

# Relazione Business Intelligence per i Servizi Finanziari

Gabriele Carrivale 872488

## Contents

<b>1 Sommario dei dati utilizzati</b>	<b>4</b>
1.1 Breve descrizione di ciascun titolo selezionato e motivazione della scelta . . . . .	4
1.2 Funzioni utilizzate per scaricare i dati da Yahoo! Finance o da altri siti . . . . .	5
1.3 Funzioni utilizzate per la fusione (se necessario) delle serie in un unico DataFrame . . . . .	5
1.4 Presentazione dei dati con un grafico e le prime righe del DataFrame . . . . .	5
<b>2 Statistiche Descrittive</b>	<b>6</b>
2.1 Calcolare il rendimento cumulato e composto annuo di ciascun titolo nel periodo . . . . .	6
2.2 Calcolare i rendimenti semplici e logaritmici e visualizzarli in un grafico . . . . .	7
2.3 Commentare . . . . .	10
2.3.1 Che cosa hanno in comune le serie storiche? . . . . .	10
2.3.2 C'è una correlazione positiva fra società dello stesso settore? . . . . .	10
2.3.3 Ci sono momenti di rendimenti molto lontani dalla media? Se sì cercate le notizie che potrebbero spiegarli . . . . .	10
2.4 Presentare i rendimenti con istogrammi e confrontare la dispersione dei rendimenti dei diversi titoli . . . . .	11
2.5 Creare grafici diagnostici a 3 sezioni (istogramma e kernel density, boxplot, qq-plot) per ciascuna serie di rendimenti e commentare (i rendimenti sono distribuiti normalmente? Ci sono outliers?) . . . . .	12
2.6 Calcolare statistiche descrittive univariate (media, varianza, deviazione standard, asimmetria, curtosi) per ogni serie di rendimenti e commentare. . . . .	15
2.6.1 Quali azioni hanno il rendimento più basso e più alto? . . . . .	16
2.6.2 Quali azioni hanno la deviazione standard più alta o più bassa? . . . . .	16
2.6.3 Come si evolvono nel tempo rendimento e volatilità? . . . . .	17
2.6.4 Quale azione ha la distribuzione di rendimenti più vicina o lontana dalla normale? . . . . .	17

2.7	Calcolare la matrice di varianze/covarianze e di correlazione dei rendimenti. Sulla base della matrice di correlazioni: . . . . .	18
2.7.1	Quali sono i titoli più correlati? . . . . .	19
2.7.2	Quali i meno correlati? . . . . .	19
2.8	Fare il grafico dell'andamento nel tempo delle correlazioni fra i titoli e i grafici di dispersione (scatter plots) delle correlazioni medie. . . . .	19
2.8.1	Commentare le relazioni e il loro andamento nel tempo . . . . .	29
2.8.2	Come cambia la correlazione fra le azioni nel tempo? . . . . .	30
2.8.3	Come cambiano le correlazioni in funzione dei rendimenti? . . . . .	30
2.8.4	La dispersione dei punti negli scatter plot conferma o no la relazione lineare fra i due rendimenti? . . . . .	30
<b>3</b>	<b>Analisi di previsione</b>	<b>31</b>
3.1	Costruire un modello di previsione (ARIMA, SVM o altro) per prevedere i prezzi o rendimenti di ciascun strumento finanziario, usando: . . . . .	31
3.1.1	n (80) mesi come training set . . . . .	31
3.1.2	m (30) mesi come validation set . . . . .	31
3.1.3	l (10) mesi per il test . . . . .	31
3.1.4	Utilizzare gli ultimi (10) mesi per confrontare le previsioni con i valori effettivi . . . . .	31
<b>4</b>	<b>Strategie di trading e backtesting</b>	<b>35</b>
4.1	Costruire una strategia di trading basata su un algoritmo a scelta che segnali l'acquisto o la vendita di un titolo o indice di borsa e farne il backtesting . . . . .	35
4.2	Misurare l'efficienza della strategia rispetto alla detenzione del titolo per tutto il periodo (“Buy & Hold”) . . . . .	39
<b>5</b>	<b>CAPM</b>	<b>40</b>
5.1	Calcolare il beta di ciascun titolo rispetto al mercato (indice S&P 500, ticker Yahoo Finance GSPC) . . . . .	40
5.2	Calcolare l'esposizione di ciascun titolo ai fattori di rischio Fama-French . . . . .	40
5.3	Utilizzare il beta per calcolare il rendimento atteso annuo del titolo (utilizzare una propria previsione o stima del rendimento dell'indice S&P500) . . . . .	42
<b>6</b>	<b>Costruzione di portafoglio</b>	<b>43</b>
6.1	Costruire il portafoglio ottimale in termini di media-varianza utilizzando i primi 108 mesi di dati, sia con metodo analitico sia con metodo di simulazione, utilizzando sia i rendimenti passati sia i rendimenti attesi costruiti nella parte 5 . . . . .	43
6.2	Calcolare il beta del portafoglio rispetto al mercato . . . . .	43

- 6.3 Confrontare il rendimento del portafoglio ottimale con quello effettivo. Per “portafoglio effettivo” si intende un portafoglio composto dai sei titoli oggetto di analisi con peso uguale fra di loro . 43

**7 Conclusioni**

**53**

# 1 Sommario dei dati utilizzati

## 1.1 Breve descrizione di ciascun titolo selezionato e motivazione della scelta

I titoli selezionati (con i relativi tickers) sono:

- TESLA (TSLA): È un'azienda specializzata nella produzione prevalentemente di auto elettriche. Questo titolo è stato selezionato per analizzare e sottolineare l'elevata rapidità di crescita dell'azienda, rilevata negli ultimi decenni.
- FORD (F): Similmente rispetto a quanto visto in TESLA, anche per questa azienda il prodotto cardine risulta essere la produzione di auto. Quest'ultima nasce intorno ai primissimi anni del 1900, considerata tutt'oggi la casa madre delle moderne automobili. È stato scelto questo titolo per effettuare un confronto con la nuova arrivata nel settore automobilistico, inoltre, negli ultimi anni è sempre più diffusa una transizione verso soluzioni alternative più sostenibili, quali ad esempio, lo sfruttamento dell'energia elettrica (esattamente come TESLA).
- COCA-COLA (KO): Casa produttrice della bevanda analcolica più rinominata al mondo (la quale prende il nome della stessa azienda che la produce). È stata scelta per effettuare un'analisi più approfondita della crescita e sviluppo dell'azienda produttrice della bevanda più conosciuta al mondo.
- PEPSICO (PEP): Esattamente come la sua rivale storica è la produttrice di una bevanda analcolica nominata PEPSI. La peculiarità non è dettata semplicemente dalla somiglianza del nome delle due bevande, ma dai decennali di storia di un conflitto (fatto di strategie di marketing all'avanguardia) che coinvolge questi due importanti marchi sin dall'inizio degli anni del '900 e che tutt'oggi continua ad indugiare. Dunque, questo titolo è stato selezionato per effettuare un confronto minuzioso tra le due aziende nemesi.
- MICROSOFT (MSFT): È una delle più grandi e importanti produttrici di software al mondo, attualmente sviluppa, produce, supporta e vende, o concede in licenza, computer software, elettronica di consumo, personal computer e servizi. Scelta per la sua solenne dimensione nel settore in cui opera.
- ADOBE (ADBE): Società multinazionale di software per computer. Storicamente si è specializzata in software per la creazione e la pubblicazione di contenuti, tra cui grafica, fotografia, illustrazione, animazione e via dicendo. È stata selezionata per poter effettuare un confronto tra le due aziende più importanti di sviluppo software sul mercato.

## 1.2 Funzioni utilizzate per scaricare i dati da Yahoo! Finance o da altri siti

Per scaricare i dati da Yahoo! Finance si è utilizzata la funzione *download* di *yfinance* (giacchè la funzione *web.DataReader* risulta essere ormai deprecata, ma il suo utilizzo è medesimo alla funzione appena descritta).

## 1.3 Funzioni utilizzate per la fusione (se necessario) delle serie in un unico DataFrame

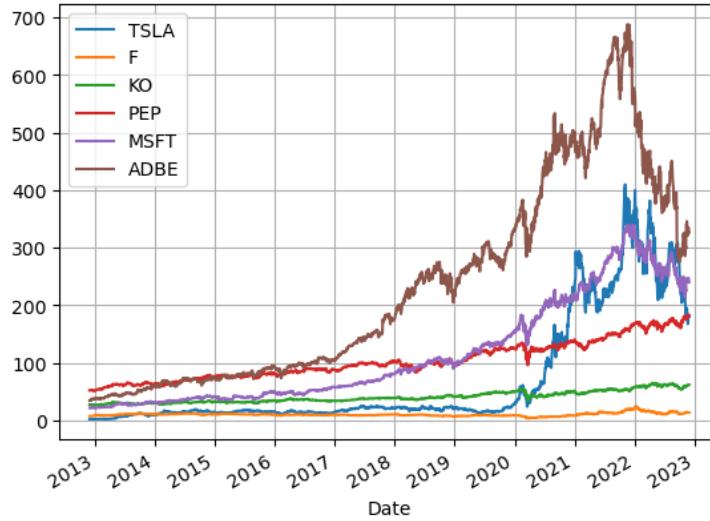
Per effettuare la fusione delle serie in un unico DataFrame si è utilizzata la funzione *concat* di *pandas*, per concatenare le Adjusted Close (l'unico campo di rilevanza per i nostri scopi) di ogni serie tra loro.

## 1.4 Presentazione dei dati con un grafico e le prime righe del DataFrame

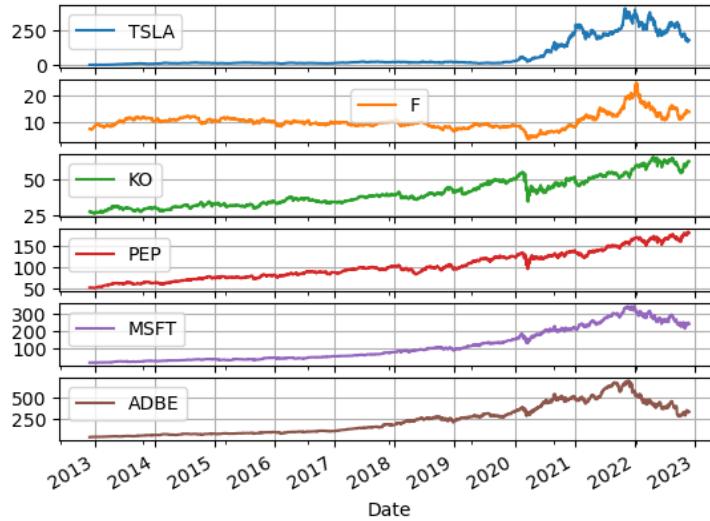
Questa è come si presenta il nostro DataFrame (formato esclusivamente dalle Adj. Close delle serie) una volta aver scaricato i dati e averli uniti insieme:

	TSLA	F	KO	PEP	MSFT	ADBE
Date						
2012-11-30	2.254667	7.618593	27.682365	52.271526	21.950113	34.610001
2012-12-03	2.308000	7.591980	27.288168	52.018391	21.793442	34.700001
2012-12-04	2.260000	7.525445	27.120255	52.010956	21.743969	35.299999
2012-12-05	2.247333	7.525445	27.237053	52.301292	21.991346	35.400002
2012-12-06	2.260000	7.478866	27.288168	52.533875	22.040819	35.139999

Qui è presente in versione grafica la rappresentazione dei nostri titoli nel periodo specificato



Si è voluto inoltre includere il grafico dei subplots per avere una visione specifica dell'andamento di ciascun titolo



## 2 Statistiche Descrittive

### 2.1 Calcolare il rendimento cumulato e composto annuo di ciascun titolo nel periodo

- Rendimento Cumulato

TSLA	79.2025
F	0.8047
KO	1.2411
PEP	2.4714
MSFT	9.9489
ADBE	8.4417

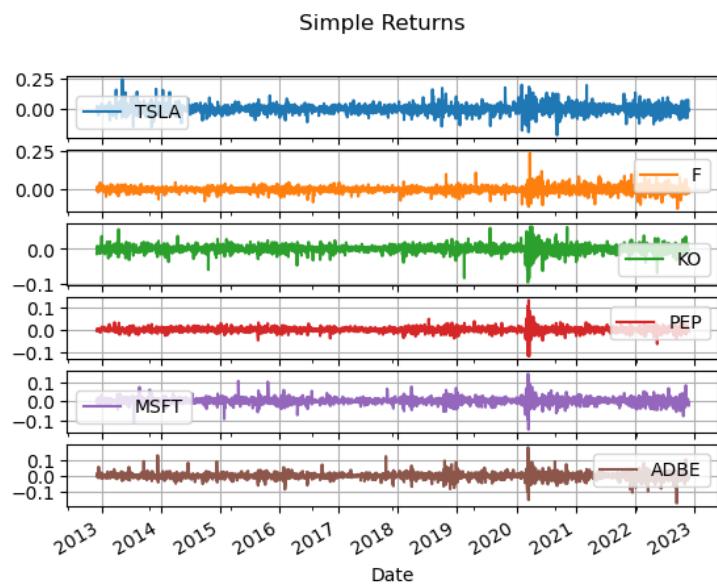
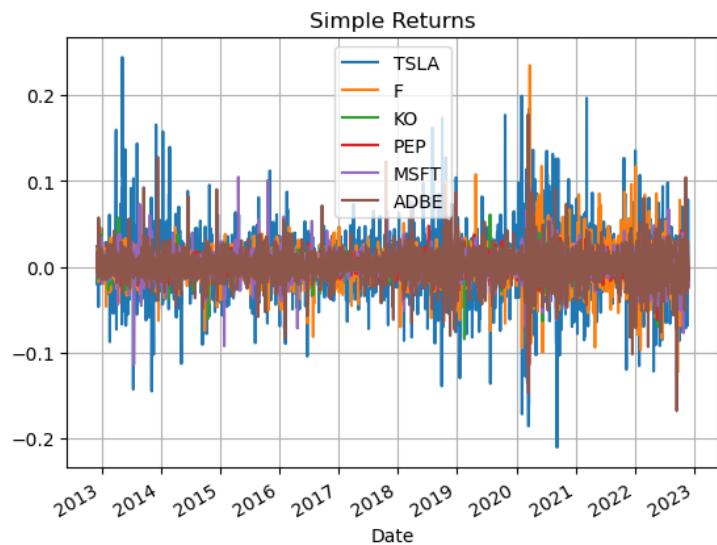
- Rendimento Composto

TSLA	0.5503
F	0.0608
KO	0.0840
PEP	0.1325
MSFT	0.2703
ADBE	0.2517

## 2.2 Calcolare i rendimenti semplici e logaritmici e visualizzarli in un grafico

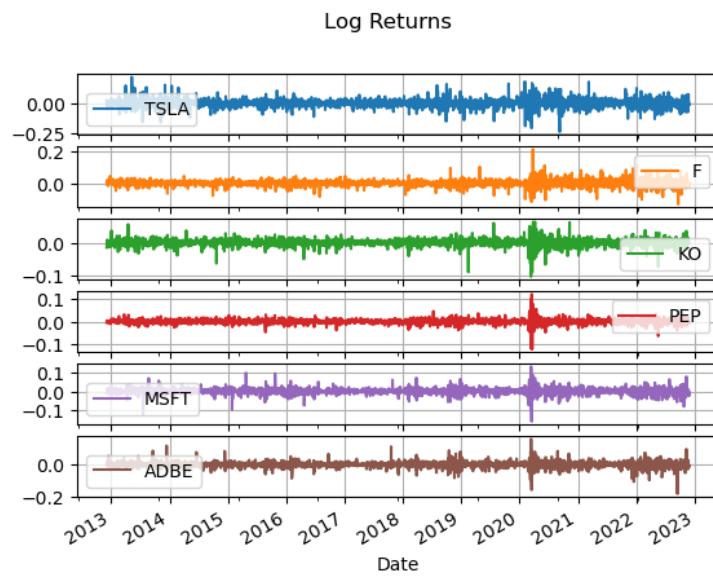
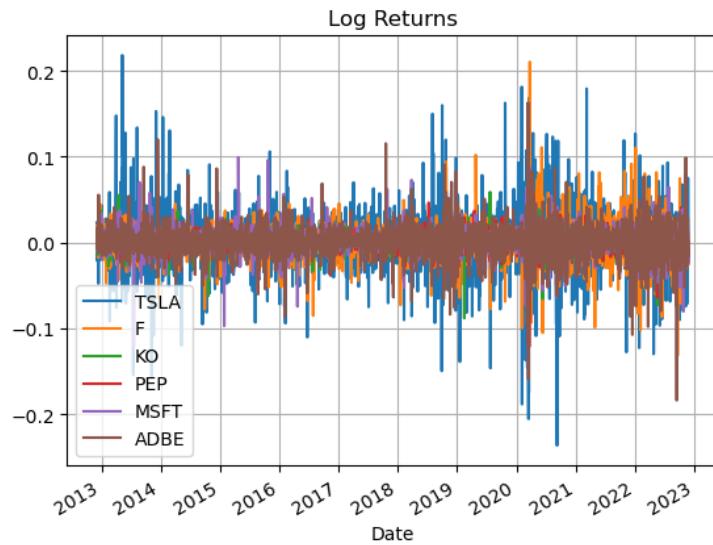
- Simple Returns

