKuaGNAR49yUX4gu3uO49lljPg6D35t5%2F6e1HhOUxXmocbCvsDPLgnFImelmYDYk6KZ1OJfnvnYBaR7rOIH%2BgNLF2EVD%2FKTIaUXtKeB0RXrWI%3D>

og opsjonsprising. Lee og Mykland (2008) undersøker også videre hvordan kunnskap om hopp kan forbedre sistenevnte.

Barndorff-Nielsen og Shephard (2004) var de første til å utlede en test for signifikante hopp i aksjekurser, også kalt en Hausman-type test. I de påfølgende årene har ytterligere hopptester blitt introdusert og forbedret gjennom Andersen et al. (2007), Lee og Mykland (2008), Andersen et al. (2010a) og Corsi et al. (2010). Huang og Tauchen (2005) undersøker effekten av hopp i aksjeindeksen SP 500 og U.S. T-bonds i en periode på 10 år, mens Chatrath et al. (2014) studerer effekten av hopp i fire forskjellige valutakurser.

Med data for 6 individuelle aksjer og SP 500 indeksen, finner Corsi et al. (2010) at fremtidig varians øker etter hopp. Giot og Laurent (2007), Andersen et al. (2010a) og Busch et al. (2011) finner alle at hopp i aksjekurser ikke fører til signifikante endringer i fremtidig varians. I litteraturen vi følger nærmest, Patton og Sheppard (2015), finner vedkommende at effekten av hopp er asymmetrisk, hvor negative hopp fører til økt fremtidig varians, mens positive hopp har ingen signifikant effekt. Clements og Liao (2013) finner at effekten av simultane hopp på fremtidig varians er negativ og signifikant, mens Caporin et al. (2015) fant positiv, men ikke signifikant effekt.

For oss har det vært stor motivasjon å hente i at tilsvarende analyser og forskning ikke er gjort for norske markeder. Tidligere litteratur har viet sitt fokus til amerikanske aksjemarkeder, valutakurser og aksjeindekser. Høyfrekvent data er nesten ikke anvendt i norske utgivelser, og vi finner det både interessant og lærerikt å undersøke om aksjer notert på Oslo Børs erfarer de samme effektene som det tidligere litteratur viser for utenlandske markeder.

2 Økonomisk Teori

Strukturen i de to neste kapitlene gjør rede for oppbyggingen og forutsetningene som skal til for å bygge en robust hopptest, og baserer seg i stor grad på Andersen et al. (2010b). Vi definerer prisprosessen til aksjekurser under kontinuerlig tid, før vi utleder kvadratisk varians, realisert varians og bipower varians. De to sistnevnte variansene bruker vi til å utlede en hopptest.

2.1 Økonomisk modell

Vi bruker en hopp-diffusjonsmodell for aksjekurser, først utviklet av Merton (1976), som kan dekomponeres i tre uavhengige komponenter. En kontinuerlig driftskomponent, en positiv volatilitetskomponent og en diskontinuerlig hoppkomponent. Vi lar p_t representere den logaritmiske prisen på aksje A, og definerer modellen som

$$dp_t = \mu_t dt + \sigma_t dw_t + J_t dq_t, \quad 0 \leq t \leq T. \quad (2.1)$$

μ_t representerer driftskomponenten. $\sigma(\cdot)$ er den momentane volatilitetsprosessen. $w(\cdot)$ er en standard Brownian motion (Wiener prosess)³. dq_t er en Poisson prosess med en intensitet lik δ_t , mens J_t representerer størrelsen på det tilhørende hoppet. For å estimere volatiliteten til intradag prisendringer, beregner vi variansen til hver av de tre komponentene og adderer de sammen i en kvadratisk varians (KV). De to første komponentene i 2.1 er kontinuerlige variabler, og håndteres dermed som integraler. For tidsintervallet $[t, h]$ uttrykker vi variansen fra disse som

$$\int_{t-h}^t \sigma_s^2 ds. \quad (2.2)$$

Hoppkomponenten i 2.1 er ikke kontinuerlig, og håndteres som summen av samtlige hopp i samme intervallperiode:

³En stokastisk prosess i kontinuerlig tid. Random walk-prosesser konvergerer mot en Brownian motion fordeling, som dermed er representativt for aksjekurser (Mörters og Peres (2008))

$$\sum_{(t-h) < s \leq t}^{N_t} J_s^2. \quad (2.3)$$

Ved å addere de to foregående ligningene, uttrykker vi den kvadratiske variansen som

$$KV_{t,h} = \int_{t-h}^t \sigma_s^2 ds + \sum_{(t-h) < s \leq t}^{N_t} J_s^2. \quad (2.4)$$

Det første leddet i ligning 2.4 kaller vi integrert varians (*IV*), som beskriver variansen i daglige prisendringer. Den andre komponenten representerer varians som følge av hopp i aksjekursen, hvor N er antall hopp på dag t . Komponentene er uavhengig av hverandre, og ved fravær av hopp vil den kvadratiske variansen være lik den integrerte variansen, $\int_{t-h}^t \sigma_s^2 ds$.

De to komponentene som inngår i ligning 2.4 er ikke direkte observerbare, og vi trenger en alternativ metode for å beregne den kvadratiske variansen.

2.2 Kontinuerlig avkastning

Vi definerer den daglige kontinuerlige avkastningen, r_t , som summen av alle prisendringene på dag t , og kan skrives som

$$r_t = p_{t,M} - p_{t,0} = \sum_{m=1}^M r_{m,M}. \quad (2.5)$$

M er antall observerte prisendringer på dag t . Den kontinuerlige hopp-diffusjonsmodellen vi har utledet, forutsetter kun prisendringer i løpet av den aktive delen av handelsdagen. Dette er fordi åpningskursen på dag t ofte skiller seg fra sluttkursen på dag $t - 1$, grunnet tilfeldige endringer i faktorer som Andersen et al. (2011) mener bør utelates. Vi ekskluderer derfor hopp som skjer utenfor børsens åpningstid.

3 Estimator for varians

3.1 Realisert Varians

Den kvadratiske variansen er en verdi tilnærmet lik summen av de kvadrerte prisendringene for et gitt intervall. I tidligere litteratur har flere, blant annet Sharpe (1964), benyttet varians og standardavvik som mål på volatiliteten i porteføljeteori og aksjekurser. De siste tiårene har derimot realisert varians vokst frem som et populært alternativ til den tradisjonelle tilnærmingen, særlig ved bruk av høyfrekvent data. Grunnen til at realisert varians har blitt mer anvendt, er fremveksten av analyser på intradag data, som nevnt i Thoma (2016). Vi lar daglig realisert varians (RV_t) være lik summen av de kvadrerte prisendringene,

$$RV_t = \sum_{m=1}^M r_{t,m}^2, \quad t = 1, 2, \dots, T. \quad (3.1)$$

Andersen et al. (2010b) viser at realisert varians konvergerer mot den kvadratiske variansen når antall daglige observasjoner går mot uendelig:

$$\text{plim}_{m \rightarrow \infty} RV_t = KV_t = \int_{t-1}^t \sigma_m^2 ds + \sum_{(t-1) < m \leq t}^{N_t} J_m^2. \quad (3.2)$$

Estimering av realisert varians i ligning 3.1 vil ikke kunne hjelpe oss å skille mellom positive og negative hopp, da kvadratet av negative tall også er positivt. En utvidelse av modellen, gjort av Barndorff-Nielsen et al. (2010), deler realisert varians i to. En semivarians for positive prisendringer,

$$RV_t^+ = \sum_{m=1}^M r_{t,m}^2 I(r_{t,m} > 0), \quad (3.3)$$

og en semivarians for negative prisendringer,

$$RV_t^- = \sum_{m=1}^M r_{t,m}^2 I(r_{t,m} < 0). \quad (3.4)$$

I er en dummyvariabel som tar verdien 1 dersom prisendringen i intervallperiode m er henholdsvis positiv og negativ. Summen av semivariansene er lik RV_t . Barndorff-Nielsen et al. (2010) viser også hvordan hver av semivariansene konvergerer mot halvparten av den kontinuerlige variansen, pluss summen av hoppvariansen for positive hopp,

$$\text{plim}_{m \rightarrow \infty} RV_t^+ = \frac{1}{2} \int_{t-1}^t \sigma_m^2 ds + \sum_{(t-1) < m \leq t}^{N_t} J_m^2 I\{J_m > 0\}, \quad (3.5)$$

og negative hopp,

$$\text{plim}_{m \rightarrow \infty} RV_t^- = \frac{1}{2} \int_{t-1}^t \sigma_m^2 ds + \sum_{(t-1) < m \leq t}^{N_t} J_m^2 I\{J_m < 0\}. \quad (3.6)$$

På samme måte som Patton og Sheppard (2015), konstruerer vi en hoppvariabel som tar hensyn til om hoppene er positive eller negative,

$$\Delta J_t^2 = RV_t^+ - RV_t^-. \quad (3.7)$$

Siden størrelsen på hoppvariabelen i ligning 3.7 kun avhenger av differansen mellom semivariansene, vil hoppvariabelen være positiv på dager som er dominert av positive prisendringer, og negativ på dager dominert av negative prisendringer. Vi bruker hoppvariabelen til å undersøke om positive og negative hopp har signifikant forskjellig effekt på realisert varians, eller om effektene er de samme.

3.2 Bipower Varians

For å identifisere hopp i aksjekurser, skiller vi mellom den integrerte variansen og variansen som følger av hopp. Siden realisert varians er et samlet mål på begge disse variansene, trenger vi en modell som kun estimerer den integrerte variansen. Barndorff-Nielsen og Shephard (2004) utleder en slik modell, kalt bipower varians (BPV_t), og er robust for varians som følger av hopp. Modellen kan skrives som

$$BPV_t = \mu^{-2} \frac{M}{M-2} \sum_{m=2}^M |r_{t,m-1}| |r_{t,m}|, \quad (3.8)$$

hvor $\mu = \sqrt{\frac{2}{\pi}}$. Bipower varians utnytter at multiplisering av to prisendringer som kommer etter hverandre, har liten effekt på samlet bipower varians. I motsetning til realisert varians, vil hoppvariasjonen forsvinne i bipower varians, med mindre vi har 2 hopp rett etter hverandre. BPV konvergerer mot den integrerte varians (IV) når m går mot uendelig:

$$\text{plim}_{m \rightarrow \infty} BPV_t = IV_t = \int_{t-1}^t \sigma_m^2 ds. \quad (3.9)$$

Dette kommer av at samplingsfrekvens reduserer sannsynligheten for at to hopp inntreffer rett etter hverandre.

3.3 Hopp

Ved å kombinere realisert varians og bipower varians fra henholdsvis ligning 3.2 og 3.9, finner vi variasjonen i prisendringen som kommer fra hopp. Differansen mellom estimatene ($RV_t - BRV_t$) er en konsistent estimator for hoppkomponenten i den kvadratiske variansen. Når antall observasjoner går mot uendelig, vil differansen konvergere mot hoppvariansen:

$$\text{plim}_{m \rightarrow \infty} (RV_t - BPV_t) = \sum_{(t-1) < m \leq t}^{N_t} J_m^2. \quad (3.10)$$

Forskjellen mellom de to variansene kan ikke fortelle oss om vi har signifikante hopp eller ikke, men vi kan bruke differansen som grunnlag for hopptesten vi utleder i dette kapitlet. Vi benytter den relative endringen i den kvadratiske variansen som forårsakes av hoppkomponenten, $RJ_t = \frac{RV_t - BPV_t}{RV_t}$, introdusert av Huang og Tauchen (2005). Barndorff-Nielsen og Shephard (2006) utviklet en test for å undersøke hvorvidt det foreligger signifikante hopp i løpet av dag t . Vi bruker en forenklet versjonen av denne testen, introdusert av Andersen et al. (2011), kalt en BNS hopptest:

$$Z_t = \frac{\frac{RV_t - BPV_t}{RV_t}}{\sqrt{(\frac{\pi^2}{2} + \pi - 5) \frac{1}{M} \max(1, \frac{TPQ_t}{BPV_t^2})}}, \quad (3.11)$$

hvor

$$TPQ_t = M\mu_{\frac{4}{3}}^{-3} \frac{M}{M-4} \sum_{m=5}^M |r_{t,m-4}|^{\frac{4}{3}} |r_{t,m-2}|^{\frac{4}{3}} |r_{t,m}|^{\frac{4}{3}}, \quad (3.12)$$

og

$$\mu_{\frac{4}{3}} = 2^{\frac{2}{3}} * \Gamma\left(\frac{7}{6}\right) * \Gamma\left(\frac{1}{2}\right)^{-1}. \quad (3.13)$$

Test statistikken Z_t er asymptotisk standard normalfordelt med forventningsverdi lik null og varians lik en, under nullhypotesen om ingen hopp i løpet av observasjonsdagen. Tri-power quarticity (TPQ) er på samme måte som bipower varians et mål på daglig hoppobust varians, fordi effekten av hopp forsvinner når prisendringer multipliseres med hverandre. Vi antar at Φ representerer en passende kritisk verdi for en standard normalfordelt variabel, og forkaster nullhypotesen om ingen hopp dersom $Z_t > \Phi$.

3.4 Simultane hopp

Å analysere effekten av simultane hopp i flere aksjekurser, kan potensielt være mer informativt enn individuelle hopp. Simultane hopp følger som et resultat av endringer i faktorer som er prisavgjørende for flere selskaper. Faktorene kan være industrirelaterte og ramme kun selskaper i samme sektorer, men også markedsrelaterte og ramme alle selskaper i samme marked. For å presisere terminologien; simultane hopp i aksjekurser som følge av markedsendringer sies å være systematiske. Simultane hopp i individuelle aksjekurser, som ikke er et resultat av markedsendringer, sies å være ikke-systematiske. Blant annet undersøker Chatrath et al. (2014) hvorvidt hopp i 4 forskjellige valutakurser kan knyttes til makroøkonomiske hendelser i USA, i perioden 2005-2010.

I denne oppgaven identifiserer vi simultane hopp med metoden utledet av Gilder et al. (2014):

$$\sum_{a=1}^N I(J_{t,m,a} > 0) \begin{cases} \geq 2 & \text{Simultane hopp} \\ \leq 1 & \text{Ikke simultane hopp} \end{cases}. \quad (3.14)$$

Her er $I(J_{t,m,a})$ en dummyvariabel som tar verdien 1 dersom det foreligger et signifikant

hopp i aksje a i løpet av tidsintervallet m på dag t . Dermed identifiseres simultane hopp i de tilfellene hvor 2 eller flere aksjekurser hopper i løpet av samme tidsintervall.

En alternativ metode for å identifisere simultane hopp er å benytte en bivariat simultan-hopp-test, eller en multivariat simultan-hopp-test for en portefølje med mange aksjer, som vist i Jacod og Todorov (2009). Siden test-statistikken i disse testene ikke følger en standard normalfordeling kreves bootstrapping⁴. For å bevare simpliciteten i oppgaven, velger vi å benytte oss av metoden i ligning 3.14.

⁴Ved bootstrapping simuleres modeller med nye datasett, for deretter å benytte samme modeller på det originale datasettet, før man til slutt sammenligner og analyserer resultatene (Kuonen (2018)).

4 Heterogene Autoregressive modeller

Vi ønsker å undersøke hvilken effekt hopp har på fremtidig volatilitet. Til dette bruker vi en Heterogen Autoregressiv modell (HAR) utledet av Corsi (2009). HAR predikerer, i sin enkleste form, fremtidig volatilitet basert på historisk høyfrekvent volatilitet. Vi kommer først til å utlede HAR-modellen, før vi utvider den til å ta hensyn til hopp.

Bakgrunnen for HAR-modellen kommer fra Müller et al. (1993) sin teori om heterogene markeder. Forskjellen mellom heterogene og homogene markeder er at homogene markeder antar at informasjon blir raskt innarbeidet i markedsverdien, hvor flere tradere bidrar til at prisen på finansielle aktiva raskt konvergerer til den reelle markedsprisen. Dermed vil risikoen reduseres, og korrelasjonen mellom volatilitet og antall tradere være negativ: Desto flere investorer som deltar i markedet, desto mindre volatilitet. Dette er ikke tilfelle i empiriske analyser, hvor det observeres positiv korrelasjon mellom volatilitet og markedsdeltagelse. Vi bruker derfor en heterogen modell som tar hensyn til at deltakerne i markedet har forskjellige tidshorisonter.

