



Università
Ca' Foscari
Venezia

Corso di Laurea magistrale in Economia e Finanza

Tesi di Laurea

Il Rischio di Tasso di Interesse e gli Interventi di Politica Monetaria:

un approccio con modelli GARCH.

Relatore

Ch. Prof. Domenico Sartore

Correlatori

Ch. Prof. Elio Canestrelli

Ch. Prof. Paolo Pianca

Laureanda

Federica Borin

Matricola 835963

Anno Accademico

2012/2013

—
Ca' Foscari
Dorsoduro 3246
30123 Venezia

RINGRAZIAMENTI

Desidero ringraziare tutti coloro i quali mi hanno aiutato nello svolgimento di questo elaborato. In particolare ringrazio il Ch. Prof. Domenico Sartore che mi ha dato la possibilità di intraprendere un percorso più approfondito dell'Econometria attraverso lo svolgimento di questa tesi. Il Suo aiuto è stato fondamentale sia per l'individuazione dell'argomento ma anche per le indicazioni volte a compiere un lavoro originale. La ringrazio per il supporto datomi in questi mesi e per la sua continua disponibilità. Desidero inoltre esprimere la gratitudine per avermi dato l'opportunità di svolgere l'attività di Tutorship la quale mi ha consentito di sviluppare la mia capacità e approfondire maggiormente la materia.

Desidero inoltre ringraziare il Prof. Roberto Casarin per la disponibilità concessami durante tutti questi mesi; il Suo aiuto è stato indispensabile per intraprendere correttamente il percorso che ha portato allo svolgimento di questo lavoro in modo interessante ed originale.

Concludo ringraziando inoltre la Dott.ssa Federica Zabotto per il contributo datomi mettendo a mia disposizione alcuni dati che sono stati utilizzati per lo svolgimento di questa tesi.

INDICE

INDICE delle FIGURE	5
INDICE delle TABELLE	7
INTRODUZIONE	9
CAPITOLO 1:LA STIMA DELLA VOLATILITA'	14
1.1 Modelli per la misurazione della volatilità: i modelli ARCH E GARCH	14
1.2 La volatilità.....	14
1.3 Modelli univariati per le serie storiche	14
1.4 Modelli simmetrici	15
1.4.1 Modelli ARCH E GARCH.....	15
1.4.2 GARCH in MEAN (GARCH-M)	17
1.4.3 Integrated GARCH (IGARCH)	18
1.5 Modelli asimmetrici.....	19
1.5.1 Exponential GARCH (EGARCH)	19
CAPITOLO 2 :IL CONTESTO NORMATIVO	22
2.1 Il tasso di interesse	22
2.2 La normativa di riferimento.....	22
2.3 Il comitato di Basilea.....	22
2.4 L'accordo di Basilea II.....	23
2.4.1 Il rischio di tasso di interesse nel banking book.....	24
2.5 Basilea II e il concetto di VaR.....	28
2.5.1 Il test retrospettivo	29
2.5.2 Interpretazione del test retrospettivo	29
2.5.3 Il requisito patrimoniale	31
2.6 Classificazione secondo indicatori statistici	32
2.6.1 Classificazione dei modelli	33
CAPITOLO 3:GLI STRUMENTI DI POLITICA MONETARIA UTILIZZATI DALLA BCE	35
3.1 Premessa	35
3.2 Gli interventi della BCE: le operazioni di mercato aperto	35
3.2.1 I diversi tipi di operazioni di mercato aperto	36
3.3 Gli interventi di politica monetaria nel periodo della crisi.....	37

3.4 Le politiche di intervento della Federal Reserve.....	43
CAPITOLO 4:ANALISI EMPIRICA	51
4.1 Analisi della volatilità dei tassi interbancari senza l’inserimento delle variabili di intervento.....	51
4.1.1 Data Set	52
4.1.2 <i>Analisi della Volatilità</i>	56
4.1.3 <i>Ranking dei Modelli Attraverso Indicatori Statistici</i>	69
4.1.4 <i>Stima del Value at Risk</i>	71
4.1.5 <i>Calcolo del Daily Capital Charge (DCC)</i>	74
4.1.6 <i>Funzione di Ottimizzazione</i>	76
4.2 Analisi della Volatilità dei Tassi Interbancari con l’Inserimento delle Variabili di Intervento di Politica Monetaria.....	79
4.2.1 <i>Data Set</i>	79
4.2.2 <i>Analisi della Volatilità</i>	90
4.2.3 <i>Ranking dei Modelli Attraverso Indicatori Statistici</i>	100
4.2.4 <i>Stima del Value at Risk</i>	102
4.2.5 <i>Analisi della Dispersione degli Sforamenti</i>	104
4.2.6 <i>Calcolo del Daily Capital Charge (DCC)</i>	107
4.2.7 <i>Funzione di Ottimizzazione</i>	108
CONCLUSIONI	122

INDICE delle FIGURE

Figura 1 – Rappresentazione degli interventi compiuti dalla BCE	38
Figura 2 - Andamento dei tassi interbancari dal 2007 al 2010	39
Figura 3 - Andamento dei tassi utilizzati per la stima dei modelli	40
Figura 4 - Andamento del tasso di rifinanziamento della BCE	41
Figura 5 - Le caratteristiche delle principali operazioni attuate dalla BCE	42
Figura 6 – Numero di banche partecipanti al rimborso del prestito (LTRO1).	42
Figura 7 – Numero di banche partecipanti al rimborso del prestito (LTRO2).	43
Figura 8 – Time line delle misure di QE effettuate dalla FED	44
Figura 9 - Andamento del tasso di rifinanziamento della FED	45
Figura 10- Andamento dei tassi interbancari	52
Figura 11- Distribuzioni di frequenza EONIA, EURIBOR	53
Figura 12- Normal Probabilty Plot	54
Figura 13 - Distribuzione Normale	56
Figura 14 - Distribuzione t Student	57
Figura 15 - Distribuzione GED	57
Figura 16 - Andamento Curtosi t Student	66
Figura 17 - Andamento Curtosi GED	67
Figura 18 - Varianze Condizionali	68
Figura 19 - Varianze condizionali	69
Figura 20- Percentuale sforamenti modelli EONIA	72
Figura 21- Percentuali sforamenti modelli EUR1w	73
Figura 22- Percentuali sforamenti modelli EUR2w	73
Figura 23- Percentuali sforamenti modelli EUR1m	74
Figura 24- DCC garch EONIA Normal	75
Figura 25- FOCUS. Valori DCC Garch EONIA Normal	76
Figura 26 - Minimizzazione sforamenti GARCH EUR 2 W	78
Figura 27 - Ammontare garanzie offerte	80
Figura 28 - Numero degli offerenti	80
Figura 29 - Ammontare allocato LTRO	81
Figura 30 - Ammontare richiesto MRO	81
Figura 31 - Numero Offerenti MRO	82
Figura 32 - Ammontare allocato MRO	82
Figura 33 - Distribuzioni delle frequenze dei regressori	84

Figura 34 - Andamento Curtosi t Student	97
Figura 35 - Andamento Curtosi GED	98
Figura 36 - Varianza condizionale modello GARCH con distribuzione Normal (EONIA, EUR1W, EUR2W, EUR1M)	99
Figura 37 -Varianza condizionale modello EGARCH con distribuzione normale (EONIA, EUR1W, EUR2W, EUR1M)	100
Figura 38- Percentuali sforamenti modelli EONIA	102
Figura 39- Percentuali sforamenti EUR1W	103
Figura 40- Percentuali sforamenti EUR2W	103
Figura 41- Percentuali sforamenti EUR1M	104
Figura 42- Scatter plot modello GARCH	105
Figura 43- Scatter plot modello EGARCH	105
Figura 44- Scatter plot GARCH-M	106
Figura 45- Scatter plot IGARCH	106
Figura 46 - Scatter plot IGARCH-M	107
Figura 47 - Valori DCC in presenza di regressori	107
Figura 48 - FOCUS Valori DCC in presenza di regressori	108
Figura 49 - Minimizzazione sforamenti EGARCH EUR 1W	109

INDICE delle TABELLE

Tabella 1 - I principi fondamentali per la gestione del rischio di tasso di interesse	25
Tabella 2 - Penalizzazioni da applicare al requisito patrimoniale	30
Tabella 3- analisi statistiche descrittive	54
Tabella 4 - Test ADF EONIA, EUR1W	55
Tabella 5 - Test ADF EUR2W, EUR1M	55
Tabella 6 - Valori Curtosi distribuzione t Student	67
Tabella 7 - Valori Curtosi distribuzione GED	68
Tabella 8- Ranking distribuzione 'Normal'	70
Tabella 9- Ranking distribuzione 'GED'	70
Tabella 10- Analisi descrittive modello con regressori	83
Tabella 11 - Test ADF Ammontare Allocato	84
Tabella 12 - Test ADF Numero dei Richiedenti	85
Tabella 13 - Test ADF Ammontare delle Garanzie	85
Tabella 14 - Analisi dei coefficienti modello GARCH	86
Tabella 15 - Analisi dei coefficienti modello EGARCH	87
Tabella 16 - Analisi dei coefficienti modello GARCH-M	88
Tabella 17 - Analisi dei coefficienti modello IGARCH	88
Tabella 18 - Analisi dei coefficienti modello IGARCH-M	89
Tabella 19 - Matrice di Correlazione tra i regressori	89
Tabella 20 - Valori Curtosi distribuzione t Student	98
Tabella 21 - Valori della Curtosi distribuzione GED	98
Tabella 22 - Ranking distribuzione Normal	100
Tabella 23 - Ranking distribuzione T Student	101
Tabella 24 - Ranking distribuzione GED	101
Tabella 25 - Risultati indicatori statistici	110
Tabella 26 - Risultati stime con il VaR	110
Tabella 27 - Risultati stima GARCH Normal	111
Tabella 28- Risultati GARCH T Student	111
Tabella 29- Risultati GARCH GED	111
Tabella 30 - Risultati EGARCH Normal	112
Tabella 31- Risultati EGARCH T Student	112
Tabella 32 - Risultati EGARCH GED	113
Tabella 33 - Risultati IGARCH Normal	113

Tabella 34- Risultati IGARCH T Student	113
Tabella 35- Risultati IGARCH GED	114
Tabella 36- Risultati GARCH-M Normal	114
Tabella 37- Risultati GARCH-M T Student	114
Tabella 38 - Risultati GARCH-M GED	115
Tabella 39 - Risultati IGARCH-M Normal	115
Tabella 40 - Risultati IGARCH-M T Student	115
Tabella 41 - Risultati IGARCH-M GED	116
Tabella 42- Risultati GARCH Normal	116
Tabella 43 - Risultati GARCH T Student	116
Tabella 44 - Risultati GARCH GED	117
Tabella 45 - Risultati EGARCH Normal	117
Tabella 46 - Risultati EGARCH T Student	118
Tabella 47 - Risultati EGARCH GED	118
Tabella 48 - Risultati IGARCH Normal	118
Tabella 49 - Risultati IGARCH T Student	119
Tabella 50 - Risultati IGARCH GED	119
Tabella 51 - Risultati GARCH-M Normal	119
Tabella 52 - Risultati GARCH-M T Student	120
Tabella 53 - Risultati GARCH-M GED	120
Tabella 54 - Risultati IGARCH-M Normal	120
Tabella 55 - Risultati IGARCH-M T Student	121
Tabella 56 - Risultati IGARCH-M GED	121

INTRODUZIONE

L'andamento dei tassi di interesse durante il periodo della crisi globale finanziaria è stato oggetto di straordinari aggiustamenti da parte delle banche centrali, le quali sono intervenute sul valore di tali tassi per evitare di peggiorare la situazione già critica dei mercati finanziari.

In questo elaborato sono stati presi in considerazione i fattori relativi alle politiche di *quantitative easing*, alle strategie di politica monetaria messe in atto dalla BCE, nonché al trattato di Basilea II, ponendo al centro dell'analisi l'andamento dei tassi di interesse interbancari e la loro volatilità. I tassi interbancari considerati ed analizzati sono l'Euro Overnight Index Average (EONIA) e l'EURO Inter Bank Offer Rate (EURIBOR) con scadenza a una, due settimane e a un mese.

L'obiettivo dell'analisi è quello di valutare la capacità di previsione di modelli per tassi di interesse in cui si tenga conto delle politiche di intervento della Banca Centrale. Viene inoltre considerata la variazione di capitale allocato dovuta all'utilizzo di questi nuovi modelli. L'analisi è suddivisa in due parti.

La prima parte dell'analisi prevede la stima della volatilità dei tassi di interesse attraverso alcuni tipi di modelli auto regressivi a eteroschedasticità condizionata, in particolare modelli GARCH e sue varianti. Attraverso il calcolo di alcuni indicatori statistici si è effettuata una prima classifica dei modelli attraverso gli indicatori calcolati. Ottenute le stime di volatilità si è utilizzato il concetto di Valore a Rischio (VaR) per calcolare la perdita massima che il tasso interbancario preso a riferimento potesse registrare in una determinata giornata. In base al numero di volte in cui il valore del tasso di riferimento è risultato minore del VaR (*c.d. sfornamento*), è stato calcolato il capitale giornaliero che una banca avrebbe dovuto allocare (Daily Capital Charge -DCC) secondo le direttive previste dall'Accordo di Basilea II.

Nella seconda parte dell'analisi, sono state introdotte delle variabili esogene nella dinamica di volatilità, rappresentate da variabili di politica monetaria che descrivono alcune quantità relative all'immissione di liquidità da parte della BCE. Ciò che ci si aspetta dal loro impiego è una stabilizzazione della volatilità da parte dei tassi di interesse con conseguenti miglioramenti da un punto di vista degli sforamenti ottenuti e quindi un minor capitale da allocare per poter soddisfare il requisito patrimoniale previsto dall'Accordo di Basilea II.

In situazioni di normalità, le banche centrali hanno un ruolo ben preciso all'interno del mercato e del sistema del credito. Esse hanno il compito di prestare denaro sul mercato interbancario e di fungere da deposito per tutte le altre banche. Attraverso il mercato monetario, le banche si prestano somme di denaro per brevi periodi e la BCE, come tutte le altre banche centrali, può influenzare i livelli dei tassi di interesse sul mercato monetario. Le banche centrali hanno a disposizione diversi strumenti di politica monetaria per questo mercato, tra cui le operazioni di rifinanziamento principali mediante le quali, attraverso le banche centrali nazionali, la BCE presta denaro con scadenza a una settimana. Le banche commerciali che partecipano a un'operazione di asta possono accedere al credito concesso. Attraverso queste operazioni, la banca centrale immette liquidità nel mercato. Per ottenere questi prestiti gli istituti di credito devono corrispondere un interesse e fornire garanzie adeguate in forma di attività finanziarie; al momento della restituzione del prestito le garanzie vengono svincolate. La BCE fissa il tasso minimo di offerta per le operazioni di rifinanziamento principali, cioè l'interesse minimo al quale presta fondi alle banche. Normalmente le banche con esigenze di liquidità partecipano alle aste settimanali.

Ulteriore funzione delle banche centrali è quella di fungere da deposito della liquidità in eccesso delle banche commerciali, le quali possono quindi affidare alla BCE il loro denaro in cambio di un tasso attivo su tali depositi che sarà inferiore al tasso di rifinanziamento per le operazioni marginali.

In seguito alla crisi di liquidità di molti istituti bancari e al rischio di default di alcuni di essi, si è profilata la necessità di intervento da parte delle banche centrali per immettere liquidità nel mercato attraverso misure di politica monetaria inedite, non previste quindi dall'ordinaria gestione delle politiche di intervento. Durante il periodo di tensione dei mercati, oltre alla riduzione dei tassi di interesse a livelli minimi storici, sono state adottate delle misure di politica monetaria non convenzionali (le operazioni MROs e LTROs da parte della BCE e operazioni di quantitative easing da parte della FED) garantendo maggiore supporto al credito e attraverso dei programmi di riacquisto di strumenti obbligazionari in circolazione. Infatti uno dei problemi più critici si è concretizzato nell'impossibilità di rendere liquidi gli investimenti vincolati per mancanza di risorse nel mercato.

L'obiettivo principale che accomuna gli interventi effettuati dalle banche centrali è quello di stabilizzare il turbolento andamento dei mercati finanziari. Spesso per rendere possibile ciò, le banche centrali hanno dovuto ridurre il livello dei tassi di interesse portandoli ai

minimi storici; questo per poter garantire agli istituti di credito la maggior liquidità possibile ed evitare il default.

La gestione del rischio di tasso di interesse rappresenta un'attività fondamentale per una banca esposta a continue variazioni delle condizioni di mercati monetari e finanziari. In particolare la valutazione del rischio di mercato legato all'oscillazione dei tassi risulta rilevante ai fini della determinazione del capitale allocato.

La questione dell'adeguatezza del patrimonio delle banche è già ampiamente nota e discussa. La stessa normativa di Basilea II ha messo in evidenza come il capitale allocato dalle banche debba essere opportunamente calcolato in base al rischio che viene assunto dalla banca stessa. La questione del capitale adeguato da allocare viene incentrata nel primo dei tre pilastri che caratterizzano la normativa. Il primo pilastro prevede che " il capitale minimo richiesto sia basato sul rischio di mercato, il rischio di credito e il rischio operativo volto a ridurre la probabilità di default minimizzando le perdite e fornendo l'accesso continuo ai mercati finanziari per poter soddisfare i bisogni di liquidità, fornendo l'incentivazione ad adottare una gestione del rischio prudente. La normativa di Basilea II prevede un sistema di controllo dell'affidabilità tramite il numero di sforamenti che il tasso di riferimento produce nei confronti del Valore a Rischio, cioè tutte le volte in cui il tasso di interesse di riferimento è minore della perdita massima stimata per un determinato giorno. In base al numero di sforamenti registrati in 250 giorni il capitale allocato avrà diversa entità: maggiore rischio comporta maggior capitale da allocare.

L'elaborato si struttura in quattro capitoli: il primo presenta le caratteristiche dei modelli a volatilità non costante che sono stati utilizzati. Il secondo capitolo riguarda il contesto normativo a cui si fa riferimento, in particolare la normativa riguardante l'Accordo di Basilea II, ed alcuni riferimenti in merito ai concetti di Valore a Rischio e perdita massima. Sempre nel capitolo due sono richiamati i concetti per la procedura dei test retrospettivi che sono stati utilizzati per valutare l'accuratezza dei modelli stimati secondo l'Accordo di Basilea II. Il terzo capitolo si incentra sulle principali caratteristiche e funzionalità degli interventi delle banche centrali, spiegando i tratti salienti delle operazioni messe in atto. Il capitolo quarto, infine, riporta la struttura dell'analisi empirica e i risultati ottenuti.

I risultati ottenuti presentano diversità in base ai modelli utilizzati per la stima della volatilità e in base alla distribuzione degli errori utilizzata in tale stima. Nei risultati ottenuti analizzando gli indicatori statistici risultano essere migliori i modelli GARCH,

EGARCH e IGARCH sia per le stime senza i regressori che nelle stime dove invece i regressori sono considerati. Per quanto riguarda invece i risultati ottenuti utilizzando il metodo del VaR, nei modelli che non considerano i regressori risultano meno performanti quelli con distribuzione GED; nei modelli che considerano i regressori, i modelli meno performanti risultano l'EGARCH, il GARCH-M e l'IGARCH-M.

CAPITOLO 1:

LA STIMA DELLA VOLATILITA'

1.1 Modelli per la misurazione della volatilità: i modelli ARCH E GARCH

Nella stima del valore a rischio, sono rilevanti i livelli correnti delle volatilità e delle correlazioni in quanto l'obiettivo è la stima delle possibili variazioni del valore di un indice in un determinato intervallo di tempo. Verranno di seguito definiti i modelli detti di "eteroschedasticità condizionata autoregressiva" (AutoRegressive Conditional Heteroscedasticity - ARCH) ed "eteroschedasticità condizionata autoregressiva generalizzata" (Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity -GARCH).

Questi modelli hanno rilevanza fondamentale ed ampio utilizzo in quanto la caratteristica determinante è la capacità di rilevare che la volatilità e le correlazioni non sono costanti nel tempo. In particolare questi modelli cercano di spiegare la variazione della volatilità, cioè quando in determinati periodi presenta valori molto elevati e quando invece presenta valori bassi, cercando di dare un significato al susseguirsi di queste variazioni.

1.2 La volatilità

La volatilità è definibile come la capacità di cogliere l'incertezza dell'andamento di una variabile nel tempo. Essa viene calcolata sulla base dei valori del giorno precedente e quindi rappresenta la quantità di variazione subita da un giorno all'altro. Può essere espressa anche col concetto di varianza condizionale. Per i modelli univariati, la volatilità è rappresentata da h_t . Poiché nel caso dei modelli univariati la varianza è calcolata con un'unica variabile, il valore h_t sarà uno scalare.

1.3 Modelli univariati per le serie storiche

Nelle serie storiche finanziarie si verifica spesso quella che è definita "volatility clustering". Si dice che la volatilità sia un fenomeno persistente, ovvero che le osservazioni rilevate sono in stretta relazione con le osservazioni precedenti: si verifica infatti che nel caso di forti shock questi vengono generalmente seguiti di simile entità ma con segno opposto, e allo stesso modo shock di piccola entità sono seguiti da shock altrettanto piccoli. Questa è una particolare caratteristica dei mercati azionari, i quali sono tipicamente caratterizzati da periodi di alta volatilità e da periodi meno perturbati con volatilità più bassa. Il

fenomeno si verifica maggiormente in presenza di frequenze alte, quindi per rendimenti di tipo giornaliero o settimanale, mentre risulta essere meno osservato con frequenze più basse. Un metodo di stima per questi modelli è rappresentato dall'osservazione di come la varianza degli errori ε_t dipenda dai suoi dati passati. I modelli di eteroschedasticità condizionale sono stati sviluppati per far fronte a questi fenomeni ed in particolare al "volatility clustering".

1.4 Modelli simmetrici

1.4.1 Modelli ARCH E GARCH

Lo studio di questi modelli è stato compiuto da Engle (1982) il quale propone il concetto di eteroschedasticità auto regressiva condizionata (Autoregressive Conditional Heteroskedasticity -ARCH). È un processo non lineare che spiega la caratteristica della volatilità non costante: considerando un set informativo I_{t-1} si può affermare che il termine di disturbo di una regressione è definito da un processo ARCH qualora siano verificate certe ipotesi:

1. La media di ε_t condizionale al set informativo I_{t-1} dev'essere uguale a zero

$$E(\varepsilon_t | I_{t-1}) = 0; \quad [1]$$

2. La componente idiosincronica, ovvero ε_t , sia così definita:

$$\varepsilon_t = u_t h_t^{1/2} \quad [2]$$

Dove $u_t \sim i. i. d. (0,1)$ ed è detto processo standardizzato.

La varianza dell'errore al tempo t dipende dal quadrato del termine d'errore del periodo precedente. La forma più semplice per rappresentarlo è data dall'equazione 3:

$$\sigma_t^2 \equiv E\{\varepsilon_t^2 | I_{t-1}\} = \omega + \alpha \varepsilon_{t-1}^2 \quad [3]$$

Dove I_{t-1} denota un set informativo, che generalmente include ε_{t-1} e tutti i suoi valori che compongono il suo passato. Questa specificazione è chiamata processo ARCH(1). Per poter affermare che $\sigma_t^2 \geq 0$ indipendentemente da ε_{t-1}^2 si rende necessaria la condizione che $\omega \geq 0$ e $\alpha \geq 0$.

Il modello ARCH(1) dimostra che al verificarsi di uno shock consistente in un periodo $t-1$ è maggiore la probabilità che ε_t assuma un valore assoluto maggiore nello stesso periodo. In questo modo quando ε_{t-1}^2 assume un valore elevato la varianza dell'innovazione del

periodo successivo ε_t assumerà anch'essa un valore elevato. L'equazione [3] non implica necessariamente che il processo per ε_t sia non stazionario, ma afferma solamente che i quadrati dei valori ε_t^2 e ε_{t-1}^2 sono correlati. La varianza non condizionale di ε_t è data da :

$$\sigma_t^2 = E\{\varepsilon_t^2\} = \omega + \alpha E\{\varepsilon_{t-1}^2\} \quad [4]$$

Con una soluzione stazionaria si ha:

$$\sigma^2 = \frac{\omega}{1-\alpha} \quad [5]$$

tale per cui $0 \leq \alpha < 1$. Si ricordi che la varianza non condizionale non dipende dalla componente temporale t.

Quanto detto per il modello ARCH(1) è possibile estenderlo anche al processo ARCH(p) che si può scrivere come

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \alpha_2 \varepsilon_{t-2}^2 + \dots + \alpha_p \varepsilon_{t-p}^2 = \omega + \alpha(L) \varepsilon_{t-1}^2 \quad [6]$$

Dove $\alpha(L)$ è un ritardo polinomiale di ordine $p - 1$. Al fine di accertare che la varianza condizionale sia non negativa, ω e i coefficienti del polinomio $\alpha(L)$ devono essere non negativi. L'effetto allo j-iesimo periodo di uno shock in un tempo precedente è determinato nella volatilità corrente dal coefficiente α_j . In un modello ARCH(p) gli shock in un periodo antecedente ai p periodi non avranno effetti sulla volatilità corrente.

La presenza di errori nell'ARCH in una regressione o in un modello autoregressivo non compromette la stima OLS, ovvero il fatto non implica che esistano degli stimatori non lineari che siano più efficienti dell'OLS.

I modelli ARCH sono stati generalizzati in modi differenti. Una variante molto utilizzata, proposta da Bollerslev (1986), è l'ARCH generalizzato, ovvero il modello GARCH. Nella forma più generale un modello GARCH (p,q) può essere scritto come:

$$\sigma_t^2 = \omega + \sum_{j=1}^p \alpha_j \varepsilon_{t-j}^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^2 \quad [7]$$

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha(L) \varepsilon_{t-j}^2 + \beta(L) \sigma_{t-j}^2, \quad [8]$$

dove $\alpha(L)$, $\beta(L)$ sono i polinomi dei ritardi. Il modello GARCH (1,1) viene spesso utilizzato nella pratica per la qualità dei risultati ottenuti.

Esso può essere riscritto come :

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha \varepsilon_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2, \quad [9]$$

nel quale compaiono tre parametri da stimare. La non negatività di σ_t^2 richiede che ω , α e β siano a loro volta non negativi. Definendo il termine ignoto dei quadrati delle innovazioni come $v_t \equiv \varepsilon_t^2 - \sigma_t^2$, il modello GARCH(1,1) può essere riscritto nel seguente modo:

$$\varepsilon_t^2 = \omega + (\alpha + \beta) \varepsilon_{t-1}^2 + v_t - \beta v_{t-1}, \quad [10]$$

il quale afferma che il quadrato degli errori segue un processo ARMA (1,1). L'errore v_t , essendo un termine ignoto, non è autocorrelato nel tempo ed è eteroschedastico. Il coefficiente della componente autoregressiva è $\alpha + \beta$ pertanto la condizione di stazionarietà è $\alpha + \beta < 1$. Se il valore di $\alpha + \beta$ è si avvicina ad 1, questo vorrà dire che la persistenza della volatilità è alta. Si consideri che, sotto l'ipotesi di stazionarietà, $E(\varepsilon_{t-j}^2) = E(\sigma_{t-j}^2) = \sigma^2$, la varianza non condizionale di ε_t po' essere scritta come

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha \varepsilon_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2 \quad [11]$$

$$\sigma^2 = \frac{\omega}{1-\alpha-\beta}. \quad [12]$$

Facendo una sostituzione all'interno dell'equazione [11] si ottiene

$$\sigma^2 = \omega(1 + \beta + \beta^2 + \dots) + \alpha(\varepsilon_{t-1}^2 + \beta \varepsilon_{t-2}^2 + \beta^2 \varepsilon_{t-3}^2 + \dots) \quad [13]$$

$$= \frac{\omega}{1-\beta} + \alpha \sum_{j=1}^{\infty} \beta^{j-1} \varepsilon_{t-j}^2. \quad [14]$$

Il risultato dimostra che il modello GARCH(1,1) è equivalente ad un modello ARCH di ordine infinito con coefficienti geometrici decrescenti e questo implica che l'effetto di uno shock della volatilità corrente diminuisce nel tempo.

1.4.2 GARCH in MEAN (GARCH-M)

La teoria finanziaria sostiene che le fonti di rischio vengano prezzate dal mercato, ovvero all'interno del loro valore incorporino le notizie che riguardano queste fonti. In questo modo gli *asset* con maggior rischio avranno un rendimento medio più alto per poter compensare il fatto che l'investitore si assuma maggior rischio. Utilizzando i modelli GARCH si assume che la varianza sia non costante nel tempo, mentre la media condizionale sia nulla. Nei mercati finanziari questi due momenti vengono però a

modificarsi continuamente nel tempo, pertanto è opportuno utilizzare un modello che consideri questi fattori. Per fare ciò è opportuno modificare il modello inserendo una componente che rappresenti la funzione della varianza condizionale ottenendo

$$\begin{cases} y_t = X_t b + \delta g(\sigma_t) + \varepsilon_t \\ \varepsilon_t | I_{t-1} \sim N(0, \sigma_t) \end{cases} \quad [15]$$

In questo caso σ_t segue un modello ARCH. Se il termine di ε_t segue un processo ARCH(q) si parla di un modello ARCH-M. Il modello GARCH-M determina la media condizionale dei rendimenti μ_t come funzione lineare della varianza condizionale:

$$\mu_t = X_t b + \delta g(\sigma_t) \quad [16]$$

Questa funzione consente di determinare l'opportunità di rendimento correlata al relativo rischio in quanto mette a diretto confronto la media dei rendimenti μ_t con la varianza σ_t e questo consente anche di determinare il valore di assunzione del rischio in base al rendimento ottenuto.

1.4.3 Integrated GARCH (IGARCH)

Questo modello è stato introdotto da Engle e Bollerslev (1986). L'*Integrated* GARCH, più noto come IGARCH, è uno dei modelli alternativi univariati della famiglia ARCH. Si supponga di volere calcolare la varianza come nel modello GARCH(1,1) per un determinato periodo $t+k$. Prendendo in considerazione l'equazione [17]:

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha \varepsilon_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2 \quad [17]$$

si ha che il valore atteso della varianza condizionale sarà:

$$E(\sigma_{t+k} | I_t) = \omega \left[\sum_{i=0}^{k-1} (\alpha + \beta)^i \right] + (\alpha + \beta)^k \sigma_t^2 \quad [18]$$

Se si verifica che $\alpha + \beta < 1$ e se $k \rightarrow \infty$ allora il risultato tende al valore della varianza non condizionale; mentre se $\alpha + \beta = 1$ tende ad un valore dato da:

$$E(\sigma_{t+k} | I_t) = \sigma_t^2 + k * \omega. \quad [19]$$

Quindi si avrà che se il polinomi $\alpha(L) + \beta(L) < 1$ l'eventuale verificarsi di uno shock perderà valore col crescere del gap temporale. Mentre se dovesse valere la condizione $\alpha(L) + \beta(L) = 1$ gli shock verranno riflessi sui valori calcolati data la loro persistenza. In

particolare il modello IGARCH si ottiene proprio al verificarsi di questa seconda condizione. La condizione di stazionarietà è di tipo complementare ovvero il polinomio di regressione non dovrà essere più minore di uno per verificare l'ipotesi di stazionarietà ma dovrà essere uguale a uno. In questo modo viene garantita la persistenza in quanto la volatilità di un determinato periodo di tempo va a influire sulla volatilità di tutti i periodi successivi. Il modello IGARCH può essere rappresentato come nell'equazione [20]:

$$\sigma_t^2 = \omega + (1 - \beta)\varepsilon_{t-1}^2 + \beta\sigma_{t-1}^2 \quad [20]$$

Dove la condizione di stazionarietà è definita per $\alpha + \beta = 1$, ovvero $\alpha = 1 - \beta$.

1.5 Modelli asimmetrici

1.5.1 Exponential GARCH (EGARCH)

Un limite di non poca importanza che emerge dai modelli ARCH e GARCH riguarda la loro simmetria: infatti vengono considerati solamente i valori assoluti delle innovazioni e non il loro segno. Questo significa che uno shock negativo di grosse dimensioni produrrà lo stesso impatto sulla volatilità futura che produrrà uno shock della stessa entità ma positivo. Per questo motivo assumono rilevante importanza i modelli a volatilità asimmetrica. Tali modelli sono in grado di distinguere la volatilità creata dalle buone e/o dalle cattive notizie recependo un diverso impatto sulla volatilità futura a seconda dei casi. La necessità di distinguere tra notizie positive e negative è di particolare importanza nell'ambito dei mercati finanziari piuttosto che per i tassi di cambio, dove gli agenti tipicamente si collocano in posizioni opposte e contrarie del mercato e quindi per un operatore questo significa essere in grado di gestire al meglio l'effetto che le notizie possono avere per il proprio portafoglio. Un modello asimmetrico, però, dovrebbe fare in modo che la probabilità che ci sia un calo inatteso di un prezzo (cattiva notizia) abbia un impatto maggiore sulla volatilità futura rispetto ad un innalzamento inatteso del prezzo (buona notizia) della stessa entità. Un valido modello in grado di catturare queste asimmetrie è stato messo a punto da Nelson (1990) e prende il nome di modello *exponential GARCH* o EGARCH.

La sua equazione :

$$\log \sigma_t^2 = \omega + \beta \log \sigma_{t-1}^2 + \gamma \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}} + \alpha \frac{|\varepsilon_{t-1}|}{\sigma_{t-1}} \quad [21]$$

Dove α , β e γ sono parametri costanti. Data l'inclusione del rapporto $\frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}}$, il modello EGARCH è asimmetrico nel caso sia $\gamma \neq 0$. Se $\gamma < 0$ gli shock positivi generano una volatilità minore che gli shock negativi. Anche in questo caso è possibile estendere l'applicazione dei modelli EGARCH utilizzando più ritardi. L'equazione precedente può essere riscritta come:

$$\log \sigma^2 = \omega + \beta \log \sigma_{t-1}^2 + (\gamma + \alpha) \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}} \quad \text{se } \varepsilon_{t-1} > 0 \quad [22]$$

$$= \omega + \beta \log \sigma_{t-1}^2 + (\gamma + \alpha) \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}} \quad \text{se } \varepsilon_{t-1} < 0. \quad [23]$$

La trasformazione logaritmica garantisce che le varianze non diventeranno mai negative. In genere ci si attende che $\gamma + \alpha > 0$ mentre $\gamma < 0$.

Engle e Ng (1993) hanno definito un *range* di modelli alternativi per la volatilità condizionale derivanti da una "*news impact curve*", letteralmente curva degli impatti delle notizie, che descrive appunto l'impatto derivante dall'ultima notizia o dall'ultimo shock sulla volatilità corrente.

Contrariamente al GARCH, il modello l'EGARCH è caratterizzato da una curva dell'impatto asimmetrica che considera un effetto maggiore con riguardo agli shock negativi, pesandoli maggiormente rispetto a quelli positivi. Inoltre, dato che l'effetto su σ_t^2 è esponenziale invece che quadratico, la curva dell'impatto delle notizie è soggetta ad un più ampio impiego.

CAPITOLO 2 :

IL CONTESTO NORMATIVO

2.1 Il tasso di interesse

Il tasso di interesse è uno dei principali rischi di mercato. Si concretizza quando il valore della posizione a cui si fa riferimento è sensibile alla variazione dei tassi di interesse. Il rischio di tasso di interesse, assieme al rischio di cambio, al rischio azionario, al rischio merci e al rischio di volatilità, determina la categoria dei rischi di mercato.

Il rischio derivante dal tasso di interesse è quindi determinato dalla volatilità che caratterizza il tasso stesso. Il periodo che ha coinvolto gli anni della crisi è stato di gran lunga determinato da forti ribassi del tasso di interesse dovuti ai tagli da parte delle Banche Centrali. Di conseguenza tutti gli strumenti indicizzati al tasso di interesse hanno subito variazioni di valore.

2.2 La normativa di riferimento

Il concetto di tasso di interesse e il rischio relativo, hanno assunto importanza nella normativa che riguarda l'attività bancaria e il controllo degli istituti di credito.

La nuova normativa che prevede una diversa funzione di controllo da parte della Banca d'Italia, prevede che siano le banche stesse a definire i propri rischi cercando di organizzarsi in modo da poterli ridurre al minimo. Questa organizzazione prevede innanzitutto un adeguato patrimonio in base al livello di rischio assunto dalla banca. Infatti, l'autorità di vigilanza, si limita a controllare che la misurazione del rischio messe in atto dagli istituti di credito siano in linea con i principi generali per poter garantire un livello patrimoniale in linea con il rischio assunto. Se la banca non assume il livello di patrimonio corretto ed adeguato alla sua situazione di rischio, l'Autorità provvederà a correggere tale livello patrimoniale per assicurare la completa copertura dei rischi. Tra i rischi che può assumere la banca c'è anche il rischio di tasso di interesse.

2.3 Il comitato di Basilea

Il comitato di Basilea per la vigilanza bancaria è stato costituito nel 1974¹ su iniziativa dei governatori delle banche centrali dai paesi sviluppati appartenenti al cosiddetto Gruppo

¹ Nel 1974 le autorità creditizie della Germania imposero il fallimento alla Bankhaus Herstatt. Tale istituto di credito fu protagonista di operazioni finanziarie non lecite. Il fallimento di questa banca compromise il sistema di pagamento a livello globale, infatti la banca tedesca effettuava transazioni e pagamenti in marchi ad una banca statunitense che fungeva da tesoreria. Avendo saputo del fallimento la banca americana non consentì il

dei Dieci, o G 10. I paesi che ne fanno parte sono: Belgio, Canada, Francia, Germania, Germania, Giappone, Italia, Lussemburgo, Paesi Bassi, Regno Unito, Stati Uniti, Spagna, Svezia e Svizzera. Tali paesi decisero di dar vita al Comitato di Basilea sotto la tutela della Banca per i Regolamenti Internazionali (BIRS). L'obiettivo principale del comitato è quello di garantire la stabilità monetaria e finanziaria tramite un'attività di vigilanza sugli istituti di credito e l'enunciazione di principi riguardanti la rischiosità assunta. Inoltre il Comitato ha il compito di rafforzare la stabilità del sistema bancario e finanziario a livello globale attraverso un'attenta sorveglianza dei gruppi bancari e finanziari operanti negli stati.

