



TOR VERGATA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA

Macroarea di Ingegneria
Dipartimento di Ingegneria Civile e Ingegneria Informatica

Portafogli a confronto:
Titoli selezionati dello S&P 500 vs ETF SPY
Analisi con Treasury Bond e modello GARCH multivariato

Corso di Metodi Probabilistici e Statistici per i Mercati Finanziari
Laurea Magistrale in Ingegneria Informatica

A.A. 2024/25
Matteo Basili

Agenda

- Obiettivi
- Introduzione e Contesto
- Raccolta Dati
- Analisi Univariata (Modello GARCH)
- Analisi Multivariata (MGARCH)
- Costruzione dei Portafogli e Confronto

Obiettivi del Progetto

- Confrontare due approcci di costruzione di **portafoglio**:
 - **Titoli selezionati dello S&P 500 + Treasury Bond**
 - **ETF SPY + Treasury Bond**
- Analizzare la **dinamica congiunta delle serie storiche** tramite modelli **GARCH multivariati**
- Valutare la **diversificazione** e il **profilo di rischio-rendimento** nei due scenari
- Evidenziare le differenze tra una gestione “attiva” (selezione titoli) e una “passiva” (ETF)

Introduzione e Contesto

ETF, S&P 500 e Treasury Bond

-  **ETF (Exchange Traded Fund):** fondo d'investimento quotato in borsa che replica un indice, un settore o un paniere di asset
 - Funzionano come un “cestino di frutta”: compri un paniere già assortito invece di singoli titoli
 - Garantisce **diversificazione immediata**
-  **S&P 500:** principale indice azionario statunitense, composto dalle 500 maggiori aziende USA per capitalizzazione
-  **Treasury Bond (T-Bond):** titolo di stato USA considerato **privo di rischio**, usato per stabilizzare il portafoglio e valutare il profilo rischio-rendimento

Portafoglio

- Insieme di attività finanziarie possedute da un investitore
- **Obiettivo:** massimizzare rendimento e/o minimizzare rischio
- Ogni attività ha un **peso** (proporzione del capitale investito)
- Il rendimento atteso del portafoglio è la media ponderata dei rendimenti delle singole attività:

$$E(R_p) = \sum w_i \cdot E(R_i)$$

- La somma dei pesi: $\sum w_i = 1$

Volatilità e Complessità del Mercato

- La volatilità misura quanto i prezzi di un'attività finanziaria variano nel tempo → indica il **rischio di mercato**
- I mercati mostrano comportamenti complessi: periodi di alta e bassa volatilità tendono a raggrupparsi (**volatility clustering**)
- Modelli con varianza costante non catturano queste dinamiche

Modelli GARCH

- **GARCH** = *Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity*
- Stimano la volatilità **condizionata**, cioè variabile nel tempo
- La volatilità attuale dipende da:
 - volatilità passata
 - magnitudine dei movimenti passati
- Adatti a prevedere periodi turbolenti o stabili nei mercati

Modello GARCH in Formule

$$X_t = \sigma_t W_t$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i X_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^p \beta_j \sigma_{t-j}^2$$

dove:

- X_t = shock al tempo t
- σ_t^2 = varianza condizionata (volatilità) al tempo t
- W_t = rumore bianco (media 0, varianza 1, distrib. es. Normale o Student-t)
- α_0 = costante positiva
- α_i = peso degli shock passati
- β_j = peso della volatilità passata

Raccolta dei Dati

- **Periodo analizzato:** 31/07/2023 → 22/08/2025
 - *Training set:* ~ 92% (31/07/2023 → 20/06/2025)
- **Dati storici**
 - **Frequenza:** giornaliera
 - **Variabili:** Open, High, Low, Close, *Adj Close*, Volume
- **Fonti**
 - *Yahoo Finance* (via API *yfinance*) per azioni ed ETF
 - *U.S. Department of the Treasury* per dati sui Treasury Bonds
- **Ticker analizzati**
 - **SPY** – S&P 500 ETF (USA)
 - **AAPL** – Apple Inc.
 - **UNH** – UnitedHealth Group
 - **JPM** – JPMorgan Chase & Co.
 - **AMZN** – Amazon.com Inc.
 - **XOM** – Exxon Mobil Corp.



Analisi Univariata

(Pre-)Analisi Univariata – Stazionarietà

- I modelli GARCH richiedono una **serie stazionaria**
- Se la serie non è stazionaria \rightarrow la varianza condizionata non è ben definita
- Prima di stimare GARCH \rightarrow bisogna verificare la presenza di **unit root**

Stazionarietà dei Titoli Rischiosi

- Prezzi di chiusura aggiustati

ADF Test

Ticker	ADF – none p-value	ADF – drift p-value	ADF – trend p-value	Stazionarietà
SPY	0.94142	0.752652	0.351598	✗
AAPL	0.649811	0.483848	0.622406	✗
UNH	0.363206	0.797584	0.919827	✗
JPM	0.97682	0.914043	0.0460269	✗
AMZN	0.872699	0.454509	0.332359	✗
XOM	0.774494	0.122806	0.234096	✗

KPSS Test

Ticker	KPSS – Level p-value	KPSS – Trend p-value	Stazionarietà
SPY	< 0.01	< 0.01	✗
AAPL	< 0.01	< 0.01	✗
UNH	< 0.01	< 0.01	✗
JPM	< 0.01	≈ 0.025	✗
AMZN	< 0.01	< 0.01	✗
XOM	< 0.01	< 0.01	✗

Stazionarietà dei Titoli Rischiosi (2)

- I test precedenti suggeriscono la presenza di unit root → bisogna trasformare i dati in una forma stazionaria
- → Rendimenti logaritmici

ADF Test

Ticker	ADF – none p-value	ADF – drift p-value	ADF – trend p-value	Stazionarietà
SPY	2.42E-30	1.52E-29	3.19E-32	✓
AAPL	2.98E-28	2.74E-27	3.92E-29	✓
UNH	2.50E-38	2.01E-36	1.34E-44	✓
JPM	1.16E-29	7.04E-37	1.59E-47	✓
AMZN	7.99E-40	1.07E-36	3.39E-48	✓
XOM	1.22E-39	6.73E-37	2.37E-47	✓

KPSS Test

Ticker	KPSS – Level p-value	KPSS – Trend p-value	Stazionarietà
SPY	> 0.10	> 0.10	✓
AAPL	> 0.10	> 0.10	✓
UNH	> 0.10	> 0.10	✓
JPM	> 0.10	> 0.10	✓
AMZN	> 0.10	> 0.10	✓
XOM	> 0.10	> 0.10	✓

Eteroschedasticità (Non Condizionata)

- Controlliamo la stazionarietà in varianza, ovvero se le serie sono omoschedastiche o eteroschedastiche

Breusch-Pagan Test

Ticker	BP p-value	Eteroschedasticità (non condizionata)
SPY	0.00293477	✓
AAPL	0.00286534	✓
UNH	0.00171608	✓
JPM	0.0037719	✓
AMZN	0.114901	✗
XOM	0.0469679	✗

White Test

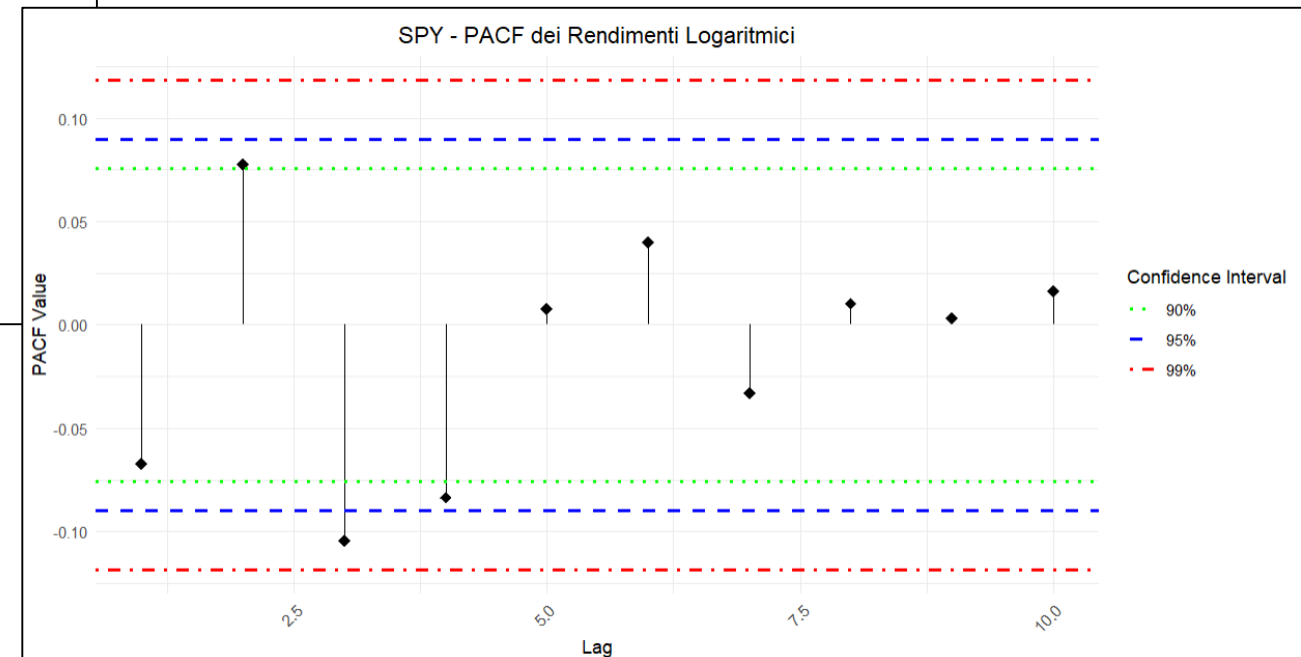
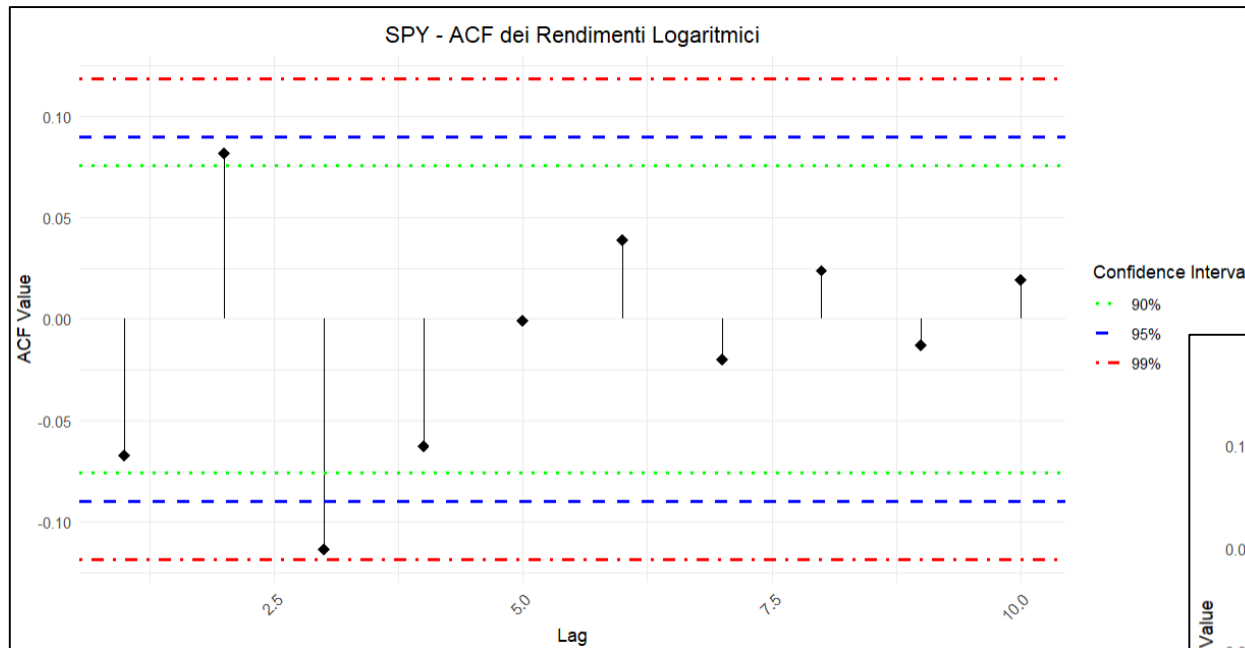
Ticker	W p-value	Eteroschedasticità (non condizionata)
SPY	0.00195975	✓
AAPL	0.00208461	✓
UNH	0.0009485	✓
JPM	0.0148826	✗
AMZN	0.0343536	✗
XOM	0.00690813	✓