HAR-modellen antar at agenter har forskjellige investeringshorisonter, og at investorene vurderer volatiliteten forskjellig avhengig av tidsintervallet. Daytradere vil eksempelvis være mest opptatt av daglig volatilitet, fondsforvaltere fokuserer kanskje mer på ukentlig volatilitet, mens langsiktige pensjonsforvaltere bryr seg mer om månedlig volatilitet. For å få mest mulig konsistente resultater inkluderer vi alle de tre ulike tidshorisontene i HAR-modellen, og estimerer fremtidig volatilitet basert på daglig, ukentlig og månedlig volatilitet.

4.1 HAR-Realisert Varians

Vi lar $\sigma_t^{(d)}$, $\sigma_t^{(u)}$ og $\sigma_t^{(m)}$ være henholdsvis daglig, ukentlig og månedlig volatilitet for individuelle aksjer eller et panel av aksjer. HAR-modellen kan ses på som en rekke av partielle volatiliteter. Daglig, ukentlig og månedlig volatilitet er mest anvendt, men også 2-dagers-, kvartals- og årlige-volatiliteter kan brukes. Avkastningsprosessen i HAR-modellen

avhenger kun av volatilitetskomponenten i hopp-diffusjonsmodellen fra ligning 2.1 og ett normalfordelt restledd,

$$r_t = \sigma_t^{(d)} \epsilon_t, \quad \epsilon_t \sim NID(0, 1). \quad (4.1)$$

I HAR-modellen er volatilitets-variablene realisert volatilitet for et gitt tidsintervall, pluss forventet verdi av eventuelle senere observasjoner:

$$\hat{\sigma}_{t+1}^{(m)} = c^{(m)} + \phi^{(m)} RVol_t^{(m)} + \hat{\omega}_{t+1}^{(m)}, \quad (4.2)$$

$$\hat{\sigma}_{t+1}^{(u)} = c^{(u)} + \phi^{(u)} RVol_t^{(u)} + \gamma^u E_t[\hat{\sigma}_{t+1}^{(m)}] + \hat{\omega}_{t+1}^{(u)}, \quad (4.3)$$

$$\hat{\sigma}_{t+1}^{(d)} = c^{(d)} + \phi^{(d)} RVol_t^{(d)} + \gamma^d E_t[\hat{\sigma}_{t+1}^{(u)}] + \hat{\omega}_{t+1}^{(d)}. \quad (4.4)$$

$RVol_t^{(d)}$, $RVol_t^{(u)}$ og $RVol_t^{(m)}$ er daglig, ukentlig og månedlig realisert volatilitet. $\hat{\omega}_{t+1}^{(d)}$, $\hat{\omega}_{t+1}^{(u)}$ og $\hat{\omega}_{t+1}^{(m)}$ er måle- og estimasjonsfeils, for henholdsvis daglig, ukentlig og månedlig volatilitet. Vi antar at $\hat{\sigma}_t^{(d)} = \sigma_t^{(d)}$, og substituerer 4.2 og 4.3 inn i 4.4. Dermed får vi følgende uttrykk for volatilitet på dag $t + 1$:

$$\sigma_{t+1}^{(d)} = c + \beta^{(d)} RVol_t^{(d)} + \beta^{(u)} RVol_t^{(u)} + \beta^{(m)} RVol_t^{(m)} + \hat{\omega}_{t+1}^{(d)}. \quad (4.5)$$

Modellen er en stokastisk volatilitetsmodell med tre forklaringsvariabler. Hver variabel representerer historisk volatilitet i form av daglig, ukentlig og månedlig realisert volatilitet. Til slutt definerer vi uttrykket på venstre side i 4.5 som

$$\sigma_{t+1}^{(d)} = RVol_{t+1}^{(d)} + \omega_{t+1}^{(d)}. \quad (4.6)$$

Vi substituerer ligning 4.6 inn i 4.5 og får en HAR-modell for realisert volatilitet,

$$RVol_{t+1}^{(d)} = c + \beta^{(d)} RVol_t^{(d)} + \beta^{(u)} RVol_t^{(u)} + \beta^{(m)} RVol_t^{(m)} + \omega_{t+1}^{(d)}. \quad (4.7)$$

Vi bytter ut realisert volatilitet med realisert varians og får følgende HAR-modell for realisert varians,

$$RV_{t+1}^{(d)} = c + \beta^{(d)} RV_t^{(d)} + \beta^{(u)} RV_t^{(u)} + \beta^{(m)} RV_t^{(m)} + \omega_{t+1}^{(d)}. \quad (4.8)$$

Vi estimerer HAR-RV med OLS, men må ta høyde for at det i restleddene kan foreligge seriekorrelasjon og heteroskedastisitet. Vi løser dette ved hjelp av Newey-West korreksjon av standardavvik for å få et korrekt estimat av test-statistikken, vist i Thoma (2016). HAR-RV-modellen brukes som referanse og robusthetssjekk for de senere modellene.

4.2 HAR-RV-Hopp

En utvidelse av HAR-modellen, som tar hensyn til eventuelle hopp, er en HAR-RV-Hopp-modell, utledet av Andersen et al. (2007). Utvidelsen innebærer at test-statistikken fra ligning 3.11 inngår i HAR-modellen som en forklarings variabel,

$$RV_{t+1}^{(d)} = c + \beta^{(d)} RV_t^{(d)} + \beta^{(u)} RV_t^{(u)} + \beta^{(m)} RV_t^{(m)} + \beta_{HOPP}^{(d)} J_t^{(d)} + \omega_{t+1}, \quad (4.9)$$

hvor

$$J_t = I\{Z_t > \Phi\} * (RV_t - BPV_t). \quad (4.10)$$

$\beta_{HOPP}^{(d)}$ er et mål på hvor mye et individuelt hopp i en aksjekurs påvirker daglig realisert varians. Siden RV inkluderer både hopp- og kontinuerlig varians, erstatter vi daglig RV med en variabel som kun estimerer kontinuerlig varians. Bipower varians er et naturlig valg for en slik variabel, slik at HAR-RV-modellen med hoppvariabel blir

$$RV_{t+1}^{(d)} = c + \beta_k^{(d)} BPV_t^{(d)} + \beta^{(u)} RV_t^{(u)} + \beta^{(m)} RV_t^{(m)} + \beta_{HOPP}^{(d)} J_t^{(d)} + \omega_{t+1}. \quad (4.11)$$

4.3 Asymmetrisk HAR-RV-Hopp

Hoppvariabelen i HAR-RV-Hopp-modellen tar ikke hensyn til om hoppene er positive eller negative. For å estimere den partielle effekten, separere vi variansen for disse to tilfellene. Vi deler den realiserte variansen i realiserte semivarianser (RV^+ og RV^-), hvor ett parameter måler variasjonen fra positiv realisert varians, og det andre negativ realisert varians. Vi erstatter dermed daglig realisert varians i HAR-RV-modellen med realiserte semivarianser,

$$RV_{t+1}^{(d)} = c + \beta^{(+d)} RV_t^{+(d)} + \beta^{(-d)} RV_t^{-d)} + \beta^{(u)} RV_t^{(u)} + \beta^{(m)} RV_t^{(m)} + \omega_{t+1}. \quad (4.12)$$

I kapittel 3.1 ser vi hvordan den kontinuerlige variansen forsvinner ved å trekke den negative semivariansen fra den positive. Gjenværende varians vil kun være fra hoppkomponenten, som vist i ligning 3.7. Vi utvider HAR-RV-Hopp-modellen til å ta hensyn til fortegnet til hoppene ved å bruke semivarians som hoppvariabel. Vi gjør som Patton og Sheppard (2015) og konstruerer to forskjellige estimatore for hopp. En hoppvariabel for de tilfellene hvor differansen mellom semivariansene er høyere enn null,

$$\Delta J_t^+ = (RV_t^+ - RV_t^-)I\{(RV_t^+ - RV_t^-) > 0\}, \quad (4.13)$$

og en for de tilfellene hvor differansen er mindre enn null,

$$\Delta J_t^- = (RV_t^+ - RV_t^-)I\{(RV_t^+ - RV_t^-) < 0\}. \quad (4.14)$$

Ved å erstatte hoppvariabelen i ligning 4.10 med de nye hoppvariablene fra 4.13 og 4.14 estimerer vi en asymmetrisk HAR-RV-Hopp-modell som skiller mellom effekten av positive og negative hopp:

$$RV_{t+1}^{(d)} = c + \beta_k^{(d)}BPV_t^{(d)} + \beta^{(u)}RV_t^{(u)} + \beta^{(m)}RV_t^{(m)} + \beta_{HOPP}^{+(d)}\Delta J_t^{+(d)} + \beta_{HOPP}^{-(d)}\Delta J_t^{-(d)} + \omega_{t+1} \quad (4.15)$$

4.4 HAR-RV-Simultanhopp

Clements og Liao (2013) og Caporin et al. (2015) utleder en HAR-RV-Hopp-modell som tar hensyn til simultane hopp. Modellen er lik HAR-RV-Hopp-modellen vi allerede har utledet, men inkluderer i tillegg en variabel for simultane hopp. Vi setter inn den simultane hoppvariabelen fra 3.14 i HAR-modellen i 4.8, og får

$$RV_{t+1}^{(d)} = c + \beta_k^{(d)}BPV_t^{(d)} + \beta^{(u)}RV_t^{(u)} + \beta^{(m)}RV_t^{(m)} + \beta_{SH}^d SH_t^{(d)} + \omega_{t+1d}. \quad (4.16)$$

SH_t er en dummyvariabel som tar verdien 1 hvis det foreligger et simultant hopp på tidspunkt t . Vi konstruerer en asymmetrisk HAR-RV-SH-modell ved å separere positive

simultan hopp fra negative simultan hopp, på samme måte som ved individuelle hopp,

$$RV_{t+1}^{(d)} = c + \beta_k^{(d)} BPV_t^{(d)} + \beta^{(u)} RV_t^{(u)} + \beta^{(m)} RV_t^{(m)} + \beta_{SH}^{+(d)} SH_t^{+(d)} + \beta_{SH}^{-(d)} SH_t^{-(d)} + \omega_{t+1}. \quad (4.17)$$

4.5 Panel HAR

Hittil har vi diskutert hvordan HAR-modeller brukes for å modellere variansen til en enkelt aksje. Vi er også interessert i å estimere den gjennomsnittlige effekten av hopp i et panel av aksjer, og bruker Patton og Sheppard (2015) sin panel HAR-modell:

$$RV_{j,t+1}^{(d)} = c_j + \beta^{(d)} RV_{j,t}^{(d)} + \beta^{(u)} RV_{j,t}^{(u)} + \beta^{(m)} RV_{j,t}^{(m)} + \omega_{j,t+1} \quad j = 1, 2 \dots N, \quad (4.18)$$

hvor N er antall aksjer og c_j er en konstant effekt som lar hver aksje ha forskjellig langsiktig varians. Vi eliminerer c_j , og estimerer panel HAR-modellen ved hjelp av Pooled OLS.

I oppgaven bruker vi panel HAR til å estimere gjennomsnittlig effekt for hver sektor. Vi utvider panel HAR til panel HAR-RV-Hopp og asymmetrisk HAR-RV-Hopp. Vi analyserer effekten i hver sektor for å identifisere eventuelle forskjeller.

5 Data

Vårt datasett inkluderer observasjoner fra og med januar 2006, til april 2010, og inkluderer $N = 28$ aksjer notert på Oslo Børs i nevnte tidsperiode. I løpet av denne perioden har Oslo Børs utvidet sine åpningstider⁵, hvorpå vår data inkluderer de samme parallelle endringene. Dataen er tilsendt fra Titlon⁶. Dataen inkluderer informasjon om priser, volum og tidspunkt for hver gjennomførte transaksjon.

Valg av intervallengde mellom prisobservasjonene er avgjørende for presise estimeringer. Dersom intervallene blir for store vanskeligjøres sporing av hopptidspunkt og identifisering av simultane hopp. Samtidig vil små tidsintervaller kunne medføre mikrostrukturell støy. Vi velger derfor å gjennomføre tester basert på 5-minutters intervaller. Antall observasjoner per dag vil avhenge av børsens åpningstid, og i vårt datasett være enten $M = 85$ eller $M = 97$. Transaksjonsprisen som er mest nærliggende hver tidsobservasjon i intervallet, under betingelsen om at disse forekommer før intervalltidspunktet, bruker vi som aksjekurs for intervallet. Til slutt estimerer vi tilhørende 5-minutters avkastning for hvert tidsintervall, hvor $r_{t,m} = p_{t,m} - p_{t,m-1}$. Andersen et al. (2007) utleder en robust balanse mellom bruk av små og store observasjonsintervaller. Dermed er vår bruk av 5-minutters frekvensintervaller i samsvar med tidligere studier gjort på dette området.

5.1 Håndtering av høyfrekvent data

Håndtering av intradag data er en omfattende oppgave som krever høy nøyaktighet siden samplingen skjer veldig raskt, og transaksjoner må registreres fortløpende etter hvert som ny informasjon foreligger. På den positive siden vil høyere samplingsfrekvens gi mer informasjon som kan benyttes til å analysere markedet på en mer nøyaktig måte. På den negative siden vil sannsynligheten for unøyaktighet øke i takt med samplingsfrekvensen.

⁵Oslo Børs utvidet åpningstiden fra klokken 16.00 til 17.00 den 01/09-2008. (<https://www.oslobors.no/Oslo-Boers/Regelverk/Boerssirkulaerer-arkiv/4-2008-OPPHEVET-Utvidet-aapningstid-for-handel-i-aksjer-og-derivater-fra-1.-september-2008.-Praktiske-konsekvenser>)

⁶Finansdatabase for norske akademiske institusjoner. <https://titlon.uit.no>

Feil i dataen kan være forårsaket av flere grunner. Det kan skyldes forsinkelser av informasjon, informasjon som ikke kommer frem, handler som kanselleres, kommafeil i noteringer og lignende. Empiriske analyser og anvendt økonometri, som vi benytter i denne oppgaven, vil være hensiktsløs dersom vi ikke tar høyde for slike samplingsfeil. For oss er det derfor nødvendig og avgjørende å konstruere en algoritme som filtrerer datasettene for feil som foreligger. Vi forkaster alle ufullstendige observasjoner, og alle analyser i oppgaven er kun basert på tilfeller hvor nødvendig data er tilgjengelig. Som en konsekvens av dette vil antallet individuelle- og simultane hopp i oppgaven ikke samsvare perfekt med det som er reelt for tidsperioden, samtidig som hyppigheten av hopp heller ikke er direkte sammenlignbar på tvers av aksjene. Siden vi kun fokuserer på effektene av hopp, vil dette være uproblematisk for oppgaven i sin helhet.

5.2 Sektorer

De 28 aksjene vi anvender i denne oppgaven klassifiseres i 6 forskjellige sektorer, basert på næringsvirksomheten. Vi tar en nærmere titt på sektorene som inngår i denne oppgaven, basert på opplysninger fra Oslo Børs⁷.

Finans involverer selskaper som utøver tjenester som bankvirksomhet, kapitalforvaltning, investeringer, forsikringer, utlån og finansielle investeringer. Sektoren utgjør i dag 7% av alle aksjene som er notert på Oslo Børs.

Energi omfatter selskaper engasjert i leting, produksjon, markedsføring, raffinering, og / eller transport av olje- og gassprodukter, kull og andre typer drivstoff og selskaper hvor virksomheten er dominert av én av følgende aktiviteter: Bygging eller leveranse av oljerigger, boreutstyr og andre energirelaterte tjenester og utstyr, inkludert seismisk datainnsamling. Sektoren utgjør i dag 24% av alle aksjene som er notert på Oslo Børs.

⁷<https://www.oslobors.no/markedsaktivitet/#/list/shares/quotelist/ob/all/all/false>

IT omfatter selskaper som er involvert i programvare og tjenester innen internett. Sektoren omfatter også selskaper innenfor områdene kommunikasjonsutstyr, maskinvare, halvledere og elektronisk utstyr og tjenester. Sektoren utgjør 10% av alle aksjene som er notert på Oslo Børs.

