

Progetto BISF

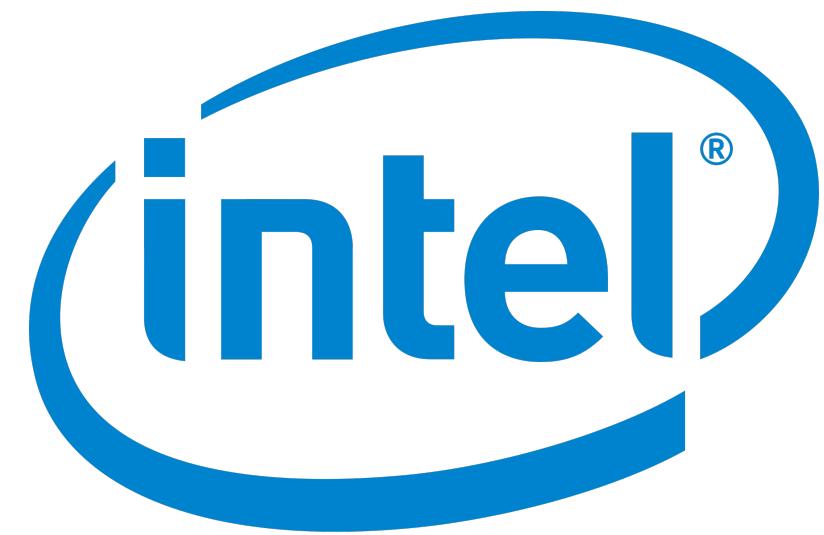
Luca Pincioli 885969



A.A. 2023-2024

Scelta dei titoli

- Tecnologia elettronica: **Apple (AAPL)** e **Intel (INTC)**,
lo storico divorzio sul fronte dei processori
- Vendita al dettaglio: **Amazon (AMZN)** e **Walmart (WMT)**,
la guerra del commercio sul suolo americano
- Servizi commerciali: **Visa (V)** e **Mastercard (MA)**,
l'avanzata dei pagamenti digitali



Tecnologia elettronica



Vendita al dettaglio



Servizi commerciali

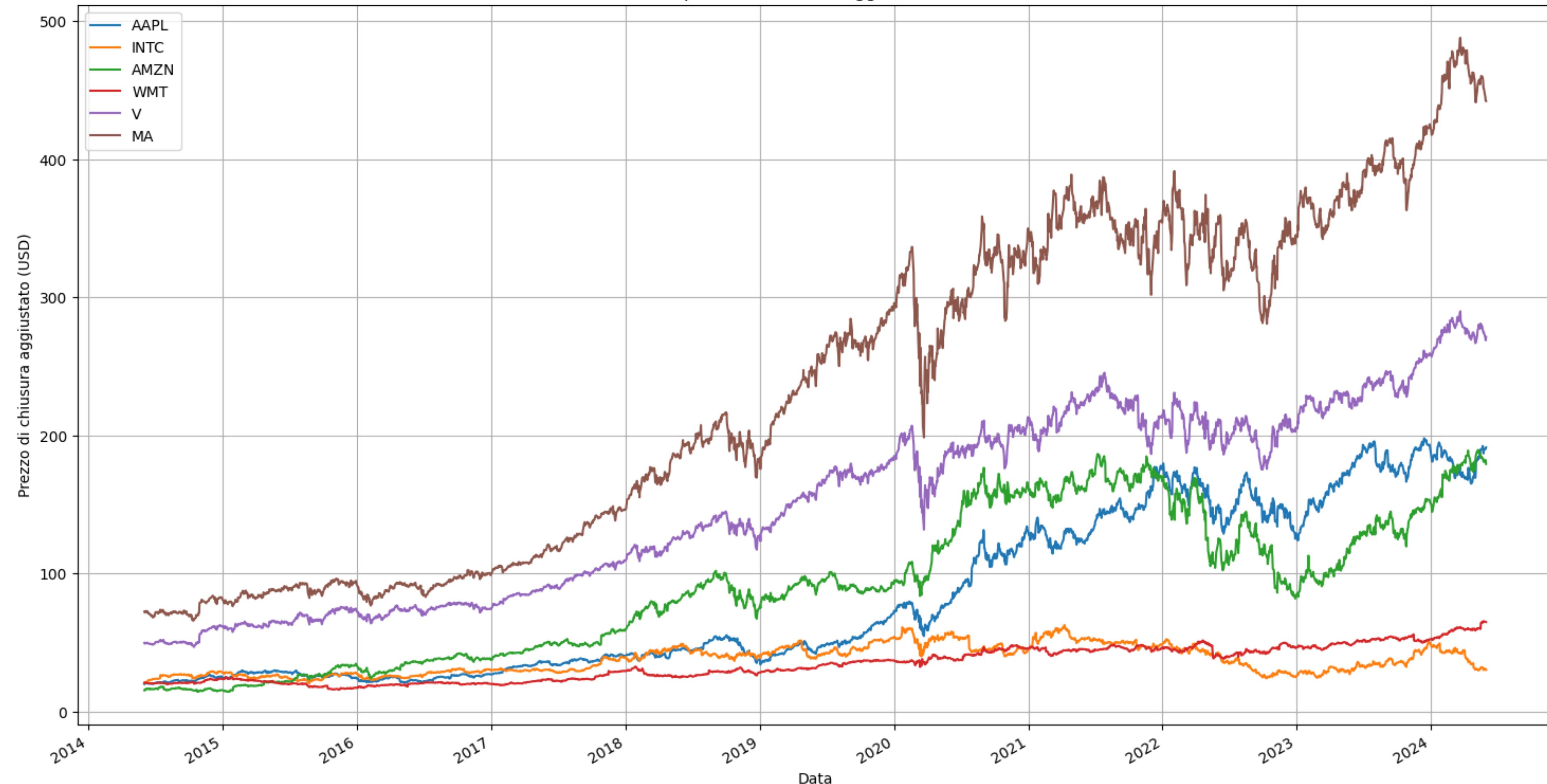
Dati utilizzati

- Dati OHLC di Yahoo Finance sui titoli: libreria Python **yfinance**
- Dati sui fattori di Fama e French: libreria Python **getFamaFrenchFactors**
- Serie storica dei T-Bill a 1 anno: banca dati **Federal Reserve Economic Data**

11 rows 15102 rows x 6 columns									
Ticker	Date	Open	High	Low	Close	Adj Close	Volume		
AAPL	2014-06-02	22.641430	22.672501	22.232143	22.451786	19.886339	369350800		
	2014-06-03	22.445000	22.812143	22.437500	22.769285	20.167543	292709200		
	2014-06-04	22.765715	23.138929	22.718214	23.029285	20.397848	335482000		
	2014-06-05	23.078571	23.191786	22.950357	23.119642	20.477875	303805600		
	2014-06-06	23.210714	23.259287	23.016787	23.056070	20.421570	349938400		
		
MA	2024-05-23	456.519989	458.049988	450.440002	451.209991	451.209991	2084600		
	2024-05-24	452.510010	454.450012	450.320007	451.179993	451.179993	2162100		
	2024-05-28	450.000000	450.630005	442.399994	445.079987	445.079987	2670800		
	2024-05-29	442.109985	444.559998	441.799988	442.470001	442.470001	1876900		
	2024-05-30	442.209991	444.190002	440.670013	442.100006	442.100006	2189900		

Dati OHLC dei titoli scelti

Andamento dei prezzi di chiusura aggiustati dal 2014 al 2024



Statistiche descrittive

Rendimenti semplici e logaritmici

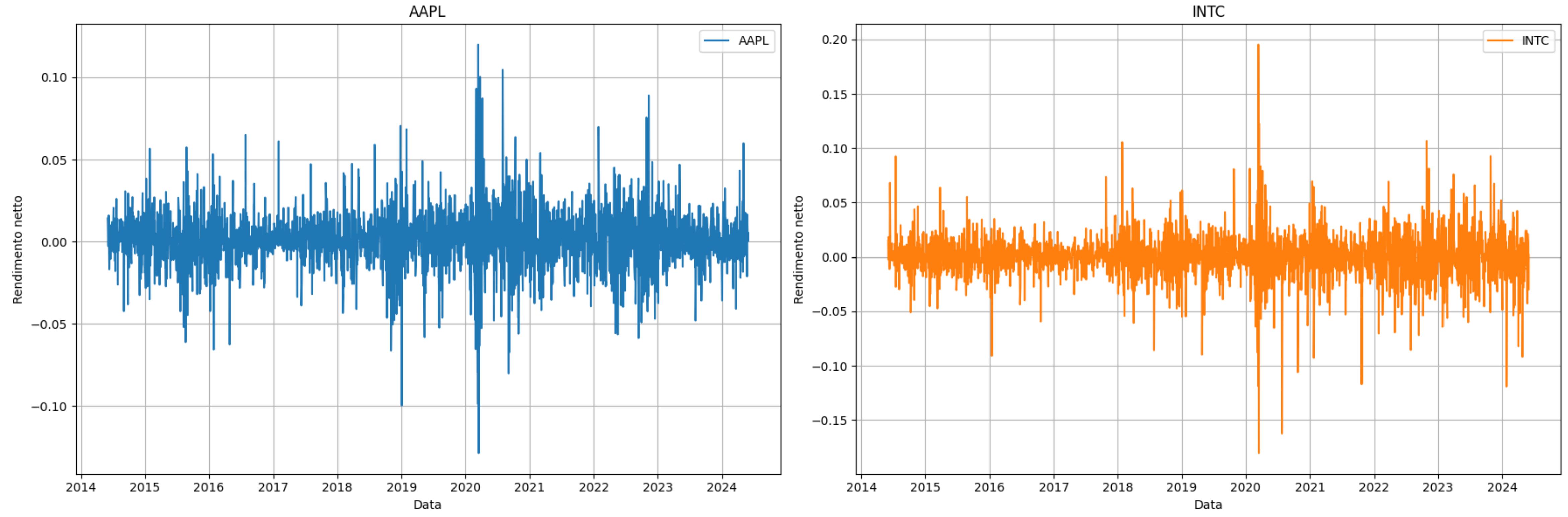
- I **rendimenti netti** sono stati calcolati con la funzione `pct_change` di Pandas
- I **rendimenti lordi** sono stati calcolati sommando 1 ai rendimenti netti
- I **rendimenti logaritmici** sono il risultato dell'applicazione del logaritmo naturale ai rendimenti lordi

T...	AAPL	INTC	AMZN	WMT	V	MA
2014-06-03	0.014141	0.014674	-0.005343	-0.000652	-0.010303	-0.009085
2014-06-04	0.011420	-0.002169	-0.001335	0.005475	0.000520	-0.000393
2014-06-05	0.003923	0.002174	0.054730	0.002463	0.003737	0.006813
2014-06-06	-0.002750	0.018438	0.018852	-0.001423	0.003675	0.008199
2014-06-09	0.016001	-0.009230	-0.006582	-0.002590	-0.001972	-0.007874
...
2024-05-23	-0.021058	-0.042648	-0.011358	-0.006284	-0.004899	-0.011631
2024-05-24	0.016588	0.021277	-0.001657	0.008328	0.000948	-0.000066
2024-05-28	0.000053	0.011068	0.007745	-0.005200	-0.012787	-0.013520
2024-05-29	0.001579	-0.029942	-0.000714	-0.001845	-0.007824	-0.005864
2024-05-30	0.005255	0.001991	-0.014834	-0.000462	0.009075	-0.000836

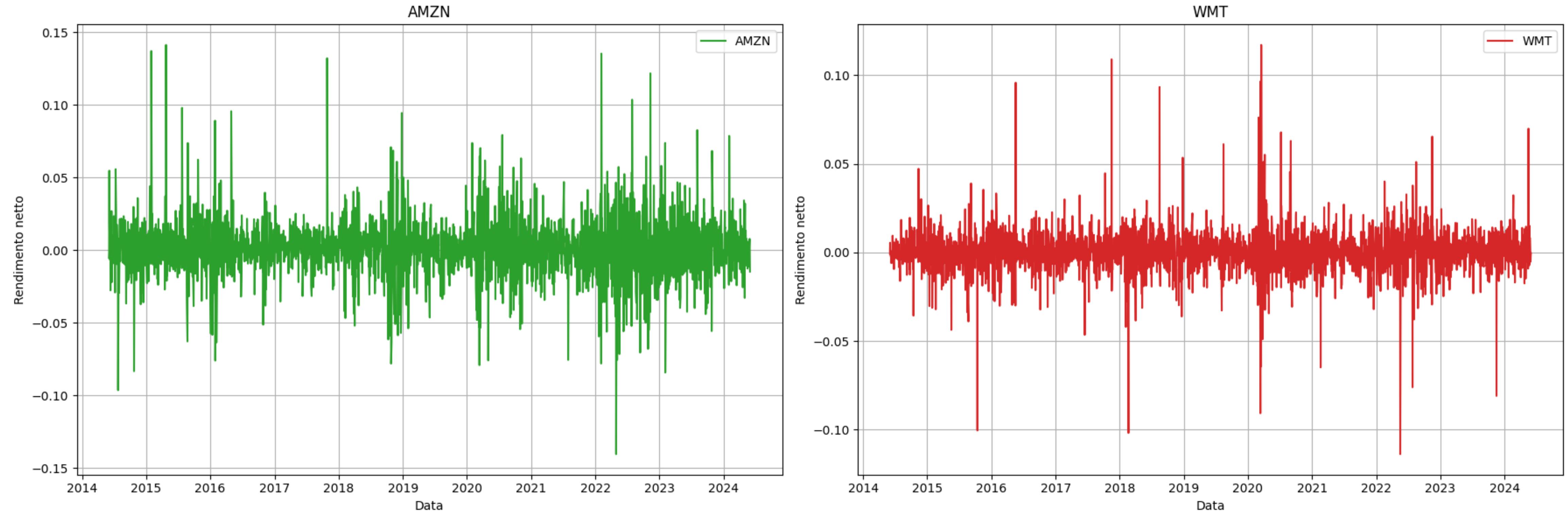
Rendimenti netti giornalieri

T...	AAPL	INTC	AMZN	WMT	V	MA
2014-06-03	1.014141	1.014674	0.994657	0.999348	0.989697	0.990915
2014-06-04	1.011420	0.997831	0.998665	1.005475	1.000520	0.999607
2014-06-05	1.003923	1.002174	1.054730	1.002463	1.003737	1.006813
2014-06-06	0.997250	1.018438	1.018852	0.998577	1.003675	1.008199
2014-06-09	1.016001	0.990770	0.993418	0.997410	0.998028	0.992126
...
2024-05-23	0.978942	0.957352	0.988642	0.993716	0.995101	0.988369
2024-05-24	1.016588	1.021277	0.998343	1.008328	1.000948	0.999934
2024-05-28	1.000053	1.011068	1.007745	0.994800	0.987213	0.986480
2024-05-29	1.001579	0.970058	0.999286	0.998155	0.992176	0.994136
2024-05-30	1.005255	1.001991	0.985166	0.999538	1.009075	0.999164

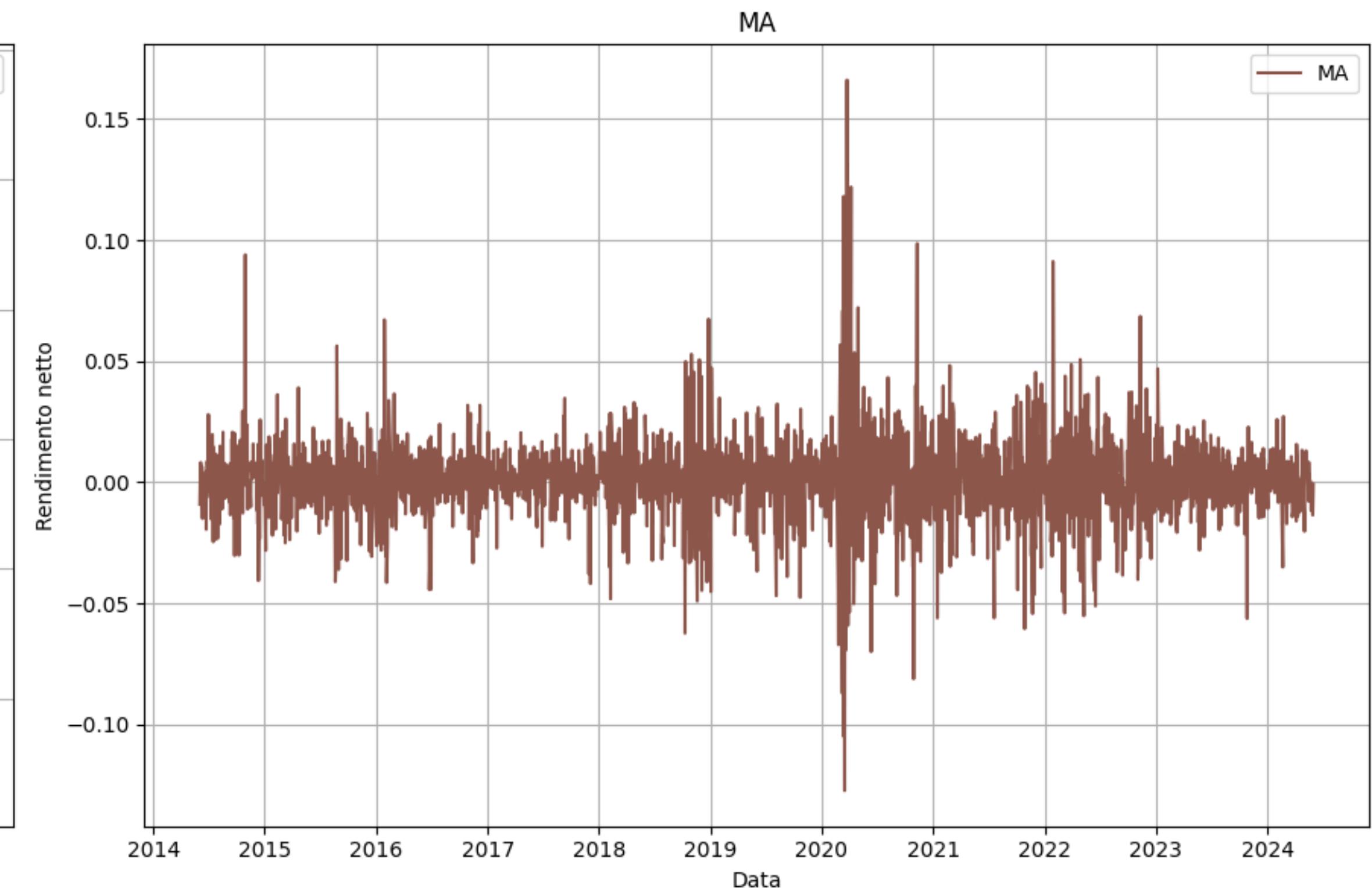
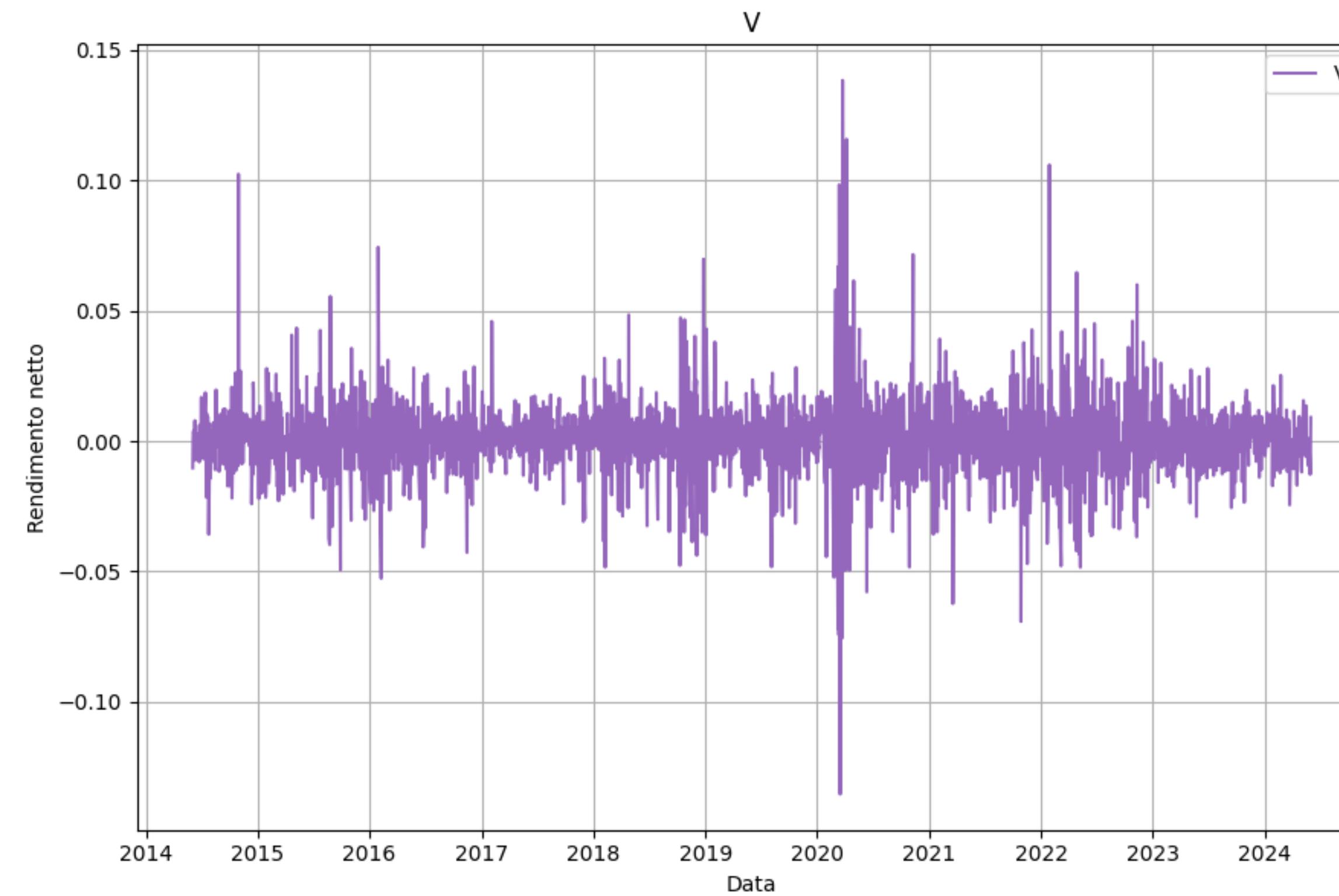
Rendimenti lordi giornalieri



