

# Metody numeryczne - Badanie wskaźnika giełdowego MACD

Krzysztof Nasuta, s193328

13 marca 2024

## 1 Wstęp

### 1.1 Wskaźnik giełdowy MACD

Celem projektu jest zaimplementowanie wskaźnika giełdowego MACD (ang. Moving Average Convergence Divergence) oraz przeprowadzenie analizy jego skuteczności. Celem wskaźnika MACD jest wykrywanie oraz rozpoznawanie zmian trendów na rynku finansowym. MACD składa się z 2 szeregów czasowych: linii MACD oraz linii sygnałowej. Linia MACD uzyskiwana jest jako różnica pomiędzy 2 średnimi: długoterminową oraz krótkoterminową. Linia sygnałowa wyliczana jest jako średnia z powstałej linii MACD. Do wyliczenia średnich często używana jest wykładnicza średnia krocząca (ang. exponential moving average, EMA). W projekcie linię MACD uzyskano jako różnicę pomiędzy 12-dniową wykładniczą średnią kroczącą oraz 26-dniową wykładniczą średnią kroczącą. Linia sygnałowa to 9-dniowa wykładnicza średnia krocząca z linii MACD.

Interpretacja wskaźnika MACD polega na obserwacji przecięć linii MACD oraz sygnałowej. Jeśli linia MACD przecina od dołu, to jest to sygnał do kupna oraz zapowiedź trendu wzrostowego. Analogicznie, jeśli linia MACD przecina od góry, to jest to sygnał do sprzedaży oraz zapowiedź trendu spadkowego.

Aby wykluczyć fałszywe sygnały, można zastosować dodatkowe filtry. W projekcie zaimplementowano filtr, który wymaga, aby linie MACD oraz sygnałowa były w trendzie przez minimalną ilość dni, zanim zostanie wygenerowany sygnał kupna lub sprzedaży.

### 1.2 Implementacja

Do Implementacji wskaźnika MACD wykorzystano język *Python* oraz narzędzie *Jupyter Notebook*, wraz z bibliotekami *pandas* oraz *matplotlib*. Dane do analizy pochodzą z serwisu [stooq.pl](https://stooq.pl). W projekcie wykorzystano dane dotyczące 5 kursów walutowych:

**EUR/USD** (Euro do Dolara Amerykańskiego)

**EUR/PLN** (Euro do Polskiego Złotego)

**KRW/PLN** (Won Południowokoreański do Polskiego Złotego)

**KRW/USD** (Won Południowokoreański do Dolara Amerykańskiego)

**USD/PLN** (Dolar Amerykański do Polskiego Złotego)

Projekt zajmuje się głównie analizą kursu walutowego EUR/USD. Pozostałe kursy walutowe wykorzystano do porównania skuteczności wskaźnika MACD. Pozwala to na analizę wskaźnika MACD na różnych rynkach walutowych.

## 2 Dane wejściowe

Dane wejściowe zawierają informacje o kursach od 01.01.2019 do 31.12.2023.



Rysunek 1: Wykres kursu walutowego EUR/USD od 01.01.2019 do 31.12.2023.

Poglądowe kursy pozostałych walut:



KRW/PLN

KRW/USD

Pełne wykresy kursów walutowych znajdują się w dodatku do sprawozdania (sekcja 8).

## 3 Obliczenie wskaźnika MACD dla kursu EUR/USD

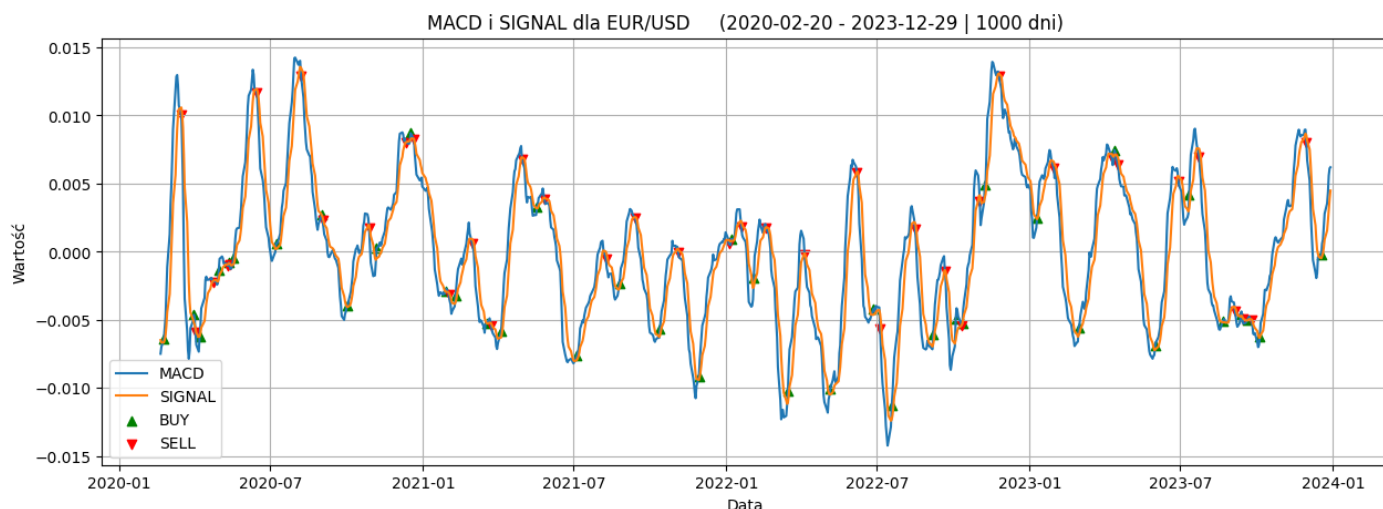
Do obliczenia wskaźnika MACD wykorzystano wzory:

$$\text{MACD} = \text{EMA}_{12} - \text{EMA}_{26} \quad (1)$$

$$\text{SIGNAL} = \text{EMA}_9(\text{MACD}) \quad (2)$$

gdzie *EMA* - wykładnicza średnia krocząca (ang. exponential moving average).

Wyznaczone wskaźniki MACD oraz SIGNAL dla ostatniego 1000 notowań kursu EUR/USD przedstawiono na poniższym wykresie:



Rysunek 2: Wykres wskaźnika MACD oraz SIGNAL dla kursu walutowego EUR/USD.

Wykres niebieski przedstawia wartość wskaźnika MACD, a pomarańczowy - wartość wskaźnika SIGNAL. Na wykresie zaznaczono również punkty, w których wartości wskaźników przecinają się oraz oznaczono je jako punkty kupna (BUY) oraz sprzedaży (SELL). Można zauważyć, że sygnały sprzedaży generowane są zazwyczaj w momencie, gdy wartość wskaźnika MACD jest w szczycie, a sygnały kupna w momencie, gdy wartość wskaźnika MACD jest w dołku.

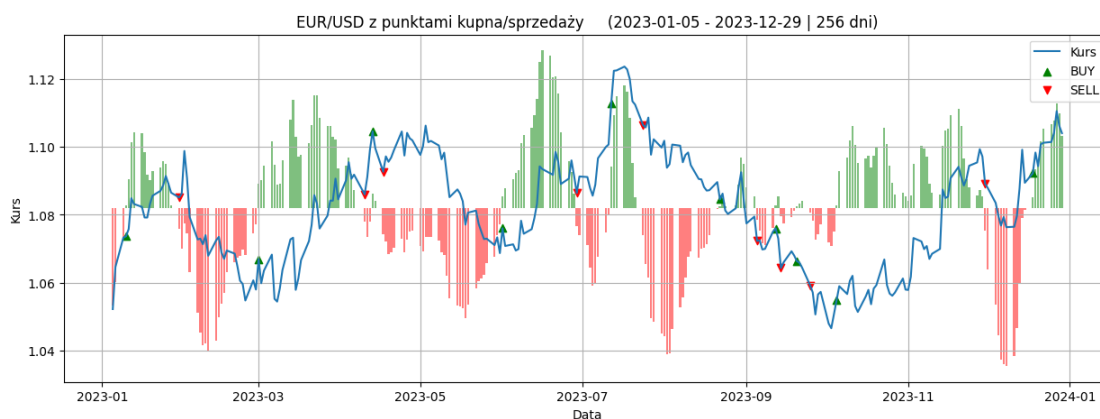
Pozostałe wykresy wskaźników MACD oraz SIGNAL znajdują się w dodatku do sprawozdania (sekcja 8).

## 4 Analiza skuteczności wskaźnika MACD

Z natury wskaźnika MACD wynika, że sygnały kupna oraz sprzedaży są generowane z opóźnieniem. Nadają się one do wykrywania trendów, ale nie są odpowiednie do wykrywania szczytów oraz dołków w czasie rzeczywistym. W związku z tym wskaźnik MACD nie jest optymalny do handlu na krótkich interwałach czasowych. Jak można zauważyć na wykresach powyżej, niejednokrotnie sygnały kupna oraz sprzedaży są generowane z opóźnieniem względem szczytów oraz dołków kursu walutowego. W skrajnych przypadkach sygnały kupna oraz sprzedaży są generowane w momencie, gdy trend już się odwrócił.

Wskaźnik MACD jest także podatny na generowanie fałszywych sygnałów. Aby ograniczyć ich liczbę, można zastosować dodatkowe filtry.