Industri omfatter selskaper hvor virksomheten er dominert av én av følgende aktiviteter: Produksjon og distribusjon av kapitalvarer, inkludert luftfart og forsvar, konstruksjon, prosjektering og byggevarer, elektrisk utstyr og industrimaskineri. Levering av kommersielle tjenester og forsyninger, inkludert grafisk industri, sysselsetting, miljø- og kontortjenester. Levering av transporttjenester, herunder flyselskaper, kurerer, maritim sektor, vei, jernbane og infrastruktur for transport. Sektoren utgjør 16% av alle aksjene som er notert på Oslo Børs.

Konsumvare omfatter selskaper som er mindre følsomme for konjunktursvingninger, inkludert produsenter og distributører av mat, drikkevarer og tobakk og produsenter av ikke-varige husholdnings- og personlige produkter. Sektoren omfatter også detaljhandel innen mat og medisiner, samt hypermarkeder og forbrukerrettede storsentre. Sektoren utgjør 6% av alle aksjene som er notert på Oslo Børs.

Materialer omfatter et bredt spekter av råvarerelatert produksjonsindustri. Inkludert i denne sektoren er selskaper som produserer kjemikalier, byggevarer, glass, papir, skogprodukter og relaterte emballasjeprodukter, i tillegg til metall-, mineral- og gruveselskaper, inkludert stålprodusenter. Sektoren utgjør 4% av alle aksjene som er notert på Oslo Børs.

Energisektoren utgjør den største sektoren som vi anvender, og er også den største på Oslo Børs. Av de 28 aksjene vi bruker, kan 17 handles den dag i dag. Øvrige har enten blitt strøket fra notering, gått konkurs, eller blitt kjøpt opp/fusjonert med andre selskaper. I Tabell 5.1 har vi listet opp samtlige 28 aksjer, og de tilhørende sektorene de befinner seg i. IT- og Konsum-sektoren inneholder tre aksjer, mens Energi-sektoren inneholder 10 aksjer. Øvrige sektorer inkluderer fire aksjer hver.

Tabell 5.1: Sektorer og tilhørende aksjer.

FINANS	Acta Holding, Aker, DNB, Storebrand
ENERGI	Acergy, Aker Solutions, DNO, Fred. Olsen Energy, Frontline, Norse Energy Corp., Petroleum Geo-Service, Seadrill, Statoil, TGS-NOPEC Geophysical Company
IT	Blom Group, Ementor, Tandberg
INDUSTRI	Jinhui Shipping and Transportation, Royal Caribbean Cruises, Stolt-Nielsen, Tomra Systems
MATREIALER	Northland Resources, Norsk Hydro, Norske Skogindustrier, Yara International
KONSUMVARER	Cermaq, Marine Harvest, Orkla

Tabell 5.2 viser deskriptiv statistikk for daglig realisert varians for alle aksjekursene, samt de største positive og negative prisendringene. Northland Resources, Acta Holding og Blom Group er de tre selskapene med høyest daglig realisert varians i snitt. Til motsetning er Statoil, Orkla og Fred. Olsen Energy selskapene med laveste daglig realisert varians i snitt. Aksjekursen til Stolt-Nielsen har den største negative prisendringen, mens aksjekursen til Blom Group har den største positive prisendringen. Gitt aksjekursene som inngår i denne oppgave, er Material-sektoren den mest volatile sektoren på gjennomsnittlig basis. Energi-sektoren er den minst volatile sektoren på gjennomsnittlig basis.

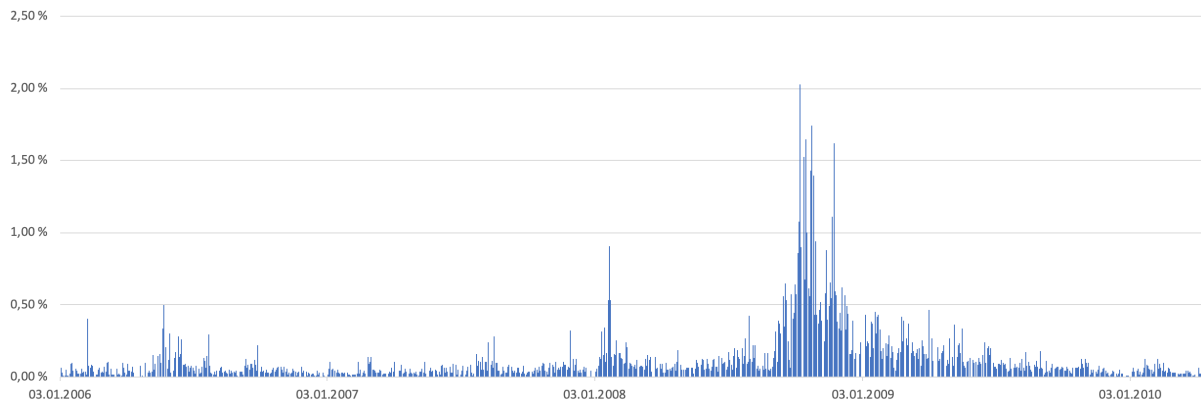
Tabell 5.2: Tabellen viser deskriptiv statistikk fra og med januar 2006, til april 2010. Statistikken inkluderer kun tall fra den aktive delen av handelsdagen. Med andre ord er prisendringen mellom sluttkursen på dag t og åpningskursen på dag $t + 1$ utelatt. RV er gjennomsnittet av daglig realisert varians. Min er den største negative prisendringen, mens Max er den største positive prisendringen.

Selskap	Ticker	Sektor	RV	Min	Max
Acta Holding	ACTA	Finans	0.33%	-11.78%	13.90%
Aker	AKER	Finans	0.07%	-6.40%	5.22%
DNB	DNB	Finans	0.08%	-8.56%	7.85%
Storebrand	STB	Finans	0.13%	-9.84%	8.34%
Aceryg	ACY	Energi	0.12%	-9.12%	14.56%
Aker Solutions	AKSO	Energi	0.12%	-6.36%	10.20%
DNO	DNO	Energi	0.17%	-8.86%	12.83%
Fred. Olsen Energy	FOE	Energi	0.06%	-5.41%	5.90%
Frontline	FRO	Energi	0.09%	-10.05%	6.48%
Norse Energy Corp.	NEC	Energi	0.18%	-7.12%	9.36%
Petroleum Geo-Service	PGS	Energi	0.12%	-7.92%	6.72%
Seadrill	SDRL	Energi	0.09%	-7.80%	6.47%
Statoil	STL	Energi	0.03%	-2.27%	3.42%
TGS-NOPEC Geophysical Company	TGS	Energi	0.15%	-17.27%	15.44%
Blom Group	BLO	IT	0.25%	-20.46%	29.03%
Ementor	EME	IT	0.12%	-7.59%	8.00%
Tanberg	TAA	IT	0.09%	-5.16%	7.81%
Jinhui Shipping and Transportation	JIN	Industri	0.22%	-11.22%	10.09%
Royal Caribbean Cruises	RCL	Industri	0.11%	-7.52%	6.19%
Stolt-Nielsen	SNI	Industri	0.15%	-22.54%	19.40%
Tomra Systems	TOM	Industri	0.09%	-10.06%	8.99%
Northland Resources	NAUR	Materialer	0.39%	-17.02%	20.36%
Norsk Hydro	NHY	Materialer	0.07%	-6.96%	10.50%
Norske Skogindustrier	NSG	Materialer	0.15%	-9.58%	10.90%
Yara International	YAR	Materialer	0.08%	-6.31%	10.27%
Cermaq	CEQ	Konsumvarer	0.17%	-12.78%	19.44%
Marine Harvest	MHG	Konsumvarer	0.15%	-15.25%	20.07%
Orkla	ORK	Konsumvarer	0.05%	-4.78%	4.70%

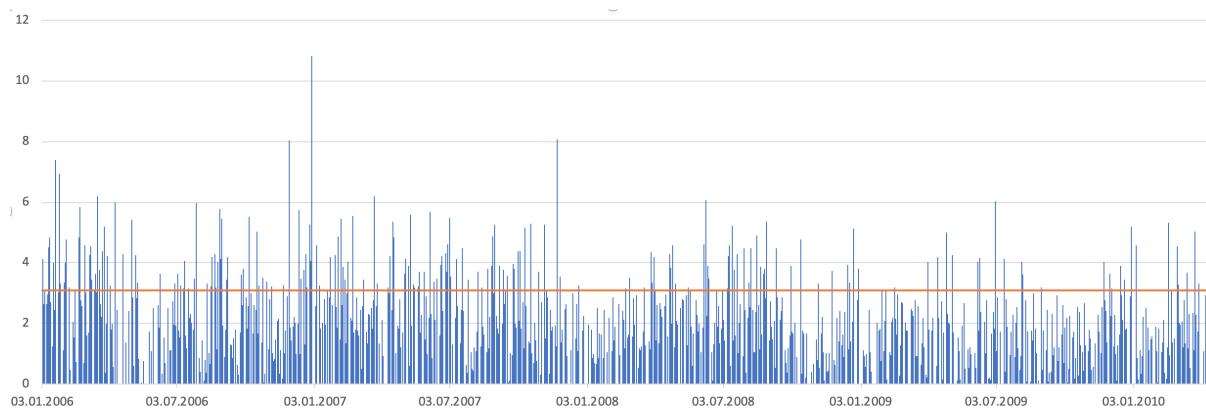
5.3 Identifisering av hopp

For å illustrere bruken av realisert varians og BNS-testen vi bruker i denne oppgaven, eksemplifiserer vi med *Aker Solutions*. Figur 5.1 viser daglig realisert varians for selskapets aksjekurs i observasjonsperioden. Den realiserede variansen er størst i slutten av 2008. Høsten samme år slo finanskrisen ut for fullt, og varte til våren 2009. Usikre markeder og konjunktursvingninger resulterer i høye verdier for realisert varians. Figur 5.2 viser test-statistikken fra BNS-testen. Den oransje horisontale linjen er kritisk verdi

gitt 1% signifikansnivå. Test-statistikken er større enn kritisk verdi i 164 tilfeller, hvilket indikerer tilsvarende antall dager med hopp i aksjekursen til *Aker Solutions*.



Figur 5.1: Daglig realisert varians for *Aker Solutions* i perioden 2006-2010. Vi ser at verdiene er størst i slutten av 2008, i tiden rundt finanskrisen.



Figur 5.2: Daglig BNS test-statistikk for *Aker Solutions* i perioden 2006-2010. Den oransje horisontale linjen viser kritisk verdi for den standard normalfordelte test-statistikken, gitt 1% signifikansnivå, $\Phi = 3.09$. Nullhypotesen om ingen hopp på dag t forkastes de gangene hvor test-statistikken er større enn kritisk verdi.

BNS-testen determinerer hvorvidt det foreligger et hopp på dag t eller ikke. Med andre ord forteller den ikke hvilket tidsintervall hoppet foreligger. I Tabell 5.3 antar vi at den største prisendringen, på dager hvor test-statistikken indikerer et hopp i aksjekursen, er et intervalltidspunkt med hopp. Tabellen inkluderer deskriptiv statistikk for avkastningen etter positive og negative hopp. I neste kapittel analyserer vi hvorvidt hopp i aksjekurser har signifikant effekt på avkastning ved hjelp av HAR-modeller. Ut fra tabellen å dømme kan det likevel tyde på at den gjennomsnittlige avkastning, én dag etter hopp, er negativ

for de fleste aksjekursene.

I tillegg til å undersøke hvilken effekt hopp har på fremtidig avkastning, analyserer vi effekten på fremtidig realisert varians. For alle hoppene som inngår i Tabell 5.3, estimerer vi også realisert varians for tiden etter hopp, presentert i Tabell 5.4. Vi analyserer effekten av hopp i aksjekurser på realisert varians i neste kapittel, men fra Tabell 5.4 kan det virke som at hopp har en økende effekt på fremtidig realisert varians. Samlet sett er antall tilfeller med økt realisert varians større enn antall tilfeller med redusert realisert varians for 20 av 28 aksjer.

Vi presiserer at det reelle antallet hopp i samtlige aksjekurser kan være høyere enn det som fremgår av denne oppgaven. Dette er fordi datasettet mangler observasjoner for noen enkeltdager, samtidig som aksjekurser kan hoppe flere ganger i løpet av en dag. I Tabell 5.3 og Tabell 5.4 inkluderer vi derfor kun statistikk for hopp i de tilfellene hvor dataen vår er komplett.

Tabell 5.3: Tabellen inkluderer statistikk for dager hvor BNS test-statistikken tilsier at det foreligger et hopp i aksjekursen. *Hopp* er antall dager med hopp i observasjonsperioden. $+H$ og $-H$ er henholdsvis positive og negative hopp.

For alle positive hopp er;

tot antall hopp. $+r$ er antall tilfeller hvor gjennomsnittlig prisendring er positiv (frem til samme tidspunkt den påfølgende handelsdagen). $-r$ er antall tilfeller hvor gjennomsnittlig prisendring er negativ (frem til samme tidspunkt den påfølgende handelsdagen). *snitt* er gjennomsnittlig prisendring for alle tilfeller.

Tilsvarende statistikk er gitt for negative hopp. *Snitt alle* er gjennomsnittlig prisendring for både positive og negative hopp.

Ticker	Hopp	+ H				- H				Snitt alle
		tot	+r	-r	snitt	tot	+r	-r	snitt	
FINANS										
ACTA	435	235	133	102	negativ	200	117	83	negativ	negativ
AKER	414	213	112	101	negativ	201	118	83	positiv	negativ
DNB	204	101	56	45	positiv	103	64	39	positiv	positiv
STB	278	143	70	73	negativ	135	76	59	negativ	negativ
ENERGI										
ACY	229	123	69	54	negativ	106	62	44	positiv	positiv
AKSO	164	83	42	41	negativ	81	46	35	positiv	negativ
DNO	143	66	37	29	negativ	77	46	31	positiv	negativ
FOE	350	175	91	84	negativ	175	107	68	negativ	negativ
FRO	256	113	64	49	negativ	143	83	60	negativ	negativ
NEC	451	240	135	105	negativ	211	128	83	negativ	negativ
PGS	139	67	31	36	positiv	72	30	42	negativ	negativ
SDRL	193	113	66	47	negativ	80	49	31	negativ	negativ
STL	169	90	48	42	positiv	79	53	26	positiv	positiv
TGS	291	133	57	76	negativ	158	77	81	negativ	negativ
IT										
BLO	500	285	164	121	negativ	215	133	82	negativ	negativ
EME	495	248	127	121	negativ	247	156	91	negativ	negativ
TAA	252	116	59	57	negativ	136	86	50	positiv	positiv
INDUSTRI										
JIN	492	249	137	112	negativ	243	133	110	negativ	negativ
RCL	385	157	85	72	negativ	228	121	107	negativ	negativ
SNI	534	218	107	111	negativ	316	169	147	negativ	negativ
TOM	415	201	108	93	negativ	214	108	106	negativ	negativ
MATERIALER										
NAUR	378	228	119	109	negativ	150	90	60	negativ	negativ
NHY	139	69	35	34	negativ	70	44	26	positiv	positiv
NSG	282	142	79	63	negativ	140	82	58	negativ	negativ
YAR	177	87	57	30	positiv	90	50	40	positiv	positiv
KONSUM										
CEQ	514	275	120	155	negativ	239	143	96	negativ	negativ
MHG	209	112	59	53	negativ	97	56	41	positiv	negativ
ORK	193	100	56	44	negativ	93	60	33	positiv	negativ

Tabell 5.4: Deskriptiv statistikk for realisert varians etter hopp i aksjekursen. $+H$ og $-H$ er henholdsvis positive og negative hopp. $+RV$ er antall tilfeller hvor gjennomsnittlig realisert varians har økt etter et hopp (frem til samme tidspunkt den påfølgende handelsdagen). $-RV$ er antall tilfeller hvor gjennomsnittlig realisert varians er redusert.