Rendimenti netti giornalieri del settore tecnologia elettronica



Rendimenti netti giornalieri del settore vendita al dettaglio



Rendimenti netti giornalieri del settore servizi commerciali

Rendimenti cumulati e CAGR

- I **rendimenti cumulati** rappresentano il prodotto cumulativo dei rendimenti lordi
- Il **Compound Annual Growth Rate (CAGR)** indica la crescita annuale di ciascun titolo nei 10 anni analizzati

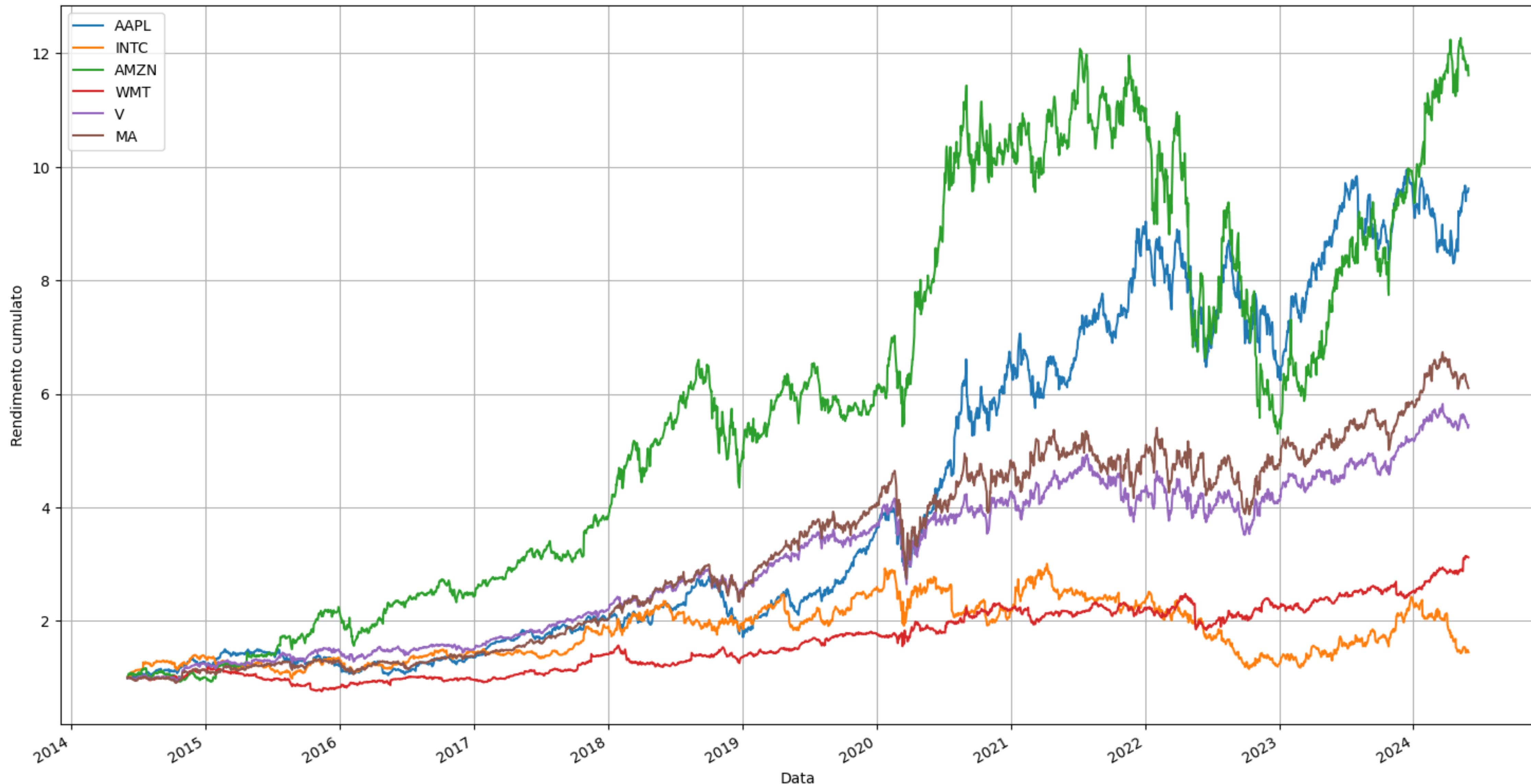
T...	AAPL	INTC	AMZN	WMT	V	MA
2014-06-03	1.014141	1.014674	0.994657	0.999348	0.989697	0.990915
2014-06-04	1.025722	1.012473	0.993330	1.004820	0.990212	0.990526
2014-06-05	1.029746	1.014674	1.047695	1.007295	0.993912	0.997275
2014-06-06	1.026914	1.033382	1.067446	1.005862	0.997565	1.005451
2014-06-09	1.043346	1.023844	1.060420	1.003257	0.995598	0.997534
...
2024-05-23	9.397406	1.442241	11.724517	3.117381	5.509322	6.228435
2024-05-24	9.553292	1.472927	11.705090	3.143343	5.514545	6.228021
2024-05-28	9.553795	1.489229	11.795751	3.126996	5.444029	6.143817
2024-05-29	9.568880	1.444638	11.787333	3.121227	5.401438	6.107789
2024-05-30	9.619166	1.447515	11.612486	3.119785	5.450458	6.102682