### 4.1 EUR/USD

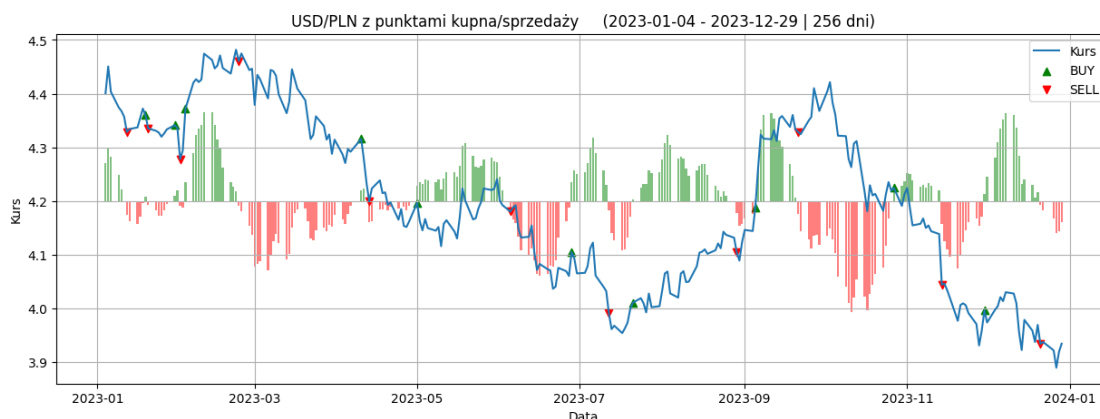


Rysunek 3: Wykres sygnałów kupna oraz sprzedaży dla kursu walutowego EUR/USD.

Wykres przedstawia sygnały kupna oraz sprzedaży dla kursu walutowego EUR/USD nałożone na wykres kursu walutowego. Można zauważyć, że punkty przecięcia linii MACD oraz sygnałowej zazwyczaj nie pokrywają się z szczytami oraz dołkami kursu walutowego. Zazwyczaj są one generowane z kilkudniowym opóźnieniem.

Wykres przedstawia również histogram wartości wskaźnika MACD. Przedstawia on różnicę pomiędzy wartościami wskaźnika MACD oraz SIGNAL. Wykres ten potwierdza obserwacje z poprzedniego wykresu. Jeśli pojawia się trend wzrostowy, to wartość histogramu staje się dodatnia dopiero po kilku dniach. Analogiczna sytuacja występuje w przypadku trendu spadkowego.

## 4.2 USD/PLN



Rysunek 4: Wykres sygnałów kupna oraz sprzedaży dla kursu walutowego USD/PLN.

Powyższy wykres jest analogiczny do poprzedniego. Można zauważyć, że sygnały, jak i histogram wskaźnika MACD, są generowane z opóźnieniem względem zmian kursu walutowego. W efekcie, większość transakcji kupna oraz sprzedaży przynosi małe zyski lub straty.

Wykresy dla pozostałych walut znajdują się w dodatku do sprawozdania (sekcja 8).

## 5 Symulacja handlu na podstawie wskaźnika MACD

Do przeprowadzenia symulacji handlu na podstawie wskaźnika MACD, zaimplementowano prostą strategię handlową. Strategia polega na kupnie waluty, gdy wartość wskaźnika MACD przecina od dołu wartość wskaźnika SIGNAL oraz sprzedaży waluty, gdy wartość wskaźnika MACD przecina od góry wartość wskaźnika SIGNAL. Dodatkowo, zaimplementowano filtr, który wymaga, aby linie MACD oraz sygnałowa były w trendzie przez pewną ilość dni, zanim zostanie wygenerowany sygnał kupna lub sprzedaży.

Dla każdej z 5 walut przeprowadzono symulację handlu na podstawie wskaźnika MACD. Sprawdzono również wyniki symulacji dla różnych wartości parametru filtra, począwszy od braku filtra, aż do 5 dniowego filtra.

Za początkowy kapitał przyjęto 1000 EUR. W każdym dniu symulacji, jeśli wystąpił sygnał kupna, to cały kapitał został zainwestowany w walutę. Analogicznie, jeśli wystąpił sygnał sprzedaży, to cała inwestycja została sprzedana.

W trakcie symulacji przeprowadzono po 54 transakcje kupna oraz sprzedaży. Końcowy kapitał po symulacji wyniósł 1036.98 EUR, co daje zysk w wysokości 3.70%. Należy pamiętać, że w symulacji nie uwzględniono różnicy kursu kupna oraz sprzedaży. W rzeczywistości zysk z transakcji byłby mniejszy.

Następnie symulację powtórzono dla różnych wartości parametru filtra. W przypadku kursu EUR/USD, najlepsze wyniki uzyskano dla 2 dniowego filtra. Wykorzystanie tego filtra pozwoliło na uzyskanie kapitału równego 1047.16 EUR, co daje zysk w wysokości 4.72%.

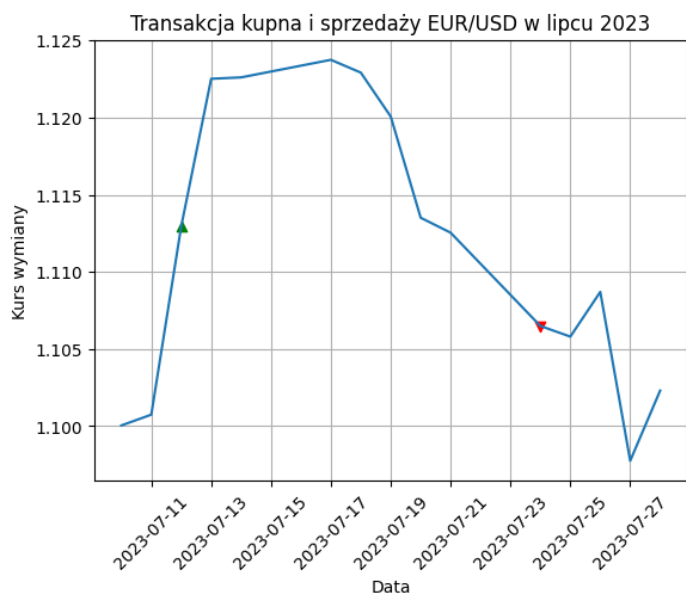
Poniżej przedstawiono wyniki symulacji handlu dla 5 walut oraz różnych wartości parametru filtra:

Wyniki symulacji handlu względem zastosowanego filtra						
Waluta	Brak filtra	1 dzień	2 dni	3 dni	4 dni	5 dni
EUR/USD	3.70%	2.91%	<b>4.72%</b>	-0.96%	1.97%	0.97%
EUR/PLN	<b>13.02%</b>	5.68%	3.53%	-1.59%	-4.07%	-7.66%
KRW/PLN	<b>27.01%</b>	26.51%	22.18%	6.33%	-1.33%	3.91%
KRW/USD	<b>4.82%</b>	1.64%	-4.22%	-2.57%	-6.82%	-0.42%
USD/PLN	11.24%	<b>26.58%</b>	13.37%	2.02%	-7.95%	-6.72%
Średnia	11.96%	<b>12.66%</b>	7.92%	0.65%	-3.64%	-1.98%

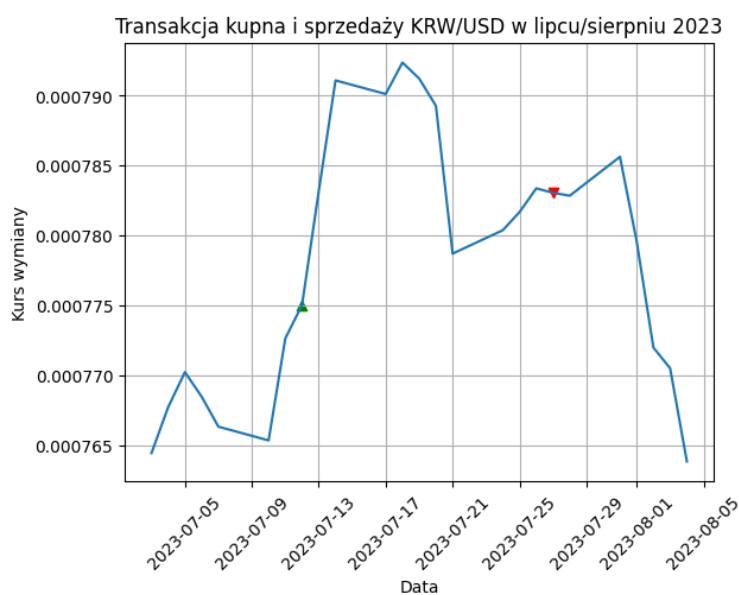
Tabela 1: Wyniki symulacji handlu dla 5 walut oraz różnych wartości parametru filtra.

Warto zauważyć, że optymalna wartość parametru filtra zależy od waluty. Zmiana wyników symulacji w zależności od wartości parametru filtra różni się w zależności od waluty. W średnim przypadku, najlepsze wyniki uzyskano dla 1 dniowego filtra. Zastosowanie filtrów dłuższych niż 2 dniowe nie przyniosło pozytywnych rezultatów.

### Wykresy pojedynczych transakcji



Transakcja 1



Transakcja 2

Powyższe wykresy przedstawiają pojedynczą operację kupna oraz sprzedaży waluty dla odpowiednio kursu EUR/USD oraz KRW/USD. Obie transakcje bardzo dobrze ilustrują problem z opóźnieniem sygnałów kupna oraz sprzedaży względem kursu walutowego.

W transakcji pierwszej widzimy, że sygnał kupna został wygenerowany w momencie, gdy kurs już był blisko szczytu. Dopiero wtedy wartość wskaźnika MACD spadła poniżej wartości SIGNAL. Następnie, po kilku dniach, kurs osiąga szczyt. Jest to idealny moment, aby sprzedać kupioną walutę. Następnie, po kilku dniach, kurs zaczyna gwałtownie spadać. Wskaźnik MACD generuje sygnał sprzedaży, ale w momencie, gdy kurs jest już blisko dołka. W efekcie sprzedajemy walutę w momencie, gdy kurs jest niższy niż w momencie jej zakupu.

W transakcji drugiej sytuacja jest podobna. Sygnał kupna generowany jest w momencie, gdy kurs rośnie już od kilku dni. Uniemożliwia to uzyskanie maksymalnego zysku z transakcji. Następnie kurs osiąga szczyt, a następnie zaczyna spadać. Przez krótki okres spada gwałtownie, co powoduje wygenerowanie sygnału sprzedaży za kilka dni. Kurs szybko odbija, co powoduje optymalną dla nas sytuację, aby sprzedać walutę. Nie spadł tak nisko, jak w momencie zakupu, co pozwala na uzyskanie zysku. Jest jednak widoczne, że sygnały kupna oraz sprzedaży generowane są z opóźnieniem.