Autocorrelazione

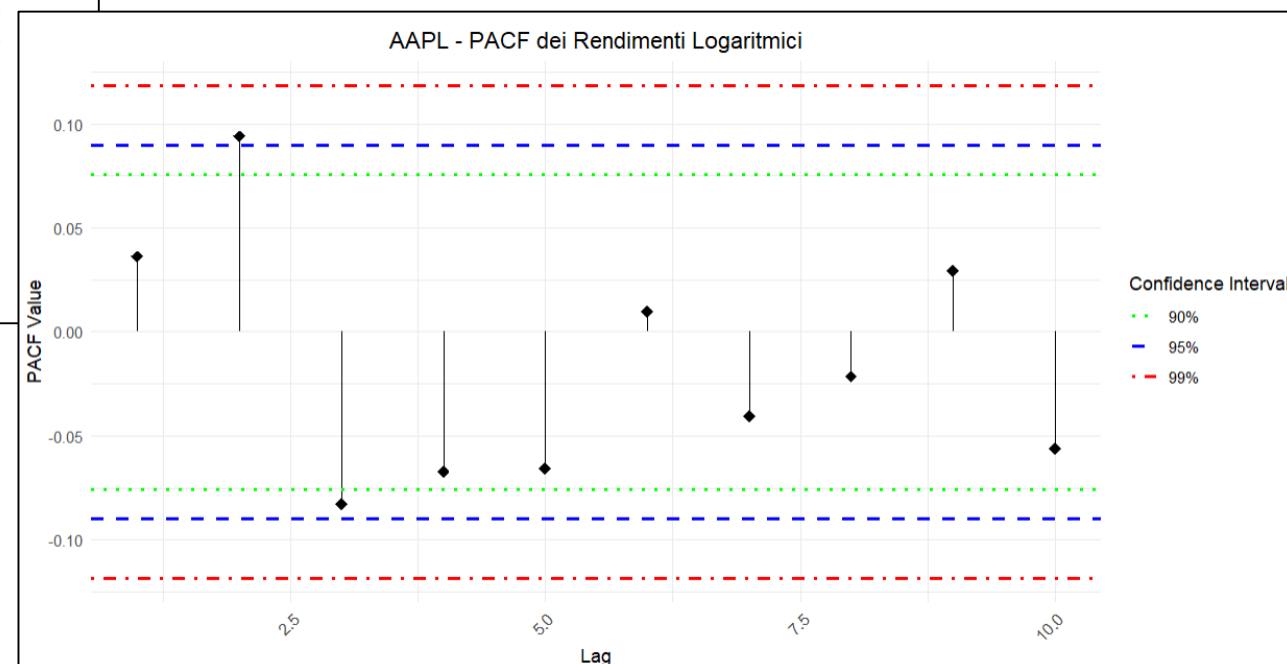
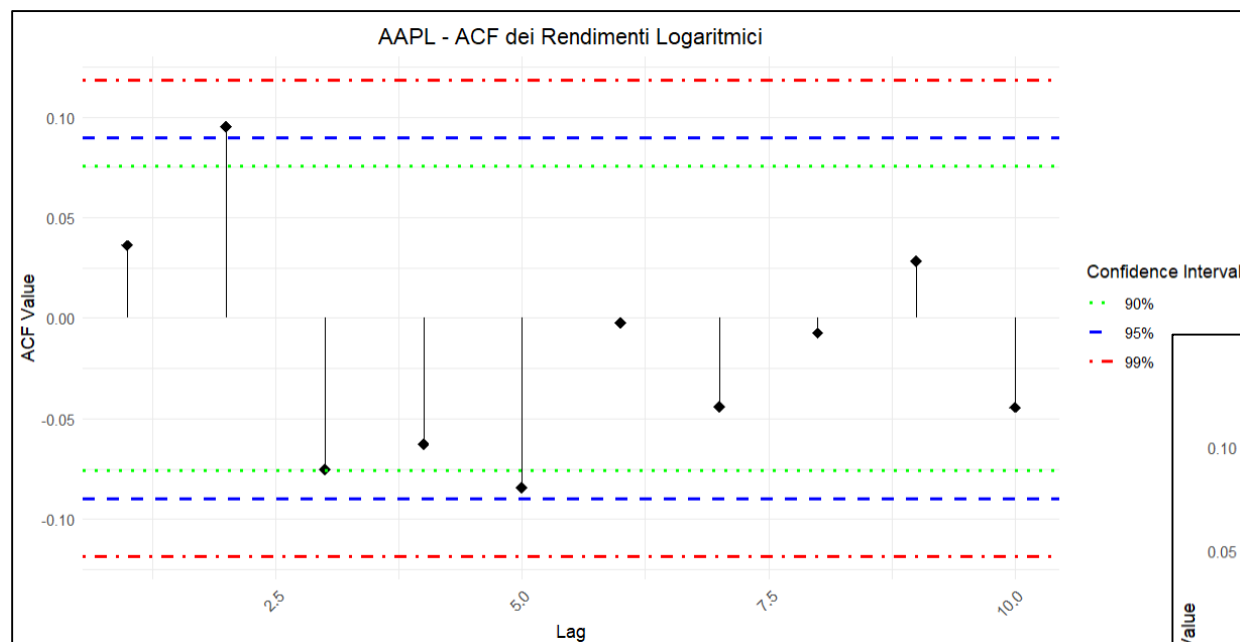
Ljung-Box Test

Lag	LB – SPY p-value	LB – AAPL p-value	LB – UNH p-value	LB – JPM p-value	LB – AMZN p-value	LB – XOM p-value	Autocorrelazione (SPY, AAPL, UNH, JPM, AMZN, XOM)
1	0.142402974	0.42862879	0.03083367	0.9804463	0.5411195	0.914216	✗, ✗, ✗, ✗, ✗, ✗
2	0.068563197	0.08356372	0.07749714	0.4248511	0.3828777	0.6627074	✗, ✗, ✗, ✗, ✗, ✗
3	0.009148828	0.05318466	0.16356259	0.5315523	0.5759212	0.748159	✓, ✗, ✗, ✗, ✗, ✗
4	0.00934996	0.04839087	0.21902999	0.3931914	0.7335104	0.8601217	✓, ✗, ✗, ✗, ✗, ✗
5	0.019654094	0.0236798	0.32309448	0.46006	0.8205593	0.8603154	✗, ✗, ✗, ✗, ✗, ✗
6	0.027823087	0.0435093	0.44202997	0.4151109	0.8971367	0.922973	✗, ✗, ✗, ✗, ✗, ✗
7	0.045103743	0.05274746	0.52995827	0.4568116	0.8560526	0.4141386	✗, ✗, ✗, ✗, ✗, ✗
8	0.066511746	0.08332647	0.59184484	0.3921891	0.8678792	0.5180905	✗, ✗, ✗, ✗, ✗, ✗
9	0.098930951	0.11089577	0.61431763	0.4905039	0.8777684	0.3083904	✗, ✗, ✗, ✗, ✗, ✗
10	0.135751491	0.12187167	0.69675598	0.5661378	0.9218515	0.393736	✗, ✗, ✗, ✗, ✗, ✗

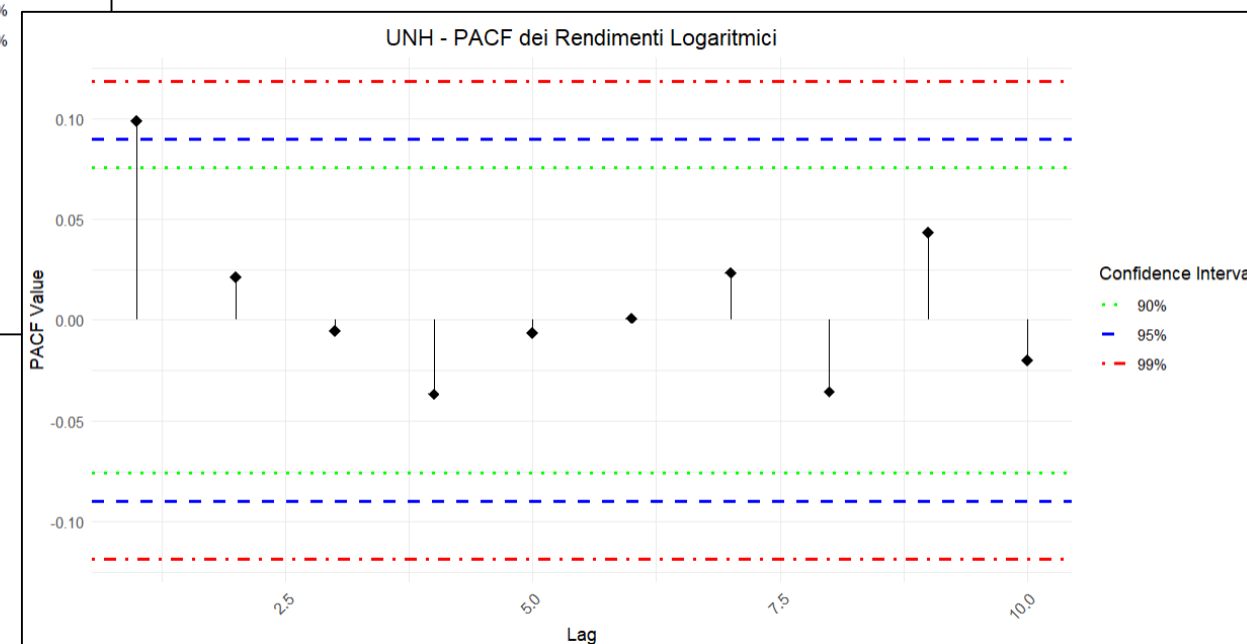
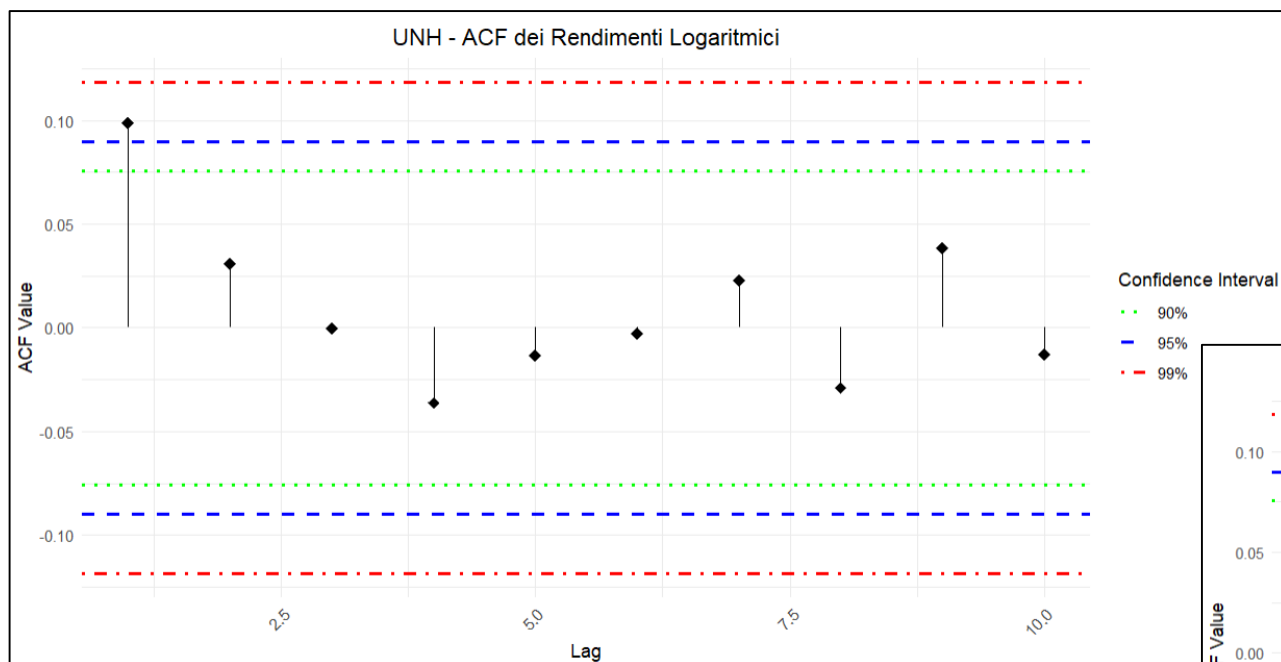
Autocorrelogrammi – SPY