Date	TSLA	F	KO	PEP	MSFT	ADBE
2012-12-03	0.023655	-0.003494	-0.014240	-0.004842	-0.007138	0.002600
2012-12-04	-0.020797	-0.008764	-0.006153	-0.000143	-0.002270	0.017291
2012-12-05	-0.005605	0.000000	0.004307	0.005583	0.011377	0.002833
2012-12-06	0.005636	-0.006190	0.001876	0.004447	0.002249	-0.007345
2012-12-07	0.007965	0.021352	0.008828	0.003427	-0.010101	0.009676



- Log Returns

Date	TSLA	F	KO	PEP	MSFT	ADBE
2012-12-03	0.023379	-0.003500	-0.014343	-0.004854	-0.007163	0.002597
2012-12-04	-0.021017	-0.008803	-0.006172	-0.000143	-0.002272	0.017143
2012-12-05	-0.005621	0.000000	0.004298	0.005567	0.011312	0.002829
2012-12-06	0.005621	-0.006209	0.001874	0.004437	0.002247	-0.007372
2012-12-07	0.007933	0.021128	0.008789	0.003422	-0.010152	0.009629



## 2.3 Commentare

### 2.3.1 Che cosa hanno in comune le serie storiche?

Si può facilmente notare un elevato crollo dei prezzi sin dai primi mesi dell'anno 2020 (dovuto molto probabilmente alla diffusione della pandemia). Inoltre, si può evidenziare un aumento generale dei prezzi presente in tutti i titoli.

### 2.3.2 C'è una correlazione positiva fra società dello stesso settore?

Per ricavare questa informazione, occorre calcolare il coefficiente di correlazione tra le serie i cui i titoli appartengono allo stesso settore. Analizziamo dunque che:

- Il coefficiente di correlazione tra TSLA e F è 0.30256986, dunque positivo
- Il coefficiente di correlazione tra KO e PEP è 0.72869431, dunque positivo
- Il coefficiente di correlazione tra MSFT e ADBE è 0.68509744, dunque positivo

### 2.3.3 Ci sono momenti di rendimenti molto lontani dalla media? Se sì cercate le notizie che potrebbero spiegarli

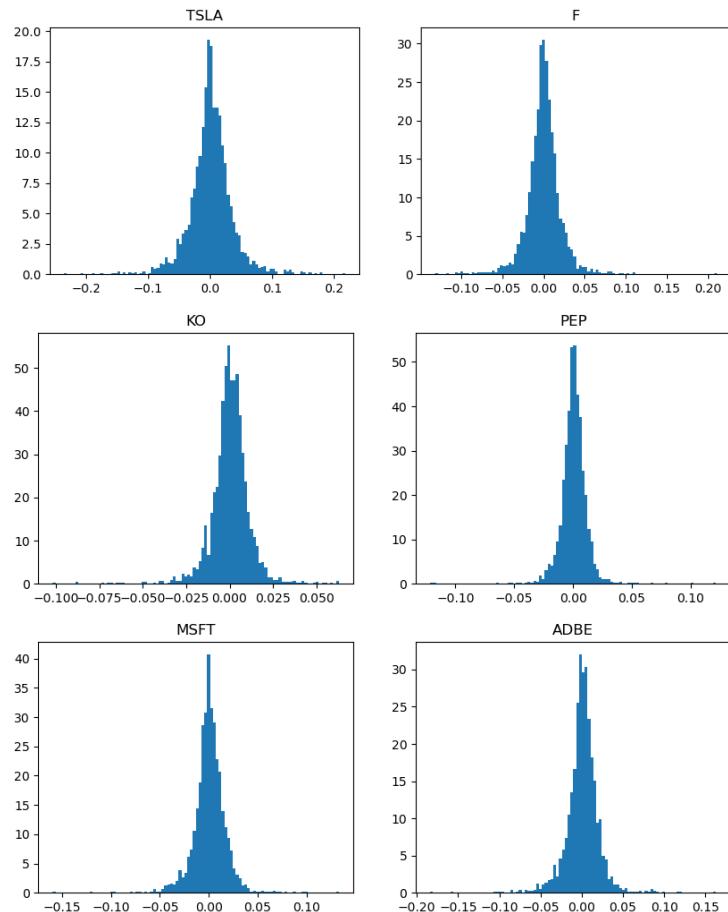
Analizzando i vari rendimenti si sono intercettati in vari punti un drastico allontanamento dalla media, le notizie più rilevanti e connesse trovate (oltre alle osservazioni fatte precedenti durante tutto il periodo della pandemia) sono:

- KO ha visto un rallentamento nel 2019, portando al suo successivo crollo in borsa, incrementato anche per via dall'impatto negativo dei cambi valutari.
- Nell'ottobre del 2014 l'Autopilot di Tesla debutta all'interno di un Tech-Package offerto come optional a pagamento e un anno dopo, nell'ottobre del 2015, le prime Model X raggiungono i clienti.
- La linea Elements di Adobe si arricchisce dei nuovi Photoshop Elements 2018 e Premiere Elements 2018, aggiornamento di due dei software più famosi e diffusi al mondo. La versione 2018 introduce diversi miglioramenti innovativi e rapidi da usare.
- Nel 2015 il titolo azionario di Microsoft perse oltre il 9%, con il più grande crollo giornaliero. Successivamente, lo stesso anno Microsoft presenta una nuova generazione di sistemi Windows, ovvero, Windows 10. Un aggiornamento gratuito disponibile per i clienti che utilizzano le versioni del sistema operativo superiore alla 7.
- Nel 2017 Pepsi e la modella Kendall Jenner fanno una collaborazione realizzando uno spot pubblicitario che fa indignare l'opinione pubblica.

- Nel 2021 Ford ha un aumento del 140% in Borsa. Il pick-up F-150 sarà disponibile nel corso del 2022 mentre la linea Mustang Mach-E, ha permesso a Ford di occupare il secondo posto dietro a Tesla e davanti a GM, come numero di macchine elettrificate vendute negli Stati Uniti.

## 2.4 Presentare i rendimenti con istogrammi e confrontare la dispersione dei rendimenti dei diversi titoli

Per eseguire il plotting dei grafici si è deciso di utilizzare i rendimenti logaritmici, questo perché presentano delle caratteristiche essenziali nella matematica finanziaria. Ad esempio i rendimenti logaritmici sono **simmetrici**.



È facile da notare che la dispersione dei rendimenti dei diversi titoli sia molto simile tra di loro, possiamo inoltre notare che si avvicinano ad una normale ma non presentano la usuale forma "a campana". TSLA sembrerebbe essere quella più vicina ad una normale (si denota da una certa simmetria), F e KO sono

leggermente traslate rispetto allo zero (F verso valori negativi e KO verso valori positivi)

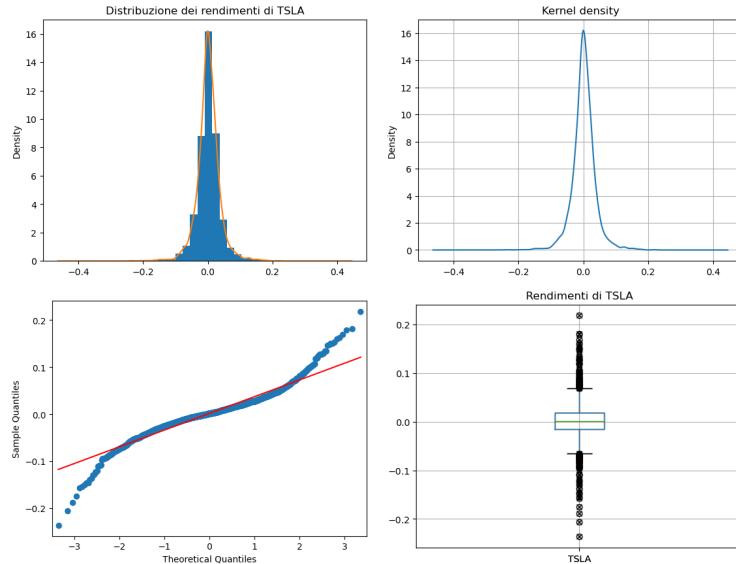
## 2.5 Creare grafici diagnostici a 3 sezioni (istogramma e kernel density, boxplot, qq-plot) per ciascuna serie di rendimenti e commentare (i rendimenti sono distribuiti normalmente? Ci sono outliers?)

Innanzitutto, spiegiamo cosa indicano questi grafici.

Il Q-Q Plot confronta la distribuzione della variabile osservata con la distribuzione della normale. Se la variabile osservata presenta una distribuzione normale, i punti di questa distribuzione congiunta si addensano sulla diagonale che va dal basso verso l'alto e da sinistra verso destra.

Il BoxPlot, invece, è una rappresentazione grafica utilizzata per descrivere la distribuzione di un campione tramite semplici indici di dispersione e di posizione (media, mediana ecc...).

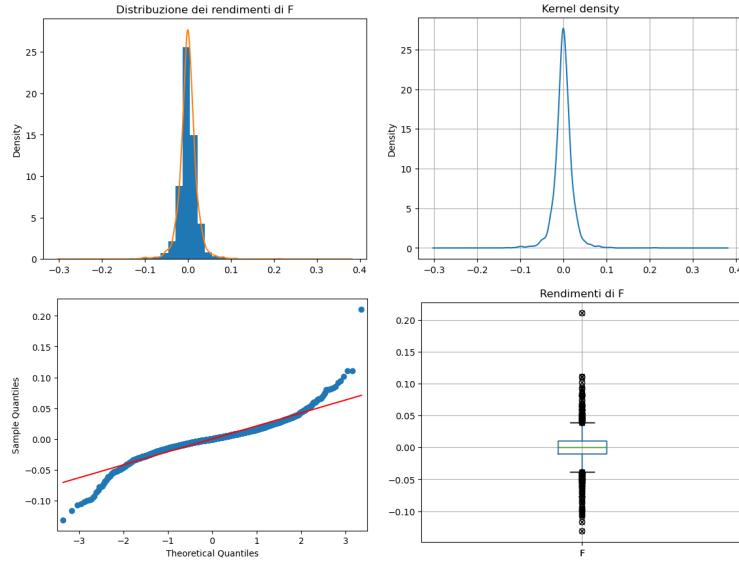
- TSLA



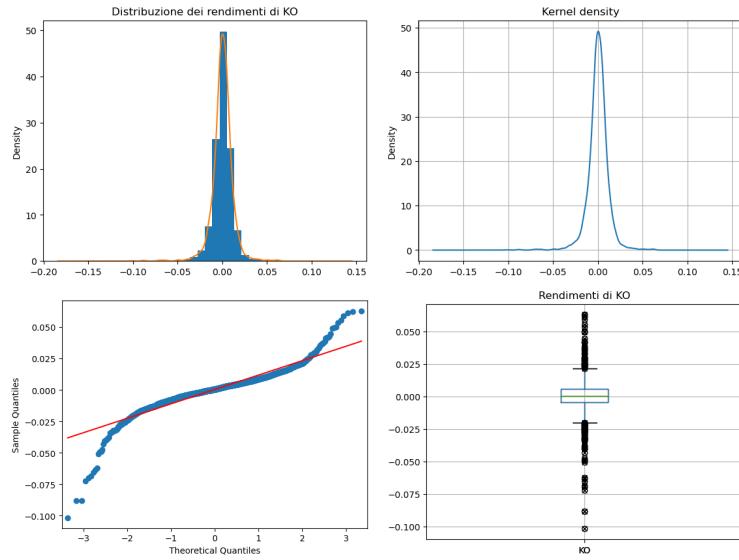
La distribuzione dei rendimenti logaritmici (nel nostro caso), come già detto in precedenza, non presenta la classica forma a campana di una distribuzione normale, lo si può osservare soprattutto dal kernel density.

Si osserva che nel QQ-plot i punti non si addensano sulla diagonale (soprattutto nelle code). Nel boxplot sono presenti diversi outliers che si accumulano nei "baffi" del grafico. Naturalmente queste analisi sono medesime al resto degli esempi riportati

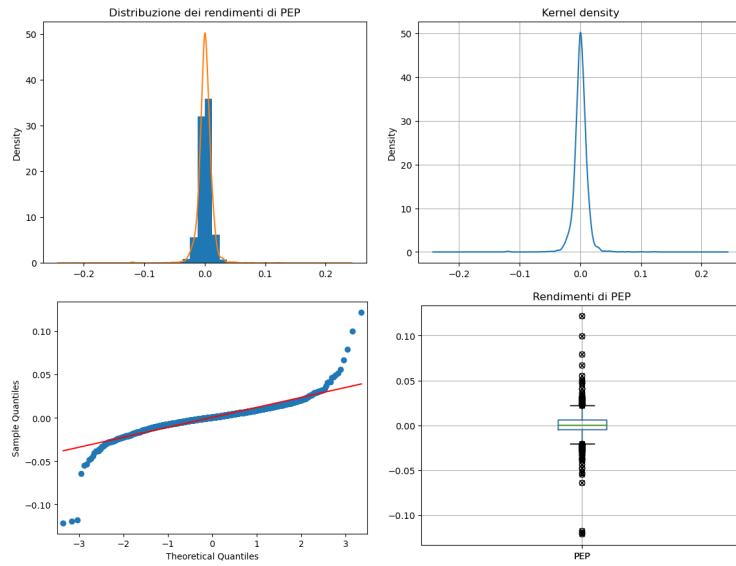
- F



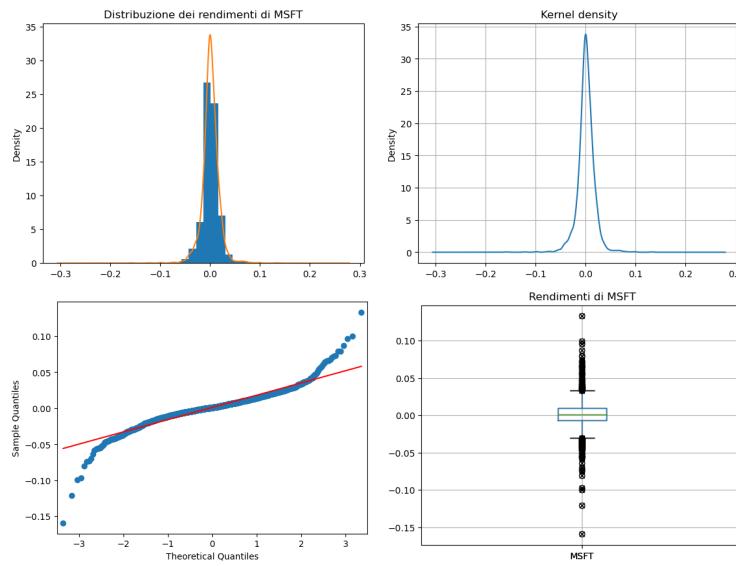
- KO



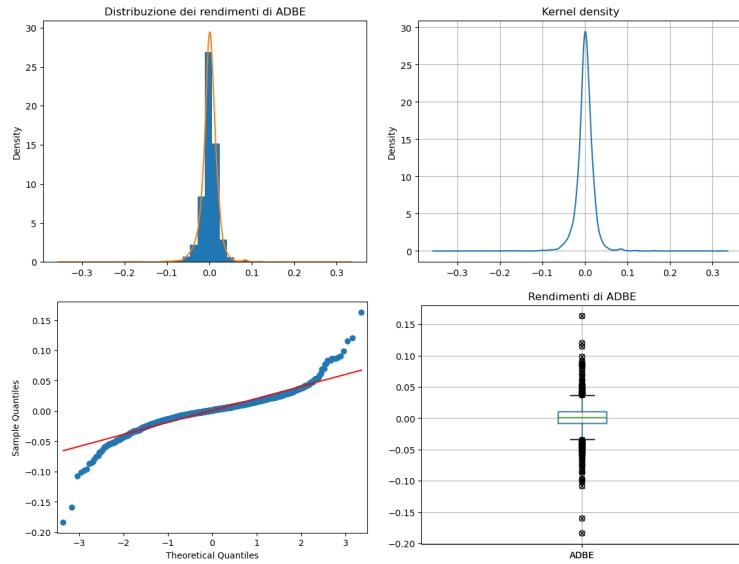
- PEP



- MSFT



- ADBE



## 2.6 Calcolare statistiche descrittive univariate (media, varianza, deviazione standard, asimmetria, curtosi) per ogni serie di rendimenti e commentare.