Wnioskując z powyższych wykresów, można stwierdzić, że wskaźnik MACD generuje sygnały poprawne, ale opóźnione o kilka dni. Jeśli nałożyć na wykresy sygnały kilka dni wcześniej, to zysk z transakcji byłby znacznie większy. Nie jest to jednak możliwe w czasie rzeczywistym.

## 6 Wnioski

Dla kursu walutowego EUR/USD, wskaźnik MACD okazał się częściowo skuteczny. Wyniki symulacji handlu na podstawie wskaźnika MACD były pozytywne, ale niezbyt znaczące. Dla kursu EUR/USD, najlepsze wyniki uzyskano dla 2 dniowego filtra, co pozwoliło na uzyskanie zysku w wysokości 4.72%. Należy jednak pamiętać, że wyniki symulacji nie uwzględniają różnicy kursu kupna oraz sprzedaży. Koszty transakcji mogą znacząco obniżyć zysk.

Z wykresu 3 (EUR/USD) wynika, że punkty przecięcia linii MACD oraz sygnałowej nie zawsze pokrywają się z szczytami oraz dołkami kursu walutowego. Wynika to z natury wskaźnika MACD, który jest opóźniony względem kursu walutowego. W efekcie większość transakcji kupna oraz sprzedaży przyniosła małe zyski lub straty.

Bardzo dobry przykład takiej sytuacji widać na tym wykresie w okolicach 2023-07. Kurs gwałtownie rośnie, a sygnał kupny generowany jest w momencie, kiedy kurs jest już blisko szczytu. Następnie, po krótkim czasie kurs spada, powodując wygenerowanie sygnału sprzedaży. W efekcie, sprzedajemy walutę w momencie, kiedy kurs jest niższy niż w momencie zakupu.

Wyniki symulacji handlu dla pozostałych walut były zróżnicowane. Dla kursu walutowego KRW/USD, rezultat był podobny do kursu EUR/USD.

W przypadku kursu EUR/PLN, wyniki symulacji były lepsze, aczkolwiek warto zwrócić uwagę na wykres 2, na którym widać długi okres trendu wzrostowego.

Podobna sytuacja wystąpiła dla kursu USD/PLN. Warto zauważyć znaczną poprawę wyników symulacji tego kursu po zastosowaniu 1 dniowego filtra. Może to wynikać z faktu, że kurs USD/PLN jest bardzo zmienny, co powoduje, że częściej występują fałszywe sygnały.

Ciekawym przypadkiem jest kurs KRW/PLN, dla którego wyniki symulacji były stosunkowo dobre. Patrząc na historię transakcji, można zauważyć, że zysk pochodzi głównie z kilku transakcji, które dokonane zostały w drugiej połowie 2023 roku.

## 7 Podsumowanie

Wskaźnik MACD jest narzędziem, które pozwala na wykrywanie trendów na rynku finansowym. Pozwala na ich dobrą analizę, ale nie nadaje się na generowanie sygnałów kupna oraz sprzedaży w czasie rzeczywistym. Wynika to z faktu, że wskaźnik MACD jest znacznie opóźniony względem kursu walutowego. Nie jest on w stanie przewidzieć, jaki kurs będzie w przyszłości. Sygnały generowane są za późno, co zazwyczaj powoduje zakup bądź sprzedaż w momencie nieoptymalnym. Dodatkowo, wskaźnik MACD często generuje fałszywe sygnały. W sytuacji ogólnej handel oparty tylko na wskaźniku MACD nie przynosiłby zysków.

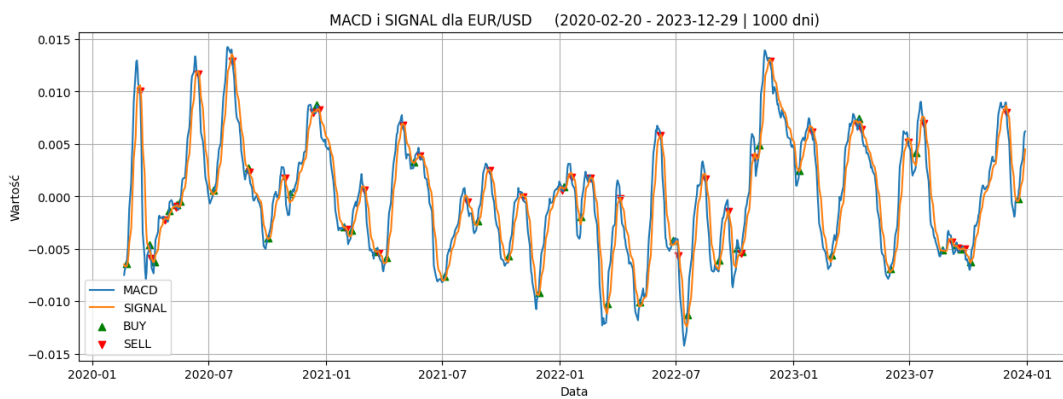
Z drugiej strony, wskaźnik MACD sprawdza się bardzo dobrze jako analityczne narzędzie do oceny trendów na rynku. Dla długoterminowych danych pozwala na skuteczne wykrywanie trendów wzrostowych oraz spadkowych. W połączeniu z innymi wskaźnikami może być użyteczny do analizy rynku.

