



Open your mind. LUT.
Lappeenranta University of Technology

Kauppateellinen tiedekunta

Kandidaatintutkielma

Talousjohtaminen

Volatiliteetti kriisien aikana Yhdysvaltojen osakemarkkinoilla

Volatility in the US stock markets during crises

19.05.2012

Lauri Sandqvist

Sisällysluettelo

1. Johdanto.....	1
2. Teoreettinen viitekehys.....	3
2.1 Volatiliteetti	3
2.2 Historiallinen volatiliteetti	3
2.3 Implisiittinen volatiliteetti	5
2.3.1 Volatiliteettihymy.....	6
2.4 Ennustevolatiliteetti.....	7
2.4.1 EWMA (Exponentially Weighted Moving Average)	8
2.4.2 ARCH (Autoregressive Conditional Heteroscedasticity)	8
2.4.3 GARCH (Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity)	10
2.4.4 GARCH(1.1)	10
2.4.5 GARCH(p,q)	11
3. Aiemmat tutkimukset	12
4. Aineisto ja tutkimuksessa käytettävä menetelmä	15
5. Tutkimuksen tulokset.....	17
5.1 OPEC-maiden öljykriisi vuosina 1973-1974.....	19
5.2 Vuoden 1987 pörssiromahdus.....	20
5.3 Internet- ja teknologiakuplan puhkeaminen vuonna 2000.....	21
5.4 Terroristi-iskut syyskuun 11. päivänä vuonna 2001.....	22
5.5 Finanssikriisi 2007-2009	24
6. Johtopäätökset ja yhteenveto	26
7. Lähdeluettelo	28

1. Johdanto

Volatiliteetti on rahoituksen maailmassa yksi tärkeimmistä käsitteistä. Suurin osa markkinoiden riskisyyttä mittaavista VaR-malleista (Value-at-risk) vaativat volatiliteetin parametrin arvion tai ennusteen. Optioiden hintoja laskettaessa Black-Scholesin kaavalla osakemarkkinoiden hintojen volatiliteetti lasketaan suoraan kaavaan. (Brooks, 2004, 441)

Viimeisen sadan vuoden aikana rahoitusmarkkinat ovat kohdanneet useita kriisejä (mm. vuoden 1929 pörssiromahdus, vuoden 1987 Musta maanantai ja vuoden 2008 finanssikriisi), jotka ovat muokanneet sen aikaisia käsityksiä ja järjestelmiä. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, miten volatiliteetti on käyttäytynyt tarkasteltavalla ajanjaksolla ja onko erilaisilla kriiseillä ollut vaikutusta volatiliteettiin Yhdysvaltojen osakemarkkinoilla viimeisen 49 vuoden aikana.

Aiemmat tutkimukset ovat osoittaneet, että taloudellisten aikasarjojen poikkeavat havainnot kasautuvat kausittain. Tätä kutsutaan volatiliteetin ryppäntymikseksi, eli esiintyy kausia jolloin volatiliteetti on aiempaa korkeammalla. (Vafopoulos, 2000, 119). Tutkimuksessa oletetaan, että tuotot laskevat osakemarkkinoiden kohdatessa shokin, jonka seurauksena volatiliteetti kasvaa. Voidaan siis jo olettaa tässä vaiheessa, että volatiliteetin tasot ovat kriisien aikana korkeampia kuin muina aikoina. Mielenkiintoista on tutkia kuinka nopeasti volatiliteetti palautuu kriisiä edeltäneelle tasolle.

1900-luvun jälkipuolisko ja 2000-luku ovat olleet hyvin mielenkiintoista aikaa taloudelliselta kantilta. Ajanjaksolle mahtuu useita kriisejä, jotka ovat osaltaan vaikuttaneet osakemarkkinoihin joko suoraan tai epäsuorasti. Tutkimuksessa on tarkoitus rullaavaan keskihajonnan avulla tuoda esiin ne tapahtumat, jotka ovat kasvattaneet volatiliteettia kaikista eniten. Rullaava keskihajonta lasketaan Kenneth Frenchin tietokannasta (2012) saatavasta 49 vuoden viikkotuotot sisältävästä aineistosta. Sen avulla on tarkoitus saada esiin koko aikavälin volatiliteetin kuvaaja, josta voidaan nähdä korkean volatiliteetin kaudet. Näitä korkean volatiliteetin kausia voidaan tutkia tarkemmin ja selvittää syitä sille miksi volatiliteetti on kasvanut. Voidaan jo olettaa, että suurin osa volatiliteetin kasvuista johtuu osakemarkkinoita kohdaneista kriiseistä. Ajanjakson merkittävimmät kriisit ovat vuosien 1974 öljykriisi, Musta maanantai vuonna 1987, internet-

ja teknologiakuplan puhkeaminen vuonna 2000, syyskuun 11. päivän terroristi-iskut ja vuonna 2007 alkanut finanssikriisi.

Volatiliteettia on tutkittu kohtalaisen paljon Yhdysvaltojen ja muiden maiden osakemarkkinoilla. Suuri osa tutkimuksista keskittyy volatiliteetin ennustamiseen ja ennustevolatiliteettimalleihin, kuten ARCH (autoregression conditional heteroschedasticity), GARCH (generalized autoregression conditional heteroschedasticity) ja EWMA (exponentially weighted moving average). Teoriaosuudessa kuvataan lyhyesti nämä mallit ja niiden käyttötarkoitukset, mutta varsinaisessa tutkimuksessa malleja ei käytetä. Aiempien tutkimusten, esimerkiksi Schwert (1989a, 1989b ja 2011), Engle ja Ng (1991) ja Balaban ja Bayar (2005) tutkimusten pääpainona olivat volatiliteetin ennustevoimat.

2. Teoreettinen viitekehys

Teoriaosassa kerrotaan aluksi lyhyesti volatiliteetista, jonka jälkeen esitellään volatiliteetin erilaisia volatiliteetin estimointimenetelmiä ja niiden taustaoletuksia. Teoriaosassa käydään läpi seuraavat volatiliteettimallit:

historiallinen volatiliteetti

implisiittinen volatiliteetti

ennustevolatiliteetti (EWMA, ARCH ja GARCH)

2.1 Volatiliteetti

Volatiliteetti yhdistetään usein ennalta-arvaamattomuuteen, epävarmuuteen ja sitä pidetään synonyyminä riskille. Volatiliteetti nähdään usein markkinahäiriöiden oireena. Tällöin esimerkiksi arvopaperit ovat väärin hinnoiteltuja tai pääomamarkkinat eivät toimi niin tehokkaasti kuin pitäisi. Osaketuottojen volatiliteetin muutoksilla on merkittäviä vaikutuksia riskiä välttäviin sijoittajiin ja talouteen. (Balasubramanyan & Premaratne, 2003, 6) Voidaankin sanoa, että osakemarkkinoiden volatiliteetti mittaa osakkeiden tuottojen epävarmuutta, eli mitä suurempia tuottojen vaihtelevuudet ovat sitä suurempi riski osakkeisiin liittyy. Volatiliteetin mittarina käytetään keskihajontaa, joka on varianssin neliöjuuri. Osakkeiden volatiliteetti voidaan määrittää osakkeiden tuottojen keskihajontoina, kun tuotot on laskettu jatkuvaa korkokantaa käyttäen. Osakkeiden volatiliteetti on vuositasolla tyypillisesti 15% ja 60% välillä. (Hull, 2006, 286).

2.2 Historiallinen volatiliteetti

Historiallinen volatiliteetti on volatiliteettimalleista kaikista yksinkertaisin. Mallissa lasketaan tuottojen varianssia tai keskihajontaa historiallisesta aineistosta. Tästä usein tulee myös volatiliteettiennuste kaikille tuleville periodeille. (Brooks, 2006, 441) Historiallinen

volatiliteetti lasketaan usein päivittäisistä tuotoista. Tämä tarkoittaa, että lasketut volatiliteetit ovat päiväkohtaisia. Volatiliteetti ilmoitetaan usein vuosikohtaisena, joten yleensä päiväkohtaiset volatiliteetit käännetään vuositasoisiksi soveltamalla neliöjuuren aikasääntöä. Tämä toimenpide tehdään, vaikka säännön ehdot eivät täytyisi. Tämän tuloksena saatuja volatiliteetteja kutsutaan vuositasoisiksi volatiliteetteiksi, vuotuisten volatiliteettien sijasta. (Riskglossary.com) Historiallista volatiliteettia pidetään vielä hyödyllisenä, vaikka tarjolla on huomattavasti tarkempia malleja. Sitä voidaan pitää eräänlaisena vertailupisteinä vertailtaessa muiden monimutkasempien mallien kykyä ennustaa. (Brooks, 2004, 441-442)

Ederington ja Guan (2006, 6) esittävät tutkimuksessaan historiallisesta aineistosta lasketun keskihajonnan puutteita volatiliteetin ennustajana. Heidän mukaansa yksi suurimmista ongelmista on, että malli ottaa huomioon vain menneisyydessä ilmenneiden tuottojen informaation. Toisin sanoen se jättää kokonaan huomioimatta muut mahdolliset informaationsarjat, esimerkiksi tulevaisuuteen aikataulutetut tapahtumat, jotka saattavat liikutella markkinoita. He listaavat toiseksi potentiaalisiksi ongelmaksi aiempien tuottojen neliöiden poikkeavuudet, jotka on painotettu yhtä suuriksi aina arbitraasipäivään asti. Toisin sanoen kaikki arbitraasipäivää edeltävät päivät jätetään huomioimatta. Todisteet volatiliteetin ryppäntymisestä ja pysyvyydestä viittaavat siihen, että tuoreemmat havainnot sisältävät enemmän volatiliteettiä koskevaa tietoa kuin uudemmat havainnot.

Kaavassa 1 on kuvattuna keskihajonnan kaava ja kaavassa 2 volatiliteetin estimaatti.