Utilizziamo la serie dei rendimenti logaritmici per ognuna:

- Media

TSLA	0.0017
F	0.0002
KO	0.0003
PEP	0.0005
MSFT	0.0010
ADBE	0.0009

- Varianza

TSLA	0.0013
F	0.0004
KO	0.0001
PEP	0.0001
MSFT	0.0003
ADBE	0.0004

- Deviazione Standard

TSLA	0.0356
F	0.0211

KO	0.0115
PEP	0.0115
MSFT	0.0170
ADBE	0.0198

- Asimmetria

TSLA	0.0206
F	0.1400
KO	-0.8931
PEP	-0.5870
MSFT	-0.2927
ADBE	-0.3923

- Curtosi

TSLA	5.1817
F	8.5657
KO	10.6779
PEP	23.7351
MSFT	9.3039
ADBE	10.3080

Si può osservare che la curtosi (la quale misura il maggiore o minore appuntamento di una distribuzione di dati, rispetto alla distribuzione normale) rispecchi quanto abbiamo detto precedentemente, valori positivi per ciascuna serie. L'asimmetria ci misura se le code sono più lunghe rispetto alla distribuzione normale. Possiamo osservare che TSLA e F sono positive, mentre il resto sono negative. Questo ci dice che TSLA e F hanno la coda destra più lunga, mentre il resto ha la coda sinistra più lunga

### 2.6.1 Quali azioni hanno il rendimento più basso e più alto?

Le azioni con i rendimenti più alti sono: TSLA e MSFT

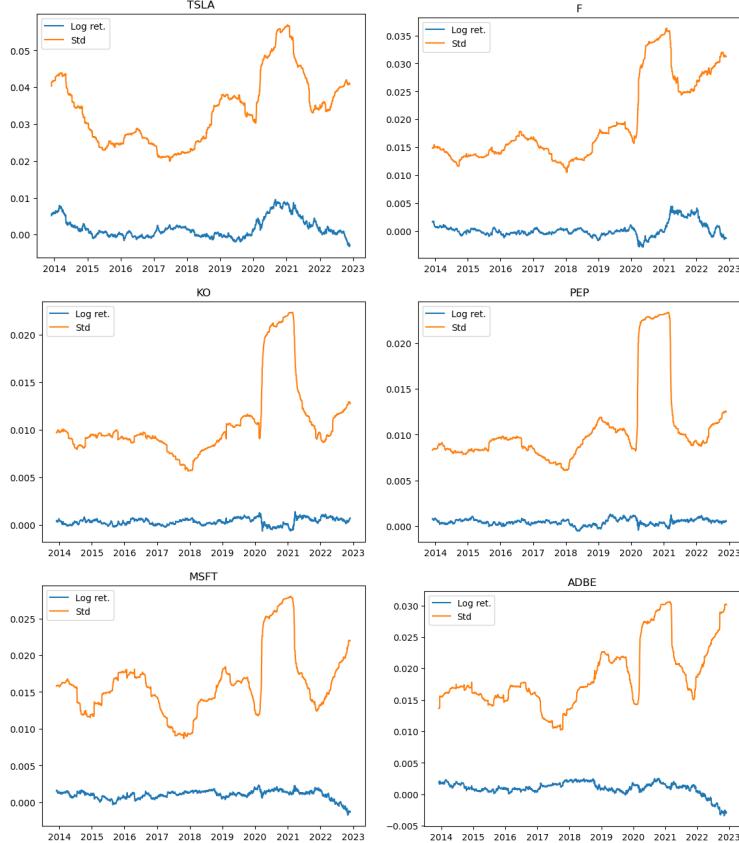
Le azioni con i rendimenti più bassi sono: F e KO

### 2.6.2 Quali azioni hanno la deviazione standard più alta o più bassa?

Le azioni con la deviazione standard più alta sono: TSLA e F

Le azioni con la deviazione standard più bassa sono: KO e PEP

### 2.6.3 Come si evolvono nel tempo rendimento e volatilità?



Per eseguire il plotting di questi grafici si è considerata una window di 252 giorni (ovvero i giorni in cui è possibile fare trading in un anno)

### 2.6.4 Quale azione ha la distribuzione di rendimenti più vicina o lontana dalla normale?

Dobbiamo vedere il valore con una kurtosi più bassa, perché quest'ultima ci dice quanto ci allontaniamo da una normale, dunque più è bassa e più sarà tendente ad avere una distribuzione normale.

Come detto precedentemente, l'azione che ha una distribuzione dei rendimenti più vicina alla normale è TSLA, mentre quella con una distribuzione dei rendimenti più lontana ad una normale è KO

**2.7 Calcolare la matrice di varianze/covarianze e di correlazione dei rendimenti. Sulla base della matrice di correlazioni:**

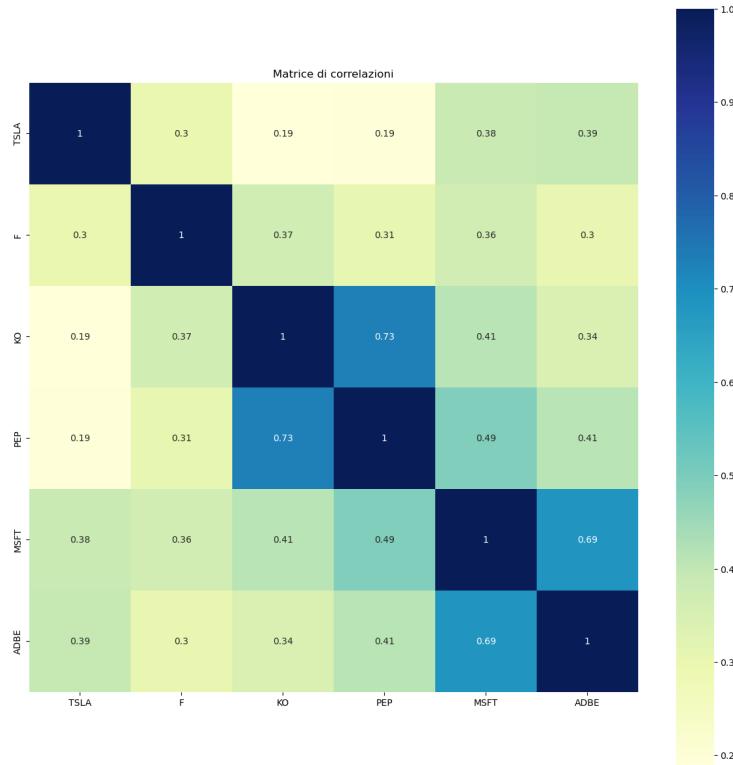
- Matrice varianze/covarianze

	TSLA	F	KO	PEP	MSFT	ADBE
TSLA	0.001265	0.000227	0.000077	0.000079	0.000231	0.000278
F	0.000227	0.000443	0.000089	0.000075	0.000130	0.000127
KO	0.000077	0.000089	0.000131	0.000096	0.000080	0.000078
PEP	0.000079	0.000075	0.000096	0.000132	0.000096	0.000094
MSFT	0.000231	0.000130	0.000080	0.000096	0.000288	0.000231
ADBE	0.000278	0.000127	0.000078	0.000094	0.000231	0.000394

- Matrice correlazione

	TSLA	F	KO	PEP	MSFT	ADBE
TSLA	1.000000	0.302570	0.189013	0.192743	0.382595	0.393806
F	0.302570	1.000000	0.368755	0.308633	0.363708	0.303686
KO	0.189013	0.368755	1.000000	0.728694	0.412139	0.343167
PEP	0.192743	0.308633	0.728694	1.000000	0.492352	0.411956
MSFT	0.382595	0.363708	0.412139	0.492352	1.000000	0.685097
ADBE	0.393806	0.303686	0.343167	0.411956	0.685097	1.000000

Una rappresentazione grafica più appariscente



### 2.7.1 Quali sono i titoli più correlati?

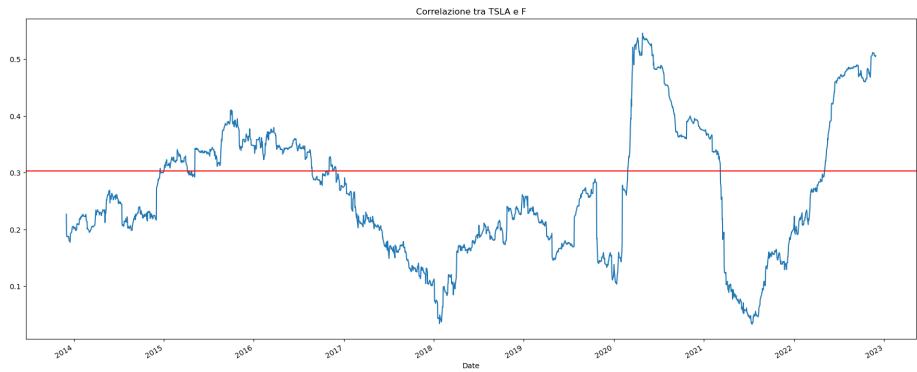
I titoli più correlati sono: KO e PEP (naturalmente fanno parte dello stesso settore)

### 2.7.2 Quali i meno correlati?

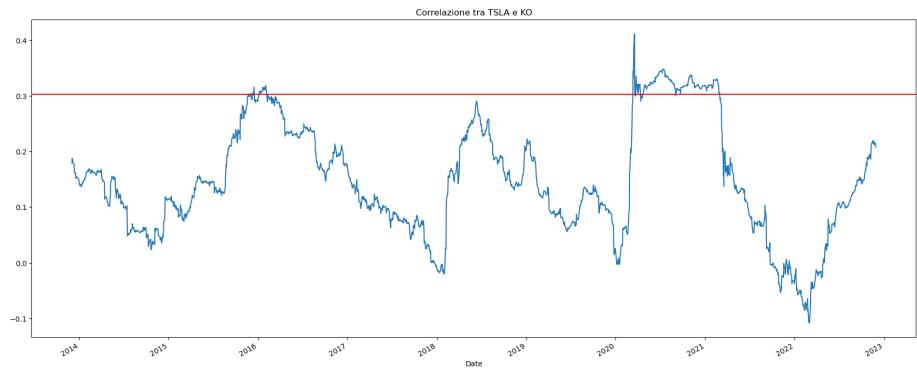
I titoli meno correlati sono: TSLA e KO (naturalmente non fanno parte dello stesso settore)

## 2.8 Fare il grafico dell'andamento nel tempo delle correlazioni fra i titoli e i grafici di dispersione (scatter plots) delle correlazioni medie.