Rendimenti cumulati

Ticker	CAGR
AAPL	0.253814
INTC	0.037646
AMZN	0.277630
WMT	0.120397
V	0.184630
MA	0.198085

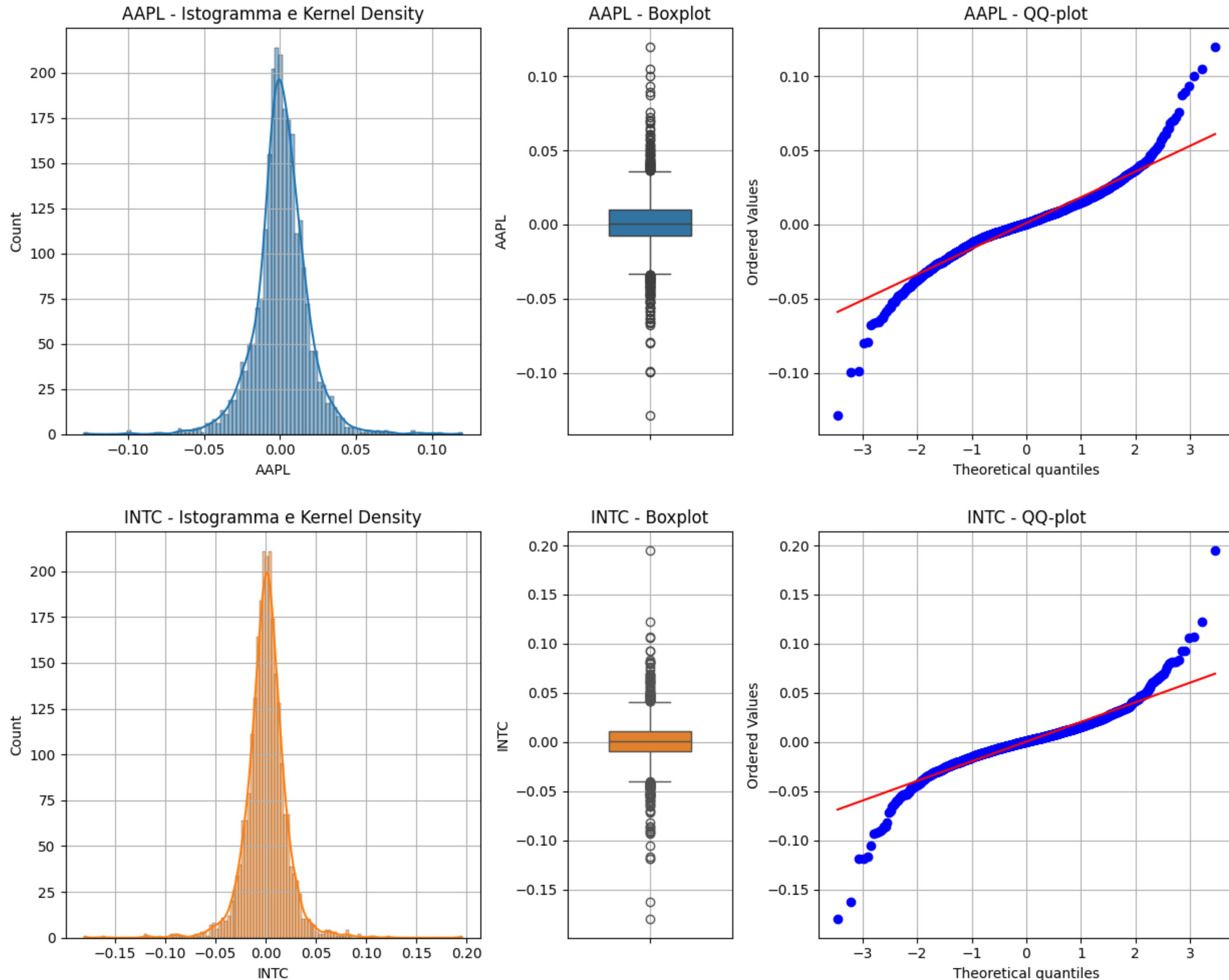
CAGR

Rendimenti cumulati dal 2014 al 2024



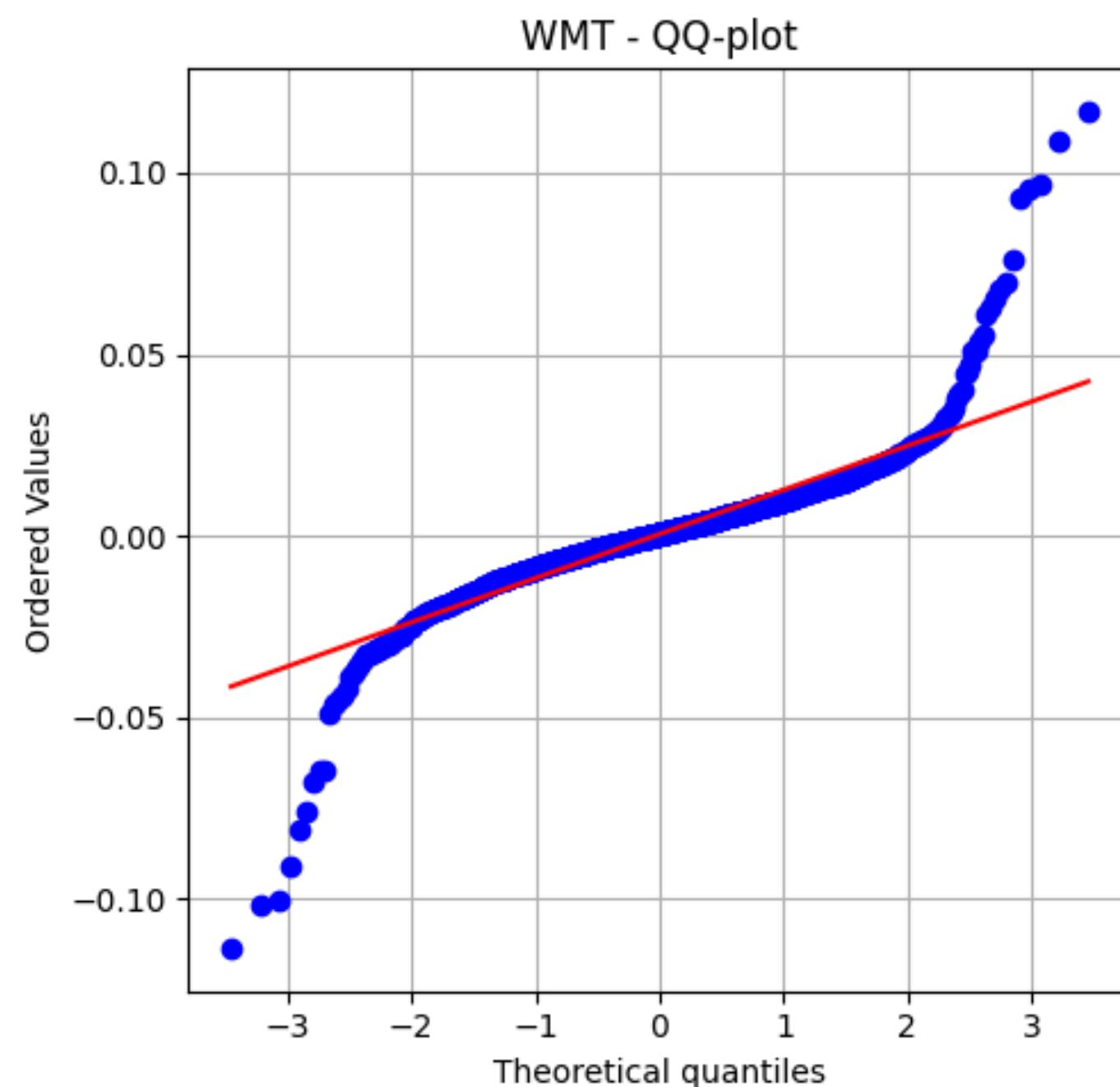
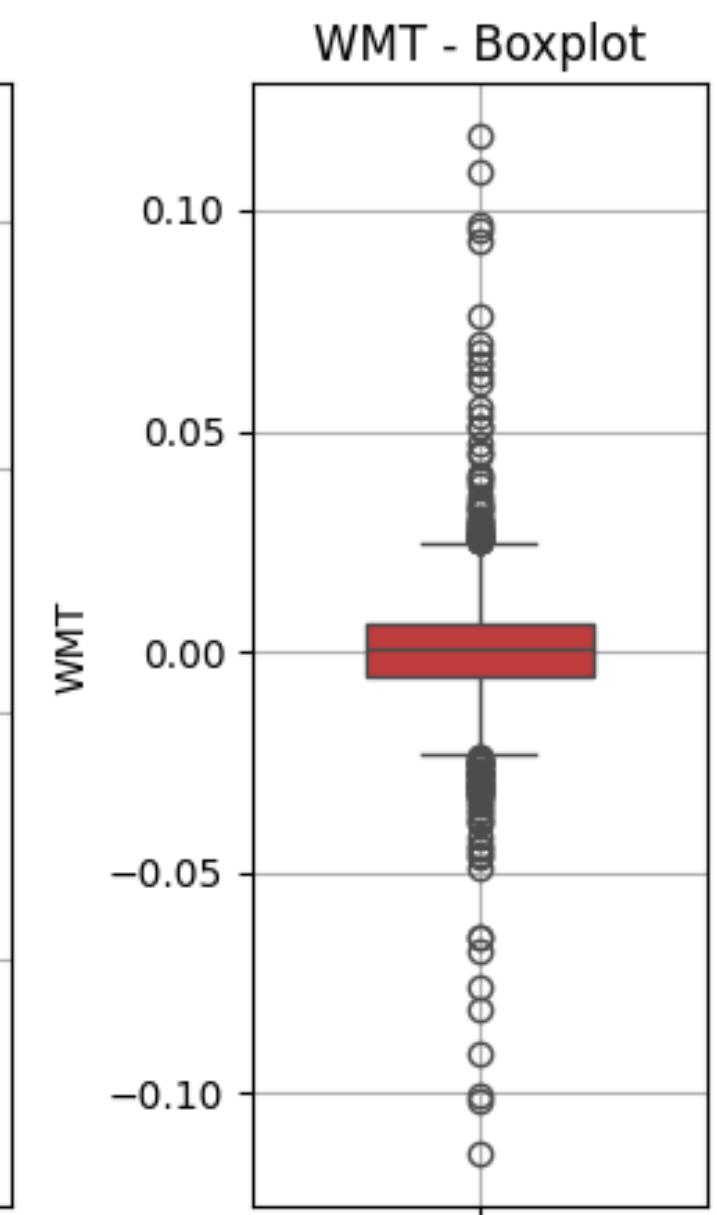
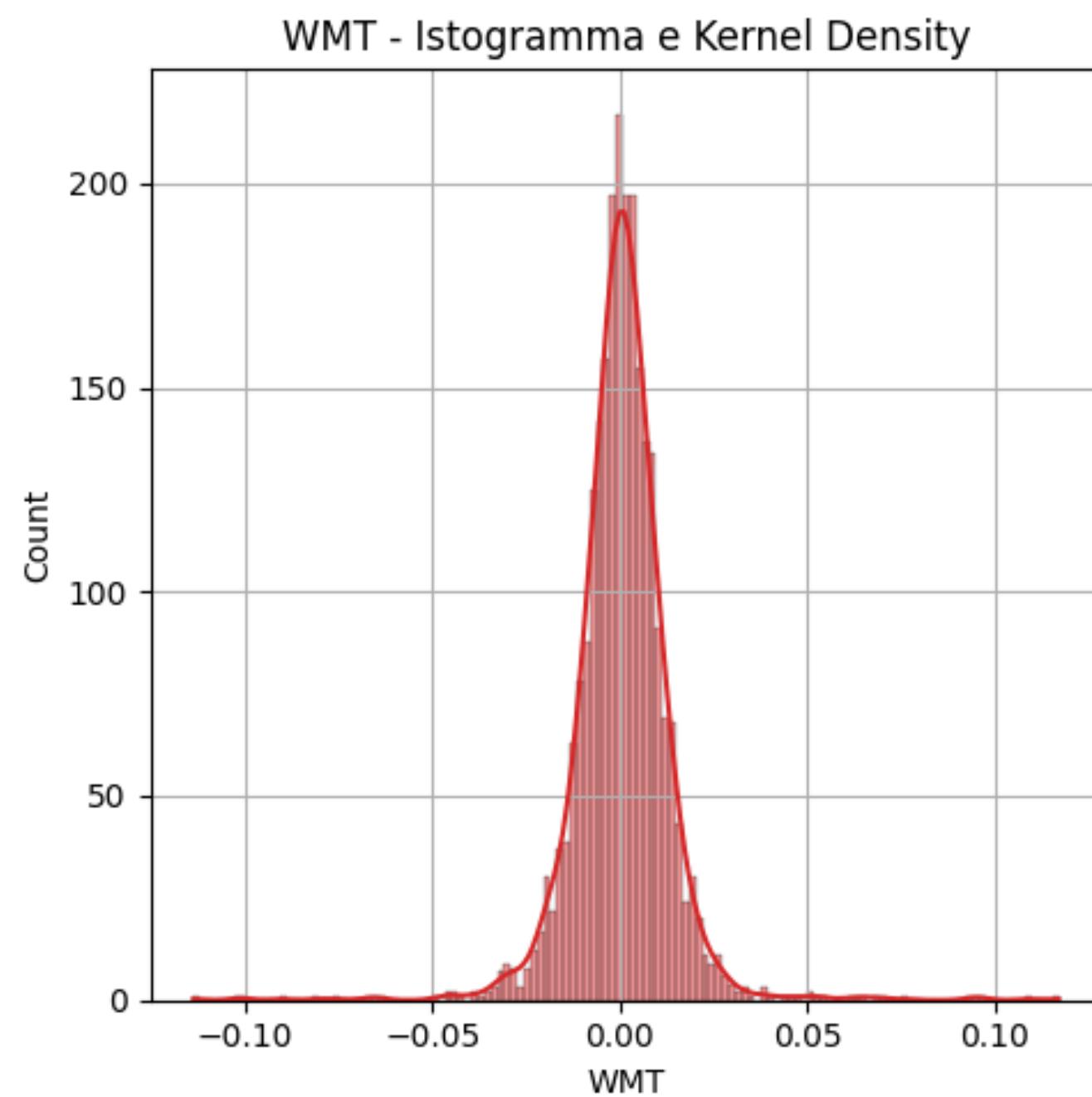
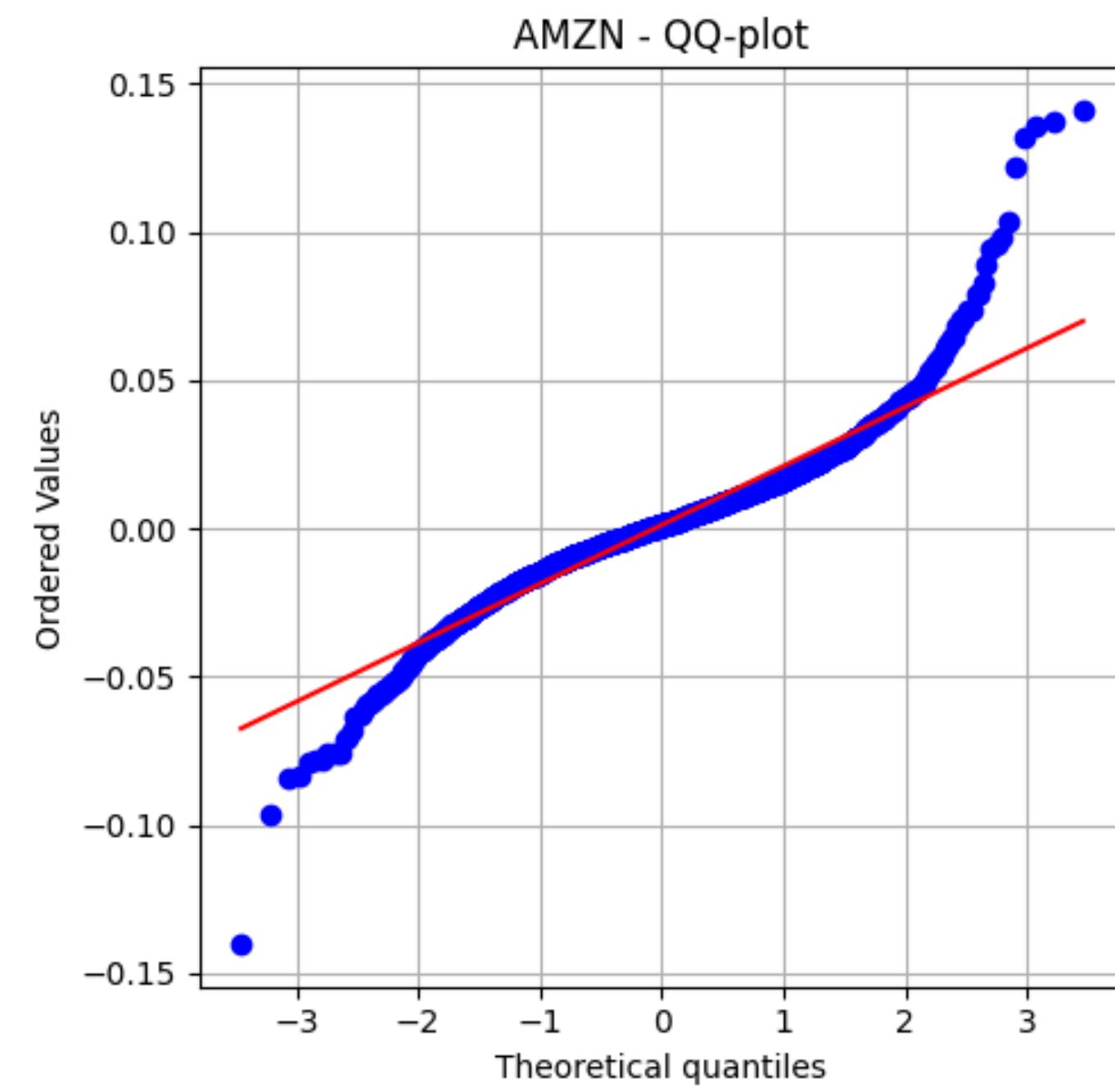
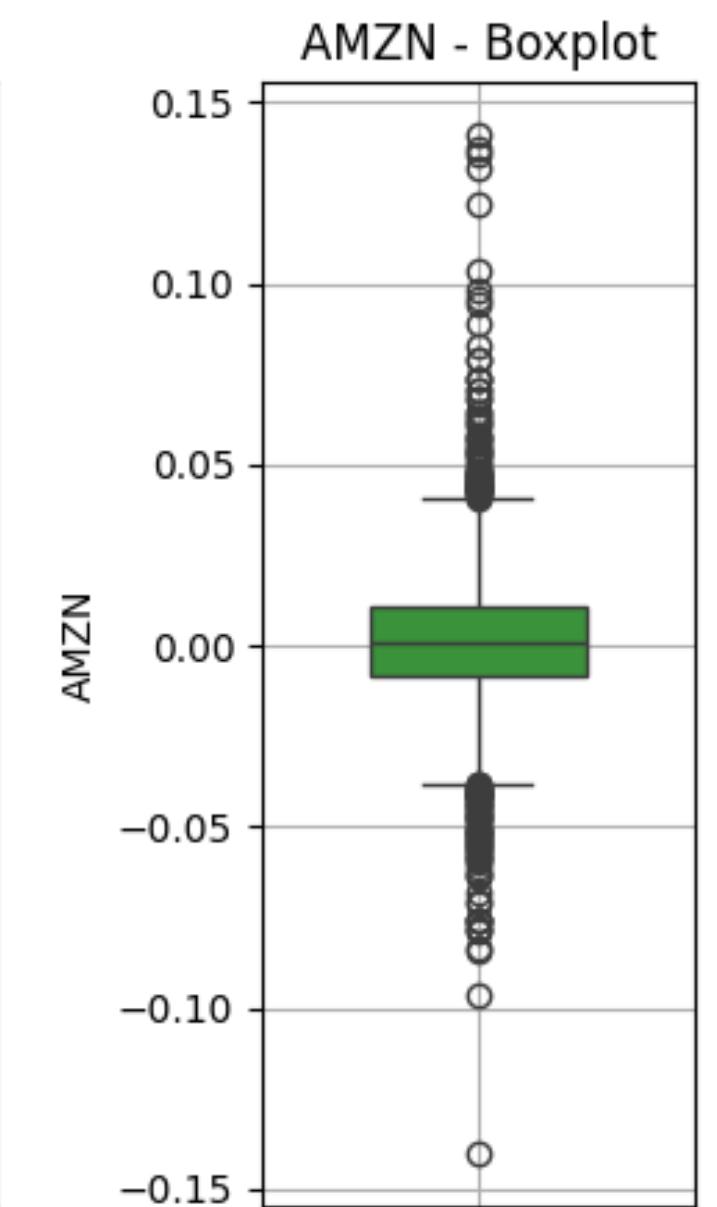
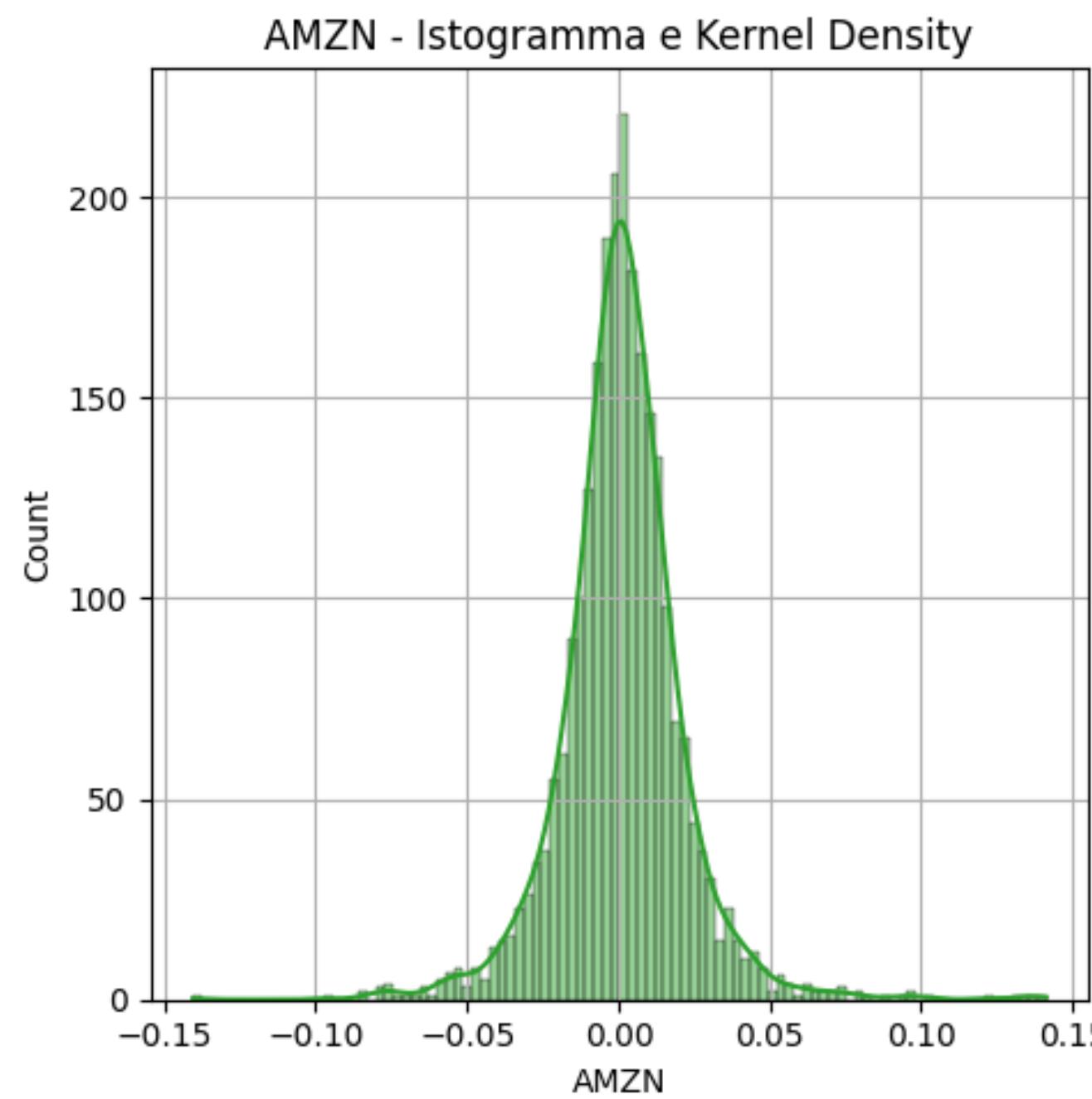
Grafici diagnostici