Il primo intervento del Comitato, si ebbe nel 1988, con la prima normativa composta da una serie di iniziative, nominata *Basel Capital Accord* (BCA). Fu da questa prima normativa che nacque l'esigenza di fornirsi di un adeguato capitale in base ai rischi assunti, quindi ogni attività sarebbe dovuta essere supportata da una copertura di capitale pari all'8% dell'attivo ponderato per il rischio di credito.

2.4 L'accordo di Basilea II

Con il passare degli anni si è sentita l'esigenza di un miglioramento nel funzionamento della normativa dettata, la quale, seppur di gran lunga migliorativa rispetto alla situazione precedente, iniziava a mostrare alcuni caratteri che avrebbero potuto essere migliorati. In particolare l'esigenza di un miglioramento nella misurazione del rischio e della gestione di questo e garantire maggiormente la stabilità finanziaria. Il primo accordo del 1998 si rivelò non ottimale per alcuni aspetti. In particolare non esisteva una vera e propria distinzione tra i beneficiari dei prestiti in base al loro livello di rischio e non era considerato l'orizzonte temporale dell'investimento. Inoltre non venivano messe in atto politiche di mitigazione del rischio quali per esempio la diversificazione.

La prima svolta si ebbe nel 1996: ci fu l'introduzione del rischio di mercato. Non si considera più esclusivamente il rischio di credito. Il rischio relativo alla banca quindi dev'essere considerato anche secondo questo aspetto che comprende diverse aspetti, della rischiosità, non solamente dovuti al credito. I suoi effetti ebbero inizio nel 2004. La particolarità di questa normativa riguarda lo sviluppo dei principi fondanti su tre pilastri che sono alla base dell'accordo stesso.

Il *primo pilastro* concerne l'adeguatezza patrimoniale: ovvero è richiesto un capitale minimo basato sul rischio di mercato e sul rischio di credito assunto in modo da ridurre il

pagamento in dollari e coloro che avevano versato somme presso la banca tedesca si trovarono senza contropartita per quantità enormi di denaro. Anche tutte le altre banche americane si rifiutarono di effettuare qualsiasi ordine finché non ci fosse stato l'accredito dovuto. Il rischio che si concretizzò fu quello di aver pagato la valuta oggetto di vendita ma non aver ricevuto quella acquistata.

rischio di default attraverso la riduzione delle perdite ed assicurando il continua liquidità al mercato finanziario per poter soddisfare le esigenze di credito ed incentivare la prudente gestione del rischio.

Il *secondo pilastro* riguarda la sorveglianza: dev'essere promossa una sorveglianza qualitativa dai regolatori interni addetti al controllo del rischio della banca e del processo di adeguamento del capitale, assieme alla capacità di richiedere alle banche di detenere maggior capitale in riferimento a quanto previsto nel primo pilastro.

Il *terzo pilastro* si incentra sulla disciplina di mercato: gli obblighi di informativa pubblica fanno in modo che ci sia una miglioramento della gestione del rischio della banca.

Lo scopo principale dei tre pilastri evidenzia l'importanza dell'adeguamento patrimoniale e la necessita della differenziazione per poter mitigare il rischio. La percentuale dell'8% per il patrimonio di vigilanza rimane invariata.

A cambiare sono i coefficienti di ponderazione del rischio. Tali coefficienti vengono imposti in base all'effettiva rischiosità che porta con sé una controparte.

Nel primo pilastro, inoltre, viene introdotto anche il problema del rischio operativo. Con tale accezione si intende la possibilità di subire delle perdite in seguito a degli errori derivanti dall'operatività all'interno della banca, derivante quindi da errori commessi dal personale o dalla cattiva funzione di meccanismi e procedure sviluppate internamente.

2.4.1 Il rischio di tasso di interesse nel banking book

Sono attività appartenenti al *Banking Book* tutte quelle che non rientrano del *Trading Book*. All'interno del *Trading Book* compaiono tutte quelle attività che sono finalizzate al trading e che sono attivamente gestite per questo, ad esempio guadagnare attraverso il trading e attraverso operazioni di arbitraggio.

Tutte le esposizioni non presenti nel *Trading Book* fanno parte del *Banking Book*. L'esistenza del *Banking Book* è dovuta alla necessità di coprire le perdite di credito inattese che possono incorrere in un anno per avere detenuto una certa attività.

Per la gestione relativa al tasso di interesse nel *Banking Book*, la misurazione del rischio deve tener conto di tutte le esposizioni il cui valore dipende e può essere compromesso dall'andamento del tasso di interesse. Il Comitato di Basilea ritiene che il rischio di tasso di interesse sul *Banking Book* sia rilevante nella gestione del rischio e come tale dev'essere opportunamente considerato attraverso il corretto adeguamento del capitale.

Si ritiene che lo strumento maggiormente adatto alla misurazione del rischio di tasso di interesse nel Banking Book sia il sistema di controllo interno della banca e per poter rendicontare tale misurazione alle autorità di vigilanza.

Se l'autorità di vigilanza dovesse ritenere che le misure di copertura non sono adeguate all'entità del rischio assunta, allora la banca dovrà o diminuire il rischio in capo ad essa oppure aumentare il patrimonio destinato alla copertura.

Per poter meglio delineare e gestire il rischio di tasso di interesse nel Banking Book, il Comitato di Basilea ha stilato alcune linee guida per capire come si può procedere alla misurazione di questo rischio, per verificare la sua corretta gestione, nonchè fungere da supporto per il controllo dell'adeguatezza patrimoniale da parte dei supervisori. Nell'accordo di Basilea II non viene data particolare attenzione all'entità del patrimonio di vigilanza. I principi guida che vengono stipulati riguardano principalmente delle indicazioni che l'Autorità di vigilanza si riserva di dare non sono per un migliore controllo del rischio e stabilità ma anche a livello organizzativo. Quindi seppur non essendoci alcun riferimento al requisito patrimoniale, vengono messi in luce l'importanza della corretta gestione e della trasparenza con la possibilità di aumentare il patrimonio di vigilanza nel caso il quantitativo di rischio sostenuto fosse elevato. In questo caso saranno le Autorità di vigilanza dei singoli Paesi che intervengono per richiedere l'aumento del patrimonio.

Di seguito si riassumono i principi riguardanti la gestione del rischio di tasso di interesse. Tali principi si suddividono in questo modo: i primi tre sono riferiti al ruolo del consiglio di amministrazione e dell'alta direzione, il quarto e il quinto alle politiche e alle procedure, il sesto, settimo, ottavo e nono al sistema di controllo e monitoraggio del rischio, il decimo sui controlli interni, l'undicesimo sulle informazioni per l'attività di vigilanza, il dodicesimo

Tabella 1 - I principi fondamentali per la gestione del rischio di tasso di interesse

<p>Ruolo del consiglio di amministrazione e dell'alta direzione</p>	<p>Principio 1</p>	<p>Il consiglio di amministrazione della banca deve approvare le strategie e le politiche che riguardano il tasso di interesse e la sua gestione. Il consiglio deve assicurarsi che l'alta direzione compia i controlli previsti per il monitoraggio del rischio. Il consiglio di amministrazione <i>dovrebbe essere regolarmente informato sull'esposizione al rischio di tasso di interesse</i> per poterne valutare il monitoraggio e il controllo di tale rischio.</p>
--	--------------------	--

	Principio 2	L'alta direzione deve assicurare un'efficace gestione della struttura dell'operatività della banca e il livello di rischio del tasso di interesse assunto, l'attuazione di politiche e procedure adeguate per il controllo e la limitazione di tale rischio e la disponibilità di risorse per la valutazione e la sorveglianza dell'esposizione complessiva.
	Principio 3	Ogni banca dovrebbe definire i propri quadri e definire e/o i comitati responsabili della gestione del rischio del tasso di interesse[...]. Ogni banca deve poter disporre di strumenti per la misurazione, il monitoraggio ed il controllo del rischio con compiti chiaramente definiti. La banca deve poter segnalare in autonomia la propria esposizione al rischio direttamente all'alta direzione ed al consiglio di amministrazione.
Politiche e alle procedure	Principio 4	Le politiche e le procedure di gestione del rischio del tasso di interesse siano definite e risultino coerenti con la natura e la complessità dell'attività svolta e dovrebbero essere applicate su una base consolidata
	Principio 5	Ogni banca deve poter individuare i rischi di tasso insiti nei prodotti e nelle attività da essa detenute assicurando che tali attività siano assoggettate agli opportuni controlli. Le misure di controllo e di gestione del rischio di tasso che hanno maggiore rilevanza devono essere approvate preventivamente dal consiglio di amministrazione.
Sistema di controllo e monitoraggio del rischio	Principio 6	Ogni banca deve disporre di adeguati sistemi di misurazione del rischio di tasso di interesse in modo coerente col proprio profilo operativo. Il sistema di misurazione dev'essere comprensibile dai funzionari preposti alla gestione del rischio e dalla direzione della banca.
	Principio 7	La banca deve rendere noti ed applicare i limiti operativi che mirano al mantenimento dell'esposizione al rischio su livelli coerenti in base al proprio profilo e al tipo di gestione.
	Principio 8	Ogni banca deve misurare la sua esposizione

		al rischio di perdita in condizioni non ottimali di mercato tenendo conto degli esiti di tali misurazioni per stabilire e rivedere la politica di gestione e i limiti del rischio di tasso di interesse.
	Principio 9	Ogni banca deve poter avere i mezzi per poter misurare, monitorare e controllare le segnalazioni relative al rischio di tasso d interesse. Le segnalazioni devono giungere tempestivamente al consiglio di amministrazione, all'alta direzione e ai responsabili delle linee operative.
Controlli interni	Principio 10	Ogni banca deve poter disporre di un sistema di controlli interni per la gestione del rischio di tasso di interesse. I controlli interni si concretizzano in autonome verifiche e valutazioni sull'efficacia del sistema assicurando opportune revisioni e aggiornamenti. I risultati di queste verifiche devono essere trasmesse alle Autorità di vigilanza.
Informazioni per di l'attività di vigilanza	Principio 11	Le Autorità di vigilanza dovrebbero ottenere dalle banche informazioni tempestive ed esaurienti sulle quali valutare il livello di rischio di tasso di interesse. Tali informazioni trasmesse devono tener conto delle caratteristiche delle attività e delle esposizioni della banca comprese le voci non comprese nel bilancio e la distinzione delle attività in base alla loro natura.
Adeguatezza patrimoniale	Principio 12	Le banche devono detenere capitale in base al loro livello di rischio di tasso di interesse.
Comunicazione del rischio di tasso	Principio 13	Le banche devono rendere noto al pubblico il loro livello di rischio in base al rischio di tasso di interesse e le strategie utilizzate per gestire tale rischio.
Trattamento del rischio di tasso nel Banking Book	Principio 14	Le Autorità di vigilanza dovrebbero valutare l'adeguatezza dei sistemi di misurazione interni alle banche per cogliere in modo appropriato il rischio di tasso del loro Banking Book. Se il sistema non risulta adatto a questo scopo, allora la banca dovrà adattare i sistemi per raggiungere un livello standard. I risultati devono essere espressi come perdita potenziale derivante da una contrazione del tasso.

	Principio 15	Se le Autorità ritengono che non ci sia un'adeguata misura di capitale all'interno di una banca in base al suo capitale di rischio di tasso questa dovrà adeguare tale ammontare oppure effettuare una correzione riducendo l'esposizione al rischio di tasso.
--	--------------	--

2.5 Basilea II e il concetto di VaR

La crisi economica globale ha comportato la necessità di far fronte ai rischi e alle possibilità di perdita correlate.

Per poter far fronte a questa nuova esigenza nel 2009 il Comitato ha portato a termine delle riforme dei principi fondanti dell'accordo di Basilea II. Tali riforme prevedono l'aumento del patrimonio richiesto a copertura dei rischi in particolare delle cartolarizzazioni più complesse che hanno comportato gravi perdite per un gran numero di banche. Una soluzione a questo problema nasce dall'idea di adottare un livello di capitalizzazione calcolato sul concetto di Value at Risk (VaR). Queste modifiche sono state introdotte sia per migliorare la copertura delle esposizioni che caratterizzano il bilancio della banca sia *per migliorare gli standard del processo di controllo prudenziale*, appartenente al secondo pilastro, e *per aumentare l'informativa al pubblico*, in accordo col principio del terzo pilastro.

Il VaR quindi viene utilizzato come un modello interno per la stima delle potenziali perdite che la banca può subire secondo il livello di rischio che decide di assumere.

Il concetto di VaR si definisce come la massima perdita che si può verificare con riguardo ad un'esposizione, verificata per un dato periodo e secondo un certo livello di confidenza. Quindi il VaR misura il grado di perdita massima assumibile per una certa esposizione.

L'accordo di Basilea del 1996 fa in modo che le banche ponderino i requisiti patrimoniali in base ai rischi di mercato assunti. Pertanto il VaR è uno strumento di calcolo per determinare la quantità di capitale che una banca deve allocare in un determinato intervallo temporale.

Il VaR, come tutti i modelli interni per la misurazione del rischio, è soggetto a verifica da parte delle Autorità di vigilanza, le quali controllano che i modelli utilizzati siano in grado di prevedere e misurare effettivamente il rischio assunto dalla banca.

2.5.1 Il test retrospettivo

L'allegato 10a del testo tecnico redatto dal Comitato di Basilea per la vigilanza bancaria ² introduce la necessità di sottoporre i modelli di valutazione e di misurazione del rischio a dei processi di *back testing*, cioè dei test detti *retrospettivi*. Questo allegato spiega che le banche che hanno deciso di servirsi di modelli interni per la misurazione del rischio debbano confrontare periodicamente le perdite e i guadagni ottenuti, con la stima del rischio prodotta dai modelli interni utilizzati; tale confronto è necessario per poter verificare l'effettiva correttezza delle stime prodotte.

Per i modelli interni che prevedono l'utilizzo del VaR, la misurazione del rischio avviene in termini di perdita massima determinata dagli scostamenti del mercato in un certo intervallo temporale predefinito secondo un certo livello di confidenza. I back testing accertano che tale livello di confidenza sia sufficiente a garantire copertura al livello di rischio assunto. La percentuale del livello di confidenza deve ricoprire la percentuale del valore di rischio assunto. Il livello di confidenza che l'Emendamento dell'Accordo di Basilea prende a riferimento è il 99%.

Al punto 15, l'allegato prende in considerazione anche la possibilità del verificarsi di variazioni sensibili della volatilità dei risultati e tale variazione può comportare casi in cui la misurazione del rischio risulti inferiore ai risultati ottenuti. In questo caso l'Allegato specifica che *“il fatto non implica ovviamente la presenza di un problema nei metodi impiegati per il calcolo del valore a rischio; semplicemente esso non rientra fra gli eventi che il metodo basato sul valore a rischio intende cogliere”*. La condizione ottimale, sempre secondo l'Allegato, sarebbe poter effettuare un test incontaminato basato sull'ipotesi che le posizioni di fine giornata non subissero mutamenti.

Nel punto 21, è previsto che venga calcolato il numero di volte in cui la misura di rischio non riesce a coprire i risultati (*c.d. eccezioni o violazioni*). Questo metodo di calcolo e di valutazione dei modelli utilizzati viene adottato per la sua immediatezza di valutazione.

2.5.2 Interpretazione del test retrospettivo

Il Comitato di Basilea ha introdotto un metodo per poter interpretare la valutazione dei modelli secondo le eccezioni. Questo metodo prevede il collocamento dei risultati in tre zone che indicano la gravità delle eccezioni registrate. Lo scopo di tale suddivisione è

² “Schema prudenziale per l'uso dei test retrospettivi nel quadro dell'approccio basato sui modelli interni per determinare i requisiti patrimoniali a fronte del rischio di mercato”.

quella di non incorrere nell'errore di classificare un modello inaccurato quando non è tale o di sottovalutare un modello effettivamente inaccurato.

Green zone

La zona verde prevede che ne rientrino i modelli definiti accurati o che registrino un livello di eccezioni molto basso. Tali modelli hanno la capacità di coprire il 99% della quantità di rischio assunta e pertanto vengono ritenuti accurati.

Yellow zone

La zona gialla prevede che ne rientrino tutti quei modelli che presentano delle violazioni in un numero compreso tra cinque e nove. I modelli che ne fanno parte sono ritenuti in parte accurati e in parte non. La possibilità che siano tali dipende ed aumenta col numero di eccezioni. Per i modelli appartenenti a questa zona è previsto un adeguamento del capitale in base al numero effettivo di eccezioni registrate. L'adeguamento avviene per mezzo di una *penalizzazione* che comporta un aumento del capitale da allocare. La Tabella riporta i valori di tali penalizzazioni. L'utilità delle penalizzazioni si concretizza nella possibilità di riallineare il modello in questione col 99° percentile, cioè la copertura del rischio deve essere totale. Le penalizzazioni sono stata calcolate ipotizzando una distribuzione normale dei risultati di negoziazione.

Tabella 2 - Penalizzazioni da applicare al requisito patrimoniale³

zone	# of violation	k⁴
green	0 to 4	0.00
yellow	5	0.40
	6	0.50
	7	0.65
	8	0.75
	9	0.85
red	10+	1.00

³ Nella tabella sono definite le zone attraverso le quali le Autorità di vigilanza giudicano l'attendibilità dei modelli. Il numero di eccezioni è calcolato sulla base di 250 giorni.

⁴ Il coefficiente k dev'essere sommato ad un valore convenzionale di tre per creare il coefficiente di penalizzazione.

Red zone

A differenza che per la precedente zona gialla, nella zona rossa non è accettata alcuna discrezione da parte dell'Autorità di vigilanza. Tutti i modelli che rientrano in tale zona fanno ritenere per certo che il modello in questione non sia accurato. Se un qualsiasi modello dovesse rientrare in questa zona, la penalizzazione diventa pari a uno. Inoltre la banca deve approfondire la motivazione per cui tale modello risulta così inaccurato.

Bisogna comunque considerare che, in alcune particolari situazioni, questo fenomeno si può verificare per più giorni consecutivamente; si pensi a particolari situazioni di turbolenza nei mercati finanziari in quanto si registra un forte aumento della volatilità e delle correlazioni. Se una banca non è in grado di cogliere immediatamente una situazione di turbolenza dei mercati sicuramente si ritroverà con un modello inadeguato a cogliere tali cambiamenti. È quindi ragionevole ritenere fondamentale l'immediata applicazione della penalizzazione massima per il requisito patrimoniale senza alcun carattere di discrezionalità.

2.5.3 Il requisito patrimoniale

A questo punto è necessario introdurre il concetto di Daily Capital Charge (DCC).

La stima dell'entità di capitale che dev'essere allocata si basa strettamente sul valore del VaR e dev'essere calcolata giornalmente. Questa entità è definita DCC (Daily Capital Charge). L'Accordo stima che il DCC dev'essere calcolato secondo il valore più elevato tra il valore del VaR stimato o la media dei VaR degli ultimi sessanta giorni lavorativi moltiplicata per un fattore $(3+k)$. Tale quantità è detta fattore di penalizzazione, la quale viene applicata al capitale da allocare secondo la formula [24]:

$$DCC_t = \sup\{-(3+k)\overline{VaR}_{60}, -VaR_{t-1}\}.^5 \quad [24]$$

dove

DCC_t = allocazione giornaliera di capitale (Daily Capital Charges), che sarà il maggiore tra $-(3+k)\overline{VaR}_{60}$ e $-VaR_{t-1}$;

VaR_t = Value at Risk per il giorno t;

⁵ Questa formula è apparsa nell'Emendamento dell'Accordo di Basilea I nel 1995.

$$VaR_t = Y_t - z_t * \sigma_t;$$

\overline{VaR}_{60} = media dei VaR dei 60 giorni lavorativi precedenti;

Y_t = tasso stimato nel periodo t;

z_t = valore critico dell'1% secondo la normativa di Basilea II;

σ_t = radice del valore del rischio stimato.

Il fattore di penalizzazione k è determinato in base al numero di eccezioni che si sono verificate in un periodo di 250 giorni. Il fattore 3 indica una quantità puramente convenzionale.

2.6 Classificazione secondo indicatori statistici

Il test retrospettivo formulato secondo le indicazioni della normativa di Basilea II è stato affiancato, in questo elaborato, da una classificazione dei modelli mediante l'osservazione di indicatori statistici.

Gli indicatori utilizzati sono stati calcolati con il software EViews.

La classificazione ha lo stesso obiettivo del test retrospettivo: valutare l'accuratezza dei modelli utilizzati per stimare la volatilità dei tassi.

Gli indicatori presi a riferimento sono *Standard Error of Regression*, *LogLikelihood*, *Akaike Information Criterion* e lo *Schwartz Information Criterion*.

Standard Error of Regression

L'errore standard della regressione consiste nello scarto di informazioni che il modello stimato non riesce a spiegare rispetto al modello vero. Il modello ottimale è quello che minimizza tale quantità e quindi si avvicina di più al modello reale con la minore quantità di errore.

LogLikelihood

Questo indicatore è basato sul concetto di verosimiglianza. Allo stesso modo dell'indicatore dell'errore standard la verosimiglianza, indica la vicinanza del modello stimato con quello reale. Il modello ottimale è caratterizzato da un valore della verosimiglianza molto alto.

Akaike Information Criterion

Il criterio di informazione di Akaike è un metodo di selezione di modelli. Il modello migliore è quello che è caratterizzato dal minor valore in quanto minimizza la distanza di Kullback-Leibler tra il modello stimato e quello reale; esso si basa sulla teoria dell'informazione. Questo criterio è stato proposto nel 1973 e si presenta come:

$$AIC = \log \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N e_i^2 + \frac{2K}{N} \quad [25]$$

Schwartz Information Criterion

Questo indicatore, come l'AIC, è un indicatore di informazione pertanto sarà migliore quel modello caratterizzato da un indicatore SIC più basso.

$$SIC = \log \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N e_i^2 + \frac{K}{N} \log N \quad [26]$$

2.6.1 Classificazione dei modelli

Raccolte tutte le stime degli indicatori, si procede alla creazione di un ranking in base ai risultati ottenuti dagli indicatori: in particolare il modello migliore e più accurato sarà quello con *SER* minore, *LogLikelihood* maggiore nonché *SIC* e *AIC* minori.

CAPITOLO 3:

GLI STRUMENTI DI POLITICA MONETARIA UTILIZZATI DALLA BCE

3.1 Premessa

Le banche centrali sono in contatto quotidiano con le banche commerciali e con le altre istituzioni finanziarie e con loro effettuano numerose operazioni. Ogni istituto di credito dispone di un conto presso la banca centrale. Tutte le operazioni tra banche centrali e banche commerciali vengono effettuate per mezzo di questi conti che consentono operazioni anche sul mercato monetario.

Attraverso il mercato monetario le banche si prestano ingenti somme di denaro per brevi periodi. La BCE, come le altre banche centrali, può influenzare i livelli di tasso di interesse sul mercato interbancario. Le politiche di tasso adottate su questo tasso esercitano un'influenza su tutti gli altri tipi di tassi di interesse.

La BCE dispone di una serie di strumenti di politica monetaria. Tra questi hanno la massima importanza le operazioni di rifinanziamento principali. Con tali operazioni, eseguite dalle Banche Centrali Nazionali (NCBs), la BCE presta denaro con scadenza ad una settimana alle banche commerciali che partecipano ad una procedura d'asta settimanale. Questo significa immettere liquidità sul mercato. I prestiti prevedono il pagamento di un tasso di interesse e delle garanzie da parte delle banche tramite dei titoli i quali verranno restituiti una volta rimborsato il prestito.

3.2 Gli interventi della BCE: le operazioni di mercato aperto

All'interno dell'Eurosistema esistono quattro tipi di strumenti di operazioni di mercato aperto disponibili. Lo strumento più importante è caratterizzata dalle operazioni temporanee che sono applicabili sulla base di pronti contro termine o su prestiti garantiti.

L'Eurosistema può anche utilizzare a titolo definitivo l'emissione di certificati di debito, gli swap in valuta e la raccolta di depositi a tempo determinato.

Le operazioni di mercato aperto sono avviate dalla Banca Centrale Europea la quale decide gli strumenti, i termini e le condizioni per queste operazioni. Le operazioni di mercato aperto vengono eseguite sulla base di aste standard o procedure bilaterali.

Le operazioni normali di mercato aperto dell'Eurosistema consistono in operazioni di iniezione di liquidità con scadenza ad una settimana: tali operazioni prendono il nome di MROs (Main Refinancing Operations). Esistono inoltre le operazioni di iniezione di liquidità con scadenza a più lungo termine, precisamente a tre mesi, che vengono appunto definite operazioni di rifinanziamento a lungo termine ovvero LTROs (Long Term Refinancing Operations). Le operazioni di rifinanziamento principale sono lo strumento che consente di determinare i tassi di interesse a breve termine, per gestire la situazione della liquidità e per segnalare l'orientamento della politica monetaria nell'area dell'euro. Le operazioni a lungo termine, invece, mirano a fornire un rifinanziamento aggiuntivo e a più lungo termine per il settore finanziario.

Attualmente le operazioni regolari della BCE sono accompagnate da operazioni di iniezione di liquidità con scadenza di circa uno, sei, dodici o trentasei mesi come per le operazioni di rifinanziamento in dollari.

3.2.1 I diversi tipi di operazioni di mercato aperto

Le operazioni di mercato aperto si differenziano in base allo scopo, alla regolarità con cui vengono messe in atto e alla procedura adottata.

- Le principali operazioni di rifinanziamento (Main Refinancing Operations - MROs) prevedono la regolare fornitura di liquidità attraverso operazioni temporanee con una frequenza ed una scadenza di una settimana. Queste operazioni vengono messe in atto sulla base di aste standard precedentemente stabilite. Le operazioni di rifinanziamento principale svolgono un ruolo cruciale nel raggiungimento degli obiettivi delle operazioni di mercato aperto dell'Eurosistema e generalmente forniscono la maggior parte dei rifinanziamenti nel settore finanziario.
- Le operazioni di rifinanziamento a lungo termine sono operazioni temporanee di iniezione di liquidità che sono condotte regolarmente con frequenza mensile e una scadenza di tre mesi. Sono anche possibili operazioni di rifinanziamento che vengono condotte a intervalli irregolari o con scadenze diverse (per esempio se la scadenza è di sei, dodici o trentasei mesi). Queste operazioni sono eseguite dalle Banche Centrali Nazionali sulla base di aste standard accordate precedentemente. Queste operazioni hanno lo scopo di fornire alle controparti finanziamenti a più lungo termine. Di regola, l'Eurosistema non intende lanciare segnali al mercato attraverso queste operazioni e di conseguenza agisce nelle veste di *rate taker*. In alcune occasioni e al verificarsi di eccezionali circostanze di mercato, però, la BCE

ha condotto operazioni di rifinanziamento a più lungo termine a tasso fisso e quindi non ha agito come un *rate taker*.

- Le operazioni di *fine tuning* possono essere eseguite per gestire la liquidità di mercato e a controllare l'evoluzione dei tassi di interesse. In particolare attenuano gli effetti sui tassi di interesse causati da un flusso inatteso di liquidità. Queste operazioni vengono eseguite in primis come operazioni temporanee ma possono anche trasformarsi in operazioni definitive, swap su tassi e raccolta di depositi a tempo determinato. Gli strumenti e le procedure applicate per condurre queste operazioni vengono adattate al tipo di operazioni e agli obiettivi specifici perseguiti nello svolgimento delle operazioni. Le operazioni di fine tuning sono generalmente eseguite dalle banche centrali nazionali attraverso aste standard. L'eurosistema può selezionare e limitare il numero delle controparti che partecipano alle operazioni di fine tuning.
- Operazioni strutturali: queste operazioni possono essere effettuate dall'Eurosistema attraverso operazioni temporanee, operazioni definitive ed emissione di certificati di debito. Queste operazioni vengono eseguite ogni volta che la BCE desidera regolare la posizione strutturale dell'Eurosistema con settore finanziario. Le operazioni strutturali nella forma di operazioni temporanee e di rilascio di strumenti di debito possono essere effettuate dalle Banche Centrali Nazionali attraverso aste standard. Le operazioni strutturali nella forma delle operazioni a carattere definitivo vengono eseguite attraverso accordi bilaterali.

3.3 Gli interventi di politica monetaria nel periodo della crisi

Durante il periodo della crisi, le strategie di politica monetaria adottate dalla BCE sono state eccezionali sia per la loro grandezza che per la loro natura. Gli interventi delle banche centrali si sono resi fondamentali nel momento in cui il sistema finanziario era sull'orlo del collasso. Gli interventi di politica monetaria non convenzionali sono stati messi in atto per evitare il rischio contagio che si stava velocemente prospettando sia nell'Eurozona e non solo. La mossa principale messa in atto è stata quella di ridurre i tassi di interesse ai minimi storici.

Le misure adottate riguardano sia i cambiamenti dei tassi di interesse, ma anche le forme di intervento della BCE definite "non-standard". Queste misure sono state fondamentali per definire il supporto al credito durante il periodo di crisi.

Nella Figura 1 vengono rappresentati gli interventi della BCE a sostegno delle banche in difficoltà. È possibile notare un come tali interventi abbiano avuto maggiore frequenza nel

2008 e successivamente nel periodo 2011/2013 con dei picchi rilevanti nei periodi in cui sono state messe in atto le operazioni LTRO1 e LTRO2.

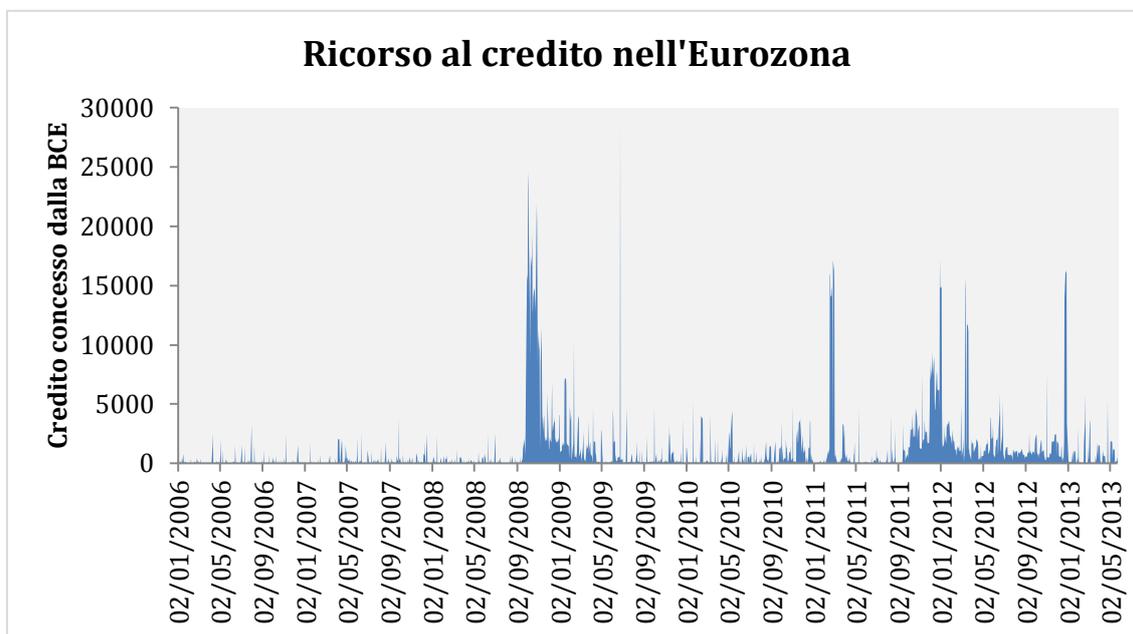


Figura 1 – Rappresentazione degli interventi compiuti dalla BCE

Le misure intraprese dalla BCE vengono definite *di supporto al credito* e sono state messe in atto per dare una soluzione migliore seguendo misure specifiche senza utilizzare unicamente le politiche sui tassi di interesse.

Affianco a queste politiche monetarie, si è provveduto, per quanto fosse consentito, a ricapitalizzare per quegli istituti di credito che presentavano una reale possibilità di default.

Le tensioni verificatesi nell'estate del 2007, quando la crisi globale ha avuto inizio, hanno portato inizialmente a delle tensioni all'interno del mercato monetario tanto da bloccare il sistema dei pagamenti. La prima reazione della BCE è stata quella di garantire su base *overnight*, l'ammontare necessario a tutte quelle banche che avessero presentato le idonee garanzie. Successivamente la BCE ha continuato a prestare denaro alle banche in modo che queste non negassero il credito a loro volta, dando quindi continuità all'economia.

Sono inoltre state attuate operazioni di fine tuning per fare in modo che i tassi del mercato monetario con più breve scadenza non si discostassero di molto dal tasso offerto dalla BCE per i rifinanziamenti.

Dato il peggioramento della situazione economica globale e la crescente mancanza di fiducia nei mercati, la BCE nel 2008 ha intrapreso nuove misure di politica monetaria introducendo alcune modifiche. Tali modifiche si possono raggruppare in tre punti:

- Il primo prevede che la BCE assicuri un'offerta illimitata di liquidità alle istituzioni finanziarie dell'area dell'euro che potessero dare le garanzie adeguate al tasso applicato;
- Il secondo prevede che le attività presentabili a garanzia dei prestiti fossero estese a più strumenti per poter agevolare le operazioni di rifinanziamento;
- Il terzo punto prevede che il rifinanziamento venga garantito a più lungo termine in modo da ridurre lo sfasamento presente in bilancio tra impieghi e fonti.

Nel grafico seguente, è possibile notare l'andamento dei tassi sulle operazioni di rifinanziamento principale, di deposito presso la banca centrale e di rifinanziamento marginale confrontati con il tasso EONIA.

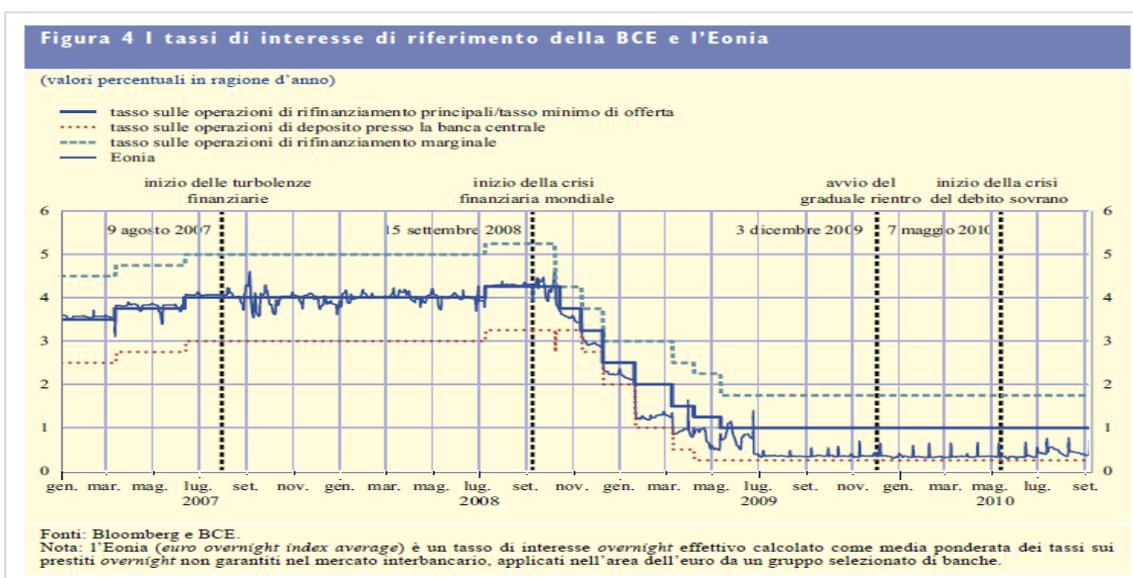


Figura 2 - Andamento dei tassi interbancari dal 2007 al 2010

Il presente grafico è stato estrapolato dal bollettino mensile della BCE dell'ottobre 2010 riguardante le reazioni della BCE alla crisi e gli interventi relativi.

Dal grafico si nota come l'andamento dei tassi presenti un sensibile calo nella fase immediatamente successiva all'inizio della crisi finanziaria mondiale caratterizzato da un

costante andamento decrescente fino a luglio del 2009 per poi stabilizzarsi negli anni fino all'estate del 2010.

La fase successiva porterà invece ad un aumento dei tassi in corrispondenza dell'inizio della crisi del debito sovrano.

L'analisi condotta ed esposta da questo elaborato prevede lo studio della volatilità dei tassi di interesse interbancari quali l'EONIA e il tasso EURIBOR con le scadenze più prossime regredite sulle variabili di intervento di politica monetaria.

Per dare evidenza che la crisi del debito sovrano ha portato ad un innalzamento dei tassi di interesse, si riportano di seguito i grafici degli andamenti delle serie storiche prese a riferimento.

Si può notare che l'andamento segue quello del grafico precedente fino al 2010. Per quanto riguarda il 2011, si può appunto notare un andamento crescente dei tassi, in corrispondenza dell'inizio della crisi del debito sovrano.