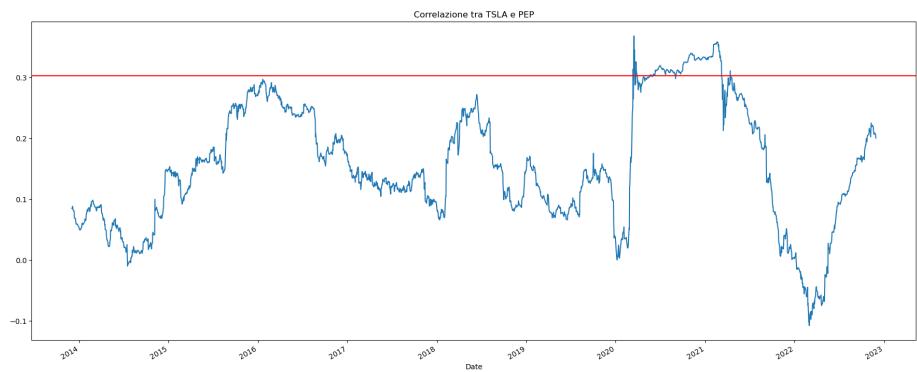
- TSLA - F



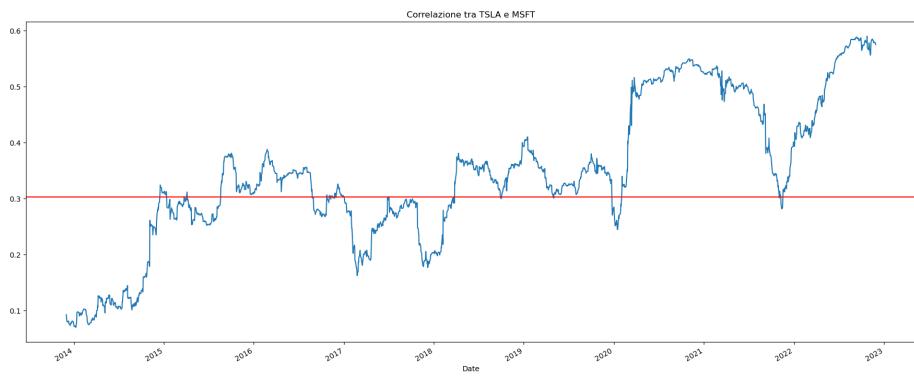
- TSLA - KO



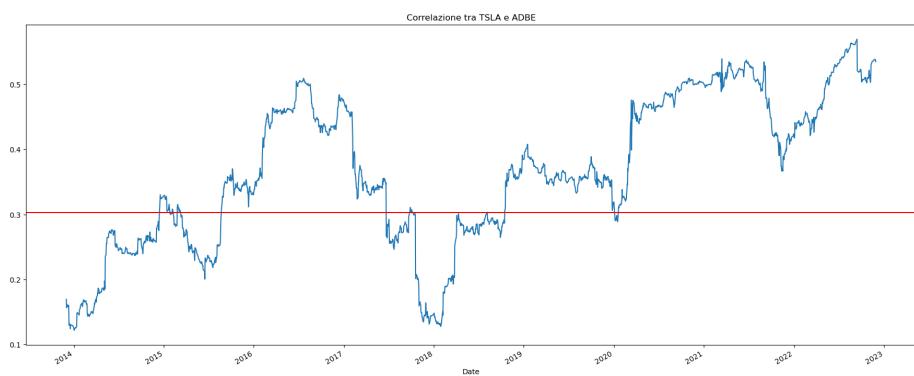
- TSLA - PEP



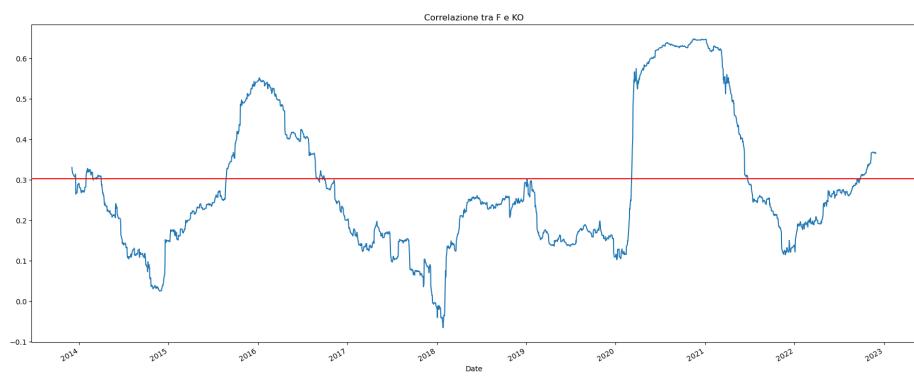
- TSLA - MSFT



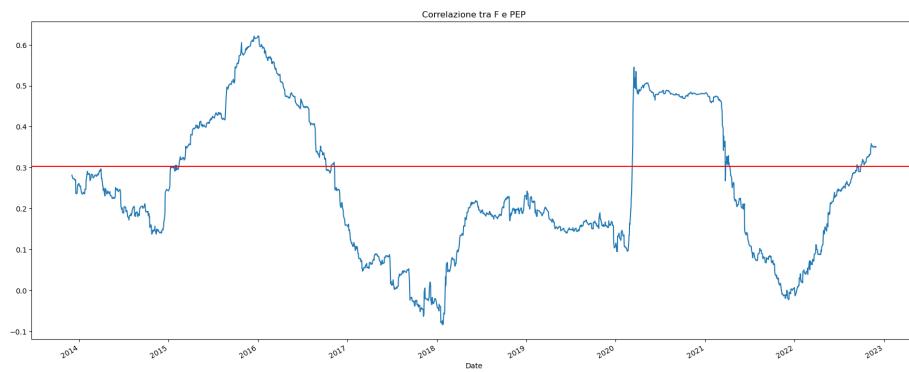
- TSLA - ADBE



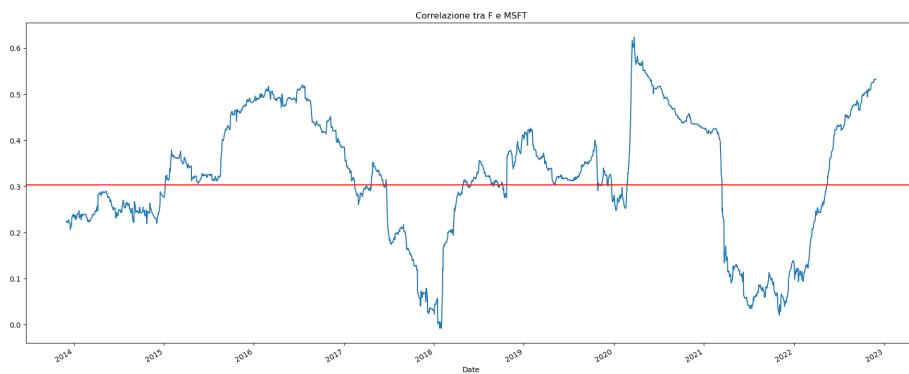
- F - KO



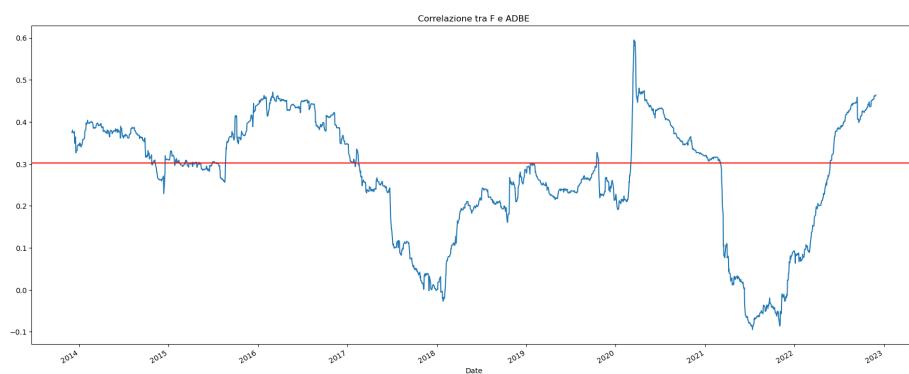
- F - PEP



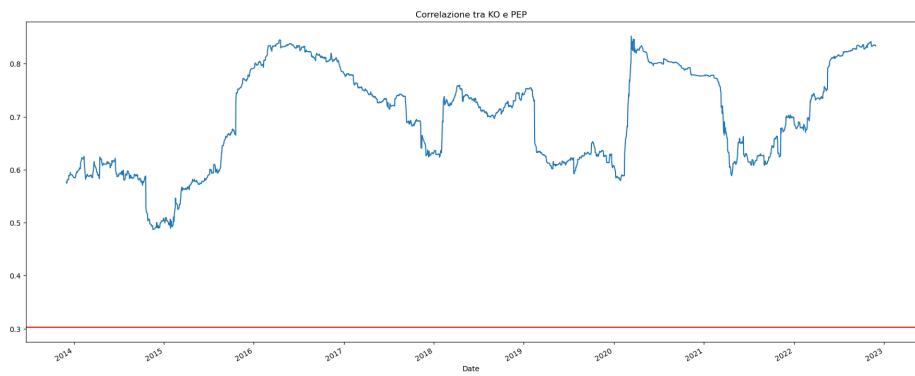
- F - MSFT



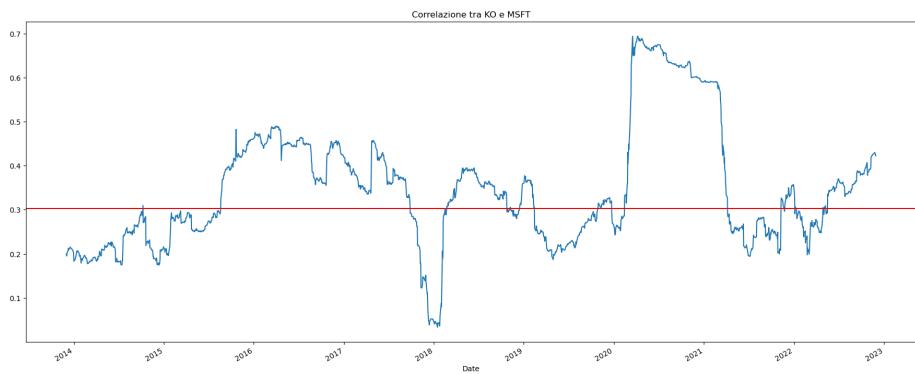
- F - ADBE



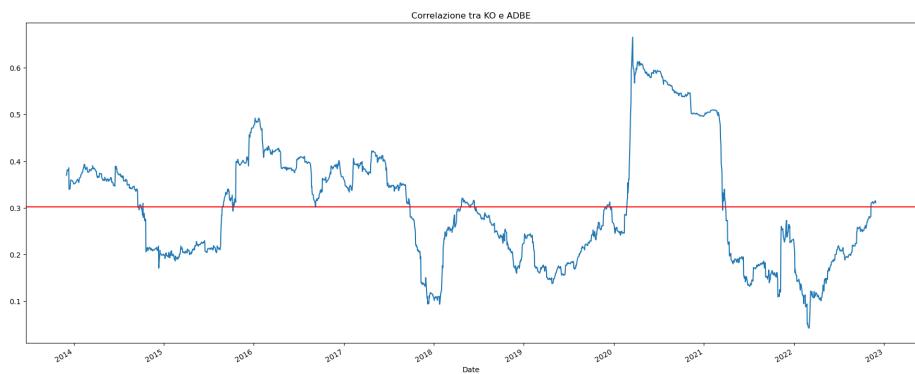
- KO - PEP



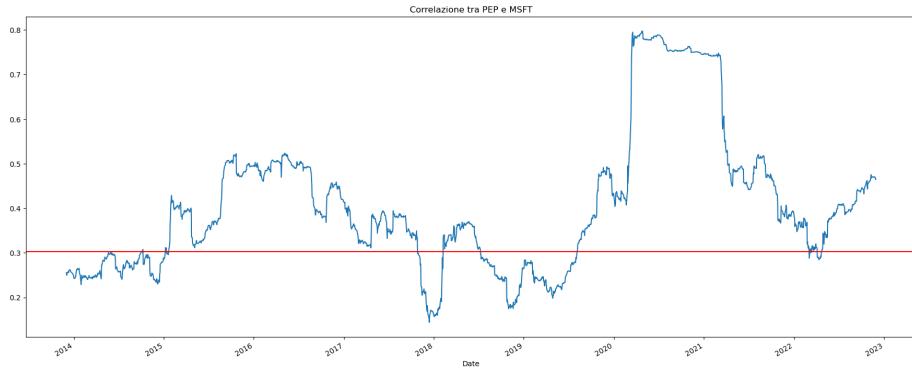
- KO - MSFT



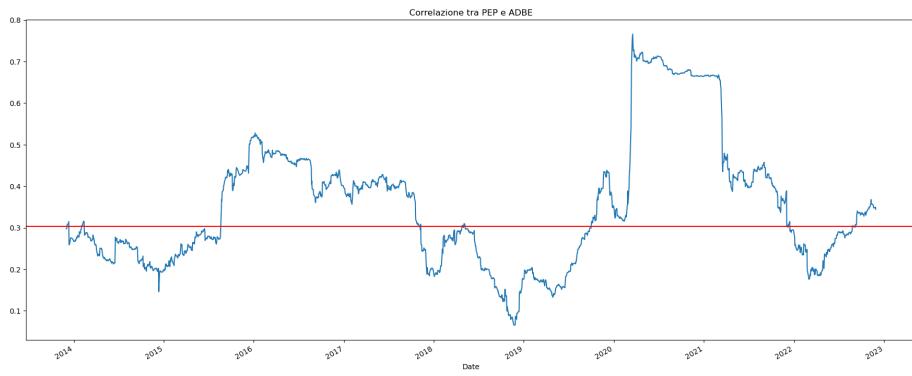
- KO - ADBE



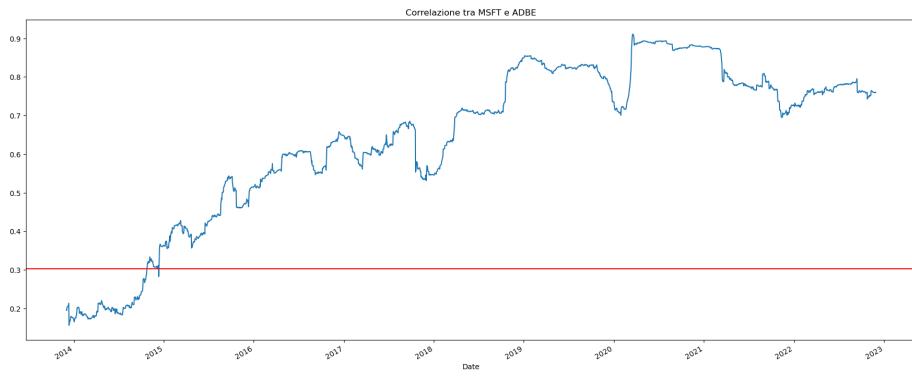
- PEP - MSFT



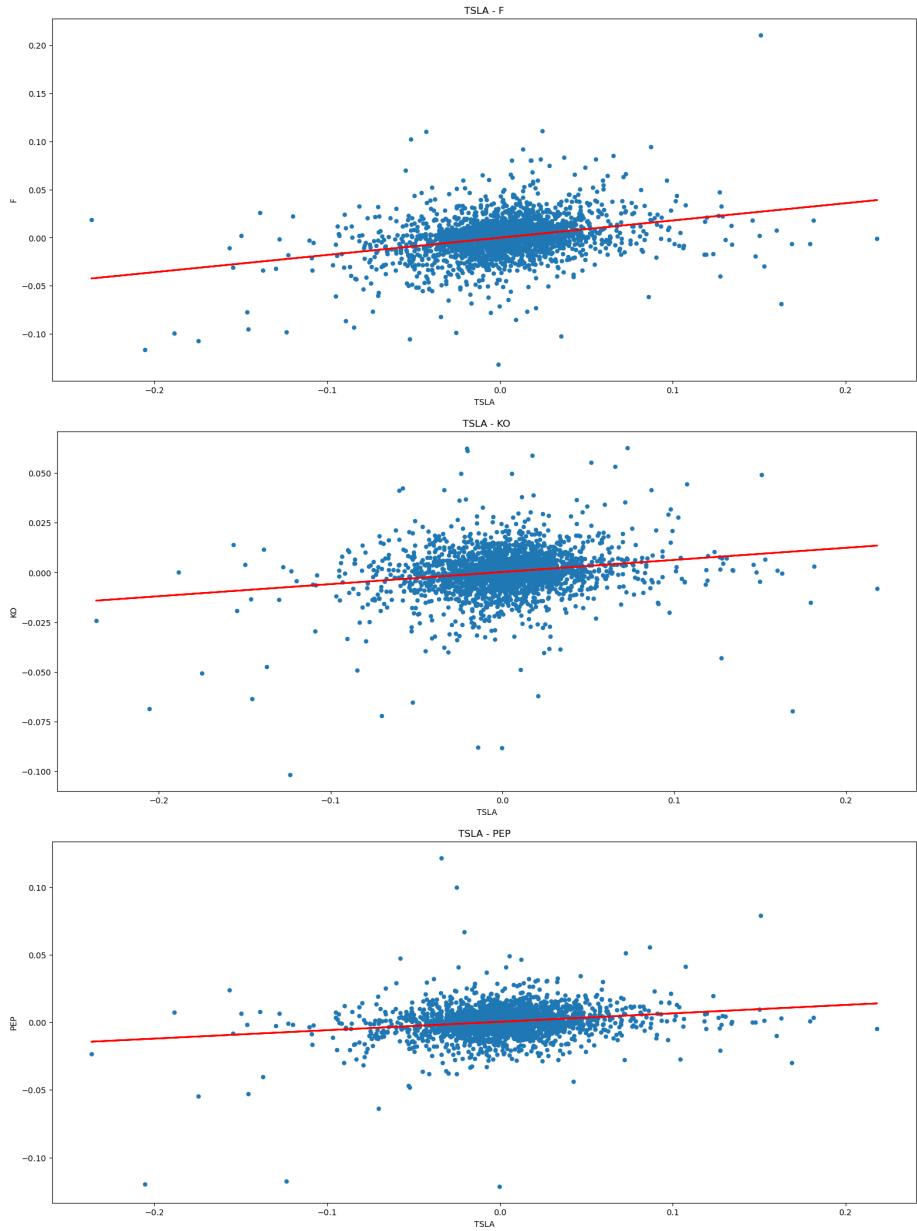
- PEP - ADBE

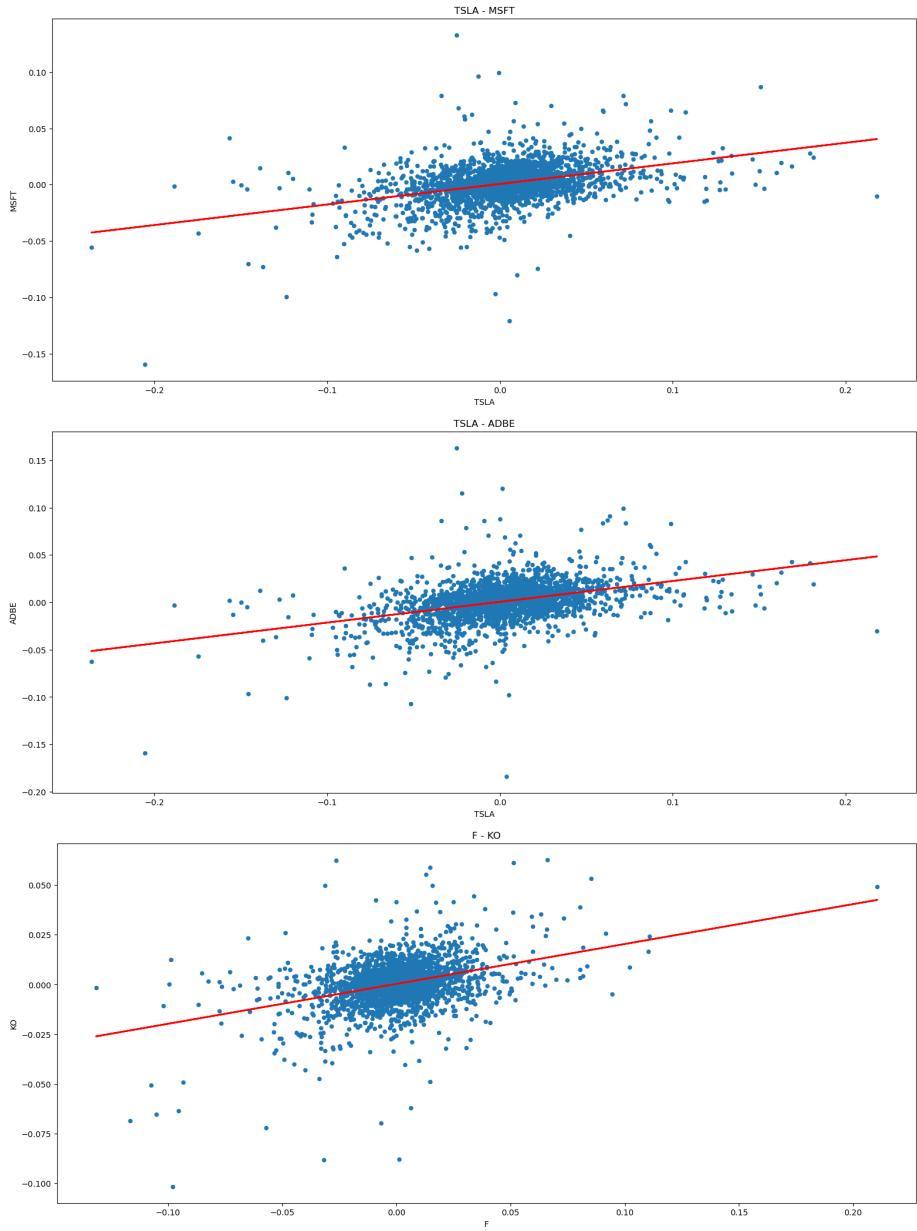


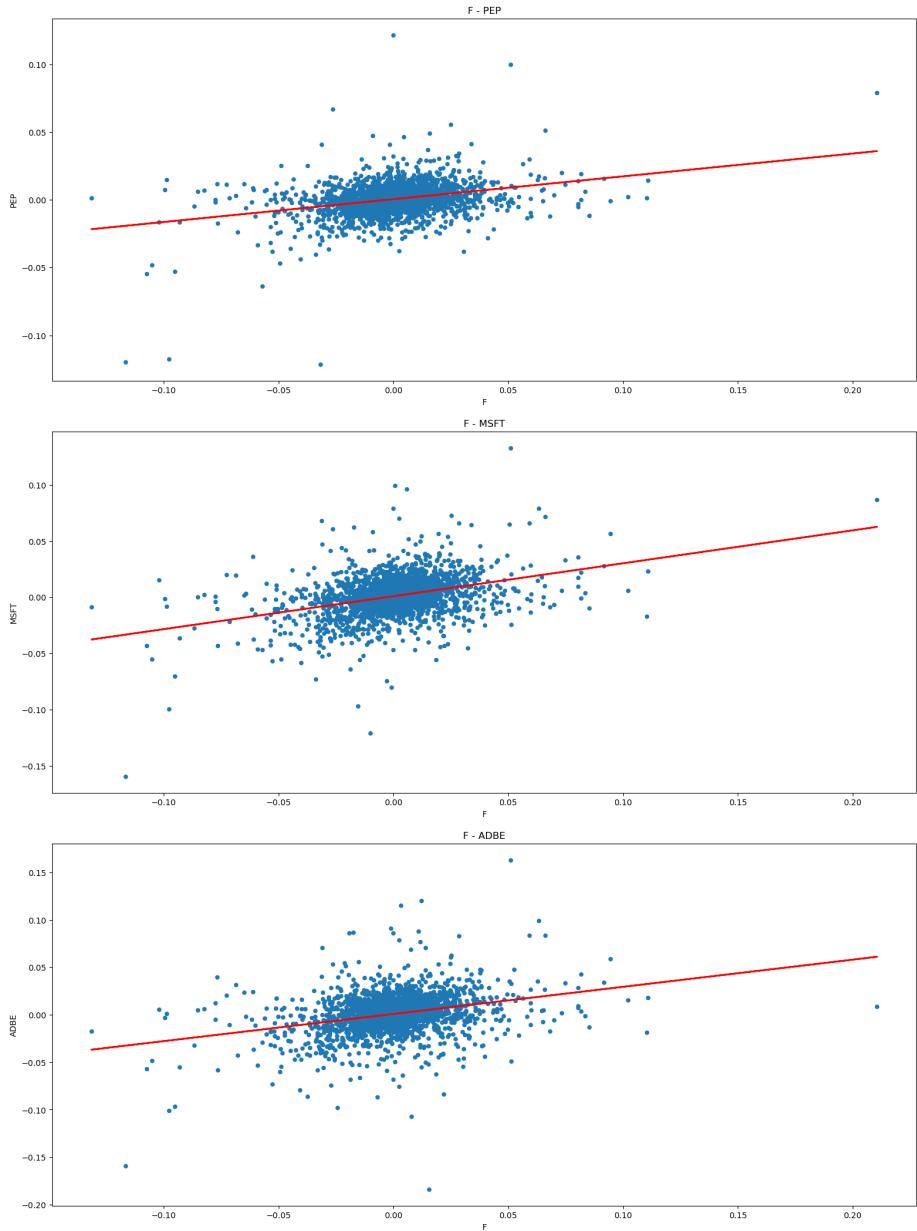
- MSFT - ADBE

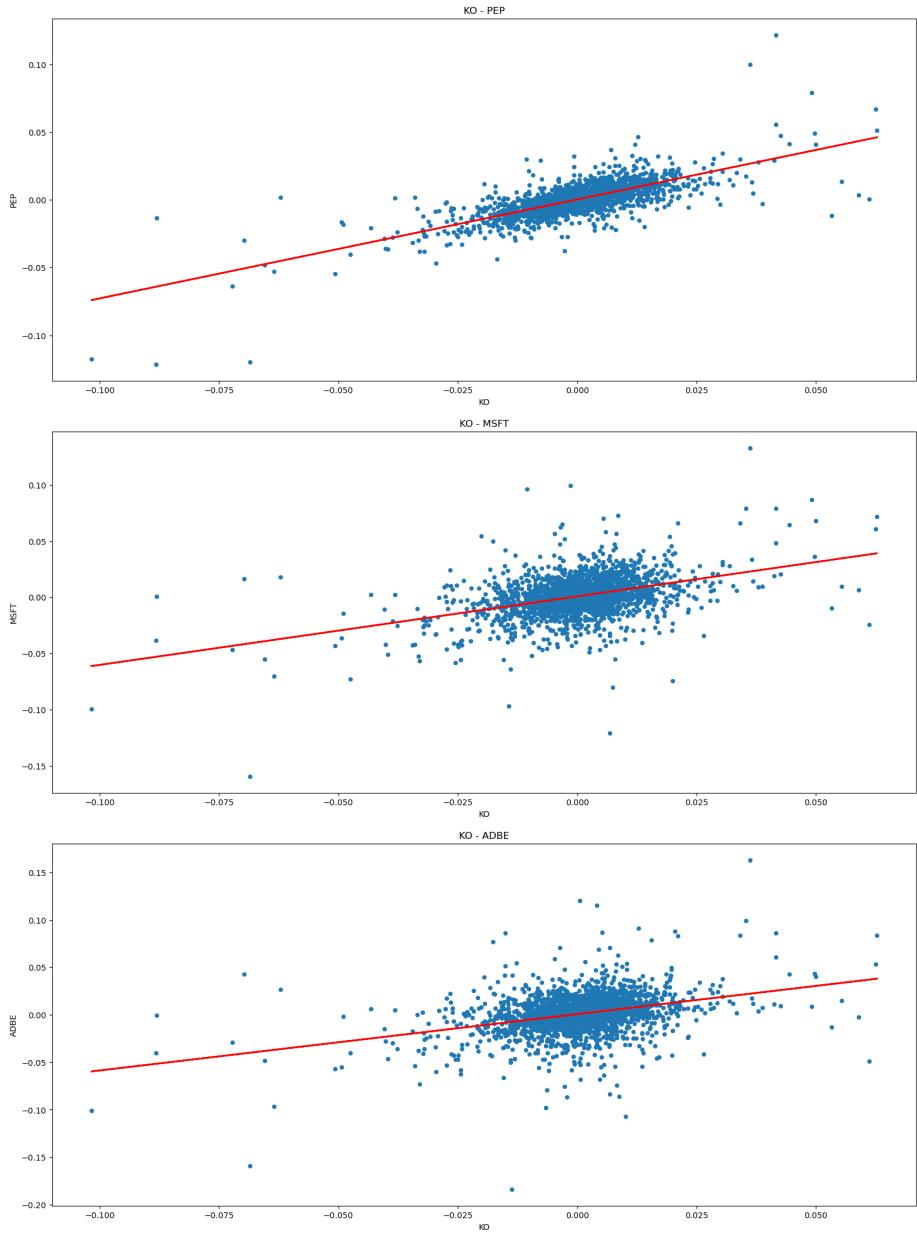


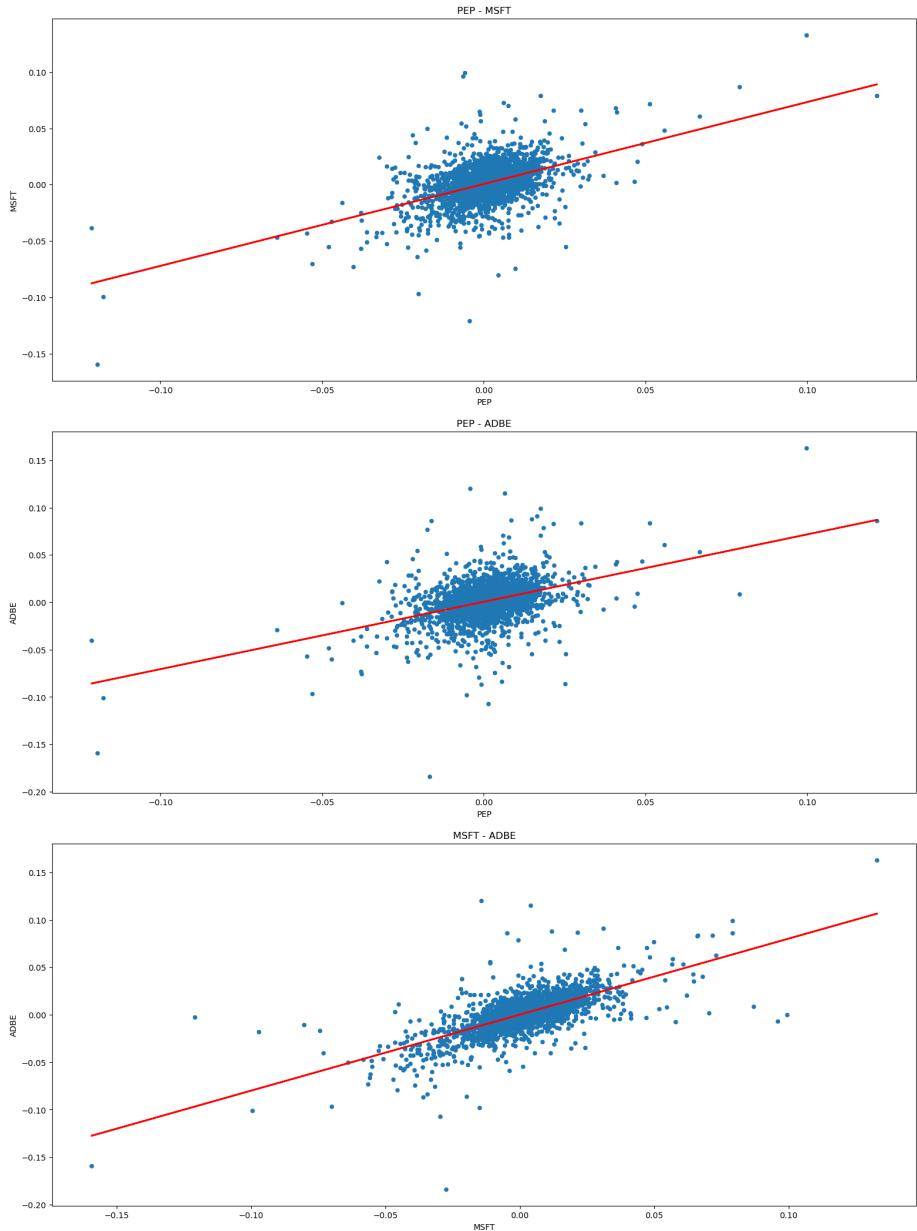
I grafici riportati sottolineano la correlazione nel tempo (window sempre di 252 giorni). La linea rossa fa riferimento al valore della correlazione media.











La retta di colore rosso è definita come la retta di regressione che meglio approssima la relazione lineare tra i punti.

### 2.8.1 Commentare le relazioni e il loro andamento nel tempo

Come visto precedentemente attraverso le matrici di correlazione e delle covarianze/varianze, i titoli appartenenti allo stesso settore (essendo soggetti agli stessi

fattori di rischio e di beneficio), nel tempo manifestano una certa correlazione nel rialzo/ribasso dei prezzi. Dunque si afferma una relazione del tipo: "Se un titolo cresce, anche il secondo si muove nella stessa direzione". Viceversa: "Se il titolo decresce anche l'altro lo segue".

Contrariamente, nei titoli appartenenti a settori diversi, si presenta la situazione in cui si hanno dei fattori di rischio e di beneficio differenti, dunque, non si può stabilire una relazione ben definita.

#### **2.8.2 Come cambia la correlazione fra le azioni nel tempo?**

Attraverso questi grafici, intorno al 2020, si può analizzare un'elevata correlazione tra le coppie di titoli. Si registra inoltre un aumento generale negli ultimi anni tra i titoli dello stesso settore.