## 8 Wykresy

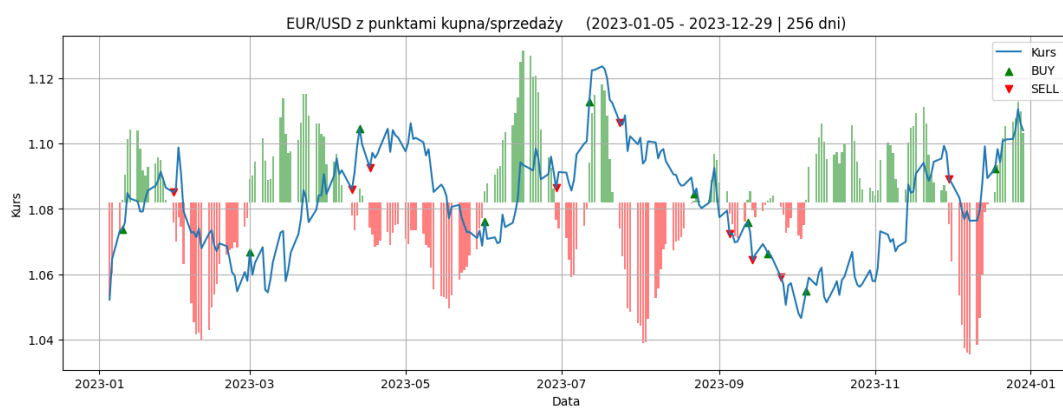
### 8.1 EUR/USD



Rysunek 5: Wykres kursu walutowego EUR/USD od 01.01.2019 do 31.12.2023.



Rysunek 6: Wykres wskaźnika MACD oraz SIGNAL dla kursu walutowego EUR/USD.

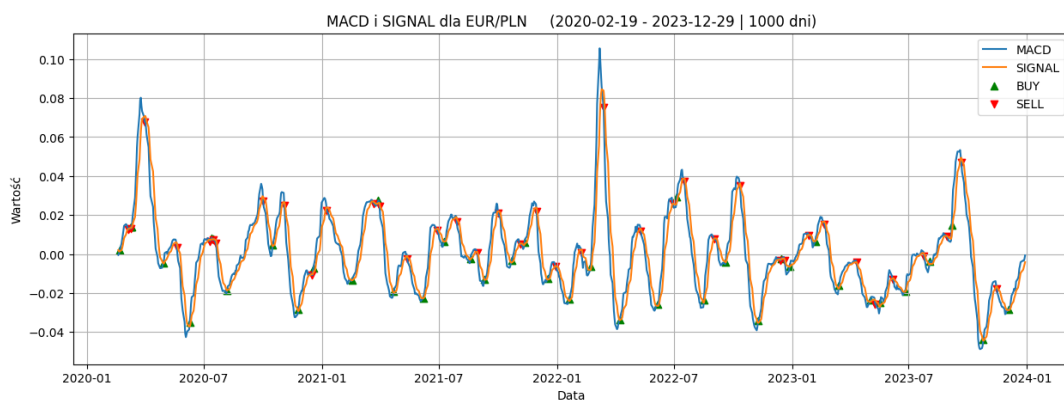


Rysunek 7: Wykres sygnałów kupna oraz sprzedaży dla kursu walutowego EUR/USD.

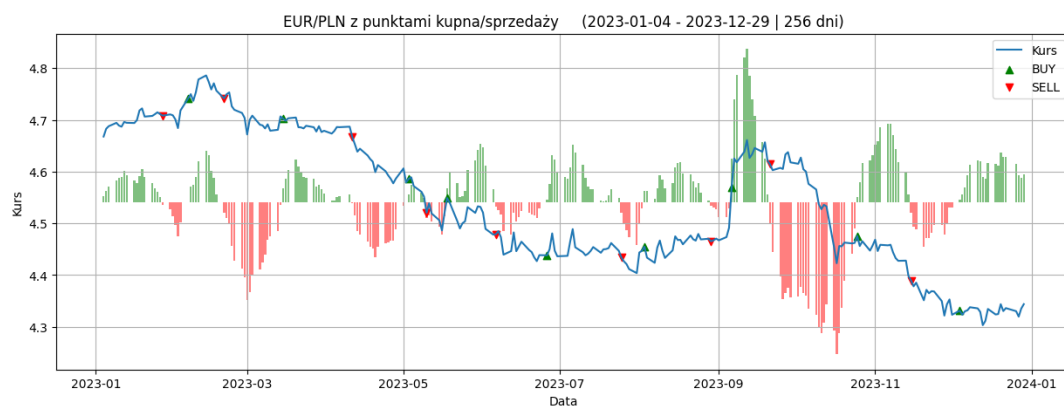
## 8.2 EUR/PLN



Rysunek 8: Wykres kursu walutowego EUR/PLN od 01.01.2019 do 31.12.2023.