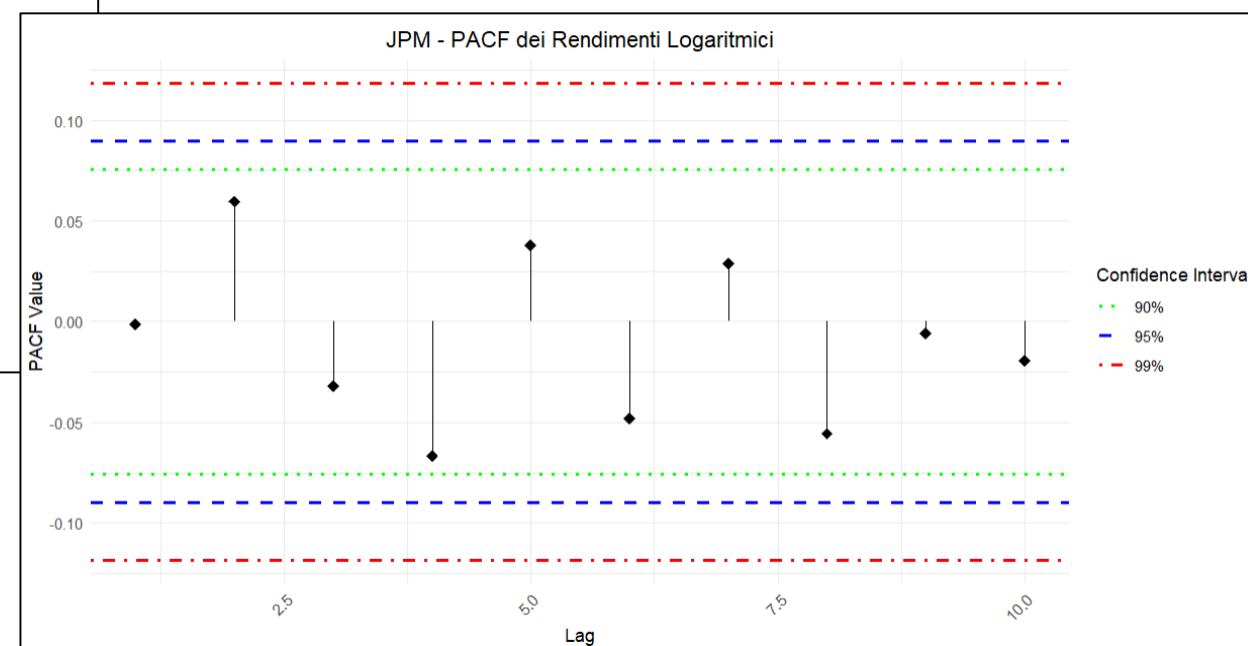
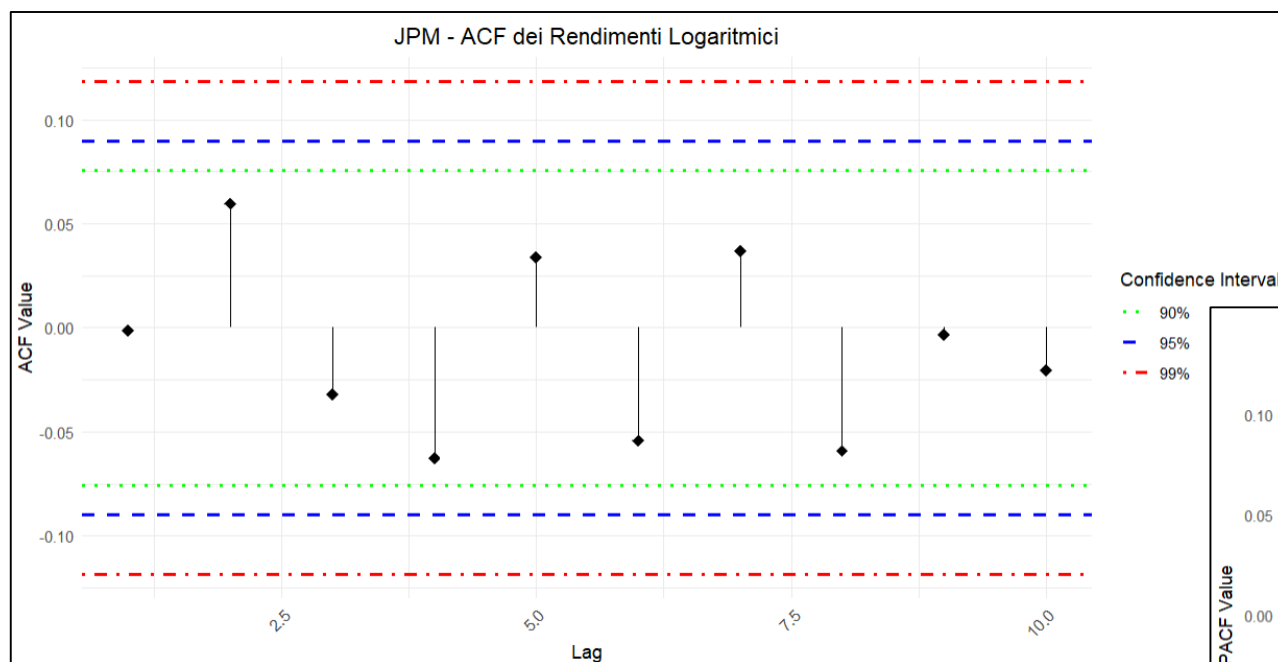
Autocorrelogrammi – AAPL



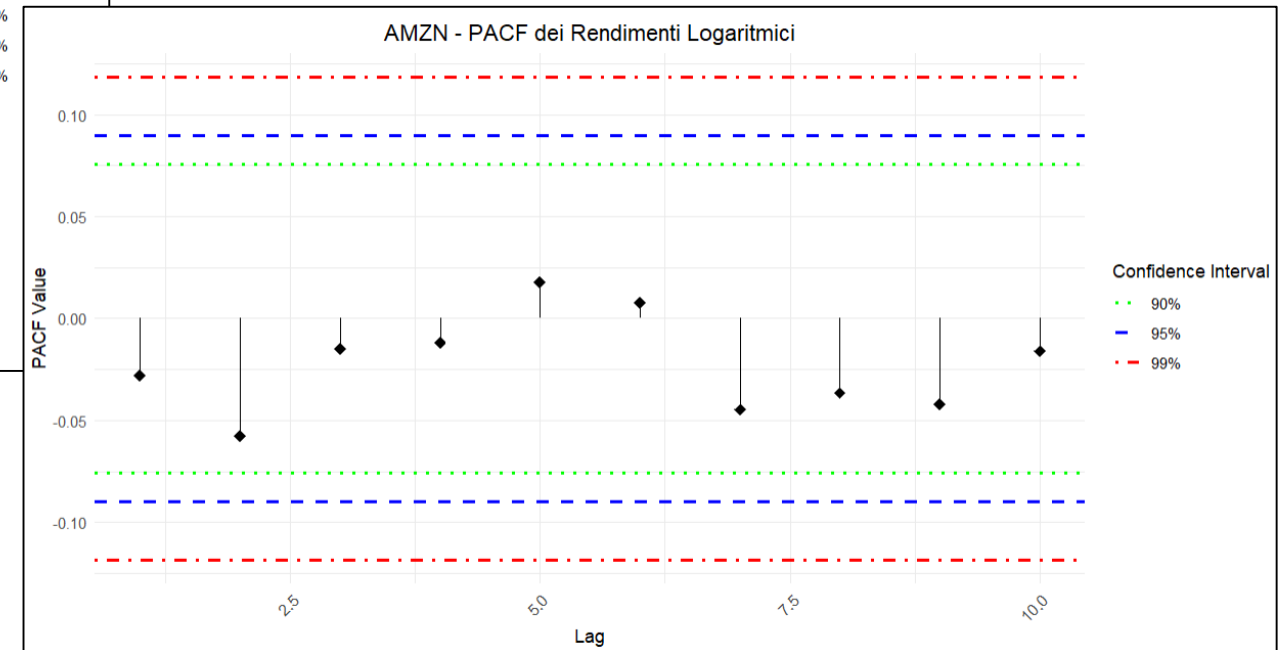
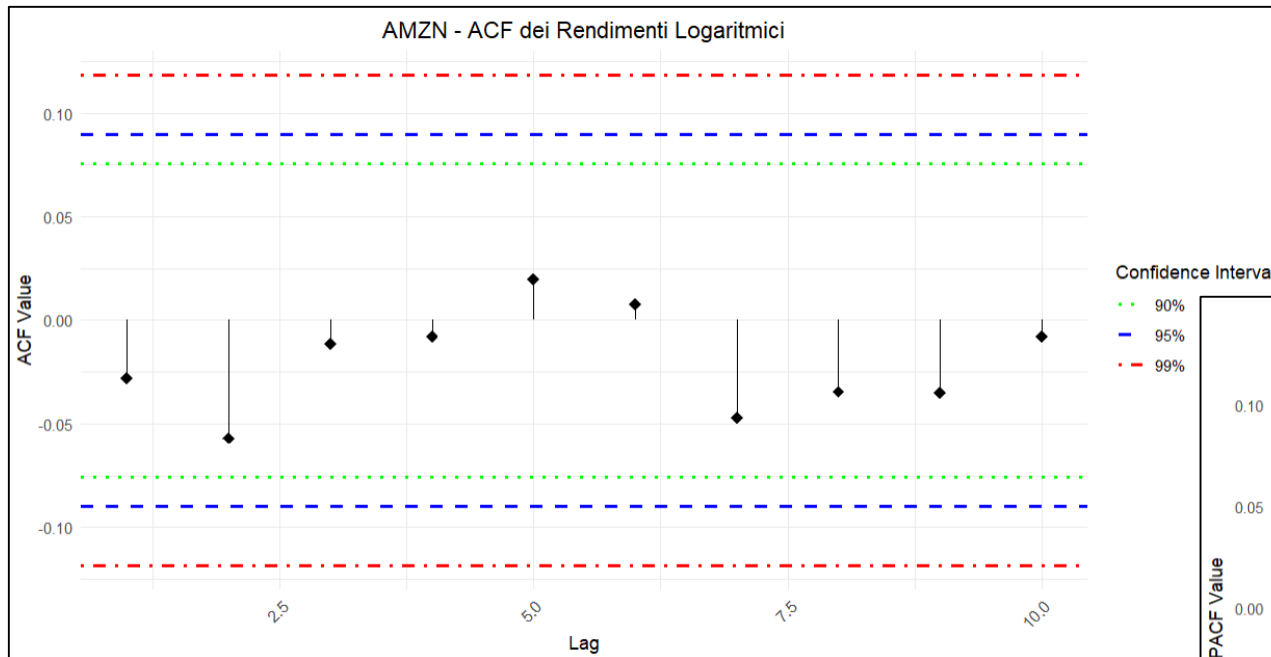
Autocorrelogrammi – UNH