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (u_i - \bar{u})^2} \quad (1)$$

$$\sigma = \frac{s}{\sqrt{\tau}} \quad (2)$$

Keskihajonnan kaavassa 1 S on keskihajonta, n havaintojen lukumäärä, u kuvaa tuottoa ja \bar{u} tuottojen keskiarvoa. Kaavassa 2, σ kuvaa volatiliteettia ja τ on 1/kaupankäyntipäivien määrä vuodessa. Muuttuja s on $\sigma\sqrt{\tau}$ estimaatti. Hull (2006, 287) esittää, että mitä enemmän havaintoja aineistosta löytyy sitä tarkempia tuloksia saadaan.

Volatiliteetti σ kuitenkin muuttuu ajan mittaan ja osa vanhoista tiedoista saattaa olla epäoleellista ennustettaessa tulevaisuuden volatiliteettiä.

2.3 Implisiittinen volatiliteetti

On hyvä muistaa, että historiallinen ja implisiittinen volatiliteetti kuvaavat eri asioita. Historiallinen volatiliteetti kuvaa edellisen kuukauden tapahtumia ja implisiittinen volatiliteetti kuvaa, mitä odotetaan tapahtuvan seuraavan kuukauden aikana. (Schwert, 2001, 5)

Kaikki optioiden hinnoittelumallit edellyttävät volatiliteetin estimaattia tai ennustetta. Historiallisella volatiliteetillä laskettu teoreettinen arvo on yleensä alhaisempi kuin optioiden markkinahinnat. Tästä voitaisiin olettaa, että markkinat eivät usko volatiliteetin pysyvän yhtä korkealla tasolla. Implisiittinen volatiliteetti voidaan laskea markkinahinnoista, eli toisin sanoen se on oletus optiomarkkinoiden tulevasta volatiliteetista. Sen laskemiseen käytetään Black & Scholes-mallia. Malli ratkaistaan volatiliteetin suhteen asettamalla markkinahinta option hinnaksi. Implisiittinen volatiliteetti kuvaa vain optiomarkkinoiden ennustetta tulevasta volatiliteetistä ja sekin kuvaus saattaa olla väärä. Suuri laskennallinen volatiliteetti kertoo, että markkinoilla vallitsee suuri epätietoisuus tulevan kohde-etuuden kurssitasosta. (Puttonen, 1996, 118-119) (Brooks, 2004, 442)

Odotetulla tulevaisuuden volatiliteetilla on tärkeä rooli rahoituksen teoriassa. Tämän takia parametrin estimointi mahdollisimman tarkasti on välttämätöntä merkityksellisten rahoituksellisten päätösten tekemiseksi. Rahoituksen tutkijat ovat yleisesti turvautuneet omaisuuserien aiempaan käyttäytymiseen kehittäessään volatiliteetin odotuksia. Dokumentoiden samalla volatiliteetin liikkeitä samaistuessaan aiempaan volatiliteettiin ja sijoittajien informaatio-sarjojen muuttujiin. Vaikka nämä tutkimukset ovat olleet hyödyllisiä, ovat ne silti luonteeltaan menneisyyteen suuntautuneita. Eli ne käyttävät hyväkseen aiempaa käyttäytymistä tulevaisuuden suunnanantajana. Tälle vaihtoehtoinen lähestymistapa on käyttää ilmoitettuja optioiden hintoja volatiliteetin odotusten päättelemiseksi. Optioiden arvo on kriittisesti riippuvainen odotetusta tulevaisuuden volatiliteetista. Tämän vuoksi markkinaosapuolten volatiliteettiodotukset voidaan palauttaa kääntämällä option hinnoittelukaavaa. Option hinnoista johdetut

volatiliteettiodotukset riippuvat option hinnoittelukaavan alustavista oletuksista. Vuonna 1973 kehitetyn Black-Scholes-mallin oletuksena on, että omaisuuserän hinnan volatiliteetti on vakio. Kaikkien samaan omaisuuserään kuuluvilla optioilla tulisi olla sama implisiittinen volatiliteetti. Käytännössä kuitenkin Black-Scholesin implisiittisillä volatiliteeteilla on tapana vaihdella toteutushinnaltaan ja erääntymispäivältään. (Dumas et al. 1998, 2059-2060)

2.3.1 Volatiliteettihymy

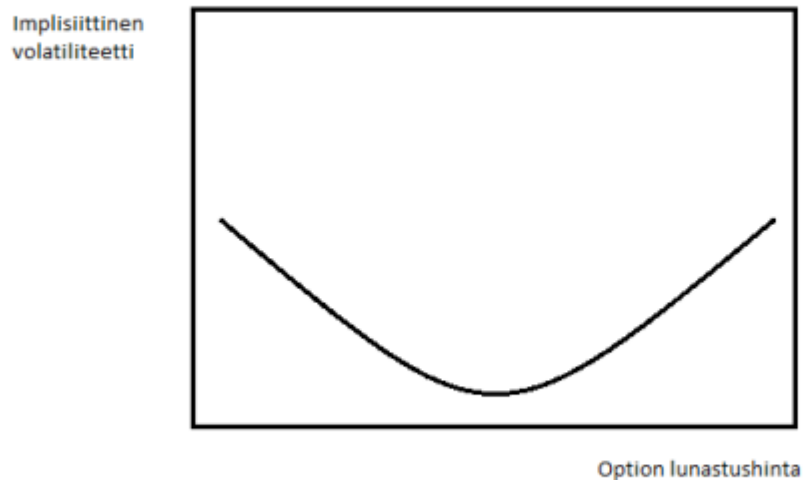
Rubinstein (1994, 6) kuvaa volatiliteettihymyksi tilannetta, jossa implisiittisen volatiliteetin kuvaajalla kaksi toteutushinnaltaan identtistä optiota poikkeavat horisontaaliselta tasoltaan. Implisiittisen volatiliteetin hymyä optioiden hinnoissa on yleisesti pidetty Black-Scholes-mallin tuottamina virheinä. Ederington ja Guan (2000, 1) pitävät syinä tähän Black-Scholes-mallin olettamusta, että volatiliteetti olisi vakio ja tuotot log-normaaleja. Eli jos implisiittinen volatiliteetti laskettaisiin oikein niin volatiliteettihymy katoaisi. He eivät kuitenkaan tutkimuksessaan pystyneet osoittamaan pääomatuotteiden indeksioptioiden hymyn johtuvan kokonaan Black-Scholes yhtälön edellä mainituista puutteista. (Ederington & Guan, 2000, 20)

Das ja Sundaram (1998) kuvaavat volatiliteettihymyä Black-Scholes-mallin empiirisenä anomaliana, jota on dokumentoitu laajasti rahoituksen kirjallisuudessa. Sen voidaan katsoa johtuvan liiallisesta ehdollisten tuottojen huipukkuudesta ja hymyn mahdollisesta epäsymmetrisyydestä.

Volatiliteettihymy ilmestyi vasta vuoden 1987 pörssiromahduksen jälkeen. Tätä ennen implisiittiset volatiliteetit olivat vähemmän riippuvaisia kohde-etuudesta. Vuoden 1987 pörssiromahduksen jälkeen kohde-etuuden omaavia optioita (out-of-the-money puts) ryhdyttiin arvostamaan enemmän, jonka seurauksena alhaisen kohde-etuuden optioiden implisiittinen volatiliteetti kasvoi korkeammaksi kuin korkean kohde-etuuden optioiden. Romahduksen jälkeen markkinoiden indeksioptioiden hinnoittelu osoitti merkkejä siitä, että tulossa olisi uusi romahdus. (Rubinstein, 1994, 6)

Kuvaajassa 1 X-akselilla on option kohde-etuuden hinta ja Y-akselilla implisiittinen volatiliteetti. Kuviosta nähdään, kuinka kohde-etuuden laskiessa implisiittinen volatiliteetti kasvaa.

Kuvaaja 1: Volatiliteettihymy



Kuvaaja 1: Volatiliteettihymy

2.4 Ennustevolatiliteetti

Ennustevolatiliteettimalleissa tuotetaan estimaatteja nykyisistä ja tulevasta volatiliteettien ja korrelaatioiden tasoista. Estimaatit muodostetaan käyttämällä historiallista aineistoa. Ennustevolatiliteettimalleissa otetaan huomioon volatiliteetin vaihtelu eri aikoina, jolloin pyritään tekemään tarkempia estimaatteja tulevasta volatiliteetista. (Hull, 2006, 461-462) Tutkimuksessa käydään läpi seuraavien ennustevolatiliteettimallien teoreettinen tausta: Exponentially Weighted Moving Average (EWMA), Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (ARCH) ja Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (GARCH).

2.4.1 EWMA (Exponentially Weighted Moving Average)

EWMA-malli on sisimmiltään yksinkertainen jatke historiallisen volatilitietin mittaukselle. Mallissa tuoreilla havainnoilla on suurempi vaikutus volatilitietin ennusteeseen kuin vanhemmilla tapahtumilla. EWMA määritelmien mukaan viimeisin havainto saa suurimman painokertoimen ja vanhempien havaintojen painokertoimet laskevat eksponentiaalisesti ajan myötä. Malliin sisältyy kaksi merkittävää etua historialliseen malliin nähden. Ensimmäiseksi malli olettaa, että tuoreilla tapahtumilla on todennäköisemmin suurempi vaikutus volatilitiettiin kuin vanhemmilla. Toiseksi yksittäisen annetun tapahtuman vaikutus volatilitiettiin laskee eksponentiaalisessa suhteessa, kun kiinnitetty painokertoimet tuoreimpiin tapahtumiin laskevat. Toisaalta yksinkertainen historiallinen lähestymistapa voi johtaa odottamattomaan volatilitietin muutokseen sen jälkeen, jos volatilitiettiä kasvattanut shokki jätetään pois mittauksen kattavalta otokselta, mutta lasketaan kuitenkin mukaan pitkän aikavälin otokseen. Tällaisessa tapauksessa poikkeuksellisen suuri havainto antaisi ymmärtää, että ennuste säilyy keinotekoisesti korkealla tasolla, vaikka markkinat olisivatkin suhteellisen rauhalliset. (Brooks, 2004, 442)

EWMA-malli voidaan esittää monella eri tavalla, esimerkiksi

$$\sigma_t^2 = (1 - \lambda) \sum_{j=0}^{\infty} \lambda^{j-1} (r_{t-j} - \bar{r})^2 \quad (5)$$