Tecnologia elettronica



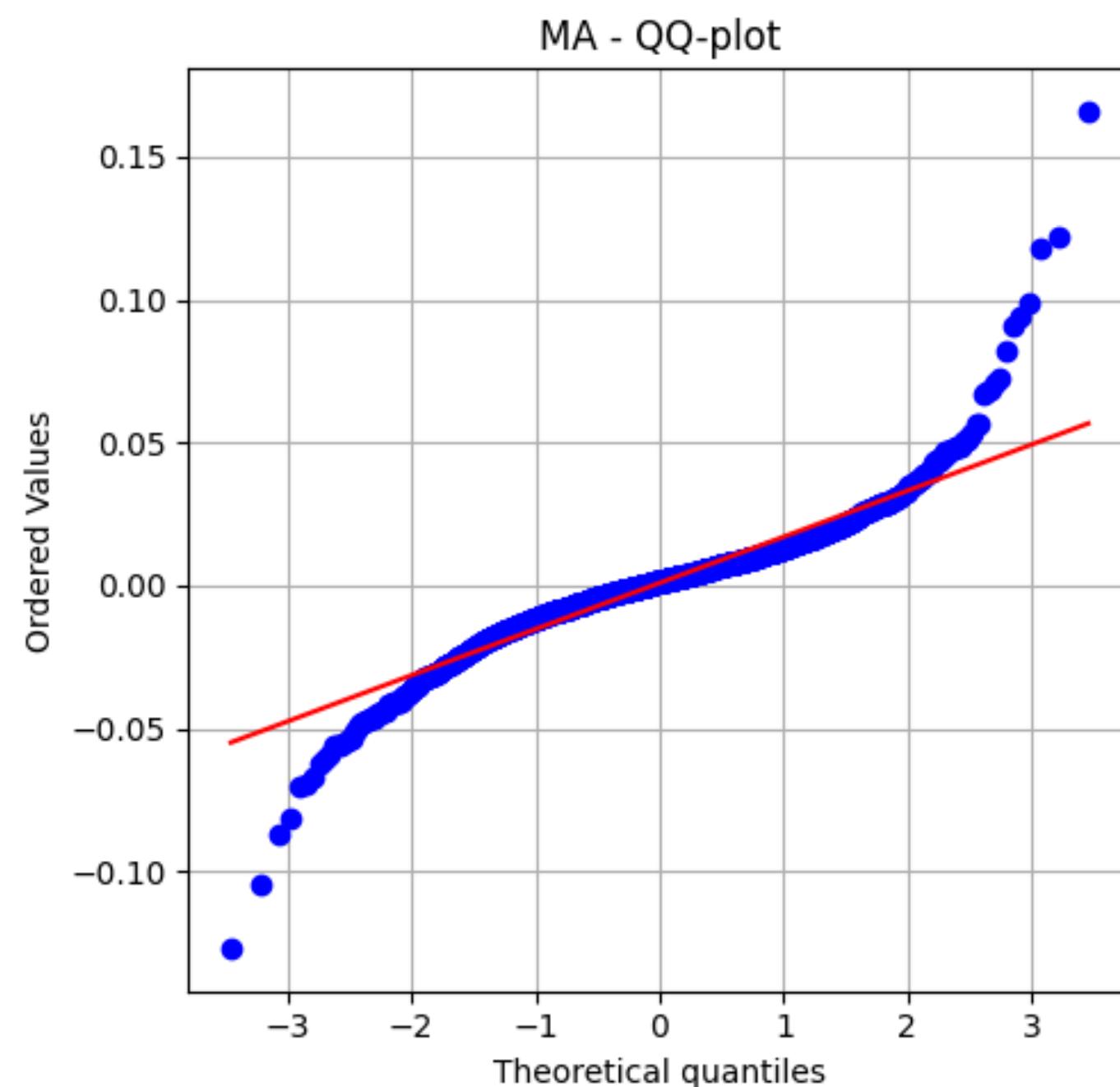
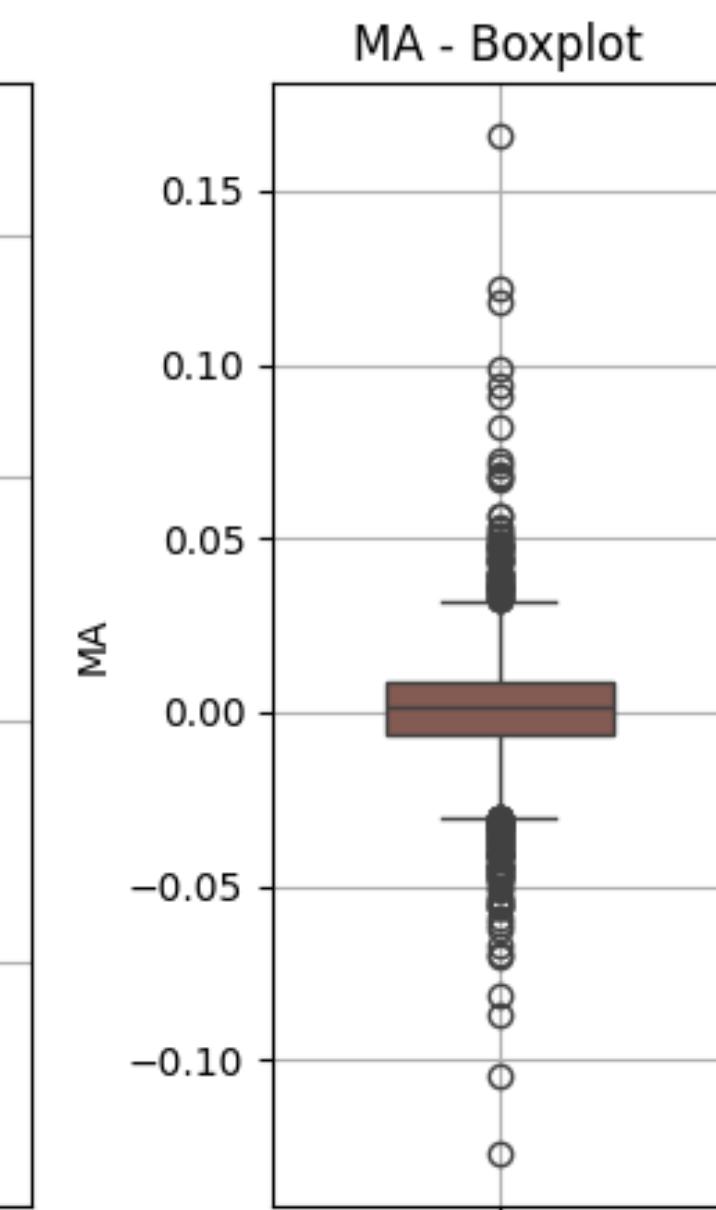
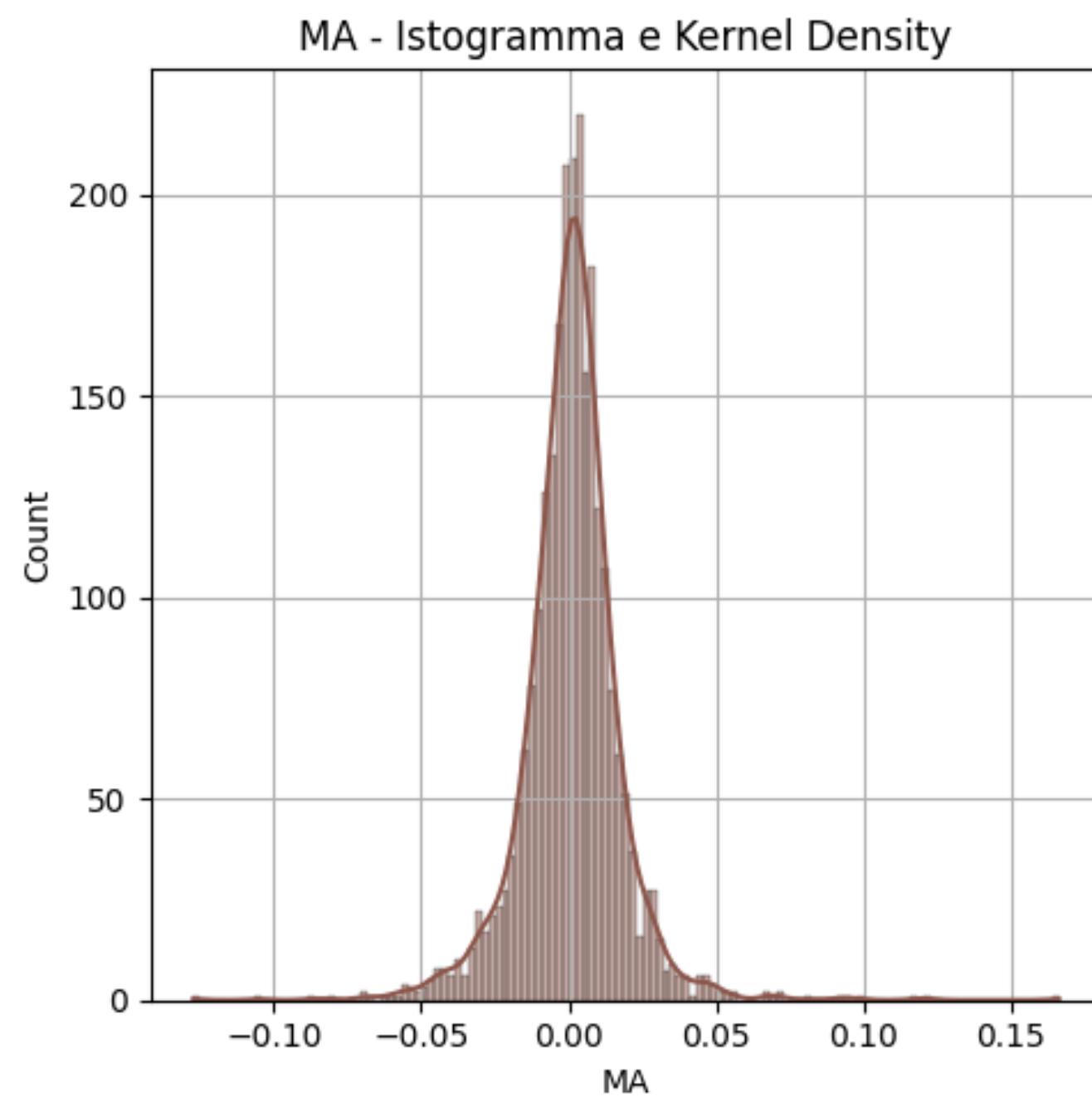
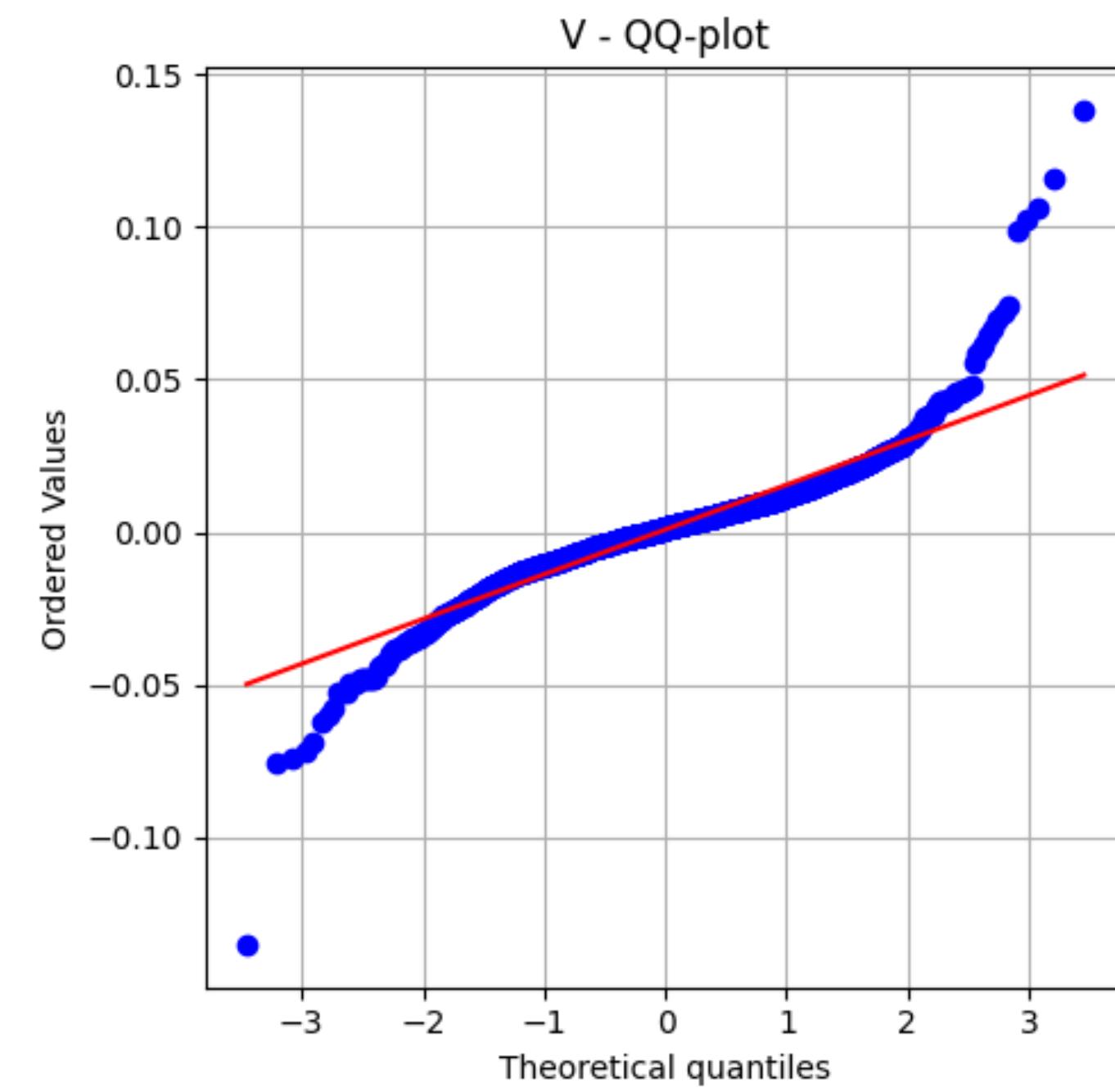
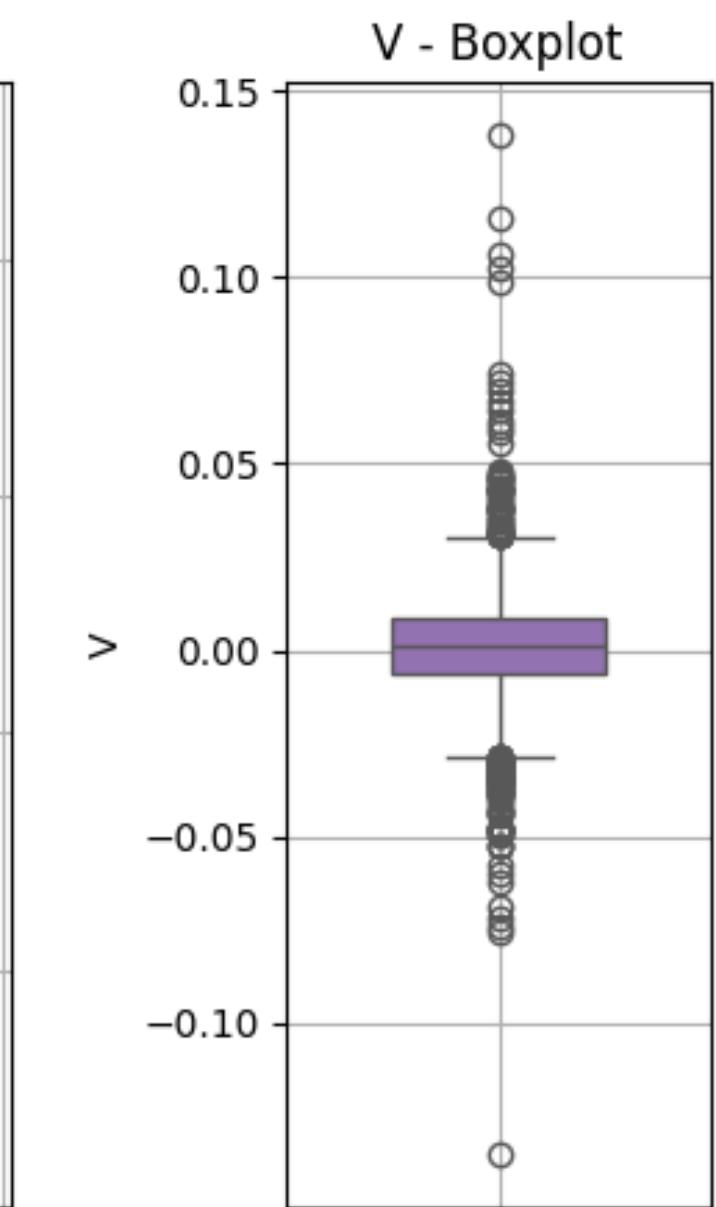
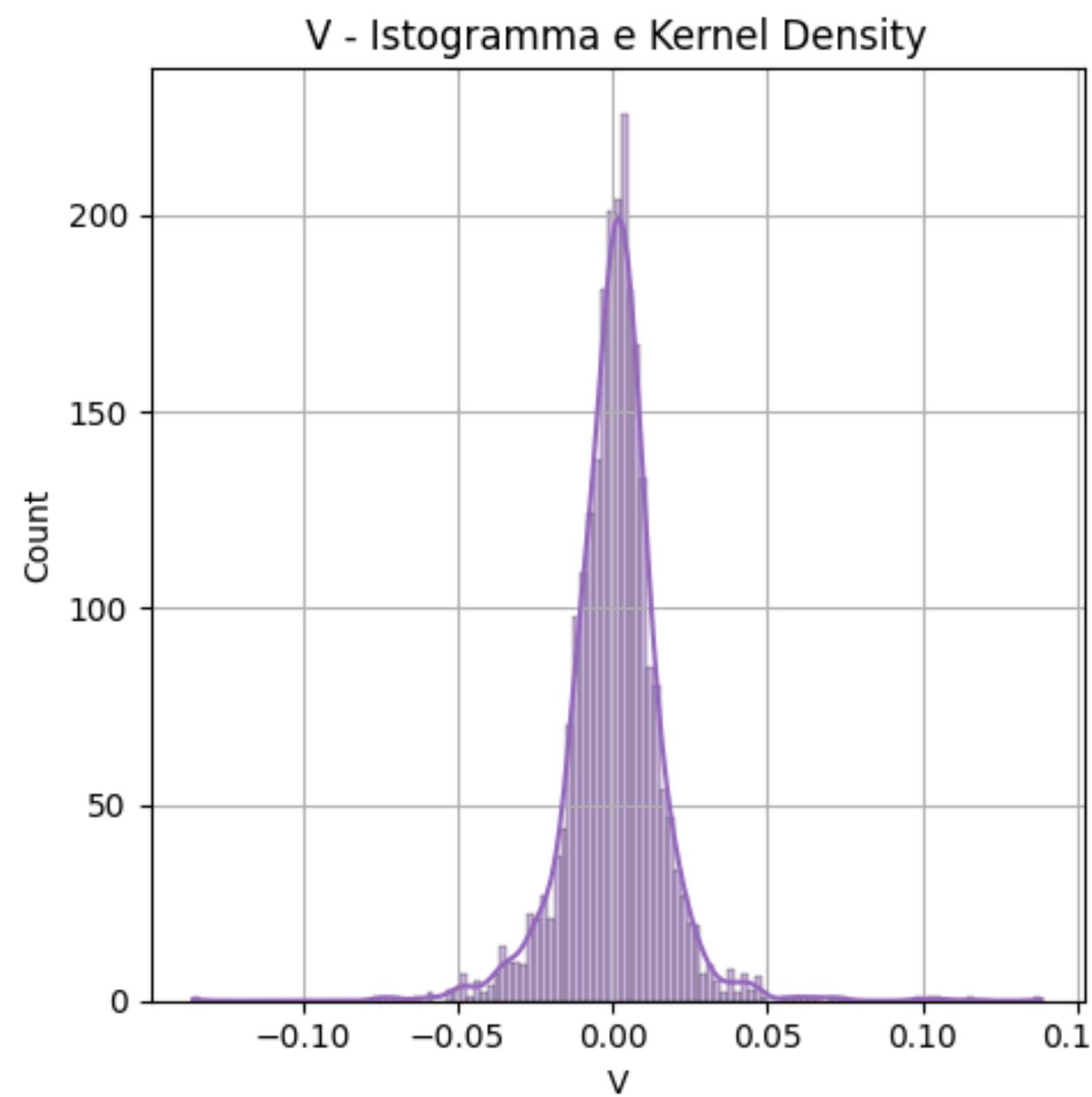
Grafici diagnostici

Vendita al dettaglio



Grafici diagnostici

Servizi commerciali



Statistiche descrittive univariate

Ticker	AAPL	INTC	AMZN	WMT	V	MA
count	2516.000000	2516.000000	2516.000000	2516.000000	2516.000000	2516.000000
mean	0.001059	0.000370	0.001187	0.000539	0.000793	0.000863
std	0.017841	0.021046	0.020638	0.013181	0.015427	0.016970
min	-0.128647	-0.180415	-0.140494	-0.113758	-0.135472	-0.127254
25%	-0.007324	-0.009571	-0.008609	-0.005382	-0.006481	-0.006842
50%	0.000821	0.000795	0.001153	0.000576	0.001316	0.001395
75%	0.010141	0.010663	0.011145	0.006606	0.008235	0.008719
max	0.119808	0.195213	0.141311	0.117085	0.138427	0.166109
var	0.000318	0.000443	0.000426	0.000174	0.000238	0.000288
kurt	5.360365	10.311206	6.337522	16.261119	10.399219	10.021950
skew	-0.018228	-0.231642	0.375081	0.141294	0.311605	0.340725

Statistiche descrittive univariate dei rendimenti netti giornalieri

Covarianza e correlazione

...	AAPL	INTC	AMZN	WMT	V	MA
AAPL	0.000318	0.000193	0.000203	0.000075	0.000158	0.000178
INTC	0.000193	0.000443	0.000173	0.000076	0.000150	0.000169
AMZN	0.000203	0.000173	0.000426	0.000068	0.000149	0.000169
WMT	0.000075	0.000076	0.000068	0.000174	0.000059	0.000064
V	0.000158	0.000150	0.000149	0.000059	0.000238	0.000234
MA	0.000178	0.000169	0.000169	0.000064	0.000234	0.000288

Matrice di covarianza

...	AAPL	INTC	AMZN	WMT	V	MA
AAPL	1.000000	0.512803	0.551242	0.320540	0.572258	0.586861
INTC	0.512803	1.000000	0.397253	0.274462	0.461147	0.474220
AMZN	0.551242	0.397253	1.000000	0.250431	0.466580	0.483197
WMT	0.320540	0.274462	0.250431	1.000000	0.289393	0.284192
V	0.572258	0.461147	0.466580	0.289393	1.000000	0.895386
MA	0.586861	0.474220	0.483197	0.284192	0.895386	1.000000

Matrice di correlazione

Andamento della correlazione nel tempo dei titoli per il settore Tecnologia elettronica

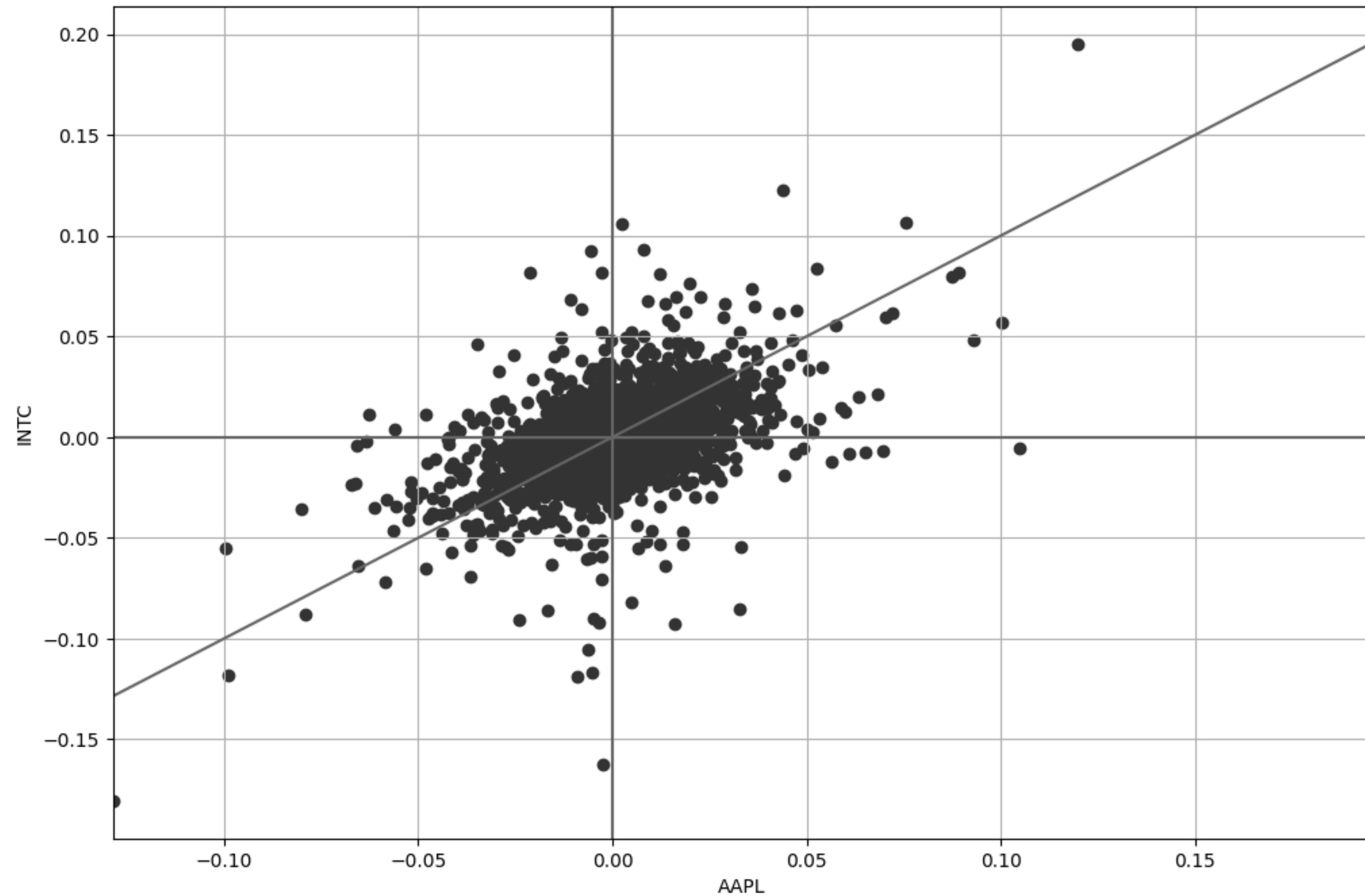


Andamento della correlazione nel tempo dei titoli per il settore Vendita al dettaglio