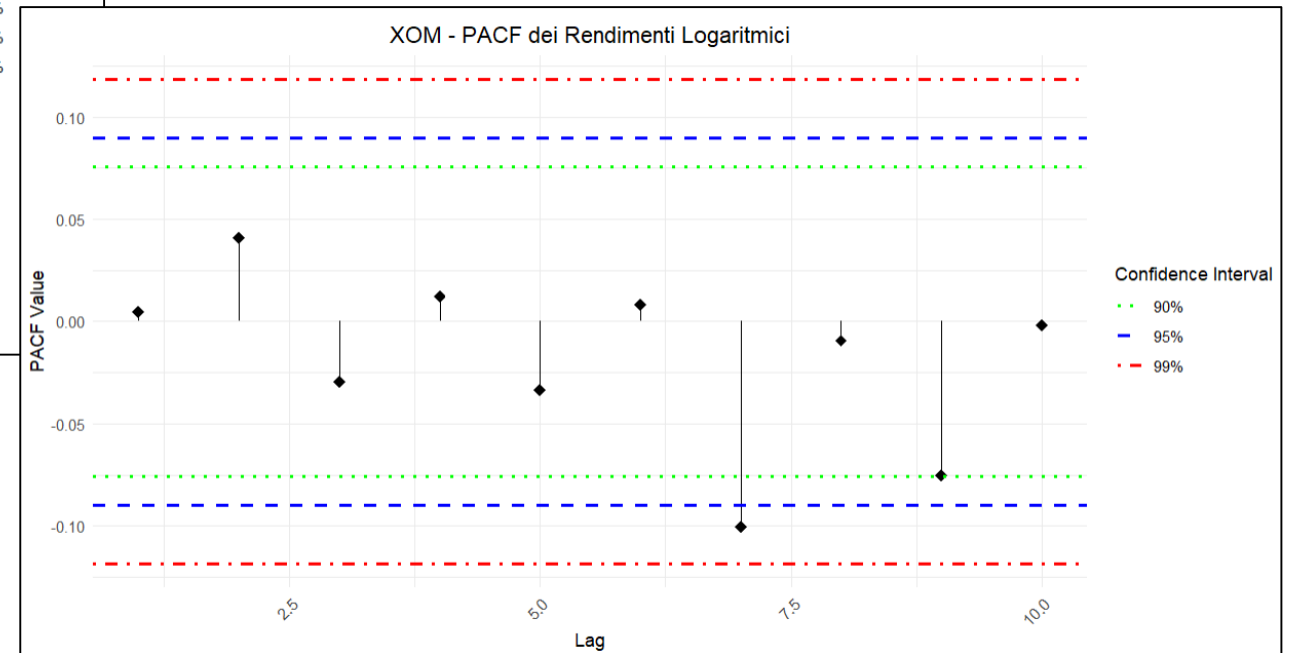
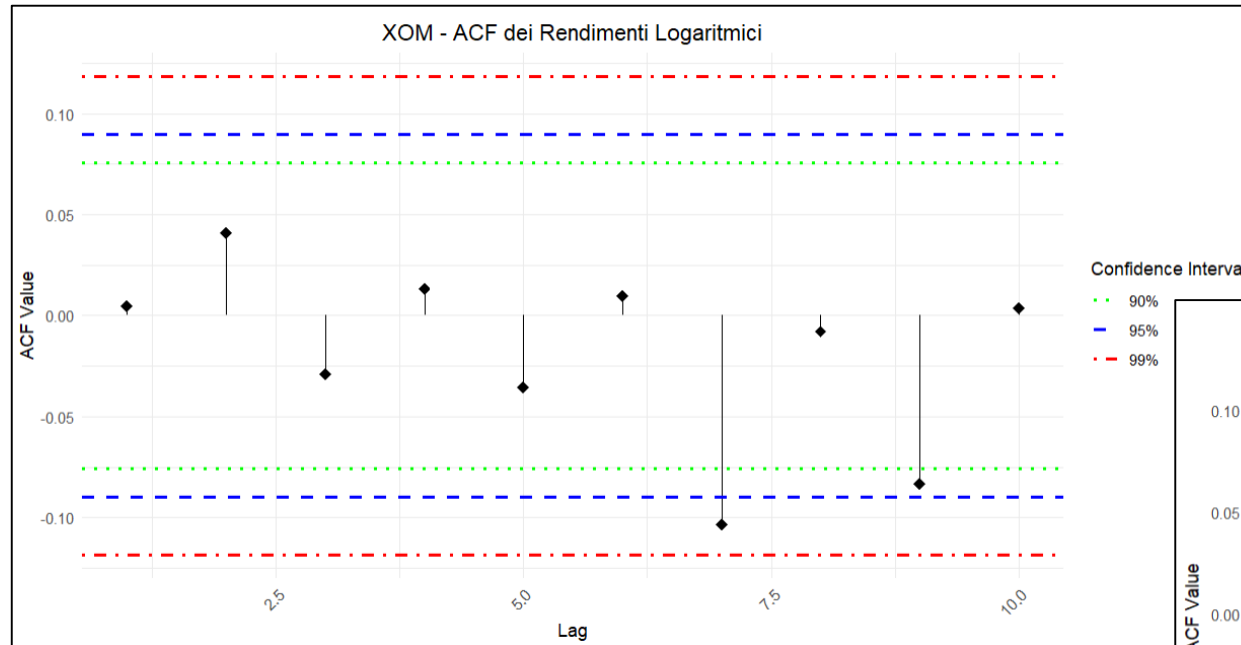
Autocorrelogrammi – JPM



Autocorrelogrammi – AMZN



Autocorrelogrammi – XOM



Eteroschedasticità Condizionata

- Se tale condizione non fosse presente, allora sarebbe inappropriato utilizzare un modello GARCH

Engle ARCH Test

Lag	ARCH – SPY p-value	ARCH – AAPL p-value	ARCH – UNH p-value	ARCH – JPM p-value	ARCH – AMZN p-value	ARCH – XOM p-value	Eteroschedasticità condizionata (SPY, AAPL, UNH, JPM, AMZN, XOM)
1	1.68E-07	3.86E-07	0.3093108	1.89E-05	5.27E-03	7.38E-10	✓, ✓, ✗, ✓, ✓, ✓
2	7.64E-07	1.21E-06	0.1027419	1.05E-04	1.67E-02	6.02E-09	✓, ✓, ✗, ✓, ✓, ✓
3	2.82E-15	1.44E-09	0.2020361	6.02E-05	2.84E-02	6.95E-10	✓, ✓, ✗, ✓, ✓, ✓
4	5.34E-16	2.57E-14	0.2926928	3.95E-05	1.00E-06	5.16E-14	✓, ✓, ✗, ✓, ✓, ✓
5	2.45E-15	5.01E-14	0.4215873	1.14E-04	2.51E-06	1.26E-13	✓, ✓, ✗, ✓, ✓, ✓

Risultati – Titoli Rischiosi

- **SPY** → Effetti ARCH significativi (1%) → **GARCH appropriato**
- **AAPL** → Effetti ARCH significativi (1%) → **GARCH appropriato**
- **UNH** → Nessuna eteroschedasticità condizionata significativa ($p > 0.10$) → **GARCH non appropriato**
- **JPM** → Effetti ARCH significativi (1%) → **GARCH appropriato**
- **AMZN** → Effetti ARCH significativi (1% ai lag 1, 4, 5; 5% ai lag 2, 3) → **GARCH appropriato**
- **XOM** → Effetti ARCH significativi (1%) → **GARCH appropriato**
- Conclusione:
 - *Il modello GARCH sarà stimato per SPY, AAPL, JPM, AMZN e XOM*
 - *UNH esclusa dalle analisi*

Stima e Selezione dei Modelli GARCH

- **Configurazioni testate:**
 - $p, q \in \{0, \dots, 4\}$, con $p = q = 0$ escluso
 - Distribuzioni: Normale, Skewed Student-t (sstd), Skewed GED (sged)
- **Criteri di selezione:**
 - Solo modelli convergenti
 - Ordinamento tramite **AICc** e **BIC**
 - Scelta del modello migliore che soddisfa le seguenti condizioni sui **residui standardizzati**:
 - Assenza di autocorrelazione (test Ljung-Box, ACF, PACF)
 - Coerenza con la distribuzione ipotizzata (test SW, JB, KS, QQ-Plot)
 - Stazionarietà e omoschedasticità non condizionata (test KPSS, Breusch-Pagan, White)
 - Assenza di eteroschedasticità condizionata (test ARCH)
- **Libreria utilizzata:** *rugarch*

Modelli GARCH(p,q) Selezionati

- Dopo il processo di stima e validazione:
 - **SPY** → **GARCH(4,1)**, distribuzione **sged**
 - **AAPL** → **GARCH(1,3)**, distribuzione **sstd**
 - **JPM** → **GARCH(1,0)**, distribuzione **sstd**
 - **AMZN** → **GARCH(1,1)**, distribuzione **sstd**
 - **XOM** → **GARCH(1,1)**, distribuzione **sged**

Analisi Residui Standardizzati – Esempio

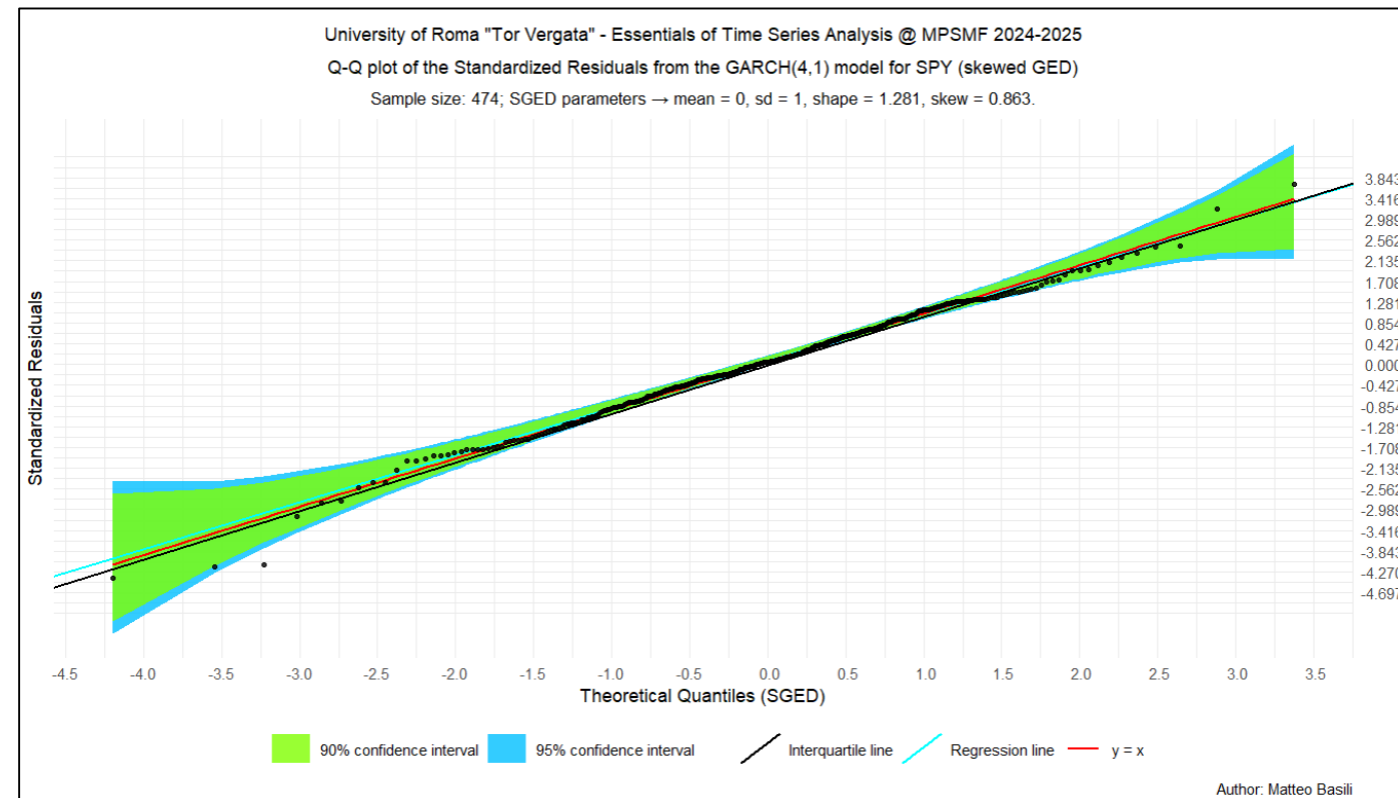
- SPY → GARCH(4,1) sged
 - Coerenza con la distribuzione ipotizzata
 - Normalità
 - Shapiro-Wilk (SW)
 - Jarque-Bera (JB)

Test	Statistica	p-value	Normalità
SW	9.68E-01	1.42E-08	×
JB	1.24E+02	0.00E+00	×

Esempio (2)

- SPY → GARCH(4,1) sged
 - Coerenza con la distribuzione ipotizzata
 - Q-Q plot
 - Kolmogorov-Smirnov (KS)