Ticker	+ H		- H		Alle hopp	
	+RV	-RV	+RV	-RV	+RV	-RV
FINANS						
ACTA	129	106	108	92	237	198
AKER	107	106	109	92	216	198
DNB	39	62	54	49	93	111
STB	81	62	72	63	153	125
ENERGI						
ACY	65	58	48	58	113	116
AKSO	37	46	38	43	75	89
DNO	38	28	36	41	75	49
FOE	91	84	88	87	179	171
FRO	63	50	76	67	139	117
NEC	127	113	107	104	234	217
PGS	29	38	37	35	66	73
SDRL	49	64	47	33	96	97
STL	48	42	45	34	93	76
TGS	73	60	81	77	154	137
IT						
BLO	158	127	119	96	277	223
EME	143	105	133	114	276	219
TAA	63	53	63	73	126	126
INDUSTRI						
JIN	129	120	112	131	241	251
RCL	95	62	119	109	214	171
SNI	130	88	161	155	291	243
TOM	116	85	120	94	236	179
MATERIALER						
NAUR	118	110	85	65	203	175
NHY	43	26	33	37	76	63
NSG	74	68	72	68	146	136
YAR	45	42	49	41	94	83
KONSUM						
CEQ	172	103	116	123	288	226
MHG	51	61	51	46	102	107
ORK	51	49	48	45	99	94

6 Analyse

6.1 Modellering av realisert varians med HAR-RV

Vi analyserer først referansemodellen vår, HAR-RV, som er utledet i kapittel 4.1. Referansemodellen bruker vi for å se om hopp gir ekstra informasjon når vi estimerer fremtidig realisert varians. Vi utleder modellen for alle aksjene individuelt, for så å samle aksjene i sektorer og estimere panel HAR-RV-modeller for hver sektor.

Tabell 6.1: Tabellen presenterer resultatene fra en HAR-RV-modell for 28 aksjer i det norske aksjemarked. Robust t-statistikk basert på Newey-West korreksjon, med lag-lengde 44, er oppgitt i parentesene. * representerer 5% signifikansnivå, mens ** representerer 1% signifikansnivå.

$$RV_{t+1}^{(d)} = c + \beta^{(d)}RV_t^{(d)} + \beta^{(u)}RV_t^{(u)} + \beta^{(m)}RV_t^{(m)} + \omega_{t+1}.$$

Ticker	c	$\beta^{(d)}$	$\beta^{(u)}$	$\beta^{(m)}$	R ²
ACTA	0.0004 (1.55)	0.1961 (5.09)**	0.3510 (4.65)**	0.3717 (5.25)**	0.4912
ACY	0.0001 (1.77)	0.2215 (5.86)**	0.4367 (6.74)**	0.2566 (4.48)**	0.5294
AKER	0.0001 (2.30)	0.1490 (3.98)**	0.4853 (7.11)**	0.2544 (3.94)**	0.4354
AKSO	0.0001 (1.73)	0.2406 (6.42)**	0.4683 (7.43)**	0.2165 (3.95)**	0.5793
BLO	0.0006 (2.23)	0.0768 (1.99)*	0.3595 (4.80)**	0.3875 (4.96)**	0.2441
CEQ	0.0003 (1.79)	0.2762 (7.51)**	0.0747 (1.07)	0.5165 (6.84)**	0.322
DNB	0.0001 (1.73)	0.4356 (11.48)**	0.2651 (4.44)**	0.2079 (4.06)**	0.5869
DNO	0.0004 (2.12)	0.0912 (2.43)**	0.4319 (6.13)**	0.3160 (4.34)**	0.2848
EME	0.0003 (3.16)	0.2166 (5.70)**	0.4586 (6.97)**	0.1408 (2.12)*	0.3427
FOE	0.0001 (2.30)	0.1438 (3.73)**	0.5308 (8.18)**	0.2033 (3.42)**	0.4488
FRO	0.0002 (2.40)	0.2006 (5.38)**	0.2812 (4.03)**	0.3595 (4.93)**	0.2934
JIN	0.0003 (2.05)	0.2401 (6.39)**	0.4265 (6.56)**	0.2321 (3.90)**	0.4891
MHG	0.0003 (2.34)	0.0981 (2.64)**	0.2521 (3.22)**	0.4667 (5.48)**	0.2075
NAUR	0.0006 (1.69)	0.3292 (7.80)**	0.0525 (0.67)	0.4865 (6.01)**	0.3609
NEC	0.0002 (1.63)	0.2831 (7.97)**	0.1624 (2.35)*	0.4754 (7.06)**	0.4837
NHY	0.0002 (2.25)	0.0736 (1.97)*	0.4064 (5.61)**	0.3429 (4.53)**	0.2575
NSG	0.0003 (2.30)	0.1966 (5.33)**	0.2270 (3.19)**	0.4405 (5.91)**	0.3082
ORK	0.0001 (1.95)	0.1284 (3.43)**	0.3682 (5.01)**	0.3939 (5.62)**	0.3996
PGS	0.0001 (1.82)	0.3278 (8.72)**	0.3398 (5.49)**	0.2557 (4.73)**	0.586
RCL	0.0002 (1.78)	0.1100 (2.95)**	0.2782 (3.62)**	0.5044 (6.56)**	0.3456
SDRL	0.0001 (1.83)	0.1411 (3.68)**	0.5246 (7.76)**	0.2419 (4.03)**	0.5133
SNI	0.0006 (2.68)	0.0730 (1.97)*	0.3138 (3.96)**	0.3600 (3.90)**	0.1523
STB	0.0001 (1.35)	0.2705 (7.37)**	0.1720 (2.46)*	0.4895 (7.27)**	0.513
STL	0.0001 (2.12)	0.0577 (1.50)	0.5194 (7.32)**	0.3125 (4.73)**	0.416
TAA	0.0003 (2.76)	0.0119 (0.31)	0.3376 (4.09)**	0.4064 (4.43)**	0.1545
TGS	0.0002 (1.59)	0.1676 (4.61)**	0.1544 (2.03)*	0.5758 (7.48)**	0.3681
TOM	0.0001 (1.95)	0.2990 (8.28)**	0.0572 (0.81)	0.5288 (7.17)**	0.3535
YAR	0.0001 (2.11)	0.0627 (1.63)	0.7735 (12.36)**	0.0639 (1.21)	0.558

Tabell 6.2: Tabellen presenterer resultatene fra en panel HAR-RV-modell for et panel av de 28 aksjene, inndelt i 6 markedssektorer. Robust t-statistikk basert på Newey-West korreksjon, med lag-lengde 44, er oppgitt i parentesene. * representerer 5% signifikansnivå, mens ** representerer 1% signifikansnivå.

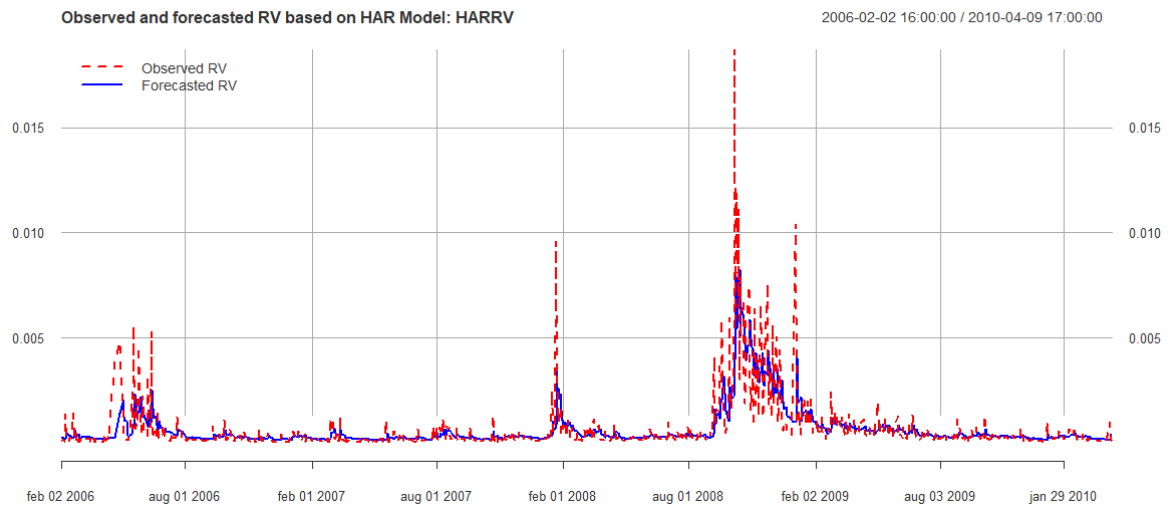
$$RV_{j,t+1}^{(d)} = c_j + \beta^{(d)} RV_{j,t}^{(d)} + \beta^{(u)} RV_{j,t}^{(u)} + \beta^{(m)} RV_{j,t}^{(m)} + \omega_{j,t+1}.$$

Sektor	c_j	$\beta^{(d)}$	$\beta^{(u)}$	$\beta^{(m)}$	R^2
Energi	0.0001 (1.74)	0.2265 (5.95)**	0.4115 (6.26)**	0.2624 (4.37)**	0.4890
Finans	0.0001 (1.37)	0.2527 (6.34)**	0.3771 (5.07)**	0.3021 (4.58)**	0.5783
Industri	0.0001 (2.17)	0.0707 (1.73)	0.5673 (7.40)**	0.2438 (3.50)**	0.4271
IT	0.0001 (2.39)	0.0860 (2.02)*	0.6279 (8.89)**	0.1505 (2.40)*	0.4369
Konsum	0.0001 (1.76)	0.1527 (3.96)**	0.2748 (3.68)**	0.4659 (6.49)**	0.3866
Material	0.0001 (1.92)	0.3140 (7.01)**	0.3228 (4.43)**	0.2340 (3.41)**	0.4444

Fra resultatene i Tabell 6.2 finner vi at fremtidig realisert varians avhenger av daglig, ukentlig og månedlig historisk realisert varians. I energi-sektoren vil eksempelvis en enhets økning i daglig realisert varians, føre til en økning på $0.2265 + 0.4115/5 + 0.2624/22 = 0.3207$ enheter i realisert varians den påfølgende dagen. Den ukentlige variabelen har størst effekt i alle sektorene med unntak av konsum-sektoren. Fra tabell 6.1 finner vi også tilsvarende resultater for de fleste individuelle aksjer. Til 5% signifikansnivå er de aller fleste variablene signifikante for både individuelle aksjer og sektorer.

Analyser på det amerikanske markedet, gjort av Andersen et al. (2010a) og Corsi et al. (2010), finner at $RV_{j,t}^{(d)}$ har størst effekt på fremtidig realisert varians. Våre resultater indikerer derimot at $RV_{j,t}^{(u)}$ har størst effekt på fremtidig realisert varians i HAR-RV-modellen. Dersom vi følger Müller et al. (1993) sin teori om heterogene markeder, betyr dette at flesteparten av investorene legger større vekt på den ukentlige variansen for aksjene i datasettet vårt. Dette impliserer også at det tar tid før informasjon ankommer markedet.

Modellen for sektorene forklarer mellom 38% og 58% av fremtidig realisert varians.



Figur 6.1: HAR-RV for energi-sektoren. Den røde, prikkete linjen viser observert realisert varians og den blå linjen viser estimert realisert varians. Differansen mellom linjene viser avviket mellom det modellen vår predikerer og hva den reelle realiserte variansen er.

Figur 6.1 sammenligner observert realisert varians med estimert realisert varians fra modellen vår. Fra figuren ser vi at de største utslagene kommer høsten 2008 i tiden rundt finanskrisen. Dette følger av at HAR-RV-modellen trenger tid til å tilpasse seg store endringer. I tillegg inngår ingen variabler for hoppvariasjon i modellen, noe som fører til at modellen underestimerer effekten av hopp.

I tabell A.1 i appendiks har vi estimert en logaritmisk HAR-RV-modell som en robusthetsjekk til modellen i Tabell 6.2. Fordelen med å benytte logaritmiske variabler er at man oppnår bedre predikerte verdier i de tilfellene hvor dataen følger en ikke-lineær kurve. Vi finner de samme resultatene i begge modellene, men den logaritmiske modellen har høyere forklaringskraft. For å beholde simplisiteten i oppgaven velger vi å kun bruke log-modeller som robusthetsjekk.

6.2 Effekten av individuelle hopp på realisert varians

Tabell 6.3: Tabellen presenterer resultatene fra en HAR-RV-Hopp-modell for 28 aksjer i det norske aksjemarked. Robust t-statistikk basert på Newey-West korreksjon, med lag-lengde 44, er oppgitt i parentesene. * representerer 5% signifikansnivå, mens ** representerer 1% signifikansnivå.

$$RV_{t+1}^{(d)} = c + \beta_k^{(d)} BPV_t^{(d)} + \beta^{(u)} RV_t^{(u)} + \beta^{(m)} RV_t^{(m)} + \beta_{HOPP}^{(d)} J_t^{(d)} + \omega_{t+1}$$

Ticker	c	$\beta_k^{(d)}$	$\beta^{(u)}$	$\beta^{(m)}$	$\beta_{HOPP}^{(d)}$	R ²
ACTA	0.0004(1.58)	0.2562 (5.16)**	0.3458 (4.57)**	0.3976 (5.51)**	-0.1943 (-1.92)	0.4932
ACY	0.0002(2.07)	0.3476 (8.01)**	0.4231 (6.63)**	0.2634 (4.67)**	-0.4509 (-5.66)**	0.5437
AKER	0.0001(2.43)	0.2757 (5.43)**	0.4643 (6.82)**	0.2443 (3.81)**	-0.2687 (-3.67)**	0.4428
AKSO	0.0001(2.05)	0.6124 (13.30)**	0.2823 (4.65)**	0.2537 (4.96)**	-0.8513 (-12.40)**	0.6346
BLO	0.0006(2.23)	0.0867 (1.37)	0.3608 (4.79)**	0.3885 (4.96)**	-0.0244 (-0.2)	0.2441
CEQ	0.0003(1.55)	0.3454(3.61)**	0.0672 (0.95)	0.5183 (6.86)**	-0.0879 (-0.78)	0.3224
DNB	0.0001(1.73)	0.4342 (7.71)**	0.2651 (4.44)**	0.2082 (3.99)**	0.0035 (0.03)	0.5879
DNO	0.0004(2.31)	0.3859 (6.93)**	0.3575 (5.14)**	0.2739 (3.84)**	-0.5551 (-7.03)**	0.3184
EME	0.0003(3.19)	0.3052 (5.61)**	0.4445 (6.75)**	0.1739 (2.57)**	-0.2341 (-2.27)*	0.3462
FOE	0.0001(1.83)	0.3179 (5.21)**	0.7580 (12.26)**	0.0071 (0.13)	-0.4820 (-5.34)**	0.568
FRO	0.0002(2.38)	0.1720 (2.60)**	0.2882 (4.05)**	0.3635 (4.96)**	0.0531 (0.52)	0.2936
JIN	0.0003(2.36)	0.3923 (8.23)**	0.4439 (6.91)**	0.2164 (3.68)**	-0.3882 (-5.09)**	0.5021
MHG	0.0004(2.38)	0.1630 (3.19)**	0.2395 (3.06)**	0.4782 (5.61)**	-0.2052 (-1.85)	0.2101
NAUR	0.0005(1.25)	0.6076 (8.60)**	0.1156 (1.48)	0.4947 (6.21)**	-0.5468 (-4.87)**	0.3813
NEC	0.0002(1.56)	0.5293 (10.66)**	0.1339 (1.98)*	0.5023 (7.61)**	-0.5995 (-6.93)**	0.5071
NHY	0.0002(2.32)	0.3645 (6.47)**	0.3671 (5.17)**	0.2696 (3.61)**	-0.5234 (-6.79)**	0.2897
NSG	0.0002(1.43)	0.5798 (8.15)**	0.1913 (2.73)**	0.3765 (5.10)**	-0.6566 (-6.26)**	0.334
ORK	0.0001(1.92)	0.6399 (9.65)**	0.3241 (4.58)**	0.2219 (3.18)**	-0.8621 (-9.19)**	0.4456
PGS	0.0002(3.49)	0.6226 (14.77)**	0.3188 (5.53)**	0.1757 (3.47)**	-0.9455 (-12.55)**	0.6415
RCL	0.0002(1.92)	0.4070 (6.06)**	0.2612 (3.44)**	0.4266 (5.52)**	-0.4258 (-5.29)**	0.3636
SDRL	0.0001(2.16)	0.4021 (7.31)**	0.4681 (7.01)**	0.2341 (3.97)**	-0.6143 (-6.50)**	0.5328
SNI	0.0006(2.68)	0.0448 (0.37)	0.3143 (3.96)**	0.3617 (3.91)**	0.0331 (0.24)	0.1523
STB	0.0001(1.40)	0.3892 (7.86)**	0.1901 (2.72)**	0.4654 (6.91)**	-0.3434 (-3.54)**	0.519
STL	0.0001(2.41)	0.4440 (6.78)**	0.4983 (7.19)**	0.2064 (3.12)**	-0.6458 (-7.19)**	0.4444
TAA	0.0003(2.34)	0.5822 (6.49)**	0.2570 (3.16)**	0.3189 (3.53)**	-0.9538 (-7.00)**	0.1961
TGS	0.0002(1.53)	0.1295 (2.83)**	0.1501 (1.97)*	0.5828 (7.56)**	0.1190 (1.37)	0.3693
TOM	0.0001(1.79)	0.4049 (6.93)**	0.0363 (0.51)	0.5582 (7.48)**	-0.2162 (-2.30)*	0.3569
YAR	0.0001(1.83)	0.3179 (5.21)**	0.7580 (12.26)**	0.0071 (0.13)	-0.4820 (-5.34)**	0.568