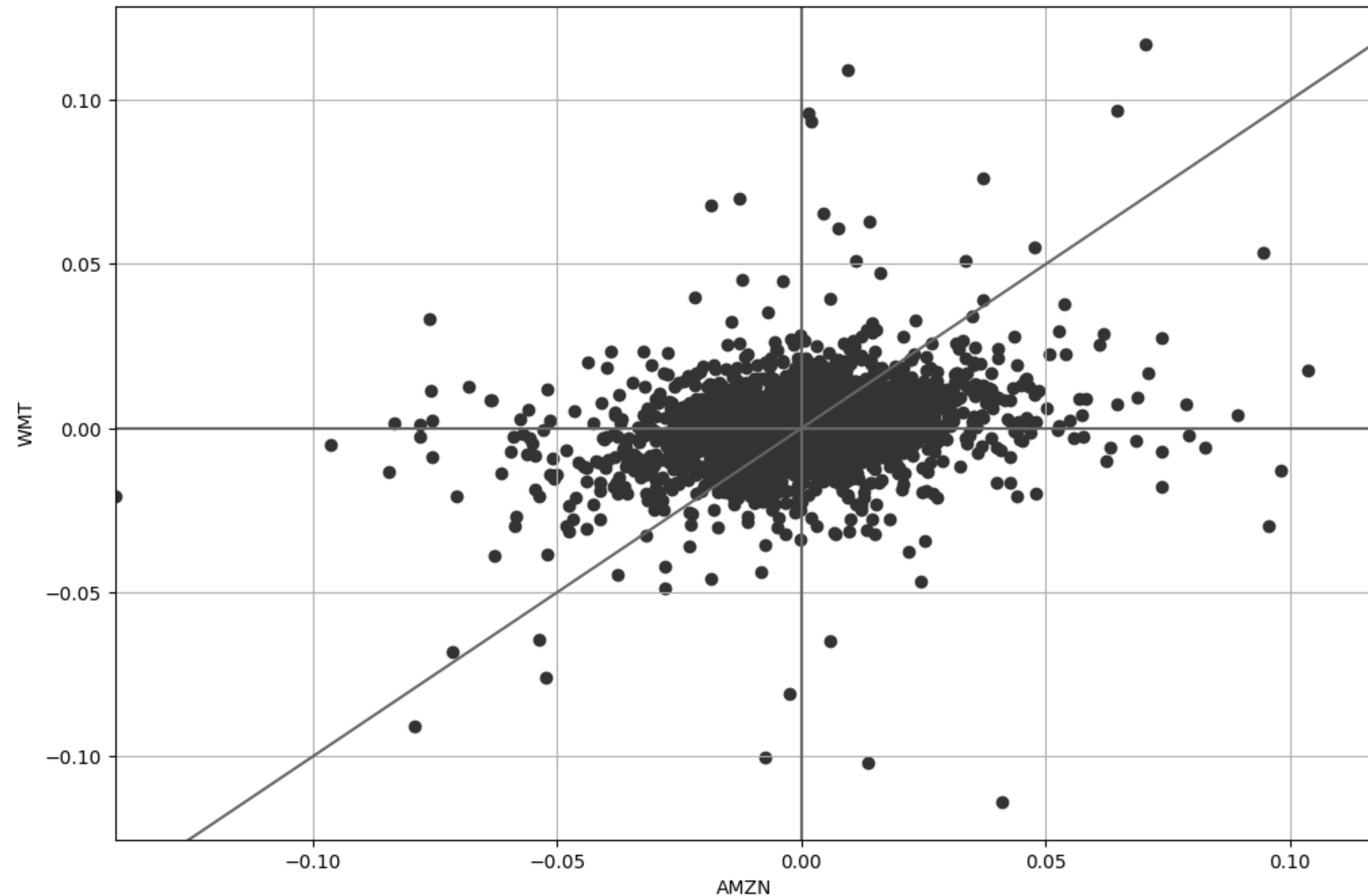


Andamento della correlazione nel tempo dei titoli per il settore Servizi commerciali

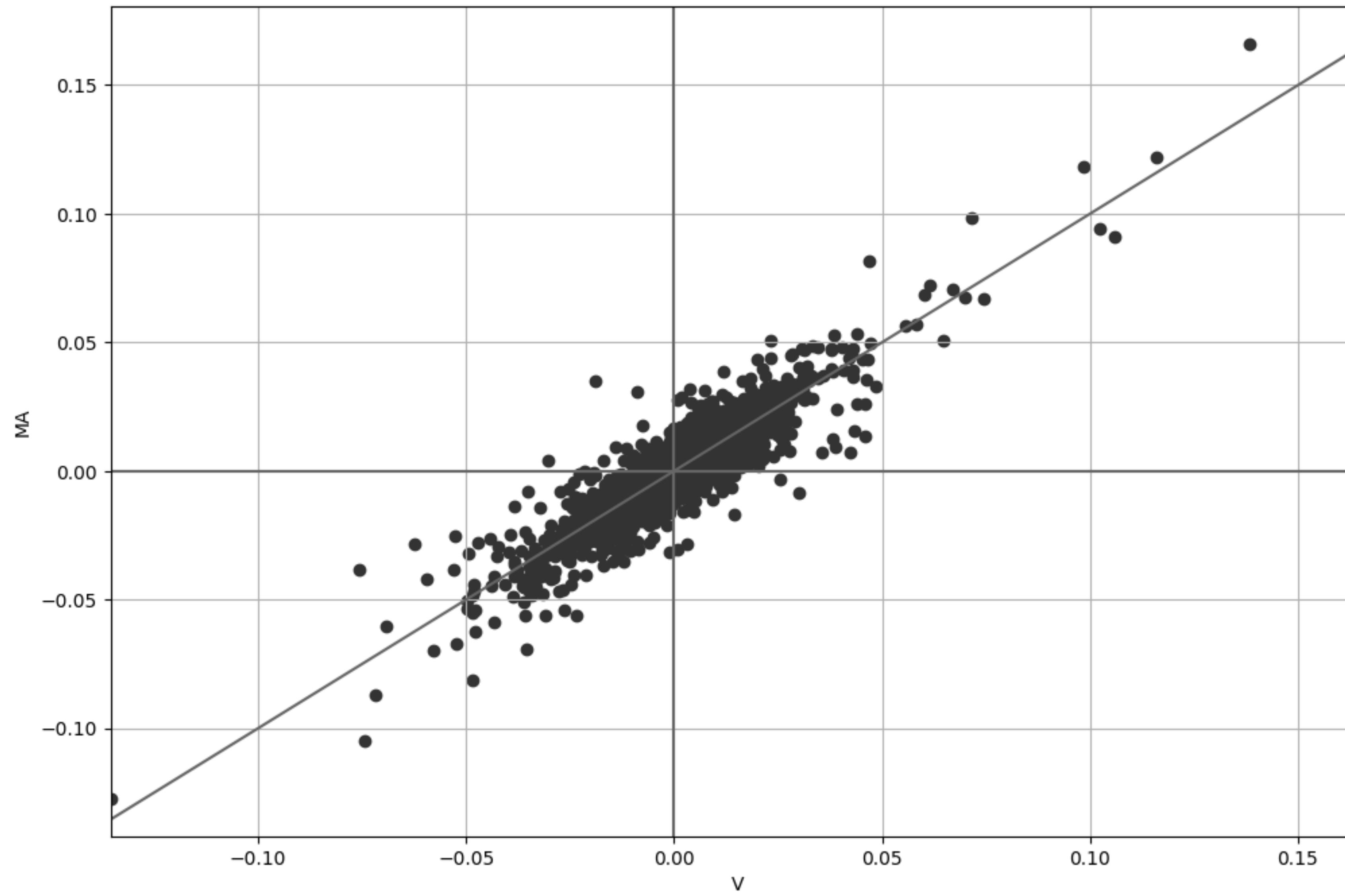




Dispersione dei rendimenti netti giornalieri di Apple e Intel



Dispersione dei rendimenti netti giornalieri di Amazon e Walmart

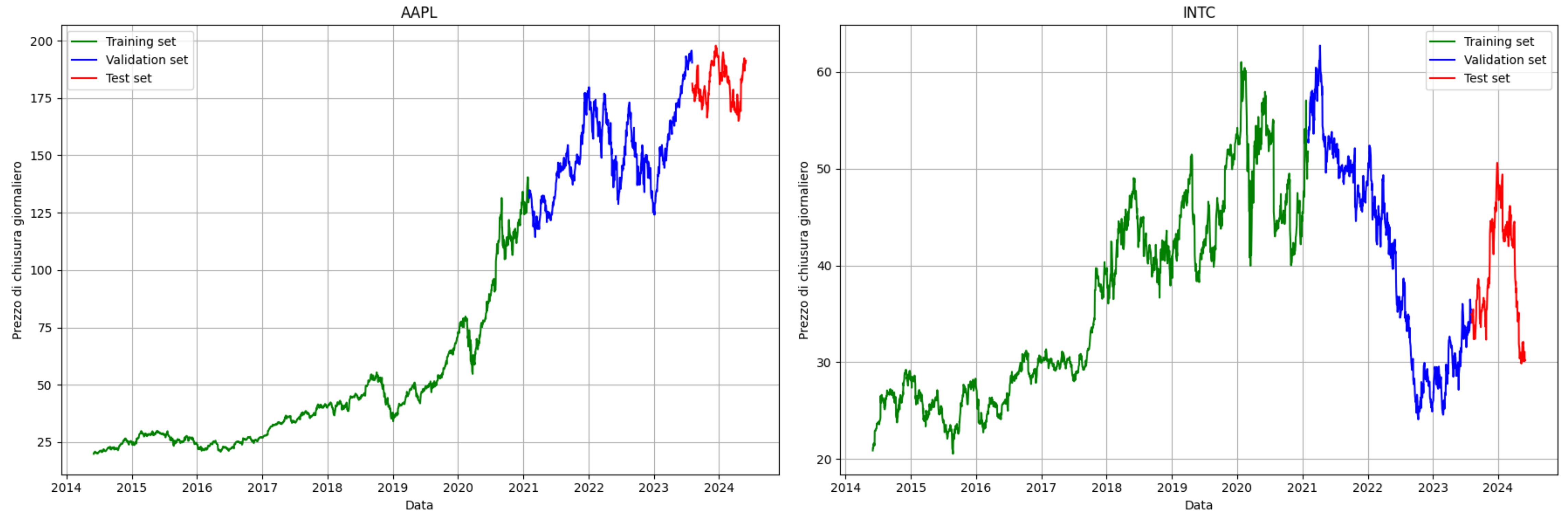


Dispersione dei rendimenti netti giornalieri di Visa e Mastercard

Analisi di previsione

Costruzione del modello predittivo

- Il modello scelto per effettuare previsioni sulla serie dei prezzi di chiusura dei titoli è **ARIMA**
- I dati a disposizione sono stati divisi ed utilizzati come segue:
 - **Training set** di 80 mesi per addestrare il modello
 - **Validation set** di 30 mesi per ottimizzare gli iperparametri
 - **Test set** di 10 mesi per verificare le prestazioni del modello
- Le previsioni vengono effettuate giorno per giorno (one-step)



Suddivisione dei dati nei tre set per il settore tecnologia elettronica

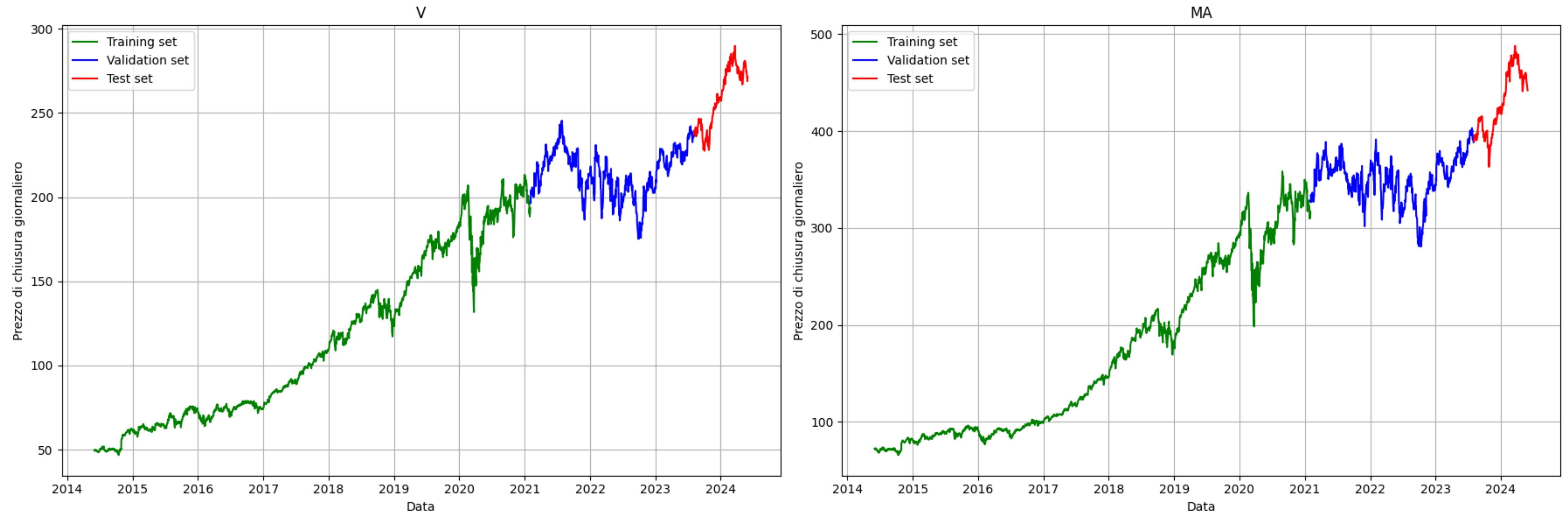
AMZN



WMT



Suddivisione dei dati nei tre set per il settore vendita al dettaglio

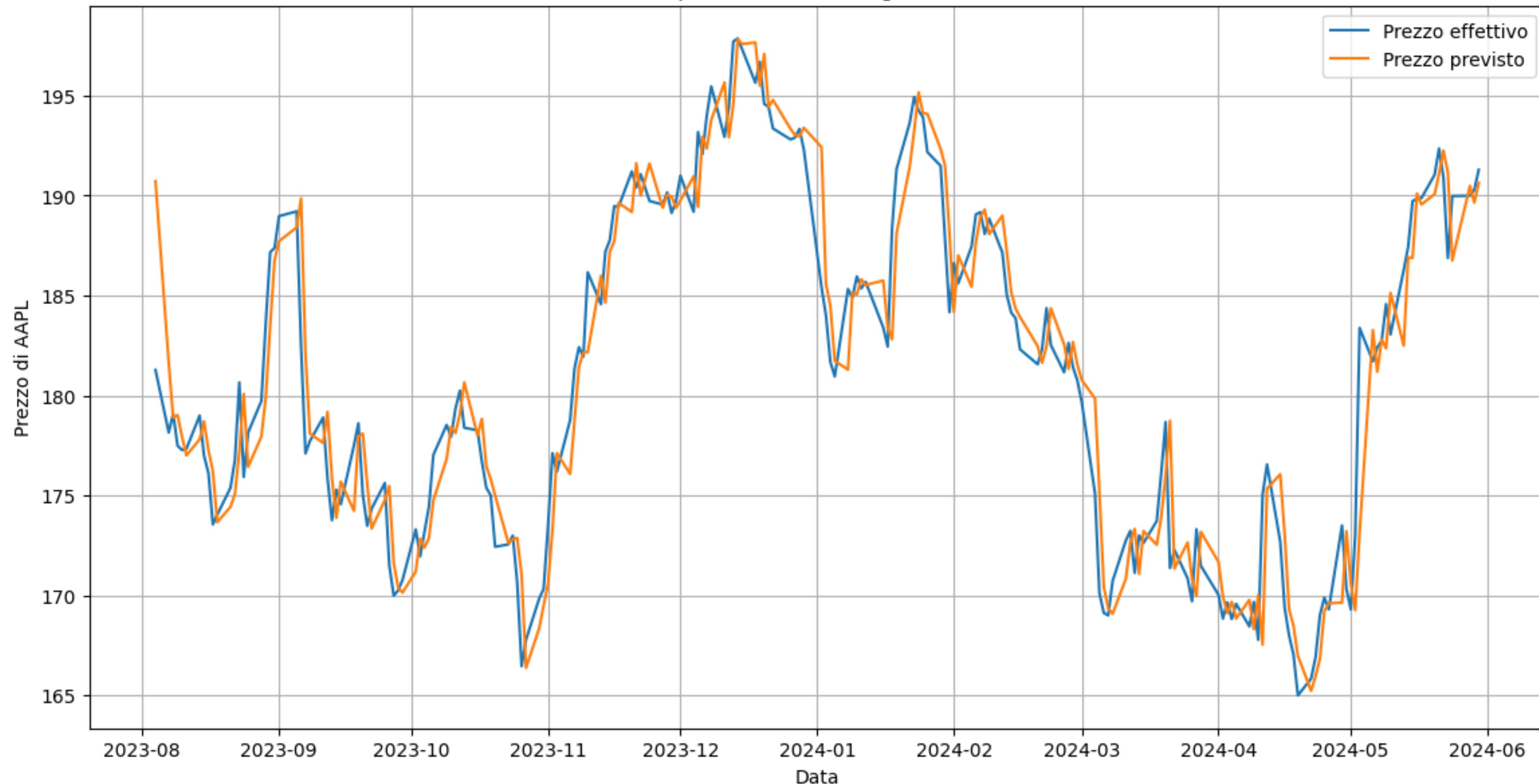


Suddivisione dei dati nei tre set per il settore servizi commerciali

Ottimizzazione degli iperparametri

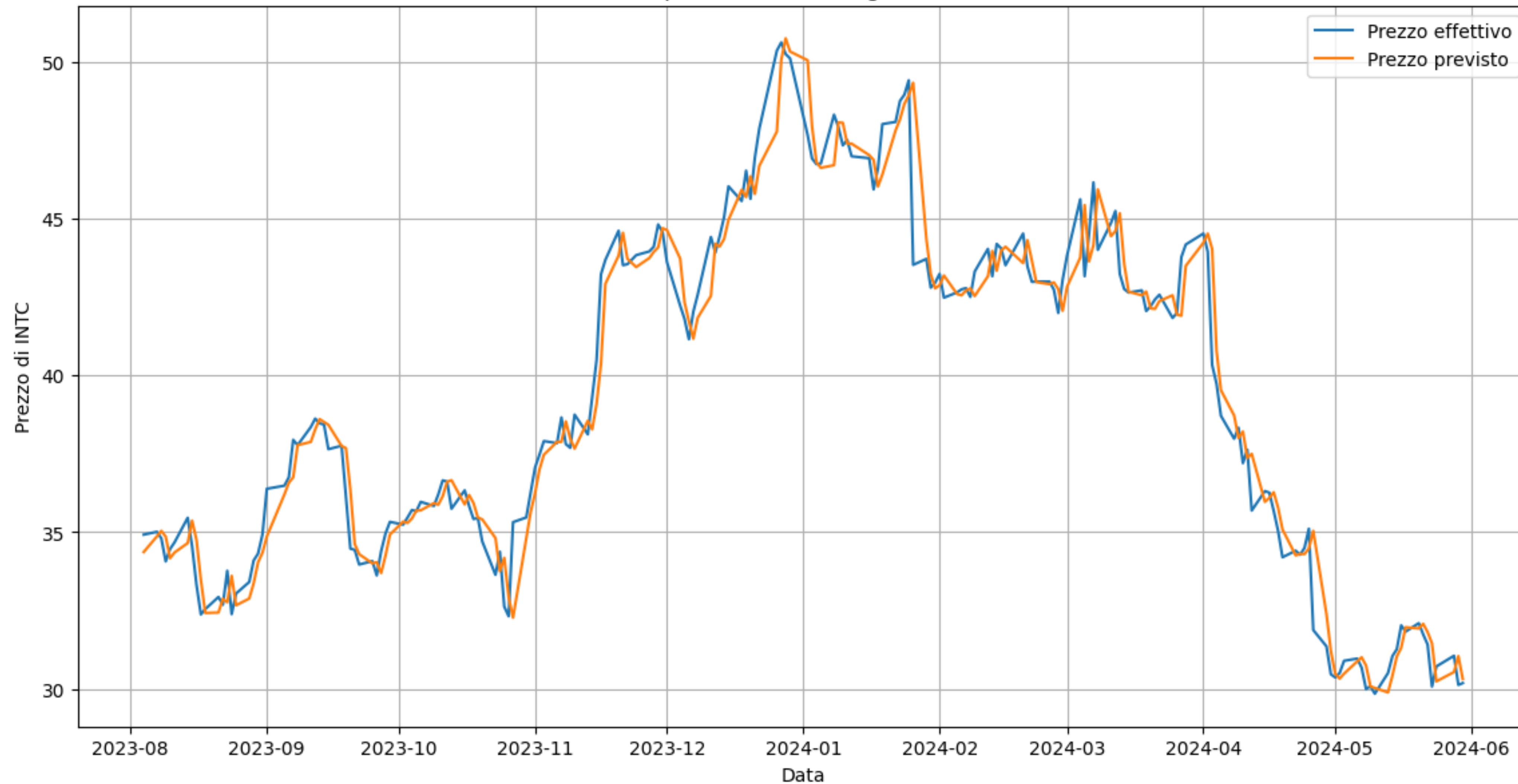
- Per ogni terna di iperparametri (p, d, q) :
 1. Addestramento di ARIMA sui dati di training
 2. Previsione sul validation set
 3. Calcolo dell'errore (MSE) commesso
 4. Memorizzazione degli iperparametri con l'errore (MSE) più basso