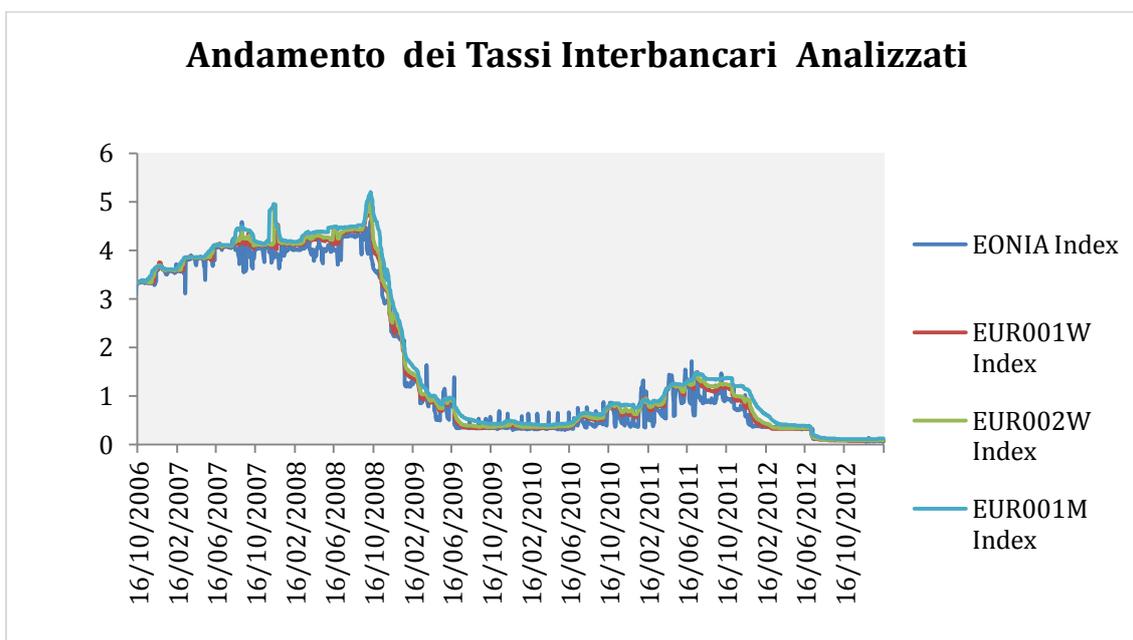


Figura 3 - Andamento dei tassi utilizzati per la stima dei modelli

Analizzando l'andamento dell'EURIBOR anche con scadenze meno prossime, è possibile notare lo stesso trend che caratterizza il grafico sopra riportato.

Durante il periodo di crisi la BCE ha dovuto mettere in atto delle operazioni di iniezione di liquidità non convenzionali; ciò significa che ha provveduto a mettere in atto iniezioni di liquidità con tempistiche più ravvicinate di quelle previste di regola. Tali operazioni sono classificate secondo la tassonomia vista in precedenza: sono operazioni di mercato aperto (OMOs) di tipo LTRO o MRO quindi a lungo e breve termine. Prima della crisi, la scadenza prevista per queste operazioni era di tre mesi mentre durante la crisi le scadenze previste sono diventate di un mese, sei, dodici e ventiquattro mesi.

Il tasso di interesse al quale viene prestato denaro dalla BCE, è detto tasso di rifinanziamento (o tasso Refi). Esso rappresenta la remunerazione della BCE per aver prestato denaro alle banche in crisi di liquidità. Questo tasso influenza sensibilmente l'andamento e il valore dei tassi di interesse interbancari come l'Euribor o l'EONIA. Di seguito di riporta il grafico dell'andamento del tasso refi nel periodo tra il 2006 e il 2012:



Figura 4 - Andamento del tasso di rifinanziamento della BCE

A scopo riassuntivo si riporta nella Figura 5 una tabella che illustra e confronta l'ammontare delle aste effettuate dal 2009, il numero di banche che hanno partecipato e le scadenze dei prestiti. Sia l'ammontare dei prestiti che il numero dei partecipanti alle aste risulta crescente nel tempo.

Il tasso di interesse è fisso all'1%. La scadenza è prevista di 3 anni.

LE OPERAZIONI DELLA BCE			
	24 Giugno 200	21 Dicembre 2011	28 Febbraio 2012
AMMONTARE (in miliardi di euro)	442	489	530
NUMERO DI BANCHE	1100	523	800
TASSO DI INTERESSE	1%	1%	1%
SCADENZA	1 anno	3 anni	3 anni

Figura 5 - Le caratteristiche delle principali operazioni attuate dalla BCE

Recentemente le banche hanno accordato un rientro anticipato del loro debito nei confronti della BCE : infatti hanno restituito un ammontare pari a circa 63 miliardi di euro ricevuti attraverso le operazioni di rifinanziamento a tre anni. La restituzione di parte dei prestiti da parte delle banche ha portato a conseguenze decisive sui mercati finanziari in quanto i tassi di interessi sono aumentati sia quelli a breve che sui tassi interbancari. La Figura 6 si riferisce alla quantità di istituti che hanno deciso di ridurre la propria esposizione nei confronti della BCE. In particolare la Figura 6 rappresenta i rimborsi riferiti alla LTRO1 e la Figura 7 quelli riferiti alla LTRO 2.

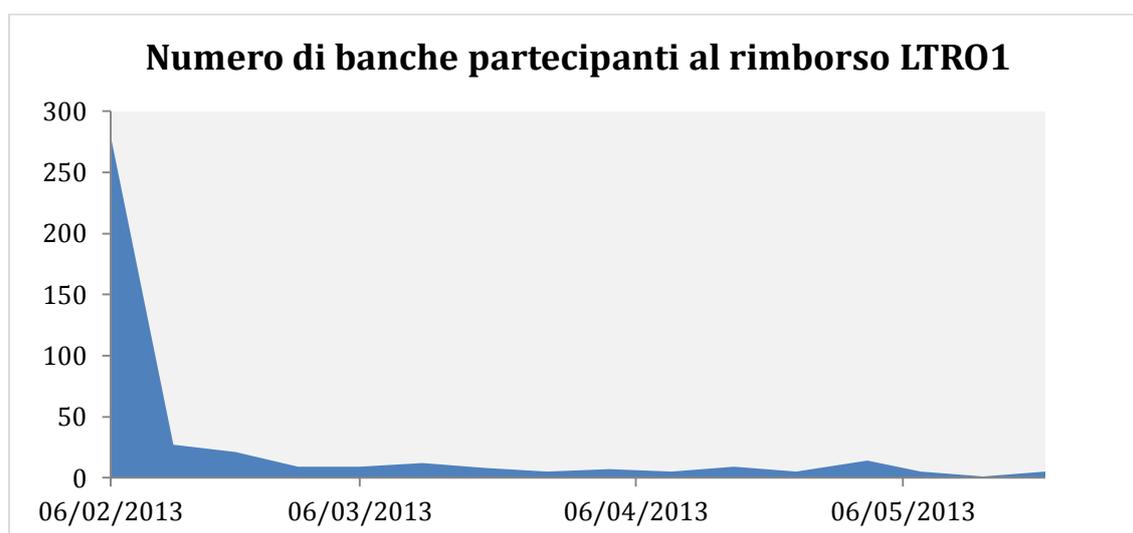


Figura 6 - Numero di banche partecipanti al rimborso del prestito (LTRO1).

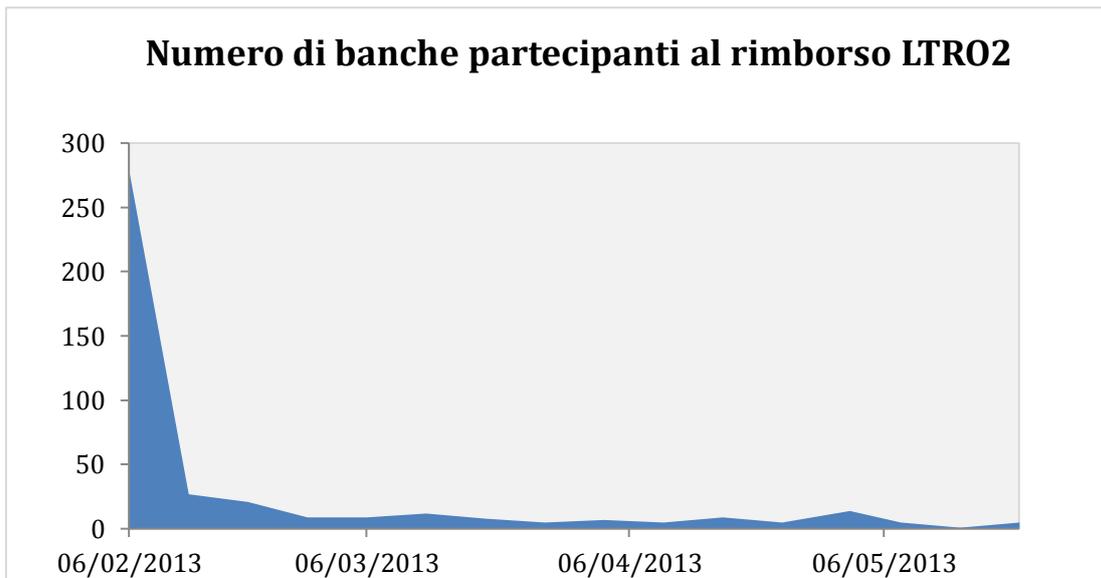


Figura 7 – Numero di banche partecipanti al rimborso del prestito (LTRO2).

Nel mese di maggio 2013 è stato annunciato il quarto intervento della BCE che si è concretizzato in un ulteriore taglio dei tassi allo 0,50%. Il passo ulteriore annunciato dal governatore della banca centrale sarebbe quello di stabilire i tassi di interesse negativi e ciò comporterebbe la necessità, per le banche di corrispondere una percentuale alla BCE per i loro depositi, in modo da incentivarle all'investimento piuttosto che al deposito presso la BCE. Questo comporterebbe però la decisione da parte delle banche di trattenere la liquidità a loro disposizione nelle proprie casse senza depositarla presso la BCE oppure mantenere i depositi ma alzando i tassi nei confronti della clientela. Fatto più promettente riguarda l'immissione di un nuovo strumento per rilanciare il credito attraverso la riattivazione del mercato delle cartolarizzazioni (ABS) caratterizzate da prestiti alle imprese. Questi strumenti potrebbero essere in grado di diminuire, le esposizioni all'interno dei bilanci delle banche in modo da renderle più disponibili a nuovi impieghi.

3.4 Le politiche di intervento della Federal Reserve

Anche la Federal Reserve, la banca centrale americana, ha dovuto ricorrere a misure straordinarie e all'abbassamento dei tassi per cercare di arginare i danni della crisi. Anche la FED ha agito, in primis, abbassando e riducendo di molto i tassi di interesse. Appena iniziata la crisi economica, il primo obiettivo della FED è stato quello di adottare delle politiche in grado di stabilizzare il sistema finanziario attraverso misure non convenzionali. Nella prima fase della crisi la FED ha agito esclusivamente sul proprio

bilancio cercando di stabilizzare e di rendere sicure le proprie esposizioni cambiandone la struttura attraverso la vendita delle attività garantite e acquisendo attività di qualità inferiore. Questo per poter trasferire le attività di alta qualità alle banche in difficoltà; tale trasferimento può essere considerato un piano di salvataggio per il sistema bancario. Inoltre la Fed ha cominciato a prestare asset di qualità attraverso dei programmi di supporto detti TSLF che verranno spiegati in seguito. Questo tipo di strategia ha funzionato nella prima fase della crisi. La seconda fase è stata determinata dal bancarotta della Lehman Brothers. Nel giro di poco tempo la Fed non ebbe più a disposizione titoli da poter vendere e si vide costretta ad aumentare il valore del suo bilancio. Per questo sono state introdotte nuove misure e nuovi programmi per far fronte a questo nuovo periodo di crisi. Una delle misure adottate fu quella di consentire ai dealers primari di accedere direttamente ai prestiti della FED attraverso degli strumenti detti PDCF. A seguire vennero messi in atto i piani AMLF, CPFF e MMIFF.

Le misure di intervento e di politica monetaria messe in atto dalla FED sono più note come QE ovvero *quantitative easing*. Queste misure sono assimilabili agli interventi che ha effettuato la BCE per le banche europee. Gli interventi di *quantitative easing* ad oggi sono 3 ovvero QE1, QE2, QE3.

La *time line* rappresentata dalla Figura 8 illustra la tempistica degli interventi effettuati:

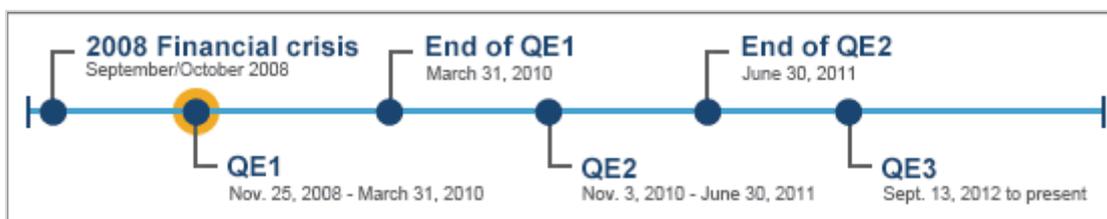


Figura 8 - Time line delle misure di QE effettuate dalla FED

Come si può notare dalla Figura 8, il primo intervento ha interessato i primi anni della crisi ed è stato introdotto nel novembre del 2008 e si è concluso nel marzo del 2010. Il secondo intervento, invece, ha avuto corso dal novembre del 2010 per concludersi nel giugno del 2011. L'ultima tranche ha avuto inizio nel settembre del 2012 ed è tutt'ora in corso.

Come succede per la BCE, anche la FED funge da supporto in caso di crisi di liquidità attraverso l'iniezione di denaro alle banche che necessitano di fondi aggiuntivi. Per questo motivo anche la FED stabilisce un tasso di interesse al quale questo denaro viene prestato. Questo tasso prende il nome di Federal Fund Target rate.

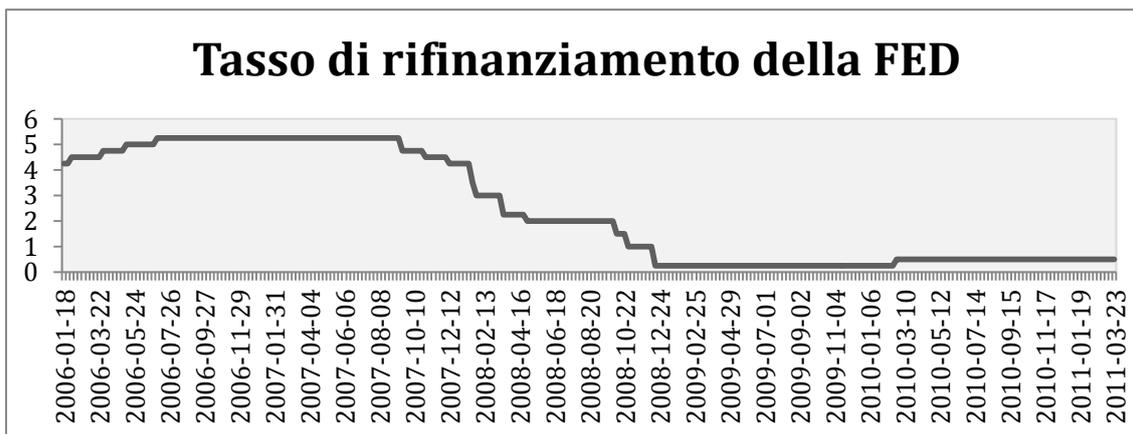


Figura 9 - Andamento del tasso di rifinanziamento della FED

Il grafico sopra riportato rappresenta l'andamento del tasso di interesse applicato dalla FED per i prestiti effettuati alle banche. È possibile notare una decrescita del tasso rilevante a partire dalla fine dall'estate del 2007, in corrispondenza dell'inizio della crisi economica globale. Questa decrescita è continuata fino a raggiungere livelli molto bassi e rimanendo su tali livelli fino ai tempi più recenti. I valori minimi sono oscillati tra lo 0.25% e lo 0.5% dalla fine del 2008 fino all'inizio del 2012.

Anche se all'interno dell'analisi empirica non sono state utilizzate variabili relative agli interventi della FED, si ritiene opportuno completare l'argomento relativo agli interventi delle banche centrali tramite decisioni di politica monetaria, dando una breve spiegazione delle politiche adottate dalla banca centrale americana. Il motivo sottostante a questa spiegazione sta nel fatto che l'economia americana è stata la prima ad essersi affacciata alla crisi economica.

Le misure adottate dalla Federal Reserve non si sono solamente basate sul taglio del tasso di interesse, ma anche su misure alternative come il supporto a breve termine della carenza di liquidità delle banche, le misure di iniezione di liquidità per gli investitori nel mercato del credito e la vendita di strumenti a lungo termine per il supporto al mercato del credito.

Gli interventi della FED possono essere raggruppati in base al tipo di intervento che garantiscono. Il primo gruppo comprende i seguenti strumenti: TAF, PDCF e TSLF.

TAF è l'acronimo di Term Auction Facility. È una forma di prestito per le banche attraverso linee di credito. Per poterne avere accesso le banche devono partecipare ad un'asta e devono poter dare delle garanzie. Il prestito in genere dura intorno ai 30 giorni. Questo tipo di agevolazioni consentono un'ammissione all'asta di un maggior numero di banche e le garanzie che devono essere offerte sono minori. Per poter essere più convenienti, il

tasso a cui vengono offerte è minore del tasso di sconto. Inoltre questo tipo di strumenti consente di soddisfare la domanda di liquidità in modo più diretto ed efficiente. Il programma TAF è iniziato nell'agosto del 2008. L'utilizzo di queste agevolazioni ha portato ad una distribuzione della liquidità per soddisfare le esigenze delle banche in situazione di difficoltà.

PDCF è l'acronimo di Primary Dealer Credit Facility. L'emissione è iniziata nel marzo del 2008. Questo tipo di servizio funziona come un prestito *overnight* per i dealer principali. Consente il reperimento di fondi di liquidità per i dealers primari quando non fosse possibile trovare altri fondi all'interno del mercato. I PDCF rappresentano i primi interventi della FED a supporto delle banche di investimento e questo riflette la gravità della crisi finanziaria. Gli istituti non bancari, come la banche di investimento, non rientrano nella competenza della FED. Tutte le istituzioni finanziarie possono parteciparvi, il prestito si basa su un accordo di riacquisto "pronti contro termine" attraverso il quale l'intermediario vende un titolo in cambio di fondi di liquidità attraverso la finestra di scambio FED. Il titolo in questione funge da garanzia sul quale viene applicato il tasso di interesse. Questo servizio è stato creato per migliorare l'accesso alla liquidità del mercato dei prestiti *overnight* che le banche utilizzano per soddisfare le esigenze di liquidità quali mantenimento della riserva obbligatoria. La FED ha fornito liquidità e supporto per i fondi di Goldman Sachs, Morgan Stanley e Merrill Lynch il 21 settembre del 2008 e a Citigroup il 23 novembre 2008. Durante i primi tre giorni di apertura sono stati presi in prestito in media 13,3 miliardi di dollari al giorno. Secondo la FED tutti questi prestiti sono stati restituiti interamente al tasso fissato.

TSLF è l'acronimo di Term Securities Lending Facility. Questo servizio ha avuto inizio nel marzo del 2008 attraverso l'emissione di aste settimanali nelle quali i dealers presentano delle offerte competitive per prendere il prestito denaro. La FED ha depositato 200 miliardi di dollari per questa *facility* per poter alleviare la pressione di liquidità nel mercato del credito, in particolare quello dei mutui. Anche in questo caso sono previste delle garanzie per l'accesso al credito che consiste nel diritto, e non nell'obbligo, di poter accedere ad un prestito TSLF. I TSLF hanno colmato le richieste di liquidità tra gli operatori primari e hanno quindi favorito il miglioramento delle condizioni dei mercati finanziari.

Come anticipato, il secondo gruppo di aiuti derivati dalla Federal Reserve è caratterizzato dall'aver supportato la necessità di liquidità per i prestatori di denaro e per gli investitori all'interno del mercato del credito. All'interno di questo gruppo troviamo i CPFF, gli AMLF, gli MMIFF e i TALF.

CPFF è l'acronimo di Commercial Paper Funding Facility. Anche questo è un sistema di aiuto creato dalla FED nel periodo della crisi finanziaria globale. È stato creato nell'ottobre del 2008. Anche i commercial paper (che consistono in pagherò cambiari non garantiti) si sono trovati sotto pressione durante il periodo della crisi (come i fondi comuni del mercato monetario) e gli investitori sono diventati sempre più diffidenti nel comprare questi strumenti. Di conseguenza il numero dei commercial paper in circolazione è crollato, i tassi di interesse sui commercial paper a lungo termine hanno avuto una crescita esponenziale e di conseguenza la crescente percentuale di commercial paper in circolazione doveva essere rifinanziata ogni giorno. Le restrizioni riguardanti la possibilità di ottenere credito ha comportato difficoltà per le imprese ad ottenere finanziamenti durante il periodo della crisi. Attraverso questa serie di aiuti la FED ha messo a disposizione fonti di liquidità per i possessori di commercial papers nel caso in cui non fosse disponibile ottenere credito dal mercato. In questo modo sarebbe stato possibile ripristinare il sistema di prestiti nel mercato per gli investitori. Per fare ciò la FED ha messo a disposizione dei prestiti con scadenza a tre mesi alla CPFF LLC, una società a responsabilità limitata creata appositamente che ha utilizzato i suoi fondi per comprare i commercial paper direttamente dai possessori. I *commercial paper* con scadenza a tre mesi, idonei ad essere acquisiti, sono stati classificati come rischiosi essendo non garantiti. Per riuscire a gestire il rischio la FED ha richiesto il pagamento di una quota per ciascun aiuto. Tutte le attività della società richiedente il prestito costituiscono garanzia per la società che presta il denaro.

AMLF è l'acronimo di Asset-Backed Commercial Paper Money Market Mutual Fund Liquidity Facility. I fondi di mercato monetario (MMMFs) sono degli strumenti di investimento che detengono migliaia di miliardi di dollari per conto di privati, fondi pensione, i fondi comuni, imprese e altri investitori. Durante la crisi finanziaria questi strumenti hanno subito un ritiro dei fondi da parte degli investitori i quali hanno voluto riscattare la liquidità investita. Gli AMLF sono stati introdotti durante il periodo della crisi proprio per far fronte a questo problema: detenere i Commercial Paper in circolazione, garantiti da apposite attività, per soddisfare le richieste di rimborso da parte degli investitori e per favorire la liquidità sul mercato degli Asset-Backed Commercial Paper e più in generale sul mercato monetario. L'assenza di liquidità nei mercati monetari e la vendita forzata di questi strumenti avrebbe potuto comportare il deprezzamento di questi e di tanti altri strumenti a breve termine. Tutto questo avrebbe sicuramente portato a delle perdite ancora più elevate e quindi di rimborsi più elevati e quindi una riduzione della fiducia degli investitori nei fondi di mercato monetario e in generale nei mercati finanziari. Il programma della FED ha previsto il rilascio da parte della banca centrale di

prestiti *nonrecourse* a istituzioni di deposito, a holding bancarie, società di Broker o dealer controllate da queste holding sul territorio USA e filiali e agenzie di banche estere. Tutte queste istituzioni hanno impiegato il finanziamento ottenuto dalla FED per poter acquistare gli Asset- Backed Commercial Paper riconosciuti dall'MMMFs. In questo modo tali operatori hanno contribuito a creare liquidità nel MMMFs. I Commercial Paper acquistati sono stati resi garantiti in base ai requisiti previsti dal programma stesso. I beneficiari del prestito hanno dovuto fornire documentazione sull'effettivo utilizzo di tali fondi per lo scopo preposto. Il tasso di interesse applicato è quello relativo ai crediti primari e viene applicato dalla data di liquidazione del prestito. Queste misure di supporto al credito sono cominciate nel settembre del 2008 e si sono concluse nel febbraio 2010. Complessivamente i prestiti concessi sono stati interamente rimborsati, interessi compresi, secondo quanto previsto dai termini e condizioni del programma stesso.

MMIFF è l'acronimo di Money Market Investor Funding Facility. Questo tipo di intervento della FED è stato creato attraverso una serie di società veicolo istituite nel settore privato, per garantire liquidità agli investitori nel mercato americano. La Fed ha fornito finanziamenti di tipo *senior secured* a una serie di società "veicolo" per supportare finanziariamente l'acquisto di attività garantite da parte di investitori rispondenti a determinati requisiti. Le società veicolo finanziano l'acquisto delle attività rispondenti ai requisiti attraverso la vendita di Commercial Paper garantiti. Le attività garantite consistono in certificati di deposito e Commercial Paper emessi da istituti finanziari con un elevato rating e sono caratterizzati da una scadenza di almeno 90 giorni. Gli investitori che sono ritenuti idonei a tali operazioni sono i fondi di mercato monetario statunitensi. Questi strumenti nascono anch'essi data la forte pressione nascente all'interno del mercato monetario durante la crisi economica. Gli investitori si trovano in difficoltà nel poter riscattare i propri investimenti data la scarsa liquidità presente nel mercato. Emettendo questi prestiti, la Fed ha agevolato la vendita degli strumenti in possesso degli investitori aumentando la loro capacità di rimborso e agevolando la possibilità di effettuare nuovi investimenti nel mercato monetario. La possibilità di aver maggiore liquidità nel mercato monetario fa in modo che le banche abbiano maggior disponibilità di denaro per poter soddisfare le esigenze di credito delle imprese e delle famiglie. J.P. Morgan è l'istituto di riferimento per le società veicolo che sono state costituite e che sono beneficiarie dei prestiti emessi dalla FED. Altre banche sono state incaricate di fornire servizi di custodia e di fornire servizi amministrativi per le società veicolo. La differenza con gli strumenti AMLF sopra descritti prevedono l'emissione di prestiti garantiti senza il ricorso all'indebitamento presso organizzazioni bancarie mentre per i prestiti MMIFF si ricorre alla costituzione di società veicolo nel modo appena descritto. Entrambi questi

strumenti sono costituiti per facilitare la vendita dei beni attraverso i fondi di mercato monetario all'interno del mercato secondario, in modo da aumentarne la liquidità e stimolare la sottoscrizione di prestiti a lungo termine. La differenza tra gli AMLF e i MMIF riguarda il tipo di bene del quale viene incentivata la vendita.

TALF è l'acronimo di Term Asset-Backed Securities Loan Facility. I titoli garantiti, detti anche Asset-Backed Securities (ABS), sono uno strumento comunemente utilizzato per finanziare il credito al consumo e prestiti alle piccole imprese, prestiti per l'acquisto di auto, prestiti agli studenti, e prestiti mediante le carte di credito. Anche questo mercato degli ABS è stato fortemente compromesso durante la crisi iniziata nel 2008 e ha comportato la drastica riduzione del credito concesso alle famiglie (credito al consumo) e alle imprese. Per questo motivo la Fed, in collaborazione con il Dipartimento del Tesoro ha introdotto gli strumenti TALF che mirano a favorire l'emissione di titoli garantiti da prestiti erogati ai consumatori e alle imprese per migliorare in generale la condizione del mercato degli ABS. La Fed ha messo a disposizione per i possessori di ABS rispondenti ai requisiti di ammissibilità, dei prestiti della durata di 5 anni. Come gli altri, questo strumento ha l'obiettivo di aumentare la domanda di Asset-Backed Securities per poterne aumentare l'emissione e quindi poter garantire maggiori possibilità di ricevere credito per le famiglie e per le imprese. L'immissione dello strumento è stata annunciata nel novembre del 2008 e le operazioni di prestito sono cominciate nel marzo del 2009. Dal settembre del 2010 più della metà dei prestiti emessi è stata interamente rimborsata con il relativo interesse applicato.

CAPITOLO 4:

ANALISI EMPIRICA

4.1 Analisi della volatilità dei tassi interbancari senza l'inserimento delle variabili di intervento

Viene di seguito riportata l'analisi empirica effettuata sui alcuni tassi interbancari, in particolare l'EONIA e L'EURIBOR con scadenze a 1,2 settimane e un mese.

Si riporta inizialmente la descrizione dei dati utilizzati, delle serie dei tassi e del periodo campionario considerato. Segue la descrizione dei modelli GARCH univariati, utilizzati per stimare la volatilità, considerando le tre diverse possibili distribuzioni dei residui (Normale, T Student e GED) analizzando quale di questi modelli risulti essere il migliore stimatore. Verrà quindi esposto un primo ranking dei vari modelli, utile ad individuarne il migliore secondo un approccio di analisi degli indicatori statistici.

Attraverso le serie storiche delle volatilità stimate, si procederà al calcolo del Valore a Rischio (VaR) il quale indica la massima perdita, in termini di rendimento negativo, che può assumere il tasso interbancario di riferimento. A questo punto verranno considerate le normative di Basilea II riguardanti le *eccezioni* (discusse nel capitolo 3): infatti se il tasso di rendimento dovesse assumere un valore più negativo di quello del VaR calcolato, allora si parla di sfioramento. Attraverso il calcolo del numero degli sfioramenti totali si è proceduto ad un secondo ranking dei modelli utilizzati, classificando il migliore quello con un numero minore di sfioramenti registrati.

La seconda parte dell'analisi, prevede la stima degli stessi modelli già utilizzati, con l'inclusione di alcuni regressori riguardanti le politiche di intervento dalla BCE.

Infine verrà esposto un potenziale modello di ottimizzazione che potrebbe essere utilizzato per ridurre al minimo gli sfioramenti secondo la normativa di Basilea II e ottimizzare, quindi, la collocazione giornaliera di capitale conseguente agli sfioramenti rilevati.

Le stime riportate sono state eseguite mediante il software EViews7.

4.1.1 Data Set

Analisi dei dati

Le serie storiche utilizzate per le stime sono: il tasso EONIA, il tasso EURIBOR con diverse scadenze in particolare EURIBOR a 1 settimana, a 2 settimane e ad un mese.

I dati utilizzati hanno una frequenza giornaliera per un range temporale che va dal 1/02/2006 fino al 21/11/2012 ottenendo circa 1780 osservazioni durante i giorni di borsa aperta.

I dati sono stati scaricati da Bloomberg. Il software utilizzato per le stime dei modelli è EViews7.

I tassi sono stati considerati nelle loro differenze prime:

$$y_t = [y_t - y_{t-1}] \quad [1]$$

Si riportano di seguito gli andamenti dei tassi interbancari nelle tre scadenze , l'andamento dell'EONIA e le statistiche descrittive dei dati.

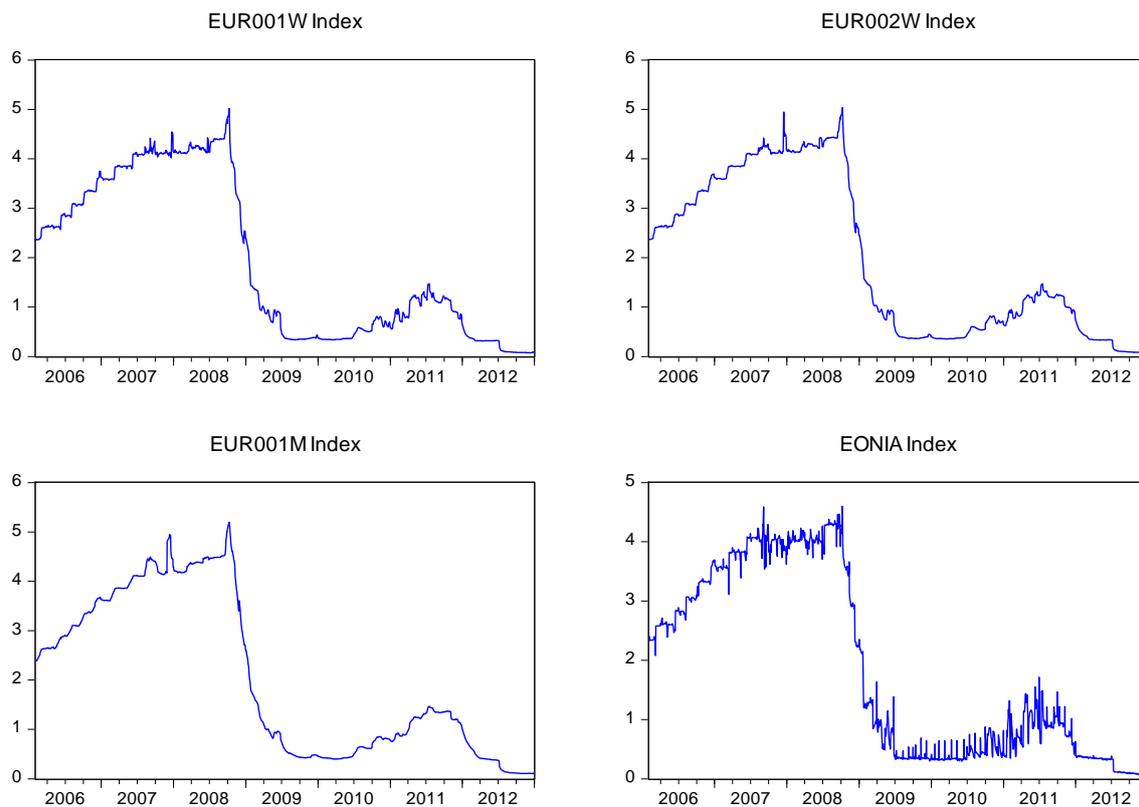


Figura 10- Andamento dei tassi interbancari

Da un'analisi grafica è possibile notare come il trend dei tassi sia simile in tutti i casi. Si presenta un andamento per lo più crescente nei primi tre anni, fino alla fine del 2008, per

poi registrare un forte calo nei primi mesi del 2009. Un trend per lo più costante si verifica fino alla metà del 2010. Successivamente si nota una crescita, che accomuna tutte le variabili, la quale raggiunge i suoi massimi nella seconda metà del 2011 per poi tornare ad assumere valori molto bassi.

Analisi delle statistiche descrittive

Si riportano nella Figura 11 i grafici delle frequenze relative alle serie storiche analizzate:

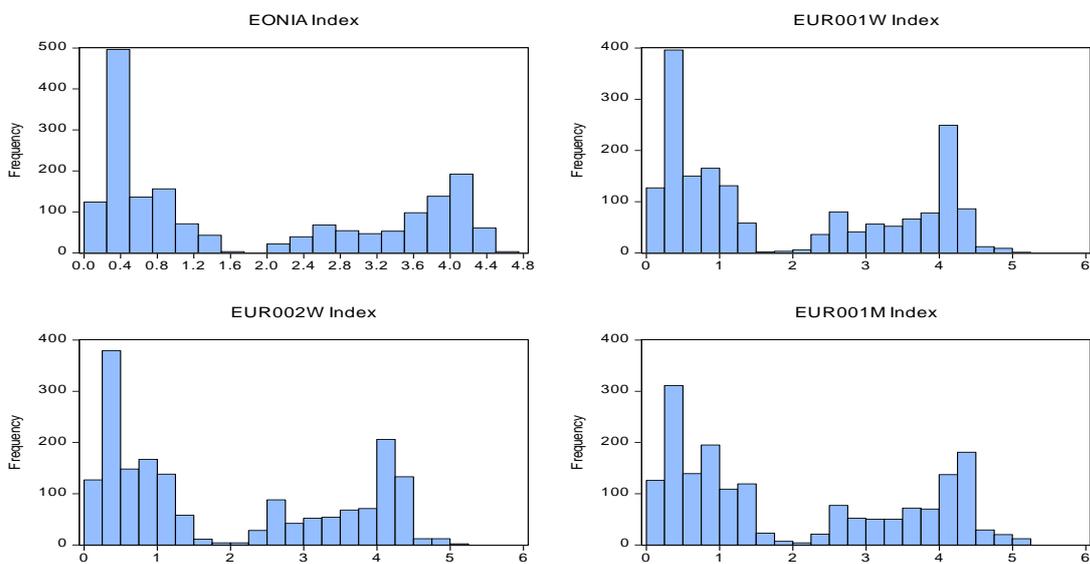


Figura 11- Distribuzioni di frequenza EONIA, EURIBOR

Già da una prima analisi grafica è possibile notare come le distribuzioni delle frequenze dei dati considerati non assumano affatto un andamento di tipo normale. Queste osservazioni vengono di seguito confermate dalla tabella che raccoglie i dati delle statistiche descrittive. Nella Tabella 3 sono riportate le statistiche descrittive di tutte le serie utilizzate.

Tabella 3- analisi statistiche descrittive

	EONIA	EUR 1W	EUR 2W	EUR 1M
Mean	1.825987	1.908059	1.943197	2.03305
Median	0.9715	1.1575	1.21	1.3215
Maximum	4.601	5.019	5.035	5.197
Minimum	0.06	0.076	0.082	0.107
Std. Dev.	1.557978	1.594488	1.598554	1.613169
Skewness	0.391601	0.394516	0.391152	0.395533
Kurtosis	1.423272	1.465156	1.476285	1.515263
Jarque-Bera	232.9775	223.8704	220.5171	212.739
Probability	0	0	0	0
Sum	3294.081	3442.139	3505.528	3667.622
Sum Sq. Dev.	4376.415	4583.931	4607.34	4691.975
Observations	1804	1804	1804	1804

Prendendo in considerazione i coefficienti relativi al test di Jarque –Bera e la Probability si può assumere che nessuna distribuzione di frequenza assuma l'andamento di una normale. Ulteriore prova di questa caratteristica è osservabile nel grafico della *Normal Probability Plot* dei tassi. In questo grafico la normalità è definita dalla corrispondenza dell'andamento della variabile con la retta, rossa la quale identifica l'effettiva normalità.