Possiamo osservare inoltre che in certi intervalli di tempo si è manifestata una certa correlazione negativa anche per titoli dello stesso settore (vedere ad esempio il grafico della correlazione tra TSLA e F)

#### **2.8.3 Come cambiano le correlazioni in funzione dei rendimenti?**

Nei grafici vi è indicata la correlazione, la quale per due titoli appartenenti dello stesso settore (come indicato in antecedenza), sicuramente è facile notare che nel caso in cui i rendimenti salgano per un titolo, l'asset con il quale condivide lo stesso campo manifesterà la medesima corrente di rialzo (un'analisi simile si può fare nel caso di un ribasso).

#### **2.8.4 La dispersione dei punti negli scatter plot conferma o no la relazione lineare fra i due rendimenti?**

Dai grafici di dispersione si può osservare che effettivamente la dispersione dei punti negli scatter plot conferma la relazione lineare stabilita precedentemente. I titoli dello stesso settore risultato avere una correlazione positiva, mentre quelli di settore diverso non presentano alcuna correlazione.

### 3 Analisi di previsione

**3.1 Costruire un modello di previsione (ARIMA, SVM o altro) per prevedere i prezzi o rendimenti di ciascun strumento finanziario, usando:**

- 3.1.1 n (80) mesi come training set**
- 3.1.2 m (30) mesi come validation set**
- 3.1.3 l (10) mesi per il test**
- 3.1.4 Utilizzare gli ultimi (10) mesi per confrontare le previsioni con i valori effettivi**

Per effettuare l'analisi di previsione si è scelto di utilizzare l'algoritmo **SARI-MAX** (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous Factors), il quale si usa in contesti in cui vi si presenta una stagionalità (inoltre su dati esogeni). È una variante di ARIMA il quale oltre ad avere le due componenti: **autoregressiva** e **media mobile**, presenta un ulteriore elemento **integrativo** il quale permette di differenziare i valori in modo tale da poter usare anche serie non-stazionarie.

Il dataframe che si utilizzerà sarà composto dalle Adjusted Close mensili (facendo un resample andando ad applicare last(), prendendo quindi i dati a fine mese).