Kaavassa σ_t^2 on estimaatti varianssille periodille t , joka on samalla kaikille periodeille ennustettu tulevaisuuden volatilitietti, \bar{r} on havainnoille estimoitu keskimääräinen tuotto ja λ on vähennyskerroin, joka määrittää miten paljon painoa annetaan uudemmille havainnoille verrattuna vanhempiin havaintoihin. (Brooks, 2004, 442-443)

2.4.2 ARCH (Autoregressive Conditional Heteroscedasticity)

Robert Engle esitteli ARCH -mallin vuonna 1982. Perinteisissä ekonometrisissä malleissa on ollut oletuksena, että varianssin virhetermi on muuttumaton, eli homoskedastinen. ARCH-malli sallii ehdollisen varianssin muuttua ajan mittaan aikaisempien virhetermien funktiona jättäen ehdottoman varianssin virhetermin muuttumattomaksi. (Engle, 2001, 157)

ARCH-mallin eroa tavallisista lineaarisista aikasarjalleista ehdollisen ja ehdottoman keskiarvon toisen asteen hetkissä. Vaikka kiinnostaville muuttujille ehdottoman kovarianssin matriisi saattaa olla ajasta riippumaton, ovat ehdolliset ja ehdottomat varianssit ja kovarianssit usein riippuvia ei-triviaaleista maailman menneistä tiloista (Bollerslev et al., 1986, 307). ARCH-mallista on tullut suosittu, koska sen varianssimäärittely pystyy tallentamaan yleisesti havaittuja taloudellisten muuttujien aikasarjojen tyypillisiä piirteitä. Malli on hyödyllinen volatiliteetin mallintamisessa ja erityisesti ajasta riippuvan volatiliteetin muutoksissa. (Hill et al. 2012, 520)

Bera ja Higgins (1993, 315) panivat merkille ARCH-kirjallisuuden suurimman kontribuution, eli volatiliteetin näennäiset muutokset taloudellisessa aikasarjassa voivat olla ennakoitavissa. Seuraus tietyn tyyppisestä ei-lineaarista riippuvuudesta, sen sijaan että muutokset olisivat seurausta ulkoisten rakenteellisten muuttujien vaihtelusta.

Ennen ARCH-mallia haasteena oli tarkentaa kuinka informaatiota voitaisiin käyttää, jotta pystyttäisiin ennustamaan tuottojen keskiarvo ja varianssi ehdollisesti aiemmasta informaatiosta. Ensisijaisena välineenä käytettiin rullaavaa keskihajontaa, jossa laskettiin keskihajonta käyttämällä kiinteä määrä viimeisimpiä havaintoja. Rullaava keskihajonta voitaisiin laskea jokaiselta päivältä käyttämällä dataa viimeisimmältä kuukaudelta (22 kauppapäivää). Tätä voidaankin pitää ensimmäisenä ARCH-mallina. Malli olettaa, että seuraavan päivän varianssi on yhtä suuri kuin 22 päivän residuaalien neliön painotettu keskiarvo. Yhtä suurien painokertoimien oletus ei ole houkutteleva, koska on järkevämpää ajatella, että tuoreimmilla tapahtumilla olisi olennaisempi merkitys ja siten saisivat suuremman painon. ARCH-mallissa nämä painokertoimet toimivat estimoitavina parametreinä. Toisin sanoen malli sallii datan päättää parhaat painot käytettäviksi ennustettaessa varianssia. (Engle, 2001, 159) ARCH-malli voidaan yksinkertaisesti kirjoittaa seuraavaan muotoon.

$$\sigma_n^2 = \gamma V_L + \sum_{i=1}^m \alpha_i u_{n-i}^2 \quad (6)$$

Mallissa varianssin tasoa päivänä n kuvaa σ_n^2 , V_L kuvaa pitkän aikavälin varianssia, jonka painokertoimena toimii γ . u_{n-i}^2 määritellään jatkuvaksi korkotuotoksi päivänä i ja α_i kuvaa havainnolle annettua painokertoimen määrää päivänä i . (Hull, 2006, 462-463) ARCH-mallin viehätys piileen sen ymmärrettävässä tavassa selittää volatiliteettia virheiden

funktiona. Talouden asiantuntijat kutsuvat näitä virheitä usein "shokeiksi" tai "uutisiksi". Niiden voidaan kuvata edustavan jotain odottamatonta. ARCH-mallin mukaan volatilitteetti on sitä suurempi mitä suurempi shokki on. (Hill et al. 2012, 523)

2.4.3 GARCH (Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity)

Tim Bollerslev esitteli vuonna 1986 hyödyllisen ARCH -mallin yleistyksen, jota kutsutaan Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (GARCH) -malliksi. Tämä malli on ARCH-mallin tavoin entisten residuaalien neliöiden painotettu keskiarvo, mutta mallissa käytetään laskevia painokertoimia. Painokertoimet eivät kuitenkaan koskaan laske nolnaan. Mallilla on onnistuttu saamaan, niukemmille ja helpommin estimoitaville malleille yllättävän onnistuneita ehdollisen varianssin ennusteita. Kaikista yleisimmin käytetty GARCH-määrittely väittää, että paras varianssin ennusmerkki seuraavassa jaksossa on pitkän aikavälin varianssin painotettu keskiarvo. Ennustettu varianssi tässä jaksossa ja uusi informaatio on sisällytetty viimeisimmän residuaalin neliöön. Aikahorisontin kasvaessa GARCH-mallien ennustetarkkuus heikkenee. (Engle, 2001, 159-160)

2.4.4 GARCH(1.1)

Brooksin (2004, 452-453) mukaan GARCH-malli sallii ehdollisen varianssin olla riippuvainen viiveistään, jolloin saadaan ehdollisen varianssin yhtälö yksikertaisimmillaan seuraavanlaiseksi.

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 u_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2 \quad (7)$$

$$\alpha_0 = \gamma V_L \quad (8)$$

Tätä kutsutaan GARCH(1.1)-malliksi. Kaavassa 7 σ_t^2 tunnetaan ehdollisena varianssina, koska se on yhden jakson edellä oleva estimaatti lasketulle varianssille, joka perustuu historialliseen informaatioon. Kaavassa 8 α_0 on sama kuin ARCH-mallissa γV_L , eli painotettu pitkän aikavälin varianssi. (Brooks, 2004, 452-453) GARCH(1.1)-mallissa ensimmäinen numero (1) viittaa siihen, kuinka monta autoregressiivista viivetermiä tai ARCH-termiä yhtälössä esiintyy. Toinen numero (1) kertoo, kuinka monta liukuvan

keskiarvon viivettä tai GARCH-termiä on määritelty. Välillä tarvitaan useamman kuin yhden viivetermin malleja hyviin varianssin ennusteisiin. Vaikka malli on asetettu ennustamaan vain yhtä periodia, pystytään mallilla rakentamaan kahden periodin ennuste. Pitkän horisontin voidaan rakentaa toistamalla edellä mainittua toimenpidettä. GARCH(1,1)-mallin kahden periodin ennuste on lähempänä pitkän aikavälin varianssin keskiarvoa ja lopulta kaukainen ennuste on sama kaikille ajanjaksoille niin kauan kuin $\alpha + \beta < 1$, joka on pelkästään ehdoton varianssi. Täten GARCH-mallit ovat keskiarvoon hakeutuvia ja ehdollisesti heteroskedastisia, mutta niillä on jatkuva ehdoton varianssi. (Engle, 2001, 160)

2.4.5 GARCH(p,q)

Muotoilemalla GARCH(1.1)-mallia voidaan se laajentaa GARCH(p,q)-malliksi, jossa nykyinen ehdollinen varianssi parametrisoitu riippumaan q:n virhetermin neliön viiveistä ja p:n ehdollisen varianssin viiveistä. Yhtälö on yksinkertasimmillaan seuraavanlainen.

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i u_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^p \beta_j \sigma_{t-j}^2 \quad (9)$$

$$p \geq 0, \quad q \geq 0$$

$$\alpha_0 > 0 \quad \alpha_i > 0, i = 1, \dots, q, \text{ ja}$$

$$\beta_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, p.$$

Huomioitavaa on, kun $p = 0$ muuttuu menetelmä ARCH(q)-malliksi. Myös, kun $p = q = 0$ ehdollinen varianssi on tällöin jatkuva, joka on tyypillistä aikasarjamalleille. ARCH(q)-mallissa ehdollinen varianssi on määritelty vain menneen ajan otoksen varianssin lineaarisesti funktioksi. GARCH(p,q)-malli sallii ehdollisen varianssin viivearvojen lisäämisen σ_t^2 -yhtälöön. (Aradhyula & Holt, 1988, 3-4) Yleisesti GARCH(1.1) on tarpeeksi riittävä tallentamaan volatilitteettien ryppäntymisen. (Brooks, 2004, 454-455)

3. Aiemmat tutkimukset

Volatiliteettia ja sen muutoksia Yhdysvaltojen osakemarkkinoilla on tutkittu kohtalaisen paljon. Suurin osa tutkimuksista rajoittuu vuoden 1987 mustaan maanantaihin. Useimmat tutkimukset vertailevat volatiliteetin ennustusmenetelmiä ja muutenkin tutkimuksissa ollaan enemmän kiinnostuneita kyvystä ennustaa tulevaisuuden volatiliteettia.

Engle ja Ng (1991) tutkivat millainen vaikutus ennalta arvaamattomien tapahtumien uutisilla on volatiliteettiin. Tutkimuksessa esiteltiin uutisten vaikutus –käyrän, jolla mitataan uuden tiedon vaikuttusta volatiliteetin estimaatteihin. He vertailivat ja estimoivat eri ARCH-malleja Japanin pörssin tuottoihin ja esittelivät uusia vianmäärittäjätestejä, jotka korostivat volatiliteetin epäsymmetrisyyttä. Tutkimuksessa huomattiin, että kaikilla testatuilla volatiliteetin estimointimalleilla laskettuna, negatiiviset shokit kasvattivat enemmän volatiliteettia kuin positiiviset shokit. Tämä oli ilmeisintä kaikista suurimmille shokeille. Vianmäärittäjätestit kuitenkin osoittivat riittämättömäksi mallinnetun epäsymmetrian useimmissa tapauksissa. Parhaiten toimivat mallit olivat GJR (Glosten, Jaganathan & Runkle) ja Nelsonin (1990) EGARCH.