Previsione dei prezzi di chiusura giornalieri con ARIMA

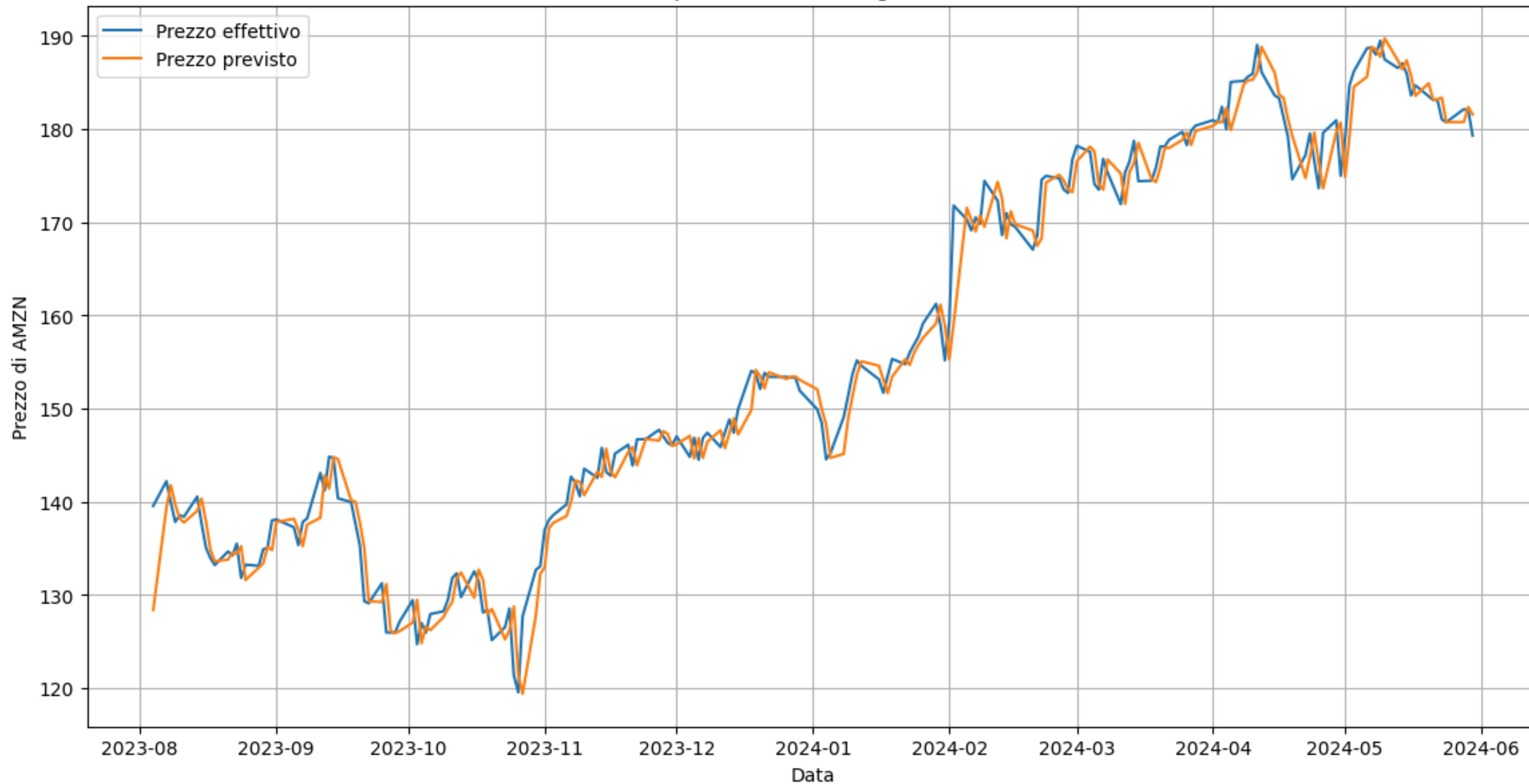


Previsione dei prezzi di chiusura di Apple (RMSE = 2.43)

Previsione dei prezzi di chiusura giornalieri con ARIMA



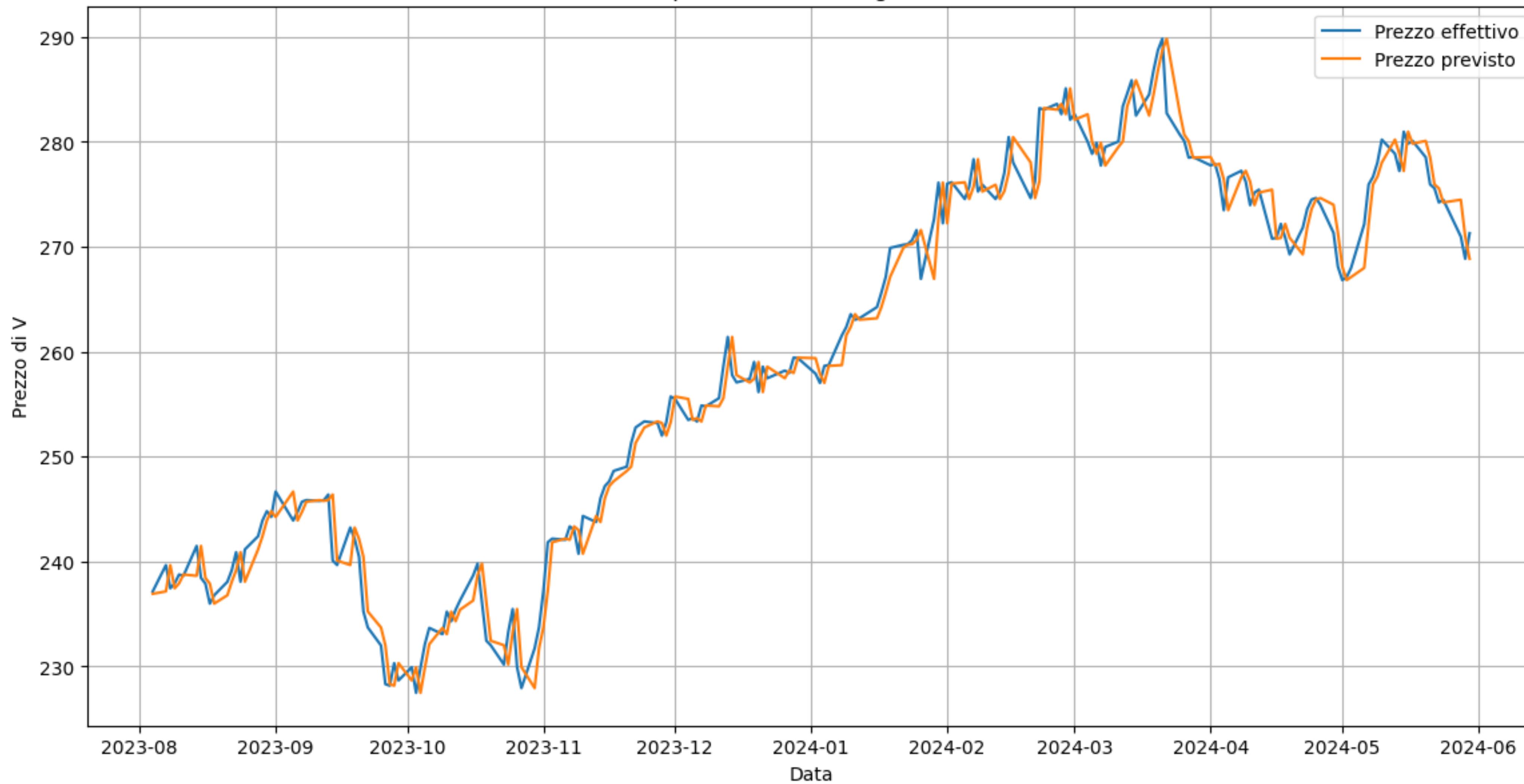
Previsione dei prezzi di chiusura giornalieri con ARIMA



Previsione dei prezzi di chiusura giornalieri con ARIMA

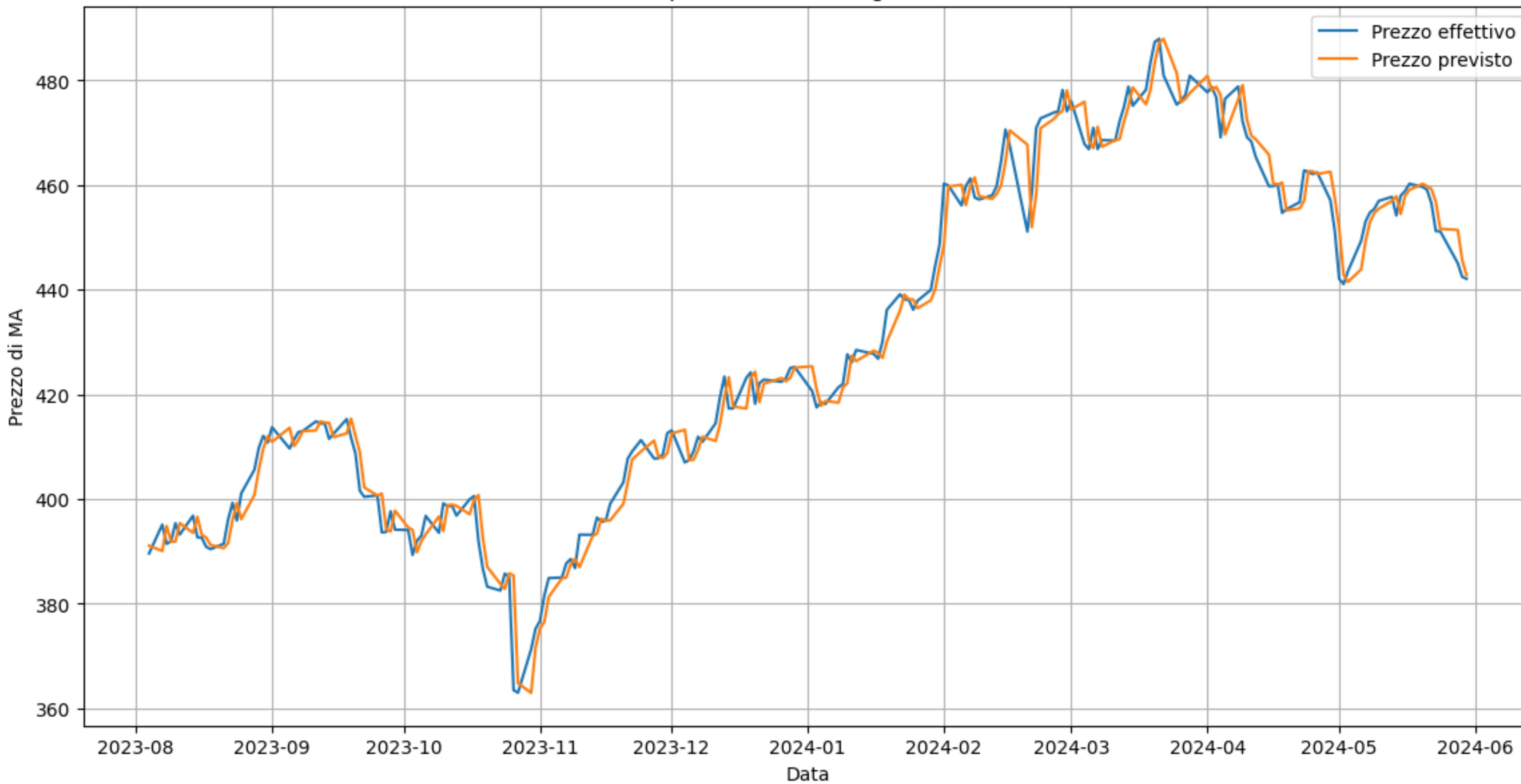


Previsione dei prezzi di chiusura giornalieri con ARIMA



Previsione prezzi di chiusura Visa (RMSE = 2.21)

Previsione dei prezzi di chiusura giornalieri con ARIMA

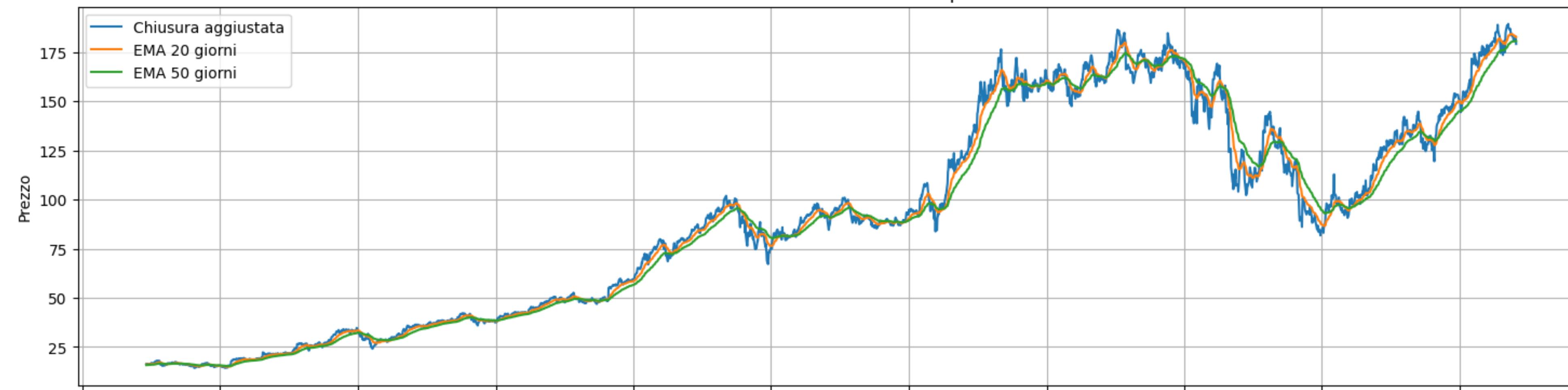


Strategie di trading e backtesting

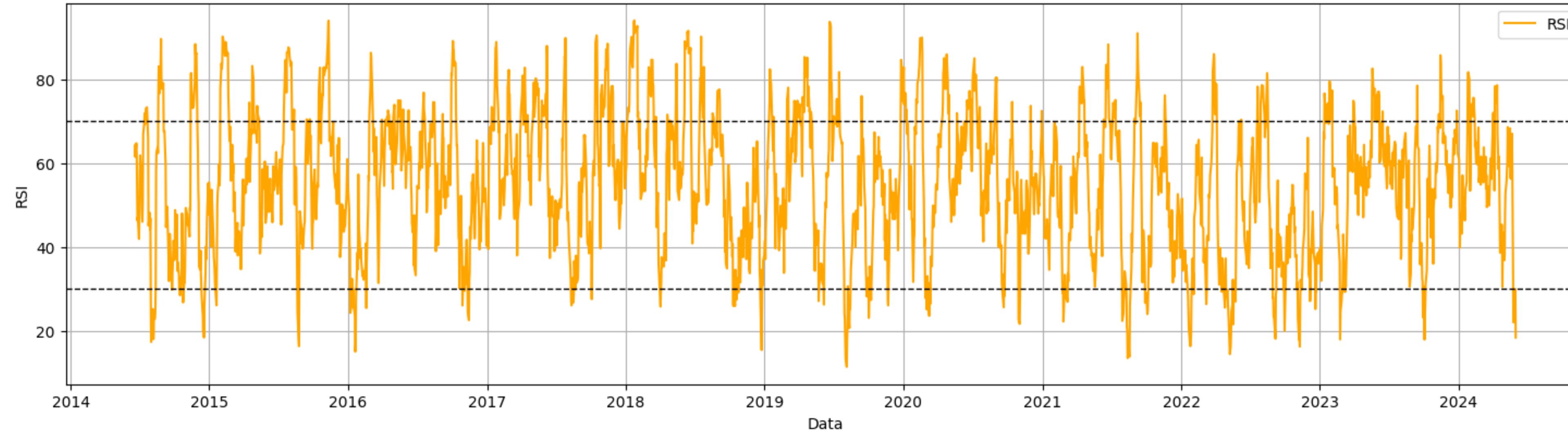
Definizione della strategia

- La strategia definita fa uso di
 - **Medie mobili esponenziali**, per catturare il *trend*
 - **Indicatore RSI**, per catturare il *momentum*
- L'indicatore RSI è calcolato come $RSI = 100 \cdot \frac{U}{(U + D)}$ dove
 - U = media delle differenze di chiusura al rialzo degli ultimi 14 giorni
 - D = media delle differenze di chiusura al ribasso degli ultimi 14 giorni