Tabell 6.4: Tabellen presenterer resultatene fra en panel HAR-RV-Hopp-modell for et panel av de 28 aksjene, inndelt i 6 markedssektorer. Robust t-statistikk basert på Newey-West korreksjon, med lag-lengde 44, er oppgitt i parentesene. * representerer 5% signifikansnivå, mens ** representerer 1% signifikansnivå.

$$RV_{j,t+1}^{(d)} = c_j + \beta_k^{(d)} BPV_{j,t}^{(d)} + \beta^{(u)} RV_{j,t}^{(u)} + \beta^{(m)} RV_{j,t}^{(m)} + \beta_{HOPP}^{(d)} J_{j,t}^{(d)} + \omega_{j,t+1}$$

Sektor	c_j	$\beta_k^{(d)}$	$\beta^{(u)}$	$\beta^{(m)}$	$\beta_{HOPP}^{(d)}$	R^2
Energi	0.000 (1.35)	0.7534 (13.30)**	0.3561 (5.77)**	0.2074 (3.68)**	-0.9563 (-11.96)**	0.5533
Finans	0.000 (0.83)	0.6168 (11.45)**	0.3509 (4.94)**	0.2577 (4.08)**	-0.7583 (-9.56)**	0.6172
Industri	0.0001 (1.52)	0.6620 (8.31)**	0.4602 (6.15)**	0.1368 (2.00)*	-0.7428 (-8.54)**	0.4697
IT	0.0001 (1.99)	0.2906 (4.74)**	0.6368 (9.12)**	0.1382 (2.22)*	-0.4524 (-4.59)**	0.4502
Konsum	0.0001 (1.14)	0.4516 (6.32)**	0.2390 (3.23)**	0.4038 (5.53)**	-0.4307 (-4.95)**	0.4016
Material	0.000 (0.05)	0.7920 (13.11)**	0.3008 (4.44)**	0.1187 (1.84)	-1.2190 (-10.77)**	0.5216

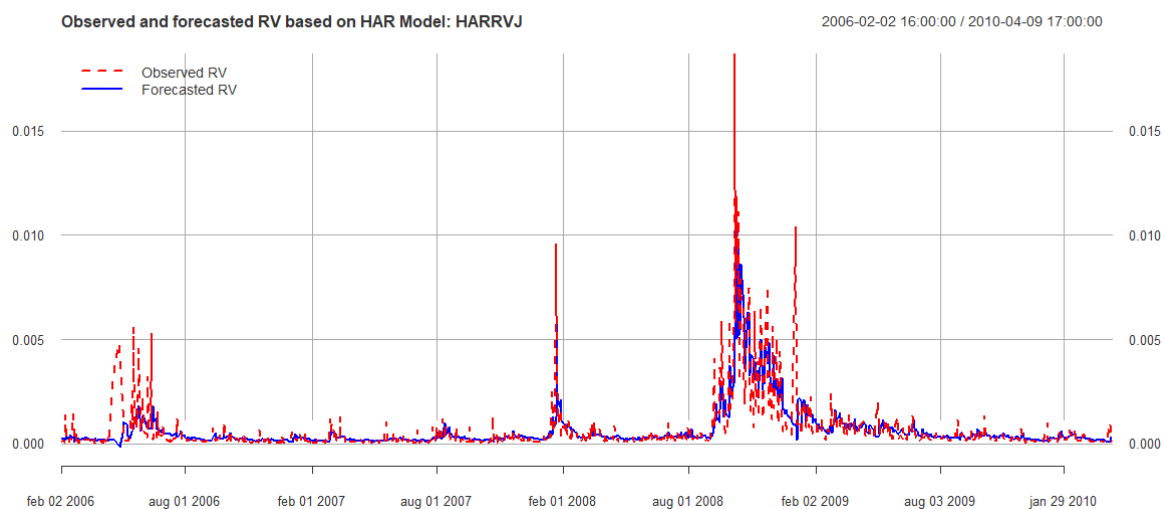
Vi inkluderer en hoppvariabel i modellen vår. Fra resultatene i Tabell 6.3 og 6.4 ser vi at hopp har en reduserende effekt på fremtidig varians for alle sektorer, og for de aller fleste enkeltaksjer. For energi-sektoren vil eksempelvis en enhets økning i realisert varians føre til $0.7534 + 0.3561/5 + 0.2074/22 - 0.9563 = -0.1223$ enhets reduksjon i realisert varians den påfølgende dagen, gitt et hopp på samme dag. Uten hopp hadde realisert varians påfølgende dag økt med $0.7534 + 0.3561/5 + 0.2074/22 = 0.8340$ enheter. Den største effekten fra hopp finner vi i material-sektoren, og den minste i konsum-sektoren.

Effekten av daglig bipower varians ($BPV_{j,t}^{(d)}$) er i denne modellen betydelig større enn effekten av realisert varians fra HAR-RV-modellen. I sektorene avtar effekten på fremtidig varians etter hvert som lengden på variablene øker. Etter at hoppvariasjonen har blitt separert i en egen hoppvariabel har vi nå fått en avtagende effekt.

Modellens forklaringskraft øker for alle individuelle aksjer og sektorer. For sektorene er nå forklaringskraften, R^2 , mellom 40%-62%. Den største økning i forklaringskraft finner vi for energi- og material-sektoren, som øker med henholdsvis 7.5 og 8 prosentpoeng. IT sektoren øker minst, med litt over 1.5 prosentpoeng. Siden vi ikke inkluderer ekstra forklaringsvariabler i regresjonen, men deler RV i to for å se på kvantitative forskjeller, er økt R^2 en indikator på at modellen er bedre.

Vi finner at gjennomsnittlig effekt av hopp er negativ og signifikant for alle sektorer, og for de aller fleste individuelle aksjer. Modellens forklaringskraft øker, slik at hoppvariansen

bør modelleres separat fra realisert varians for å få best mulige resultater.



Figur 6.2: HAR-RV-Hopp for energi-sektoren. Den røde, prikkete linjen viser observert realisert varians og den blå linjen viser estimert realisert varians.

Fra Figur 6.2 observerer vi mindre variasjon mellom observert og estimert realisert varians. Likevel er det fortsatt en god del feil rundt høsten 2008. Dette kommer av at modellen sliter med perioder med stor variasjon.

6.3 Effekten av asymmetriske hopp på realisert varians

Tabell 6.5: Tabellen presenterer resultatene fra en asymmetrisk HAR-RV-Hopp-modell for 28 aksjer i det norske aksjemarked. Robust t-statistikk basert på Newey-West korreksjon, med lag-lengde 44, er oppgitt i parentesene. * representerer 5% signifikansnivå, mens ** representerer 1% signifikansnivå.

$$RV_{t+1}^{(d)} = c + \beta_k^{(d)} BPV_t^{(d)} + \beta^{(u)} RV_t^{(u)} + \beta^{(m)} RV_t^{(m)} + \beta_{HOPP}^{+(d)} \Delta J_t^{+(d)} + \beta_{HOPP}^{-(d)} \Delta J_t^{-(d)} + \omega_{t+1}$$

Ticker	c	$\beta_k^{(d)}$	$\beta^{(u)}$	$\beta^{(m)}$	$\beta_{HOPP}^{+(d)}$	$\beta_{HOPP}^{-(d)}$	R ²
ACTA	0.0003(1.1)	0.3922 (8.14)**	0.3700 (5.02)**	0.3839 (5.42)**	-0.2880 (-3.73)**	0.5823 (3.26)**	0.5190
ACY	0.0001(1.73)	0.4736 (10.95)**	0.4475 (7.27)**	0.2456 (4.52)**	-0.2960 (-4.80)**	1.1106 (8.26)**	0.5765
AKER	0.0001(1.90)	0.3052 (5.75)**	0.4580 (6.69)**	0.2435 (3.80)**	-0.0016 (-0.03)	0.5823 (4.16)**	0.4460
AKSO	0.0001(1.17)	0.5876 (11.65)**	0.4310 (7.21)**	0.1519 (2.91)**	-0.1152 (-2.39)**	1.0212 (7.06)**	0.6239
BLO	0.0006(2.35)	0.1860 (3.43)**	0.3830 (5.08)**	0.3738 (4.80)**	-0.2559 (-1.92)	0.4728 (2.71)**	0.2508
CEQ	0.0002(1.26)	0.4747 (7.12)**	0.0842 (1.21)	0.4726 (6.20)**	0.0738 (1.11)	0.5827 (2.18)*	0.3307
DNB	0.0001(0.90)	0.8642 (14.19)**	0.3975 (7.26)**	0.0039 (0.08)	-0.2678 (-4.38)**	1.2002 (6.49)**	0.6635
DNO	0.0001(2.21)	0.4203 (6.43)**	0.3847 (5.49)**	0.2676 (3.72)**	-0.0790 (-1.63)	1.1839 (5.55)**	0.3105
EME	0.0003(3.24)	0.2900 (5.89)**	0.4307 (6.43)**	0.1563 (2.35)*	0.1100 (1.62)	0.5716 (3.30)**	0.3469
FOE	0.0001(1.76)	0.3828 (6.98)**	0.5711 (8.90)**	0.1693 (2.91)**	-0.2459 (-3.52)**	0.8408 (5.88)**	0.4767
FRO	0.0002(2.47)	0.3373 (4.93)**	0.2511 (3.56)**	0.3293 (4.50)**	0.0200 (0.35)	0.3879 (2.43)*	0.3057
JIN	0.0003(2.01)	0.4604 (9.47)**	0.3801 (5.95)**	0.2419 (4.15)**	-0.0928 (-1.49)	0.9309 (6.47)**	0.5130
MHG	0.0004(2.44)	0.1802 (3.14)**	0.2449 (3.13)**	0.4470 (5.22)**	-0.0221 (-0.27)	0.3553 (2.16)*	0.2102
NAUR	0.0004(1.22)	0.6097 (9.44)**	0.0711 (0.93)	0.4390 (5.55)**	-0.1486 (-1.73)	0.5253 (1.61)	0.4042
NEC	0.0002(1.26)	0.4361 (7.94)**	0.1714 (2.53)*	0.4424 (6.65)**	0.0048 (0.09)	0.5036 (2.87)**	0.5038
NHY	0.0002(2.28)	0.3416 (6.01)**	0.3672 (5.14)**	0.2831 (3.78)**	-0.0833 (-1.81)	0.7803 (4.70)**	0.2855
NSG	0.0003(2.27)	0.4079 (7.03)**	0.1998 (2.83)**	0.3902 (5.23)**	0.0360 (0.57)	0.8474 (5.46)**	0.3226
ORK	0.0001(1.59)	0.3782 (5.87)**	0.3367 (4.62)**	0.3614 (5.18)**	-0.1153 (-1.85)	0.7472 (4.73)**	0.4190
PGS	0.0002(2.37)	0.5247 (11.40)**	0.2967 (4.89)**	0.2691 (5.15)**	-0.1101 (-1.68)	0.9583 (7.69)**	0.6150
RCL	0.0002(1.65)	0.4545 (6.93)**	0.2586 (3.42)**	0.4030 (5.22)**	-0.0939 (-1.98)*	0.9230 (4.60)**	0.3746
SDRL	0.0001(1.81)	0.4454 (7.08)**	0.5180 (7.70)**	0.1999 (3.43)**	-0.2752 (-4.32)**	0.9758 (5.74)**	0.5471
SNI	0.0006(2.77)	0.1200 (2.84)**	0.3145 (3.98)**	0.3694 (4.00)**	-0.1800 (-1.58)	0.1560 (0.46)	0.1573
STB	0.0001(1.40)	0.4366 (9.10)**	0.2060 (2.93)**	0.4309 (6.36)**	-0.0387 (-0.58)	0.757 (5.32)**	0.5286
STL	0.0001(2.17)	0.2605 (3.75)**	0.5203 (7.37)**	0.2684 (4.07)**	-0.1750 (-3.03)**	0.5184 (2.99)**	0.4333
TAA	0.0003(2.18)	0.4509 (5.03)**	0.2733 (3.33)**	0.3247 (3.55)**	-0.1410 (-2.72)**	1.0815 (4.76)**	0.1827
TGS	0.0002(1.26)	0.1640 (3.64)**	0.1832 (2.41)*	0.5582 (7.30)**	0.1223 (0.12)	-0.4328 (-1.99)*	0.3789
TOM	0.0001(1.98)	0.4191 (8.38)**	0.0422 (0.60)	0.5315 (7.27)**	-0.0026 (-0.03)	0.6118 (3.99)**	0.3654
YAR	0.0001(2.28)	0.0946 (1.88)	0.8185 (13.01)**	0.0396 (0.75)	-0.1893 (-2.89)**	0.0869 (0.74)	0.5653

Tabell 6.6: Tabellen presenterer en asymmetrisk panel HAR-RV-Hopp-modell for et panel med 28 norske aksjekurser, inndelt i 6 markedssektorer. Robust t-statistikk basert på Newey-West korreksjon, med lag-lengde 44, er oppgitt i parentesene. * representerer 5% signifikansnivå, mens ** representerer 1% signifikansnivå.

$$RV_{j,t+1}^{(d)} = c_j + \beta_k^{(d)} BPV_{j,t}^d + \beta^{(u)} RV_{j,t}^{(u)} + \beta^{(m)} RV_{j,t}^{(m)} + \beta_{HOPP}^{+(d)} \Delta J_{j,t}^{+(d)} + \beta_{HOPP}^{-(d)} \Delta J_{j,t}^{-(d)} + \omega_{j,t+1}$$

Sektor	c_j	$\beta_k^{(d)}$	$\beta^{(u)}$	$\beta^{(m)}$	$\beta_{HOPP}^{+(d)}$	$\beta_{HOPP}^{-(d)}$	R ²
Energi	0.0001 (1.82)	0.4032 (7.47)**	0.3775 (5.73)**	0.2902 (4.52)**	-0.1150 (-0.11)	0.7068 (4.65)**	0.5381
Finans	0.0001 (1.32)	0.4246 (9.30)**	0.3579 (5.48)**	0.2655 (3.91)**	-0.1490 (-2.18)*	0.7830 (4.81)**	0.6188
Industri	0.0003 (2.10)	0.3635 (6.90)**	0.2488 (3.49)**	0.3865 (5.16)**	-0.0923 (-1.27)	0.6554 (3.88)**	0.4526
IT	0.0004 (2.59)	0.3090 (4.78)**	0.3657 (4.95)**	0.2849 (3.57)**	-0.0956 (-1.00)	0.7086 (3.59)**	0.4501
Konsum	0.0002 (1.76)	0.3444 (5.38)**	0.2219 (2.99)**	0.427 (5.53)**	-0.0212 (-0.34)	0.5617 (3.02)**	0.4599
Material	0.0003 (2.01)	0.3634 (6.09)**	0.3642 (5.48)**	0.2880 (3.83)**	-0.0963 (-1.46)	0.5600 (3.13)**	0.5244

For å finne den direkte effekten av positive og negative hopp, estimerer vi en asymmetrisk HAR-RV-Hopp-modell, som utledet i ligning 4.15.