Innanzitutto, effettuiamo il test ADF(Augmented Dickey–Fuller) per verificare se una serie sia stazionaria o meno. Il test ADF presuppone come ipotesi nulla  $H_0$  che la serie sia non stazionaria e come ipotesi alternativa  $H_1$  che la serie sia stazionaria. In tal punto, l'ipotesi nulla viene rifiutata solo se il p-value  $\leq 0.05$  (0.05 livello di significatività segnato  $\alpha$ ), altrimenti non possiamo rifiutare l'ipotesi nulla. Come vediamo dai risultati del test eseguito:

p-value

TSLA	0.00078
F	0.24398
KO	0.95434
PEP	0.99492
MSFT	0.80497
ADBE	0.19071

Notiamo che l'unica serie stazionaria è TSLA con p-value di circa 0.00078

Successivamente, effettuiamo la decomposizione delle serie per individuare se vi sia delle componenti di trend e stagionalità. La decomposizione ci permette di ottenere la componente di trend, la componente di stagionalità e il rumore

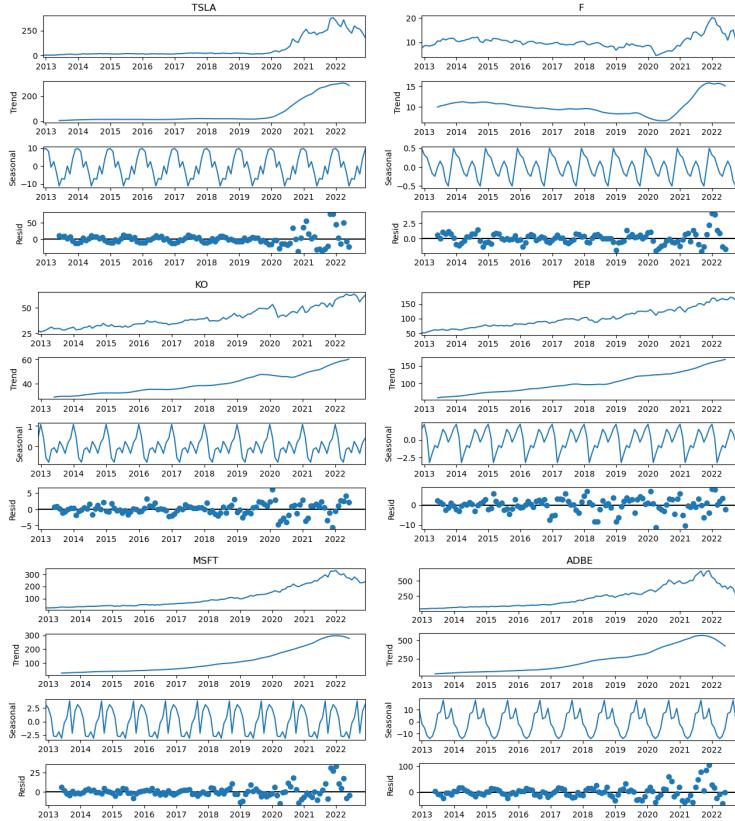
(componente random). Ricordiamo, come visto dalla teoria, che una serie può essere vista come:

$$X_t = H_t + Y_t \quad (1)$$

Dove  $H_t$  è la **componente deterministica**, mentre  $Y_t$  è la **componente di rumore casuale**. Inoltre, se si percepisce un trend e stagionalità nei dati, la componente deterministica è formata a sua volta da:

$$H_t = m_t + s_t \quad (2)$$

$m_t$  componente di trend e  $s_t$  componente stagionale



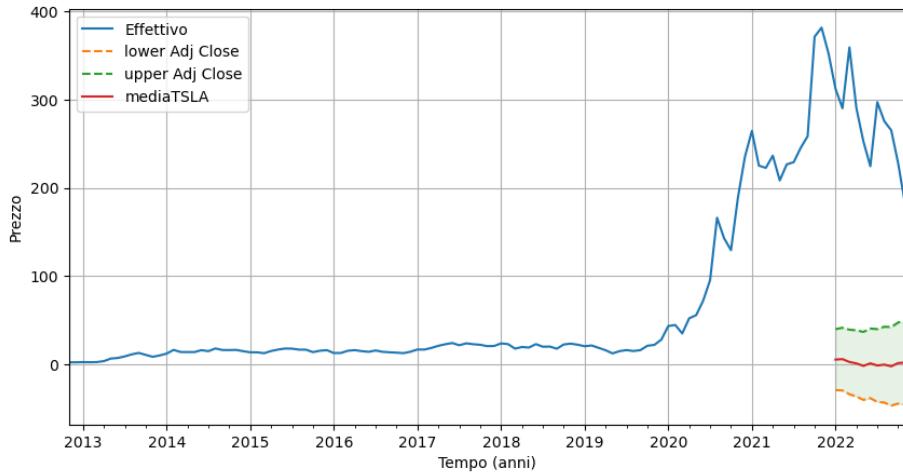
Una volta eseguita questa osservazione, occorre dunque applicare il nostro algoritmo di previsione. Ma prima è necessario eseguire diverse operazioni preliminari. La prima è sicuramente impostare e distinguere le tre tipologie di dati che si utilizzeranno:

- Training: utilizzato per allenare il modello, attraverso questi vengono stimati i parametri dell'algoritmo (corrisponde a 80 mesi)
- Validation: utilizzato per effettuare il "tuning" degli iperparametri (corrisponde a 30 mesi)

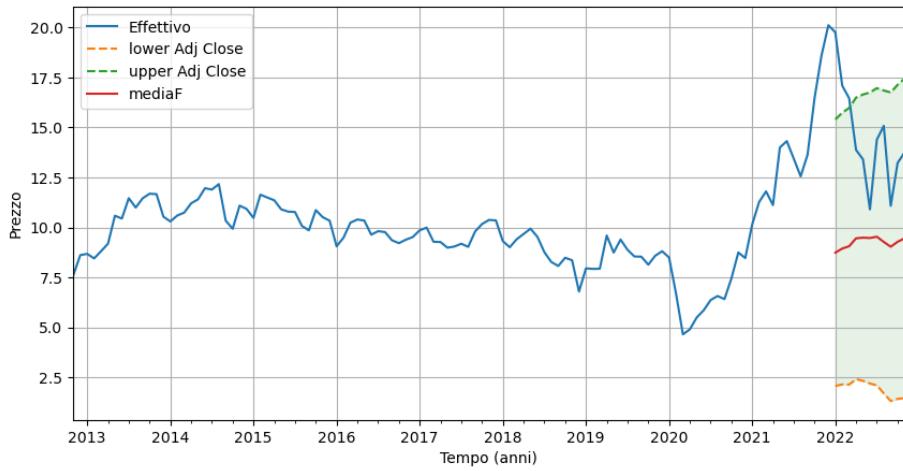
- Testing: utilizzato per valutare l'algoritmo, in questa fase non viene modificato alcun parametro/iperparametro (corrisponde a 10 mesi)

Secondariamente dunque occorre effettuare l'ottimizzazione degli iperparametri (si differenziano dai parametri dell'algoritmo giacchè questi vengono posti in input) utilizzando la Grid Search (a quest'ultima verranno passati 110 mesi, utilizzeremo dunque train e validation set). Successivamente all'algoritmo SARIMAX passeremo esclusivamente il training test (per ricercare i parametri del modello) e infine effettuerò una predizione degli ultimi 10 mesi (test set).

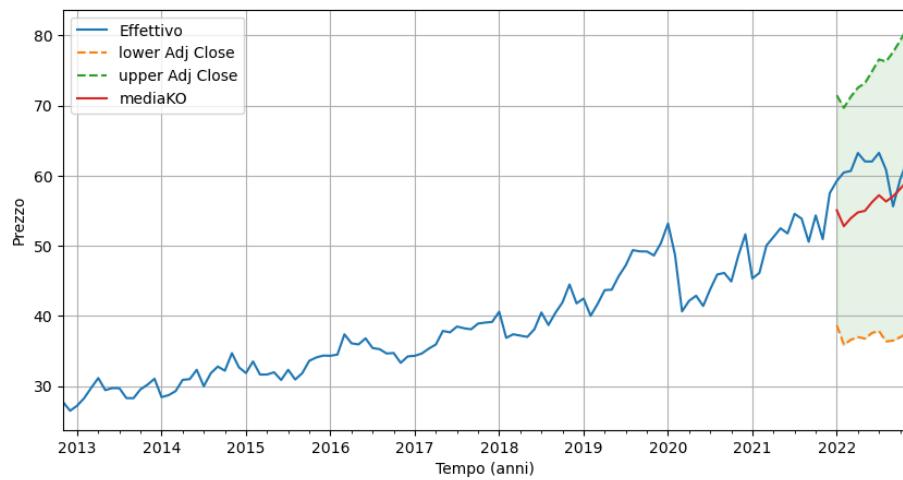
- TSLA



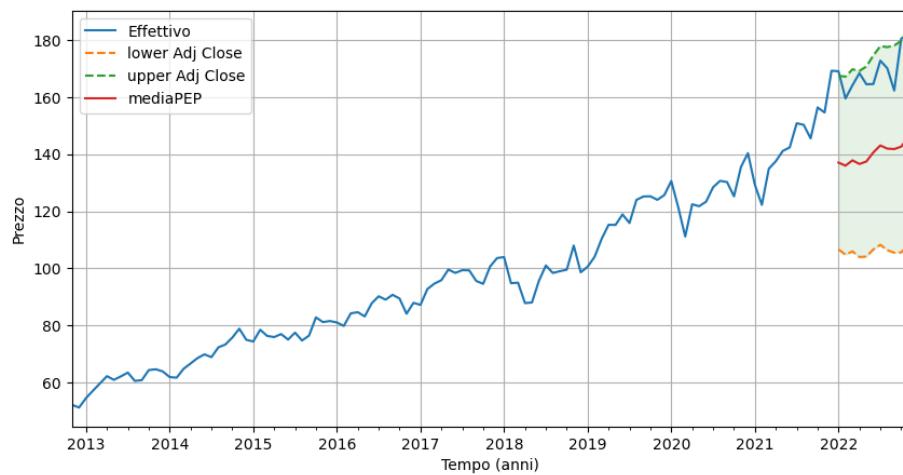
- F



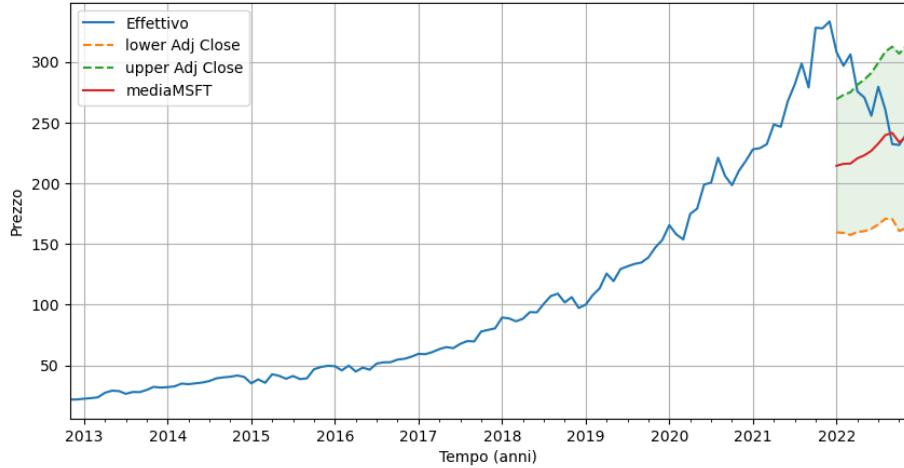
- KO



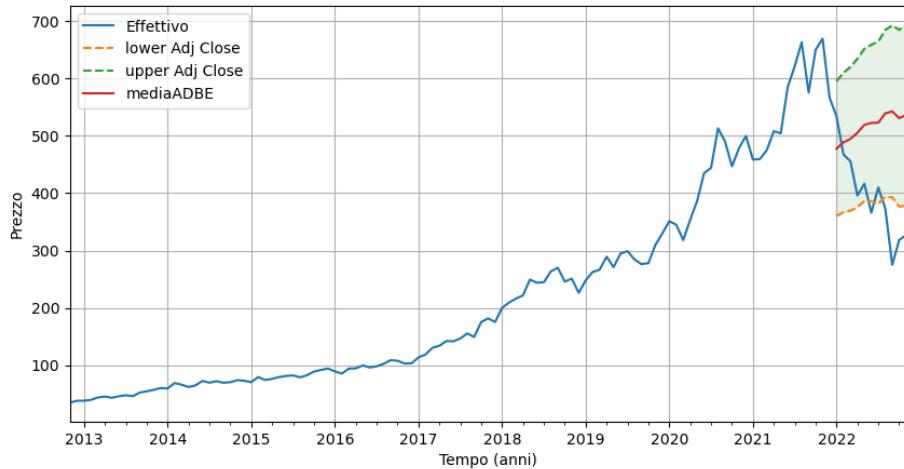
- PEP



- MSFT



- ADBE



Notiamo che le previsioni eseguite, per quanto riguarda TSLA, non si ricevono dei risultati soddisfacenti

## 4 Strategie di trading e backtesting

### 4.1 Costruire una strategia di trading basata su un algoritmo a scelta che segnali l'acquisto o la vendita di un titolo o indice di borsa e farne il backtesting

La strategia implementata è la SMA (Simple Moving Average) la quale analizza tutti i punti della serie e stabilisce che: siamo investiti in un punto se la media

mobile a 20 giorni è maggiore della media mobile a 120 giorni (se siamo investiti porremo il segnale 1 altrimenti 0). Le medie mobili sono uno degli indicatori fondamentali nell'analisi tecnica e ne esistono di diverse versioni. La SMA è la media mobile più facile da costruire. È semplicemente il prezzo medio nel periodo specificato. La media è chiamata "mobile" perché viene tracciata sul grafico barra per barra, formando una linea che si sposta lungo il grafico al variare del valore medio.

Per poter applicare tale strategia occorre anzitutto scegliere e selezionare un titolo desiderato. Successivamente creiamo le due medie mobili descritte precedentemente.

Creiamo due nuove colonne da aggiungere al dataframe contentente la Adjusted Close e il Volume del titolo scelto (nel nostro caso KO). Tali colonne prendono il nome di **SMA20** e **SMA120**. Mostriamo il dataframe ottenuto e il grafico della SMA sulla serie dei prezzi di KO

	Adj Close	Volume	SMA20	SMA120
Date				
2012-11-30	27.682365	13039500.0	NaN	NaN
2012-12-03	27.288153	12864900.0	NaN	NaN
2012-12-04	27.120256	11794200.0	NaN	NaN
2012-12-05	27.237057	14561400.0	NaN	NaN
2012-12-06	27.288153	8974700.0	NaN	NaN
...	...	...	...	...
2022-11-22	61.910915	12319600.0	59.787973	60.138804
2022-11-23	62.188946	8990400.0	59.948832	60.143472
2022-11-25	62.248520	5165500.0	60.105719	60.149453
2022-11-28	62.258453	12267500.0	60.202036	60.152417
2022-11-29	62.040001	10969600.0	60.332611	60.156497



Notiamo che viene rappresentato anche il volume. Inoltre, la media mobile a 120 giorni si muove molto più lentamente rispetto a quella di 20 giorni (la quale segue con un certo ritardo l'andamento del titolo).