Schwert (1989b) tutki saatujen päiväkohtaisten tuottojen volatiliteettia vuodesta 1885 vuoteen 1988. Tutkimuksessa käytettiin implisiittistä volatiliteettia call-optioiden hintojen tutkimiseen ja vertasi niiden volatiliteetin estimaatteja eri pörssi-indeksien futuuri sopimukseen, vahvistaakseen saadut tuloksensa. Tutkimuksen huomio kohdistui vuositason yli 20 prosentin laskuihin osakkeiden hinnoissa ja miten ne vaikuttivat tuottojen volatiliteettiin. Toiseksi, miten päiväkohtaiset tuotot käyttäytyivät ennen ja jälkeen vuoden 1987 pörssiromahduksen ja verraten sitä muihin edeltäneisiin romahduksiin. Aineistona käytettiin Dow Jones Industrial and Railroad Average-indeksiä vuosilta 1885-1987 ja Standard's & Poor's-portfolioindeksiä vuosilta 1928-1989. Dow Jones-indeksin painokertoimenä käytettiin osakkeiden hintoja ja Standard's & Poor'sin portfoliot oli painotettu portfolioiden arvon mukaan. Tutkimuksen tuloksista saatiin vain heikkoa näyttöä sille, että volatiliteetin kasvu nostaisi osakkeiden odotettavissa olevia tuottoja. Vahvaa näyttöä saatiin osaketuottoihin kohdistuneiden suurten negatiivisten shokkien kasvattavasta vaikutuksesta volatiliteetin ennusteeseen. Vaikutus oli selvästi suurempi kuin positiivisilla shokeilla. Volatiliteetin huomattiin olevan jatkuvaa, eli shokin jälkeen se usein pysyi korkealla monta kuukautta.

Samana vuonna Schwert (1989b) teki toisen tutkimuksen, jossa hän osoittaa osakemarkkinoiden volatiliteetin kasvavan taantumien ja finanssikriisien aikana. Tutkimuksen näyttö vahvistaa käsitystä siitä, että osakkeiden hinnat ovat tärkeitä suhdannevaihteluiden osoittajia. Schwert käytti kahta tilastollista mallia osakemarkkinoiden volatiliteetin laskemiseen. Tällä pyrittiin todistamaan volatiliteetin nousevan merkittävien finanssikriisien jälkeen. Ensimmäinen malli oli kaksiportainen autoregressiivinen filteri ehdolliselle keskiarvolle ja ehdolliselle keskihajonnalle. Toinen malli oli jatke ei-lineaarille Markovin filterille, jota oli sovellettu osaketuotoille. Schwert laski estimaatit ehdollisten osaketuottojen volatiliteetille vuosille 1836-1987. Kuvaajasta nähdään, että osakemarkkinoiden volatiliteetti oli kuukausitasolla kahden ja kuuden prosentin välillä, mutta Suuren laman aikana vuosina 1929-1939 volatiliteetti oli osakemarkkinoilla usein yli 10 prosenttia. Schwert pitää epätodennäköisenä väitettä, että osakemarkkinoiden volatiliteetti olisi syy kriisien syntyyn. Hän perustelee väitettään sillä, että tutkimuksessa osakemarkkinoiden volatiliteetti kasvoi vasta kriisin jälkeen ei ennen sitä. Eli korkojen noustessa osakehinnat laskevat, mikä johtaa volatiliteetin kasvuun.

Vuonna 2001 Schwert julkaisi uuden tutkimuksen, jossa tutkittiin Nasdaq-indeksin osakkeiden volatiliteetin käyttäytymistä. Tutkimuksessa myös analysoitiin epätavallista Nasdaq-indeksin volatiliteettia vuosien 1998 ja 1999 kuumana käyneisiin listautumisantimarkkinoihin. Tarkoituksena oli tunnistaa ne markkinoiden alat, jotka olivat käyttäytyneet epätavallisesti. Tutkimuksessa selvisi, että epätavallista volatiliteettia parhaiten selittävät teknologia eikä yrityksen koko tai kypsymättömyys. Aineistosta laskettiin vuosien 1973-2001 Standard's & Poor's- ja Nasdaq- yhdistelmäportfolioiden tuotojen 21 päivän rullaava keskihajonta. Rullaavan keskihajonnan menetelmän huomattiin antavan hyvin samansuuntaisia tuloksia kuin monimutkaisemmat ekonometriset mallit, joita on yleisesti käytetty mittaamaan ehdollista volatiliteettia. Ainoana poikkeuksena vuoden 1987 pörssiromahdus, jolloin GARCH-malli mittasi huomattavasti korkeamman volatiliteetin kuin rullaavan keskihajonnan menetelmä. Tämä johtui pääasiallisesti siitä, että GARCH-ennustemalli on pohjimmiltaan eksponentiaalisesti painotettujen menneiden tuottojen neliöiden keskiarvo, minkä painot vähenevät hitaasti. Se on periaatteessa samankaltainen kuin rullaava varianssi, jonka tuotot ovat yksinkertaisia 21 päivän keskiarvoja neliöidyistä tuotoista.

Balaban ja Bayar (2005) testasivat tutkimuksessaan 14 eri maan pörssien tuottojen ja ennustevolatiliteetin välistä yhteyttä vuosina 1987-1997. Ennustevolatiliteetti oli johdettu symmetrisistä ja epäsymmetrisistä ehdollisen heteroskedastisuuden malleista. Aineisto oli rajattu viikko- ja kuukausitason tuottoihin ja niiden volatiliteetteihin. Ennustevolatiliteettimalleina käytettiin ARCH(p), GARCH(1,1), GJR-GARCH(1,1) ja EGARCH(1,1)-malleja. Odotetulla volatiliteetilla huomattiin olevan merkittävä negatiivinen tai positiivinen vaikutus muutaman maan tuottoihin. Odottamattomalla volatiliteetilla oli seitsemään maahan negatiivinen vaikutus pörssien viikkotason tuottoihin, riippuen käytettävästä volatiliteetin ennustemallista. Kuukausitasolla vastaavasti 11 maahan. Yhdelläkään maalla ei huomattu, että volatiliteetilla olisi ollut viikko- tai kuukausitasolla positiivista vaikutusta maiden pörssien tuottoihin. Balaban ja Bayar tulivat johtopäätökseen, että tuoton varianssi ei välttämättä ole sopivin riskin mittari.

Vuonna 2011 Schwert julkaisi uuden tutkimuksen, jossa hän tutki osakemarkkinoiden volatiliteettia vuoden 2008 finanssikriisiin aikana ja vertaillen sitä historialliseen aineistoon. Aineistona käytettiin aineistona Dow Jones Industrial Average-indeksiä ja Standard's & Poor's-indeksiä vuosilta 1885-2010. Tutkimuksessa tuotiin esiin tiettyjä kaavamaisuuksia, esimerkiksi kuinka osakkeiden hintojen suuren laskun jälkeen seuraa yleensä suuri osakkeiden hintojen nousu. Keskihajonnat laskettiin kuukausi-, päivä- ja päivänsisäisistä tuotoista. Tutkimuksesta selviää, että kuukausituottojen keskihajonta on ollut historian saatossa hyvinkin tasainen poikkeuksena Suuri lama vuosina 1929-1939, jolloin keskihajonta oli vuositasolla noin 30 prosentin luokkaa.

Tutkimus osoitti volatiliteetin korkeat tasot lyhytaikaisiksi vuosina 1987 ja 2008. Tulos ei juurikaan muuttunut käytettäessä eri tuotonmittareita. Kun markkinoilla tapahtui isoja heilahduksia, futuurien tuotot olivat epävakaampia kuin osakeindeksien tuotot. Aineiston tuottojen keskimääräiseksi vuositason keskihajonnaksi oli saatu noin 13 prosenttia. Päivätuottoja tutkimalla Schwert huomasi, että lokakuut vuosina 1929, 1987 ja 2010 erottuivat selkeimmin aineistosta.

4. Aineisto ja tutkimuksessa käytettävä menetelmä

Tutkimuksessa aineistona käytetään Kenneth Frenchin (2012) tietopankista haettua Yhdysvaltojen osakemarkkinoiden viikkokohtaisia tuottoja. Aineisto antaa viikkokohtaiset tuotot vähennettynä riskittömällä korolla, johon lisäämällä valmiiksi annettu riskitön korko saadaan viikkokohtainen tuotto.

Keskihajonnat lasketaan tuotoista käyttämällä Microsoft Excelin STDEV.S toimintoa. Tässä tutkimuksessa käytetään STDEVS-otosfunktioita, koska se on Vaihekosken (2004) mukaan yleisempi ja tilastotieteessä suositeltavampaa kuin STDEVP-funktiot, jotka pohjautuvat populaatio-oletukseen. STDEVS-otosfunktiot käyttävät jakajana $N - 1$:tä ja STDEVP-funktiot pelkkää N :ää. Populaatiofunktioiden saamat arvot ovat usein vain todellisen arvon estimaatteja eli harhaisia. Tämän tutkimuksen kannalta ei ole juurikaan merkitystä kumpaa menetelmää käyttää, koska aineisto on suuri ja havaintoja on paljon.