Fra resultatene i Tabell 6.5 og 6.6 ser vi at negative hopp øker fremtidig varians, og er signifikante for alle sektorer og de aller fleste individuelle aksjer. I sektorene har positive hopp ingen signifikant effekt på fremtidig varians. Unntaket er finans-sektoren, hvor effekten er redusert fremtidig varians, til 5% signifikansnivå. Effekten av negative hopp er størst i finans-sektoren. Vi tester signifikans med en t-test, hvor $H_0 : \beta_{HOPP}^{+(d)} = \beta_{HOPP}^{-(d)}$. Vi forkaster H_0 for alle sektorene, og konkluderer med at positive og negative hopp har signifikant forskjellig effekt på fremtidig varians⁸. For de individuelle aksjene er resultatene noe tilsvarende de vi finner for sektorene. I enkelte aksjer er effekten av positive hopp også signifikant. Det eneste tilfellet hvor et negativt hopp reduserer fremtidig varians er i TGS. For energi-sektoren vil eksempelvis en enhets økning i realisert varians føre til $0.4032 + 0.3775/5 + 0.2902/22 + 0.7068 = 1.1986$ enhets økning i realisert varians den påfølgende dagen, gitt et negativt hopp. I tilfellet med et positivt hopp eller ingen hopp, vil effekten være $0.4032 + 0.3775/5 + 0.2902/22 = 0.4918$.

Forklaringskraften øker gjennomsnittlig med 1.4 prosentpoeng for aksjekursene, mens den i sektorene øker med ca 1 prosentpoeng i snitt. Den asymmetriske HAR-RV-Hopp-modellen forbedrer med andre ord ikke forklaringskraften i særlig stor grad, men modellen er mer informativ på den måten at den skiller effekten fra positive og negative hopp. Dersom effekten av hopp er lik for den asymmetriske HAR-RV-Hopp-modellen og HAR-RV-Hopp-

⁸Vi har brukt kommandoen *lincom* i Stata for å teste H_0 .

modellen, forventer vi å finne at $\beta_{HOPP}^{+(d)} = \beta_{HOPP}^{-(d)} = \beta_{HOPP}^{(d)}$. Vi har allerede forkastet at $\beta_{HOPP}^{+(d)} = \beta_{HOPP}^{-(d)}$, slik at vi også forkaster at effekten av hopp er lik for begge modellene.

En mulig årsak til at negative hopp i aksjekurser har en økende effekt på realisert varians, kan være økningen i selskapets $\frac{Gjeld}{Egenkapital}$ -forhold. Ved negative kursendringer reduseres selskapets egenkapital sammenlignet med selskapets gjeld. Mer usikkerhet knyttes dermed til selskapets finansielle situasjon, noe som reflekteres gjennom økt realisert variansen.

Fra resultatene våre finner vi at effekten av hopp er asymmetrisk. Den negative effekten vi finner i HAR-RV-Hopp-modellen kan blant annet komme av at det er flere positive enn negative hopp i datasettet vårt. Å inkludere asymmetriske hoppvariabler virker som en naturlig utvidelse av HAR-RV-Hopp-modellen for å få mer informative resultater.

6.4 Effekten av simultane hopp på realisert varians

Tabell 6.7: Tabellen presenterer en asymmetrisk HAR-RV-SH-modell for et panel med 28 norkse aksjekurser, inndelt i 6 markedssektorer. Robust t-statistikk basert på Newey-West korreksjon, med lag-lengde 44, er oppgitt i parentesene. * representerer 5% signifikansnivå, mens ** representerer 1% signifikansnivå.

$$RV_{j,t+1}^{(d)} = c_j + \beta_k^{(d)} BPV_{j,t}^{(d)} + \beta^{(u)} RV_{j,t}^{(u)} + \beta^{(m)} RV_{j,t}^{(m)} + \beta_{SH}^{+(d)} SH_{j,t}^{+(d)} + \beta_{SH}^{-(d)} SH_{j,t}^{-(d)} + \omega_{j,t+1}$$

Sektor	c_j	$\beta_k^{(d)}$	$\beta^{(u)}$	$\beta^{(m)}$	$\beta_{SH}^{+(d)}$	$\beta_{SH}^{-(d)}$	R ²
Energi	0.0001 (2.64)	0.5603 (4.96)**	0.4410 (3.36)**	0.2408 (4.99)**	-0.2278 (-2.28)*	1.37 (4.31)**	0.5307
Finans	0.0001 (0.78)	0.5969 (4.69)**	0.4280 (3.30)**	0.2383 (2.48)*	-0.9991 (-2.30)*	1.161 (2.27)*	0.6269
Industri	0.0001 (2.18)	0.4473 (2.59)**	0.4624 (3.34)**	0.2072 (1.62)	-0.1241 (-2.58)**	0.5560 (1.37)	0.4668
IT	0.0001 (2.59)	0.2812 (3.81)**	0.6182 (5.81)**	0.1533 (2.98)**	-0.1804 (-2.57)**	0.5937 (2.47)*	0.4403
Konsum	0.0001(1.35)	0.5539 (3.95)**	0.2377 (3.62)**	0.3799 (4.48)**	-0.0868 (-2.94)**	0.9901 (2.86)**	0.4270
Material	0.0001 (2.28)	0.4903 (6.75)**	0.4016 (2.87)**	0.1869 (2.20)*	-0.0182 (-0.43)	0.6726 (5.36)**	0.4787

Til nå har vi sett på hvordan effekten av individuelle hopp påvirker fremtidig varians. Ved å modellere simultane hopp i aksjekurser, kan vi undersøke hvordan store makroøkonomiske- og sektor-relaterte sjokk påvirker fremtidig realisert varians.

For å teste effekten av simultane hopp bruker vi en asymmetrisk HAR-RV-SH-modell. Hoppkomponentene inngår kun i de tilfellene hvor to eller flere aksjekurser, i samme sektor, hopper simultant med samme fortegn.

Fra Tabell 6.7 ser vi at simultane hopp har mye av den samme effekten på fremtidig varians

som individuelle hopp. Forskjellen er at størrelsen på effekten blir forsterket. Effekten av negative hopp er større for simultane hopp, med unntak av IT- og industri-sektorene, hvor koeffisientene reduseres sammenlignet med individuelle hopp. Effekten av positive hopp er redusert fremtidig varians for alle sektorene, med unntak av material-sektoren. Den er til forskjell fra individuelle hopp signifikant for de fleste sektorene. Positive hopp er fortsatt signifikant forskjellig fra negative hopp for alle sektorer, som vi tester på samme måte som vi gjorde i delkapittel 6.3.

Vi finner altså at store makroøkonomiske og sektor- relaterte sjokk ser ut til å ha en større effekt på fremtidig realisert varians, enn individuelle hopp. Det gir intuitiv mening siden individuelle hopp kun vil ha effekt på individuelle aksjekurser, mens simultane hopp i tillegg påvirker markedet og sektoren. På et makronivå vil dermed negative simultane hopp fører til økt varians og økt fremtidig risiko for sektoren.

Modellens forklaringskraft er relativt lik modellen for individuelle hopp, og varierer mellom 42-62%. Vi har også konstruert en log HAR-RV-SH-modell, presentert i Tabell A2 i appendiks. Resultatene i begge HAR-RV-SH-modellene indikerer det samme, men resultatene fra log-modellen er mindre signifikante.

6.5 Effekten av hopp på avkastning

Tabell 6.8: Tabellen presenterer resultatet fra en asymmetrisk HAR-RV-Hopp-modell med avkastning som den endogene variabelen, for 28 aksjer i det norske aksjemarked. Robust t-statistikk basert på Newey-West korreksjon, med lag-lengde 44, er oppgitt i parentesene. * representerer 5% signifikansnivå, mens ** representerer 1% signifikansnivå.

$$r_{t+1} = c + \beta_k^{(d)} BPV_t^{(d)} + \beta^{(u)} RV_t^{(u)} + \beta^{(m)} RV_t^{(m)} + \beta_{HOPP}^{+(d)} \Delta J_t^{+(d)} + \beta_{HOPP}^{-(d)} \Delta J_t^{-(d)} + \omega_{t+1}$$

Ticker	c	$\beta_k^{(d)}$	$\beta^{(u)}$	$\beta^{(m)}$	$\beta_{HOPP}^{+(d)}$	$\beta_{HOPP}^{-(d)}$	R ²
ACTA	0.0001(0.40)	-0.2654 (-6.28)**	0.1972 (2.26)*	-0.0025 (-0.37)	-0.0058 (-0.58)	-0.3852 (-1.86)	0.0179
ACY	0.0000(0.46)	0.0152 (2.36)*	-0.0494 (-3.59)**	0.0198 (1.88)	0.0502 (3.17)**	-0.0205 (-0.94)	0.0243
AKER	0.0000(0.23)	-0.0034(-0.34)	-0.0028 (-0.15)	-0.0077 (-0.48)	0.0200 (1.14)	-0.0272 (-1.36)	0.031
AKSO	0.0001(1.41)	0.0452 (1.89)	-0.0510 (-4.12)**	0.1597 (1.25)	0.0171 (1.25)	0.1627 (1.80)	0.0337
BLO	-0.0000(-0.12)	0.0059 (2.32)*	-0.0063 (-1.11)	-0.0042 (-0.89)	0.0119 (1.00)	0.0124 (1.54)	0.01
CEQ	-0.0000(-0.12)	0.0170 (1.76)	0.0130 (1.73)	-0.0228 (-2.94)**	-0.0067 (-0.45)	-0.0005 (-0.01)	0.0297
DNB	0.0001(0.34)	0.0682 (2.57)**	-0.0010 (-0.06)	-0.0357 (-3.23)**	-0.0070 (-0.55)	0.2042 (3.03)**	0.0417
DNO	-0.0000(-0.18)	-0.0009 (-0.06)	0.0012 (0.11)	0.0038 (0.82)	-0.0152 (-1.31)	-0.0032 (-0.07)	0.0110
EME	0.0002(1.39)	-0.0226 (-1.17)	-0.0016 (-0.13)	0.0060 (0.52)	0.0077 (0.49)	-0.0536 (-0.72)	0.0099
FOE	-0.0000(-0.18)	0.0021 (0.13)	-0.0122 (-0.49)	-0.0024 (-0.19)	0.0485 (2.09)*	-0.0078 (-0.24)	0.0095
FRO	-0.0000(-0.22)	0.0228 (2.17)*	-0.0195 (-2.11)*	0.0055 (0.56)	-0.0109 (-1.37)	0.0301 (1.08)	0.0088
JIN	0.0001 (2.31)*	-0.0249 (-2.49)*	0.0166 (1.60)	-0.0067 (-0.86)	-0.0173 (-0.93)	-0.0513 (-1.73)	0.0216
MHG	0.0001(0.58)	0.0031 (0.30)	-0.0194 (-2.05)*	0.0173 (1.53)	-0.0077 (-1.02)	0.0083 (0.34)	0.0063
NAUR	0.0001(0.54)	-0.0004 (-0.13)	-0.0064 (-0.96)	0.0042 (0.67)	0.0055 (1.02)	0.0233 (1.44)	0.0093
NEC	0.0000(0.23)	0.0018 (0.18)	-0.0213 (-2.49)*	0.0070 (0.86)	0.0365 (2.53)*	-0.0415 (-1.27)	0.0274
NHY	0.0000(0.19)	0.0065 (1.09)	-0.0081 (-0.77)	-0.0017 (-0.20)	-0.044 (-0.65)	-0.0107 (-0.31)	0.0049
NSG	-0.0001(-1.10)	0.0146 (1.46)	-0.0090 (-0.70)	0.0006 (0.04)	-0.0203 (-1.73)	0.0473 (1.88)	0.0079
ORK	0.0000(0.76)	0.0048 (0.41)	-0.0045 (-0.26)	-0.0110 (-0.60)	0.0215 (1.61)	0.0162 (0.52)	0.0038
PGS	0.0001(1.49)	0.0091 (0.85)	-0.0207 (-1.37)	-0.0017 (-0.15)	0.0164 (0.68)	0.0079 (1.49)	0.0062
RCL	0.0000(0.37)	0.0323 (2.42)	-0.0020 (-0.12)	-0.0182 (-0.70)	0.0155 (1.10)	0.1277 (3.44)**	0.0250
SDRL	0.0001(1.49)	0.0491 (1.95)	-0.0364 (-2.43)	-0.0055 (-0.45)	0.0353 (2.14)*	0.1093 (1.82)	0.0169
SNI	-0.0001 (-2.07)*	-0.0040 (-1.13)	0.040 (0.47)	0.0078 (0.97)	-0.0078 (-1.02)	-0.0057 (-0.32)	0.0097
STB	0.0000 (0.70)	-0.0141 (-2.50)*	0.0042 (0.41)	-0.0089 (-0.69)	0.0320 (3.58)**	-0.0230 (-1.16)	0.0136
STL	-0.0001(-0.54)	-0.0139 (-0.55)	0.0145 (0.47)	-0.0077 (-0.27)	-0.0140 (-0.36)	-0.0599 (-0.85)	0.0023
TAA	0.0001(1.08)	0.0086 (0.57)	0.0130 (1.02)	-0.0143 (-1.45)	-0.0044 (-0.40)	-0.039 (1.05)	0.0058
TGS	0.0000(0.18)	-0.0064 (-1.13)	0.0019 (0.01)	0.0012 (0.12)	0.0070 (0.43)	-0.0365 (-1.47)	0.0025
TOM	-0.0001(-0.70)	-0.0076 (-0.89)	0.0001 (0.01)	-0.0057 (-0.34)	0.0437 (1.42)	-0.0378 (-0.70)	0.0090
YAR	0.0001(1.52)	0.0371 (2.99)**	-0.0546 (-2.11)*	0.0118 (1.03)	0.0451 (1.55)	0.0488 (2.10)	0.0176

Tabell 6.11: Tabellen presenterer en asymmetrisk panel HAR-RV-Hopp-modell for et panel av de 28 aksjene, inndelt i 6 markedssektorer med avkastning som den endogene variabelen. Robust t-statistikk basert på Newey-West korreksjon, med lag-lengde 44, er oppgitt i parentesene. * representerer 5% signifikansnivå, mens ** representerer 1% signifikansnivå.

$$r_{j,t+1} = c_j + \beta_k^{(d)} BPV_{j,t}^{(d)} + \beta^{(u)} RV_{j,t}^{(u)} + \beta^{(m)} RV_{j,t}^{(m)} + \beta_{HOPP}^{+(d)} \Delta J_{j,t}^{+(d)} + \beta_{HOPP}^{-(d)} \Delta J_{j,t}^{-(d)} + \omega_{j,t+1}$$

Sektor	c_j	$\beta_k^{(d)}$	$\beta^{(u)}$	$\beta^{(m)}$	$\beta_{HOPP}^{+(d)}$	$\beta_{HOPP}^{-(d)}$	R^2
Energi	0.0000 (0.18)	0.0030 (0.20)	-0.0340 (-1.84)	0.0008 (0.06)	0.0564 (2.09)**	-0.0646 (-1.56)	0.0109
Finans	0.0000 (0.07)	0.0017 (0.10)	-0.0128 (-0.77)	-0.0123 (-0.53)	-0.0382 (1.35)	-0.0010 (-0.16)	0.0009
Industri	0.0000 (0.44)	-0.0466 (-1.96)**	0.0088 (0.30)	-0.0040 (-0.14)	0.0267 (2.05)**	-0.1069 (-1.08)	0.0131
IT	0.0001 (0.88)	0.0164 (1.30)	-0.0128 (-0.84)	-0.0214 (-1.76)	0.0524 (3.96)**	0.0383 (0.89)	0.0183
Konsum	0.0001 (1.19)	-0.0174 (-0.84)	-0.0081 (-0.57)	0.0044 (-0.28)	0.0237 (1.14)	-0.0639 (-1.05)	0.0075
Material	-0.0000 (-0.07)	0.0095 (0.98)	-0.0435 (-2.54)**	0.0228 (1.52)	0.0200 (1.21)	-0.0221 (-0.98)	0.0117

For å analysere effekten av hopp på fremtidig avkastning, estimerer vi en asymmetrisk HAR-RV-Hopp-modell, men endrer den endogene variabelen til fremtidig avkastning.

Fra resultatene i Tabell 6.11 ser vi at modellen har veldig liten forklaringskraft (0.09%-2%), og mange av koeffisientene er ikke signifikante. R^2 er så lav, for alle sektorer og aksjekurser, at vi ikke kan forkaste nullhypotesen om at alle variablene er lik null. Selv om de aller fleste resultatene ikke er signifikante, indikerer koeffisientene til den positive hoppvariabelen økt fremtidig avkastning for energi-, industri- og IT-sektoren. Koeffisientene til den negative hoppvariabelen er ikke signifikant for noen av sektorene. Resultatene for de individuelle aksjekursene i Tabell 6.8 gir også lav forklaringskraft, og resultater med lav grad av signifikans.