## Backtesting

Dopo aver creato il modello della nostra strategia, occorre metterlo all'opera. Aggiungiamo 3 nuove colonne al dataframe:

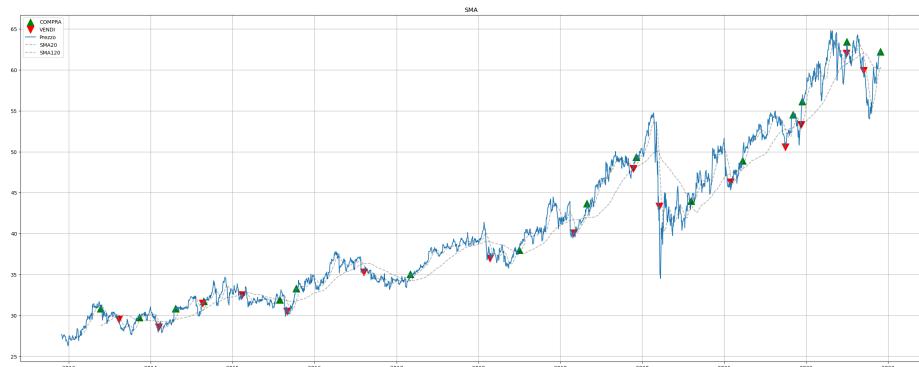
- "Price Yesterday" il quale sarà l'Adj Close shiftata di una posizione (il prezzo di ieri)
- "Change" la quale conterrà il rapporto tra l'Adj Close e il prezzo di ieri (ovvero i rendimenti)
- "Invested SMA" la quale conterrà 0 o 1 a seconda se siamo investiti o meno (secondo il criterio specificato precedentemente)

Date	Adj Close	Volume	SMA20	SMA120	Price_yesterday	Change	Invested_SMA
2012-11-30	27.682369	13039500.0	NaN	NaN	NaN	NaN	0
2012-12-03	27.288158	12864900.0	NaN	NaN	27.682369	0.985759	0
2012-12-04	27.120253	11794200.0	NaN	NaN	27.288158	0.993847	0
2012-12-05	27.237047	14561400.0	NaN	NaN	27.120253	1.004307	0
2012-12-06	27.288158	8974700.0	NaN	NaN	27.237047	1.001877	0
...	...	...	...	...	...	...	...
2022-11-22	61.910915	12319600.0	59.787973	60.138804	61.642818	1.004349	0
2022-11-23	62.188946	8990400.0	59.948832	60.143473	61.910915	1.004491	0
2022-11-25	62.248520	5165500.0	60.105719	60.149453	62.188946	1.000958	0
2022-11-28	62.258453	12267500.0	60.202036	60.152417	62.248520	1.000160	1
2022-11-29	62.040001	10969600.0	60.332611	60.156497	62.258453	0.996491	1

Adesso realizziamo l'effettiva generazione dei segnali di vendita/acquisto secondo questa osservazione:

- Se L'Invested-SMA è 1 e L'Invested-SMA precedente (utilizziamo la funzione shift(1)) è 0, vorrà dire che sono passato dalla posizione "non sono investito" a "sono investito" dunque sarà indicato come un segnale di acquisto.
- Se L'Invested-SMA è 0 e L'Invested-SMA precedente è 1 (utilizziamo la funzione shift(1)), vorrà dire che sono passato dalla posizione "sono investito" a "non sono investito" dunque sarà indicato come un segnale di vendita.

Infine, plottiamo tali segnali in un grafico:



Nel grafico sono indicati:

- Il prezzo del titolo

- La media mobile a 20 giorni
- La media mobile a 120 giorni
- Indicatore verde di acquisto
- Indicatore rosso di vendita

## 4.2 Misurare l'efficienza della strategia rispetto alla detenzione del titolo per tutto il periodo (“Buy & Hold”)

Una volta aver designato e testato la nostra strategia, non resta altro che confrontarla e compararla con una delle strategie più conosciute, la strategia **Buy & Hold**. Tale strategia si compone semplicemente di non effettuare alcun ribilanciamento del portafogli durante il periodo che va dall’acquisto alla vendita dell’asset.

Calcoliamo ora i rendimenti della nostra strategia. Andiamo a considerare dunque tutti i punti in cui Invested-SMA è 1 e calcoliamo il prodotto cumulato della colonna ”Change” introdotta precedentemente (ripetiamo, consideriamo solo quando Invested SMA è 1).

Calcoliamo i rendimenti della Buy & Hold (ricordiamo, compriamo all’inizio del periodo e vendiamo alla fine, non si effettuano operazioni intermedie)

Infine, confrontiamo la nostra strategia con la Buy & Hold:



Prendo gli ultimi elementi di ciascuna serie:

Buy & Hold: 2.241137685693929  
Strategia: 1.173300171301016

È facile osservare come la Buy & Hold sia una strategia nettamente migliore della nostra, ma possiamo analizzare se abbia effettivamente meno rischio rispetto alla Buy & Hold.

Calcoliamo la volatilità della strategia:

Volatilità = 0.17376634499895716

Ha una volatilità del 17%. Se volessimo calcolare l'indice di Sharpe della strategia:

Indice di Sharpe: 0.23622525616462386

Mentre l'indice di Sharpe della Buy & Hold:

Indice di Sharpe: 0.5454261119455621

Quindi effettivamente la nostra strategia rende di meno della Buy & Hold ma è meno rischiosa.

## 5 CAPM

### 5.1 Calcolare il beta di ciascun titolo rispetto al mercato (indice S&P 500, ticker Yahoo Finance GSPC)

Scarichiamo mediante la funzione download di yfinance, l'indice azionario di S&P 500 da Yahoo! Finance. Per ogni titolo, considero i rendimenti semplici mensili e calcolo il beta mediante il rapporto tra la covarianza tra l'asset e il mercato e la varianza del mercato

```
Il Beta di TSLA e': 1.746592679168223
Il Beta di F e': 1.383107788177566
Il Beta di KO e': 0.6044752288819715
Il Beta di PEP e': 0.6024600754151207
Il Beta di MSFT e': 0.9398503690148711
Il Beta di ADBE e': 1.215195308725083
```

Notiamo che tutti i titoli sono correlati positivamente rispetto al mercato, ma solo il beta di TSLA, F e ADBE sono maggiori di 1. Questo vale a dire che quest'ultimi si muovono nella stessa direzione del mercato MA con una volatilità MAGGIORE, mentre per i restanti (che sono positivi ma non maggiori strettamente di 1) non possiamo dire nulla.

### 5.2 Calcolare l'esposizione di ciascun titolo ai fattori di rischio Fama-French

I tre fattori del modello di Fama e French sono:

- Il fattore **mercato**, cioè la dipendenza dall'andamento del mercato azionario (MKT)
- Il fattore **dimensione** (SMB) costruito come rendimento in eccesso delle azioni a piccola capitalizzazione rispetto alle grandi
- Il fattore **valore** (HML) costruito come rendimento in eccesso delle azioni con un rapporto fra patrimonio e prezzo alto (Value stocks) e quelle con un rapporto fra patrimonio e prezzo basso (Growth stocks)

Dopo aver scaricato il file *F – FResearchDataFactors.CSV* ed aver eseguito diverse operazioni attive alla pulizia del file stesso, visualizziamo le prime righe del dataframe ottenuto

	<b>mkt</b>	<b>smb</b>	<b>hml</b>	<b>rf</b>
	<b>data</b>			
<b>2012-12</b>	0.0118	0.0150	0.0351	0.0001
<b>2013-01</b>	0.0557	0.0033	0.0096	0.0000
<b>2013-02</b>	0.0129	-0.0028	0.0011	0.0000
<b>2013-03</b>	0.0403	0.0081	-0.0019	0.0000
<b>2013-04</b>	0.0155	-0.0236	0.0045	0.0000

Effettuiamo dunque la generazione a tre fattori. Per ogni titolo occorre calcolare l'eccesso di ritorno rispetto al risk-free, successivamente creo un modello di regressione lineare OLS (Ordinary Least Squares) il quale attraverso i tre fattori di F-F mkt, smb e hml si andrà ad approssimare l'eccesso di ritorno. Infine, una volta eseguita la fit del modello otteniamo:

- TSLA

	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
Intercept	0.0349	0.016	2.187	0.031	0.003	0.066
mkt	1.8000	0.370	4.867	0.000	1.067	2.532
smb	0.2265	0.636	0.356	0.722	-1.033	1.486
hml	-0.9744	0.439	-2.221	0.028	-1.844	-0.105

- F

	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
Intercept	-0.0041	0.007	-0.615	0.540	-0.017	0.009
mkt	1.2416	0.153	8.096	0.000	0.938	1.545
smb	0.4616	0.264	1.751	0.083	-0.061	0.984
hml	0.7453	0.182	4.096	0.000	0.385	1.106

- KO

	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
Intercept	0.0002	0.003	0.057	0.955	-0.006	0.007
mkt	0.6516	0.077	8.455	0.000	0.499	0.804
smb	-0.7616	0.132	-5.749	0.000	-1.024	-0.499
hml	0.1742	0.091	1.905	0.059	-0.007	0.355

- PEP

	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
Intercept	0.0041	0.003	1.365	0.175	-0.002	0.010
mkt	0.6386	0.070	9.129	0.000	0.500	0.777
smb	-0.6303	0.120	-5.240	0.000	-0.869	-0.392
hml	-0.0088	0.083	-0.106	0.916	-0.173	0.156

- MSFT

	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
Intercept	0.0108	0.004	2.628	0.010	0.003	0.019
mkt	0.9948	0.095	10.462	0.000	0.806	1.183
smb	-0.6393	0.163	-3.911	0.000	-0.963	-0.316
hml	-0.3464	0.113	-3.071	0.003	-0.570	-0.123

- ADBE

	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
Intercept	0.0081	0.005	1.651	0.101	-0.002	0.018
mkt	1.2401	0.114	10.914	0.000	1.015	1.465
smb	-0.2602	0.195	-1.332	0.186	-0.647	0.127
hml	-0.5258	0.135	-3.900	0.000	-0.793	-0.259

### 5.3 Utilizzare il beta per calcolare il rendimento atteso annuo del titolo (utilizzare una propria previsione o stima del rendimento dell'indice S&P500)

Per soddisfare questo punto, occorre utilizzare la seguente formula:

$$E(R_i) = r_f + B_i(E(R_M) - r_f) \quad (3)$$

Gli elementi che ci necessitano sono il tasso del risk-free e il rendimento atteso del mercato. Questi valori vengono prelevati dal dataframe precedentemente creato, facciamo riferimento alla colonna rf e mkt.

Per tali stime usiamo gli ultimi 12 mesi e faccio la media, otteniamo dunque stime mensili, moltiplichiamo dunque nuovamente per 12 ottenendo stime annue:

Tasso risk-free annuo: 0.0081  
Rendimento atteso annuo di mercato: -0.1789

Applichiamo ora dunque la formula vista in precedenza

Rendimento atteso annuo di TSLA: -0.3185128310044577  
Rendimento atteso annuo di F: -0.2505411563892048  
Rendimento atteso annuo di KO: -0.10493686780092867  
Rendimento atteso annuo di PEP: -0.10456003410262757  
Rendimento atteso annuo di MSFT: -0.1676520190057809  
Rendimento atteso annuo di ADBE: -0.21914152273159054

## 6 Costruzione di portafoglio

- 6.1 Costruire il portafoglio ottimale in termini di media-varianza utilizzando i primi 108 mesi di dati, sia con metodo analitico sia con metodo di simulazione, utilizzando sia i rendimenti passati sia i rendimenti attesi costruiti nella parte 5
- 6.2 Calcolare il beta del portafoglio rispetto al mercato
- 6.3 Confrontare il rendimento del portafoglio ottimale con quello effettivo. Per “portafoglio effettivo” si intende un portafoglio composto dai sei titoli oggetto di analisi con peso uguale fra di loro

Per effettuare la costruzione del portfolio, anzitutto bisogna capire quali rendimenti usare:

- Rendimenti passati, ovvero, i primi 108 mesi
- Rendimenti costruiti nel punto 5

Successivamente, bisogna capire quale metodo utilizzare:

- Metodo di simulazione, ovvero, Monte Carlo
- Metodo analitico, ovvero, usando la libreria SciPy

### Metodo Monte Carlo con rendimenti passati

Prima di tutto, come indicato nella traccia, selezioniamo i primi 108 mesi:

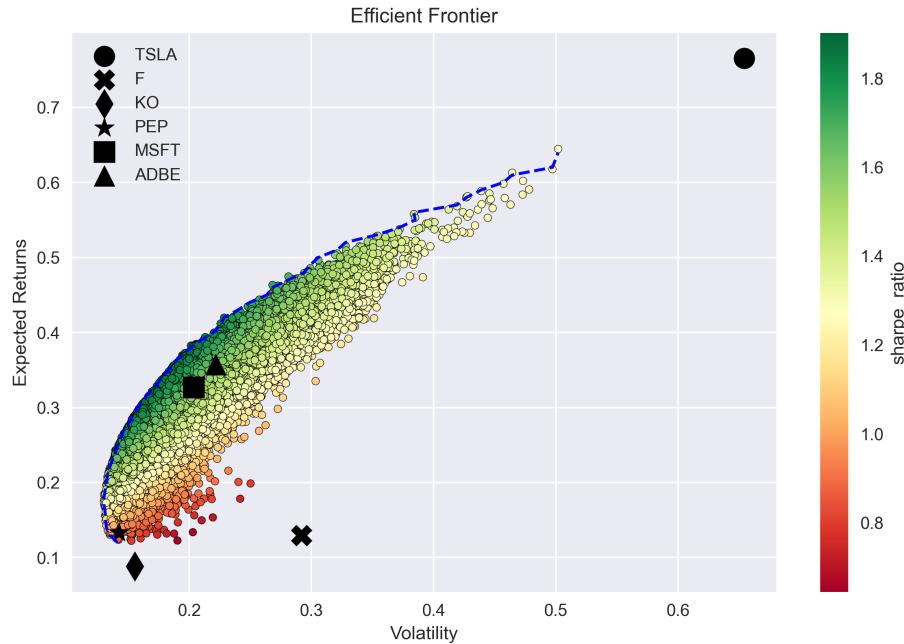
Date	TSLA	F	KO	PEP	MSFT	ADBE
2012-12-31	0.001478	0.131004	-0.044040	-0.017802	0.003381	0.088703
2013-01-31	0.107470	0.007364	0.027310	0.064592	0.027705	0.003981
2013-02-28	-0.071448	-0.026255	0.039742	0.047521	0.021135	0.039122
2013-03-31	0.087855	0.042823	0.051982	0.044081	0.029137	0.107097
2013-04-30	0.424914	0.042586	0.046736	0.042473	0.156938	0.035846

Per applicare il Metodo Monte Carlo, ci occorre specificare diverse informazioni, infatti, dovremmo considerare il numero di portafogli da generare (si è scelto  $10^5$ ) il numero di mesi (si è scelto 12), il numero degli assets (naturalmente 6) e la matrice di covarianze (questa va rapportata in funzione dei mesi, quindi se non lo è già, deve essere moltiplicata per 12).

Una volta calcolati i rendimenti medi (moltiplicando per il periodo, ovvero 12 mesi, il dataframe indicato precedentemente) si è pronti ad applicare il metodo Monte Carlo.

Il metodo Monte Carlo, brevemente, assegna casualmente i pesi associati ai titoli all'interno del portfolio.

Detto questo, ora è possibile computare e visualizzare la Frontiera Efficiente Paretiana:



I portafogli che si possono evidenziare nell'immagine sopra, sono composti esclusivamente da un unico titolo, dunque il rendimento di ciascun portafoglio

dipende esclusivamente dal titolo stesso (ciò non accade quando in un portafoglio ci sono diversi titoli). Vediamo che il portafogli composto esclusivamente dal titolo TSLA abbia il massimo rendimento ma ad una volatilità (rischio) altrettanto elevata. Contrariamente, il portfolio contentente KO, ha la proprietà di avere la minor volatilità tra i titoli ma un rendimento piuttosto limitato.

