

# ANALIZA STRATEGII OBROTU ŚWIADECTWAMI POCHODZENIA ENERGII ODNAWIALNEJ PODCZAS NOTOWAŃ SESYJNYCH RYNKU PRAW MAJĄTKOWYCH

**Jerzy ANDRUSZKIEWICZ, Kamil HOPPE**

Instytut Elektroenergetyki Politechniki Poznańskiej

## Rynek Praw Majątkowych (RPM) prowadzony w ramach działalności Towarowej Giełdy Energii (TGE)

Przedmiotem obrotu na Rynku Praw Majątkowych są prawa majątkowe, które wynikają ze świadectw pochodzenia energii wydawanych przez Prezesa Urzędu Regulacji.

Omawiany instrument giełdowy, którego obrót prowadzony jest na Rynku Praw Majątkowych to:

- **PMOZE** – prawa majątkowe wynikające ze świadectw pochodzenia energii ze źródeł odnawialnych, zwane „zielonymi certyfikatami”.

Jedno prawo majątkowe wynikające ze świadectw pochodzenia energii ze źródeł odnawialnych odpowiada **1 kWh** energii elektrycznej.

Handel na Rynku Praw Majątkowych odbywa się

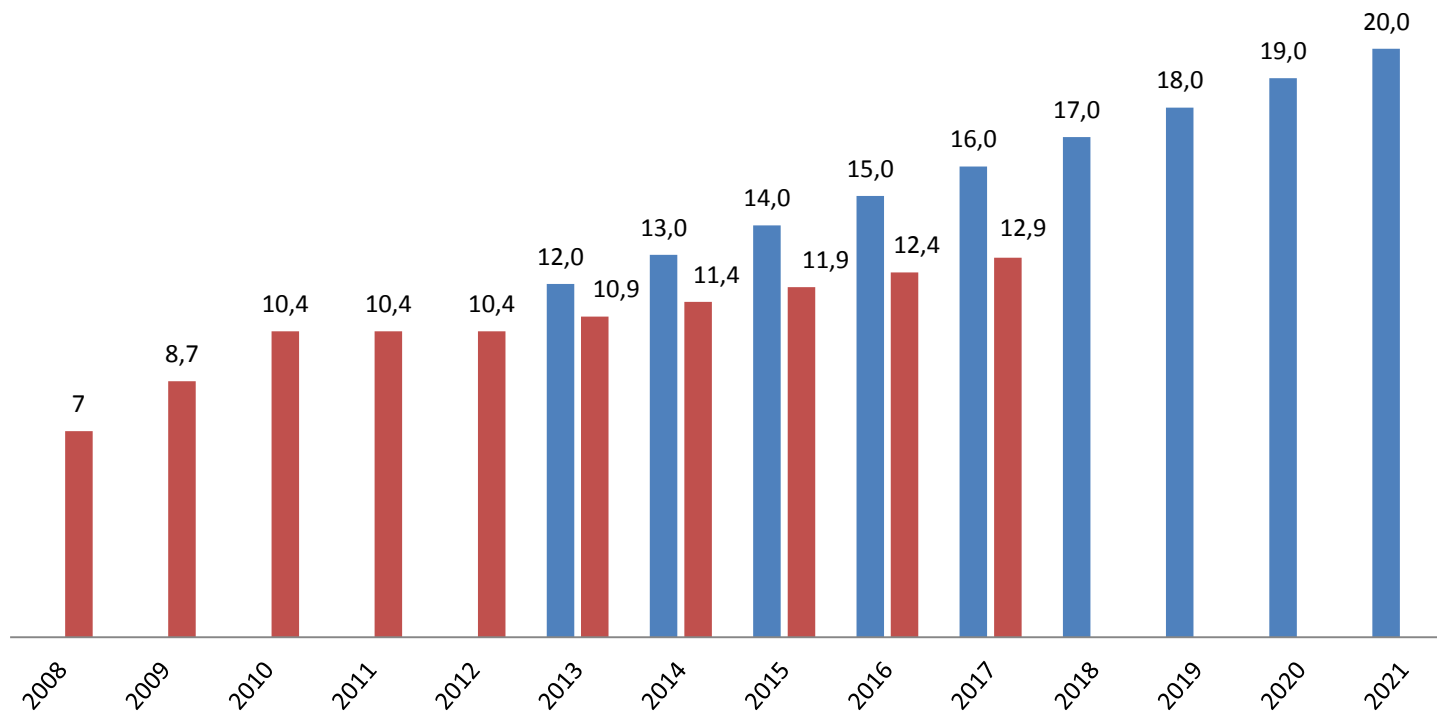
- w systemie kursu jednolitego,
- systemie notowań ciągłych oraz
- przez zawieranie transakcji pozasesyjnych.