Rysunek 9: Wykres wskaźnika MACD oraz SIGNAL dla kursu walutowego EUR/PLN.



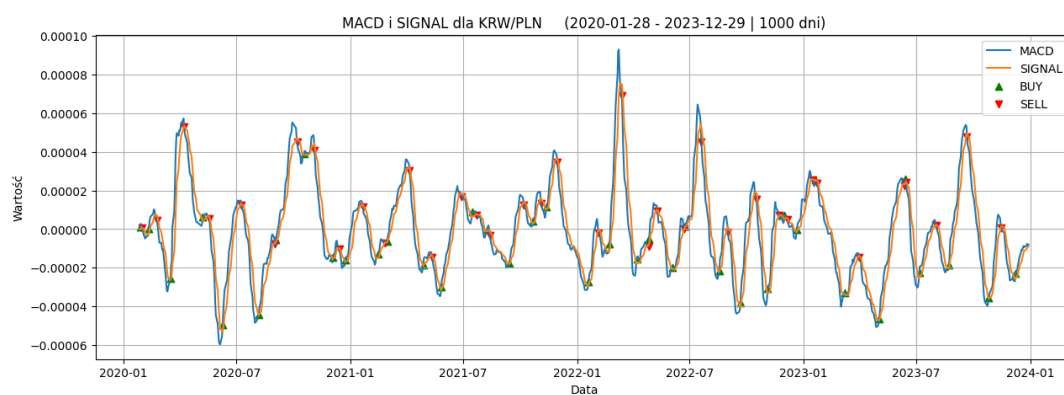
Rysunek 10: Wykres sygnałów kupna oraz sprzedaży dla kursu walutowego EUR/PLN.



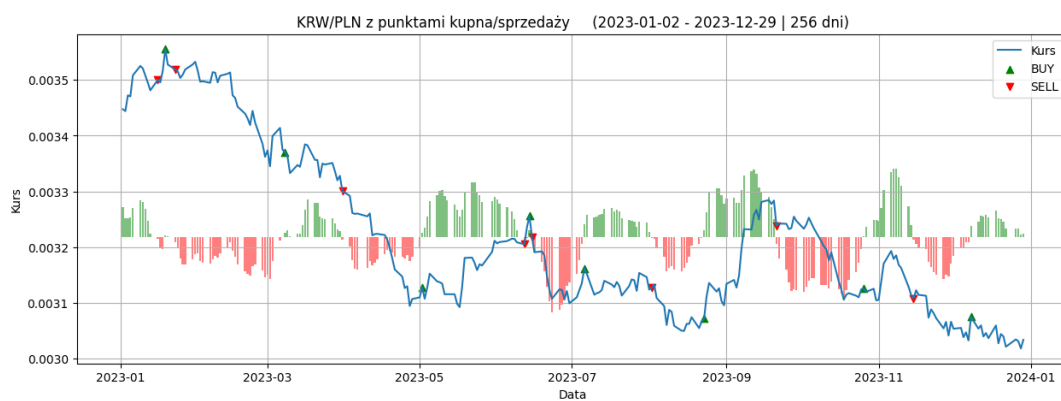
### 8.3 KRW/PLN



Rysunek 11: Wykres kursu walutowego KRW/PLN od 01.01.2019 do 31.12.2023.



Rysunek 12: Wykres wskaźnika MACD oraz SIGNAL dla kursu walutowego KRW/PLN.

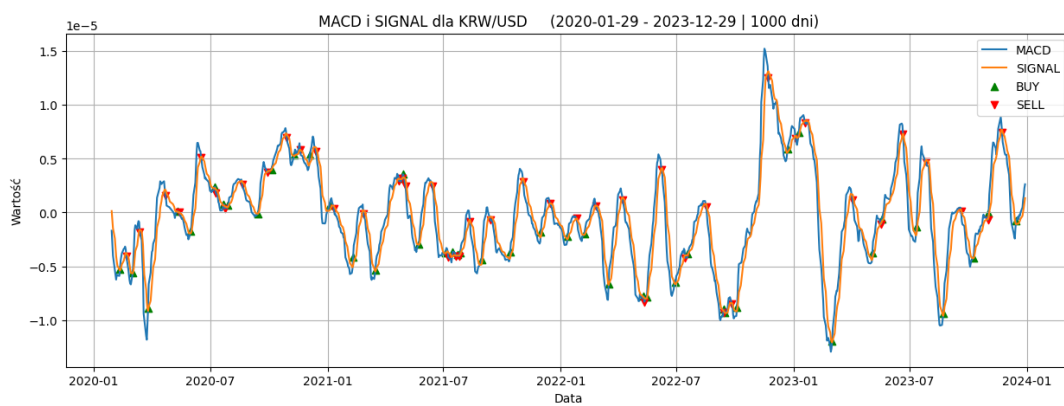


Rysunek 13: Wykres sygnałów kupna oraz sprzedaży dla kursu walutowego KRW/PLN.