Una volta ottenuta la frontiera efficiente, risulta basilare ricercare i portafogli di maggior rilevanza:

- Portafoglio con Sharpe Ratio massimo
- Portafoglio con Volatilità minima
- Portafoglio con Rendimento massimo
- Portafoglio **effettivo** (ovvero il portfolio con pesi associati ai titoli uguali)
- MAX SHARPE RATIO

Rendimento atteso: 0.3558770013084916  
 Volatilita ': 0.18708925599143164  
 Sharpe Ratio: 1.9021776500345382

Pesi dei titoli  
 TSLA: 0.10459860313010863  
 F: 0.022618240224473708  
 KO: 0.004797614085307606  
 PEP: 0.12611655809496775  
 MSFT: 0.3117124096554427  
 ADBE: 0.43015657480969965

Beta rispetto al portafoglio di mercato: 1.1085421893129515

- MIN VOLATILITY

Rendimento atteso: 0.18374466826505456  
 Volatilita ': 0.13030364392559773  
 Sharpe Ratio: 1.4101268600743906

Pesi dei titoli  
 TSLA: 0.002068485246998609  
 F: 0.0632484168741405  
 KO: 0.14435239992882692  
 PEP: 0.5180186607375418  
 MSFT: 0.17197176967536643  
 ADBE: 0.10034026753712576

Beta rispetto al mercato: 0.773995744193197

- MAX RENDIMENTO

Rendimento atteso: 0.6446045992923906

Volatilità ': 0.5019392337559594

Sharpe Ratio: 1.2842283606102696

Pesi dei titoli

TSLA: 0.7421638564092765

F: 0.007693134770161766

KO: 0.010190886352708046

PEP: 0.04195782923136412

MSFT: 0.05503355060949371

ADBE: 0.14296074262699582

Beta rispetto al mercato: 1.5637849748186872

- PORTFOLIO EFFETTIVO

Rendimento atteso: 0.3001147877615062

Volatilità ': 0.18646249628856784

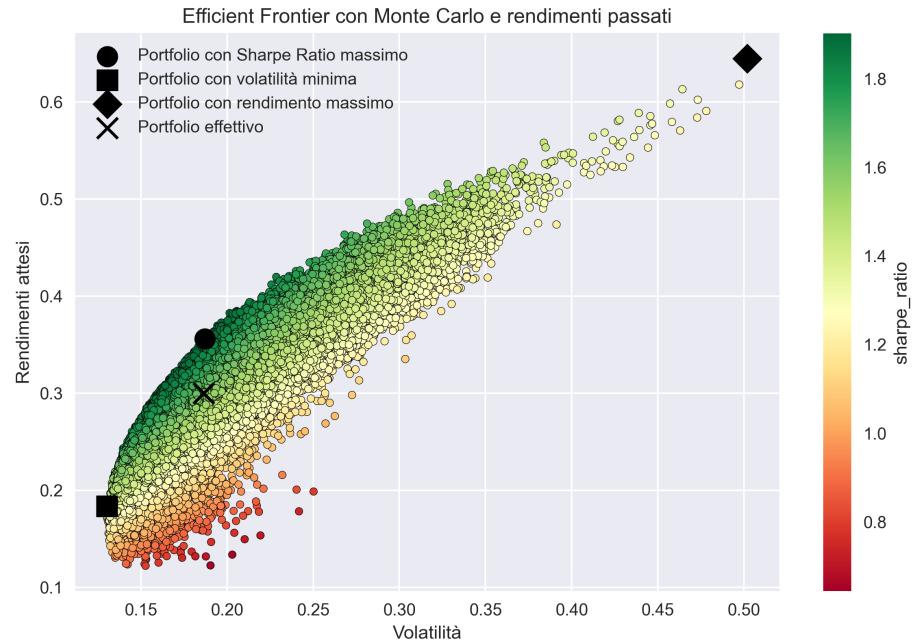
Sharpe Ratio: 1.6095182341496221

Beta: 1.081946814958013

In una prima analisi possiamo osservare le principali differenze tra i diversi portafogli:

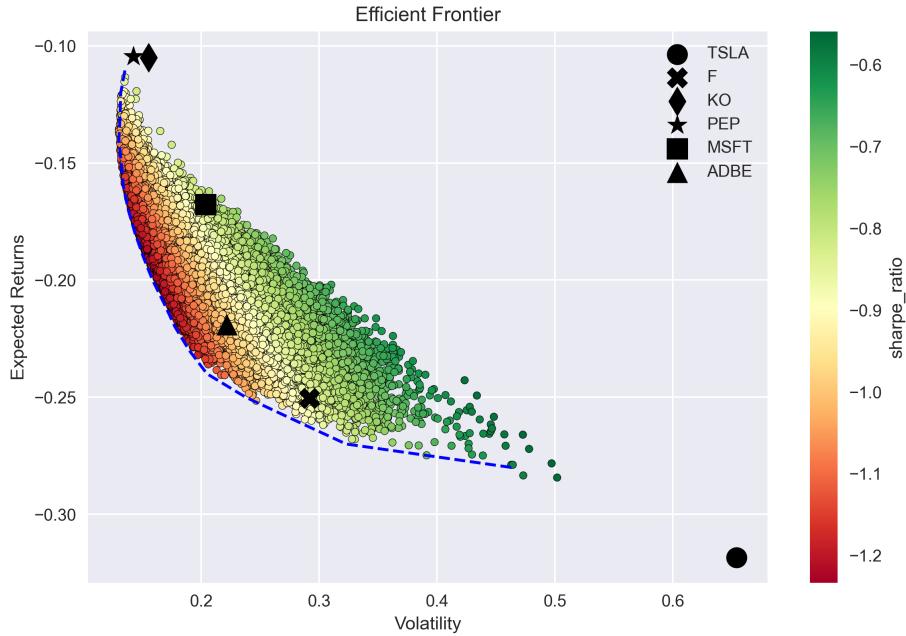
- Il portafoglio con rendimento massimo, ci restituisce sicuramente una quantità di ritorno piuttosto importante. Ma è essenziale notare soprattutto la sua elevata volatilità. Questo potrebbe portarci a valutare e considerare i restanti portafogli per avere una volatilità (dunque anche un rendimento) più bassa
- Il portafoglio con volatilità minima, ci permette di avere una volatilità nettamente più bassa ma ad un rendimento ugualmente esiguo (questo potrebbe essere considerato da tutti quei traders che preferiscono sacrificare una parte dei rendimenti, a favore di un rischio basso).
- Il portafoglio con Sharpe Ratio massimo (ricordiamo, maggio è lo SR maggiore sarà l'investimento) ci permette di ottenere un rendimento modesto ad una volatilità piuttosto conveniente.
- Infine, consideriamo ora il portafoglio effettivo (i cui pesi associati a ciascun titolo risultano essere medesimi, nel nostro caso avendo 6 titoli, avremo 1/6). È possibile notare come tale portfolio non spicchi in nessuno dei valori precedentemente nominati.

Queste osservazioni possono essere eseguite in maniera molto simile anche per i metodi descritti successivamente. Per avere una visione più chiara, visualizziamoli all'interno della Frontiera Efficiente



### Metodo Monte Carlo con rendimenti del punto 5

Questa volta i rendimenti utilizzati sono quelli calcolati nel punto precedente. Successivamente occorre reiterare le operazioni volte in precedenza fino a ricavare:



Giacchè i rendimenti predetti erano tutti negativi, otteniamo una curva di questo tipo in cui il portfolio contenente TSLA ora corrisponde ad avere un rendimento minimo ad una volatilità esorbitante. Come fatto precedentemente, ricaviamo i portafogli che fungono da "reference"

- MAX SHARPE RATIO

Rendimento atteso : -0.27826835954720125  
 Volatilita' : 0.4972589414813712  
 Sharpe Ratio : -0.5596045366589472

Pesi dei titoli  
 TSLA: 0.73895279742989  
 F: 0.0436843720952633  
 KO: 0.09651173921115648  
 PEP: 0.015363839602885747  
 MSFT: 0.05618692139531131  
 ADBE: 0.049300330265492916

Beta rispetto al mercato : 1.5313816018566913

- MIN VOLATILITY

Rendimento atteso : -0.13663720416412783  
 Volatilita' : 0.13030364392559773  
 Sharpe Ratio : -1.0486061636322812

Pesi dei titoli  
TSLA: 0.002068485246998609  
F: 0.0632484168741405  
KO: 0.14435239992882692  
PEP: 0.5180186607375418  
MSFT: 0.17197176967536643  
ADBE: 0.10034026753712576

Beta rispetto al mercato: 0.773995744193197

• MAX RENDIMENTO

Rendimento atteso: -0.11344283254693618  
Volatilita ': 0.13554433873097146  
Sharpe Ratio: -0.836942609400291

Pesi dei titoli  
TSLA: 0.011826001983128422  
F: 0.018166667145732254  
KO: 0.3925005857494132  
PEP: 0.5258439729862019  
MSFT: 0.045967498832547894  
ADBE: 0.005695273302976425

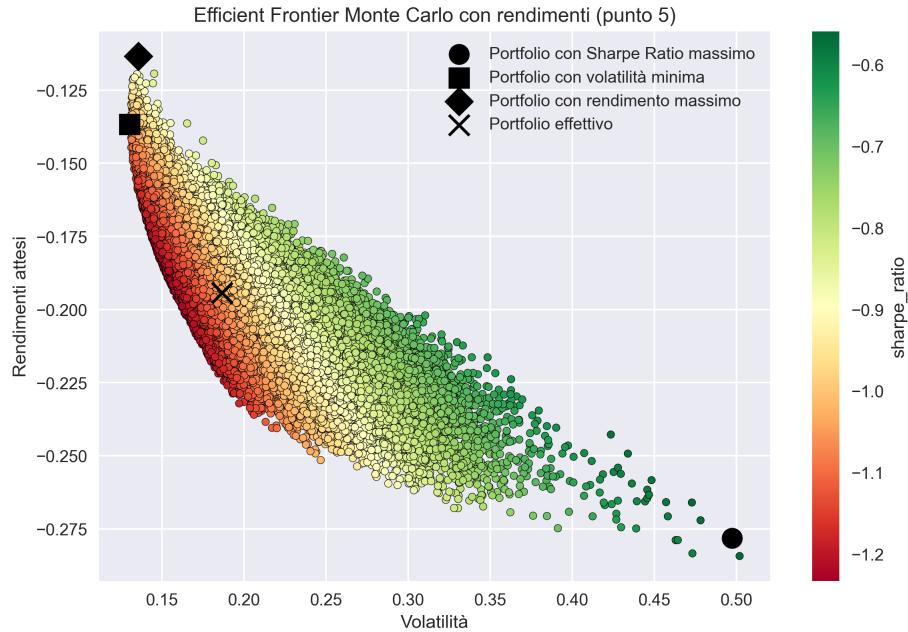
Beta portfolio rispetto al mercato: 0.6499616713739903

• PORTFOLIO EFFETTIVO

Rendimento atteso: -0.1942240543971484  
Volatilita ': 0.18646249628856784  
Sharpe Ratio: -1.0416253040856476

Beta: 1.081946814958013

Poniamoli ora nella frontiera Paretiana



## Metodo analitico utilizzando SciPy

La libreria di SciPy, a differenza del metodo Monte Carlo, permette di ottimizzare (in questo caso, minimizzare) la volatilità del portfolio andando a specificare dei vincoli di costruzioni.

Secondo questa ideologia, difatti, il rischio è visto come un elemento negativo nell'ottimizzazione delle due funzioni obiettivo (rendimento e rischio), dunque si cercherà di minimizzare il rischio fissando il rendimento alla somma pesata dei rendimenti medi, inoltre la somma dei pesi di tutti i titoli, ricordiamo, deve essere uguale a 1. Verranno calcolati dunque dei portafogli (abbiamo specificato 200) i cui rendimenti fanno parte nel range di valore posto in input, quest'ultimo corrisponde rispettivamente al minimo e massimo rendimento trovato precedentemente con il Monte Carlo. Naturalmente, anche qua potremmo scegliere quali rendimenti utilizzare (bisogna inoltre selezionare il giusto range di valori in funzione del rendimento scelto).

## Metodo analitico utilizzando SciPy con rendimenti passati

Una volta eseguita l'ottimizzazione e ricerca di SciPy con i rendimenti passati, otterrò:

- MAX SHARPE RATIO

```
Rendimento atteso : 0.34800191096358724
Volatilita' : 0.1815224385502247
```

Sharpe Ratio: 1.9171288890948872

Pesi dei titoli  
TSLA: 0.08869668125086323  
F: 0.0  
KO: 1.0238934266409982e-17  
PEP: 0.15192638207405398  
MSFT: 0.3798096858618935  
ADBE: 0.3795672508131892

Beta rispetto al mercato: 1.064659259087037

• MIN VOLATILITY

Rendimento atteso: 0.16951533745598873  
Volatilita ': 0.12985545000233603  
Sharpe Ratio: 1.3054156560463133

Pesi dei titoli  
TSLA: 2.334542266415674e-18  
F: 0.07098318201071148  
KO: 0.18996826679947404  
PEP: 0.5207428480573479  
MSFT: 0.13009262518001732  
ADBE: 0.0882130779524492

Beta rispetto al mercato: 0.7561987657931797

• MAX RENDIMENTO

Rendimento atteso: 0.6446045992923906  
Volatilita ': 0.4843836475800536  
Sharpe Ratio: 1.3307728337089608

Pesi dei titoli  
TSLA: 0.7040679880593124  
F: 3.530433324155924e-17  
KO: 0.0  
PEP: 4.24465150528075e-17  
MSFT: 0.0  
ADBE: 0.2959320119406878

Beta rispetto al mercato: 1.5893351861929939

## **Metodo analitico utilizzando SciPy con rendimenti calcolati nel punto 5**

Una volta aver concluso l'ottimizzazione utilizzando i rendimenti calcolati con il CAPM, otteniamo:

### • MAX SHARPE RATIO

Rendimento atteso: -0.28432779029109456

Volatilita ': 0.386194234888746

Sharpe Ratio: -0.7362300226283883

Pesi dei titoli

TSLA: 0.49706966156720506

F: 0.502930338432795

KO: 0.0

PEP: 0.0

MSFT: 1.3617579286417936e-16

ADBE: 0.0

Beta rispetto al mercato: 1.5637849742069874

### • MIN VOLATILITY

Rendimento atteso: -0.13405207368191005

Volatilita ': 0.12985338807425661

Sharpe Ratio: -1.0323340474200982

Pesi dei titoli

TSLA: 0.0

F: 0.07117472429816486

KO: 0.1833877220790995

PEP: 0.5197730222085822

MSFT: 0.13253513131580535

ADBE: 0.09312940009834791

Beta rispetto al mercato: 0.7601715170018598

### • MAX RENDIMENTO

Rendimento atteso: -0.11344283254693618

Volatilita ': 0.13322258810560064

Sharpe Ratio: -0.8515285144964623

Pesi dei titoli

TSLA: 6.8905476358322825e-18

F: 0.003383197672459059

KO: 0.2758251432338536

PEP: 0.5894750473525252  
MSFT: 0.1313166117411622  
ADBE: 0.0

Beta rispetto al mercato 0.6499616713626074

Si nota inoltre che i portafogli **effettivi** di entrambe le ottimizzazioni con i due diversi rendimenti corrispondono esattamente ai portafogli calcolati con il metodo Monte Carlo, perchè in questo caso avremo ugual peso associato a ciascun titolo e partiremo dal medesimo rendimento

## 7 Conclusioni

In conclusione, vengono riportati i più importanti punti di interesse, risultati, obiettivi e problematiche affrontate dinanzi la realizzazione di questo progetto:

- È stato molto coinvolgente realizzare la scelta iniziale dei titoli da inserire poi nello sviluppo dei successivi punti del progetto, anche per raccogliere le prime notizie per potersi muovere all'interno di questo intero ecosistema.
- L'analisi descritta, molto utile per approcciarsi inizialmente al contesto e lo studio dei dati che ci ha accompagnato durante tutta la realizzazione dei successivi punti. Ci ha permesso di analizzare ampiamente quanto fossero correlati i nostri titoli, le loro principale differenze, esaminare un certo evento accaduto e trovare riscontro all'interno dei grafici precedentemente generati. Un contesto molto interessante per iniziare ad approcciarsi al mondo del trading.
- L'analisi di previsione, ampiamente descritta (anche nella parte teorica), molto utile per capire come effettuare una previsione delle serie selezionate attraverso i diversi algoritmi largamente descritti a lezione.
- Lo studio del CAPM (Capital Asset Pricing Model), essenziale la parte di teoria per capire come realizzare utilizzando gli strumenti e i dati forniti durante le lezioni di laboratorio. Questa parte è stata svolta con particolare attenzione visto che gli output prodotti risultarono poi necessari per la costruzione del portafoglio nel punto successivo.
- Infine, l'ottimizzazione del Portafoglio (vista dapprima mediante la tecnica sviluppata da Markowitz) è stata la parte sicuramente più soddisfacente del progetto, soprattutto la parte relativa alla costruzione della frontiera efficiente con il metodo Monte Carlo andando a ispezionare e indicare ciascun portafoglio precedentemente calcolato (con il relativo Beta). Lo stesso svolgimento utilizzando SciPy è risultato essere altrettanto soddisfacente.

La reputo dunque una giusta e corretta esperienza formativa per avere una piccola introduzione al mondo finanziario, espandendosi dunque anche all'utilizzo di algoritmi Machine Learning acquisendo una conoscenza a 360 gradi, analizzando la loro teoria e lo sviluppo nella pratica.