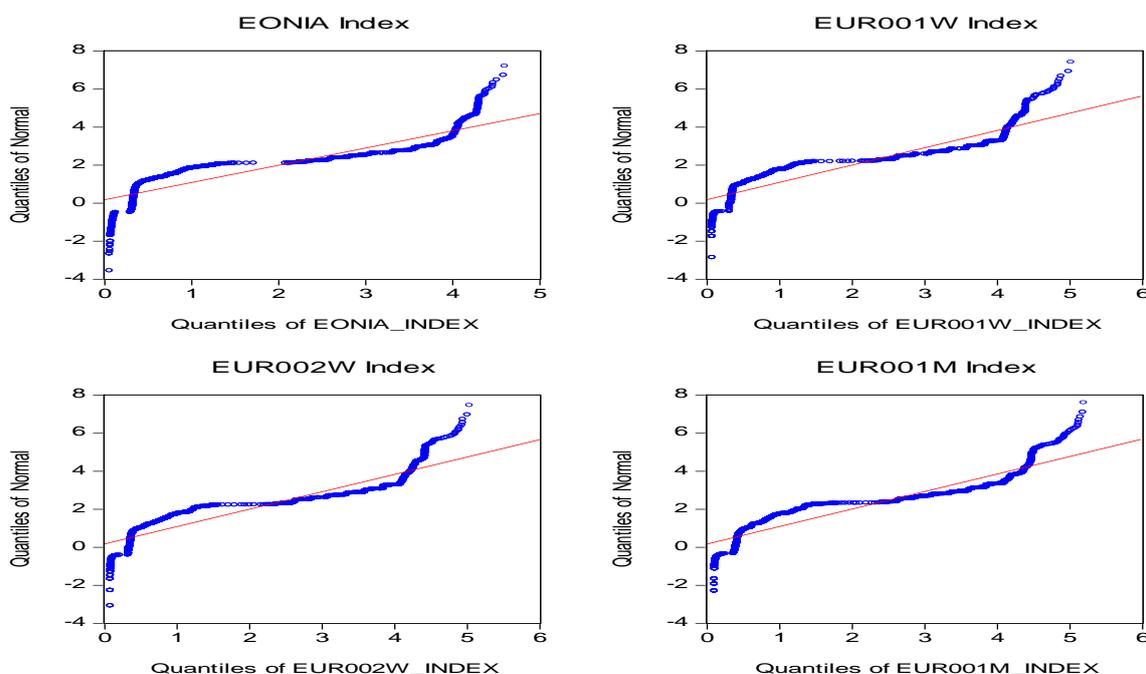


Figura 12- Normal Probability Plot

Prima di procedere all'analisi sulla stima della volatilità è stato effettuato, per ciascuna serie, il test ADF (Augmented Dickey-Fuller Test). Si riportano di seguito i risultati relativi ai test che indicanti il livello di stazionarietà di ciascuna variabile.

Test ADF

Tabella 4 - Test ADF EONIA, EUR1W

	EONIA		EUR1W	
LEVEL	trend	non significativo	trend	non significativo
	c	non significativo	c	non significativo
	ADF stat	-1.571397	ADF stat	-1.477418
	1% level	-3.963903	1% level	-3.963521
	5% level	-3.412676	5% level	-3.412489
	10% level	-3.128307	10% level	-3.128197
FIRST DIFFERENCE	c	non significativo	c	non significativo
	ADF stat	-19.00736	ADF stat	-19.7811
	1% level	-3.963903	1% level	-3.963521
	5% level	-3.412676	5% level	-3.412489
	10% level	-3.128307	10% level	-3.128197

Tabella 5 - Test ADF EUR2W, EUR1M

	EUR2W		EUR1M	
LEVEL	trend	significativo	trend	non significativo
	c	non significativo	C	non significativo
	ADF stat	-1.55347	ADF stat	-1.617189
	1% level	-3.963708	1% level	-3.964236
	5% level	-3.412581	5% level	-3.412839
	10% level	-3.128251	10% level	-3.128404
FIRST DIFFERENCE	c	non significativo	C	non significativo
	ADF stat	-13.26347	ADF stat	-9.327216
	1% level	-3.963708	1% level	-3.964236
	5% level	-3.412581	5% level	-3.412839
	10% level	-3.128251	10% level	-3.128404

Il test ADF ha messo in evidenza che tutte le variabili sono stazionarie sulle differenze prime pertanto sono integrate del primo ordine (**I(1)**).

EONIA ~I(1), EUR1W ~I(1), EUR2W ~I(1), EUR1M ~I(1).

4.1.2 Analisi della Volatilità

Implementazione dei modelli GARCH

In questa sezione verrà esposta l'analisi effettuata sulle serie storiche con i modelli GARCH, EGARCH, GARCH-M, IGARCH, IGARCH-M.

Le stime effettuate hanno l'obiettivo di studiare la volatilità delle serie prese in considerazione. Ciascuna stima mediante questi modelli è stata implementata per diverse distribuzioni degli errori. Le distribuzioni degli errori che sono state considerate sono la normale, la T Student e la GED (Generalized Error Distribution).

È possibile definire le distribuzioni degli errori nel modo seguente:

- se la distribuzione è Gaussiana avremo $u_t \sim N(0,1)$, i.i.d. La sua funzione di densità è

$$f(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{u^2}{2}};$$

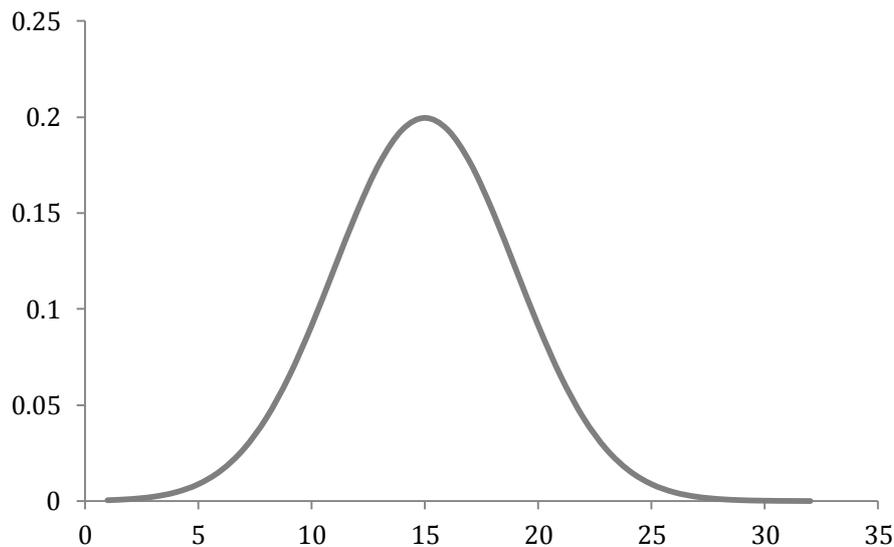


Figura 13 - Distribuzione Normale

- se la distribuzione segue una t Student avremo $u_t \sim t_\nu(0,1)$, i.i.d. La sua funzione di densità è

$$f(u) = \frac{\Gamma(\frac{\nu+1}{2})}{\sqrt{\nu\pi}\Gamma(\frac{\nu}{2})} \left(1 + \frac{u^2}{\nu}\right)^{-\frac{(\nu+1)}{2}};$$

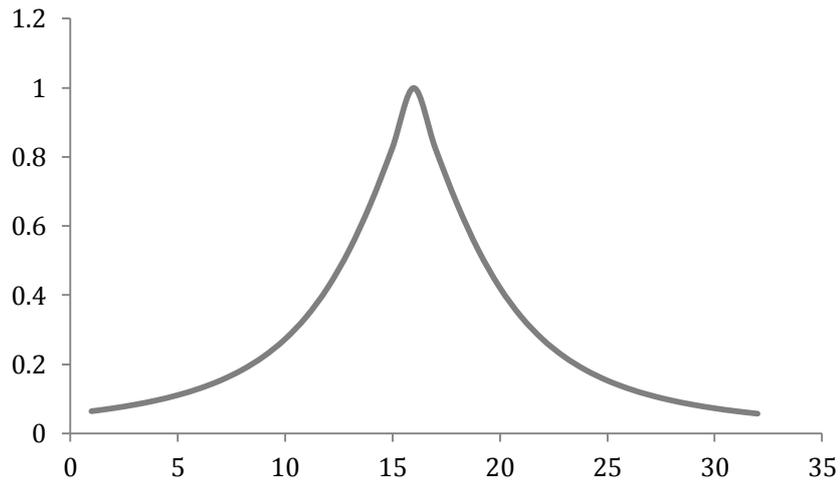


Figura 14 - Distribuzione t Student

dove ν è il parametro relativo ai gradi di libertà.

- se la distribuzione è normale generalizzata (GED) avremo $u_t \sim GN_\lambda(0,1)$, i.i.d. La sua funzione di densità è

$$f(u) = \frac{\lambda}{2\Gamma\frac{1}{\lambda}} e^{-|u|^\lambda};$$

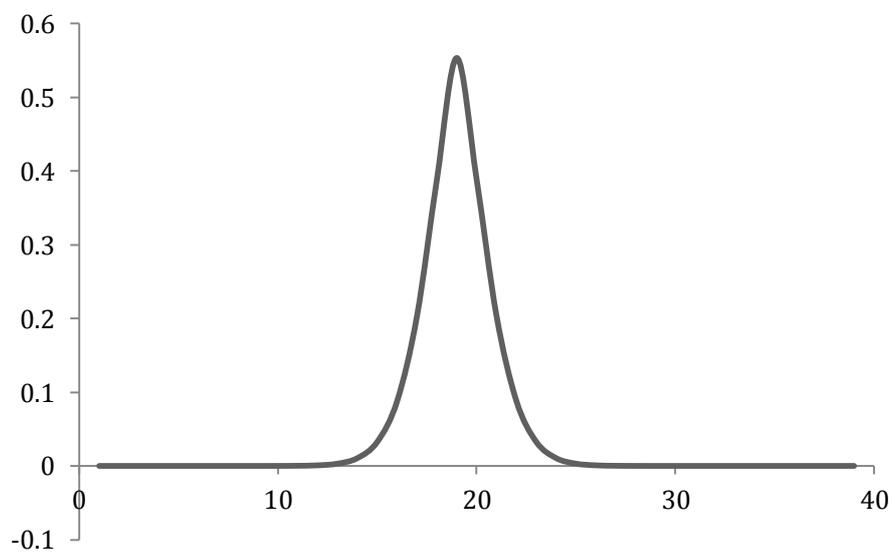


Figura 15 - Distribuzione GED

dove λ è il parametro di forma che determina la morfologia delle code della distribuzione.

GARCH NORMAL

La Tabella 27 riporta i parametri delle stime risultanti dal modello GARCH con distribuzione gaussiana degli errori.

Come riportato nel Cap.1, il modello GARCH è espresso dall'equazione:

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha \varepsilon_{t-j}^2 + \beta \sigma_{t-j}^2.$$

Nella stima del modello GARCH per la distribuzione gaussiana si può notare che la condizione di stazionarietà non sempre è verificata. Tale condizione è rispettata solo per le stime effettuate sul tasso EONIA per cui $\alpha + \beta < 1$. Per la stima effettuata sui tassi riguardanti l'EURIBOR, invece, non si verifica la condizione di stazionarietà.

In particolare il parametro β , che viene moltiplicato alla componente GARCH, indica la persistenza⁶ della volatilità per un dato modello. Nel caso dei modelli GARCH con distribuzione gaussiana, la persistenza risulta maggiore per i modelli stimati per i tassi EURIBOR con scadenza due settimane e un mese. Mentre per il tasso EONIA ed EURIBOR a una settimana il livello di persistenza si attesta rispettivamente per 0.050 e 0.109.

GARCH T STUDENT

La Tabella 28 riporta i parametri delle stime risultanti dal modello GARCH con distribuzione t Student degli errori.

Nella stima del modello GARCH per la distribuzione t Student l'ipotesi di stazionarietà è fortemente violata. I valori dei parametri riportati sono quindi il risultato di un numero di iterazioni molto basso. In questo modo la condizione di stazionarietà si può verificare per ciascun tasso stimato.

Il livello maggiore di persistenza è 0.454 relativo alla stima della volatilità per il tasso EURIBOR a 2 settimane. EURIBOR a una settimana e ad un mese hanno un livello di persistenza molto ravvicinato (rispettivamente 0.373 e 0.313) mentre per il tasso EONIA il livello di persistenza risulta essere negativo.

⁶ La persistenza della volatilità esprime la capacità della volatilità di evolvere un giorno dopo l'altro nella stessa direzione, cioè la volatilità di oggi è presente anche domani. Questo significa che se i mercati hanno un alto livello di volatilità oggi, molto verosimilmente avranno un livello elevato di volatilità anche domani.

GARCH GED

La Tabella 29 riporta i parametri delle stime risultanti dal modello GARCH con distribuzione GED degli errori.

Nella stima del modello GARCH per la distribuzione GED l'ipotesi di stazionarietà viene, anche in questo caso, violata. Questo avviene per la stima dei tassi EONIA, EURIBOR a1 e 2 settimane, mentre per l'EURIBOR a un mese la condizione di stazionarietà è verificata. Per questa distribuzione, la condizione di stazionarietà è verificata per la stima di almeno un tasso.

Il livello di persistenza maggiore si verifica nelle stime della volatilità con tassi EURIBOR a un mese e a due settimane, per essi il parametro Beta assume rispettivamente i valori 0.556 e 0.407. Livelli più bassi di persistenza sono registrati nelle stime per i tassi EONIA (0.002) ed EURIBOR a una settimana (0.048).

La stima con errori non gaussiani mette in evidenza la presenza di code spesse in particolare per i tassi EONIA ed EURIBOR a un mese nel caso della distribuzione t Student con $\nu=2.970084$ e $\nu=2.071922$. Mentre nelle stime per il tasso EURIBOR a una e due settimane le code seguono una forma più "normale" con valori di $\nu=1.49956$ e $\nu=19.71731$. Nella distribuzione GED si notano code più spesse per i tassi EONIA ed EURIBOR ad una settimana con valori di $\lambda=0.302003$ e $\lambda=0.677004$; mentre le code tendono ad avere una forma di tipo normale per i tassi con scadenza a due settimane ed un mese dove $\lambda=1.229297$ e $\lambda=1.137756$ dove il valore che indica la distribuzione normale secondo la è 2.

EGARCH NORMAL

La Tabella 30 riporta i parametri delle stime risultanti dal modello EGARCH con distribuzione gaussiana degli errori.

Come riportato nel Cap.1, il modello EGARCH è espresso dall'equazione:

$$\log \sigma^2 = \omega + \beta \log \sigma_{t-1}^2 + \gamma \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}} + \alpha \frac{|\varepsilon_{t-1}|}{\sigma_{t-1}}$$

La trasformazione logaritmica garantisce che le varianze non diventeranno mai negative. In genere ci si attende che $\gamma + \alpha > 0$ mentre $\gamma < 0$.

Nella stima del modello EGARCH per la distribuzione gaussiana tale l'ipotesi è sempre rispettata per le stime effettuate per tutti i tassi presi a riferimento.

La condizione di stazionarietà è verificata quando $0 < \beta < 1$. Nel caso della stima del modelli EGARCH con distribuzione gaussiana la stazionarietà è verificata per tutte le stime.

Il livello di persistenza maggiore si verifica nelle stime della volatilità con tassi EURIBOR a un mese e a una settimana, per i quali il parametro Beta assume rispettivamente i valore 0.735 e 0.578. Livelli più bassi di persistenza sono registrati nelle stime per i tassi EONIA (0.278) ed EURIBOR a due settimane (0.218).

EGARCH T STUDENT

La Tabella 31 riporta i parametri delle stime risultanti dal modello EGARCH con distribuzione t Student degli errori.

Nella stima del modello EGARCH per la distribuzione t Student l'ipotesi di stazionarietà è verificata per tutte le stime dato che soddisfano alla condizione $0 < \beta < 1$. Inoltre in ogni stima è verificata l'ipotesi per cui ci si attende che $\gamma + \alpha > 0$ mentre $\gamma < 0$ giacché le varianze non diventeranno mai negative.

Il livello maggiore di persistenza è 0.918 ed è il valore relativo alla stima della volatilità per il tasso EURIBOR a 2 settimane. Per la stima relativa al tasso EURIBOR a un mese il livello di persistenza è molto ravvicinato al precedente: esso registra un valore di 0.912. Per i tassi a più breve scadenza il livello di persistenza è di 0.505 per le stime sul tasso EONIA e di 0.243 per le stime sul tasso EURIBOR ad una settimana.

EGARCH GED

La Tabella 32 riporta i parametri delle stime risultanti dal modello EGARCH con distribuzione GED degli errori.

Nella stima del modello EGARCH per la distribuzione GED l'ipotesi di stazionarietà è verificata per tutte le stime dato che soddisfano alla condizione $0 < \beta < 1$. Inoltre in ogni stima è verificata l'ipotesi per cui ci si attende che $\gamma + \alpha > 0$ e $\gamma < 0$.

Il livello maggiore di persistenza è 0.916 ed è il valore relativo alla stima della volatilità per il tasso EURIBOR ad un mese. Per la stima relativa al tasso EURIBOR ad una settimana il livello di persistenza è dello 0.862 mentre per il tasso EURIBOR a due settimane è del 0.671. Per il tasso EONIA il livello di persistenza si abbassa sensibilmente raggiungendo un β pari a 0.011.

La stima con errori non gaussiani mette in evidenza che per le stime effettuate con la distribuzione t Student le code della ipotetica distribuzione sono spesse. Tutti i valori di v sono molto prossimi a due e questo indica che la distribuzione non ha forma normale. Per le analisi effettuate considerando la distribuzione GED, le stime a code più spesse sono quelle relative all'EONIA(0.280) e al tasso EURIBOR a una settimana (0.695). Valori molto prossimi caratterizzano le stime dei tassi EURIBOR a due settimane e ad un mese che sono rispettivamente dati da $\lambda= 1.040$ e $\lambda=1.071$ che identificano distribuzioni con code meno spesse in quanto più prossimi a due.

IGARCH NORMAL

Questi modelli sono stati introdotti in alternativa ai modelli GARCH. Come esposto nel Capitolo 1, tali modelli sono caratterizzati dal vincolo per cui la somma di $\alpha + \beta$ sarà sempre uguale a uno. In questo modo la condizione di stazionarietà sarà sempre verificata.

Essendo un modello in forma vincolata, la sua formulazione diventa:

$$\sigma_t^2 = \omega + (1 - \beta)\varepsilon_{t-1}^2 + \beta\sigma_{t-1}^2.$$

Nella Tabella 33 vengono riportati i dati relativi alle stime effettuate per il modello IGARCH con distribuzione normale degli errori.

In questi modelli il livello di persistenza è sempre molto alto. In particolare per la distribuzione gaussiana il livello più alto è assunto dal tasso EURIBOR ad una settimana. Seguono poi il tasso EURIBOR a due settimane, un mese ed infine l'EONIA con valori di β rispettivamente pari a 0.983, 0.975 e 0.969.

IGARCH T STUDENT

Nella Tabella 34 vengono riportate le stime dei parametri relativi al modello IGARCH con distribuzione degli errori t Student.

Non è stato possibile stimare il modello per il tasso EURIBOR a una settimana perché alcuni valori della serie non lo consentono.

Anche in questo caso la condizione di stazionarietà è sempre verificata secondo le ipotesi del modello stesso.

I livelli di persistenza sono, anche in questo caso, molto elevati. Il livello di persistenza maggiore è ricoperto dalla stima per il tasso EURIBOR ad un mese con un valore di β pari a 0.999 seguito dal tasso EONIA con un livello di persistenza pari a 0.963. Infine il tasso EURIBOR a due settimane presenta un livello di persistenza pari a 0.693.

IGARCH GED

Nella Tabella 35 vengono riportate le stime dei parametri relativi al modello IGARCH con distribuzione degli errori GED.

Anche in questo caso la condizione di stazionarietà è sempre verificata secondo le ipotesi del modello stesso.

I livelli di persistenza sono molto elevati. Il livello di persistenza maggiore è ricoperto dalla stima per il tasso EURIBOR ad un mese e a due settimane con un valore di β pari a 0.999 seguiti dal tasso EONIA con un livello di persistenza pari a 0.970. Infine il tasso EURIBOR a una settimana presenta un livello di persistenza pari a 0.920.

Le stime effettuate con la distribuzione t Student evidenzia che le code della ipotetica distribuzione sono spesse. Tutti i valori di ν sono molto prossimi a due e questo indica che la distribuzione non ha forma normale (il valore più elevato è quello relativo al tasso EUROBOR a due settimane e assume valore ν pari a 3.034). Per le analisi effettuate considerando la distribuzione GED, le stime a code più spesse sono quelle relative all'EONIA(0.303) e al tasso EURIBOR a una settimana (0.455). Valori molto prossimi caratterizzano le stime dei tassi EURIBOR a due settimane e ad un mese che sono rispettivamente dati da $\lambda= 0.811$ e $\lambda=0.877$ che identificano distribuzioni con code meno spesse in quanto più prossimi a due e quindi vicini ad una distribuzione di tipo normale.

GARCH-M NORMAL

Come specificato nel Capitolo 1 questi modelli prevedono l'introduzione di una componente in media sulla base dei modelli GARCH modificando il modello con l'inserimento di un elemento che rappresenti la funzione della varianza condizionale:

$$y_t = X_t b + \delta g(\sigma_t) + \varepsilon_t$$

Essendo modelli basati sul modello GARCH presumono le stesse condizioni per definire la stazionarietà.

Nella Tabella 36 sono riportate le stime dei parametri del modello GARCH-M con distribuzione gaussiana. Si evidenzia come la condizione di stazionarietà sia sempre rispettata a parte per le stime effettuate sul tasso EURIBOR a due settimane.

Il livello di persistenza è maggiore per le stime relative al tasso EURIBOR a una settimana con valore di 0.654 seguito dai tassi EURIBOR a due settimane e un mese con valori pari a 0.528 e 0.595. Infine il livello di persistenza minore è quello relativo al tasso EONIA con β pari a 0.055.

GARCH-M STUDENT

Nella Tabella 37 vengono riportate le stime dei parametri relativi al modello GARCH-M con distribuzione degli errori t Student.

Non è possibile stimare il modello per il tasso EONIA ed EURIBOR a una settimana in quanto alcuni valori della serie non lo consentono.

Per i modelli che si sono potuti stimare la condizione di stazionarietà è rispettata per il tasso EURIBOR con scadenza a due settimane ma non per il tasso EURIBOR ad un mese.

I livelli di persistenza che si sono potuti stimare sono molto simili. Per quanto riguarda le stime relative al tasso EURIBOR a due settimane il livello di persistenza è pari a 0.548 mentre per il tasso EURIBOR a un mese è 0.525.

GARCH-M GED

Nella Tabella 38 vengono riportate le stime dei parametri relativi al modello GARCH-M con distribuzione degli errori GED.

In questo caso la condizione di stazionarietà è verificata per i tassi EONIA e EURIBOR a una settimana ma non per i tassi EURIBOR a due settimane e ad un mese.

Il livello maggiore di persistenza è relativo alle stime per il tasso EURIBOR a un mese con un valore di β pari a 0.562. Per le stime riguardanti il tasso EURIBOR a una settimana è pari a 0.378. Livelli più bassi di persistenza si registrano per i tassi EONIA (0.198) ed EURIBOR a due settimane (0.183).

La stima con errori non gaussiani mostra che per le stime effettuate con la distribuzione t Student le code della ipotetica distribuzione sono spesse anche se in modo più contenuto rispetto ai modelli precedenti. I valori dei gradi di libertà sono pari a 18.444 per il tasso EURIBOR a due settimane e 14.682 per il tasso EURIBOR a un mese. Per le analisi effettuate considerando la distribuzione GED le stime a code più spesse sono quelle relative all'EONIA(0.258) e al tasso EURIBOR a un mese (0.751). Le stime dei tassi EURIBOR a una e due settimane sono rispettivamente dati da $\lambda= 1.188$ e $\lambda=0.945$ che identificano distribuzioni con code meno spesse in quanto più prossimi a due e quindi vicini ad una distribuzione di tipo normale.

IGARCH-M NORMAL

Questi modelli sono stati introdotti come alternativa ai modelli GARCH-M. Come per i modelli IGARCH, questi modelli sono introdotti in quanto caratterizzati dal vincolo per cui la somma di $\alpha + \beta$ sarà sempre uguale a uno. In questo modo la condizione di stazionarietà sarà sempre verificata.

Il modello si basa sull'IGARCH ma comprende una componente in media.

Nella Tabella 39 vengono riportati i dati relativi alle stime effettuate per il modello IGARCH-M con distribuzione normale degli errori.

In questi modelli il livello di persistenza è sempre molto alto. In particolare per la distribuzione gaussiana il livello più alto è assunto dal tasso EURIBOR a due settimane e un mese con valori di β pari a 0.999. Seguono poi il tasso EURIBOR a una settimana e l'EONIA con valori di β rispettivamente pari a 0.984 e 0.969.

IGARCH-M T STUDENT

Nella Tabella 40 vengono riportate le stime dei parametri relativi al modello IGARCH-M.

Anche in questo caso la condizione di stazionarietà è sempre verificata secondo le ipotesi del modello stesso.

I livelli di persistenza sono, molto elevati. Il livello di persistenza maggiore è ricoperto dalla stima per il tasso EURIBOR a un mese e dal tasso EURIBOR a due settimane con un valore di β pari a 0.999. Infine il tasso EONIA e EURIBOR a una settimana presenta un livello di persistenza pari rispettivamente a 0.963 e 0.984.

IGARCH-M GED

Nella Tabella 41 vengono riportate le stime dei parametri relativi al modello IGARCH-M con distribuzione degli errori GED.

Anche in questo caso la condizione di stazionarietà è sempre verificata secondo le ipotesi del modello stesso.

I livelli di persistenza sono molto elevati. Il livello di persistenza maggiore è ricoperto dalla stima per il tasso EURIBOR ad un mese e a due settimane con un valore di β rispettivamente pari a 0.999 e 1 seguiti dal tasso EONIA con un livello di persistenza pari a 0.980. Infine il tasso EURIBOR a una settimana presenta un livello di persistenza pari a 0.717.

La stima con errori non gaussiani rende evidente che per le stime effettuate con la distribuzione t Student le code della ipotetica distribuzione sono spesse. Tutti i valori di v sono molto prossimi a due e questo indica che la distribuzione non ha forma normale (il valore più elevato è quello relativo al tasso EUROBOR a una settimana e assume valore v pari a 2.995). Per le analisi effettuate considerando la distribuzione GED le stime a code più spesse sono quelle relative all'EONIA(0.255) e al tasso EURIBOR a due settimane (0.386). Valori molto prossimi caratterizzano le stime dei tassi EURIBOR a una settimana e ad un mese che sono rispettivamente dati da $\lambda= 0.694$ e $\lambda=0.692$ che identificano distribuzioni con code meno spesse in quanto leggermente più prossimi a due e quindi vicini ad una distribuzione di tipo normale.

Per dare evidenza a quanto appena descritto, nelle Figure 16 e 17 sono stati riportati i valori relativi alla Curtosi sia per la distribuzione t Student che per la distribuzione GED.

ANALISI TRA I MODELLI

Da un'analisi trasversale tra i modelli, prendendo in considerazione i valori dei parametri stimati per la distribuzione GED, si nota che le stime che risultano più prossime alla normalità sono quelle relative ai tassi a più lunga scadenza, in particolare il tasso EURIBOR a due settimane e il tasso EURIBOR ad un mese. Unica eccezione si verifica per il modello GARCH-M dove i valori più prossimi alla normalità sono relativi al tasso EURIBOR a una settimana (1.188389) ed EURIBOR a due settimane (0.944678).

Osservando, invece, i valori dei gradi di libertà relativi alla distribuzione t Student, i modelli con gdl più elevati sono quelli relativi ai tassi EURIBOR a una e due settimane per il modello GARCH (rispettivamente 13.49956 e 19.71731). Lo stesso si può dire del modello GARCH-M, caratterizzato dai valori 18.44419 per il tasso EURIBOR a due settimane e 14.68279 per il tasso EURIBOR ad un mese. Tali valori indicano che queste distribuzioni sono quelle che più si avvicinano a una distribuzione normale. Per tutte le altre stime i valori sono molto prossimi al valore minimo che può assumere il parametro ν e ciò indica che tali distribuzioni abbiano code molto spesse.

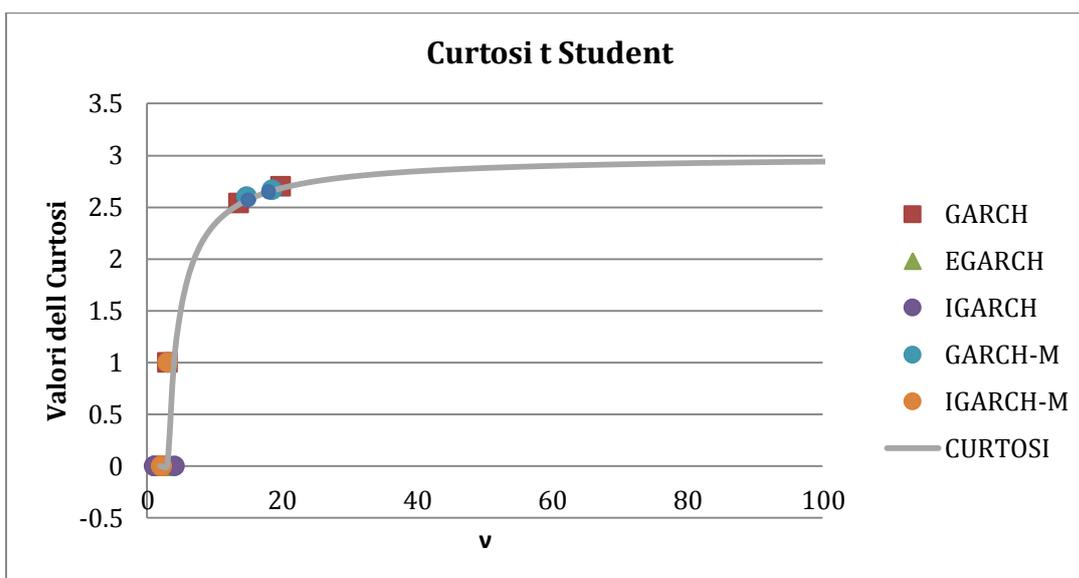


Figura 16 - Andamento Curtosi t Student

Nella Figura 16 vengono riportati i valori relativi alla Curtosi secondo i gradi di libertà stimati. La distribuzione tende alla normalità quando il valore del parametro Nu (gradi di libertà) tende a $+\infty$. I modelli che registrano valori più vicini alla normalità sono quelli relativi ai modelli GARCH e GARCH-M.

Di seguito, nella Tabella 6, sono riportati i valori della Curtosi corrispondenti ai gradi di libertà stimati.

Tabella 6 - Valori Curtosi distribuzione t Student

	GARCH	EGARCH	IGARCH	GARCH-M	IGARCH-M
EONIA	1	0	0	-	0
EUR1W	2.538462	0	-	-	1
EUR2W	2.7	0	1	2.666667	0
EUR1M	0	0	0	2.6	0

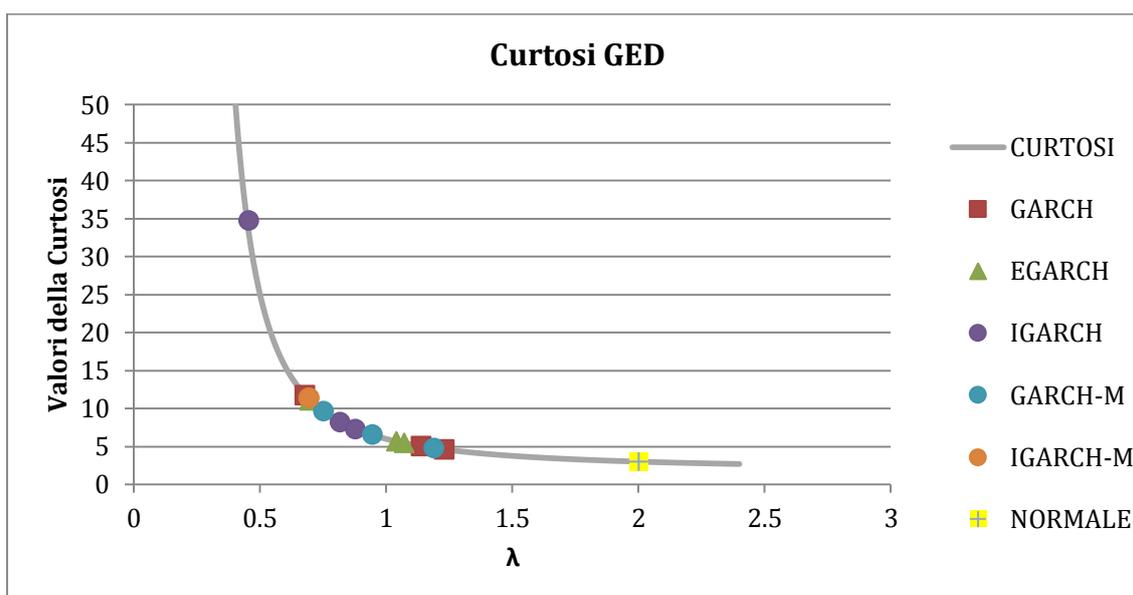


Figura 17 - Andamento Curtosi GED

Nella Figura 17 viene riportata la distribuzione dei valori nel grafico della Curtosi. Per la distribuzione GED tale grafico denota come la normalità sia raggiunta al tendere del parametro Lambda (parametro GED) al valore 2. È evidente che i valori relativi ai modelli GARCH siano quelli che più si avvicinano alla normalità.

Nella Tabella 7 sono riportati i valori della Curtosi corrispondenti ai parametri GED ottenuti.

Tabella 7 - Valori Curtosi distribuzione GED

	GARCH	EGARCH	IGARCH	GARCH-M	IGARCH-M
EONIA	173.9691	245.8085	173.9691	366.3327	366.3327
EUR1W	11.75	11.06209	34.74895	9.650006	57.00683
EUR2W	5.044845	5.682125	8.199999	6.568717	11.39581
EUR1M	4.610325	5.469774	7.282806	4.790299	11.39581

I grafici delle varianze condizionali sono riportati di seguito: il tasso con maggiore volatilità risulta essere l'EONIA, mentre i tassi EURIBOR presentano un significativo picco tra gli inizi del 2008, in corrispondenza dell'inizio della crisi dei mutui subprime.

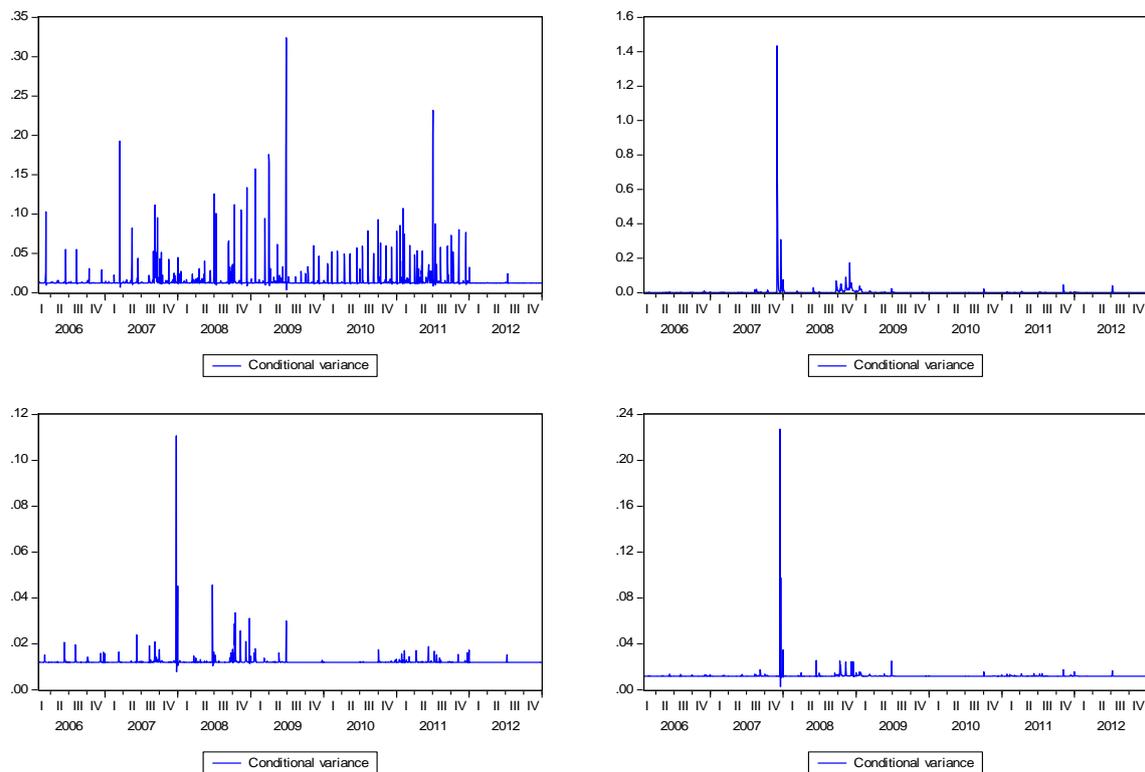


Figura 18 - Varianze Condizionali

Tutti i tassi sembrano essere stati influenzati all'inizio del 2008 dalla crisi economica, mentre solamente l'EONIA e l'EURIBOR a un mese appaiono meno influenzati dalla crisi del debito sovrano che iniziò nel 2011.