Vi bruker en LM-test for å teste om modellen vår bare er hvit støy, $H_0 : \beta_k^{(d)} = \beta^{(u)} = \beta^{(m)} = \beta_{HOPP}^{+(d)} = \beta_{HOPP}^{-(d)} = 0$, mot $H_1 : \text{Ikke } H_0$. Vi kan ikke forkaste H_0 til 5% signifikansnivå. Vi ser derfor bort fra resultatene vi finner med denne modellen, og konkluderer med at hopp og realisert varians ikke har noen effekt på fremtidig avkastning.

7 Konklusjon

I denne oppgaven har vi sett på hvilken effekt individuelle-, asymmetriske- og simultane hopp i aksjekurser har på fremtidig realisert varians. Ved bruk av HAR-modeller og data fra 28 aksjer notert på Oslo Børs i perioden 2006-2010, finner vi at effekten av hopp er asymmetrisk. Negative hopp fører til en signifikant økning i fremtidig realisert varians, mens positive hopp reduserer fremtidig realisert varians. Effekten av positive hopp er riktignok lite signifikant.

At negative og positive hopp har motsatt effekt kan underbygge resultatene fra tidligere forskning, som Andersen et al. (2010a) og Busch et al. (2011), hvor de finner at hopp i aksjekurser har null effekt på fremtidig realisert varians. Effekten av simultane hopp er lignende som for individuelle hopp, men forsterket. Ved positive simultane hopp er resultatene til en viss grad signifikante. Hopp i aksjekurser ser ikke ut til å ha noen effekt på fremtidig avkastning.

Effekten av hopp varierer på tvers av sektorene. De sykliske sektorene, energi og finans, påvirkes i større grad av individuelle hopp enn de defensive sektorene, konsum og material. Vi finner noe av de samme resultatene for simultane hopp, hvor effekten er størst i energi- og finans-sektorene, og minst i industri- og material-sektorene. Sammenlignet med Thoma (2016) sine analyser på amerikanske sektorer, finner vi mindre forskjeller mellom norske sektorer. Dette kan tyde på at aksjer på Oslo Børs korrelerer mer enn aksjer på amerikanske børser. Det kan i tillegg virke som at aksjer på Oslo Børs reagerer tregere på endringer i realisert varians enn aksjer på amerikanske børser.

Resultatene våre gir en indikasjon på hvordan markedet reagerer på hopp i aksjekurser. Siden negative hopp har positiv effekt på fremtidig realisert varians, forventer vi en periode med økt risiko etter negative hopp. Risikoaverse investorer vil sannsynligvis finne denne informasjonen nyttig. Det finnes også finansielle investeringsmuligheter hvor investorer kan vedde på fremtidige nivåer av risiko, der informasjon om hopp kan være fordelaktig.

I videre forskning kan man med fordel benytte flere observasjoner for flere aksjekurser over en større tidsperiode. Det kan være interessant å undersøke om effekten av hopp avhenger av transaksjonsvolum, størrelse på aksjene, og om effekten av hopp er forsinket.

Referanser

- Andersen, T. G., Bollerslev, T., Diebold, F. X., og Labys, P. (2010a). Modeling and forecasting realized volatility. *Econometrica*, 71(2):579–625.
- Andersen, T. G., Bollerslev, T., og Dobrev, D. (2007). “no-arbitrage semimartingale restrictions for continuous-time volatility models subject to leverage effects, jumps and i.i.d. noise: Theory and testable distributional implications. *Journal of Econometrics*, 138(1):125–180.
- Andersen, T. G., Bollerslev, T., Fredriksen, P., og Nielsen, M. (2010b). Continuous-time models, realized volatilities, and testable distributional implications for daily stock returns. *Journal of Applied Econometrics*, 25(2):233–261.
- Andersen, T. G., Bollerslev, T., og Huang, X. (2011). A reduced form framework for modeling volatility of speculative prices based on realized variation measures. *Journal of Econometrics*, 160(1):176–189.
- Barndorff-Nielsen, O. E., Kinnebrock, S., og Shephard, N. (2010). Measuring downside risk - realised semivariance. *Oxford University Press*, sider 117–136.
- Barndorff-Nielsen, O. E. og Shephard, N. (2004). Power and bipower variation with stochastic volatility and jumps. *Journal of Financial Econometrics*, 2(1):1–37.
- Barndorff-Nielsen, O. E. og Shephard, N. (2006). Econometrics of testing for jumps in financial economics using bipower variation. *Journal of Financial Econometrics*, 4(1):1–30.
- Busch, T., Christensen, B. J., og Nielsen, M. (2011). The role of implied volatility in forecasting future realized volatility and jumps in foreign exchange, stock, and bond markets. *Journal of Econometrics*, 160(1):48–57.
- Caporin, M., Kolokolov, A., og Reno, R. (2015). Multi-jumps. *Working Paper in Statistics*, (3):1–63.
- Chatrath, A., Miao, H., Ramchander, S., og Villupuram, S. (2014). Currency jumps, cojumps and the role of macro news. *Journal of International Money and Finance*, 40(C):42–62.
- Clements, A. og Liao, Y. (2013). The dynamics of co-jumps, volatility and correlation. *Technical report, National Centre for Econometric Research*.
- Corsi, F. (2009). A simple approximate long-memory model of realized volatility. *Journal of Financial Econometrics*, 7(2):174–196.
- Corsi, F., Pirino, D., og Reno, R. (2010). Threshold bipower variation and the impact of jumps on volatility forecasting. *Journal of Econometrics*, 159(2):276–288.
- Eraker, B., Johannes, M., og Polson, N. (2003). The impact of jumps in volatility and returns. *Journal of Finance*, 58:1269–1300.
- Gilder, D., Shackleton, M. B., og Taylor, S. J. (2014). Cojumps in stock prices: Empirical evidence. *Journal of Banking Finance*, 40(C):443–459.

- Giot, P. og Laurent, S. (2007). The information content of implied volatility in light of the jump/continuous decomposition of realized volatility. *Journal of Futures Markets*, 27(4):337–559.
- Huang, X. og Tauchen, G. (2005). The relative contribution of jumps to total price variance. *Journal of Financial Econometrics*, 3(4):456–499.
- Jacod, J. og Todorov, V. (2009). Testing for common arrivals of jumps for discretely observed multidimensional processes. *The Annals of Statistics*, 37(4):1792–1838.
- Kuonen, D. (2018). An introduction to bootstrap methods and their application. *Statoo Consulting*.
- Lee, S. S. og Mykland, P. A. (2008). Jumps in financial markets: A new nonparametric test and jump dynamics. *Review of Financial Studies*, 21(6):2535–2563.
- Lui, J., Longstaff, F., og Pan, J. (2003). Dynamic asset allocation with event risk. *Journal of Finance*, 58:231–259.
- Merton, R. C. (1976). Option pricing when underlying stock returns are discontinuous. *Journal of Financial Economics*, (3):125–144.
- Mörters, P. og Peres, Y. (2008). R: Brownian motion. *Cambridge University Press*, 30.
- Müller, U. A., Dacorogna, M., Dave, R., Pictet, O., Olsen, R., og Ward, J. (1993). Fractals and intrinsic time: A challenge to econometricians. *Unpublished manuscript, Olsen Associates*.
- Patton, A. J. og Sheppard, K. (2015). Good volatility, bad volatility: Signed jumps and the persistence of volatility. *The Review of Economics and Statistics*, 97(3):683–697.
- Sharpe, W. F. (1964). Capital asset prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk. *Journal of Finance*, 19(3):425–444.
- Thoma, R. (2016). Understanding co-jumps in financial markets. *Charles University in Prague*.

Appendiks

Tabell A1: Tabellen presenterer en logaritmisk panel HAR-RV-modell for et panel av de 28 aksjene, inndelt i 6 markedssektorer. Robust t-statistikk basert på Newey-West korreksjon, med lag-lengde 44, er oppgitt i parentesene. * representerer 5% signifikansnivå, mens ** representerer 1% signifikansnivå.

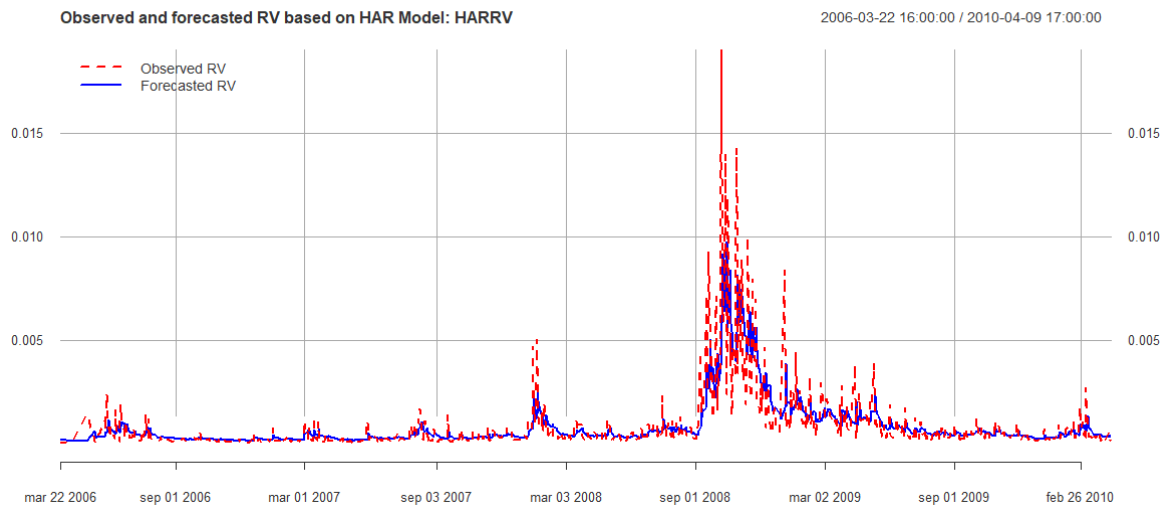
$$\log(RV_{j,t+1}^{(d)}) = c_j + \beta^{(d)} \log(RV_{j,t}^{(d)}) + \beta^{(u)} \log(RV_{j,t}^{(u)}) + \beta^{(m)} \log(RV_{j,t}^{(m)}) + \omega_{j,t+1}$$

Sektor	c	$\beta^{(d)}$	$\beta^{(u)}$	$\beta^{(m)}$	R ²
Energi	-0.837 (-2.74)	0.2992 (7.37)**	0.26368 (3.79)**	0.3468 (4.23)**	0.5666
Finans	-0.5616 (-2.58)	0.2979 (7.78)**	0.3825 (6.43)**	0.2631 (4.39)**	0.6238
Industri	-0.9453 (-3.48)	0.1800 (5.44)**	0.4814 (5.53)**	0.2317 (2.57)**	0.5707
IT	-0.9448 (-3.11)	0.2909 (7.12)**	0.3255 (3.71)**	0.2730 (3.37)**	0.5190
Konsum	-0.9878 (-3.55)	0.2000 (4.31)**	0.4234 (7.05)**	0.2632 (4.04)**	0.5738
Material	-0.8482 (-3.40)	0.3125 (5.33)**	0.3709 (4.86)**	0.2157 (3.23)**	0.5824

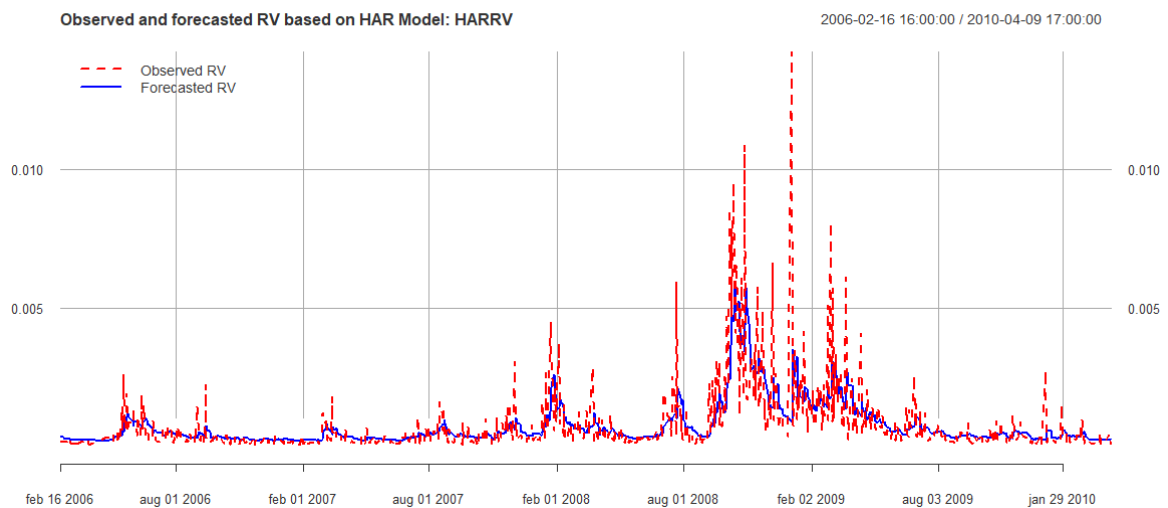
Tabell A2: Logaritmisk asymmetrisk HAR-RV-SH- modell for sektorer i det norske aksjemarkedet. Tabellen presenterer resultatene fra en logaritmisk asymmetrisk HAR-RV-SH-modell for et panel av de 28 aksjene, inndelt i 6 markedssektorer. Robust t-statistikk basert på Newey-West korreksjon, med lag-lengde 44, er oppgitt i parentesene. * representerer 5% signifikansnivå, mens ** representerer 1% signifikansnivå.

$$\log(RV_{j,t+1}^{(d)}) = c + \beta_k^{(d)} \log(BPV_{j,t}^{(d)}) + \beta^{(u)} \log(RV_{j,t}^{(u)}) + \beta^{(m)} \log(RV_{j,t}^{(m)}) + \beta_{SH}^{+(d)} SH_{j,t}^{+(d)} + \beta_{SH}^{-(d)} SH_{j,t}^{-(d)} + \omega_{j,t+1}$$

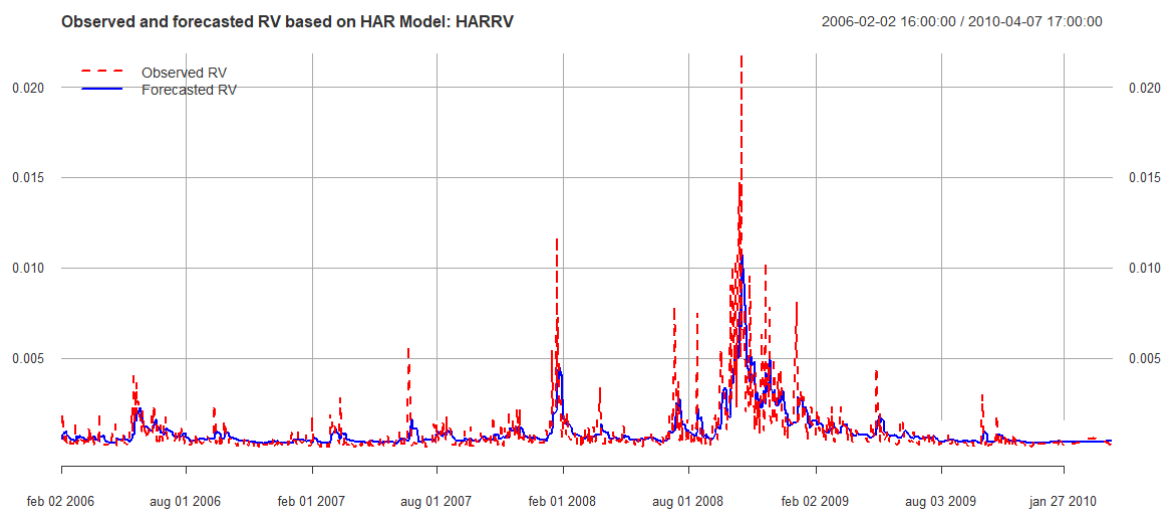
Sektor	c	$\beta_k^{(d)}$	$\beta^{(u)}$	$\beta^{(m)}$	$\beta_{SH}^{+(d)}$	$\beta_{SH}^{-(d)}$	R ²
<i>Energi</i>	-0.3926 (-1.24)	0.4338 (11.50)**	0.1948 (3.05)**	0.3231 (4.62)**	-24.01 (-0.71)	186.29 (2.39)*	0.6051
<i>Finans</i>	-0.4371 (1.35)	0.2371 (7.97)**	0.4878 (6.30)**	0.2268 (3.85)**	-46.13 (1.56)	180.4 (1.99)*	0.6269
<i>Industri</i>	-0.4023 (-1.68)	0.3209 (9.68)**	0.4081 (5.50)**	0.2187 (2.76)**	-32.48 (-1.90)	121.0548 (1.22)	0.5992
<i>IT</i>	-0.5766 (-1.77)	0.3224 (7.00)**	0.3672 (4.46)**	0.2335 (2.95)**	19.91 (0.64)	219.2053 (2.19)*	0.5311
<i>Konsum</i>	-0.473 (-2.27)	0.2960 (8.03)**	0.4114 (7.66)**	0.2313 (4.16)**	-47.28 (-2.03)*	182.30 (1.61)	0.5944
<i>Material</i>	-0.600 (-3.12)	0.3602 (7.85)**	0.3727 (5.17)**	0.1842 (3.06)**	-2.317 (-0.10)	25.76 (0.76)	0.6089