Notowania mają miejsce we wtorki i czwartki.

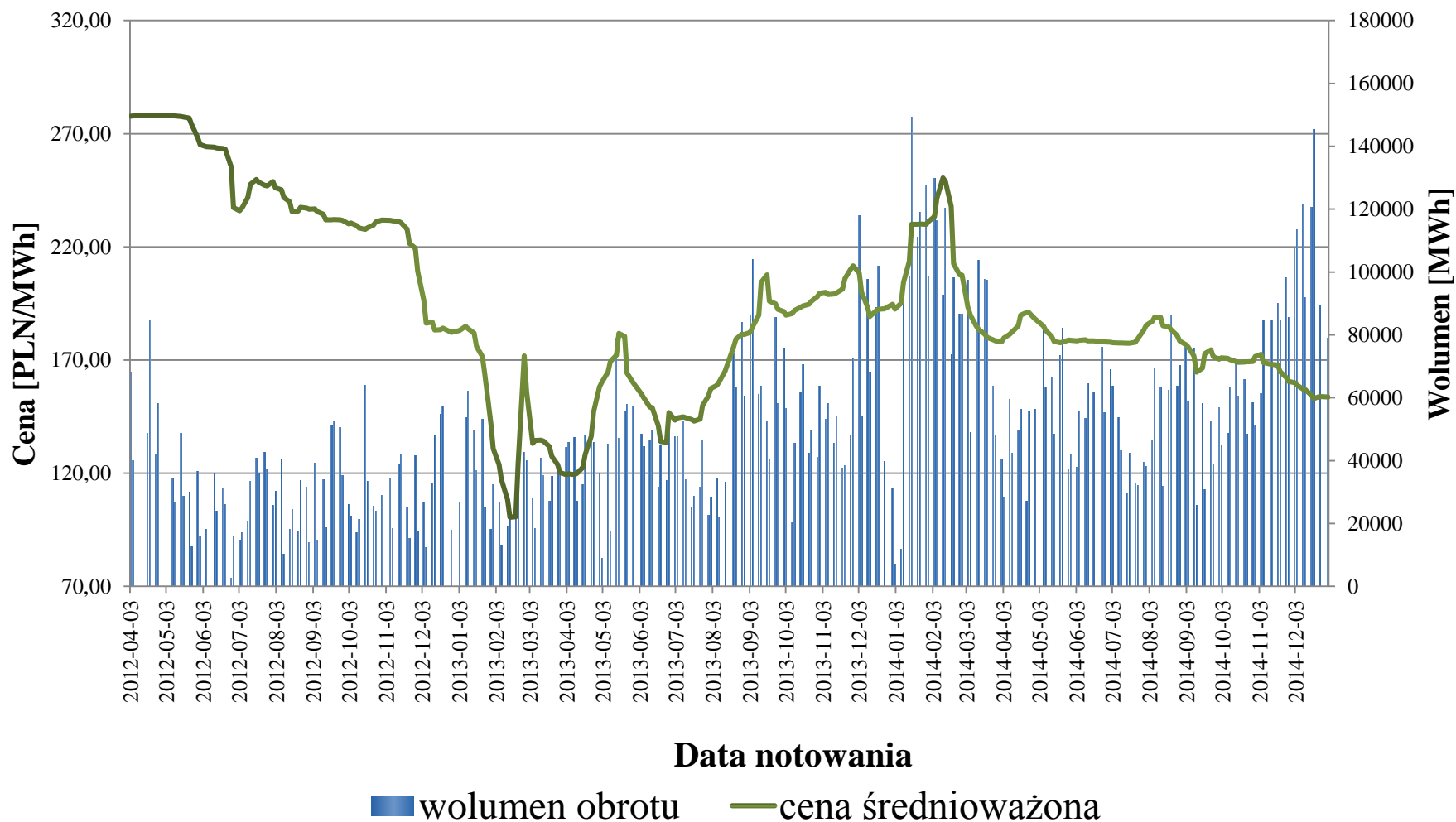
# Obowiązek zakupów PMOZE głównym mechanizmem wspierania rozwoju źródeł energii odnawialnej w Polsce.