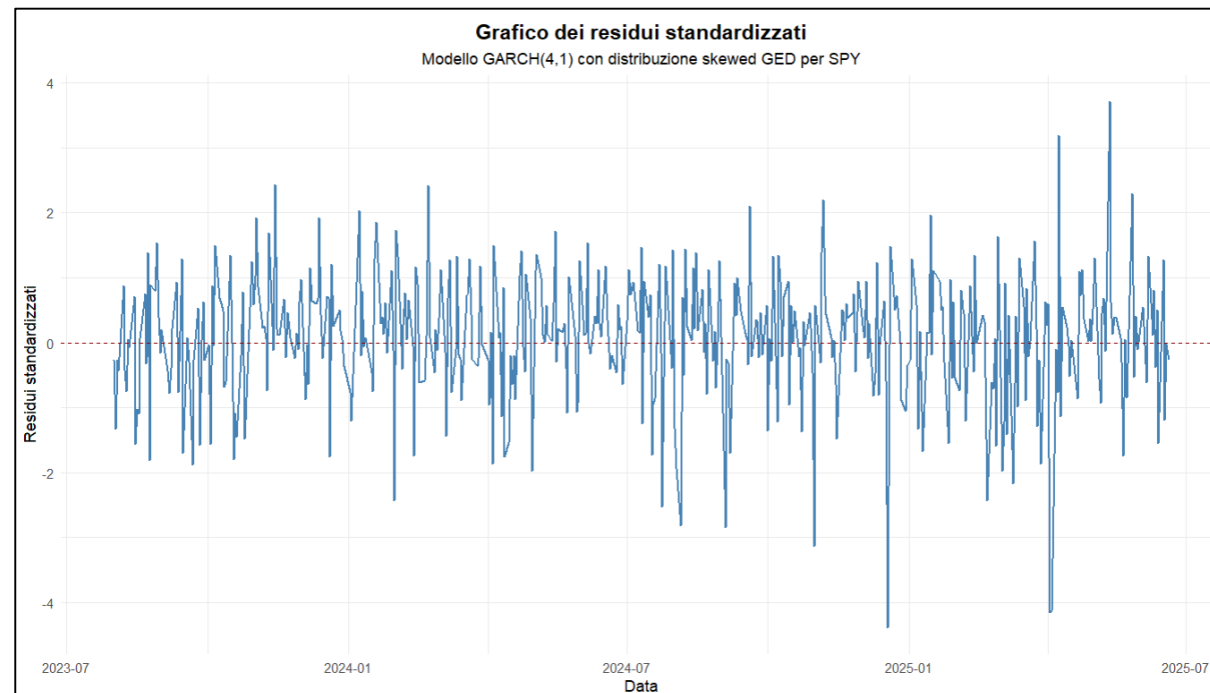
Test	Statistica	p-value	Compatibilità SGED
KS	4.53E-02	2.85E-01	✓



Esempio (3)

- SPY → GARCH(4,1) sged
 - Stazionarietà
 - KPSS (Level)

Test	Statistica	p-value	Stazionarietà
KPSS – Level	1.27E-01	> 0.10	✓



Esempio (4)

- SPY → GARCH(4,1) sged
 - Omoschedasticità non condizionata
 - Breusch-Pagan (BP)
 - White (W)

Test	Statistica	p-value	Eteroschedasticità (non condizionata)
BP	3.55E+00	5.96E-02	×
W	4.33E+00	1.15E-01	×

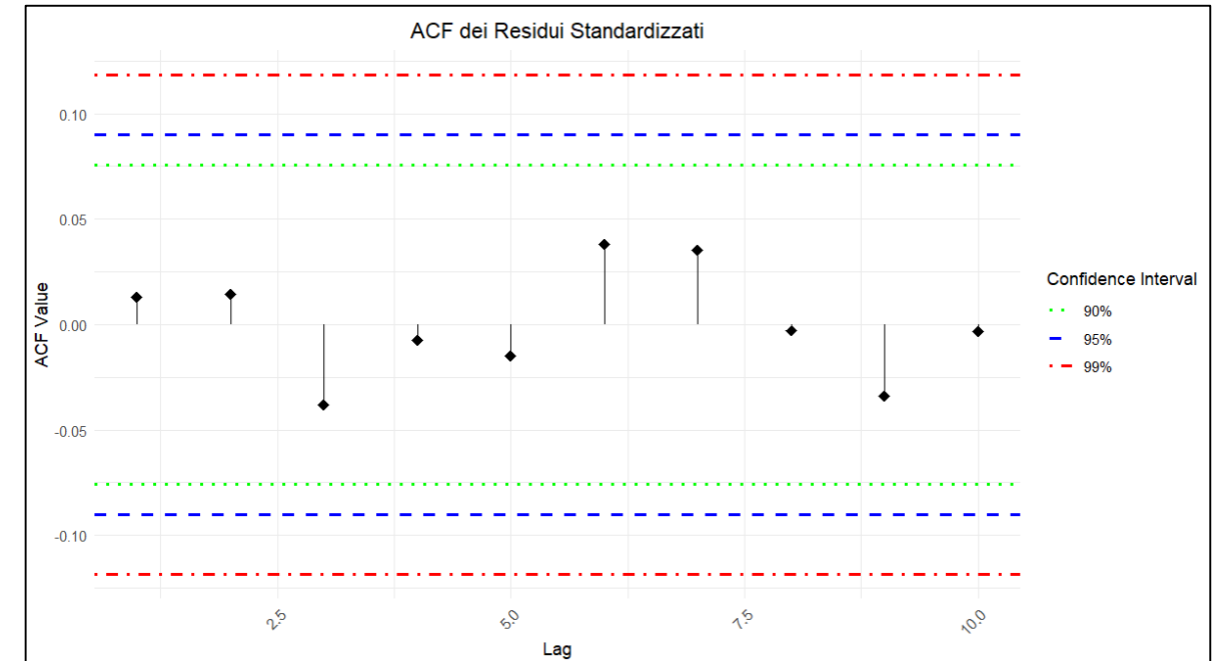
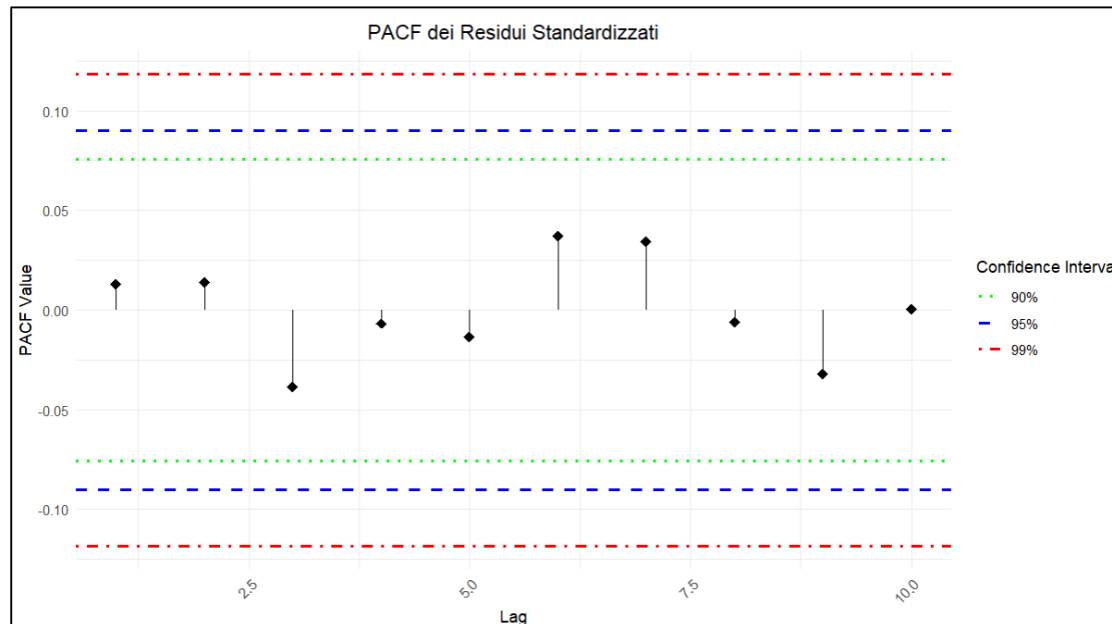
Esempio (5)

- SPY → GARCH(4,1) sged
 - Assenza di autocorrelazione
 - Ljung-Box (LB)

Lag	LB Statistic	LB p-value	Autocorrelazione
1	0.07871866	0.7790414	×
2	0.17531404	0.916075	×
3	0.87087404	0.8324503	×
4	0.89830913	0.9248033	×
5	1.00273746	0.9623447	×
6	1.69959742	0.9451523	×
7	2.29960107	0.941417	×
8	2.30404156	0.9702435	×
9	2.85694235	0.9696975	×
10	2.86207235	0.9844861	×

Esempio (6)

- SPY → GARCH(4,1) sged
 - Assenza di autocorrelazione
 - ACF
 - PACF



Esempio (7)

- SPY → GARCH(4,1) sged
 - Assenza di eteroschedasticità condizionata
 - Test ARCH di Engle

Lag	ARCH Statistic	ARCH p-value	Eteroschedasticità condizionata
1	5.35E+00	2.08E-02	×
2	7.07E+00	2.91E-02	×
3	8.30E+00	4.02E-02	×
4	1.03E+01	3.52E-02	×
5	1.03E+01	6.60E-02	×

Tasso Risk-Free

- Il test ARCH di Engle ha mostrato una significativa eteroschedasticità nei rendimenti del tasso risk-free (componente deterministica lenta)
- Un modello GARCH *non* è appropriato per una serie priva di dinamiche di volatilità condizionata
- Assunto **costante** nel test set, pari alla media del tasso risk-free osservato nel periodo di training speculare
 - Riflette un valore realistico e coerente con le condizioni di mercato storiche
 - Evita problemi di instabilità dovuti alla modellizzazione diretta del tasso (serie breve, volatilità limitata)

Analisi Multivariata

Dal GARCH al MGARCH

- I modelli GARCH univariati descrivono l'evoluzione della volatilità di un singolo asset nel tempo
- Nella pratica finanziaria, però, gestiamo portafogli di più strumenti (ETF, azioni, valute...)
- Serve quindi un modello che catturi **come le volatilità si muovono insieme e come cambiano le correlazioni tra asset**
 - ☞ **MGARCH (Multivariate GARCH)** risponde a questa esigenza
 - VEC (p,q)
 - BEKK (1,1,K)
 - CCC (Constant Conditional Correlation)
 - **DCC (Dynamic Conditional Correlation)**

Obiettivi del Modello MGARCH

- Analizzare **più serie finanziarie contemporaneamente**
- Stimare:
 - **Varianza condizionata** di ciascun asset
 - **Covarianza condizionata** tra asset diversi
- Matrice H_t = matrice di covarianza condizionata → indica come i rischi si muovono insieme nel tempo
- **Scopo principale:** prevedere H_t in funzione delle informazioni fino al tempo $t-1$

Struttura Generale MGARCH

- Equazioni di base:

$$\mathbf{r}_t = \boldsymbol{\mu}_t + H_t^{1/2} \mathbf{z}_t = \boldsymbol{\mu}_t + \mathbf{u}_t$$

$$H_t = H(\mathcal{I}_{t-1}; \boldsymbol{\theta}_\sigma)$$

- Dove:

- \mathbf{r}_t è il vettore ($n \times 1$) dei rendimenti al tempo t
- $\boldsymbol{\mu}_t = E[\mathbf{r}_t \mid \mathcal{I}_{t-1}]$ è il vettore dei rendimenti attesi condizionati
- \mathbf{z}_t è il vettore di innovazioni i.i.d. con $E[\mathbf{z}_t] = 0$ e $\text{Var}(\mathbf{z}_t) = \mathbf{I}$
- H_t è la **matrice di covarianza condizionata** di \mathbf{u}_t , definita positiva
- \mathcal{I}_{t-1} è l'insieme dell'informazione disponibile fino al tempo $t - 1$
- $\boldsymbol{\theta}_\sigma$ è il vettore dei **parametri** che governano la dinamica di H_t

Il Modello DCC (in breve)