Käytettäessä historiallista aineistoa syntyy tietynlaisia ongelmia, lasketaanko esimerkiksi pyhät ja viikonloput mukaan. Vaihekosken (2004) mukaan volatilitteetti on erilainen pörssin kiinnioloapäivinä kuin aukioloapäivinä. Volatilitteetin laskennassa päivähavaintojen käyttöön liittyy laajempikin ongelma, koska Black-Scholes-malli edellyttää kaavaan vuositason volatilitteettiestimaatin. Tässä tapauksessa päivävolatilitteetti on muutettava vuositason volatilitteettiestimaatiksi. Tällöin törmätään ongelmaan, mitä päivien määrää käyttää. Yleisesti käytetään kaupankäyntipäivien määrää vuodessa, joka yleensä on noin 250 päivää tai sitten todellista päivien määrää 365 tai 366. Kaupankäyntipäivien määrän käyttöä on yleensä perusteltu sillä, että viikonloppuisin ei käydä kauppaa. Toisin sanoen viikonloppuna volatilitteetti ei voi olla yhtä suuri kuin kahden kaupankäyntipäivän volatilitteetti. Kaupankäyntipäivien käyttö aiheuttaa ongelman aliarvioimalla viikonloppun volatilitteetin. Eli perjantai-illan ja maanantaiaamun välinen volatilitteetti olisi yhtä suuri kuin, esimerkiksi maanantai-illan ja tiistaiamun välinen volatilitteetti. Todellisuudessa kahden päivän aikana saattaa tulla ilmi paljon enemmän uutta informaatiota kuin yhden päivän aikana. Useat tutkimukset ovat kuitenkin osoittaneet, että volatilitteetti on pienempi viikonloppuisin. (Vaihekoski, 2004, 276-277)

Tässä tutkimuksessa aineiston keskihajonnat lasketaan rullaavasti, eli mukaan otetaan vain tietty määrän tuottoja. Aineisto jaetaan neljän viikon ryhmiin, joista lasketaan rullaavasti keskihajonnat neljälle viikolle kerrallaan. Neljän viikon keskihajonnat sisältävät

tarpeeksi havaintoja, jotta pystytään silmämääräisesti havainnoimaan volatilitiittejä.
Aineistoon on päätetty ottaa mukaan viikonloput ja juhlapyhät, koska niiden vaikutuksen uskotaan olevan vain hyvin pieni.

5. Tutkimuksen tulokset

Tutkimuksessa on tarkoitus laskea kuukausikohtainen rullaava keskihajonta vuosille 1963-2012. Mukaan on myös laskettu ajanjakson keskihajonnan keskiarvo, joka leikkaa kuvaajan X-akselin suuntaisesti. Tarkoituksena on keskittyä niihin jaksoihin, joissa kuukausitason volatilitteetti on epänormaalin korkea, eli yli kuusi prosenttia. Korkean volatilitteetin rajaksi on asetettu kuusi prosenttia, koska Schwert (1989b, 12) tutkimuksessaan esittää normaalin kuukausitason volatilitteetin olevan kahden ja kuuden prosentin välillä.

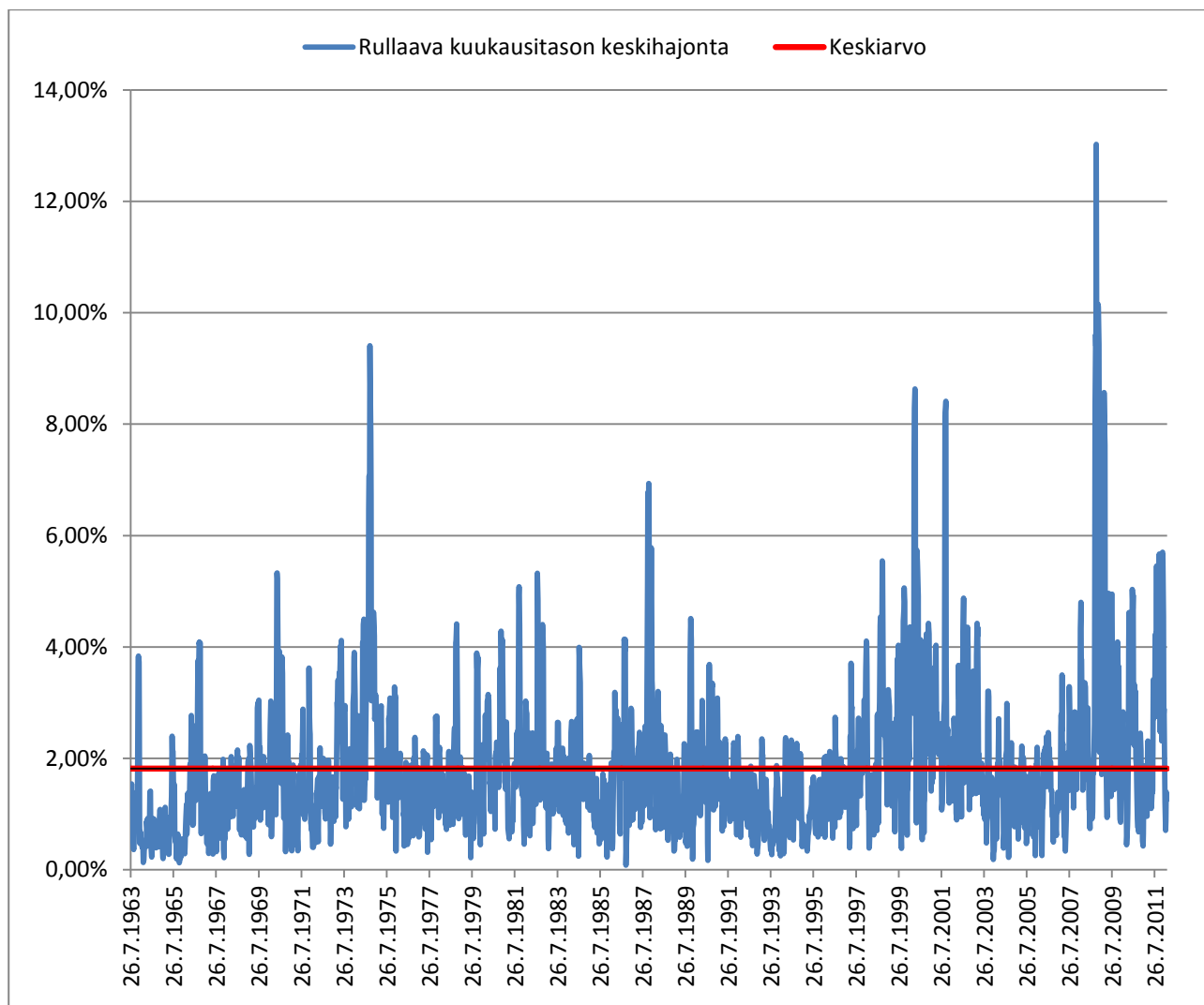
Kuvaajassa 2 on esitetty koko ajanjakson kattavan rullaava keskihajonta, josta voidaan silmämääräisesti nähdä ne ajankohdat, jolloin volatilitteetti on ollut selkeästi ajanjakson keskiarvoa korkeammalla tasolla. Kuvaajasta 2 nähdään, että volatilitteetti on ollut selkeästi korkeimmalla vuosina 1973-1974, 1987, 2000-2001 ja 2008. Näille vuosille ajoittuvat vuoden 1974 öljykriisi, Musta maanantai vuonna 1987, internet- ja teknologiakuplan puhkeaminen vuonna 2000, terroristi-iskut vuonna 2001 ja finanssikriisi vuonna 2007-2010.

Kuvaajaan on laskettu koko aikaperiodin volatilitteetin keskiarvo, joka on noin 1,81 prosenttia. Viimeisen 49 vuoden aikana volatilitteetti on ollut hyvin maltillisella tasolla. Volatilitteettitaso ei ole ollut aikaperiodilla nousu- tai laskujohteinen vaan se on pysynyt varsin tasaisena muutamaa poikkeusta lukuunottamatta.

Kriisitilanteissa markkinat ylireagoivat kriisiin, mikä johtaa volatilitteetin nopeaan nousuun. Markkinat ylireagoivat, koska kriisin aikana markkinoille tulee paljon uutta informaatiota käsiteltäväksi ja omaksuttavaksi nostaten samalla epävarmuuden tasoa korkeammaksi. Kun kriisin pitkän aikavälin vaikutukset on arvioitu, markkinat palaavat kriisiä edeltäneelle tasolle. Tämän jälkeen rahoitusmarkkinat muuttuvat joko ylös tai alas riippuen siitä, miten sijoittajat uskovat kriisin ratkeavan. (Johnston & Nedelescu, 2005, 4)

Lakshman ja Dayaratne (2010) esittävät, että taloudelliset ja yrityskohtaiset tekijät ovat osakemarkkinakriisien liikkeellepanevia voimia. He myös uskovat, että osaketuottojen volatilitteetti liittyy vahvasti siihen millainen taloudellinen toiminnantaso taloudessa vallitsee. Esimerkiksi jos yrityksillä on suuret kiinteät kustannukset, niin silloin nettotulot laskevat nopeammin jos kysyntä markkinoilla laskee. Osakemarkkinoiden volatilitteetti liittyy vahvasti maiden talouteen ja siihen vaikuttavat systemaattiset tekijät, kuten öljynhinnan

muutokset ja inflaatio-shokit, sekä ei-systemaattiset tekijät, kuten yritys- ja toimialakohtaiset tekijät. Näistä johtuen osakemarkkinoiden volatilitetti ja taloudelliset kriisit liittyvät läheisesti toisiinsa. (Lakshman & Dayaratne, 2010, 3)

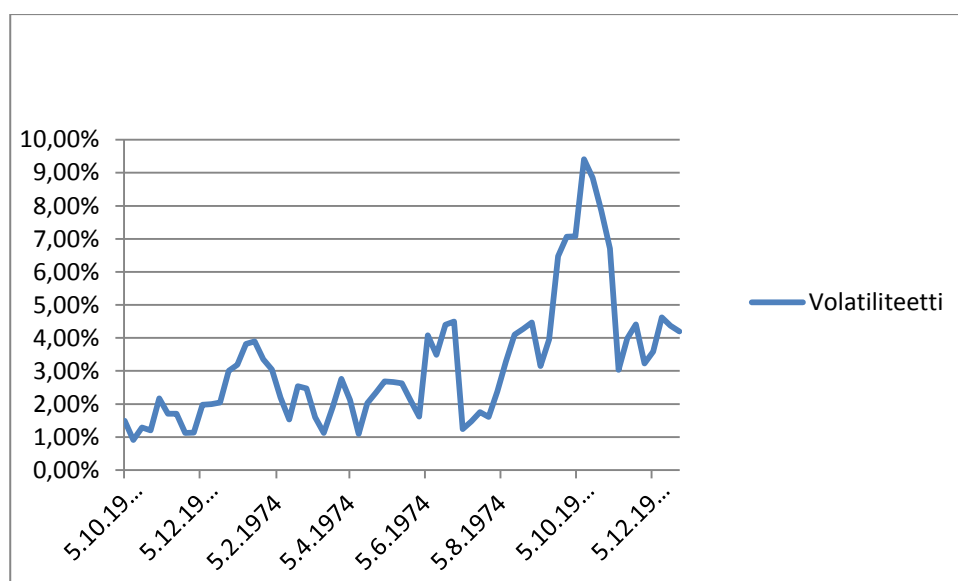


Kuvaaja 2: Kuukausituottojen rullaava keskihajonta vuosille 1963-2012 ja aikaperiodin keskihajonnan keskiarvo.