**Zmiany obowiązkowego udziału PMOZE  
w dostawach energii elektrycznej sprzedawców  
do odbiorców końcowych  
w rozporządzeniach Ministra Gospodarki**

■ stan w 2008 [%] ■ stan w 2012 [%]



## Trendy cenowe świadectw pochodzenia energii ze źródeł odnawialnych obserwowane na TGE



## Analizowane wskaźniki Rynku Praw Majątkowych ze źródeł odnawialnych na Towarowej Giełdzie Energii

W celu przeprowadzenia analizy sytuacji na Rynku Praw Majątkowych, konieczne jest zastosowanie pewnych wskaźników umożliwiających porównywanie ilościowe i jakościowe kolejnych dni notowań sesyjnych.

Zastosowane na potrzeby niniejszego opracowania wskaźniki to:

- **cena otwarcia** – cena pierwszej transakcji zawartej podczas sesji giełdowej RPM na instrumencie PMOZE w PLN/MWh,
- **cena zamknięcia** – cena ostatniej transakcji zawartej podczas sesji giełdowej RPM na instrumencie PMOZE w PLN/MWh,
- **cena średnioważona wolumenem** – cena wyznaczona jako suma iloczynów cen i wolumenów wszystkich zawartych transakcji podzielona przez sumę wolumenów wszystkich transakcji zawartych podczas notowań sesyjnych RPM na instrumencie PMOZE w PLN/MWh,
- **cena fixingu** – cena wyznaczona przez giełdę w systemie kursu jednolitego na danej sesji RPM na instrumencie PMOZE w PLN/MWh,
- **łączny wolumen obrotu** – całkowita ilość praw majątkowych, którymi handlowano podczas trwania sesji giełdowej RPM w MWh.

Konieczność nabycia obowiązkowej liczby PMOZE w stosunku do wolumenu energii dostarczanej w danym roku do odbiorców końcowych w warunkach dużej zmienności cen tego instrumentu stwarza możliwość uzyskania dochodów z nabywania i sprzedawania PMOZE poprzez wykorzystanie skutecznej strategii przewidywania możliwych trendów cenowych tego instrumentu w czasie.

## Analizowane strategie obrotu świadectwami pochodzenia energii ze źródeł odnawialnych na Towarowej Giełdzie Energii

Strategie opracowane na potrzeby niniejszego opracowania polegają na kupnie pewnego wolumenu instrumentu PMOZE podczas notowań w systemie kursu jednolitego, a następnie sprzedaży dokładnie takiego samego wolumenu podczas notowań ciągłych lub odwrotnie – sprzedaży po kursie jednolitym i kupnie w trakcie notowań ciągłych.

Tworzenie strategii opierano na porównywaniu określonych wskaźników cenowych celem stwierdzenia występowania określonego trendu. Jako że trend może być opisany na wiele różnych sposobów z wykorzystaniem różnych wskaźników, starano się przygotować wiele strategii a następnie ich skuteczność poddać weryfikacji.

Wykorzystywano następujące grupy strategii:

- **wzrostowe (W)**, w których dokonuje się transakcji kupna podczas notowań kursu jednolitego oraz sprzedaży w trakcie notowań ciągłych zakupionego wolumenu,
- **spadkowe (S)**, w których podczas notowań w kursie jednolitym sprzedaje się pewien wolumen PMOZE, następnie w trakcie notowań ciągłych kupuje się tę samą ilość,
- **mieszane (M)**, będące kombinacją poprzednich grup lub angażujące większą ilość wskaźników w celu wygenerowania sygnału.