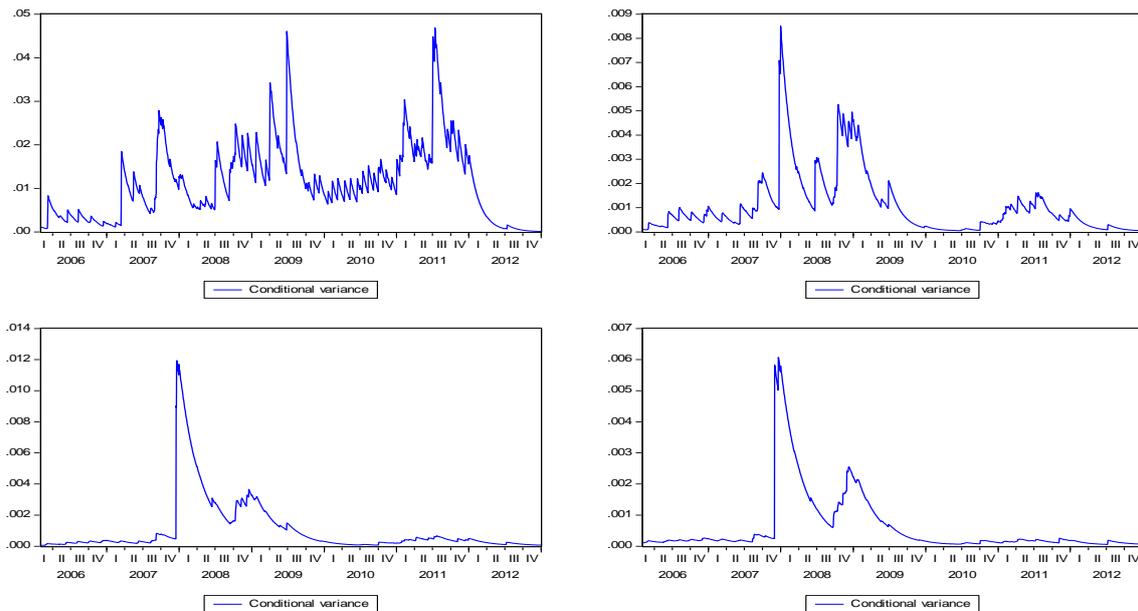


Figura 19 - Varianze condizionali

La Figura 19 riporta le varianze condizionali per le stesse variabili ma con riferimento alla distribuzione GED.

4.1.3 Ranking dei Modelli Attraverso Indicatori Statistici

In questa sezione vengono riportati i *ranking* dei modelli utilizzati. La classifica dei modelli si basa sull'analisi di alcuni indicatori, in particolare lo Standar Error of Regression, la Loglikelihood, lo Schwartz Information Criterion e l'Akaike Information Criterion.

Il primo si riferisce l'errore stimato per la regressione e quindi il modello migliore sarà quello con minor SER. Al contrario con riferimento alla Loglikelihood il modello classificato come migliore sarà quello che presenta il valore più alto per tale indicatore. Infine l'SIC e l'AIC sono criteri di informazione che indicano quanto bene il modello descrive i dati. Il modello ottimale è quello che presenta il valore più basso relativo a tali indicatori. La Tabella 19 riporta la classifica dei modelli stimati con i criteri appena descritti, secondo la distribuzione '*Normal*', mentre la Tabella 20 espone la classifica basata sulle stime con distribuzione dei residui di tipo '*GED*'.⁷

⁷ Non viene riportata la classifica per la distribuzione 'T Student' data la mancanza di alcuni dati derivante dall'impossibilità di effettuare le stime con questa distribuzione degli errori.

model	EONIA				EUR1W				EUR2W				EUR1M			
	SER	LogL	SIC	AIC												
G(1,1)	5	3	3	3	2	2	2	2	3	1	1	1	3	1	1	1
EG(1,1)	4	1	1	1	3	3	3	3	4	3	3	3	2	3	3	3
IG(1,1)	3	2	2	2	5	1	1	1	2	2	2	2	5	2	2	2
G(1,1)-M	2	4	4	4	4	5	5	5	5	4	4	4	4	5	5	5
IG(1,1)-M	1	5	5	5	1	4	4	4	1	5	5	5	1	4	4	4

Tabella 8- Ranking distribuzione 'Normal'

model	EONIA				EUR1W				EUR2W				EUR1M			
	SER	LogL	SIC	AIC												
G(1,1)	2	2	2	2	1	3	3	3	2	1	1	1	2	1	2	2
EG(1,1)	2	4	4	4	1	5	5	5	2	4	4	4	2	2	3	3
IG(1,1)	1	5	5	5	2	1	1	1	3	2	2	2	1	5	1	1
G(1,1)-M	2	3	3	3	1	2	2	2	2	5	5	5	2	4	5	5
IG(1,1)-M	3	1	1	1	2	4	4	4	1	3	3	3	3	3	4	4

Tabella 9- Ranking distribuzione 'GED'

Osservando i risultati del ranking si può notare come tendenzialmente l'indicatore SER sia in parte discordante rispetto agli altri criteri i quali risultano concordi sulla classificazione dei risultati. È possibile anche notare come il modello migliore cambi in base al tasso cui si fa riferimento. In particolare prendendo a riferimento la distribuzione *Normal* per il tasso EONIA il modello migliore è l'EGARCH, per l'EURIBOR a una settimana è l'IGARCH ed infine per quello a due settimane e per quello ad un mese il modello migliore risulta essere il GARCH.

4.1.4 Stima del Value at Risk

In accordo con quanto previsto dalla normativa di Basilea II, in questa sezione vengono presentati i risultati di un modello basato sul calcolo del Value at Risk.

Per la stima del VaR si è ricorsi al concetto di perdita massima e di valutazione del rischio.

A tal fine, le serie stimate con i precedenti modelli GARCH sono state utilizzate come componenti di volatilità nel calcolo del Valore a Rischio. L'obiettivo è creare un ranking tra i modelli utilizzati per la stima della volatilità basato, non più su indicatori statistici ma su un valore di tipo economico, appunto il VaR.

Come esposto nel capitolo 3, è stata applicata la formula riportata nella normativa di Basilea II per il periodo 2006/2012 includendo quindi anche il periodo relativo alla crisi economica globale. Questo modello si focalizza sul numero di volte in cui il tasso di riferimento (EONIA o EURIBOR) assume un rendimento negativo inferiore al valore, anch'esso negativo, del VaR. Tale fenomeno è definito *sforamento*. Sul valore a rischio calcolato, Basilea II prevede che maggiore è il numero di sforamenti, maggiore sia il capitale giornaliero che dovrà essere allocato. Questo al fine di garantire la copertura del più elevato rischio assunto dagli istituti di credito.

L'accordo di Basilea II prevede che il capitale giornaliero allocato (DCC - Daily Capital Charges) debba assumere un certo valore in base al numero di sforamenti verificatisi in un dato periodo di tempo convenzionalmente definito in 250 giorni.

Se il rendimento negativo supera il valore del VaR allora il DCC dovrà corrispondere al VaR medio degli ultimi sessanta giorni lavorativi moltiplicato per una certa penalità definita $(3+k)$, se lo sforamento non è avvenuto il DCC sarà uguale al valore del VaR del giorno precedente con segno negativo. Si avrà quindi che

$$DCC_t = \sup\{-(3 + k)\overline{VaR}_{60}, -VaR_{t-1}\}.^8 \quad [27]$$

⁸ DCC_t = allocazione giornaliera di capitale (Daily Capital Charges), che sarà il maggiore tra $-(3 + k)\overline{VaR}_{60}$ e $-VaR_{t-1}$;

VaR_t = Value at Risk per il giorno t;

$VaR_t = \hat{Y}_t - z_t * \hat{\sigma}_t$;

\overline{VaR}_{60} = media dei VaR dei 60 giorni lavorativi precedenti;

\hat{Y}_t = tasso stimato nel periodo t;

z_t = valore critico dell'1% secondo la normativa di Basilea II;

Ai fini del calcolo del DCC, verrà considerato il maggiore tra i valori ottenuti dall'equazione [27].

Il VaR è stato calcolato giornalmente per ciascun modello e per ogni distribuzione degli errori.

In seguito alla stima, sono stati raccolti i dati che si riferiscono agli sforamenti in modo da poter avere gli elementi per compiere il secondo ranking in base alla variabile economica VaR. Tale ranking classifica come migliore il modello con minor numero di sforamenti registrati.

Per avere una visione di insieme delle percentuali degli sforamenti per ciascun modello e distribuzione, si propongono delle rappresentazioni riassuntive degli sforamenti registrati⁹.

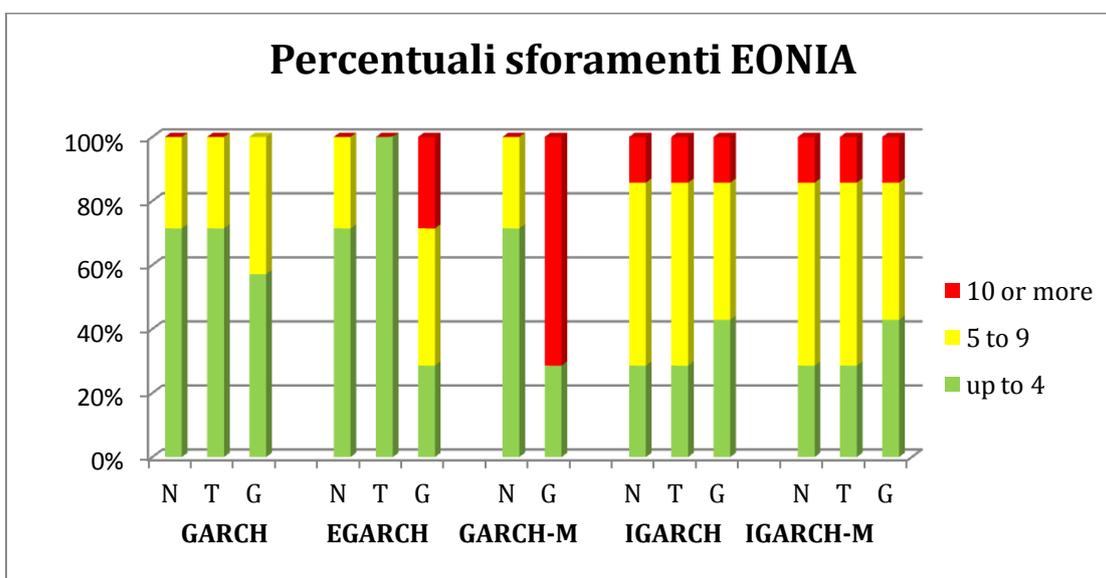


Figura 20- Percentuale sforamenti modelli EONIA

Nella stima dei modelli per il tasso EONIA il modello migliore in termini di numero di sforamenti registrati è il modello GARCH il quale non ne presenta alcuno nella zona rossa (come richiamato nel Capitolo 3). Anche i modelli EGARCH E GARCH-M sono dei buoni modelli per le distribuzioni Normal e T Student. Per la distribuzione GED, invece, gli

⁹ $\hat{\sigma}_t$ = radice del valore del rischio stimato (in questo caso coi modelli GARCH);

k è una penalità che sarà stimata in base al numero di sforamenti avvenuti nell'arco di 250 giorni.

⁹ I grafici riportati indicano le percentuali di sforamenti registrati per un determinato tasso e un determinato livello. Il 100% indica il totale degli anni considerati dal campione dal 2006/2012. Sull'asse delle ascisse vengono rappresentate le distribuzioni Normal, T Student, GED; nell'asse delle ordinate sono rappresentate i livelli percentuali degli sforamenti per ciascuna delle tre zone.

sforamenti nella zona rossa aumentano. Per i modelli IGARCH e IGARCH-M permane la presenza di sforamenti nella zona rossa, anche se rimangono costanti per tutti i modelli e nella stessa percentuale per tutte le distribuzioni.

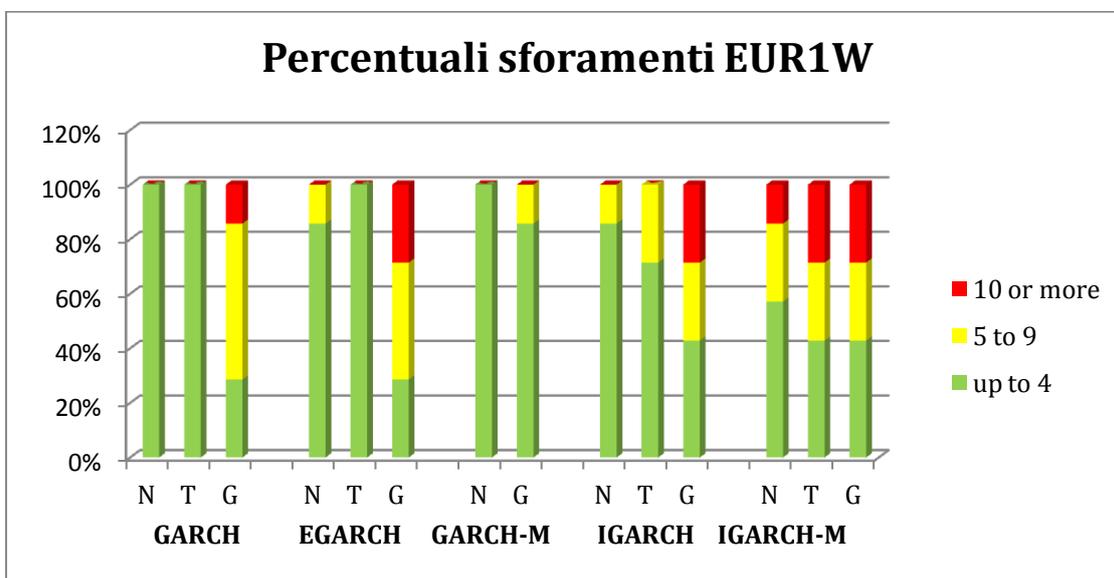


Figura 21- Percentuali sforamenti modelli EUR1w

Nella stima dei modelli per il tasso EURIBOR con scadenza a una settimana, le zone rosse compaiono anche nei modelli GARCH anche se rimangono limitati alla stima della distribuzione *GED*. È possibile notare dei miglioramenti nelle distribuzioni *Normal* e *T Student* del modello GARCH dove gli sforamenti non superano i quattro nell'arco di 250 giorni.

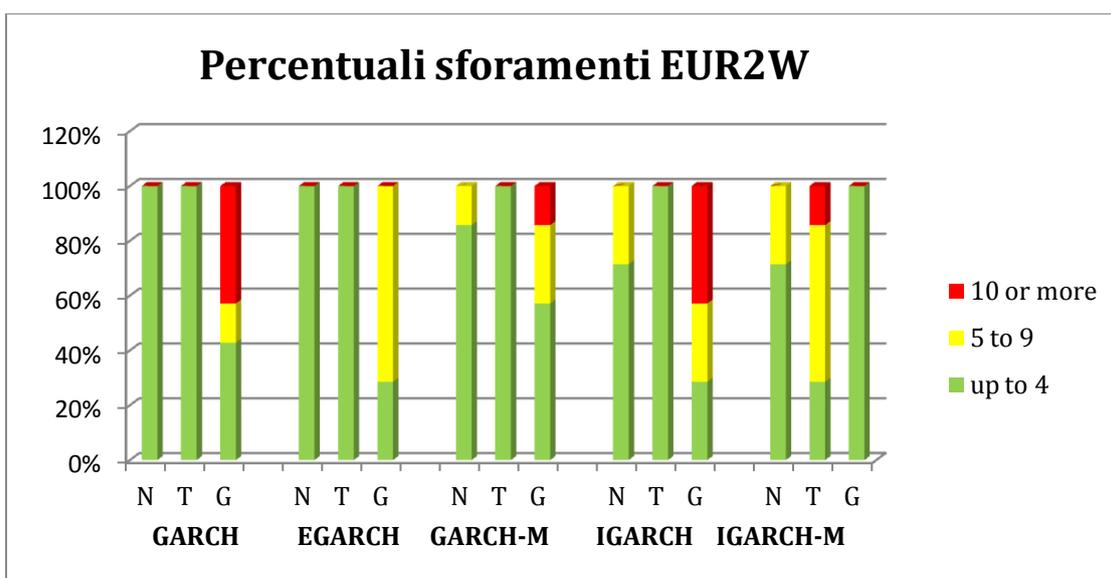


Figura 22- Percentuali sforamenti modelli EUR2w

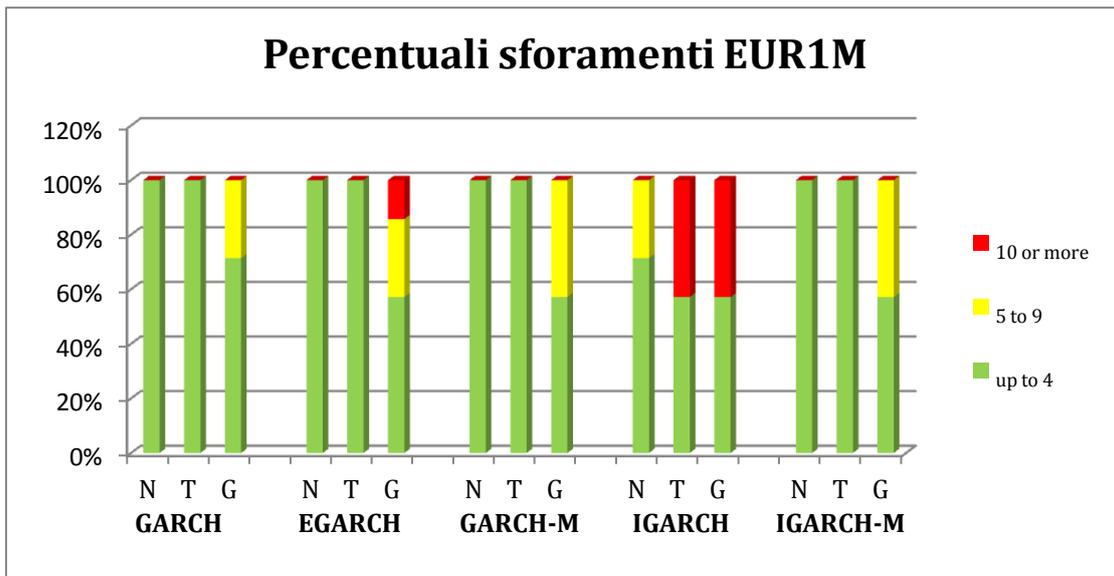


Figura 23- Percentuali sforamenti modelli EUR1m

Stessa situazione si presenta per le stime dei tassi EURIBOR con scadenze e due settimane e a un mese; in quest'ultima le distribuzioni *Normal* e *T Student* per i modelli GARCH, EGARCH, GARCH-M e IGARCH-M sono esenti da sforamenti rilevanti.

4.1.5 Calcolo del Daily Capital Charge (DCC)

In questa fase viene calcolato il patrimonio giornaliero che la banca deve detenere in base al numero di sforamenti che sono stati registrati nell'anno. Tale valore è il Daily Capital Charge (DCC).

Secondo l'equazione [27] sopra riportata, il DCC¹⁰ dipende direttamente dal VaR. questo valore è stato calcolato giornalmente per ciascun modello e per ciascun tipo di distribuzione degli errori.

A titolo esemplificativo, sono riportati alcuni grafici riferiti all'andamento del DCC confrontato con l'andamento del VaR e quello del tasso sul quale è stata effettuata la stima.

¹⁰ Il DCC è stato calcolato secondo l'equazione $DCC_t = sup\{-(3+k)\overline{VaR}_{60}, -VaR_{t-1}\}$. Esso rappresenta la quantità di capitale da allocare giornalmente secondo le normative previste dal trattato di Basilea II. In particolare nella Tabella 21 vengono riportate le somme dei DCC per ciascun modello e distribuzione. Questa formula è stata presentata nella normativa di Basilea II del 1995.

Ci si attende che l'andamento della serie del DCC assuma valori opposti rispetto a quelli assunti dal VaR, questo per contrastare la perdita massima che si può subire allocando più capitale.

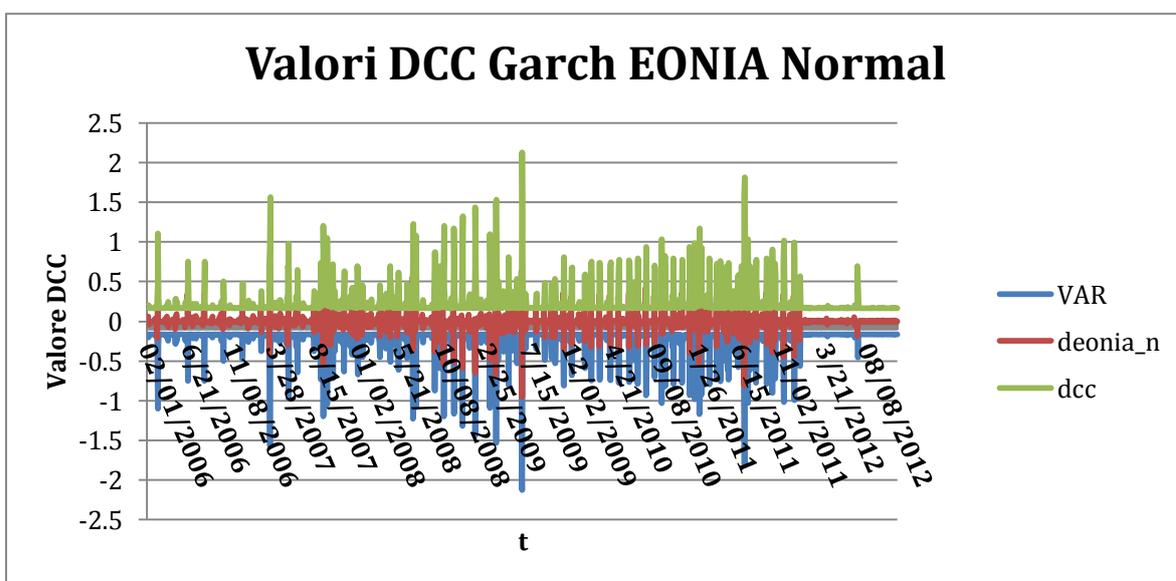


Figura 24- DCC garch EONIA Normal

Nella Figura 24 vengono rappresentati gli andamenti dei valori del DCC, VaR, e del tasso EONIA con riferimento al modello GARCH stimato per il tasso EONIA con distribuzione *Normal*. Da una prima analisi generale è possibile notare l'andamento opposto rispetto al VaR da parte dei valori del DCC.

Focalizzando l'analisi ad un periodo più denso di sfioramenti, si ottiene la Figura 25.

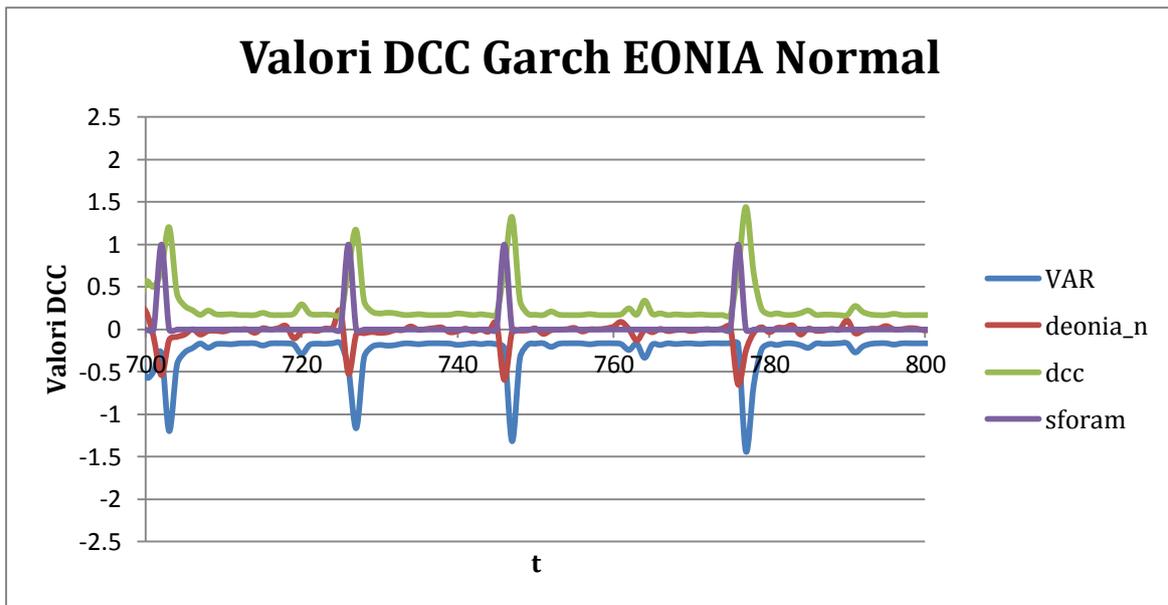


Figura 25- FOCUS. Valori DCC Garch EONIA Normal

In questo caso è più facile notare come l'andamento del VaR (linea azzurra) segua l'andamento del tasso EONIA (linea rossa). Per il caso riportato si verificano quattro sforamenti indicati come valore uno dalla funzione 'sforam' (linea viola). Pertanto il DCC dipende sia dal verificarsi di sforamenti sia quando non ci sono violazioni, assumendo un valore uguale e contrario al VaR.

4.1.6 Funzione di Ottimizzazione

In questa sezione si riportano i risultati dell'applicazione di un metodo utile per la riduzione delle violazioni in un certo periodo di tempo. Tale strategia è proposta da M. McAleer et al. (2009).

In pratica, la strategia, prevede il calcolo di un fattore che verrà applicato al valore ottenuto del VaR per rendere il numero complessivo degli sforamenti inferiore a dieci. Nell'analisi effettuata da McAleer et al. (2009), il calcolo è stato compiuto per il valore previsionale del VaR; in questo caso, invece, è stato applicato al VaR calcolato su valori noti. Il valore così calcolato, servirà a ponderare il VaR in modo da ottenere una riduzione del numero di sforamenti.

La regola di calcolo del capitale da allocare consiste nell'applicare una certa percentuale di penalità nel giorno esatto in cui si verifica uno sforamento e ridurre tale penalità quando

non si verificano sforamenti per un periodo di tempo convenzionalmente determinato in 25 giorni. In questo modo ciascun anno sarà composto da dieci periodi, oggetto di analisi per il calcolo degli sforamenti e del relativo fattore di minimizzazione (P_t). In questo modo si ottiene una funzione che assume andamento opposto rispetto a quello del VaR.

Ci si attende che il fattore di minimizzazione assuma un andamento aggressivo, aumentando di valore, in periodi in cui non si registra un elevato numero di sforamenti e un atteggiamento conservativo, rimanendo costante o riducendosi, nel caso in cui il numero di sforamenti cresca. Questo consente di ottimizzare le risorse senza allocare quantità di capitale superiori o inferiori rispetto a quanto richiesto dall'effettiva esposizione al rischio.

In altri termini, è possibile definire come dinamica la strategia di allocazione del capitale che risulta dall'utilizzo del fattore di minimizzazione. Questo fattore consente di adattarsi alle diverse situazioni che caratterizzano la posizione della banca nella decisione di quanto capitale allocare. La formula utilizzata per calcolare il fattore di minimizzazione P_t è la seguente:

$$P_t = P_0 + \theta^P * nov_{t-1} - \theta^R \sum_{s=1}^t I_{25,s}$$

Dove P_0 rappresenta la posizione del periodo precedente (in questo caso il giorno precedente in quanto la funzione ha valori giornalieri), θ^P rappresenta la quantità di penalizzazione da aggiungere in base al numero di violazioni registrate nel periodo precedente (nov_{t-1}); θ^R rappresenta la riduzione di penalità in caso in cui in un dato periodo di 25 giorni non si registrino sforamenti. $\sum_{s=1}^t I_{25,s}$ è un indicatore che assume valore 0 nel caso in cui si siano verificati sforamenti nel periodo precedente, o 1 nel caso contrario (in questo modo la riduzione di penalità prende valore).

In questo modo la funzione P_t assume una forma a gradini in quanto cambia valore o al verificarsi di uno sforamento (aumentando di valore) oppure alla fine di un periodo di venticinque giorni (e in questo caso diminuirà il suo valore se non ci sono stati sforamenti nel periodo precedente).

Le quantità relative a P_0, θ^P, θ^R sono costanti e predeterminate. Esse appartengono a dei vettori di valori e possono assumere tutte le combinazioni possibili dei tre vettori. In questo caso si è assunto P_0 (partendo da una posizione iniziale di 1.2) uguale valore della posizione del giorno precedente, a θ^P uguale a 0.12 e a θ^R uguale a 0.3.

Il risultato è mostrato nella Figura 26. Da tale figura si può notare come la linea relativa alla funzione P_t cresca al verificarsi di uno sfioramento e decresca quando non si verificano sfioramenti nel periodo precedente.

Si è scelto di riportare i risultati per un periodo, dal 1/1/2008 al 31/12/2008, in cui il numero di sfioramenti fosse significativo in particolare le stime sono relative al modello GARCH effettuate sul tasso EURIBOR a due settimane.

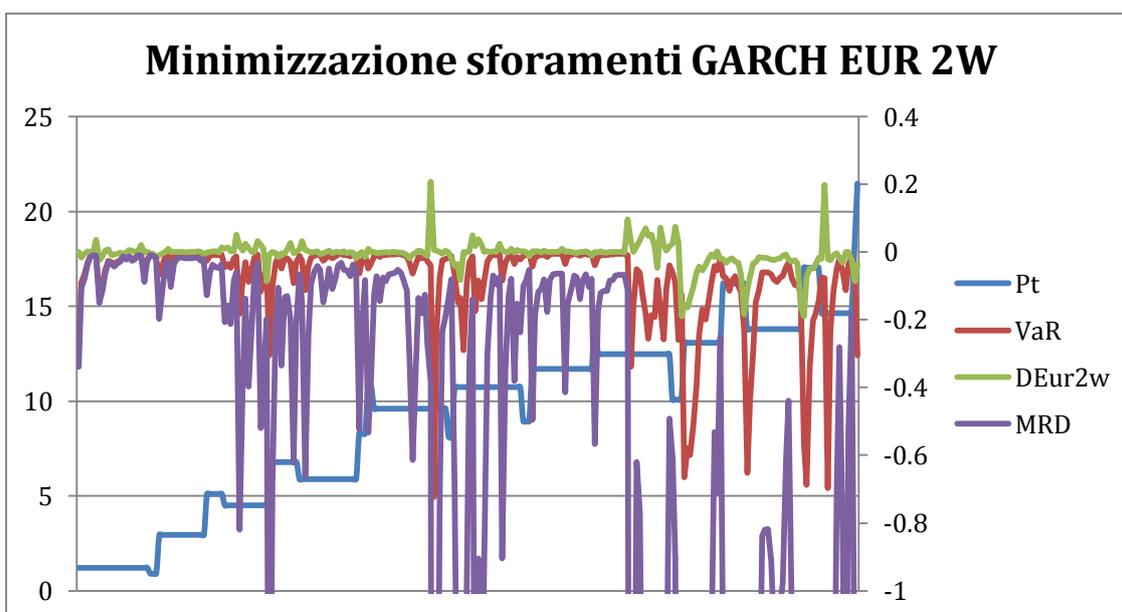


Figura 26 - Minimizzazione sfioramenti GARCH EUR 2 W

Nel grafico rappresentato nella Figura 26 si può notare come la strategia segua un andamento uguale al trend del VaR quando non sono presenti violazioni, mentre un andamento che si discosta sensibilmente dallo zero in periodi caratterizzati da un maggior numero di violazioni. Nel caso preso in esame le violazioni registrate senza l'introduzione della strategia dinamica sono 13. Tali violazioni si riducono a 2 con l'introduzione della strategia.

Si procede ora alla seconda parte che prevede l'analisi dei modelli già stimati con l'introduzione di alcuni regressori consistenti nei dati relativi agli interventi della BCE durante il periodo campionario preso in considerazione ed in particolare negli anni relativi alla crisi economica globale.

4.2 Analisi della Volatilità dei Tassi Interbancari con l’Inserimento delle Variabili di Intervento di Politica Monetaria

4.2.1 Data Set

Analisi dei dati

In questa seconda parte di stima, verranno introdotti dei regressori per analizzare gli stessi modelli visti per il paragrafo 4.1. I regressori sono variabili che spiegano gli interventi della BCE durante il periodo della crisi del credito. In particolare sono state prese in considerazione alcune grandezze relativamente agli interventi di politica monetaria di breve termine (MROs) e interventi di lungo termine (LTROs). Per ciascuna di queste due grandezze sono stati esaminati i seguenti valori:

- l’ammontare di richiesta di liquidità in termini di garanzie da parte dei richiedenti l’offerta;
- il numero dei richiedenti liquidità;
- l’ammontare assegnato.

Ciascuna di queste serie non è possibile ottenerla dalla fonte con frequenza giornaliera, i dati sono stati aggiustati per ottenere delle serie storiche giornaliere.

Allungamento delle serie

Non essendo disponibili delle serie giornaliere e per poter rendere uniforme l’analisi con quella relativa la paragrafo 4.1, si è proceduto, attraverso il software EViews all’allungamento delle serie. In particolare è stata utilizzata la trasformazione di tipo *quadratic match average* ottenendo, quindi, delle serie storiche giornaliere con dei valori in media rispetto a quelli noti.

Il periodo campionario considerato è compreso tra il 01/02/2006 e il 20/11/2012 per un totale di 1800 osservazioni circa.

Le variabili LTRO

L’ammontare dell’offerta rappresenta la necessità di liquidità dalle controparti della BCE. È la somma che le controparti offrono come garanzia dell’allocazione ricevuta attraverso le operazioni di LTRO.

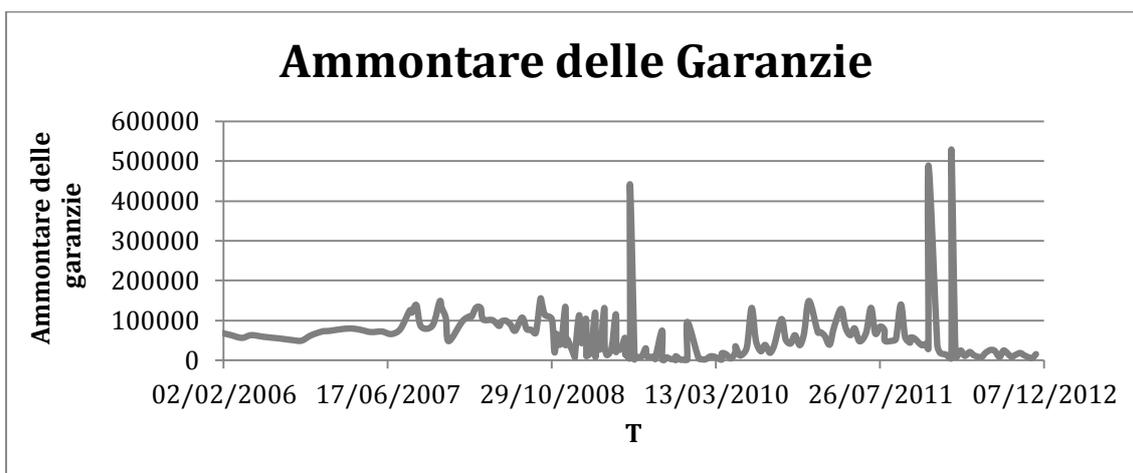


Figura 27 - Ammontare garanzie offerte

Nella Figura 27 che rappresenta l'andamento della serie si notano dei picchi in due zone del campione: il primo si verifica nella metà del 2009, seguito da un andamento meno costante negli anni successivi rispetto agli anni dal 2006 al 2008; il secondo si manifesta alla fine del 2011 e all'inizio del 2012.

La Figura 28 mostra l'andamento della variabile 'Numero degli Offerenti'¹¹. Essa corrisponde ai soggetti che beneficiano dell'offerta di liquidità concessa dalla BCE ad un certo istante. Osservando il grafico sottostante, si può notare che il numero degli offerenti non è mai salito oltre i 300 tranne in due casi messi in evidenza da due serie di picchi: come affermato per la variabile "Ammontare dell'Offerta", la prima si è verificata nella seconda metà del 2009 e la successiva tra la fine del 2011 e l'inizio del 2012.

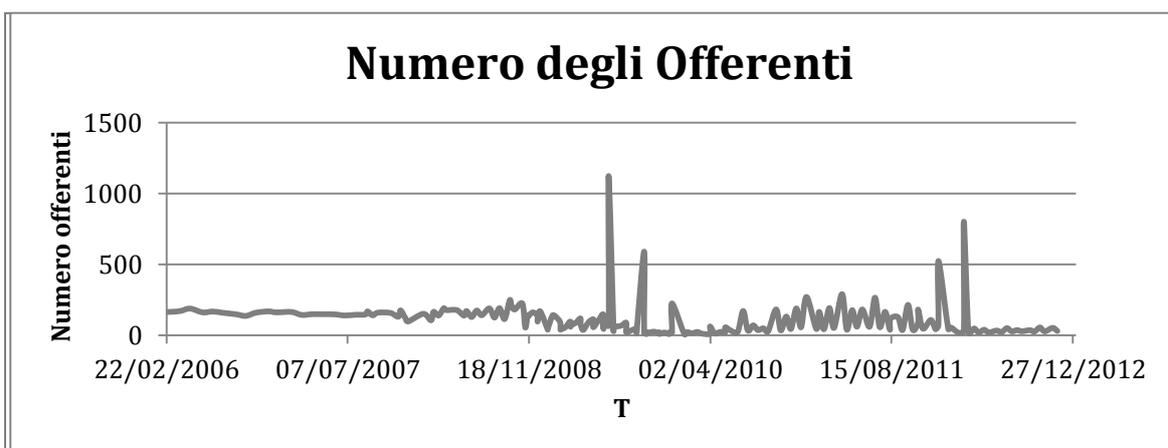


Figura 28 - Numero degli offerenti

¹¹ 'Offerenti' si riferisce ai soggetti che offrono delle garanzie per ottenere liquidità dalla BCE.

Infine la variabile “Ammontare Allocato” corrisponde alla quantità di moneta in circolazione in base alle politiche monetarie messe in atto dalla BCE, cioè la liquidità aggiuntiva messa in circolazione in base alle esigenze di liquidità delle banche.