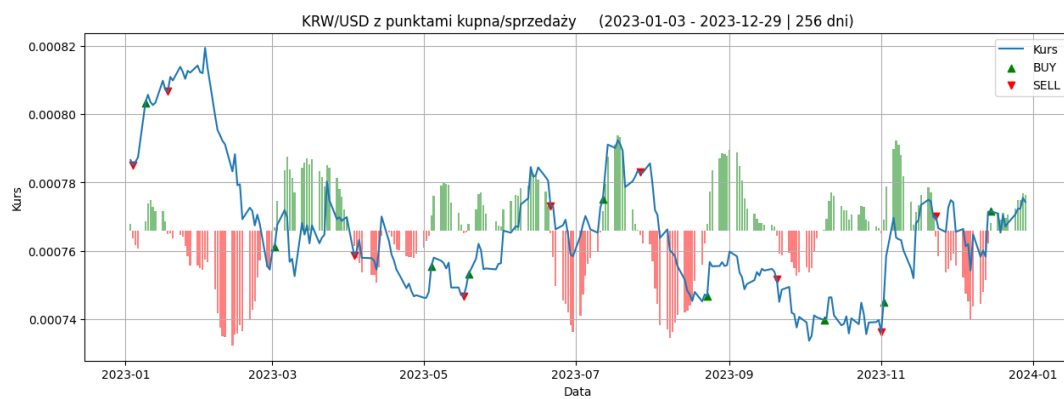
## 8.4 KRW/USD



Rysunek 14: Wykres kursu walutowego KRW/USD od 01.01.2019 do 31.12.2023.



Rysunek 15: Wykres wskaźnika MACD oraz SIGNAL dla kursu walutowego KRW/USD.

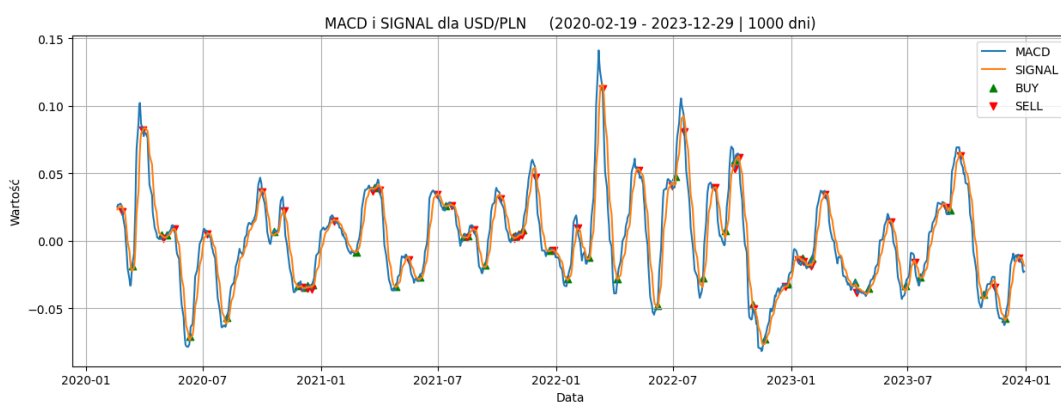


Rysunek 16: Wykres sygnałów kupna oraz sprzedaży dla kursu walutowego KRW/USD.

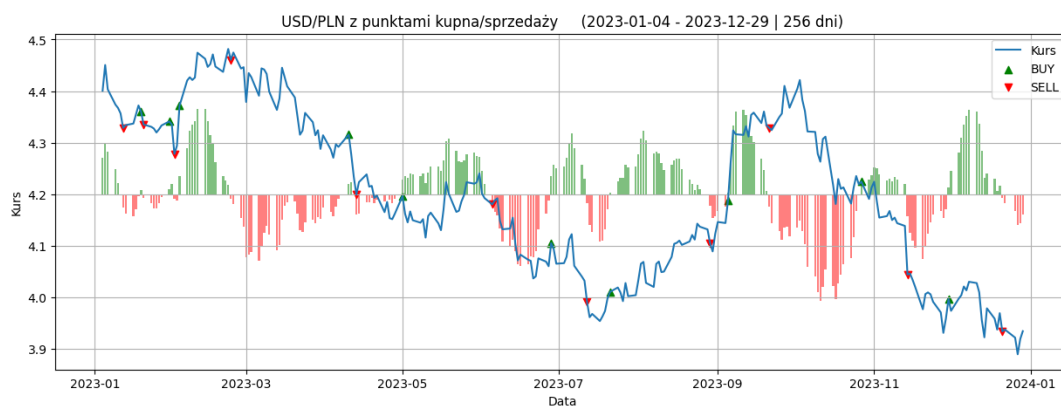
## 8.5 USD/PLN



Rysunek 17: Wykres kursu walutowego USD/PLN od 01.01.2019 do 31.12.2023.



Rysunek 18: Wykres wskaźnika MACD oraz SIGNAL dla kursu walutowego USD/PLN.



Rysunek 19: Wykres sygnałów kupna oraz sprzedaży dla kursu walutowego USD/PLN.