- Ottimo compromesso tra **flessibilità** (per le correlazioni temporali) e **parsimonia** (per la struttura computazionale)

$$H_t = D_t R_t D_t$$

- D_t : matrice diagonale delle deviazioni standard condizionate
- R_t : matrice **dinamica** di correlazione condizionale dei rendimenti

$$R_t = \text{diag}(Q_t)^{-1/2} Q_t \text{diag}(Q_t)^{-1/2}$$

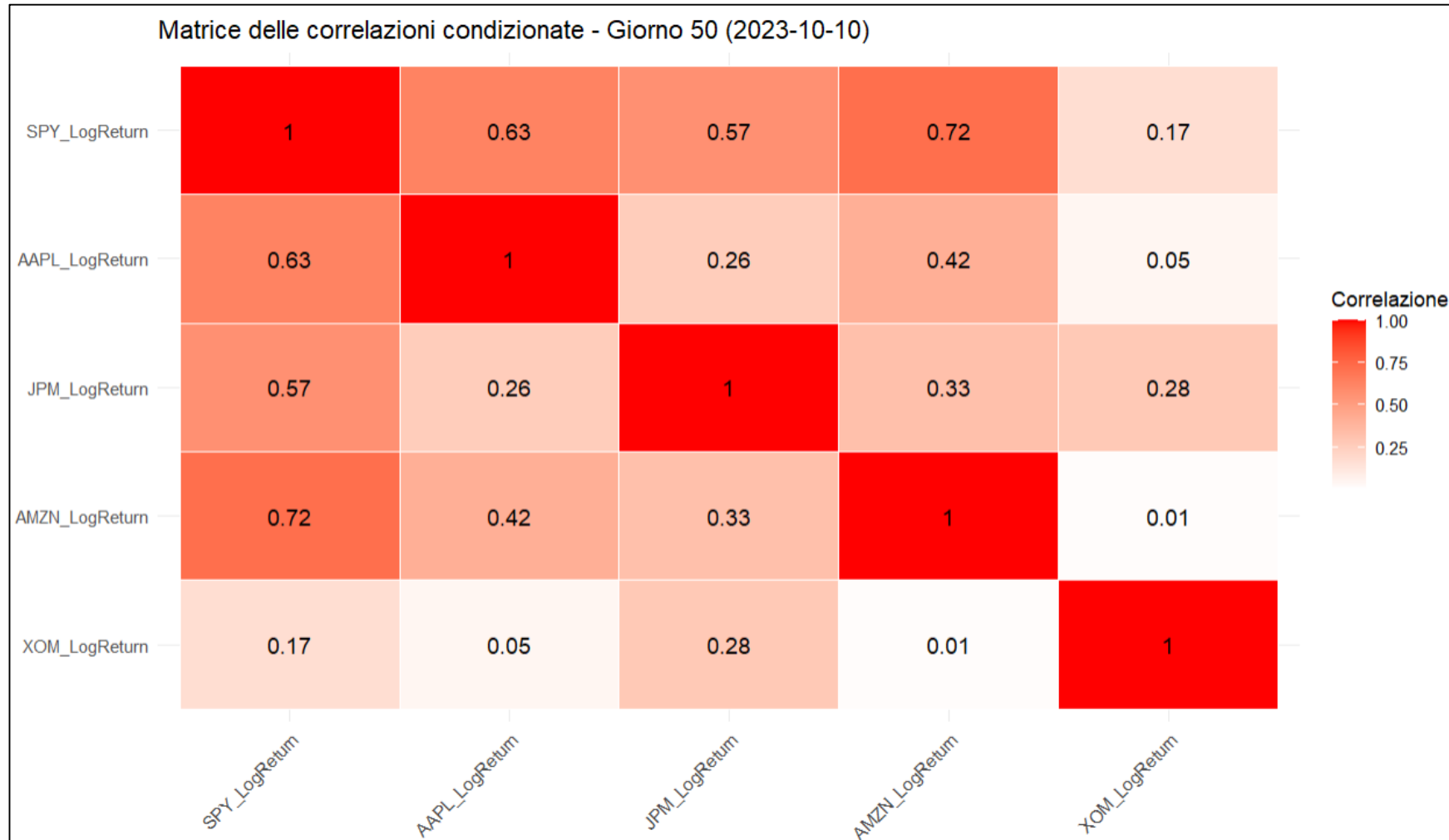
$$Q_t = (1 - a - b)\bar{Q} + az_{t-1}z'_{t-1} + bQ_{t-1}$$

- z_{t-1} : vettore dei residui standardizzati al tempo t-1
- \bar{Q} : matrice attesa di correlazione non condizionata
- a e b : parametri scalari da stimare

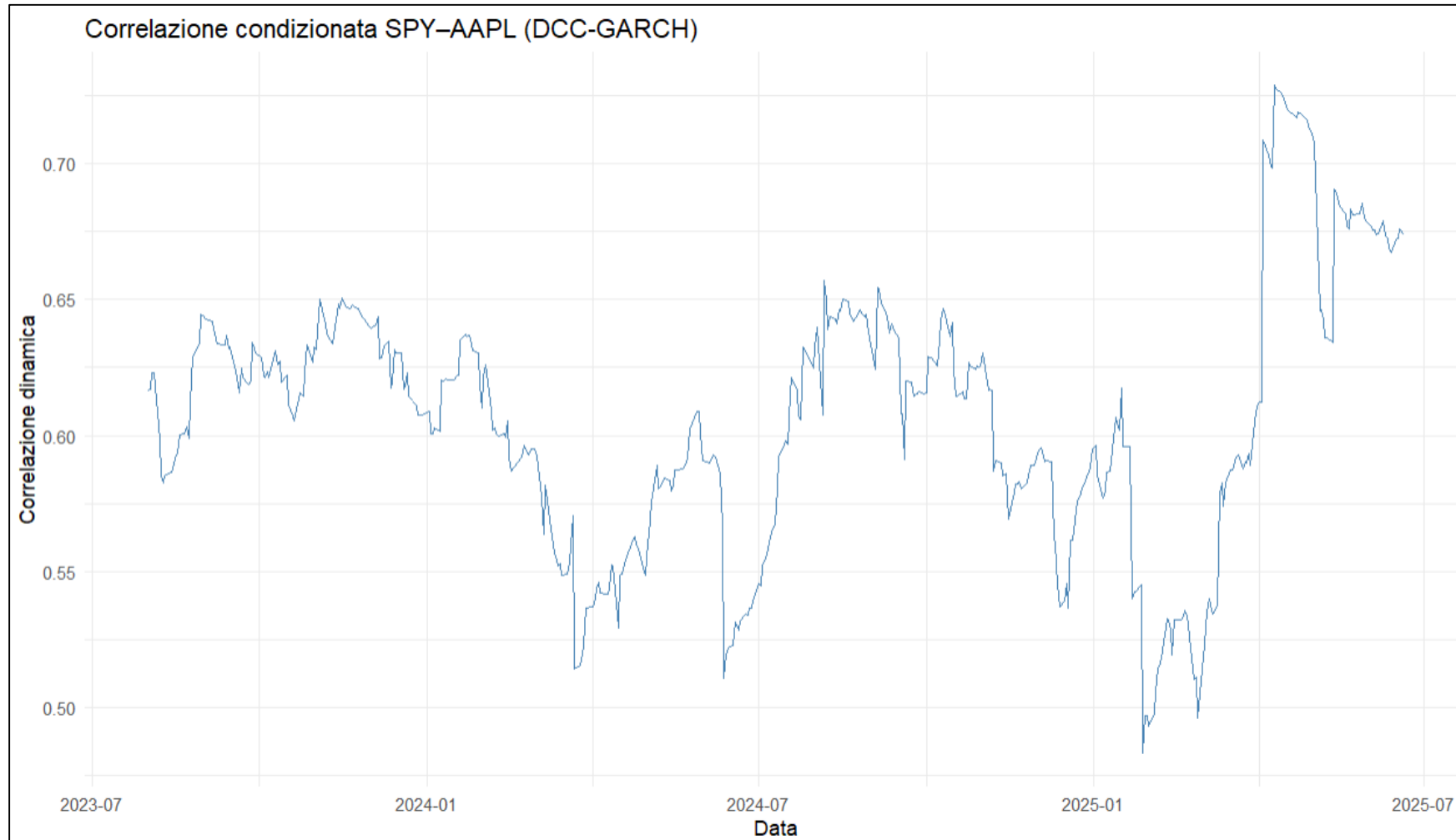
Stima DCC-GARCH

- Specificazione:
 - Modello **DCC(1,1)**
 - Distribuzione multivariata **t-Student**
- Le matrici di covarianza condizionata H_t risultano definite positive per ogni istante (controllo via autovalori)
- Risultato: modello stabile, coerente e adatto per la costruzione di portafogli con varianze dinamiche realistiche
- **Libreria utilizzata:** *rmgarch*

Correlazioni Dinamiche



Correlazioni Dinamiche (2)



Costruzione dei Portafogli e Confronto

Portafoglio Minimo Rischio (MVP)

- Portafoglio che **minimizza la varianza dei rendimenti dei titoli rischiosi**, rispettando la condizione:

$$\sum_i w_i = 1$$

- **Problema di ottimizzazione:**

$$\min \sigma_p^2 = w^\top \Sigma w$$

- w : vettore dei pesi del portafoglio
- Σ : matrice di covarianza dei rendimenti
- σ_p^2 : varianza del portafoglio

- **Rendimento e rischio di MVP:**

$$R_{MVP} = \sum_i w_i \mu_i, \quad \sigma_{MVP} = \sqrt{w^\top \Sigma w}$$

MVP: Portafoglio Titoli – Benchmark SPY

Portafoglio Titoli

Asset	Peso (w)
AAPL	0.2098855
JPM	0.1871487
AMZN	0.1388887
XOM	0.4640771

Rendimento atteso annualizzato: 12.9347
Volatilità annualizzata: 1.0564

Benchmark

Asset	Peso (w)
SPY	0

Rendimento atteso annualizzato: 4.284167
Volatilità annualizzata: 0

Portafoglio Tangente (TP)

- Portafoglio che massimizza lo **Sharpe Ratio**, cioè il rendimento in eccesso per unità di rischio

$$\text{Sharpe Ratio} = \frac{E[R_p] - R_f}{\sigma_p}$$

- $E[R_p]$: rendimento atteso del portafoglio calcolato sui titoli rischiosi
 - R_f : tasso privo di rischio
 - σ_p : volatilità del portafoglio
- Portafoglio tangente w^* risolve:

$$w^* \propto \Sigma^{-1}(\mu - R_f \mathbf{1})$$

- μ : vettore dei rendimenti attesi annualizzati

TP: Portafoglio Titoli – Benchmark SPY

Portafoglio Titoli

Asset	Peso (w)
AAPL	-0.6718629
JPM	1.4432849
AMZN	0.5217984
XOM	-0.2932204

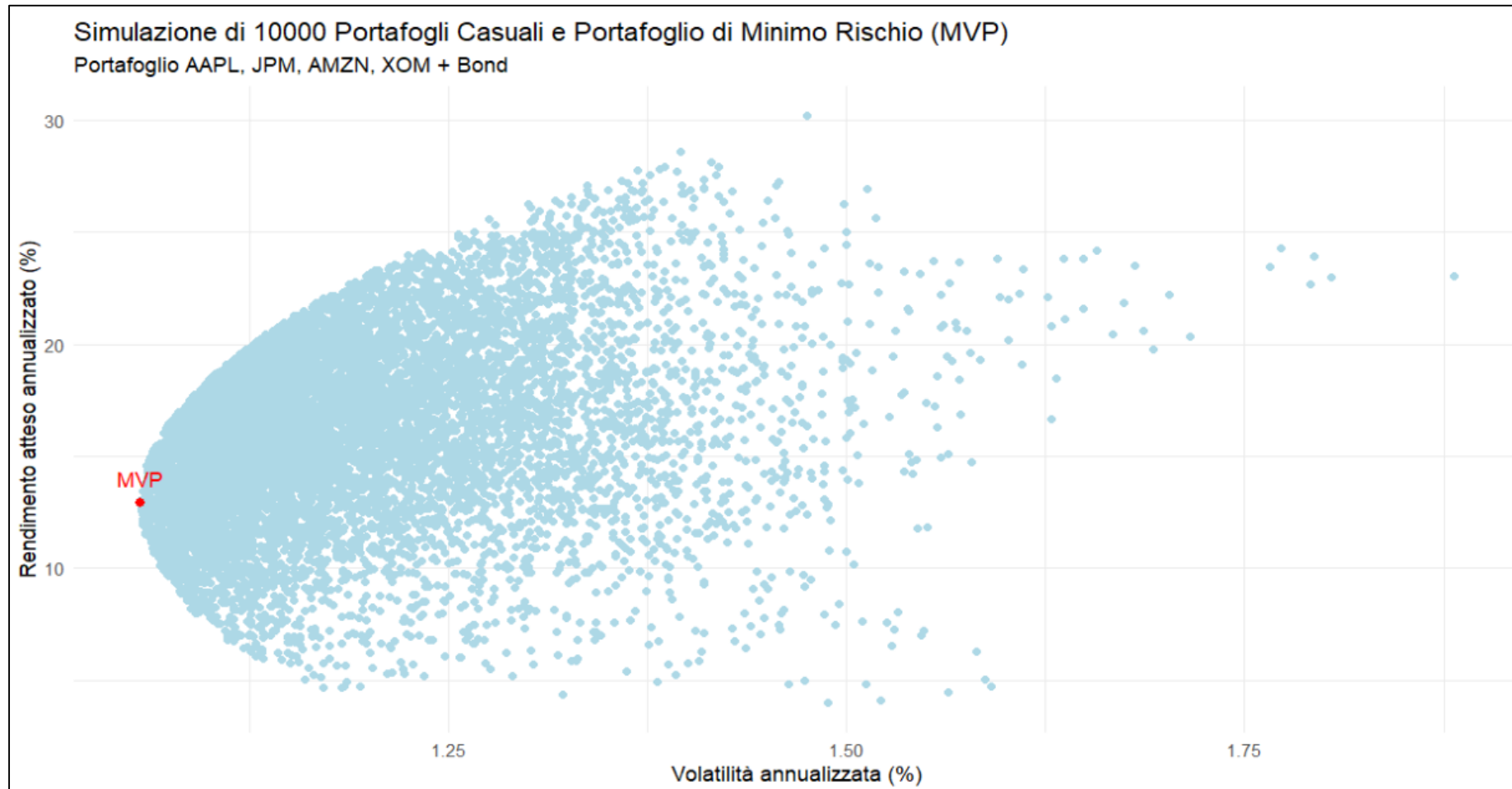
Rendimento: 54.7581
Volatilità: 2.5518
Sharpe: 19.7798

Benchmark

Asset	Peso (w)
SPY	1

Rendimento: 15.2087
Volatilità: 14.9225
Sharpe: 0.7321

Simulazione Portafogli Casuali



Frontiera Efficiente (EF)

- Insieme dei portafogli ottimali che **minimizzano il rischio per un dato livello di rendimento atteso**

$$\min w^\top \Sigma w \quad \text{s.t.} \quad \sum_i w_i = 1, \quad w^\top \mu = R_{\text{target}}$$

- La frontiera efficiente è la **curva superiore della nuvola di portafogli**
- Mostra il trade-off rischio-rendimento

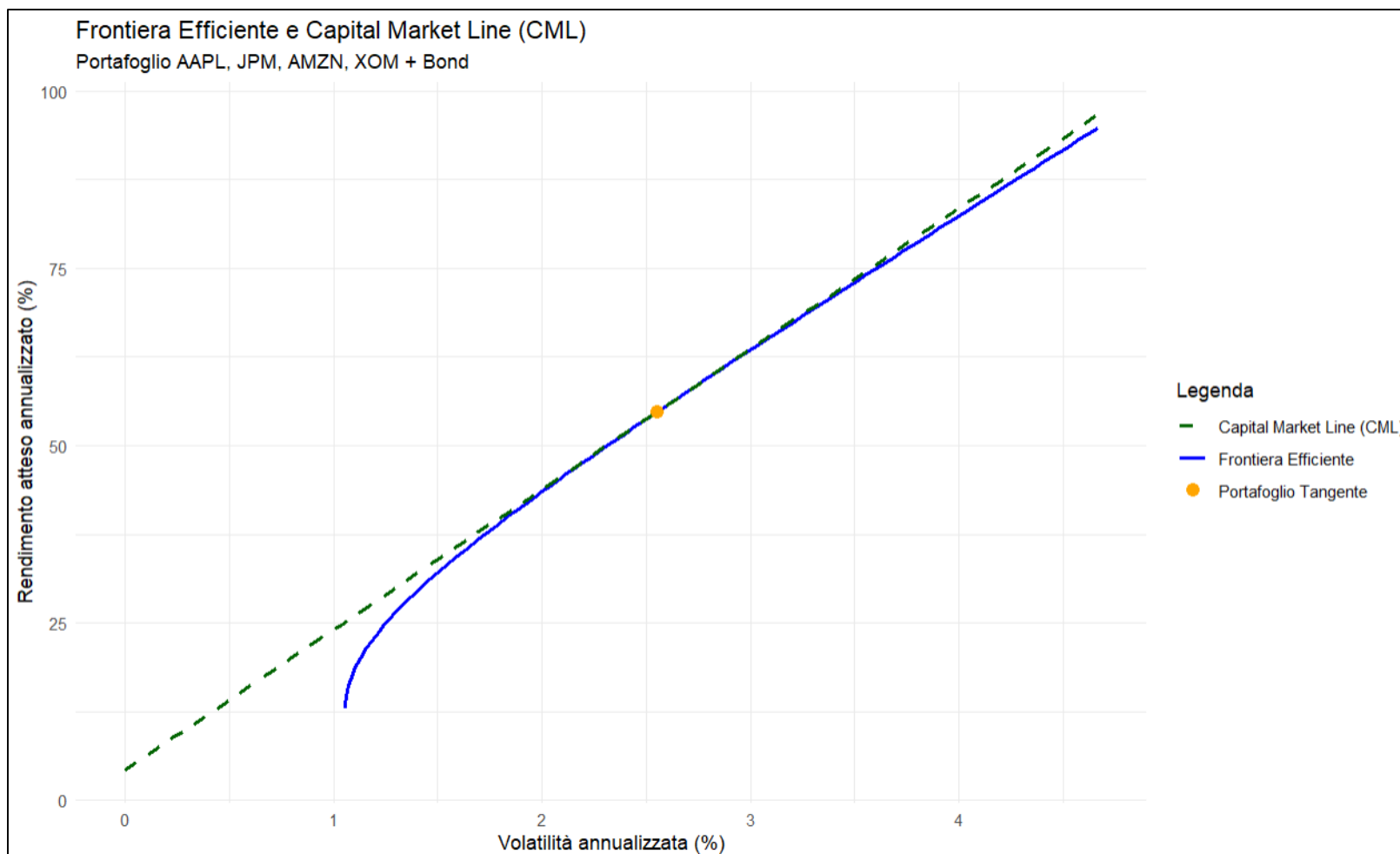
Capital Market Line (CML)

- Combinazioni ottimali tra portafoglio tangente e asset privo di rischio

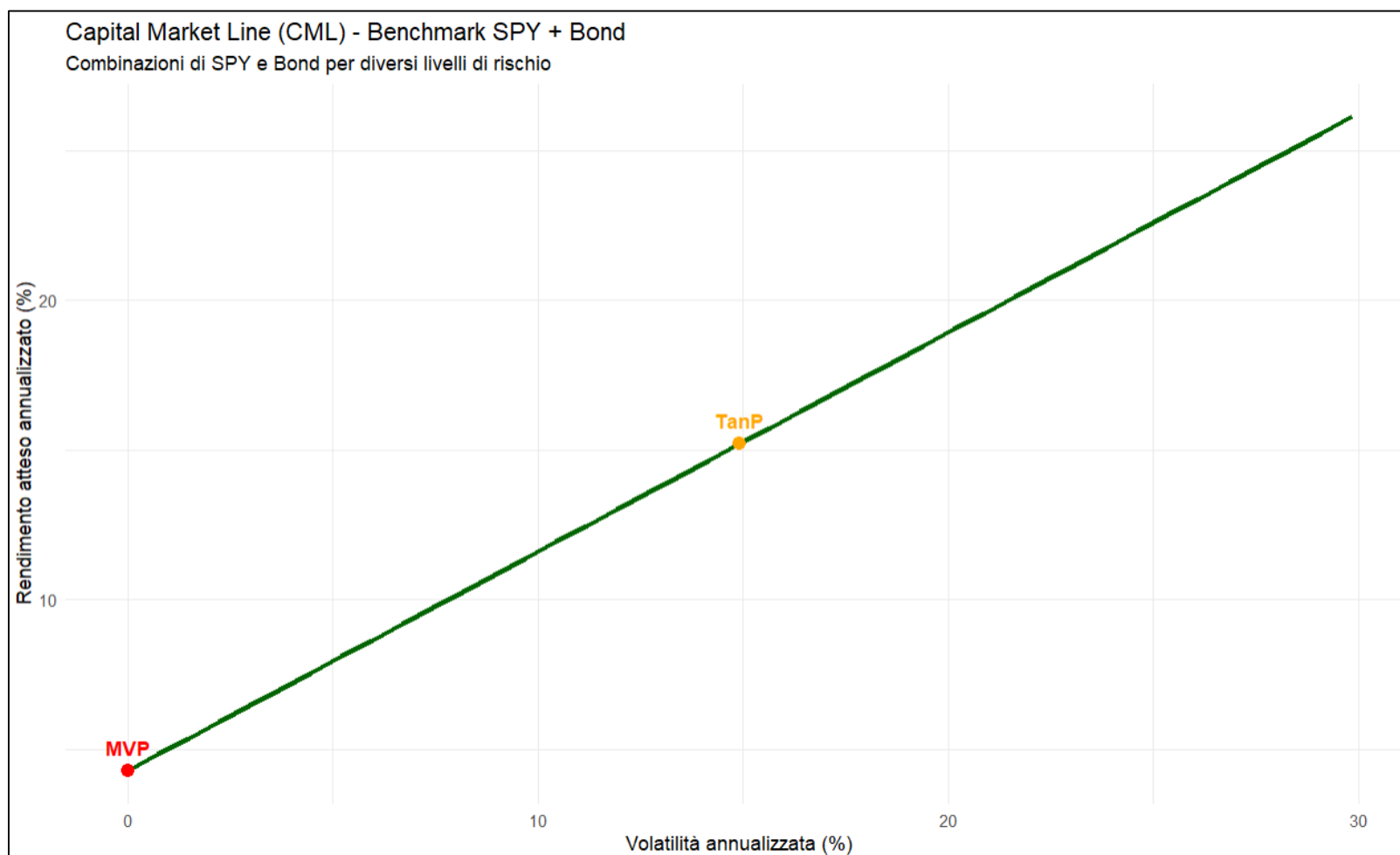
$$E[R_c] = R_f + \frac{E[R_T] - R_f}{\sigma_T} \cdot \sigma_c$$

- $E[R_c]$: rendimento portafoglio combinato
 - σ_c : rischio portafoglio combinato
 - $E[R_T]$: rendimento portafoglio tangente
 - σ_T : rischio portafoglio tangente
- La CML parte dal risk-free rate e tocca il portafoglio tangente