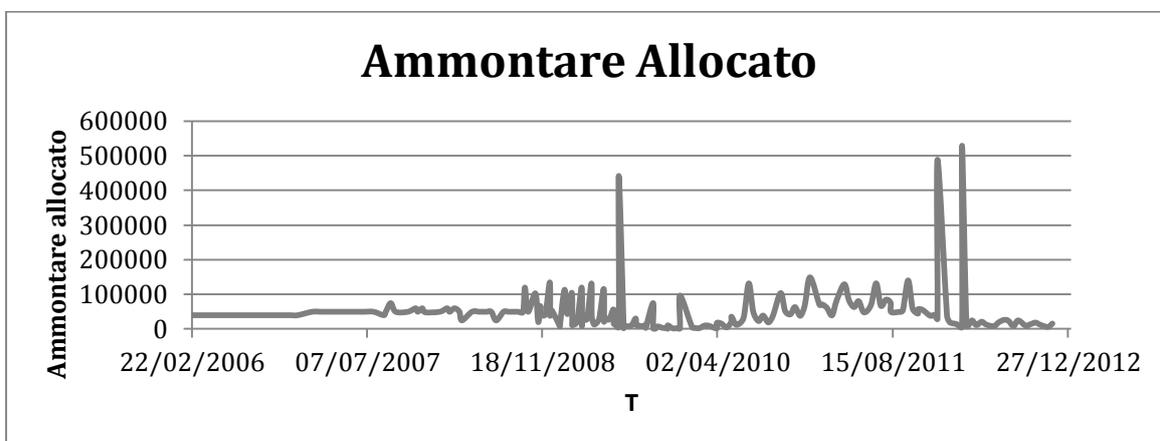


Figura 29 - Ammontare allocato LTRO

Anche in questo caso è possibile notare un andamento per lo più costante nella prima parte del campione; dalla seconda metà del 2007 la variabile inizia ad oscillare registrando dei picchi sia nella metà del 2009 sia nel periodo tra la fine del 2011 e l’inizio del 2012.

Le variabili MRO

Lo stesso tipo di analisi può essere condotto sulle variabili riguardanti il MRO. Si presentano sempre sottoforma di “Ammontare dell’Offerta”, “Numero di Offerenti” e “Ammontare Allocato”.

L’ammontare dell’offerta presenta l’andamento descritto dalla Figura 30:

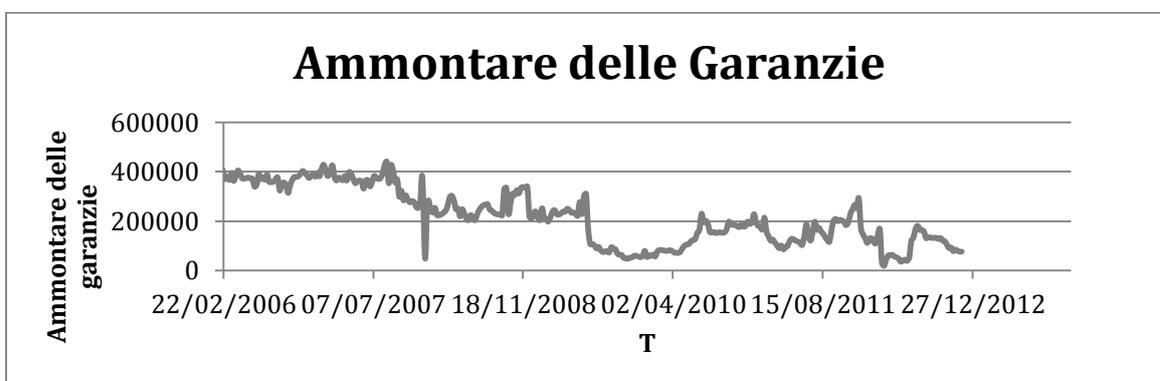


Figura 30 - Ammontare richiesto MRO

L'andamento risulta decrescente. Uno shock positivo si verifica nel dicembre del 2007 seguito, il giorno successivo, da uno shock negativo di maggiore entità. È ragionevole ritenere che l'andamento decrescente della variabile sia connesso all'utilizzo di altre fonti di liquidità quali, appunto, il LTRO.

La variabile "Numero di Offerenti" presenta il seguente andamento:

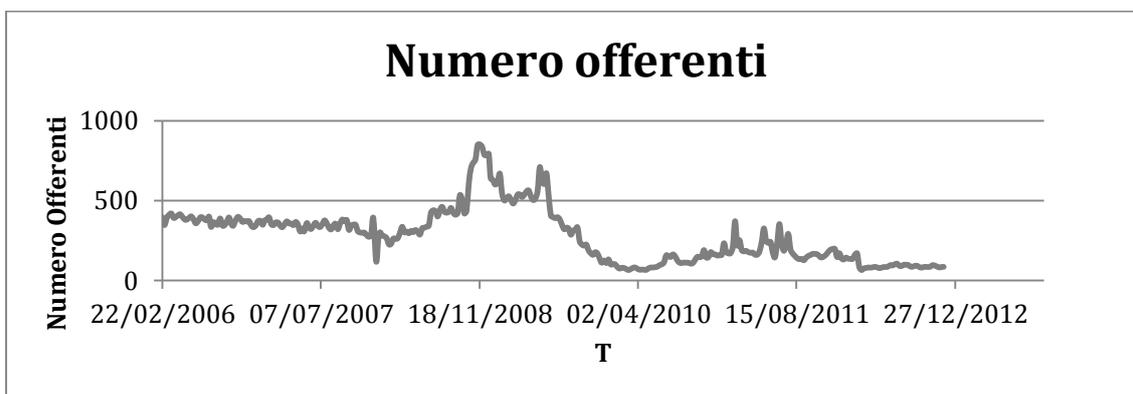


Figura 31 - Numero Offerenti MRO

Anche per la variabile 'Numero degli Offerenti' è possibile osservare un picco alla fine del 2007. Successivamente la variabile presenta un andamento crescente fino alla prima metà del 2009 per poi assumere valori decisamente inferiori fino a toccare il picco minimo con un numero di 65 offerenti.

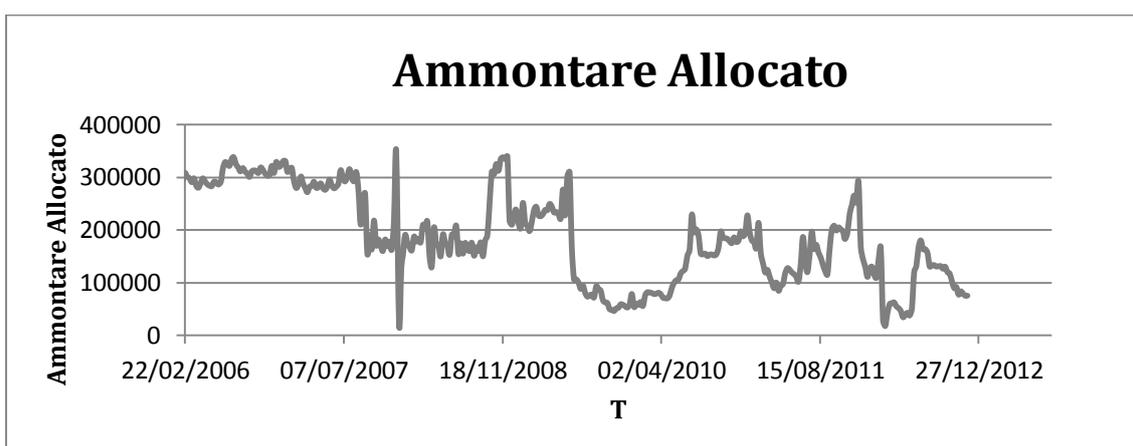


Figura 32 - Ammontare allocato MRO

Analizziamo, come per il primo modello, le statistiche descrittive delle variabili.

Analisi delle statistiche descrittive

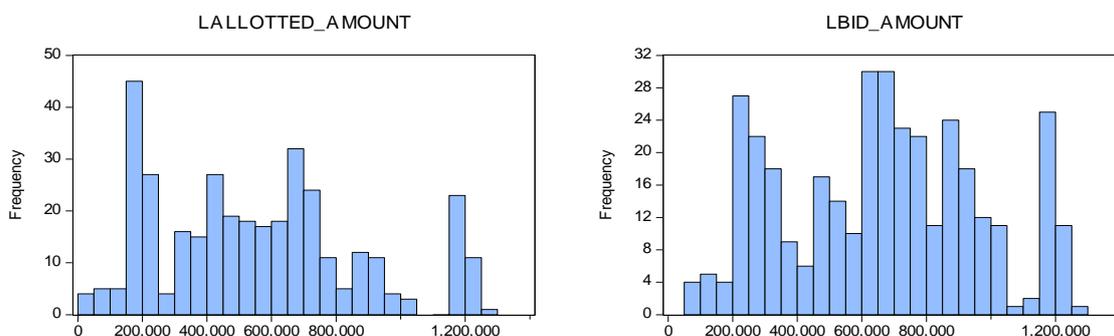
Nella Tabella 10 si riportano le statistiche descrittive relative alle variabili di intervento.

Tabella 10- Analisi descrittive modello con regressori

	LALLOTTED AMOUNT	LBID AMOUNT	LN BIDDERS	MALLOTTED AMOUNT	MBID AMOUNT	MN BIDDERS
Mean	554177.1	662332	1404.13	264294.5	309035.5	398.2325
Median	530000	681786.5	1327	251700	299731.8	416
Max	1254725	1254725	2690	531200	642422.7	1233.2
Min	40000	69437.5	168	29328.54	29328.54	92.8
Std. Dev.	318271.7	304345.9	657.582	120420.7	160879.3	232.4028
Skewnes	0.46861	0.058299	0.25404	0.090125	0.178787	0.827909
Kurtosis	2.408993	2.103832	1.86719	1.923934	1.791145	3.739877
J-Bera	18.26163	12.14859	22.9284	17.70732	23.63918	48.92609
Prob	0.000108	0.002301	0.00001	0.000143	0.000007	0
Sum	1.98E+08	2.36E+08	501275	94353119	1.10E+08	142169
Sum Sq. Dev.	3.61E+13	3.30E+13	1.54E+08	5.16E+12	9.21E+12	1922794
Obs	357	357	357	357	357	357

Considerando i valori relativi alla *Probability* e a *Jaque-Bera*, si può ragionevolmente ritenere che l'ipotesi di normalità delle variabili dev'essere rigettata. Infatti il valore della *Probability* è molto basso, tendente a zero, mentre l'indice *Jarque-Bera* è caratterizzato da valori elevati.

Il rifiuto dell'ipotesi di normalità può essere dedotta anche graficamente, analizzando gli istogrammi relativi alle variabili di intervento riportati nella Figura 33. Si riportano gli istogrammi delle distribuzioni di frequenza delle variabili:



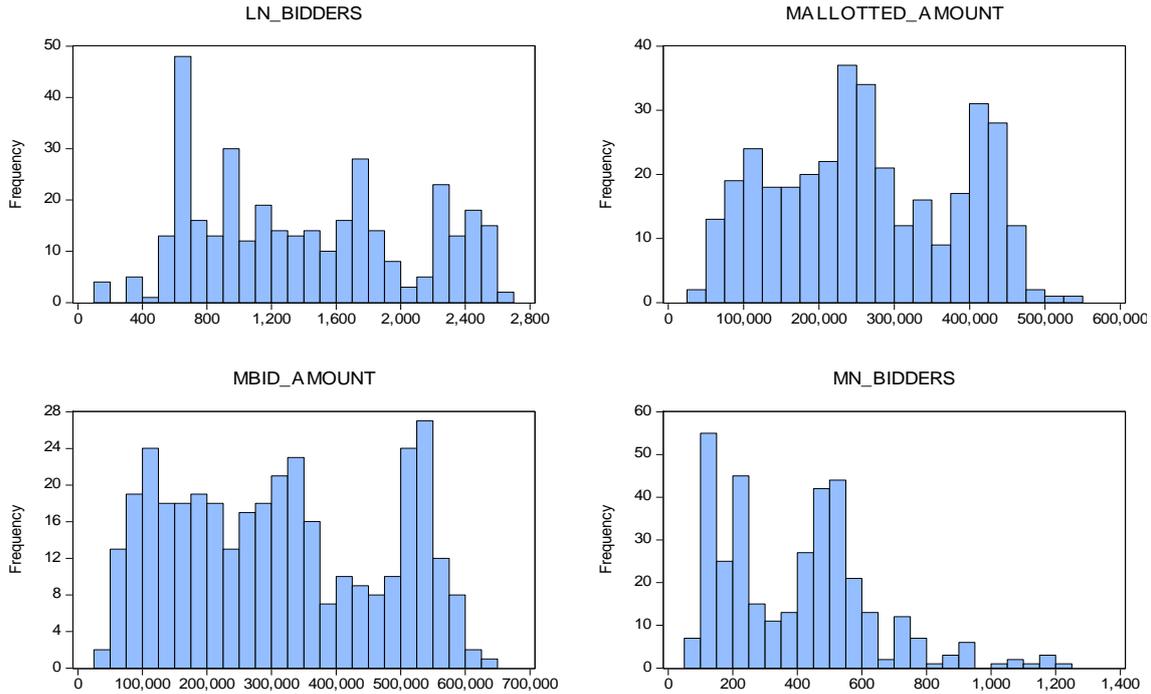


Figura 33 - Distribuzioni delle frequenze dei regressori

Prima di presentare la stima sulla volatilità, si riportano di seguito i risultati del test ADF sulle variabili di intervento incluse nel nuovo modello.

Test ADF

In questo paragrafo si presentano i test ADF effettuati sui regressori del modello.

Tabella 11 - Test ADF Ammontare Allocato

	L_AMM_ALLOCATO		M_AMM_ALLOCATO	
LEVEL	trend	significativo	trend	significativo
	c	non significativo	c	significativo
	ADF stat	-2.185162	ADF stat	-3.298822
	1% level	-3.963289	1% level	-3.963295
	5% level	-3.412376	5% level	-3.412379
	10% level	-3.128129	10% level	-3.128131
FIRST DIFFERENCE	trend	non significativo	trend	non significativo
	c	non significativo	c	non significativo
	ADF stat	-10.6878	ADF stat	-8.675886
	1% level	-3.963289	1% level	-3.963295
	5% level	-3.412376	5% level	-3.412379
	10% level	-3.128129	10% level	-3.128131

Tabella 12 - Test ADF Numero dei Richiedenti

	L_NUM_RICHIEDENTI		M_NUM_RICHIEDENTI	
LEVEL	trend	non significativo	trend	non significativo
	c	non significativo	c	non significativo
	ADF stat	-1.631018	ADF stat	-2.453852
	1% level	-3.963289	1% level	-3.963295
	5% level	-3.412376	5% level	-3.412379
	10% level	-3.128129	10% level	-3.128131
FIRST DIFFERENCE	trend	non significativo	trend	non significativo
	c	non significativo	c	non significativo
	ADF stat	-10.40954	ADF stat	-7.635278
	1% level	-3.963289	1% level	-3.963295
	5% level	-3.412376	5% level	-3.412379
	10% level	-3.128129	10% level	-3.128131

Tabella 13 - Test ADF Ammontare delle Garanzie

	L_AMM_GARANZIE		M_AMM_GARANZIE	
LEVEL	trend	non significativo	trend	significativo
	c	non significativo	c	significativo
	ADF stat	-2.0484	ADF stat	-2.830474
	1% level	-3.963289	1% level	-3.963295
	5% level	-3.412376	5% level	-3.412379
	10% level	-3.128129	10% level	-3.128131
FIRST DIFFERENCE	trend	non significativo	trend	non significativo
	c	non significativo	c	non significativo
	ADF stat	-10.53968	ADF stat	-10.96694
	1% level	-3.963289	1% level	-3.963289
	5% level	-3.412376	5% level	-3.412376
	10% level	-3.128129	10% level	-3.128129

Analisi dei coefficienti

In questa sezione sono analizzati i coefficienti delle variabili di intervento che risultano per ciascun modello. In alcuni casi si notano delle discordanze tra i segni delle stesse variabili riferite a tassi diversi; questa caratteristica potrebbe essere collegata al fatto che i tassi sono riferiti a scadenze diverse, pertanto possano avere reazioni diverse in base all'orizzonte temporale dell'intervento di politica monetaria.

La Tabella 14 rappresenta i coefficienti delle variabili di intervento per il modello GARCH. Si può notare che i coefficienti relativi all'ammontare allocato dalla BCE per il lungo termine contribuiscono a diminuire la volatilità. Lo stesso vale per il numero degli offerenti. In questo caso nella colonna 'ln_bid' che fa riferimento al numero degli offerenti garanzie, la riduzione della volatilità è colta solamente per i tassi con scadenza più lunga e non dal tasso overnight. Questo fatto potrebbe essere spiegato dalla diversa scadenza che caratterizza le variabili e i tassi. Per quanto riguarda invece le garanzie offerte (colonne bid_a) queste risultano cogliere la riduzione della volatilità solo per le scadenze brevi.

Tabella 14 - Analisi dei coefficienti modello GARCH

		GARCH					
		lallotted	ln_bid	lbid_a	mallotted	mn_bid	mbid_a
EONIA	N	-0.005403	0.000345	0.002150	0.004805	0.001109	-0.005962
	T	-0.00325	0.003526	-0.00042	0.003362	0.001027	-0.00417
	G	-0.00464	0.002812	0.001458	0.003113	0.000859	-0.00439
EUR1W	N	-0.000126	-0.00011	4.46E-05	0.000122	0.000135	0.000109
	T	-8.67E-05	-3.50E-05	8.57E-05	9.39E-05	1.20E-04	7.03E-05
	G	-0.00012	-0.0001	4.00E-05	0.000119	0.000136	0.000107
EUR2W	N	-0.00021	-0.00017	3.45E-04	-0.00019	0.000181	0.000351
	T	-0.0001	-4.30E-05	8.33E-05	2.23E-05	1.15E-04	5.77E-05
	G	9.38E-05	-8.69E-06	-9.27E-05	-5.82E-05	1.65E-04	1.13E-04
EUR1M	N	-0.00027	-6.09E-05	0.000368	-5.93E-05	0.000125	1.16E-04
	T	1.07E-06	2.19E-06	-3.62E-06	5.73E-06	8.25E-06	-7.11E-06
	G	-0.00021	-5.15E-05	3.32E-04	-3.40E-05	1.13E-04	8.04E-05

Nella Tabella 15 che illustra i segni dei coefficienti relativi al modello EGARCH si può notare come riguardo alle garanzie del breve termine sia colta la riduzione di volatilità che queste comportano. Per il lungo termine invece questo non accade.

Per le variabili riguardanti gli offerenti garanzie hanno segni non omogenei ma si può notare che per le operazioni LTRO la varianza è ridotta sulle scadenze più lunghe, mentre per le operazioni MRO la varianza è ridotta sulle scadenze più brevi.

Tabella 15 - Analisi dei coefficienti modello EGARCH

		EGARCH					
		lallotted	ln_bid	lbid_a	mallotted	mn_bid	mbid_a
EONIA	N	-0.365252	0.273467	0.033428	0.395899	0.010653	-0.433461
	T	-1.10381	0.272634	0.577543	0.896673	0.010956	-0.986426
	G	-2.18083	0.915688	0.663735	-0.14329	-0.21881	-0.121682
EUR1W	N	-0.377610	-0.01761	3.36E-01	0.844451	-0.11337	-0.656697
	T	-4.59E-01	3.73E-02	3.40E-01	6.21E-01	2.78E-04	-5.66E-01
	G	0.239981	-0.03904	-5.00E-01	0.105516	0.535524	-0.238645
EUR2W	N	-2.56101	-0.35352	2.28E+00	1.309195	-0.63991	-1.170772
	T	-0.40683	1.93E-02	3.13E-01	3.78E-01	5.28E-02	-3.36E-01
	G	-2.48E-01	7.09E-02	1.03E-01	8.63E-01	1.89E-01	-6.42E-01
EUR1M	N	-1.6332	-3.56E-01	1.466018	4.96E-01	-0.52802	-3.27E-01
	T	-1.50E-01	-2.02E-02	7.70E-02	2.89E-01	1.25E-01	-3.41E-01
	G	-0.18642	-2.67E-02	1.35E-01	5.35E-01	8.47E-02	-5.28E-01

Nella Tabella 16 che rappresenta i segni dei coefficienti per il modello GARCH-M le variabili che riducono la volatilità per le operazioni LTRO sono l'ammontare messo in circolazione dalla BCE e il numero degli offerenti garanzie (per le scadenze più lunghe); per le operazioni MRO il contributo maggiore alla riduzione della volatilità deriva dall'ammontare delle garanzie ricevute.

Tabella 16 - Analisi dei coefficienti modello GARCH-M

		GARCHM					
		lallotted	ln_bid	lbid_a	mallotted	mn_bid	mbid_a
EONIA	N	-0.002021	0.003569	-0.001341	0.002598	0.001904	-0.002576
	T	-0.00513	0.001178	0.003497	0.003037	0.000691	-0.00414
	G	-7.9E-06	0.000245	-0.00011	-2.6E-05	-0.00012	0.0000598
EUR1W	N	-0.001685	-0.00017	1.52E-03	0.001078	7.97E-06	-0.001045
	T	-2.26E-04	-2.80E-06	1.97E-04	2.21E-04	1.40E-05	-2.56E-04
	G	3.02E-07	-3.6E-06	-2.32E-06	3.92E-05	1.44E-05	-0.000053
EUR2W	N	-0.00243	-8.2E-05	2.40E-03	0.000292	-6.2E-05	-0.000351
	T	-0.00014	-1.45E-05	1.25E-04	8.38E-05	3.75E-16	-1.00E-04
	G	-3.86E-04	-1.83E-04	6.60E-04	-1.85E-04	1.49E-04	1.23E-04
EUR1M	N	-0.0004	-2.66E-05	0.000394	-8.55E-06	-2.6E-05	-3.23E-05
	T	-4.26E-05	-2.87E-06	4.18E-05	4.57E-05	9.61E-06	-5.78E-05
	G	-3.1E-05	7.48E-06	4.56E-05	3.08E-05	1.56E-05	-2.23E-05

Nella Tabella 17 è possibile notare che i segni sono simili a quelli evidenziati per il modello GARCH-M. Ulteriore fattore a riduzione della volatilità risulta il numero degli offerenti garanzie per le operazioni di MRO.

Tabella 17 - Analisi dei coefficienti modello IGARCH

		IGARCH					
		lallotted	ln_bid	lbid_a	mallotted	mn_bid	mbid_a
EONIA	N	-0.000002	0.000006	0.000004	-0.000001	0.000007	0.000011
	T	-0.000131	1.59E-06	7.26E-07	-2.73E-06	6.97E-06	-0.000000145
	G	-4.01E-06	4.86E-06	-8.46E-07	-1.18E-06	9.21E-06	-0.000000205
EUR1W	N	-0.000005	-1.72E-06	1.44E-06	0.000014	-5.78E-06	-0.0000122
	T	-1.47E-06	1.20E-06	4.18E-07	-1.67E-06	-2.53E-06	3.94E-06
	G	-8.2E-07	-6.99E-06	-2.60E-06	2.57E-05	-5.9E-06	-0.0000298
EUR2W	N	6.95E-06	-3.5E-06	-4.51E-06	5.52E-06	-3.76E-06	-0.00000372
	T	-1.48E-06	7.09E-07	9.44E-07	-1.95E-06	-1.83E-06	3.34E-06
	G	6.67E-06	-4.95E-07	-6.93E-06	3.63E-06	-3.73E-06	1.29E-06
EUR1M	N	8.15E-08	2.87E-08	-9.09E-08	-5.61E-07	-1.95E-06	2.46E-06
	T	-1.36E-06	2.24E-07	1.00E-06	-1.09E-05	-1.45E-06	1.15E-06
	G	-1.3E-06	2.03E-08	1.21E-06	4.81E-07	-1.98E-06	9.33E-07

Infine, nella Tabella 18, che riporta i coefficienti relativi al modello IGARCH-M le variabili che contribuiscono alla riduzione della volatilità sono l'ammontare in

circolazione, il numero degli offerenti per le operazioni LTRO, e il numero degli offerenti per le operazioni MRO.

Tabella 18 - Analisi dei coefficienti modello IGARCH-M

		IGARCH-M					
		lallotted	ln_bid	lbid_a	mallotted	mn_bid	mbid_a
EONIA	N	0.000040	0.000055	0.000008	-0.000113	0.000002	0.000221
	T	4.91E-05	0.000053	-7.9E-06	-0.00013	2.04E-05	0.000206
	G	-1.3E-05	1.54E-05	2.58E-05	1.73E-05	1.48E-05	2.78E-06
EUR1W	N	0.000001	2.36E-06	-5.89E-07	2.1E-06	-5.3E-06	5.92E-06
	T	-3.96E-06	1.40E-06	2.69E-06	2.78E-07	-3.00E-06	1.82E-06
	G	-5.9E-06	7.82E-07	7.82E-07	7.82E-07	7.82E-07	7.82E-07
EUR2W	N	4.8E-06	-2.9E-06	-2.34E-06	5.36E-06	-3.3E-06	-3.8E-06
	T	-2.1E-06	7.08E-07	1.85E-06	1.63E-06	-2.21E-06	5.78E-07
	G	2.23E-06	-4.97E-07	-2.26E-07	-3.38E-07	-2.77E-06	3.38E-06
EUR1M	N	-4E-06	-1.87E-08	2.57E-06	1.84E-06	-3.2E-06	-3.22E-07
	T	-1.74E-06	2.74E-07	1.41E-06	7.03E-07	-1.44E-06	3.29E-07
	G	-3.7E-06	-5.16E-08	2.42E-06	-4.21E-07	-2.28E-06	7.33E-07

Analisi della correlazione tra i regressori

In questo paragrafo si analizzano le correlazioni tra i regressori del modello. Osservando la Tabella 19 si può notare che i regressori relativi alle operazioni di LTRO sono correlati negativamente con quelli relativi alle operazioni di MRO e viceversa. Ciò accade per il diverso orizzonte temporale che essi ricoprono. Elevata correlazione positiva si verifica tra le variabili MRO e LTRO relative all'ammontare allocato e al numero delle garanzie offerte.

Tabella 19 - Matrice di Correlazione tra i regressori

	LALL_AM	MALL_AM	LBID_AM	MBID_AM	LN_BID	MN_BID
LALL_AMOUNT	1.000000	-0.69105	0.868946	-0.78584	0.78021	-0.47609
MALL_AMOUNT	-0.69105	1.000000	-0.56834	0.942384	-0.65136	0.65440
LBID_AMOUNT	0.868946	-0.56834	1.000000	-0.61229	0.71075	-0.18399
MBID_AMOUNT	-0.78584	0.942384	-0.61229	1.000000	-0.74138	0.62001
LN_BIDDERS	0.780207	-0.65136	0.710754	-0.74138	1.00000	-0.29136
MN_BIDDERS	-0.47609	0.654403	-0.18399	0.620006	-0.29136	1.00000

4.2.2 Analisi della Volatilità

Implementazione dei modelli GARCH

Si presentano ora i risultati ottenuti inserendo i regressori stimando gli stessi modelli precedenti.

GARCH NORMAL

la Tabella 42 riporta i parametri delle stime risultanti dal modello GARCH con distribuzione gaussiana degli errori.

Come riportato nel Cap.1, il modello GARCH è espresso dall'equazione:

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha \varepsilon_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2.$$

Nella stima del modello GARCH per la distribuzione gaussiana si può notare che la condizione di stazionarietà sia sempre verificata. Tale condizione viene rispettata quando le stime dei parametri restituiscono che $\alpha + \beta < 1$.

In particolare il parametro β , che viene moltiplicato alla componente GARCH, indica la persistenza¹² della volatilità per un dato modello. Nel caso dei modelli GARCH con distribuzione gaussiana, la persistenza è maggiore per la stima relativa al tasso EURIBOR a una settimana seguito da quello per il tasso EURIBOR a due settimane (0.552467), a un mese (0.514322) e per il tasso EONIA (0.289373).

GARCH T STUDENT

La Tabella 43 riporta i parametri delle stime risultanti dal modello GARCH con distribuzione t Student degli errori.

Nella stima del modello GARCH per la distribuzione t Student l'ipotesi di stazionarietà è fortemente violata solamente per le stime relative al tasso EURIBOR a un mese mentre per tutte le altre stime la condizione di stazionarietà è rispettata.

Il livello maggiore di persistenza è 0.555158 relativo alla stima della volatilità per il tasso EURIBOR a una settimana. Per tutte le stime sugli altri tassi la persistenza è caratterizzata da valori quali: per il tasso EONIA ha un valore negativo di -0.010357 mentre per i tassi EURIBOR a due settimane e a un mese i valori sono rispettivamente di 0.525 e 0.276.

¹² La persistenza della volatilità esprime la capacità della volatilità di evolvere un giorno dopo l'altro nella stessa direzione, cioè la volatilità di oggi è presente anche domani. Questo significa che se i mercati hanno un alto livello di volatilità oggi, molto verosimilmente avranno un livello elevato di volatilità anche domani.

GARCH GED

La Tabella 44 riporta i parametri delle stime risultanti dal modello GARCH con distribuzione GED degli errori.

Nella stima del modello GARCH per la distribuzione GED l'ipotesi di stazionarietà viene, anche in questo caso, rispettata per tutte le stime.

Il livello di persistenza maggiore si verifica nelle stime della volatilità con tassi EURIBOR a una settimana, per il quale il parametro Beta assume il valore 0.556. Livelli più bassi di persistenza sono registrati nelle stime per i tassi EONIA (0.009), EURIBOR a un mese (-0.00034) ed EURIBOR a due settimane (0.0089).

La stima con errori non gaussiani mette in evidenza la presenza di code spesse sia per le stime effettuate con la distribuzione t Student sia per la distribuzione GED. Per la distribuzione t Student il valori più prossimi alla normalità sono quelli assunti dalle stime per i tassi EURIBOR ad una settimana e a due settimane dove il parametro ν è in entrambi i casi uguale a 20. Valore simile viene assunto nel caso del tasso EONIA (15.877) mentre per il tasso EURIBOR a un mese il valore di ν è minimo. Nella distribuzione GED si notano code più spesse per il tasso EONIA con un valore di $\lambda=0.371$; mentre le code tendono ad avere una forma di tipo normale per i tassi EURIBOR con scadenza a una, due settimane ed un mese dove $\lambda=1.967$, $\lambda=1.113$ e $\lambda=1.498$.

EGARCH NORMAL

La Tabella 45 riporta i parametri delle stime risultanti dal modello EGARCH con distribuzione gaussiana degli errori.

Come riportato nel Cap.1, il modello EGARCH è espresso dall'equazione:

$$\log \sigma^2 = \omega + \beta \log \sigma_{t-1}^2 + \gamma \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}} + \alpha \frac{|\varepsilon_{t-1}|}{\sigma_{t-1}}$$

La trasformazione logaritmica garantisce che le varianze non diventeranno mai negative. In genere ci si attende che $\gamma + \alpha > 0$ mentre $\gamma < 0$.

Nella stima del modello EGARCH per la distribuzione gaussiana tale l'ipotesi è sempre rispettata per le stime effettuate per tutti i tassi presi a riferimento eccetto che per il tasso EURIBOR a due settimane.

La condizione di stazionarietà è verificata quando $0 < \beta < 1$. Nel caso della stima del modelli EGARCH con distribuzione gaussiana la stazionarietà è verificata per tutti i casi.

Il livello di persistenza maggiore lo si verifica nelle stime della volatilità con il tasso EURIBOR a una settimana, per il quale il parametro Beta assume valore 0.799 seguito dal tasso EONIA che è caratterizzato da un valore di β pari a 0.788. Livelli più bassi di persistenza vengono registrati nelle stime per i tassi EURIBOR a due settimane (0.360) ed EURIBOR a un mese (0.614).

EGARCH T STUDENT

La Tabella 46 riporta i parametri delle stime risultanti dal modello EGARCH con distribuzione t Student degli errori.

Nella stima del modello EGARCH per la distribuzione t Student l'ipotesi di stazionarietà è verificata per tutte le stime in quanto si verifica che $0 < \beta < 1$. Inoltre in ogni stima è verificata l'ipotesi per cui ci si attende che $\gamma + \alpha > 0$ mentre $\gamma < 0$ in quanto le varianze non diventeranno mai negative. Si può ritenere che in questo caso la stazionarietà è sempre verificata ad eccezione del tasso EURIBOR a un mese.

I livelli maggiori di persistenza sono assunti dalle stime per i tassi EURIBOR ad una e due settimane con valori di β rispettivamente pari a 0.810 e 0.813. Per la stima del tasso EONIA e per il tasso EURIBOR a un mese i livelli di persistenza risultano più bassi in particolare sono pari a 0.458 (EONIA) e -0.150 (EURIBOR a un mese).

EGARCH GED

La Tabella 47 riporta i parametri delle stime risultanti dal modello EGARCH con distribuzione GED degli errori.

Nella stima del modello EGARCH per la distribuzione GED l'ipotesi di stazionarietà è verificata per tutte le stime in quanto si verifica che $0 < \beta < 1$ ad eccezione della stima per il tasso EONIA. Inoltre in ogni stima è verificata l'ipotesi per cui ci si attende che $\gamma + \alpha > 0$ e $\gamma < 0$.

Il livello maggiore di persistenza è 0.847 ed è il valore relativo alla stima della volatilità per il tasso EURIBOR ad un mese. Per la stima relativa al tasso EURIBOR ad una settimana

il livello di persistenza è dello 0.589 mentre per il tasso EURIBOR a due settimane è dello 0.546. Per il tasso EONIA il livello di persistenza si abbassa sensibilmente raggiungendo un β pari a -0.371.

La stima con errori non gaussiani mette in evidenza che le stime effettuate le code della loro distribuzione sono spesse sia nel caso dell'ipotesi t Student sia nell'ipotesi GED. Tutti i valori di v sono molto prossimi a due e questo indica che la distribuzione non ha forma normale. Per le analisi effettuate considerando la distribuzione GED le stime a code più spesse sono quelle relative al tasso EONIA (0.315). I tassi EURIBOR sono caratterizzati da code meno spesse; in particolare con scadenza a una settimana il valore è pari a 0.799, con scadenza a due settimane il valore è pari a 0.973 e con scadenza ad un mese il valore è pari a 1.076.

IGARCH NORMAL

Questi modelli sono stati introdotti come alternativa ai modelli GARCH. Come esposto nel Capitolo 1, tali modelli sono caratterizzati dal vincolo per cui la somma di $\alpha + \beta$ sarà sempre uguale a uno. In questo modo la condizione di stazionarietà sarà sempre verificata.

Essendo un modello in forma vincolata, la sua formulazione diventa

$$\sigma_t^2 = \varpi + (1 - \beta)\varepsilon_{t-1}^2 + \beta\sigma_{t-1}^2.$$

Nella Tabella 48 vengono riportati i dati relativi alle stime effettuate per il modello IGARCH con distribuzione normale degli errori.

In questi modelli il livello di persistenza è sempre molto alto. In particolare per la distribuzione gaussiana il livello più alto è assunto dal tasso EURIBOR ad un mese (0.999). Seguono poi il tasso EURIBOR a due settimane (0.992), a una settimana (0.995) ed infine l'EONIA con valore di β pari a 0.985.

IGARCH T STUDENT

Nella Tabella 49 vengono riportate le stime dei parametri relativi al modello IGARCH con distribuzione degli errori t Student.

Anche in questo caso la condizione di stazionarietà è sempre verificata secondo le ipotesi del modello stesso.

I livelli di persistenza sono, anche in questo caso, molto elevati. Il livello di persistenza maggiore è ricoperto dalla stima per il tasso EURIBOR ad un mese con un valore di β pari a 1.000052 seguito dal tasso EURIBOR a una e due settimane con valori rispettivamente pari a 1.00015 e 1.000011. Infine il tasso EONIA è caratterizzato da un livello di persistenza pari a 0.979.

IGARCH GED

Nella Tabella 50 vengono riportate le stime dei parametri relativi al modello IGARCH con distribuzione degli errori GED.

Anche in questo caso la condizione di stazionarietà è sempre verificata secondo le ipotesi del modello stesso.

I livelli di persistenza sono molto elevati. Il livello di persistenza maggiore è ricoperto dalla stima per il tasso EURIBOR ad un mese, a due settimane e a una settimana con un valore di β rispettivamente pari a 0.999, 0.993 e 0.992 seguiti dal tasso EONIA con un livello di persistenza pari a 0.987.

La stima con errori non gaussiani mette in evidenza che per le stime effettuate con la distribuzione t Student le code della ipotetica distribuzione sono spesse. I valori che assume v per i tassi è costante a 20 gradi di libertà. Tale valore indica code meno spesse rispetto ad altri modelli. Per le analisi effettuate considerando la distribuzione GED le stime a code più spesse sono quelle relative al tasso EURIBOR a una settimana (1.246) e al tasso EURIBOR a un mese (1.832). Per le stime relative ai tassi EONIA e EURIBOR a due settimane, la distribuzione è una normale in quanto il parametro GED assume valore 2.

GARCH-M NORMAL

Come specificato nel Capitolo 1 questi modelli prevedono l'introduzione di una componente in media sulla base dei modelli GARCH modificando il modello con l'inserimento di un elemento che rappresenti la funzione della varianza condizionale:

$$y_t = X_t b + \delta g(\sigma_t) + \varepsilon_t$$

Essendo modelli basati sul modello GARCH presumono le stesse condizioni per definire la stazionarietà.

Nella Tabella 51 sono riportate le stime dei parametri del modello GARCH-M con distribuzione gaussiana. Si evidenzia come la condizione di stazionarietà sia sempre rispettata.

Il livello di persistenza risulta maggiore per le stime effettuate per il tasso di interesse EURIBOR ad un mese dove il valore di β è pari a 0.657. I livelli di persistenza per le stime relative ai tassi EURIBOR a una settimana e a due settimane i valori di β sono rispettivamente pari a 0.392 e 0.441. Infine il livello di persistenza relativo al tasso EONIA è di 0.030.

GARCH-M STUDENT

Nella Tabella 52 vengono riportate le stime dei parametri relativi al modello GARCH-M con distribuzione degli errori t Student.