5.1 OPEC-maiden öljykriisi vuosina 1973-1974

Organization of the Petroleum Exporting Countries, eli OPEC on vuonna 1960 perustettu öljyntuottajamaiden pysyvä hallitustenvälinen organisaatio, johon kuuluu 12 jäsenmaata. Sen tehtävänä on varmistaa öljyn mahdollisimman tasainen hinta kansainvälisillä markkinoilla ja toimia tehokkaana öljyn tarjoajana kuluttajamaille. (www.opec.org)

OPEC asetti lokakuussa 1973 kauppasaartoon ne maat, joiden se oletti tukevan Israelia sodassa Syyriaa ja Egyptia vastaan. Tästä seurasi merkittäviä leikkauksia OPECin öljyn kokonaistuotantoon. Tammikuussa 1974 Persianlahden jäsenmaat kaksinkertaistivat öljyn hinnan, mikä johti kuluttajamaissa suoranaiseen paniikkiin. (Hamiltonin, 2010, 16) Tämä näkyy myös Yhdysvaltojen osakemarkkinoiden tuottojen volatiliteettien muutoksissa (kuvaaja 3), koska vuoden 1974 lokakuussa kuukausitason volatiliteetti nousi 9,4 prosenttiin. Nousu on varsin merkittävä, jos verrataan sitä koko ajanjakson keskiarvoon noin 1,8 prosenttiin. Näin voidaan olettaa, että vuoden 1973-1974 öljykriisillä oli selvästi vaikutusta osakemarkkinoiden volatiliteettiin. Voidaan myös sanoa, että kriisin vaikutus on ollut kuitenkin hyvin lyhytaikainen. Volatiliteetti laski hyvinkin nopeasti öljykriisin jälkeen ja vuoden 1974 loppuun mennessä se oli jo laskenut kriisiä edeltäneelle tasolle.



Kuvaaja 3: Volatiliteetti öljykriisin aikana vuosina 1973-1974

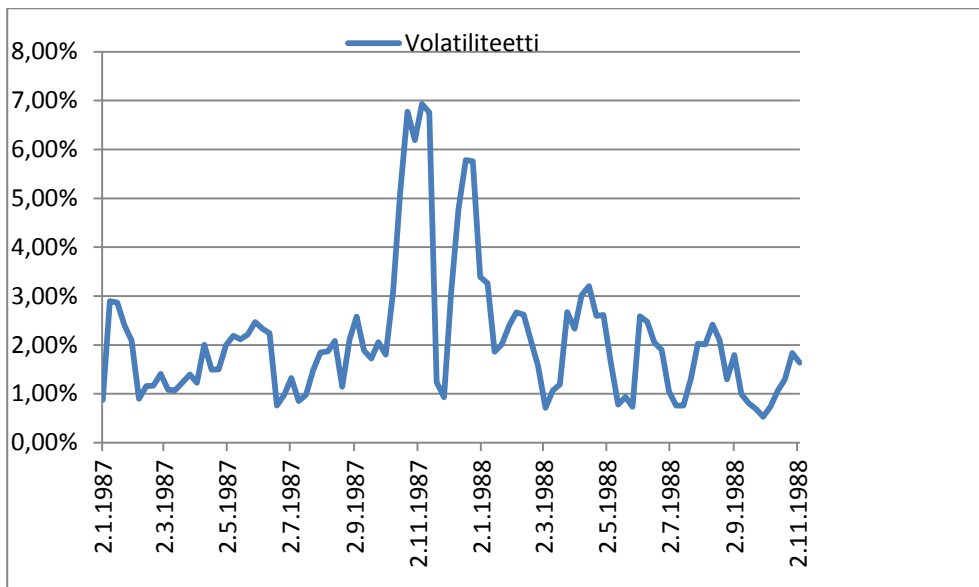
5.2 Vuoden 1987 pörssiromahdus

Maailmantalouden ja rahoituslaitosten tulevaisuus oli vaakalaudalla lokakuun 19. päivänä vuonna 1987, joka tunnetaan nykyään paremmin Mustana maanantaina. Osakkeiden hinnat laskivat maailmanlaajuisesti noin 20 prosenttia ja volatiliteetti pysyi korkealla useita viikkoja romahduksen jälkeenkin. (Schwert, 1989b, 1)

McKeon ja Netter (2009, 3) luettelevat kolme yleisesti uskottua syytä selittämään pörssiromahdusta. Ensimmäisen syynä pidetään markkinoiden reagointia perustavanlaatuisiin uutisiin. Näiden uutisten seurauksena yhden päivän aikana markkinaosapuolet uudelleenarvostivat osakkeitaan alaspäin yli 20 prosenttia. Toisena syynä pidetään likviditeettiä. Jostain syystä suuren myyntitilausten määrän likviditeetti laski merkittävästi, mikä painoi hinnat alas. Kolmannen syyn mukaan sijoittajien irrationaalinen käyttäytyminen ajoi hinnat liian korkeiksi, mitä seurasi merkittävä lasku ja paniikinomainen myyminen. Painaen lopulta hinnat alas.

Kuvaajasta 3 näkee, kuinka volatiliteetti käyttäytyi pörssiromahduksen aikana. Vuoden 1987 lokakuussa osakkeiden tuotot laskivat yhdessä päivässä lähes 20 prosenttia (Schwert, 1989b,1). Tarkasteltaessa lokakuun kuukausikohtaista volatiliteettia nähdään volatiliteetin hyppäävän noin seitsemään prosenttiin. Volatiliteetti laski hyvin nopeasti romahdusta edeltäneelle tasolle, mutta nousi sieltä vielä uudestaan lähes lokakuun tasolle. Vuoden 1988 tammikuussa volatiliteetti oli laskenut takaisin normaalille tasolle. Tulokset ovat hyvin samansuuntaisia kuin Schwertin (1989b) tutkimuksen kanssa

Kuvaaja 3: Volatiliteetti vuosina 1987-1988



Kuvaaja 3: Volatiliteetti vuosina 1987-1988

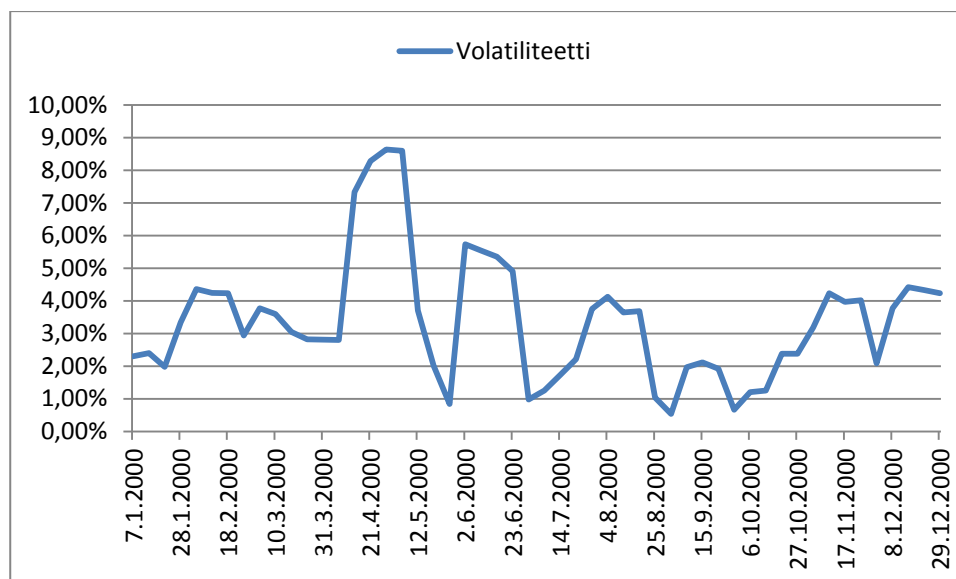
5.3 Internet- ja teknologiakuplan puhkeaminen vuonna 2000

1990-luvun viimeisinä vuosina osakemarkkinoilla oli kasvava ero uuden ja vanhan talouden välillä. Uusi talous oli kasvussa ja internet- ja teknologiayritykset kukoistivat. Muutamana vuodelle Standard's & Poor'sin teknologia-alan osakkeet kasvoivat lähes nelikertaiseksi. (Sornette, 2003, 269)

Huhtikuussa vuonna 2000 Nasdaq-yhdistelmäindeksi laski yllättäen lähes 37 prosenttia. Indeksi koostui suurelta osin vain teknologia- ja internetyritysten osakkeista. Näitä uuden talouden yrityksiä yhdisti erittäin korkeat P/E-luvut (price-over-earnings). Korkea P/E-luku tarkoittaa, että sijoittajilla on yritystä kohtaan korkeat kasvuodotukset. Todellisuudessa yritysten arvo oli paljon pienempi kuin osakkeen hinta markkinoilla (Johansen & Sornette, 2000, 323). Tästä johtuen vuosina 1997-2000 internet- ja teknologiayrityksiin oli kasautunut suuria tuottojen kasvuodotuksia, jotka muodostivat niin sanotun kuplan. Huhtikuussa 2000 kupla puhkesi, vaikuttaen suurimpaan osaan maailman markkinoista.