Prezzo di chiusura e medie mobili esponenziali



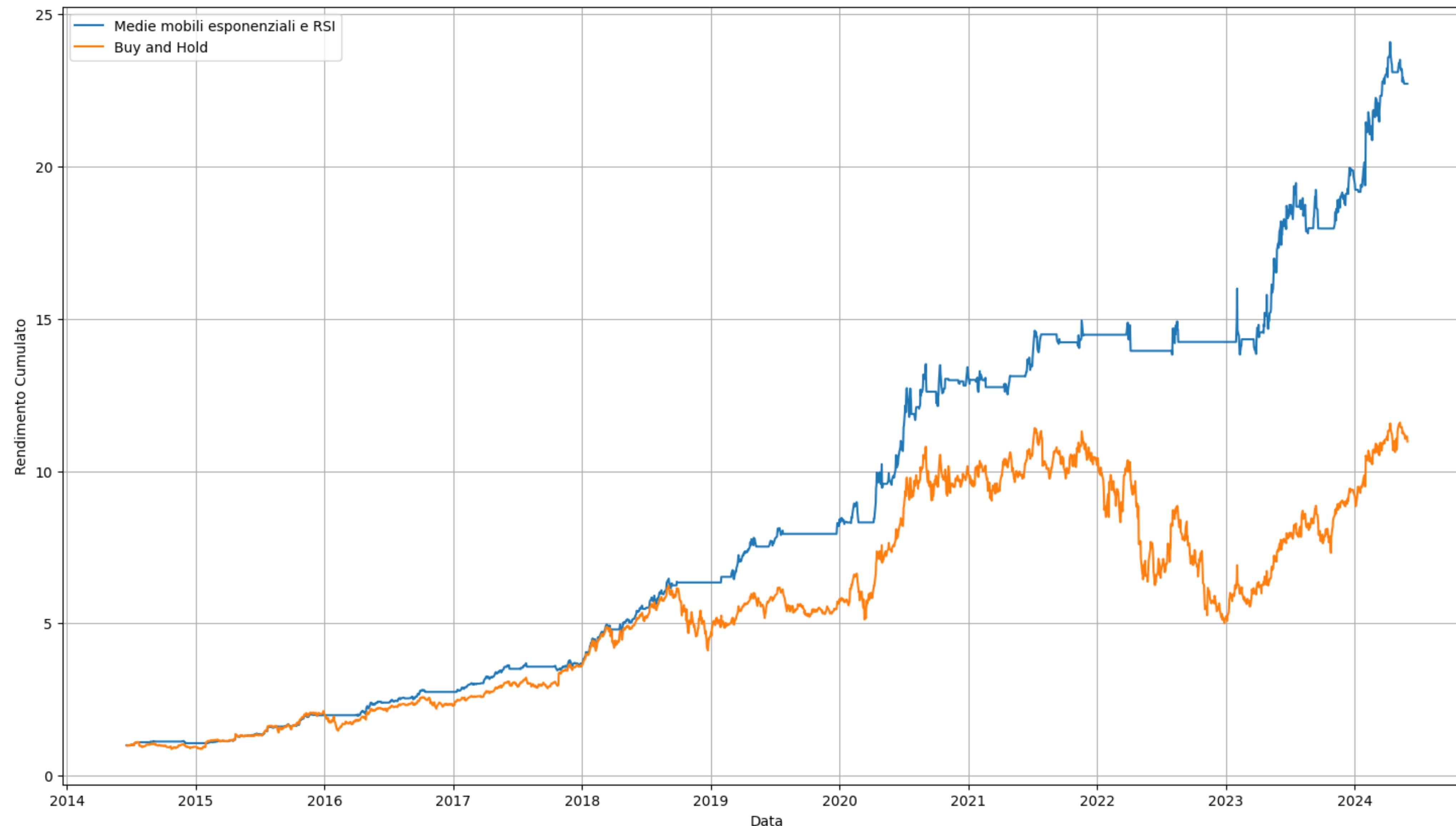
Indicatore RSI



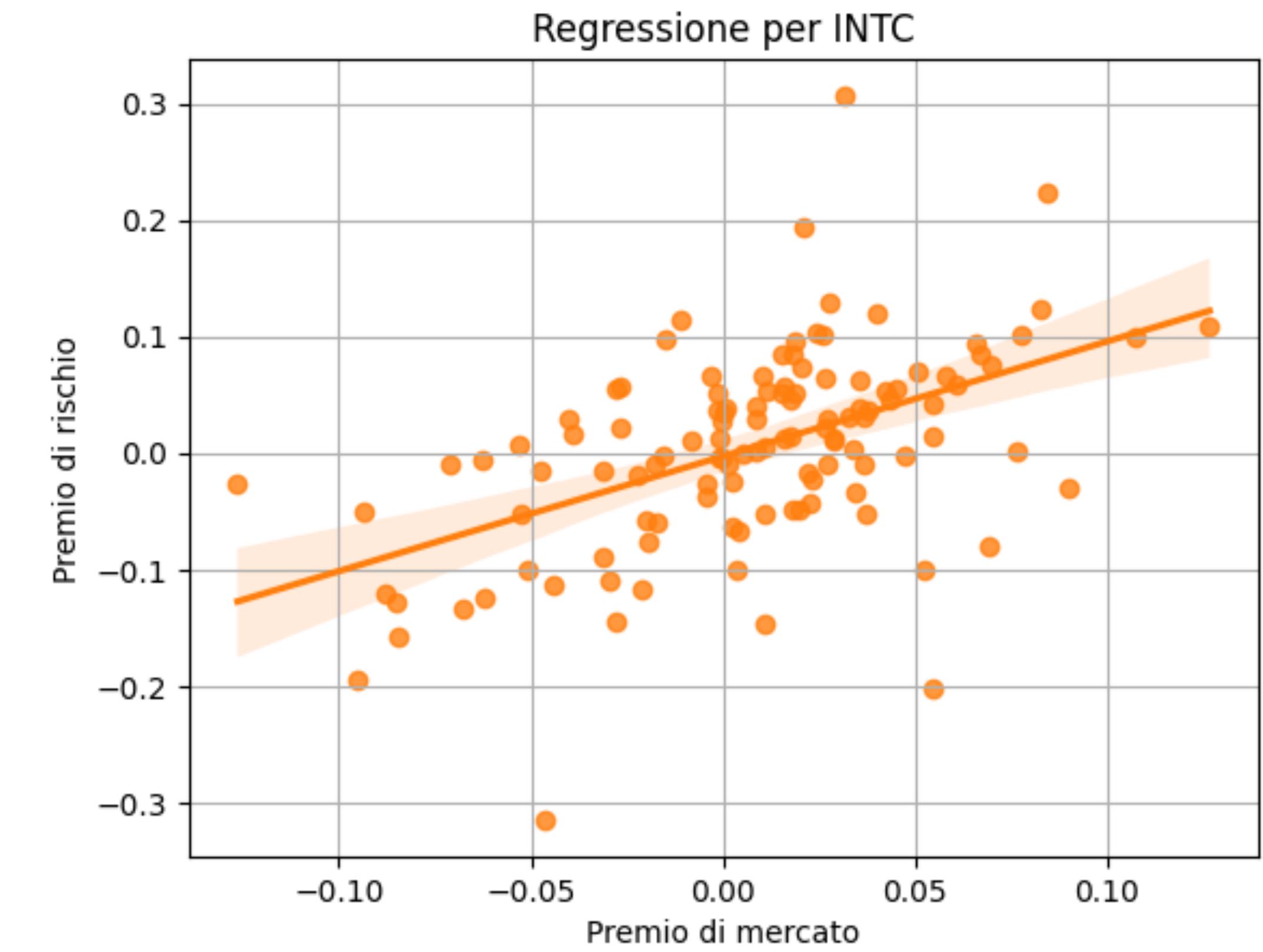
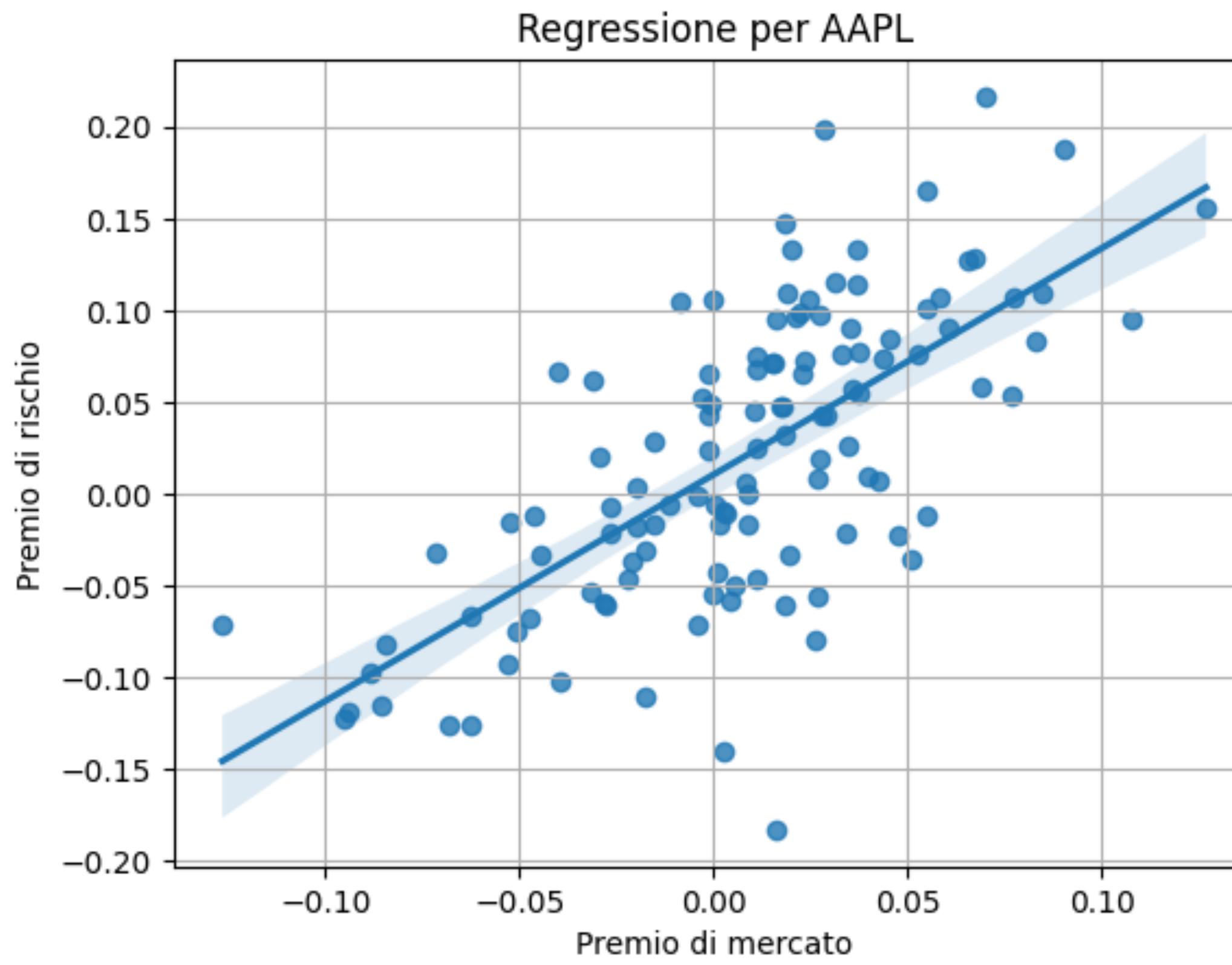
Segnali di trading

- La strategia genera un **segnaletico di acquisto** quando
 1. La media mobile esponenziale a breve termine sorpassa dal basso verso l'alto quella a lungo termine
 2. L'indicatore RSI supera 50
- La strategia genera un **segnaletico di vendita** quando
 1. La media mobile esponenziale a breve termine sorpassa dall'alto verso il basso quella a lungo termine
 2. L'indicatore RSI scende sotto 50

Confronto dei rendimenti cumulati



CAPM



Esposizione al rischio di mercato per il titolo AAPL

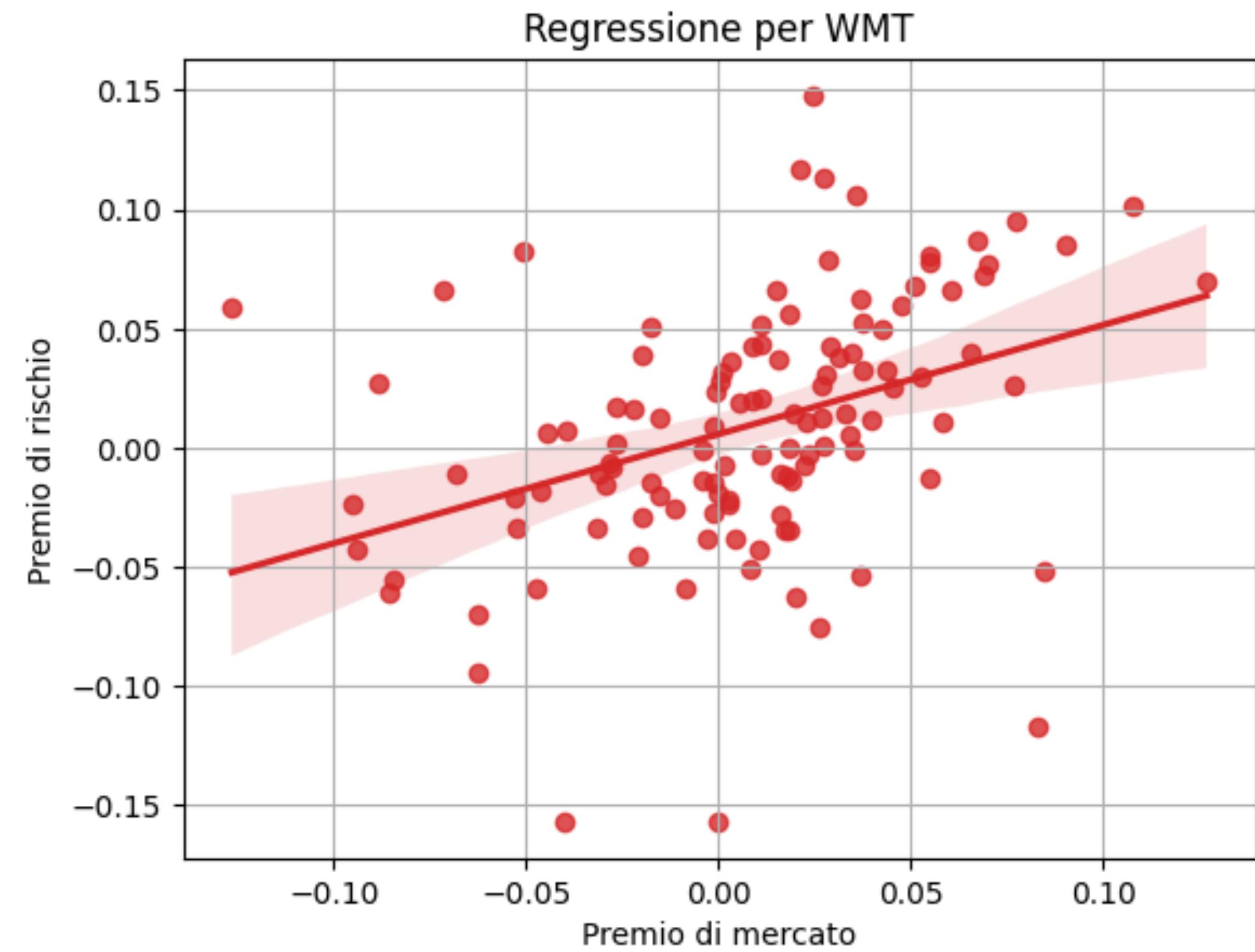
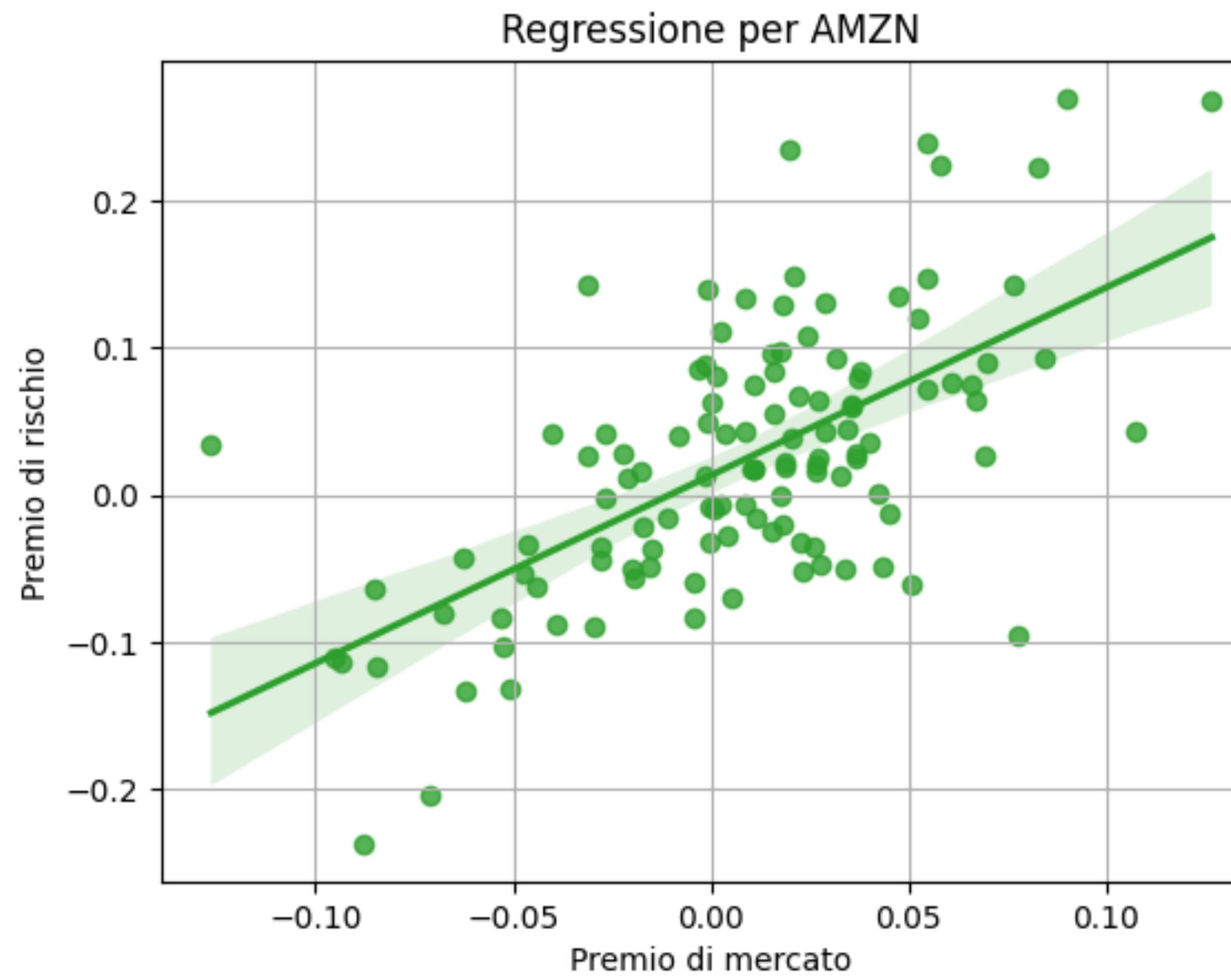
	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
const	0.0104	0.006	1.874	0.063	-0.001	0.021
Premio di mercato	1.2339	0.124	9.978	0.000	0.989	1.479

Stima del coefficiente beta - Apple

Esposizione al rischio di mercato per il titolo INTC

	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
const	-0.0030	0.007	-0.424	0.672	-0.017	0.011
Premio di mercato	0.9850	0.156	6.326	0.000	0.677	1.293