In questo caso la condizione di stazionarietà non viene sempre rispettata: in particolare la condizione di stazionarietà non viene rispettata dai parametri relativi al tasso EONIA e al tasso EURIBOR con scadenza a due settimane; viceversa per i parametri relativi ai tassi EURIBOR a una settimana e a un mese la condizione è verificata.

Il livello di persistenza maggiore è relativo alla stima per il tasso EURIBOR a una settimana con un valore di β pari a 0.548. per il tasso EONIA il valore è pari a 0.000285 ed è quindi molto basso. Infine per il tasso EURIBOR con scadenza a una e due settimane i valori di β sono rispettivamente pari a 0.216 e 0.141.

GARCH-M GED

Nella Tabella 53 vengono riportate le stime dei parametri relativi al modello GARCH-M con distribuzione degli errori GED.

In questo caso la condizione di stazionarietà è sempre verificata fatta eccezione per le stime sul tasso EURIBOR a una settimana.

I livelli di persistenza sono significativamente minori rispetto a quelli degli altri modelli stimati. In particolare per il tasso EONIA il livello è pari a -0.002, per il tasso EURIBOR a una settimana è pari a 0.000176, per il tasso EURIBOR a due settimane è pari a 2.39E-05 ed infine per il tasso EURIBOR a un mese è pari a 0.02401.

La stima con errori non gaussiani mette in evidenza che per le stime effettuate con la distribuzione t Student le code della distribuzione sono più spesse relativamente al tasso EONIA e EURIBOR a due settimane mentre sono meno spesse, in quanto presentano maggiori gradi di libertà, per i tassi EURIBOR con scadenza ad una settimana e ad un mese.

IGARCH-M NORMAL

Questi modelli sono stati introdotti come alternativa ai modelli GARCH-M. Come per i modelli IGARCH vengono introdotti in quanto caratterizzati dal vincolo per cui la somma di $\alpha + \beta$ sarà sempre uguale a uno. In questo modo la condizione di stazionarietà sarà sempre verificata.

Il modello si basa sul IGARCH ma comprende una componente in media.

Nella Tabella 54 vengono riportati i dati relativi alle stime effettuate per il modello IGARCH-M con distribuzione normale degli errori.

In questi modelli il livello di persistenza è sempre molto alto. In particolare per la distribuzione gaussiana il livello più alto è assunto dal tasso EURIBOR a una settimana e a un mese con valori di β rispettivamente pari a 0.999 e 1.000272. Seguono poi il tasso EURIBOR a due settimane e l'EONIA con valori di β rispettivamente pari a 0.997 e 0.980.

IGARCH-M T STUDENT

Nella Tabella 55 vengono riportate le stime dei parametri relativi al modello IGARCH-M con

Anche in questo caso la condizione di stazionarietà è sempre verificata secondo le ipotesi del modello stesso.

I livelli di persistenza sono, molto elevati. Il livello di persistenza maggiore è ricoperto dalla stima per i tassi EURIBOR: in particolare quello con scadenza a una settimana ha un valore di β pari a 1.00052, quello con scadenza a due settimane ha un β pari a 1.000018 e quello con scadenza ad un mese ha un β pari a 1.000107. Infine il tasso EONIA ha un livello di persistenza pari a 0.972.

IGARCH-M GED

Nella Tabella 56 vengono riportate le stime dei parametri relativi al modello IGARCH-M con distribuzione degli errori GED.

Anche in questo caso la condizione di stazionarietà è sempre verificata secondo le ipotesi del modello stesso.

I livelli di persistenza sono molto elevati. Il livello di persistenza maggiore è ricoperto dalla stima per il tasso EURIBOR ad un mese e a una settimana con un valore di β rispettivamente pari a 1.000111 e 1.000068 seguiti dal tasso EURIBOR a due settimane che presenta un livello di persistenza pari a 0.999. Infine dal tasso EONIA con un livello di persistenza pari a 0.986.

La stima con errori non gaussiani mette in evidenza che per le stime effettuate con la distribuzione t Student le code della ipotetica distribuzione siano spesse. Tutti i valori di ν sono simili tra loro attestandosi ad un livello di 20 gradi di libertà a due e questo indica che la distribuzione non ha forma normale.

Per le analisi effettuate considerando la distribuzione GED le stime a code più spesse sono quelle relative all'EONIA(0.310) e al tasso EURIBOR a due settimane (1.677). Valori leggermente più elevati, e quindi più vicini alla condizione di normalità, caratterizzano le stime per i tassi EURIBOR a una settimana ed EURIBOR ad un mese con valori di λ rispettivamente pari a 1.677 e 1.776.

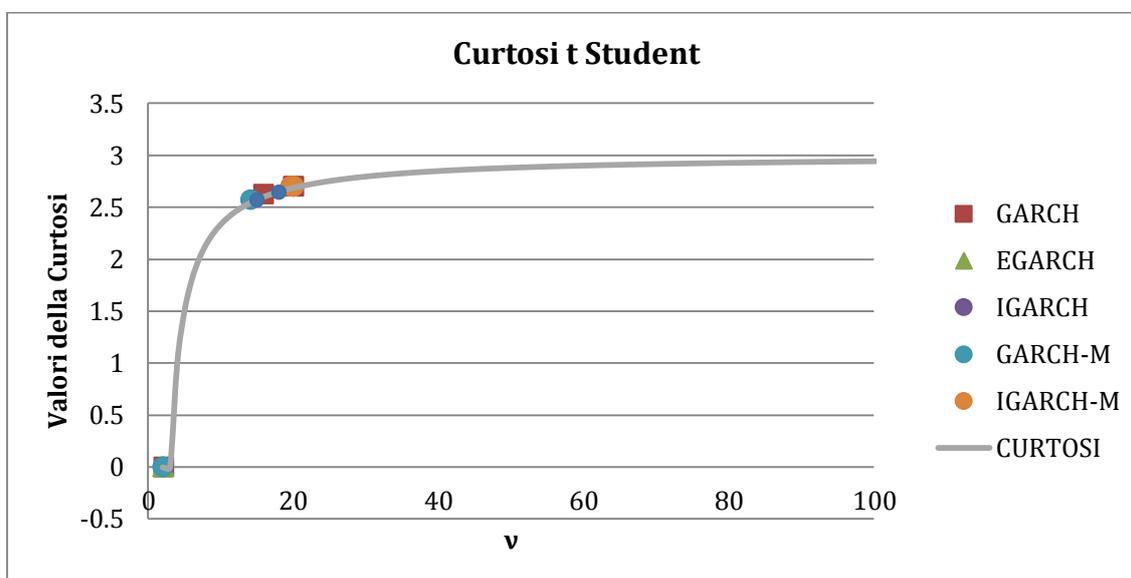


Figura 34 - Andamento Curtosi t Student

La Figura 34 riporta l'andamento della Curtosi della distribuzione t Student. La distribuzione tende alla normalità quando il valore del parametro ν (gradi di libertà) tende a $+\infty$. Essa denota normalità al tendere del parametro ν a valori infiniti mentre il valore della Curtosi tende a 3. Anche in questo caso i modelli che presentano valori prossimi alla normalità sono i modelli GARCH, GARCH - M e IGARCH-M.

Nella Tabella 20, si riportano i valori della Curtosi relativi ai gradi di libertà stimati per ciascun modello.

Tabella 20 - Valori Curtosi distribuzione t Student

	GARCH	EGARCH	IGARCH	GARCH-M	IGARCH-M
EONIA	2.625	0	2.7	0	2.7
EUR1W	2.7	0	2.7	2.7	2.7
EUR2W	2.7	0	2.7	0	2.7
EUR1M	0	0	2.7	2.57143	2.7

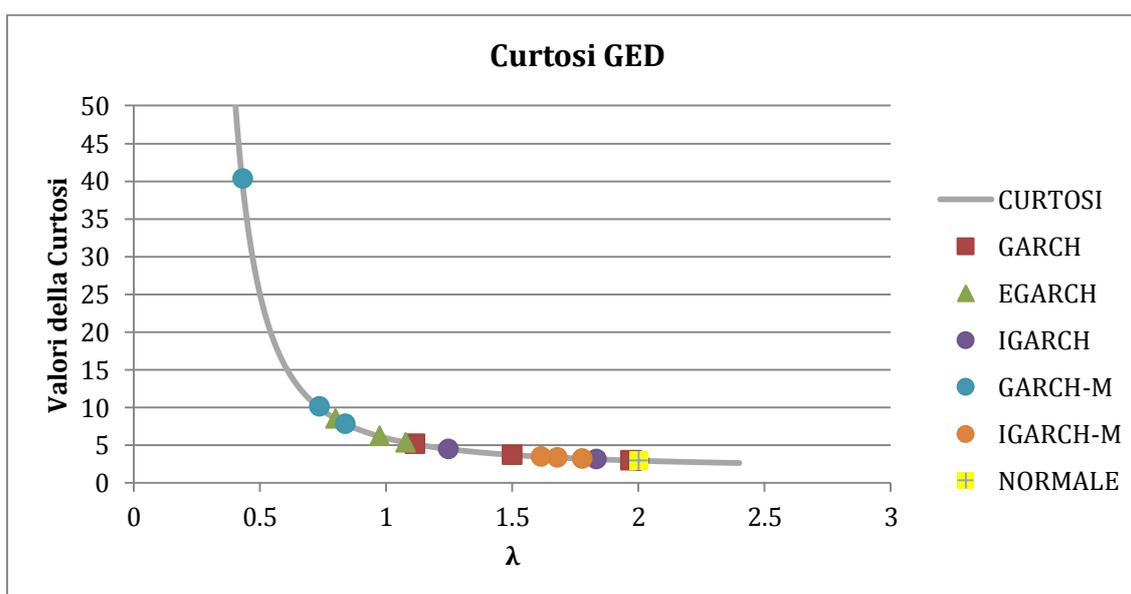


Figura 35 - Andamento Curtosi GED

Nella Figura 35 viene riportato l'andamento della Curtosi per la distribuzione GED. Tale grafico denota come la normalità venga raggiunta al tendere del parametro Lambda (parametro GED) al valore 2. In questo caso si può notare come i parametri stimati con i modelli GARCH siano molto prossimi alla normalità e in un caso specifico sono posizionati esattamente sul valore 2 che indica per definizione la normalità.

La Tabella 21 riporta i valori della Curtosi corrispondenti ai parametri GED stimati per i vari modelli.

Tabella 21 - Valori della Curtosi distribuzione GED

	GARCH	EGARCH	IGARCH	GARCH-M	IGARCH-M
EONIA	69.68868	128.576	3	297.8657	148.8305
EUR1W	3.030644	8.565144	4.527186	40.35555	3.411184
EUR2W	5.216052	6.268933	3	10.16864	3.533868
EUR1M	3.761954	5.403377	3.192851	7.867002	3.259758

ANALISI TRA I MODELLI

Da un'analisi trasversale tra i modelli, in base ai gradi di libertà della distribuzione t Student è possibile notare come i valori più alti, e quindi più prossimi a determinare una distribuzione normale, siano quelli relativi ai modelli GARCH, IGARCH-M e per il modello GARCH-M, in particolare per le stime dei tassi EURIBOR a una settimana e un mese. Tali valori si aggirano intorno a v pari a 20. Gli altri modelli invece, sono caratterizzati da valori minimi con un valore di v pari a circa 2.

Osservando i valori relativi alla distribuzione GED, anche in questo caso, quelli più prossimi alla normalità si trovano maggiormente nelle stime dei modelli GARCH, IGARCH-M e IGARCH. In particolare nei modelli IGARCH-M i valori più prossimi a due riguardano le stime dei tassi EURIBOR, mentre per i modelli IGARCH per il tasso EONIA e i tassi EURIBOR a due settimane e un mese. Per le stime del modello GARCH i risultati che approssimano meglio una distribuzione normale sono relativi alle stime per il tasso EURIBOR a una settimana ed un mese. Mentre per i modelli EGARCH e GARCH-M i valori di λ sono minori e quindi le distribuzioni relative a tali stime sono caratterizzate da code più spesse.

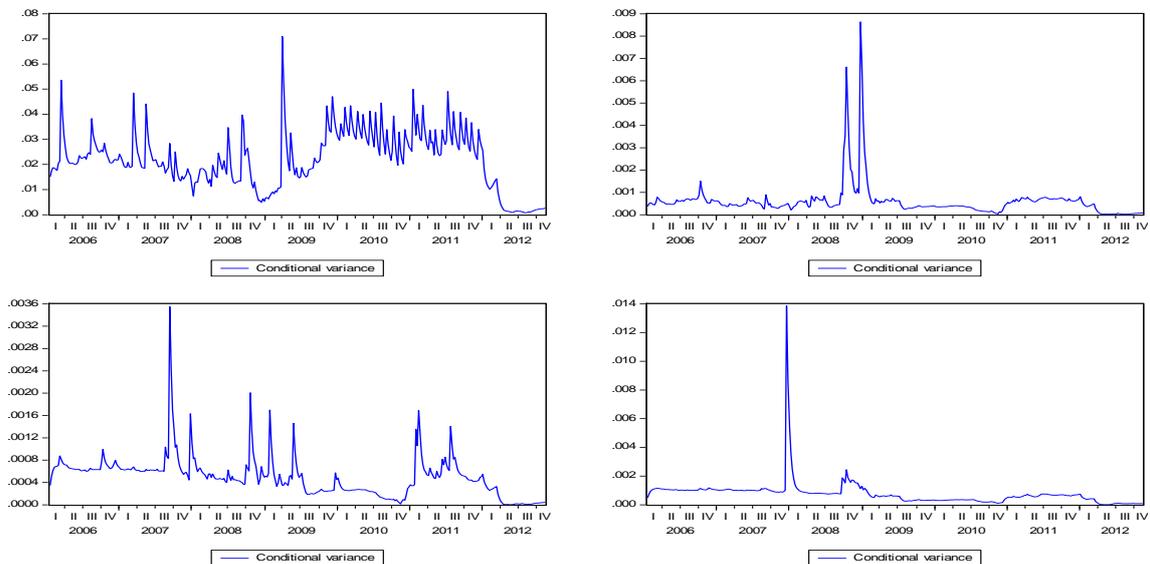


Figura 36 - Varianza condizionale modello GARCH con distribuzione Normal (EONIA, EUR1W, EUR2W, EUR1M)

I grafici della varianza condizionale, relativi al modello esponenziale EGARCH, restituiscono i seguenti andamenti:

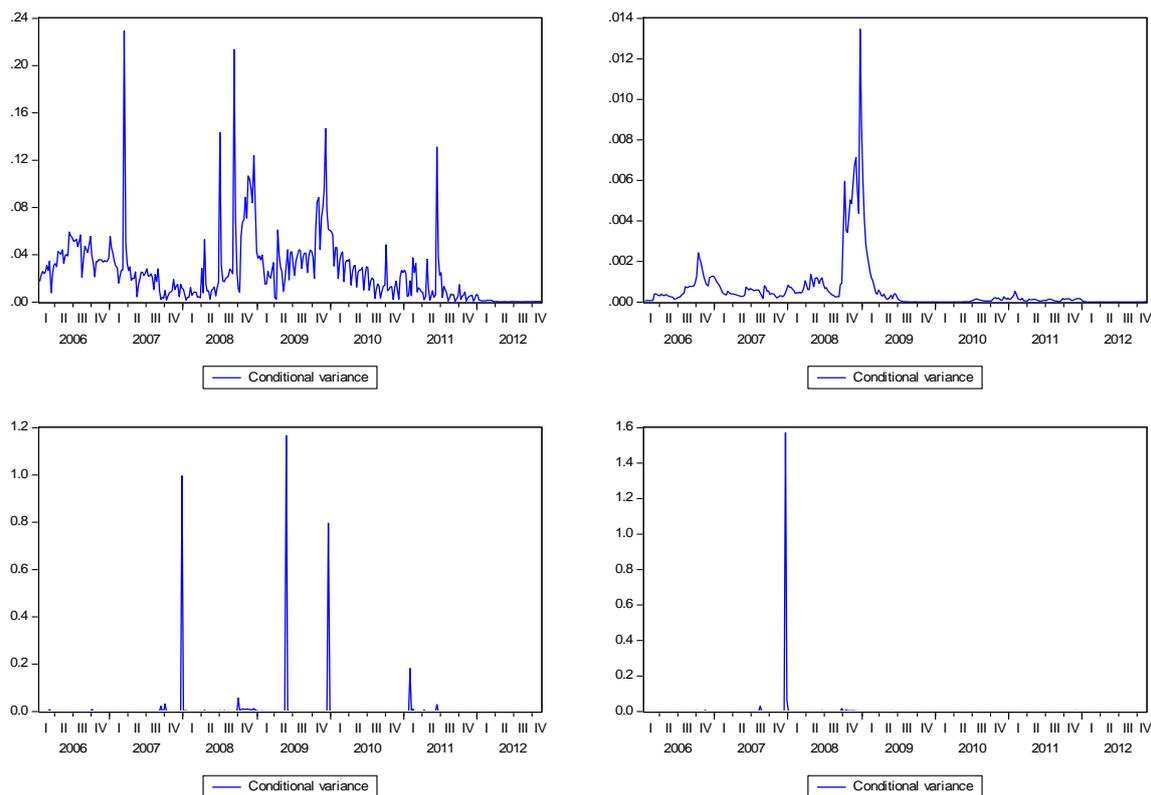


Figura 37 -Varianza condizionale modello EGARCH con distribuzione normale (EONIA, EUR1W, EUR2W, EUR1M)

4.2.3 Ranking dei Modelli Attraverso Indicatori Statistici

Come per il modello precedente è stato effettuato un primo ranking¹³ dei modelli utilizzati classificati in base ai valori delle variabili statistiche SE of regression Loglikelihood, Schwartz Information Criterion, Akaike Information Criterion¹⁴.

Tabella 22 - Ranking distribuzione Normal

model	EONIA				EUR1W				EUR2W				EUR1M			
	SER	LogL	SIC	AIC												
G(1,1)	2	3	3	3	3	5	5	5	5	3	3	3	3	5	5	5
EG(1,1)	4	2	2	2	2	1	1	1	3	1	1	1	2	1	1	1
IG(1,1)	3	1	1	1	1	2	2	2	1	2	2	2	5	2	2	2
G(1,1)-M	1	5	5	5	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
IG(1,1)-M	5	4	4	4	4	3	3	3	2	5	5	5	1	3	3	3

¹³ Il ranking è stato effettuato classificando i modelli per le tre distribuzioni degli errori. Il migliore assume numerazione 1 mentre il peggiore la numerazione 5. Nell'asse sinistro si trovano i cinque tipi di modelli analizzati mentre nell'asse orizzontale sono riportati i tassi oggetti di analisi.

¹⁴ Questi indicatori sono stati calcolati attraverso il software EViews nella stima dei modelli.

Tabella 23 - Ranking distribuzione T Student

model	EONIA				EUR1W				EUR2W				EUR1M			
	SER	LogL	SIC	AIC												
G(1,1)	3	3	3	3	5	4	5	5	4	5	5	5	4	2	1	1
EG(1,1)	2	2	2	2	3	1	1	1	5	2	2	2	4	3	3	3
IG(1,1)	1	1	1	1	1	5	2	2	1	1	1	1	2	1	2	2
G(1,1)-M	4	5	5	5	4	2	3	3	3	4	4	4	3	5	5	5
IG(1,1)-M	5	4	4	4	2	3	4	4	2	3	3	3	1	4	4	4

Tabella 24 - Ranking distribuzione GED

model	EONIA				EUR1W				EUR2W				EUR1M			
	SER	LogL	SIC	AIC												
G(1,1)	4	1	1	1	3	5	5	5	2	3	3	3	3	3	3	3
EG(1,1)	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	2	2	2
IG(1,1)	1	4	4	4	4	1	1	1	4	1	1	1	5	1	1	1
G(1,1)-M	3	3	5	5	5	3	3	3	3	5	5	5	2	5	5	5
IG(1,1)-M	2	5	3	3	1	4	4	4	1	4	4	4	1	4	4	4

Dai risultati del ranking si evince che gli indicatori di Loglikelihood, SIC e AIC restituiscono una stima omogenea e sono quindi concordanti. Per quanto riguarda l'indicatore degli errori della regressione si notano alcune lievi discordanze rispetto agli altri indicatori.

Nella distribuzione normale il modello migliore è l'EGARCH per i tassi relativi all'EURIBOR mentre per il tasso EONIA il modello migliore risulta essere l'IGARCH.

Per la distribuzione T Student non esiste una precisa concentrazione dei risultati, quindi non è possibile assumere con certezza la preferenza di un modello rispetto ad un altro.

Infine nella distribuzione GED per i tassi EURIBOR il modello migliore risulta l'IGARCH mentre per il tasso EONIA il modello migliore è il GARCH.

4.2.4 Stima del Value at Risk

Come per il modello condotto senza le variabili di politica monetaria, vengono riportati i grafici delle percentuali di sfioramento relative per ciascun modello e a ciascun anno.

Dalla Figura 38 si può notare come il modello GARCH subisca un miglioramento in seguito all'inserimento delle variabili di intervento che portano a non avere nessun sfioramento nella zona rossa e una riduzione degli sfioramenti appartenenti alla zona gialla.

Sfioramenti superiori a 10 si registrano solo per il modello IGARCH-M e per le distribuzioni Normal e Ged del modello IGARCH.

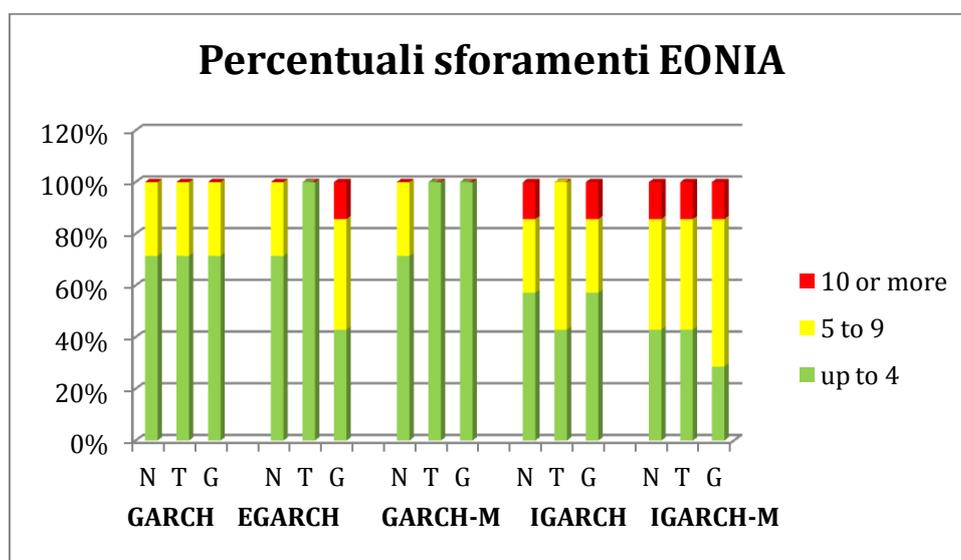


Figura 38- Percentuali sfioramenti modelli EONIA¹⁵

¹⁵ Come per i grafici riportati per il modello senza variabili di intervento, il 100% è rappresentato della totalità degli anni del campione. Sull'asse delle ascisse vengono riportate le distribuzioni per i vari modelli mentre in ordinata i livelli di percentuali di sfioramenti in base alla zona di sfioramento.

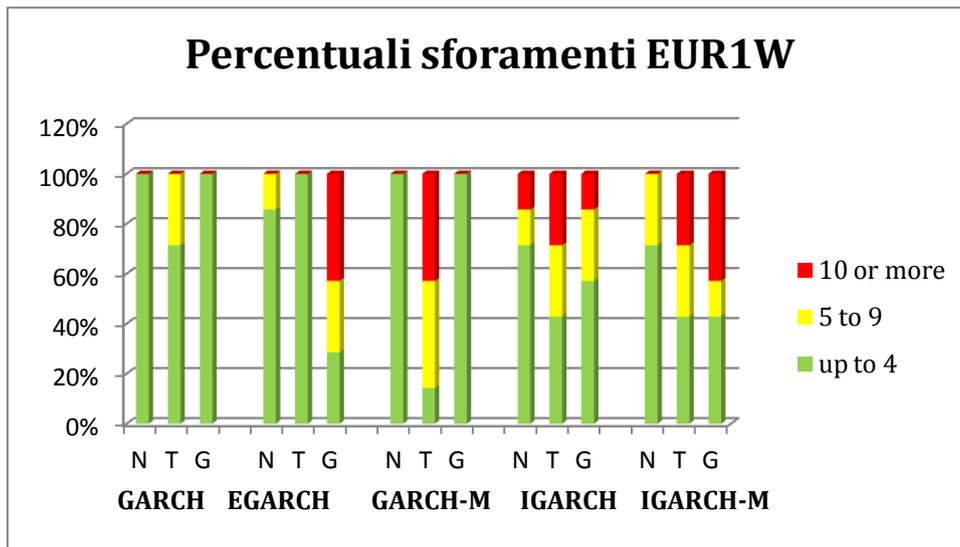


Figura 39- Percentuali sforamenti EUR1W

Nella Figura 39 viene rappresentato il numero di sforamenti percentuali relativi all'analisi sull'EURIBOR a una settimana. Qui le zone rosse aumentano, ma si può notare la presenza di distribuzioni totalmente esenti da sforamenti rilevanti.

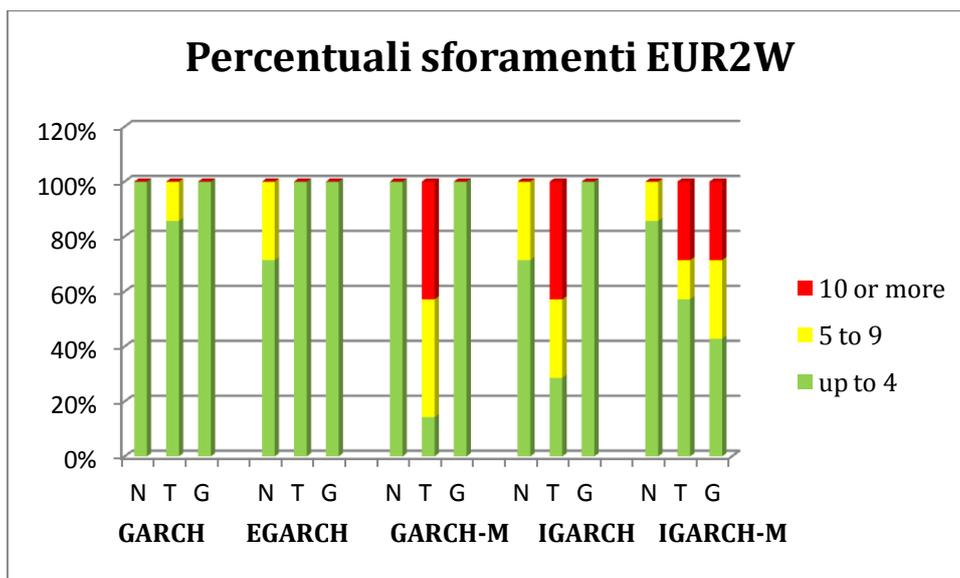


Figura 40- Percentuali sforamenti EUR2W

Nella Figura 40 che riporta l'analisi degli sforamenti per il tasso EURIBOR a due settimane la situazione migliora in quanto gli sforamenti appartenenti alle zone rosse riguardano solo le distribuzioni T Student dei modelli GARCH-M, IGARCH e IGARCH-M e la sola distribuzione GED del modello IGARCH-M.

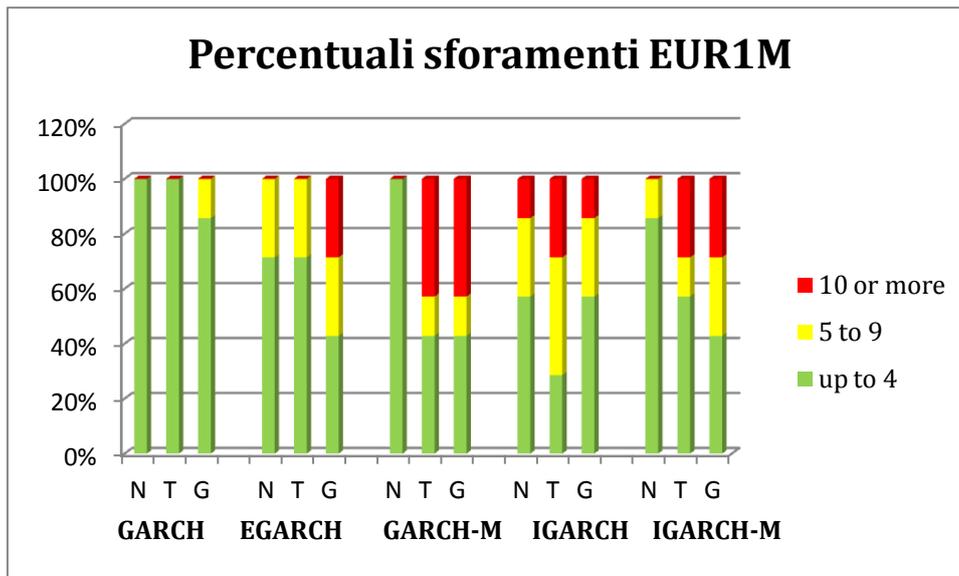


Figura 41- Percentuali sforamenti EUR1M

Dalla Figura 40 e 41 è possibile notare come l'introduzione delle variabili di politica monetaria abbiano comportato, già di per sé, una riduzione degli sforamenti registrati in alcuni anni e per alcuni modelli. Quindi non possiamo dire che ci sia in assoluto un modello migliore con l'introduzione dei regressori anche se, per alcuni modelli come il GARCH, si è potuto notare una completa eliminazione degli sforamenti nella zona rossa e una riduzione di quelli appartenenti alla zona gialla.

4.2.5 Analisi della Dispersione degli Sforamenti

Per dare ulteriore evidenza a questo fatto, si è riportato di seguito uno scatter plot ponendo sull'asse delle ascisse il numero degli sforamenti e sull'asse delle ordinate il valore del VaR. Il valore delle violazioni è calcolato come somma delle violazioni avvenute negli anni, mentre il valore del VaR è la media di tutti i valori assunti nel campione. In questo modo per ciascun modello stimato risulterà una coppia di valori che verrà graficato assieme alle altre. Ci si attende che per alcuni modelli, in particolare il GARCH, nel caso in cui non si introducano variabili esplicative, abbiano un numero di sforamenti più elevato e quindi si posizionino a destra o, comunque, abbiano un livello di dispersione molto più elevato rispetto agli stessi modelli senza le variabili di intervento. Per i modelli stimati con l'utilizzo delle variabili di intervento, ci si attende che si posizionino nella zona in alto a sinistra del grafico, cioè presentino un numero di violazioni minore. Si veda ora i grafici risultanti:

MODELLO GARCH

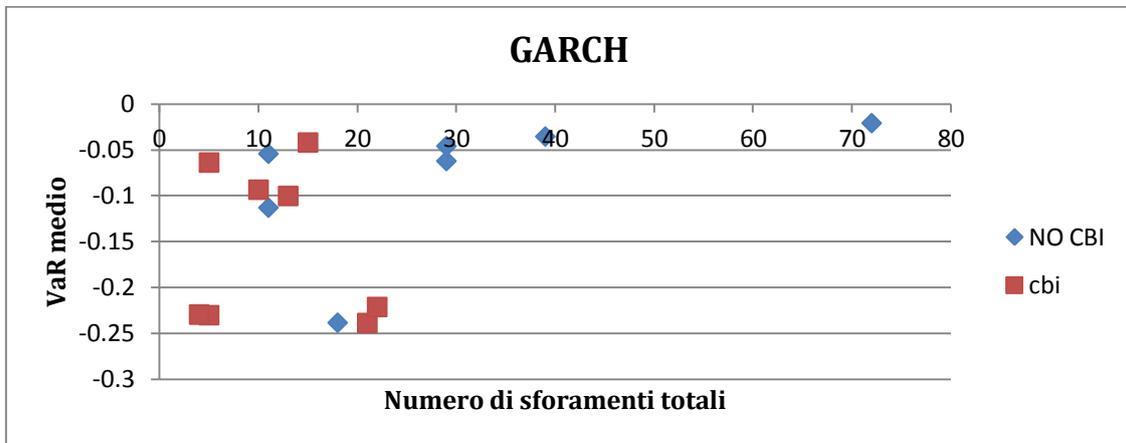


Figura 42- Scatter plot modello GARCH

MODELLO EGARCH

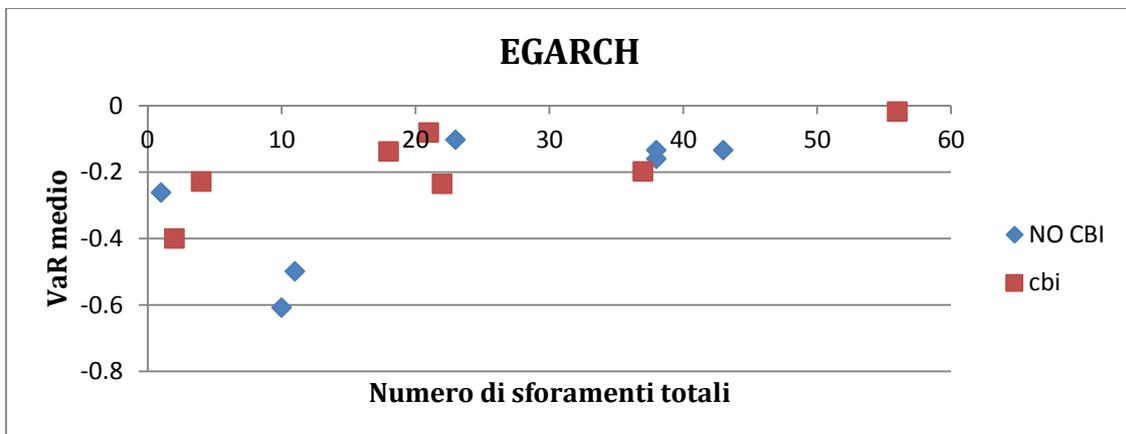


Figura 43- Scatter plot modello EGARCH

Per i primi due grafici relativi ai modello GARCH ed EGARCH si può notare che i risultati sono in linea con le attese per quanto riguarda il modello GARCH. Nel modello EGARCH la dispersione del numero degli errori è molto simile per i modelli con le variabili di intervento e per i modelli senza regressori pertanto in questo caso non si può dire quale sia il migliore tra i modelli stimati.

MODELLO GARCH-M

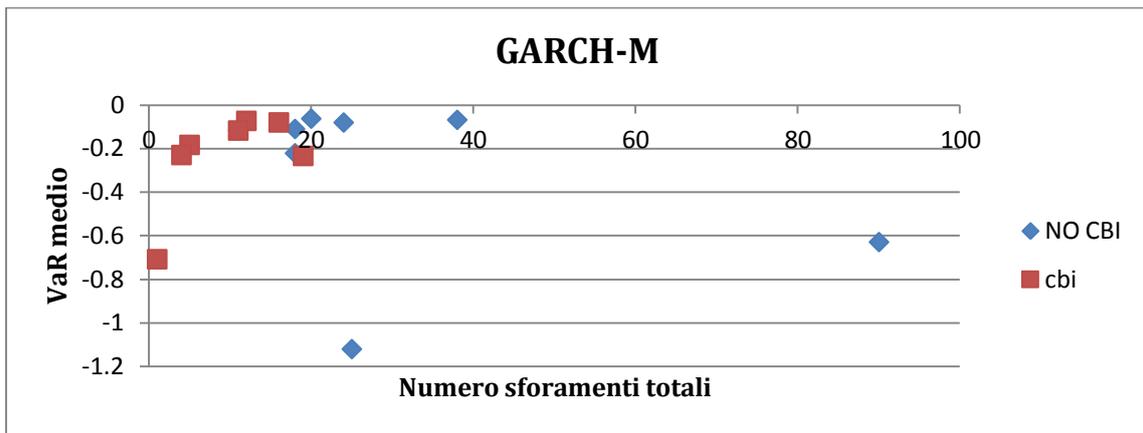


Figura 44- Scatter plot GARCH-M

MODELLO IGARCH:

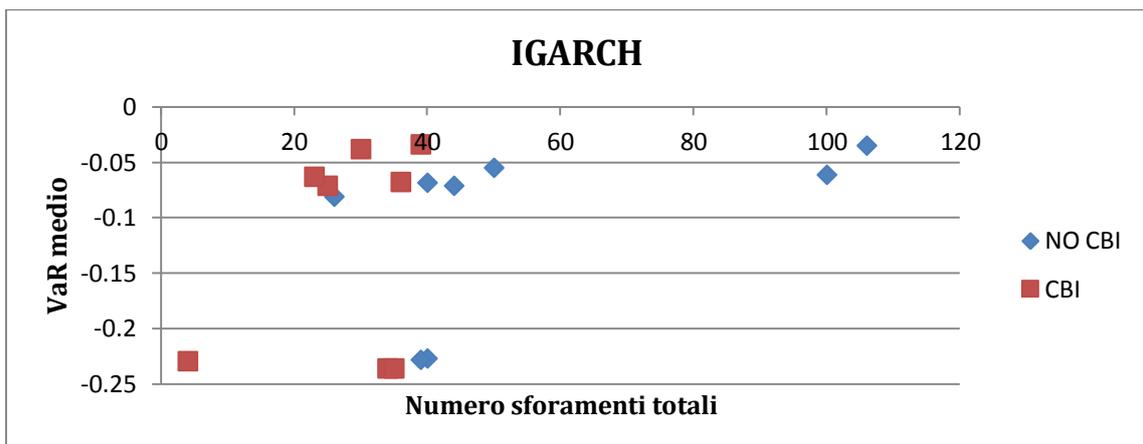


Figura 45- Scatter plot IGARCH

Per i modelli GARCH-M e IGARCH la situazione è simile a quella del modello GARCH: il numero degli sforamenti registrati per i modelli senza intervento sono maggiori rispetto a quelli che introducono le variabili di politica monetaria.