Kuvaajasta 4 nähdään, miten volatiliteetti reagoi tietoon kuplan puhkeamisesta. Huhtikuussa 2000 volatiliteetti nousi voimakkaasti lähes yhdeksään prosenttiin ja pysyi

korkeana lähes kuukauden ajan. Tämän jälkeen volatilitteetti nousi ja laski hyvin voimakkaasti kolmen kuukauden ajan. Lopulta rauhoittuen elokuussa.



Kuvaaja 5: Iit-kuplan puhkeaminen vuonna 2000.

5.4 Terroristi-iskut syyskuun 11. päivänä vuonna 2001.

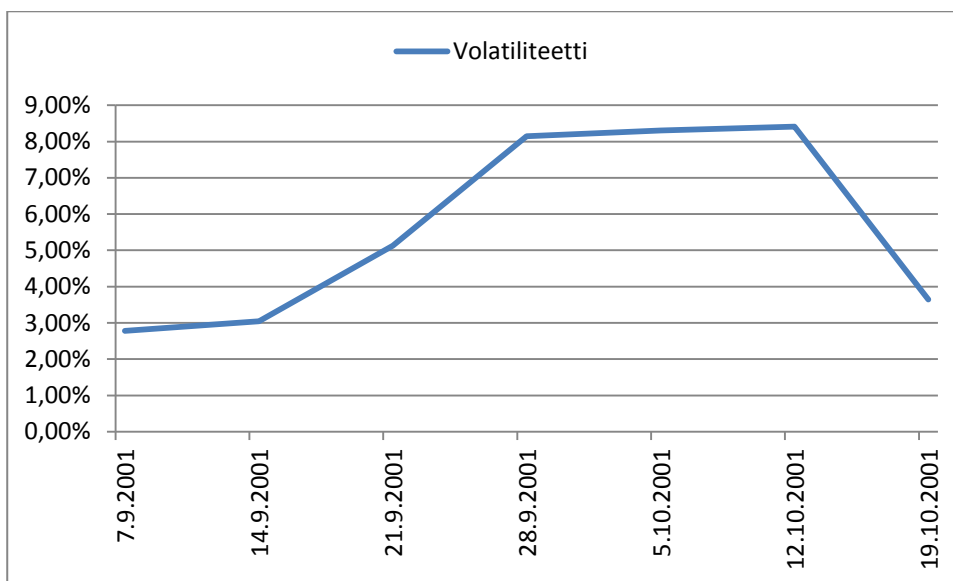
Syyskuun 11 päivänä vuonna 2001 koko maailma pysähtyi, kun Yhdysvaltoja vastaan tehtiin ihmiskunnan historian suurin terroristi-isku. Rahoitusmarkkinat ympäri maailman sukelsivat kriisiin epä tietoisuuden johdosta muutaman päivän. Syyskuun 11. terroristi-iskut ovat hyvä esimerkki kriisistä, jonka aiheuttaa täysin rahoitusmarkkinoiden ulkopuolinen syy. (Sandoval Junior & De Paula Franca, 2011, 198-200)

Iskut tehtiin maailman taloudelliseen keskukseen New Yorkiin. Iskujen tarkoituksena oli heikentää Yhdysvaltojen ja koko maailman rahoitusjärjestelmien vakautta. Iskujen jälkiseurauksena rahoitusmarkkinat kohtasivat suuria toimintojen häiriöitä, jotka johtuivat valtavista omaisuus- ja kommunikaatiojärjestelmien vaurioista. Myös kasvava epä tietoisuuden määrä ja markkinoiden volatilitteetin kasvu vaikuttivat osaltaan rahoitusmarkkinoihin. Useilla markkinoiden avainasemassa olevilla yrityksillä oli huomattavaa toimintaa tuhoutuneessa World Trade Centerissä tai sen läheisyydessä. Iskut johtivat New Yorkin rahoitusmarkkinoiden välittömään sulkemiseen. Ennen kaikkea rahoitusala koki valtavia ihmishenkien menetyksiä. (Johnston & Nedelescu, 2005, 5)

Lackerin (2004, 937) mukaan jopa 74 prosenttia siviiliuhreista oli rahoitusallalla työskenteleviä.

New Yorkin pörssi ja Nasdaqin pörssi eivät ehtineet aueta ennen iskuja syyskuun 11. päivänä. Arvopaperimarkkinat aloittivat kaupankäynnin vasta syyskuun 17. päivä. Volatiliteetin kannalta Yhdysvaltojen osakemarkkinat laskivat ensimmäisenä kaupankäyntipäivänä ja jatkoivat laskua sitä seuranneina päivinä. Standard's & Poor's-indeksi laski syyskuun 17. ja 2.1 päivän välillä 11,6 prosenttia ja Nasdaq-indeksi 17,3 prosenttia. (Johnston & Nedelescu, 2005, 6)

Kuvaajasta 5 nähdään kuinka volatiliteetti terroristi-iskujen jälkeen nousi lähes kahdeksaan ja puoleen prosenttiin. Terroristi-iskujen seurauksena New Yorkin pörssi oli suljettuna useina päivinä ja pörssin auettua kaupankäynti oli hiljaista. Pörssin ollessa suljettuna kaupankäynti New Yorkin pörssissä lakkasi, mikä johti osaketuottojen laskuun. Markkinoiden epätietoisuus ja osaketuottojen lasku nosti puolestaan volatiliteettia. Volatiliteetti pysyi korkealla tasolla lokakuun puoleenväliin asti, jolloin se palasi takaisin iskuja edeltäneelle tasolle.



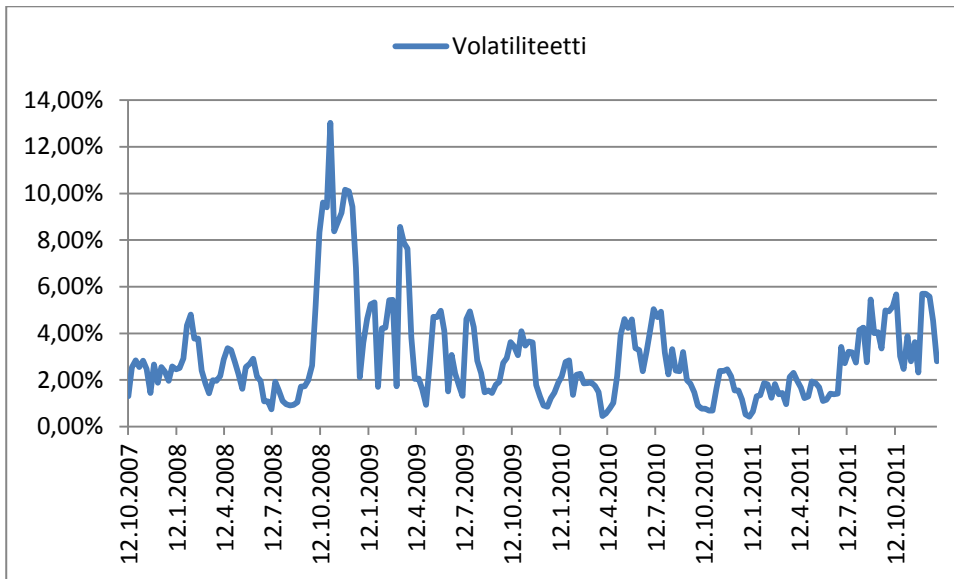
Kuvaaja 6: Volatiliteetti ja syyskuun 11, 2001 terroristi-iskut

5.5 Finanssikriisi 2007-2009

Vuonna 2007 alkoi viimeisin isoista finanssikriiseistä, joka saavutti huippunsa vuonna 2008. Kriisi sai alkunsa suurista asuntolainojen maksujen laiminlyönneistä Yhdysvalloissa. Subprimet olivat matalan luottoluokituksen omaaville lainanottajille suunniteltuja lainoja. Usein lainat olivat aluksi matalakorkoisia ja tulevaisuuden maksusuoritteille joustavia. Korkojen noustessa merkittävästi, lainanottajat eivät enää pystyneet maksamaan lainankorkoja, mikä johti tuhansien talouksien ulosmittauksiin. Samaan aikaan lainoista tehtiin kiinnostavia sijoituskohteita, joita myytiin sijoittajille niiden korkeiden tuottomahdollisuuksien takia. Vuosien saatossa lainat synnyttivät kuplan subprime-markkinoille. Riskin aliarvioiminen johti siihen, että rahoituslaitokset maailmanlaajuisesti hävisivät miljardeja dollareita ja useat hakeutuivat konkurssiin. (Sandoval Junior & De Paula Franca, 2011, 201)

Kuvaajasta 6 nähdään kuinka volatiliteetti käyttäytyy vuodesta 2007. Volatiliteetti pysyi alhaisella tasolla koko vuoden 2007 ja vasta vuoden 2008 syyskuussa volatiliteetti alkoi jyrkästi kasvaa, päätyen lopulta yli 13 prosenttiin. Voidaankin kysyä, miksi volatiliteetti lähti nousemaan vasta syyskuussa 2008? Syynä tähän voidaan pitää tietoa Yhdysvaltojen yhden suurimman investointipankin Lehman Brothersin konkurssista. Lehman Brothersin konkurssilla oli valtava vaikutus koko maailman rahoitusmarkkinoihin ja tieto siitä vaikutti pörssien tuottoihin ja sitä kautta volatiliteettiin. Myös Doodley ja Hutchinson (2009) sekä McKeon ja Netter (2009) tutkimuksissaan huomasivat volatiliteetin räjähdysmäisen kasvun juuri Lehman Brothersin konkurssin jälkeen. Molemmissa tutkimuksissa syynä äkilliselle volatiliteetin kasvulle pidetään uutisten nopeaa leviämistä Lehman Brothersin konkurssista ja muiden merkittävien investointipankkien taloudellisista vaikeuksista. Merkittävää on myös se, että volatiliteetti on pysynyt huomattavasti korkeammalla tasolla ensimmäisen volatiliteettiipiikin jälkeen. Konkurssin jälkeisinä kuukausina volatiliteetti on pysynyt selvästi historiallista keskiarvoa korkeammalla aina vuoden 2011 loppuun saakka. Yhtenä syynä tähän voidaan pitää kriisin pitkän aikavälin vaikutuksia, joita ei vielä oltu pystytty arvioimaan. Lisäten epävarmuutta markkinoille.