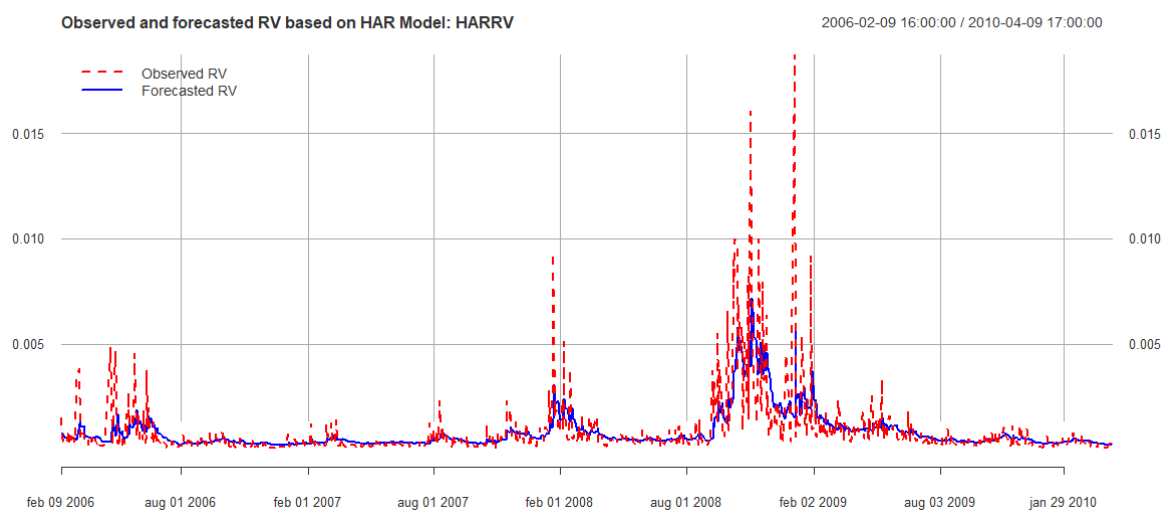
Figur A1: HAR-RV for Finans Sektoren. Den røde, prikkete linjen viser observert realisert varians og den blå linjen viser predikert realisert varians.



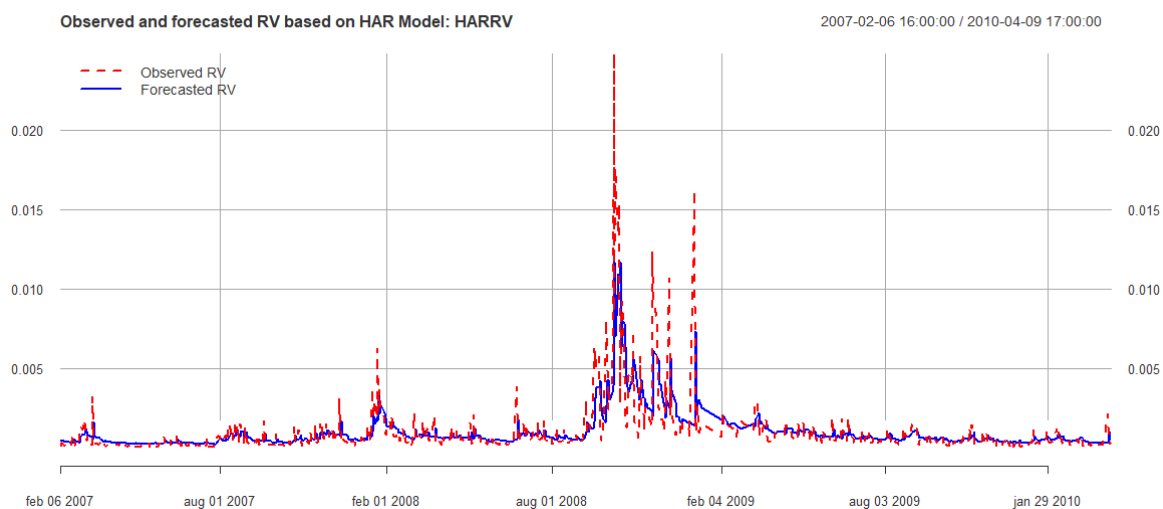
Figur A2: HAR-RV for industri-sektoren. Den røde, prikkete linjen viser observert realisert varians og den blå linjen viser predikert realisert varians.



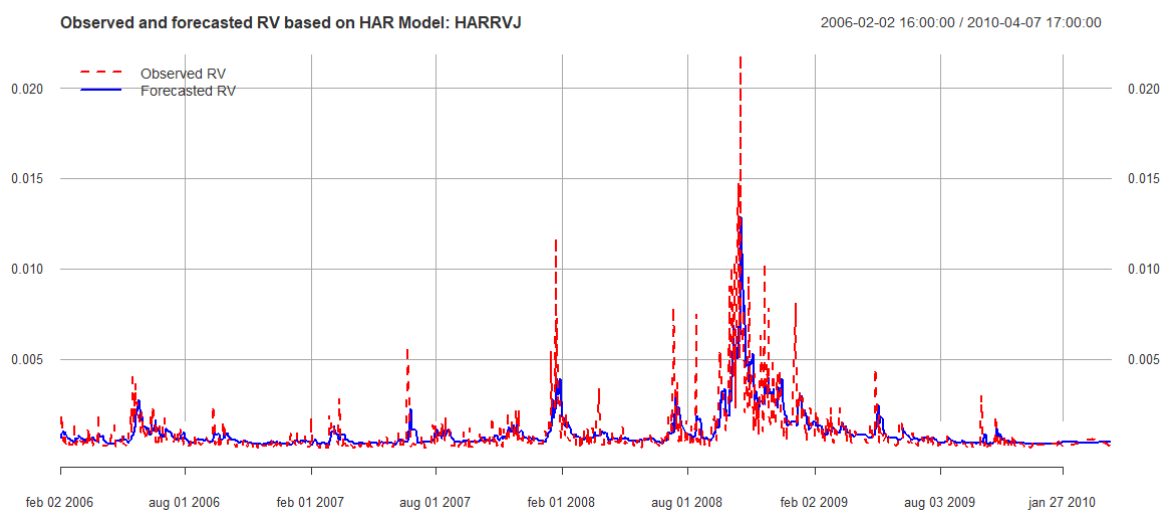
Figur A3: HAR-RV for IT-sektoren. Den røde, prikkete linjen viser observert realisert varians og den blå linjen viser predikert realisert varians.



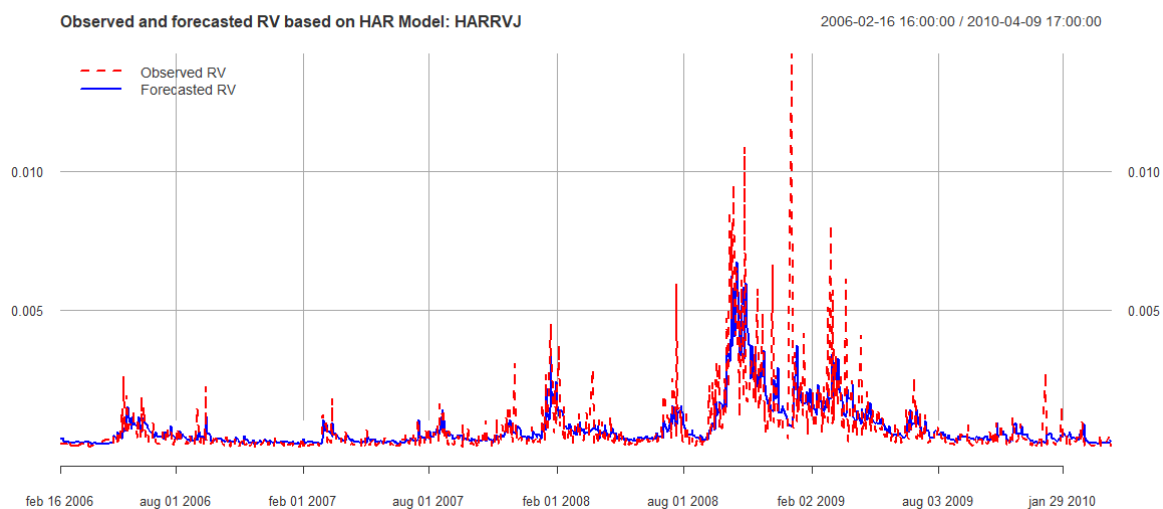
Figur A4: HAR-RV for konsum-sektoren. Den røde, prikkete linjen viser observert realisert varians og den blå linjen viser predikert realisert varians.



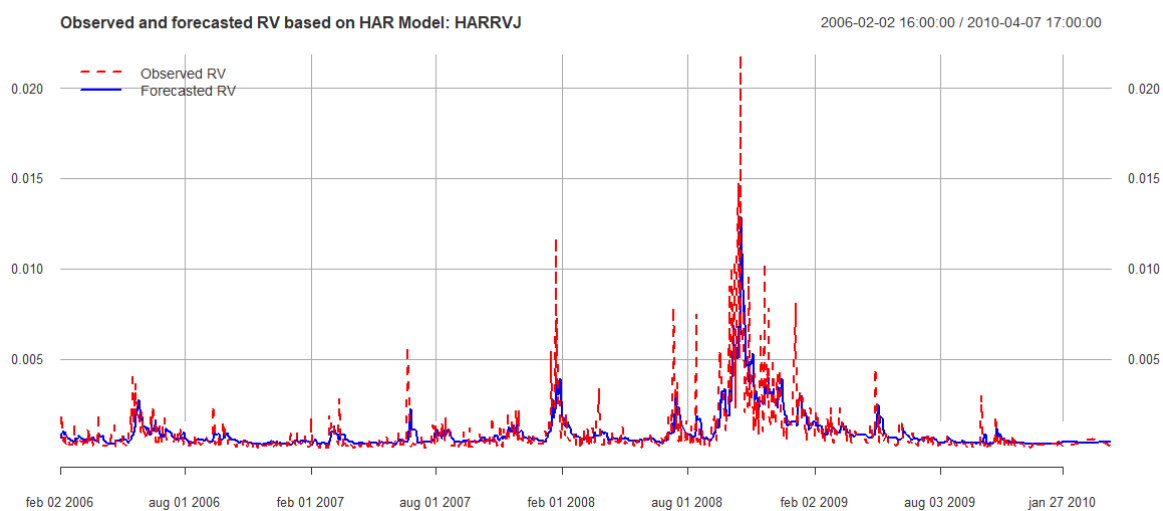
Figur A5: HAR-RV for material-sektoren. Den røde, prikkete linjen viser observert realisert varians og den blå linjen viser predikert realisert varians.



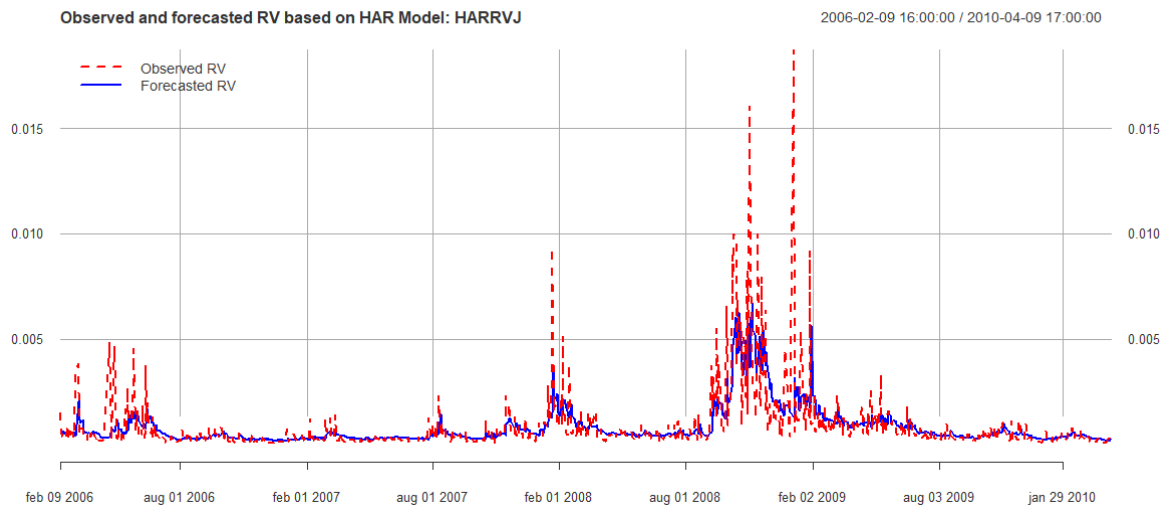
Figur A6: HAR-RV-Hopp for finans-sektoren. Den røde, prikkete linjen viser observert realisert varians og den blå linjen viser predikert realisert varians.



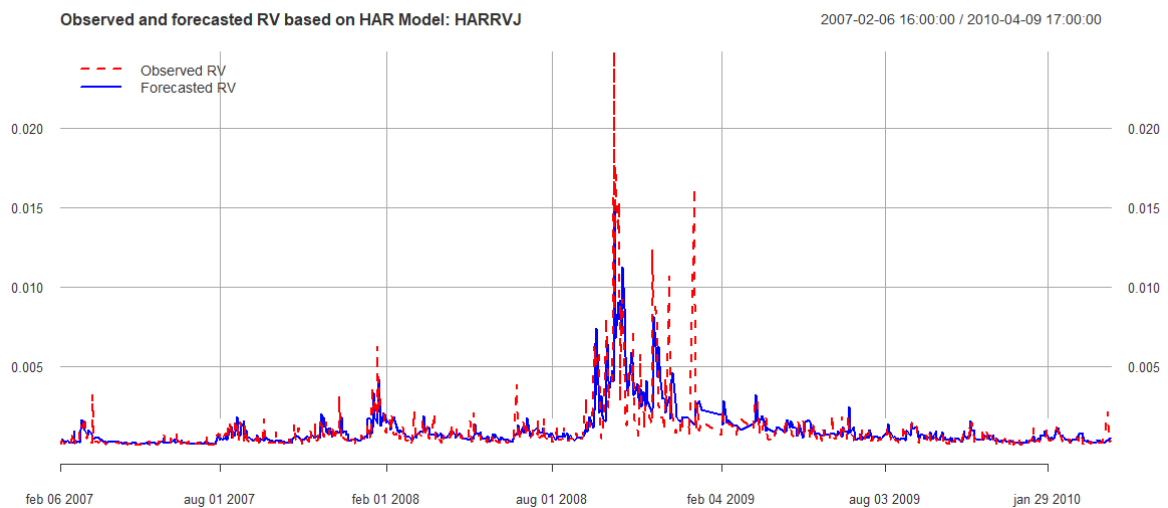
Figur A7: HAR-RV-Hopp for industri-sektoren. Den røde, prikkete linjen viser observert realisert varians og den blå linjen viser predikert realisert varians.



Figur A8: HAR-RV-Hopp for IT-sektoren. Den røde, prikkete linjen viser observert realisert varians og den blå linjen viser predikert realisert varians.



Figur A9: HAR-RV-Hopp for konsum-sektoren. Den røde, prikkete linjen viser observert realisert varians og den blå linjen viser predikert realisert varians.



Figur A10: HAR-RV-Hopp for material-sektoren. Den røde, prikkete linjen viser observert realisert varians og den blå linjen viser predikert realisert varians.