Stima del coefficiente beta - Intel



Esposizione al rischio di mercato per il titolo AMZN

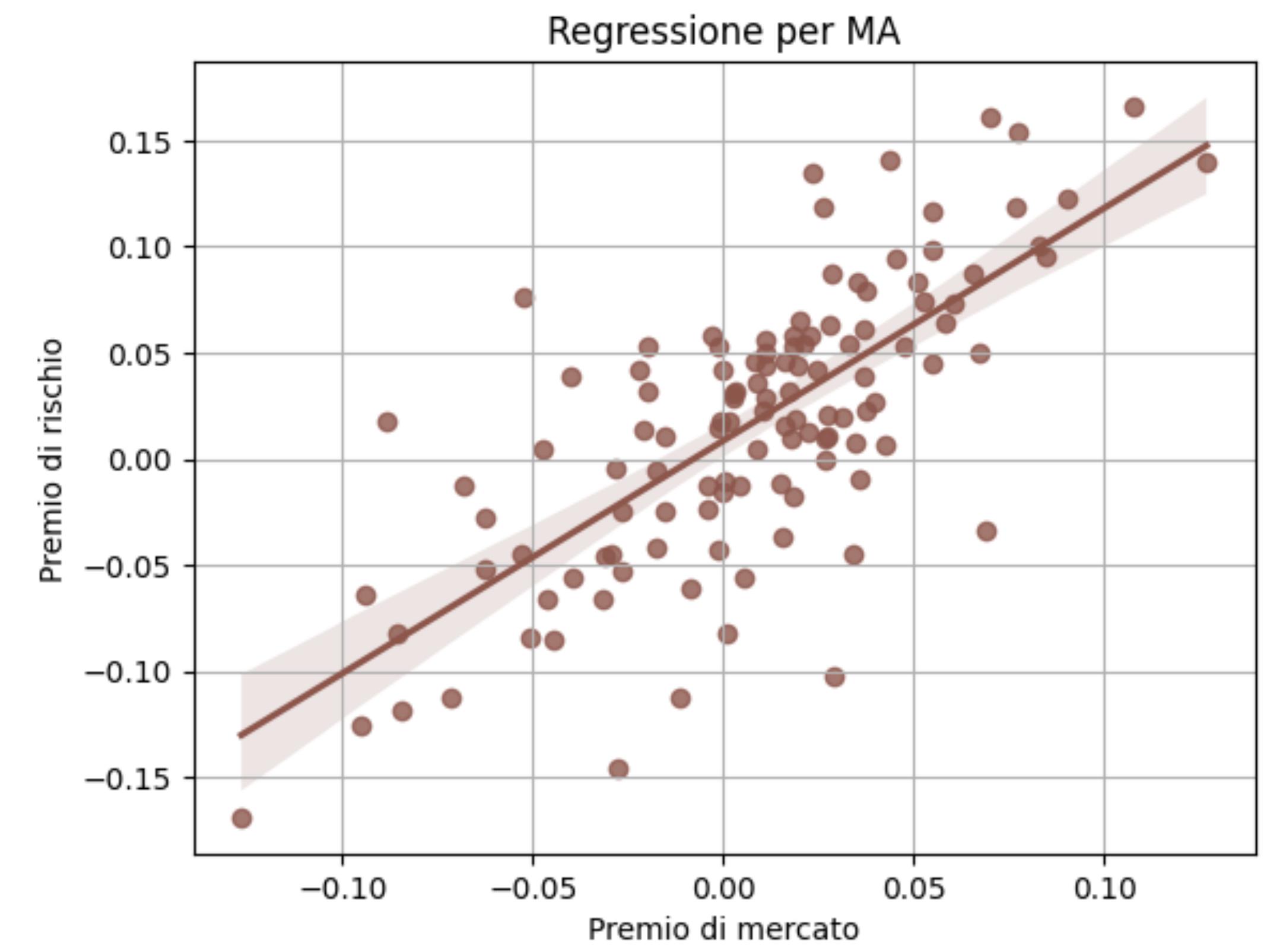
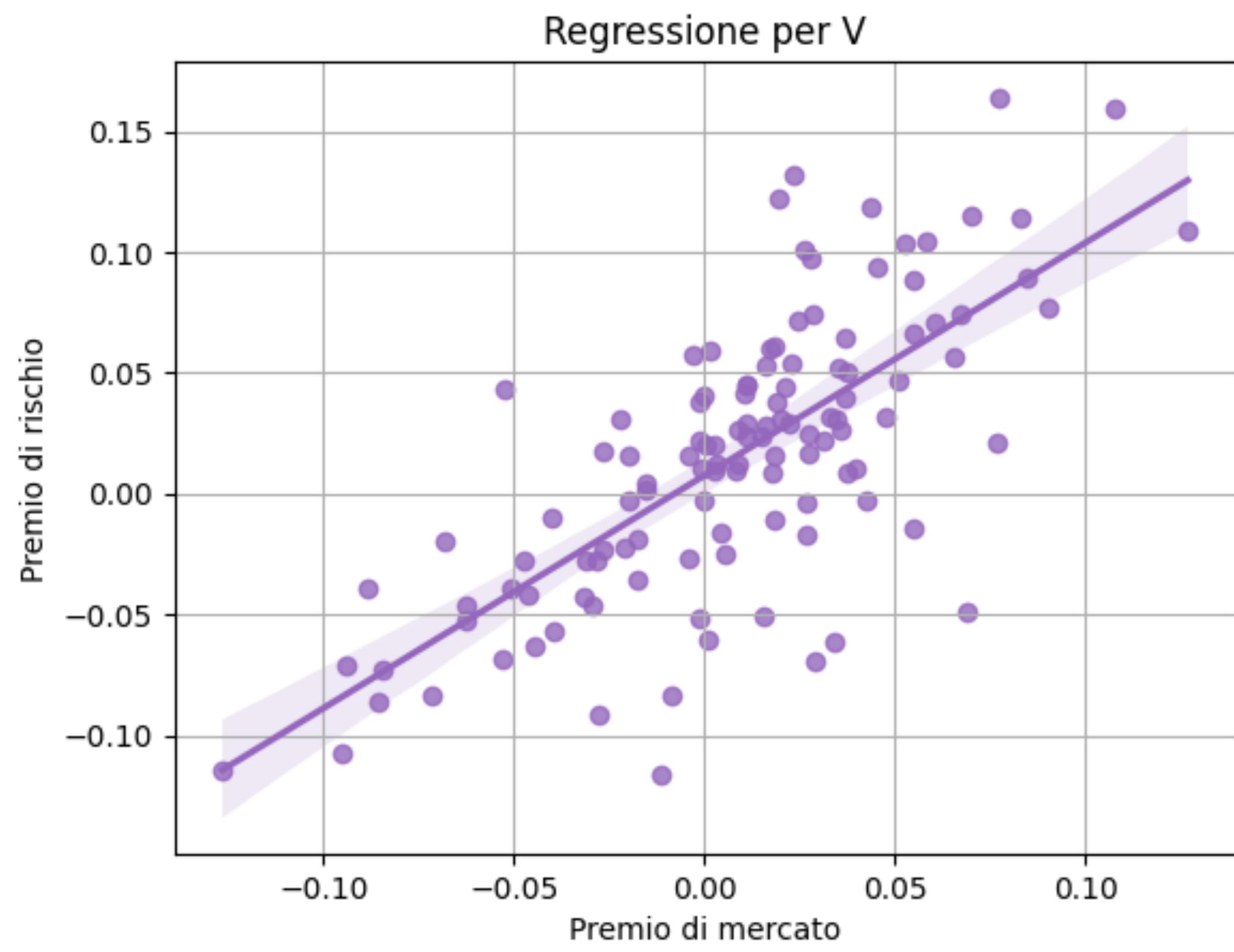
	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
const	0.0131	0.007	1.983	0.050	1.8e-05	0.026
Premio di mercato	1.2776	0.147	8.674	0.000	0.986	1.569

Stima del coefficiente beta - Amazon

Esposizione al rischio di mercato per il titolo WMT

	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
const	0.0057	0.005	1.258	0.211	-0.003	0.015
Premio di mercato	0.4582	0.101	4.515	0.000	0.257	0.659

Stima del coefficiente beta - Walmart



Esposizione al rischio di mercato per il titolo V

	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
const	0.0075	0.004	1.968	0.051	-4.75e-05	0.015
Premio di mercato	0.9634	0.085	11.400	0.000	0.796	1.131

Stima del coefficiente beta - Visa

Esposizione al rischio di mercato per il titolo MA

	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
const	0.0085	0.004	1.979	0.050	-7.06e-06	0.017
Premio di mercato	1.0972	0.095	11.509	0.000	0.908	1.286

Stima del coefficiente beta - Mastercard

Rendimenti attesi annui

- Per il calcolo del rendimento atteso annuo è stata utilizzata la formula

$$E(R_i) = r_f - \beta_i (E(R_M) - r_f)$$

- Il **premio di mercato** atteso è la media dei premi di mercato ottenuti su S&P500 dal 1980
- Il rendimento **risk-free** è il rendimento dei T-Bill a un anno

Ticker	Rendimento atteso annuo
AAPL	0.123756
INTC	0.109238
AMZN	0.126301
WMT	0.078519
V	0.107979
MA	0.115782

Rendimenti attesi annui

Fattori di Fama e French

- Anche in questo caso è stata usata la libreria **statsmodels** per stimare il modello mediante regressione
- Non tutti i fattori sono significativi ($t > 2$) per tutti i titoli

Ticker	Intercetta	MKT	SMB	HML	MKT significativo?	SMB significativo?	HML significativo?
AAPL	0.007413	1.233031	-0.221757	-0.563416	si	no	si
INTC	-0.003979	0.952714	-0.080200	0.045194	si	no	no
AMZN	0.008821	1.313817	-0.318636	-0.969033	si	no	si
WMT	0.003323	0.520686	-0.532130	-0.189875	si	si	no
V	0.005012	0.991254	-0.465787	-0.094233	si	si	no
MA	0.006200	1.117294	-0.434791	0.034918	si	si	no

Fattori di Fama e French di ciascun titolo

Costruzione di portafoglio

Ricerca del portafoglio ottimale

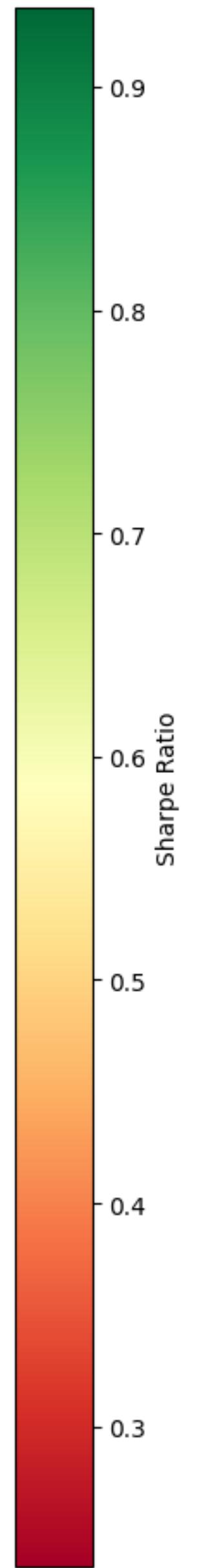
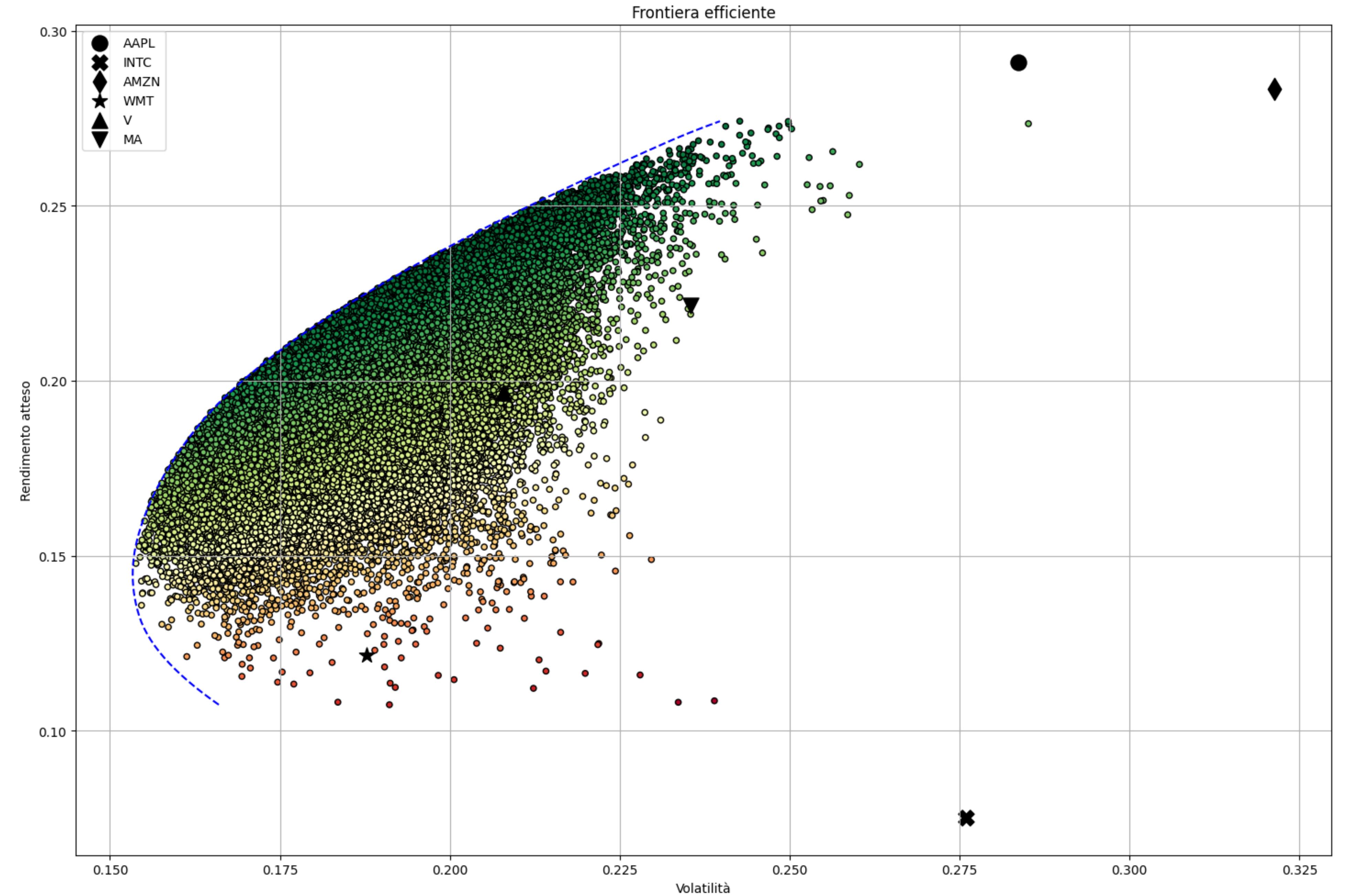
- La ricerca del portafoglio ottimale è stata effettuata secondo due modalità
 - **Simulazione Monte Carlo**
 - **Metodo analitico**
- Sono stati utilizzati sia i **rendimenti passati** che i **rendimenti attesi**

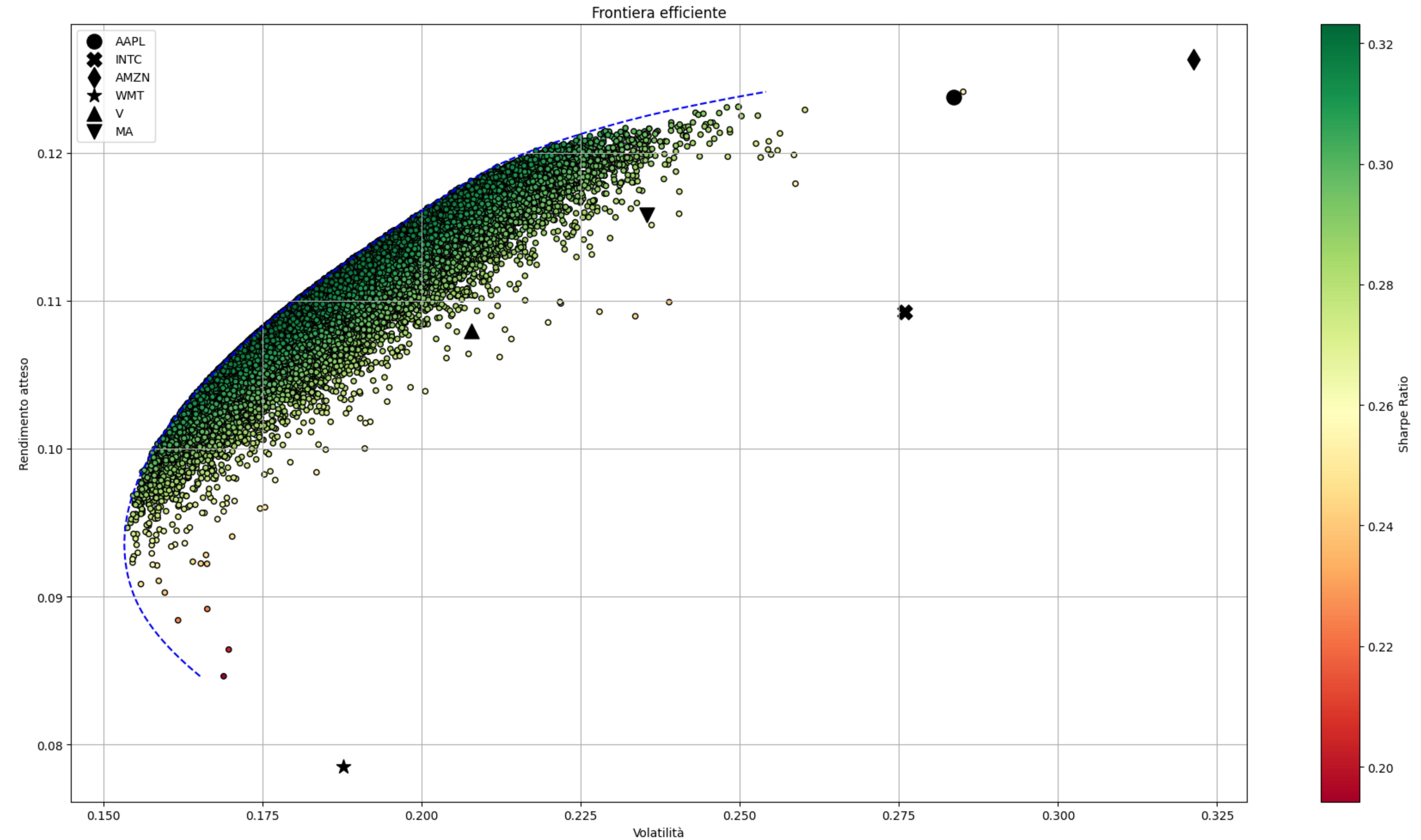
Ticker	Rendimento netto medio annualizzato
AAPL	0.290865
INTC	0.075254
AMZN	0.283420
WMT	0.121548
V	0.196606
MA	0.221581

Rendimenti medi annualizzati

Ticker	Rendimento atteso annuo
AAPL	0.123756
INTC	0.109238
AMZN	0.126301
WMT	0.078519
V	0.107979
MA	0.115782

Rendimenti attesi annui





Rendimenti passati vs rendimenti attesi

Peso	
AAPL	39.03%
INTC	0.18%
AMZN	21.56%
WMT	9.95%
V	0.51%
MA	28.77%

Valore	
Rendimento	25.16%
Volatilità	21.37%
Sharpe Ratio	0.94
Beta	1.13

Portafoglio ottimale con rendimenti passati (metodo di simulazione)

Peso	
AAPL	38.17%
INTC	0.00%
AMZN	22.09%
WMT	9.43%
V	0.00%
MA	30.31%

Valore	
Rendimento	25.23%
Volatilità	21.41%
Sharpe Ratio	0.94
Beta	1.13

Portafoglio ottimale con rendimenti passati (metodo analitico)

Peso	
AAPL	13.59%
INTC	15.91%
AMZN	17.54%
WMT	16.05%
V	7.09%
MA	29.82%

Valore	
Rendimento	11.11%
Volatilità	18.36%
Sharpe Ratio	0.32
Beta	1.02

Portafoglio ottimale con rendimenti attesi (metodo di simulazione)

Peso	
AAPL	13.65%
INTC	16.97%
AMZN	16.63%
WMT	15.70%
V	3.88%
MA	33.16%

Valore	
Rendimento	11.14%
Volatilità	18.42%
Sharpe Ratio	0.32
Beta	1.02

Portafoglio ottimale con rendimenti attesi (metodo analitico)

Confronto con portafoglio effettivo

Peso	
AAPL	16.67%
INTC	16.67%
AMZN	16.67%
WMT	16.67%
V	16.67%
MA	16.67%

Valore	
Rendimento	
Rendimento	19.82%
Volatilità	18.17%
Sharpe Ratio	0.81

Portafoglio effettivo con rendimenti passati

Peso	
AAPL	16.67%
INTC	16.67%
AMZN	16.67%
WMT	16.67%
V	16.67%
MA	16.67%

Valore	
Rendimento	
Rendimento	10.94%
Volatilità	18.79%
Sharpe Ratio	0.31

Portafoglio effettivo con rendimenti attesi