EF & CML: Portafoglio Titoli



EF & CML: Benchmark SPY



Confronto Performance

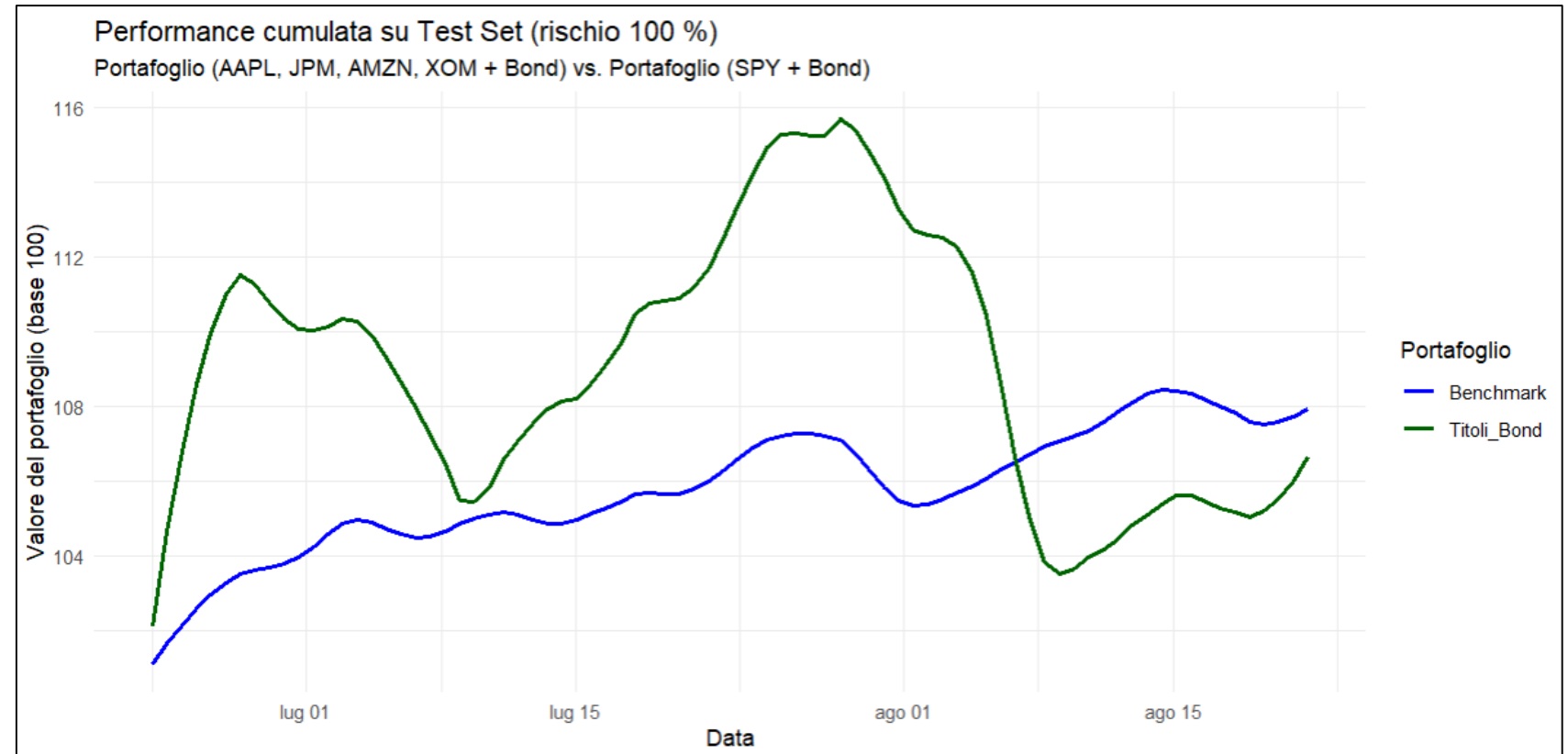
- Effettuato sul periodo di **test** (23/06/2025 → 22/08/2025)
- I portafogli combinano una componente rischiosa e una risk-free

$$R_p = y \cdot R_{rischioso} + (1 - y) \cdot R_f$$

- $y \in \{1, 0.5, 0.25\}$
- Per il portafoglio dei titoli, la componente rischiosa è costruita utilizzando i pesi del **portafoglio tangente**
- Metriche:
 - Rendimento
 - Volatilità
 - Sharpe Ratio

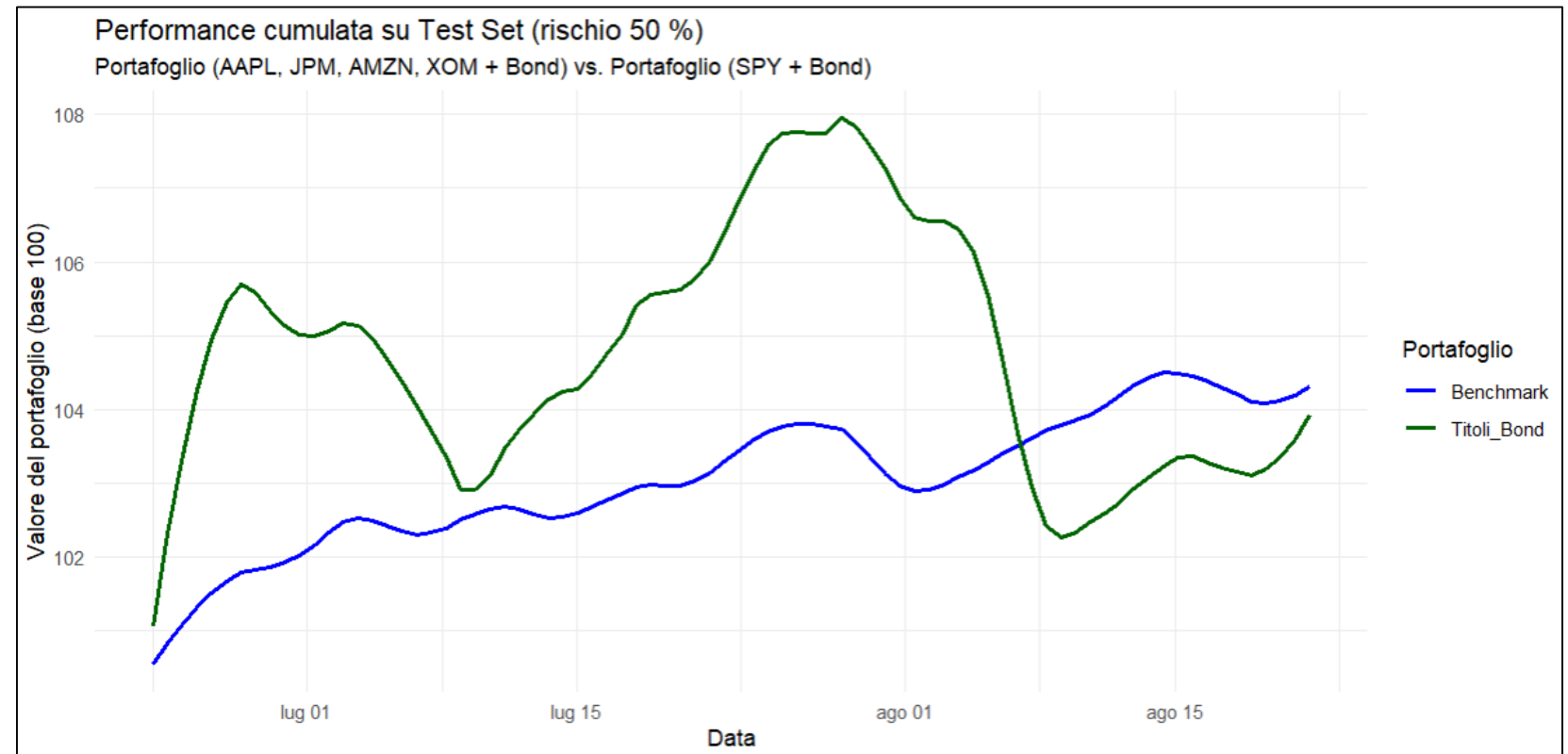
Portafoglio Pienamente Rischioso ($y = 1$)

Metrica	Portafoglio Titoli	Benchmark SPY
Rendimento	46.4009	46.9941
Volatilità	34.4267	9.7153
Sharpe	1.2234	4.3961



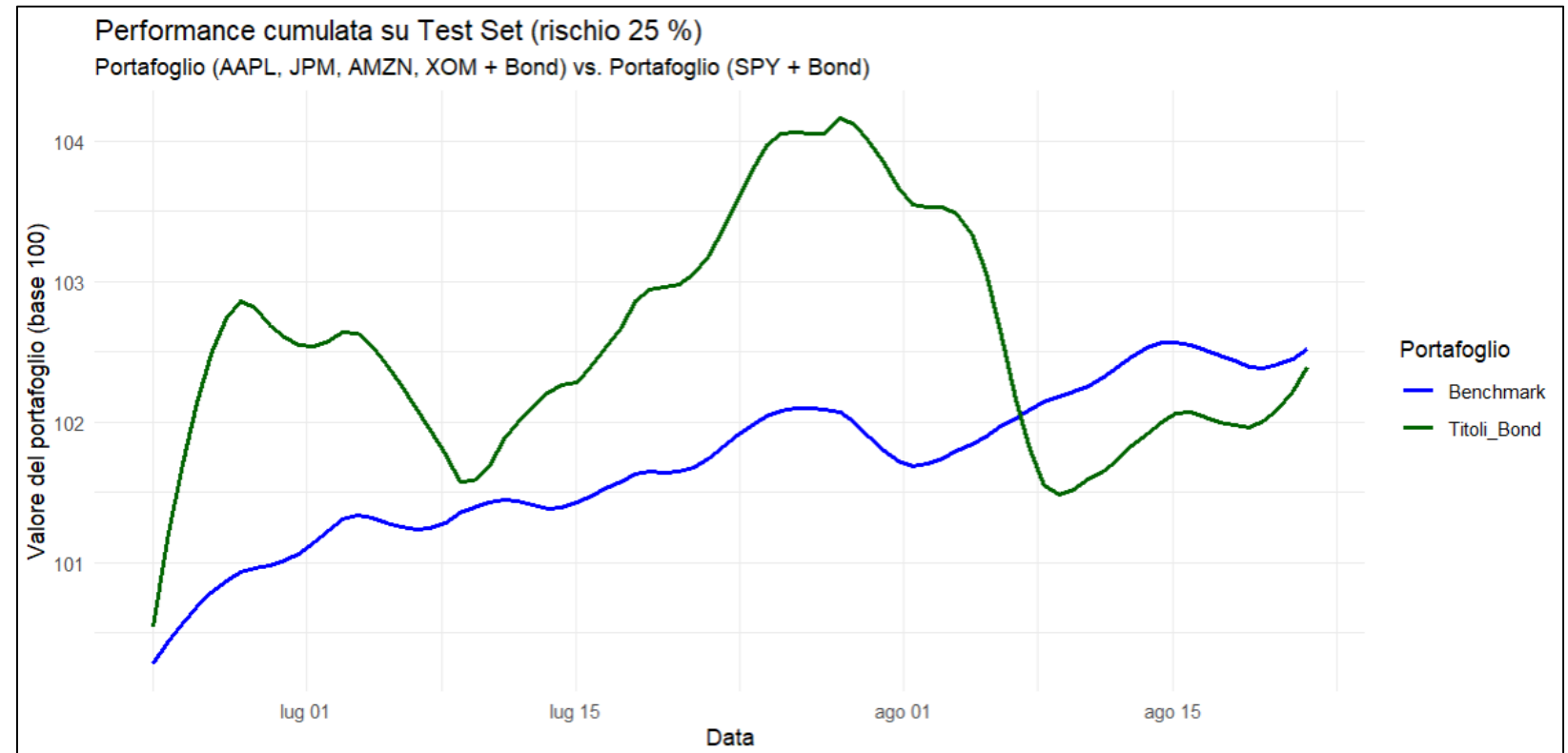
Portafoglio Bilanciato ($y = 0.5$)

Metrica	Portafoglio Titoli	Benchmark SPY
Rendimento	25.3425	25.6392
Volatilità	17.2133	4.8577
Sharpe	1.2234	4.3961



Portafoglio Prudente ($y = 0.25$)

Metrica	Portafoglio Titoli	Benchmark SPY
Rendimento	14.8133	14.9617
Volatilità	8.6067	2.4288
Sharpe	1.2234	4.3961



Riferimenti

- Marchese, M. (2015, June), **GARCH models** [Lecture slides], CIDE–Bertinoro Course for PhD students, Università degli Studi di Genova
- Zhu, W. (n.d.), **ARCH/GARCH models** [Lecture slides]
- Ghalanos, A. (2023, September 19), **Introduction to the rugarch package.** (Version 1.4-3)
- Marchese, M. (2015, June), **Multivariate GARCH models** [Lecture slides], CIDE–Bertinoro Course for PhD students, Università degli Studi di Genova
- Ghalanos, A. (2022, February 4), **The rmgarch models: Background and properties** (Version 1.3-0)
- Basili, M. (2025), **mpsmf-progetto-2024_25** [Repository GitHub del progetto], disponibile su https://github.com/MatteoBasili/mpsmf-progetto-2024_25