Per il modello IGARCH-M si evidenzia una dispersione simile per i due modelli tanto da evidenziare delle sovrapposizioni di alcuni valori. Si evidenzia comunque una minor dispersione dei valori relativi ai modelli con le variabili di intervento, le quali si concentrano in una zona specifica.

MODELLO IGARCH-M:

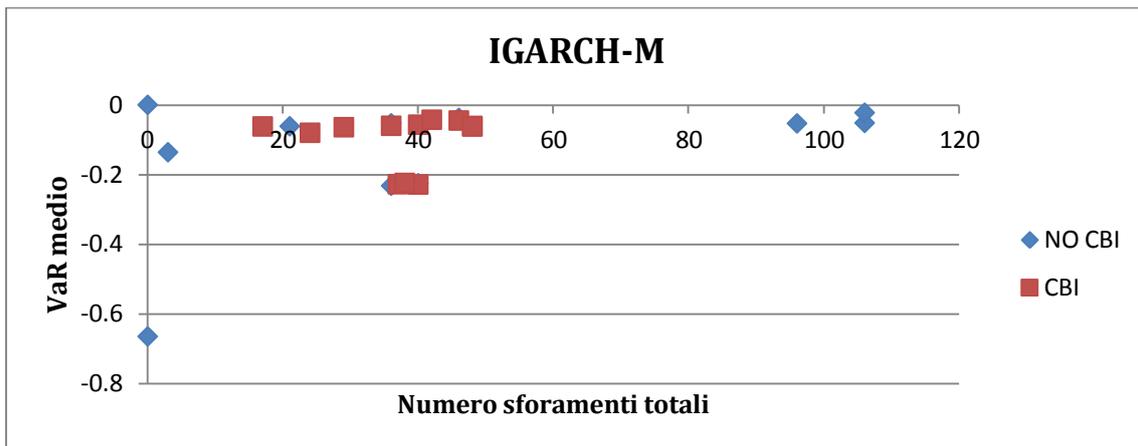


Figura 46 - Scatter plot IGARCH-M

Come si nota dagli scatter plot riportati, le attese in merito al posizionamento sul grafico sono confermate: i modelli comprensivi delle variabili di politica monetaria (CBI) si trovano nella zona destra del grafico soprattutto per i modelli GARCH, GARCH-M e IGARCH a dimostrazione che l'inserimento dei regressori ha portato ad un miglioramento in termini di violazioni registrate per determinati modelli. Per quanto riguarda il modello EGARCH il posizionamento all'interno del grafico risulta più disperso e senza una precisa concentrazione. Da questi risultati si può affermare che l'inserimento dei regressori all'interno del modello abbia portato a un miglioramento in termini di numero di sforamenti.

4.2.6 Calcolo del Daily Capital Charge (DCC)

Allo stesso modo che per il modello senza l'inserimento di variabili, si procede al calcolo dell'ammontare ottimale di capitale da allocare, la quantità DCC. La Figura 47 riporta lo stesso esempio fatto per il caso senza l'introduzione dei regressori.

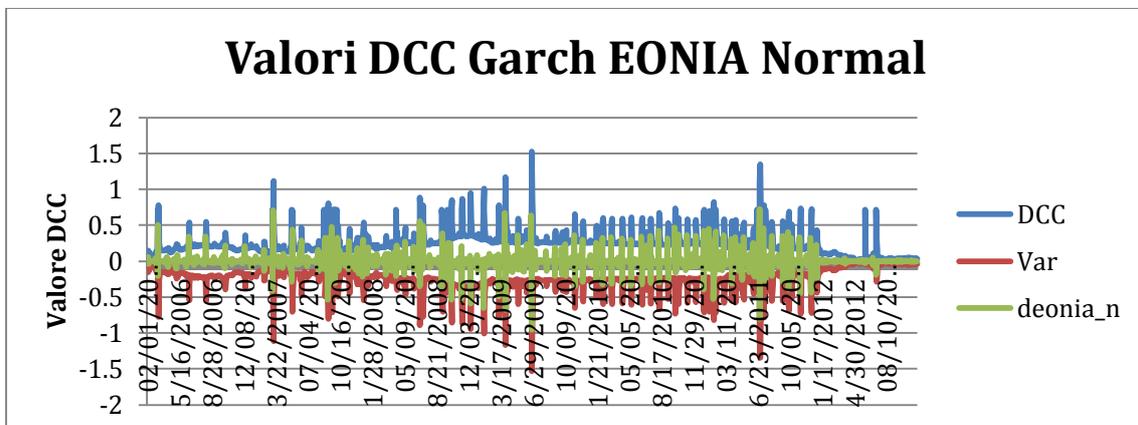


Figura 47 - Valori DCC in presenza di regressori

Anche in questo caso si ritiene opportuno focalizzarsi su un periodo significativo dal punto di vista del numero di sforamenti registrati per poter meglio osservare l'andamento dell'ammontare del capitale allocato.

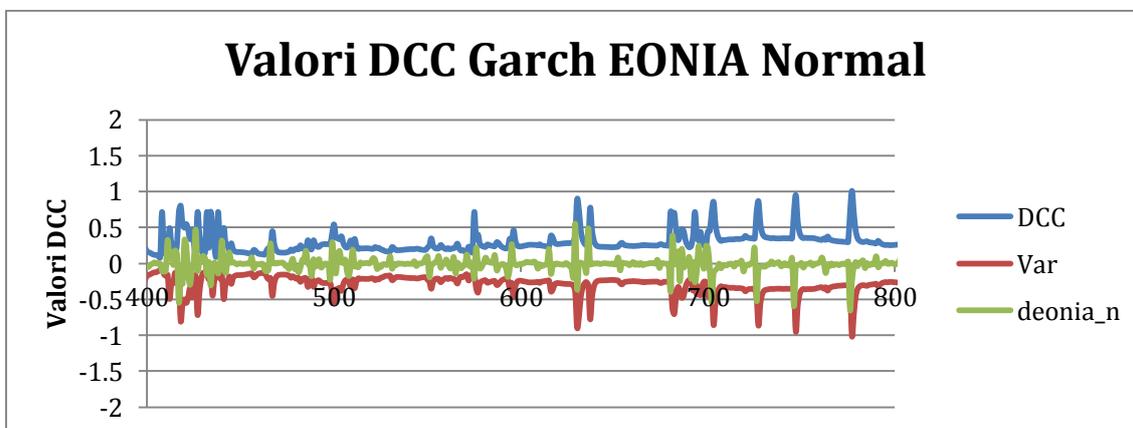


Figura 48 - FOCUS Valori DCC in presenza di regressori

Dalla Figura 48, si può notare come anche ora il DCC assuma una posizione opposta al Var e come assuma valori più elevati in corrispondenza del verificarsi di sforamenti, il che è dovuto alla penalizzazione applicata in seguito al verificarsi delle eccezioni.

4.2.7 Funzione di Ottimizzazione

Si è applicata anche in questo caso la funzione di ottimizzazione degli sforamenti, con le stesse modalità viste nel paragrafo 4.1.6.

Anche in questo caso è stato riportato solo un anno di riferimento, in particolare l'anno 2008, per mostrare l'andamento della funzione e illustrare il metodo applicato.

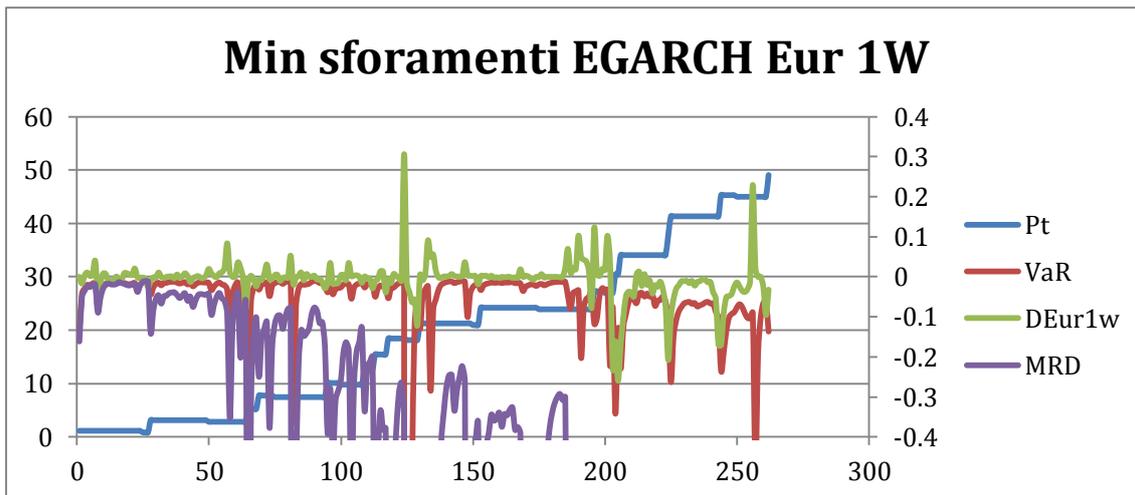


Figura 49 - Minimizzazione sforamenti EGARCH EUR 1W

In questo caso si può notare come la presenza di molti sforamenti faccia incrementare sensibilmente il valore della funzione di minimizzazione la quale ha un andamento crescente. L'andamento della linea blu che indica i valori della funzione Pt indica una maggiore propensione ad essere conservativi in termini di capitale da allocare.

Nel grafico rappresentato nella Figura 49 si può notare come la strategia segua un andamento uguale al trend del VaR quando non sono presenti violazioni, mentre un andamento che si discosta sensibilmente dallo zero in periodi caratterizzati da un maggior numero di violazioni. Nel caso preso in esame le violazioni registrate non presentano una distribuzione omogenea e pertanto è difficile stimare l'effettiva riduzione delle violazioni tramite l'utilizzo della strategia dinamica. In questo caso la riduzione delle violazioni è evidente in quanto passano da 16 a 2 violazioni e la quantità di capitale allocato giornaliero aumenta per il periodo considerato.

Risultati

La Tabella 25 riporta in sintesi i risultati descritti dagli indicatori statistici, indicando per ogni tasso considerato e per ogni distribuzione quale modello risulta essere il migliore stimatore:

Tabella 25 - Risultati indicatori statistici

	Senza regressori			Con regressori		
	Normal	t Student	GED	Normal	T Student	GED
EONIA	EGARCH	-	IGARCH	IGARCH	IGARCH	GARCH
EURIBOR 1W	IGARCH	-	IGARCH	EGARCH	EGARCH	IGARCH
EURIBOR 2W	GARCH	-	GARCH	EGARCH	IGARCH	IGARCH
EURIBOR 1M	GARCH	-	IGARCH	EGARCH	-	IGARCH

Nella Tabella 26 vengono riportati i modello e/o le distribuzioni degli errori che hanno portato ad un maggior numero di sforamenti:

Tabella 26 - Risultati stime con il VaR

	Senza regressori			Con regressori		
	Normal	t Student	GED	Normal	t Student	GED
EONIA	Tutte le stime effettuate con distribuzione GED hanno riportato un maggior numero di sforamenti rispetto alle distribuzioni Normal e t Student.			Modelli IGARCH, GARCH-M e la distribuzione GED del modello EGARCH		
EURIBOR 1W				Modelli IGARCH, la distribuzione GED del modello EGARCH e la distribuzione t St del modello GARCH-M		
EURIBOR 2W				Distribuzione t St per i modelli IGARCH e GARCH-M e la distribuzione GED per il modello IGARCH-M		
EURIBOR 1M				Distribuzioni t St e GED per GARCH-M, IGARCH, IGARCH-M e la distr. GED per il modello EGARCH.		

APPENDICE

Tabella 27 - Risultati stima GARCH Normal

GARCH NORMAL				
	EONIA	Eur1w	Eur2w	Eur 1m
ω	0.005128	1.92E-05	3.66E-08	1.32E-05
se	8.15E-05	4.57E-07	8.24E-08	1.40E-07
α	0.887576	10.64221	7.748043	3.332594
se	0.054641	0.120211	0.068181	0.025514
β	0.050108	0.108606	0.515611	0.480795
se	0.007774	0.002055	0.001710	0.001996

Tabella 28- Risultati GARCH T Student

GARCH T STUDENT				
	EONIA	Eur1w	Eur2w	Eur 1m
ω	0.005580	0.000345	4.57E-05	9.53E-06
se	0.00052	0.209E-05	2.10E-06	1.29E-05
α	0.326867	0.465076	0.345734	11.97229
se	0.052289	0.041329	0.017204	16.13515
β	-0.020503	0.373470	0.454435	0.313470
se	0.002929	0.029385	0.016946	0.024298
gdl	2.970084	13.49956	19.71731	2.071922

Tabella 29- Risultati GARCH GED

GARCH GED				
	EONIA	Eur1w	Eur2w	Eur 1m
ω	0.0002746	1.62E-05	0.000109	6.02E-06
se	0.000382	1.55E-06	3.25e-05	2.09E-07
α	3.442724	3.394826	0.478824	0.305700
se	0.876886	0.247180	0.048139	0.015545
β	0.002450	0.047654	0.406748	0.555945
se	0.003921	0.007137	0.038550	0.004373
GED par	0.302003	0.677004	1.229297	1.137756

Tabella 30 - Risultati EGARCH Normal

EGARCH NORMAL				
	EONIA	Eur1w	Eur2w	Eur 1m
ω	-3.878087	-3.711035	-6.303089	-2.622755
se	0.109545	0.043678	0.126469	0.039774
α	0.830216	1.317330	1.722029	1.183191
se	0.035346	0.031396	0.056848	0.017046
γ	-0.028915	-0.390839	-0.965304	-0.740759
se	0.031301	0.024348	0.05222	0.009065
β	0.277899	0.578223	0.218498	0.735361
se	0.021225	0.005256	0.017035	0.004159

Tabella 31- Risultati EGARCH T Student

EGARCH T STUDENT				
	EONIA	Eur1w	Eur2w	Eur 1m
ω	-1.289144	-6.090508	-0.811799	-1.008690
se	1.432220	0.930614	0.090284	0.097012
α	9.749854	0.266011	1.575886	1.063405
se	14.14541	0.129876	0.800367	0.466443
γ	-1.808763	0.088975	-0.251997	-0.206286
se	2.645499	0.056945	0.138343	0.096109
β	0.504878	0.243351	0.917881	0.912220
se	0.022660	0.077142	0.004896	0.006083
gdl	2.001996	2.053457	2.022767	2.087914

Tabella 32 - Risultati EGARCH GED

EGARCH GED				
	EONIA	Eur1w	Eur2w	Eur 1m
ω	-4.677731	-1.715750	-3.568297	-1.064373
se	2.192030	0.084661	0.080017	0.042362
α	0.151179	0.640297	0.660260	0.284510
se	0.066557	0.026002	0.016562	0.011391
γ	-0.085810	-0.066794	-0.160505	-0.014324
se	0.057679	0.016198	0.014352	0.006609
β	0.010778	0.861700	0.671031	0.915507
se	0.469764	0.008505	0.007941	0.003544
GED parameter	0.280239	0.69525	1.039742	1.070773

Tabella 33 - Risultati IGARCH Normal

IGARCH NORMAL				
	EONIA	Eur1w	Eur2w	Eur 1m
α	0.030810	0.016546	0.016911	0.025204
se	0.000282	0.000189	0.00033	0.000525
β	0.969190	0.983454	0.983089	0.974796
se	0.000282	0.000189	0.00033	0.000525

Tabella 34- Risultati IGARCH T Student

IGARCH TSTUDENT				
	EONIA	Eur1w	Eur2w	Eur 1m
α	0.036745	-	0.306643	0.000143
se	0.002351	-	0.009105	1.68E-05
β	0.963255	-	0.693357	0.999857
se	0.002351	-	0.009105	1.68E-05
gdl	2.086672	-	3.038875	2.399413

Tabella 35- Risultati IGARCH GED

	IGARCH GED			
	EONIA	Eur1w	Eur2w	Eur 1m
α	0.030446	0.080123	0.000106	0.000115
se	0.003381	0.004285	3.90E-06	5.16E-06
β	0.969554	0.919877	0.999894	0.999885
se	0.003381	0.004285	3.90E-06	5.16E-06
GED parameter	0.303457	0.454666	0.810653	0.877019

Tabella 36- Risultati GARCH-M Normal

	GARCH-M NORMAL			
	EONIA	Eur1w	Eur2w	Eur 1m
ω	0.005100	0.000352	1.36E-05	0.000402
se	8.66E-05	8.52E-05	2.35E-07	2.94E-05
β	0.875052	0.300069	4.306887	0.164809
se	0.056816	0.027780	0.092375	0.038117
α	0.054532	0.653642	0.528368	0.595107
se	0.009906	0.051781	0.004045	0.035368

Tabella 37- Risultati GARCH-M T Student

	GARCH-M T STUDENT¹⁶			
	EONIA	Eur1w	Eur2w	Eur 1m
ω	-	-	0.000275	9.49E-05
se	-	-	3.34E-05	2.42E-05
β	-	-	0.211517	0.512944
se	-	-	0.025230	0.052181
A	-	-	0.548300	0.524565
Se	-	-	0.056547	0.033647
Gdl			18.44419	14.68279

¹⁶ La componente ARCH-M è caratterizzata dalla deviazione standard. Per la distribuzione T Student non è stato possibile stimare i modelli per i tassi EONIA e EURIBOR1W in quanto la serie contiene dei valori non positivi dei quali non è possibile ricavarne il logaritmo.

Tabella 38 - Risultati GARCH-M GED

	GARCH-M GED			
	EONIA	Eur1w	Eur2w	Eur 1m
ω	0.010716	0.000798	9.00E-06	1.31E-06
Se	5.16E-05	0.000111	4.07E-07	1.31E-07
β	0.017311	0.191258	1.142038	0.582623
Se	0.001420	0.047582	0.058934	0.041455
α	0.197348	0.377902	0.183332	0.561934
Se	0.003947	0.051838	0.010177	0.012538
GED parameter	0.25812	1.188389	0.944678	0.750935

Tabella 39 - Risultati IGARCH-M Normal

	IGARCH-M NORMAL¹⁷			
	EONIA	Eur1w	Eur2w	Eur 1m
α	0.030689	0.015513	3.83E-05	6.27E-05
se	0.000302	0.000178	5.53E-06	7.05E-06
B	0.969311	0.984487	0.999962	0.999937
se	0.000302	0.000178	5.53E-06	7.05E-06

Tabella 40 - Risultati IGARCH-M T Student

	IGARCH-M T STUDENT			
	EONIA	Eur1w	Eur2w	Eur 1m
A	0.037322	0.294016	1.40E-05	5.05E-05
Se	0.002367	0.009206	3.66E-06	2.17E-05
β	0.962678	0.705984	0.999986	0.999949
se	0.002367	0.009206	3.66E-06	2.17E-05
gdl	2.087306	2.994570	2.068119	2.096489

¹⁷ La componente ARCH-M è caratterizzata della varianza.

Tabella 41 - Risultati IGARCH-M GED

	IGARCH-M GED			
	EONIA	Eur1w	Eur2w	Eur 1m
A	0.019021	0.283476	-1.94E-05	0.000116
Se	0.002747	0.007497	1.22E-06	7.02E-06
B	0.980979	0.716524	1.000019	0.999884
se	0.002747	0.074975	1.22E-06	7.02E-06
GED parameter	0.255209	0.694313	0.385709	0.692312

Tabella 42- Risultati GARCH Normal

	GARCH NORMAL			
	EONIA	Eur1w	Eur2w	Eur 1m
ω	0.005443	0.000812	0.000747	0.000401
se	0.000137	9.069e-05	8.61e-05	1.23E-05
α	0.406308	0.138704	0.136798	0.13306
se	0.014855	0.033478	0.041169	0.051282
β	0.289373	0.56017	0.552467	0.514322
se	0.012144	0.048566	0.048611	0.016198

Tabella 43 - Risultati GARCH T Student

	GARCH T STUDENT			
	EONIA	Eur1w	Eur2w	Eur 1m
ω	0.005859	0.000475	0.000354	1.28E-05
se	6.13e-05	5.28e-05	3.801E-05	9.80E-06
α	0.595313	0.14686	0.143625	7.0361879
Se	0.052993	0.027442	0.030901	5.374651
β	-0.010357	0.555158	0.525453	0.276314
se	0.003963	0.043429	0.042508	0.025337
gdl	15.87716	20	20	2.13

Tabella 44 - Risultati GARCH GED

	GARCH GED			
	EONIA	Eur1w	Eur2w	Eur 1m
ω	0.005204	0.000808	0.000263	0.000342
se	0.000697	9.71E-05	6.74E-06	1.331E-05
α	0.867211	0.136968	0.417411	0.140185
se	0.217183	0.03570	0.058549	0.036219
β	0.009156	0.55592	0.088588	-0.00034
se	0.01776	0.052925	0.028969	0.025755
GED parameter	0.370627	1.967391	1.11320	1.498364

Tabella 45 - Risultati EGARCH Normal

	EGARCH NORMAL			
	EONIA	Eur1w	Eur2w	Eur 1m
ω	-1.326080	-2.008116	-5.825502	-4.143768
se	0.051174	0.056575	0.217003	0.7898
α	0.572761	0.790293	1.278529	1.540514
se	0.024261	0.017231	0.029667	0.040339
γ	-0.076811	0.046264	-0.07940	-0.35719
se	0.018427	0.015425	0.023519	0.032462
β	0.785840	0.799173	0.359509	0.614236
se	0.009509	0.006532	0.025114	0.01824

Tabella 46 - Risultati EGARCH T Student

	EGARCH T STUDENT			
	EONIA	Eur1w	Eur2w	Eur 1m
ω	-1.301160	-1.571387	-1.582270	-1.45094
se	10.845929	0.345660	0.257794	1.11E-01
α	10.14493	3.288408	2.140834	0.843716
se	17.31703	2.976235	1.439960	0.25794
γ	-1.817401	-0.338526	-0.175505	-0.11814
se	3.122412	0.326126	0.147796	0.045667
β	0.457911	0.810168	0.813093	-0.14955
se	0.024763	0.013770	0.010342	0.007827
gdl	2	2	2	2.160949

Tabella 47 - Risultati EGARCH GED

	EGARCH GED			
	EONIA	Eur1w	Eur2w	Eur 1m
ω	-6.971800	-4.3153	-4.585749	-1.77251
se	1.773454	0.113376	0.192064	0.036659
α	0.148598	0.629577	0.555182	0.314359
se	0.049950	0.025255	0.022884	0.013644
γ	-0.015559	-0.005205	-0.122614	0.027758
se	0.041277	0.016535	0.019852	0.00763
β	-0.371193	0.588569	0.546280	0.847278
se	0.358841	0.011530	0.020023	0.003161
GED parameter	0.31547	0.798562	0.973451	1.07640

Tabella 48 - Risultati IGARCH Normal

	IGARCH NORMAL			
	EONIA	Eur1w	Eur2w	Eur 1m
α	0.015036	0.004379	0.007995	0.000414
se	0.000425	0.000125	0.000289	1.50E-05
β	0.984964	0.995621	0.992005	0.999586
se	0.000425	0.000125	0.000289	1.50E-05

Tabella 49 - Risultati IGARCH T Student

	IGARCH TSTUDENT			
	EONIA	Eur1w	Eur2w	Eur 1m
α	0.021123	-1.48E-05	-1.08E-05	-5.23E-02
se	0.000851	1.23E-06	1.09E-06	1.27E-07
β	0.978877	1.00015	1.000011	1.000052
se	0.000851	1.23E-06	1.09E-06	1.27E-07
gdl	20	20	20	20

Tabella 50 - Risultati IGARCH GED

	IGARCH GED			
	EONIA	Eur1w	Eur2w	Eur 1m
α	0.012521	0.008160	0.07126	0.000315
se	0.000416	0.0000349	0.0000267	1.27E-05
β	0.987479	0.991840	0.992874	0.999685
se	0.000416	0.000349	0.000267	1.27E-05
GED parameter	2	1.245543	2	1.832231

Tabella 51 - Risultati GARCH-M Normal

	GARCH-M NORMAL			
	EONIA	Eur1w	Eur2w	Eur 1m
ω	0.007180	0.000678	0.000586	0.000147
se	0.000188	4.48E-05	4.02E-05	2.85E-06
β	0.560509	0.242750	0.235151	0.272815
se	0.041905	0.035487	0.028077	0.020025
α	0.029689	0.391645	0.441248	0.657457
se	0.013157	0.036337	0.038846	0.004416

Tabella 52 - Risultati GARCH-M T Student

	GARCH-M T STUDENT			
	EONIA	Eur1w	Eur2w	Eur 1m
ω	0.003672	0.000149	0.004683	3.64E-05
se	0.006463	2.70E-06	0.061150	9.12E-07
β	27.91668	0.575546	1156.929	0.107444
se	49.41756	0.039208	15107.51	0.001531
α	0.000285	0.215765	0.141010	0.547638
se	0.000450	0.017089	0.020267	0.003125
gdl	2	20	2	14.07558

Tabella 53 - Risultati GARCH-M GED

	GARCH-M GED			
	EONIA	Eur1w	Eur2w	Eur 1m
ω	0.015029	0.000119	4.51E-05	4.51E-05
se	1.40E-06	1.60E-05	2.92E-06	1.70E-06
β	0.042483	2.476425	0.205976	0.917522
se	0.000730	0.366970	0.020574	0.069741
α	-0.002333	0.000176	2.39E-05	0.024013
se	0.000211	0.002711	3.51E-06	0.01052
GED parameter	0.266716	0.430978	0.734777	0.837127

Tabella 54 - Risultati IGARCH-M Normal

	IGARCH-M NORMAL			
	EONIA	Eur1w	Eur2w	Eur 1m
β	0.020456	0.000544	0.002994	-0.00027
se	0.000593	0.000114	4.46E-05	2.88E-05
α	0.979544	0.999456	0.997006	1.000272
se	0.000593	0.000114	4.46E-05	2.88E-05

Tabella 55 - Risultati IGARCH-M T Student

	IGARCH-M T STUDENT			
	EONIA	Eur1w	Eur2w	Eur 1m
β	0.028189	-5.71E-05	1.79E-05	-0.00011
se	0.001362	5.30E-06	4.38E-06	1.34E-06
α	0.971811	1.00052	1.000018	1.000107
se	0.001362	5.30E-06	4.38E-06	1.34-06
gdl	19.57508	20	20	20

Tabella 56 - Risultati IGARCH-M GED

	IGARCH-M GED			
	EONIA	Eur1w	Eur2w	Eur 1m
β	0.013688	-6.76E-05	0.000962	-0.00011
se	0.000382	4.31E-06	1.14E-05	1.47E-05
α	0.986312	1.000068	0.999038	1.000111
se	0.000382	4.31E-06	1.14E-05	1.47E-05
GED parameter	0.309564	1.677214	1.612947	1.775916

CONCLUSIONI

In questo elaborato un primo obiettivo perseguito è l'analisi dei comportamenti riguardanti la volatilità dei tassi di interesse interbancari, in particolare dell'EONIA e dell'EURIBOR per le scadenze a una settimana, due settimane e un mese.

La volatilità è stata misurata attraverso modelli a eteroschedasticità condizionale, i quali assumono che la varianza non sia costante nel tempo. In particolare sono stati utilizzati i modelli GARCH (Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity) e alcune loro varianti tra cui il modello EGARCH (Exponential GARCH), il modello IGARCH (Integrated GARCH), il modello GARCH-M ed infine il modello IGARCH-M.

L'analisi si compone di due parti: la prima si basa sull'analisi dei modelli sopra descritti senza l'utilizzo di alcuna variabile esogena; nella seconda parte, invece, sono state introdotte delle variabili relative alle politiche monetarie messe in atto dalla Banca Centrale Europea durante le fasi più critiche della crisi economica globale.

Il secondo obiettivo è quello di determinare il modello migliore, tra quelli stimati, sulla base di uno studio su alcuni indicatori statistici e su dati di tipo economico (Value at Risk).

Dalle stime effettuate è emerso che non è possibile determinare in assoluto il modello migliore, sia che si consideri i modelli stimati con l'introduzione dei regressori relativi alle variabili di intervento, sia che si consideri quelli stimati senza le variabili di intervento. In particolare, spesso accade che i modelli considerati migliori per la stima dei tassi a più breve scadenza non siano in grado di stimare al meglio le variazioni dei tassi a più lunga scadenza.

Dall'analisi con indicatori statistici emerge che, per i modelli stimati senza regressori, i modelli migliori possono variare sia in base al tipo di distribuzione scelta sia in base ai modelli utilizzati per stimare la volatilità. In particolare per il tasso EONIA l'assunzione di distribuzione normale suggerisce l'utilizzo di un modello di tipo EGARCH mentre l'assunzione di una distribuzione GED porta a un modello di tipo IGARCH. Per il tasso EURIBOR a una settimana e a due settimane esiste una convergenza tra la distribuzione normale e GED le quali entrambi indicano come migliori il modello IGARCH per il tasso EURIBOR a una settimana e il modello GARCH per il tasso EURIBOR due settimane. Infine per il tasso EURIBOR a un mese la distribuzione normale indica come migliore il modello GARCH mentre la distribuzione GED indica il modello IGARCH.

Per quanto riguarda le stime effettuate sulla base del VaR, i risultati sembrano essere più omogenei e convergenti. Le distribuzioni normale e t Student comportano una bassa numerosità di sforamenti; mentre per le stime con distribuzione GED il numero di sforamenti è nettamente maggiore. Fanno eccezione a quanto appena descritto i modelli IGARCH e IGARCH-M, i quali registrano sforamenti nella zona rossa anche nel caso di distribuzione t Student.

Nell'analisi dei modelli con le variabili esogene non è possibile ritenere migliore in assoluto un certo tipo di modello. Guardando gli esiti degli indicatori statistici si può notare come per il tasso EONIA il modello migliore per le distribuzioni normale e t Student sia il modello IGARCH, mentre per la distribuzione GED risulti migliore il modello GARCH. Uguale situazione si presenta per le stime sul tasso EURIBOR a una settimana: per le distribuzioni normale e t Student il modello migliore è l'EGARCH, mentre per la distribuzione GED è il modello IGARCH. Per il tasso EURIBOR a due settimane sono concordi le stime effettuate con distribuzione t Student e GED le quali indicano come migliore il modello IGARCH, mentre la distribuzione normale indica come migliore il modello EGARCH. Infine per le stime sul tasso EURIBOR a un mese i risultati sono ulteriormente eterogenei in quanto per la distribuzione normale il modello migliore risulta essere l'EGARCH, per la distribuzione t Student non esiste un modello migliore almeno secondo tre indicatori ed infine per la distribuzione GED il modello migliore è l'IGARCH.

Le stime effettuate sulla base del calcolo del VaR considerano la bontà dei modelli in base al numero di sforamenti registrati. Questi vengono classificati in tre zone le quali sono suddivise per numero di eccezioni registrate: in particolare la zona rossa è quella che prevede il maggior numero di sforamenti (più di dieci), quella gialla è una zona intermedia che prevede dai 5 ai 9 sforamenti, mentre quella verde prevede un numero di eccezioni da 0 a 4. In particolare per questa stima, si evidenzia che i modelli migliori per minor numero di sforamenti presenti nelle zone rosse dipendono dal tipo di tasso analizzato. Per il tasso EONIA gli sforamenti compresi nella zona rossa si registrano solamente per il modello IGARCH e IGARCH-M e, in misura molto ridotta, per la distribuzione GED del modello EGARCH. Per la stima del tasso EURIBOR a una settimana le zone rosse più evidenti si verificano anche in questo caso nei modelli IGARCH e IGARCH-M e sulla distribuzione GED del modello EGARCH ma anche per la distribuzione t Student del modello GARCH-M. Per le stime sul tasso EURIBOR a due settimane le zone dove gli sforamenti sono maggiori di dieci si presentano per la distribuzione t Student dei modelli GARCH-M e IGARCH e anche per la distribuzione GED del modello IGARCH-M. Infine per le stime sul tasso EURIBOR a

un mese le distribuzioni con maggiori sforamenti sono le distribuzioni t Student e GED per il modelli GARCH-M, IGARCH e IGARCH-M e la distribuzione GED del modello EGARCH.

Osservando i risultati che emergono dalla stima effettuata sulla base del Value at Risk, si può notare come i modelli che precedentemente presentavano un numero di sforamenti classificati nella zona verde e nella zona gialla adesso risultano essere presenti solo nella zona verde e pertanto non rilevanti. Si ritiene quindi che l'inserimento dei regressori abbia portato una stabilizzazione del VaR per certi tipi di modelli (in particolare il GARCH); per il modello EGARCH la situazione rimane per lo più invariata, anche se per il tasso EURIBOR a un mese si verifica un peggioramento in termini di sforamenti presenti nella zona gialla. Per il modello GARCH-M la situazione, anche in questo caso rimane simile mentre per il modello IGARCH sembra peggiorare introducendo sforamenti nelle zone rosse per le stime sui tassi EURIBOR a una settimana e un mese mentre per gli altri due tassi la situazione migliora leggermente. Infine per il modello IGARCH-M la situazione rimane invariata per il tasso EONIA mentre migliora per il tasso EURIBOR a una settimana. Per i tassi EURIBOR a due settimane e un mese comporta un leggero peggioramento per le distribuzioni t Student e GED.

Infine per l'analisi condotta sui valori riguardanti la normalità delle distribuzioni, si può affermare che, sia per la distribuzione t Student che per la distribuzione GED, i modelli che considerano le variabili esogene hanno una distribuzione della volatilità più vicina a quella normale rispetto ai modelli che non le considerano.

Ulteriori approfondimenti potrebbero essere effettuati, in primis, considerando il tasso interbancario EURIBOR per scadenze a più lungo termine, oppure applicare la metodologia utilizzata in questo elaborato per valutare l'incidenza delle operazioni di *quantitative easing* intraprese dalla FED sulla volatilità dei tassi interbancari all'interno del sistema bancario americano.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] Bagus P., Schiml M. H. (2009), New modes of monetary policy: qualitative easing by the Fed, *Economic Affairs*, 29(2), 46-49;
- [2] Basel Committee on Banking Supervision (2006), International convergence of capital measurement and capital standards, *Technical Report BIS*;
- [3] Basel Committee on Banking Supervision (2004), Principles for the Management and Supervision of Interest Rate Risk, *Technical Report BIS* ;
- [4] Basel Committee on Banking Supervision (2010), Basel III: International Regulatory Framework for Banks, *Technical Report BIS*;
- [5] Basel Committee on Banking Supervision (2006), Core Principles for effective Banking Supervision, *Technical Report BIS*;
- [6] Basel Committee on Banking Supervision (2012), Core Principles for effective Banking Supervision, *Technical Report BIS*;
- [7] Basel Committee on Banking Supervision (2011), Revisions to Basel III market risk frame work, *Technical Report BIS*;
- [8] Banca Centrale Europea (2010), *Bollettino mensile*, BCE
- [9] Bollerslev, T. (1986), Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity, *Journal of Econometrics*, 31, 307–327;
- [10] Casarin R., Chang C.-L., Jiménez-Martín J.A., McAleer M., Pérez Amaral T. (2012), Risk Management of Risk Under the Basel Accord: A Bayesian Approach to Forecasting Value-at-Risk of VIX Futures, *Mathematics and Computer in Simulation*, forthcoming;

- [11] C.W. Chong, M.I. Ahmad, M.Y. Abdullah (1999), Performance of GARCH Models in forecasting stock market volatility, *Journal of Finance*, 18 (5), 333–343;
- [12] A. De Socio (2011), The interbank market after the financial turmoil: squeezing liquidity in a ‘lemons market’ or asking liquidity ‘on tap’, *Working Paper n°819*, Banca d’Italia;
- [13] Engle, R. F. (1982), Autoregressive Conditional Heteroskedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation, *Econometrica*, 50, 987–1007;
- [14] Engle, R. F. and Bollerslev, T. (1986), Modelling the Persistence of Conditional Variances, *Econometric Reviews*, 5, 1–50
- [15] Engle, R. F. and Ng, V. K. (1993), Measuring and Testing the Impact of News on Volatility, *Journal of Finance*, 48, 1749–1778.
- [16] Hamilton J.D. (1994), *Time series analysis*, Princeton University press, Princeton, New Jersey;
- [17] John C. Hull (2011), *Options, futures and other derivatives*, Pearson Education, Prentice Hall, University of Toronto;
- [18] A. Krishnamurthy, A. Vissing-Jorgensen (2011), The effects of quantitative easing on interest rates channels and implication for policy, *NBER Working Paper No. 17555*, *National Bureau of economic Research*;
- [19] M. McAleer, J.A. Jimènez-Martìn, T. Pèrez-Amaral (2009), Has the Basel accord encouraged risk management during the 2008/2009 financial crisis?, *Research Paper*, disponibile su ssrn.com;
- [20] M. McAleer, J.A. Jimènez-Martìn, T. Pèrez-Amaral (2009), A Decision Rule to Minimize Daily Capital Charges in Forecasting Value-at-Risk”, *Journal of Forecasting*, 29(7), 317-334;

[21] M. McAleer (2009), The ten commandments for optimizing value-at-risk and daily capital charges, *Journal of economics Surveys*, 23 (5), 831–849;

[22] Nelson, D. (1990), Conditional Heteroskedasticity in Asset Returns: A New Approach, *Econometrica*, 59, 347–370.

[23] D. Sartore, L. Pelizzon (2013), Deciphering the Libor and Euribor Spreads During the subprime crisis, *The North American Journal of Economics and Finance*;

[24] Wu T. (2008), On the effectiveness of Federal Reserve new liquidity facilities, *Working Paper No. 2008-08*, Federal Reserve Bank of Dallas;

[25] M. Verbeek, *A Guide to Modern Econometrics*, Erasmus University Rotterdam, John Wiley & Sons , seconda edizione.