Kuvaaja 6: Finanssikriisi 2007-2009



Kuvaaja 7: Volatiliteetti finanssikriisi aikana.

6. Johtopäätökset ja yhteenveto

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia volatiliteettia viimeisen 49 vuoden aikana, Yhdysvaltojen osaketuottoja tarkastellen. Osaketuottoja hyväksikäyttäen laskettiin aikaperiodille rullaava neljän viikon keskihajonta, jonka tarkoituksena oli kuvata aikaperiodin volatiliteettia. Aikasajalle laskettiin myös historiallinen volatiliteetin keskiarvo. Päättökäsimongelmana tarkasteltiin niitä tapahtumia, jolloin volatiliteetti oli epätavallisen korkealla tasolla ja pohdittin syitä volatiliteetin vaihteluille. Tutkimuksessa huomattiin, että aikaperiodin volatiliteetin keskiarvo oli maltillinen 1,81 prosenttia eikä se aikaperiodin aikana osoittanut olevan nousu- eikä laskujohteista, vaan hyvinkin tasaista. Aineistosta erottuivat selkeimmin viisi volatiliteettiipiikkiä: 1973-1974, 1987, 2000-2001 ja 2007-2010. Tutkimuksessa selvisi, että volatiliteetin äkilliset nousut johtuivat rahoitusmarkkinoita kohdanneista kriiseistä, joita tutkimuksessa analysoitiin tarkemmin.

Aiempiin tutkimuksiin Schwert (1989a), ja (2011) ja Lakshman & Dayaratne (2010) vedoten, voitiin olettaa kriiseillä olevan volatiliteettia kasvattava vaikutus. Myös osaketuottojen volatiliteetin vaihteluiden todettiin johtuvan osakehintojen muutoksista. Tutkimuksessa saadut tulokset antavat hyvin samansuuntaisia tuloksia kuin Schwertin (1989a) (1989b) ja Lakshman & Dayaratne (2010) tutkimukset.

Yhteistä kaikissa kriiseissä on ollut huonojen uutisten leviämisestä johtuva volatiliteetin kasvu. Mitä nopeammin huonot uutiset levisivät sitä nopeammin ja jyrkemmin volatiliteetti nousi. Kriisin aikana volatiliteetti kasvaa markkinoiden ylireagoitua kriisiin. Markkinat ylireagoivat, koska kriisin aikana markkinoille tulee paljon uutta informaatiota käsiteltäväksi ja omaksuttavaksi nostaen samalla epävarmuuden tasoa korkeammaksi. (Johnston & Nedelescu, 2005, 4). Huomattavaa oli myös se, että volatiliteetti laski hyvin nopeasti kriisiä edeltäneelle tasolle. Ainoastaan vuonna 2007 alkaneessa finanssikriisissä volatiliteetti pysyi selvästi kauemmin korkeana. Vuonna 2007 alkanut finanssikriisi vaikutti vielä kaksi vuotta myöhemmin markkinoiden tuottojen volatiliteettiin. Vasta vuoden 2011 lopulla volatiliteetti näytti palanneen pääosin normaalille tasolle. Markkinoihin liittyi varmasti vielä epävarmuutta ja kriisin pitkän aikavälin vaikutukset eivät olleet vielä tiedossa, mikä johti pitempään korkean volatiliteetin kauteen.

Tutkimuksen tuloksia ei ole tilastollisesti testattu merkitseviksi, minkä takia tuloksista ei voida tilastollisessa mielessä tehdä johtopäätöksiä. Sanottakoon kuitenkin, että saadut

tulokset ovat aiempiin tutkimuksiin vertailtaessa hyvin samankaltaisia ja voivat toimia korkeintaan suuntaa-antavina.

Tutkimusta voitaisiin jatkaa tai täydentää useallakin eri tavalla. Yksi jatkotutkimus mahdollisuus olisi testata tämän tutkimuksen teoriaosan volatilitteettimenetelmiä aineistoon ja vertailla millä menetelmällä voitaisiin parhaiten ennustaa tulevaa volatilitteettia. Mielenkiintoista olisi myös testata ovatko volatilitteettiikkitilastollisesti merkitseviä.

7. Lähdeluettelo

About Opec (2012) [verkkodokumentti]. [Viitattu 5.4.2012]. Saatavilla http://www.opec.org/opec_web/en/press_room/178.htm

Aradhyula, S. V. & Holt, M. (1988): "GARCH Time Series Models: An Application to Retail Livestock Prices." *Western Journal of Agriculture* 13, 2.

Balasubramanyan, L. & Premaratne, G. (2003): "Stock Market Volatility: Examining North America, Europe and Asia". *National University of Singapore, Economics Working Paper*.

Balaban, E. & Bayar, A. (2005): "Stock Returns and Volatility: Empirical Evidence from Fourteen Countries". *Applied Economics Letters* 12, 603-611.

Bera, A. K. & Higgins, M. L. (1993): "ARCH Models: Properties, Estimation and Testing". *Journal of Economic Surveys* 7, 4, 305-366.

Bollerslev, T. - Engle, R. F. - Nelson, D. B. (1993): "ARCH Models". *The Handbook of Econometrics* 4, 93-49

Brooks, C. (2004): "*Introductory econometrics for finance*". 5. painos. Cambridge: Cambridge University Press.

Chong, C. (2011): "Effect of Subprime Crisis on U.S. Stock Market Return and Volatility". *Global Economy and Finance Journal* 4,1, 102-111.

Das, S. R. & Sundaram, R. K. (1998): "Of Smiles and Smirks: A Term Structure Perspective". *NYU Working Paper No. FIN-98-024*.

Dooley, M. & Hutchison, M. (2009): "Transmission of the U.S. Subprime Crisis to Emerging Markets: Evidence on the Decoupling-Recoupling Hypothesis". *Journal of International Money and Finance* 28, 8, 1331-1349.

Dumas, B. - Fleming, J. - Whaley, R. E. (1998) : "Implied Volatility Functions: Empirical Tests". *Journal of Finance* 53, 6, 2059-2106.

Ederington, L. H. & Guan, W. (2006): "Measuring historical volatility". *Journal of Applied Finance* 16, 1.

Ederington, L. H. & Guan, W. (2000): "Why Are Those Options Smiling?" *University of Oklahoma Center for Financial Studies Working Paper (Dec 2000)*.

Engle, R. F. (2001): GARCH 101: "The Use of ARCH/GARCH Models in Applied Econometrics". *Journal of Economic Perspectives* 15, 157-168.

Engle, R. F. & Ng, V. K. (1991): "Measuring and Testing the Impact of News on Volatility". *National Bureau of Economic Research Working Paper No. w3681*.

French, K. 2011. U.S Research Returns Data. [verkkodokumentti]. [Viitattu 27.03.2012].
Saataavilla

http://mba.tuck.dartmouth.edu/pages/faculty/ken.french/data_library.html#Research

Hamilton, J. D. (2011): "Historical oil shocks". *National Bureau of Economic Research Working Paper No. 16790*.

Hill, C. R. - Griffiths, W. E. - Lim, G. C. (2012): *Principles of Econometrics*, 4. painos. Aasia: John Wiley & Sons, Inc.

Hull, J. C. (2006): *Options, Futures and Other Derivatives*, 6. painos. New Jersey: Pearson Prentice Hall.

Johansen, A. & Sornette, D. (2000): "The Nasdaq Crash of April 2000: Yet Another Example of Log-Periodicity in a Speculative Bubble Ending in a Crash". *The European Physical Journal B* 17, 319-328.

Johnston, R. B & Nedelescu, O. M. (2005): "The Impact of Terrorism on Financial Markets". *IMF Working Paper No. wp0560*.

Johnston, R. B & Nedelescu, O. M. (2005): "The Impact of Terrorism on Financial Markets". Julkaistu alunperin *Global Financial Data*. [Verkkodokumentti]. Saataavilla
<http://www.globalfindata.com/>

Lacker, J. (2004): "Payment System Disruptions and the Federal Reserve Following September 11, 2001". *Journal of Monetary Economics* 51, 5, 935-965.

Lakshman, R. & Dayaratne, D. A. I. (2010): "Stock Market Volatility and Important Events: Evidence from Colombo Stock Exchange and the New York Stock Exchange". *SSRN Working Paper Series (Feb 2011)*.

- McKeon, R. & Netter, J. M. (2009): "What Caused the 1987 Stock Market Crash and Lessons for the 2008 Crash". *SSRN Working Paper Series (Feb 2009)*.
- Puttonen, V. & Valtonen, E. (1996): *Johdannaismarkkinat*. Porvoo: WSOY.
- Holton, A. G. (2003): Annualized volatility [verkkodokumentti]. [Viitattu 06.03.2012]. Saatavilla <http://www.riskglossary.com/>
- Rubinstein, M. (1994): "Implied Binominal Trees". *Journal of Finance* 49, 3, 771-818.
- Sandoval Junior, L. & De Paula Franca, I. (2011): "Correlation of Financial Markets in Time Of Crisis". *Physica A* 391, 1, 187-208.
- Schwert, G. W. (2011): "Stock Volatility During the Recent Financial Crisis". *National Bureau of Economic Research Working Paper No. w16976*.
- Schwert, G. W. (2001): "Stock Volatility in the New Millennium: How Wacky Is Nasdaq?". *National Bureau of Economic Research Working Paper No. w8436*.
- Schwert, G. W. (1989a): "Business Cycles, Financial Crises and Stock Volatility". *National Bureau of Economic Research Working Paper No. #295*.
- Schwert, G. W. (1989b): "Stock Volatility and the Crash of '87". *National Bureau of Economic Research Working Paper No. w2954*.
- Sornette, D. (2003): *Why Stock Markets Crash: Critical Events in Complex Financial Systems*. 1. painos. New Jersey: Princeton University Press.
- Vafopoulos, M. N. (2000): "Financial volatility forecasting". *Economic & Financial Computing* 10, 3, 119-120.
- Vaihekoski, M. (2004): *Rahoituksen sovellukset ja Excel*. Vantaa: WSOY.