## Działania na Rynku Praw Majątkowych w warunkach dużej zmienności cen PMOZE

W przedstawianej pracy podjęto próbę wskazania optymalnej strategii spośród grupy strategii zdefiniowanych dla uzyskania maksymalnego dochodu:

$$\sum_1^{l_a} L * (c_{2n} - c_{1n} - 0,7) = \max$$

gdzie :

$L$  – założona liczba PMOZE wynosząca 1000,

0,7 - jednostkowe koszty sumaryczne zakupu i sprzedaży wynoszących (2x0,35zł)/PMOZE

$c_{1n}$  – cena [zł/MWh] PMOZE pierwszej transakcji strategii,

$c_{2n}$  – cena [zł/MWh] PMOZE drugiej odwrotnej transakcji strategii,

$l_a$  - liczba par transakcji w roku, dla których spełnione były ograniczenia nierównościowe dotyczące różnic w wartościach wskaźników dla wcześniejszych notowań PMOZE, powodujące uruchomienie transakcji dla określonej strategii na danej sesji „n”:

$$C_{x(n-i)} - C_{y(n-j)} > V < k .$$

Ograniczenia nierównościowe, generujące sygnały do uruchomienia transakcji, określały poszczególne strategie w zależności od wyboru wskaźników, których wartości sprawdzano ( $x, y$  - cena otwarcia, zamknięcia, średnia) a także od znaku oraz wartości różnicy tych wskaźników dla określonych wcześniejszych notowań ( $n-i$ ) oraz ( $n-j$ ) charakterystycznych dla sformułowanych strategii.

## Najbardziej efektywne strategie obrotu świadectwami pochodzenia energii ze źródeł odnawialnych na TGE

Każdą ze strategii określa pewien sygnał, którego wystąpienie dla rozważanych wskaźników, jest warunkiem podjęcia wspomnianych wyżej działań kupna i sprzedaży instrumentu PMOZE na sesji następującej po jego wystąpieniu. Rozważane wskaźniki dotyczyły maksymalnie 4 sesji wstecz. Wybrane, spośród 35 analizowanych, najlepsze strategie zostały zdefiniowane następująco:

**W4 – trend wzrostowy 2-sesyjny**, wyznaczony z następującej zależności:

$$C_{sr(n-1)} - C_{sr(n-2)} > 0, \quad (1)$$

**W7 – trend wzrostowy „intraday” z 1 sesji**, wyznaczony jako:

$$C_{z(n-1)} - C_{o(n-1)} > 0, \quad (2)$$

**S7 – trend spadkowy „intraday” z 1 sesji**, wyznaczony jako:

$$C_{z(n-1)} - C_{o(n-1)} < 0, \quad (3)$$

**M1 – trend wzrostowy lub spadkowy „intraday”**, określony jako:

$$(C_{z(n-1)} - C_{o(n-1)} > 0) \vee (C_{z(n-1)} - C_{o(n-1)} < 0), \quad (4)$$

**M2 – trend wzrostowy lub spadkowy 2-sesyjny**, określony jako:

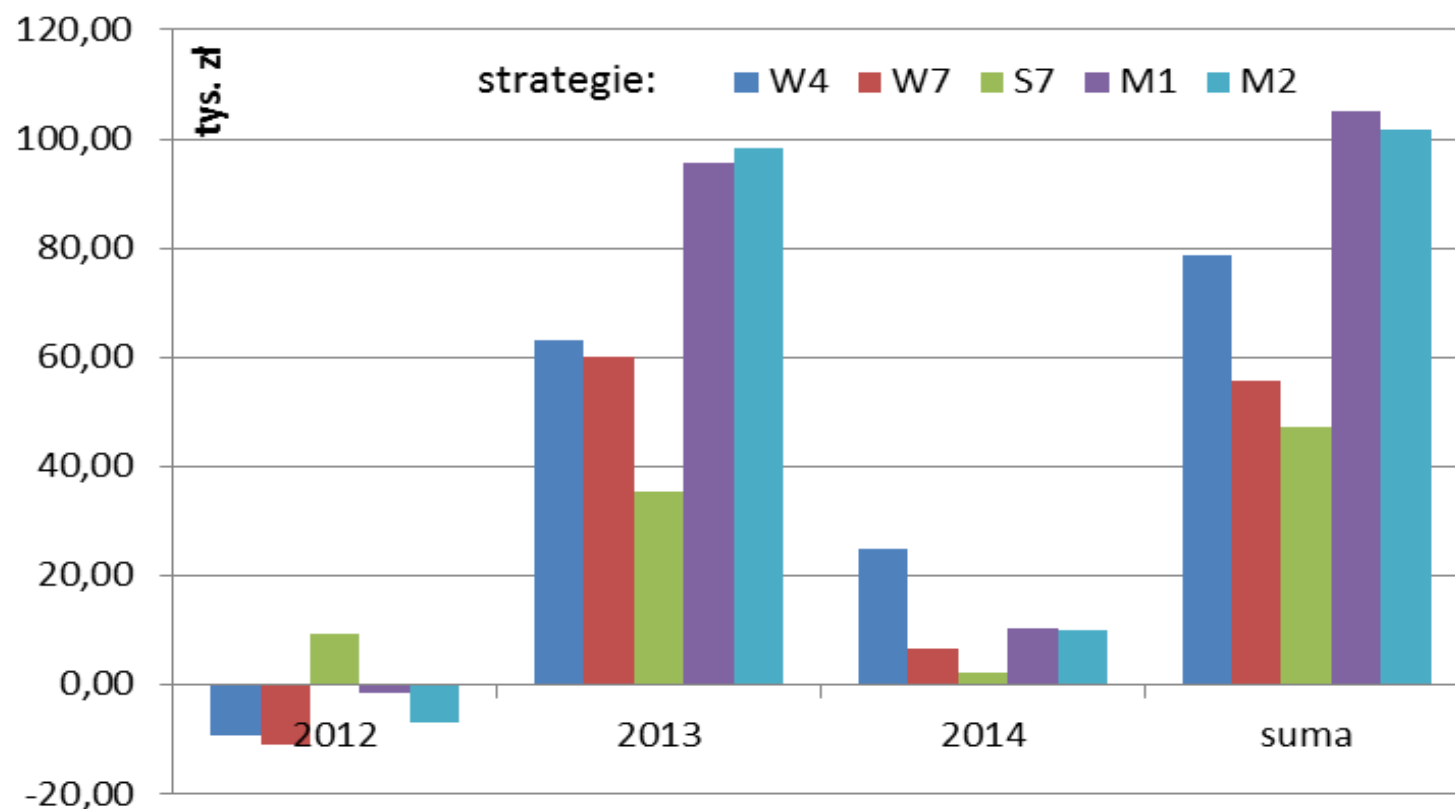
$$(C_{sr(n-1)} - C_{sr(n-2)} > 0) \vee (C_{sr(n-1)} - C_{sr(n-2)} < 0). \quad (5)$$

Symbole użyte w powyższych zależnościach oznaczają: **n** – sesja giełdowa, na której odbywa się obrót instrumentem PMOZE, **C<sub>sr</sub>** – cena średnioważona wolumenem, **C<sub>z</sub>** – cena zamknięcia, **C<sub>o</sub>** – cena otwarcia.



## Sprawdzenie skuteczności analizowanych strategii

Sprawdzenie skuteczności opisanych strategii jest możliwe poprzez tak zwane testowanie wsteczne (ang. backtesting), które polega na przetestowaniu każdej z nich na rzeczywistych danych dotyczących zawartych transakcji giełdowych i odjęciu jednostkowych sumarycznych kosztów zakupu i sprzedaży wynoszących  $(2 \times 0,35 \text{ zł})/\text{PMOZE}$ .



*Zestawienie salda wszystkich wykonanych transakcji na instrumencie PMOZE dla poszczególnych strategii w analizowanym okresie czasu dla wolumenu obrotu 1000 MWh*

## Optymalizacja wybranych strategii

Optymalizacja polegała na wprowadzeniu do sygnałów określających poszczególne strategie współczynnika  $k$  charakteryzującego siłę trendu, który posłużył jako sygnał.

Poszczególne optymalizowane strategie będą więc definiowane następująco:

$$\mathbf{W4} \quad C_{\dot{s}r(n-1)} - C_{\dot{s}r(n-2)} > k, \quad (8)$$

$$\mathbf{W7} \quad C_{z(n-1)} - C_{o(n-1)} > k, \quad (9)$$

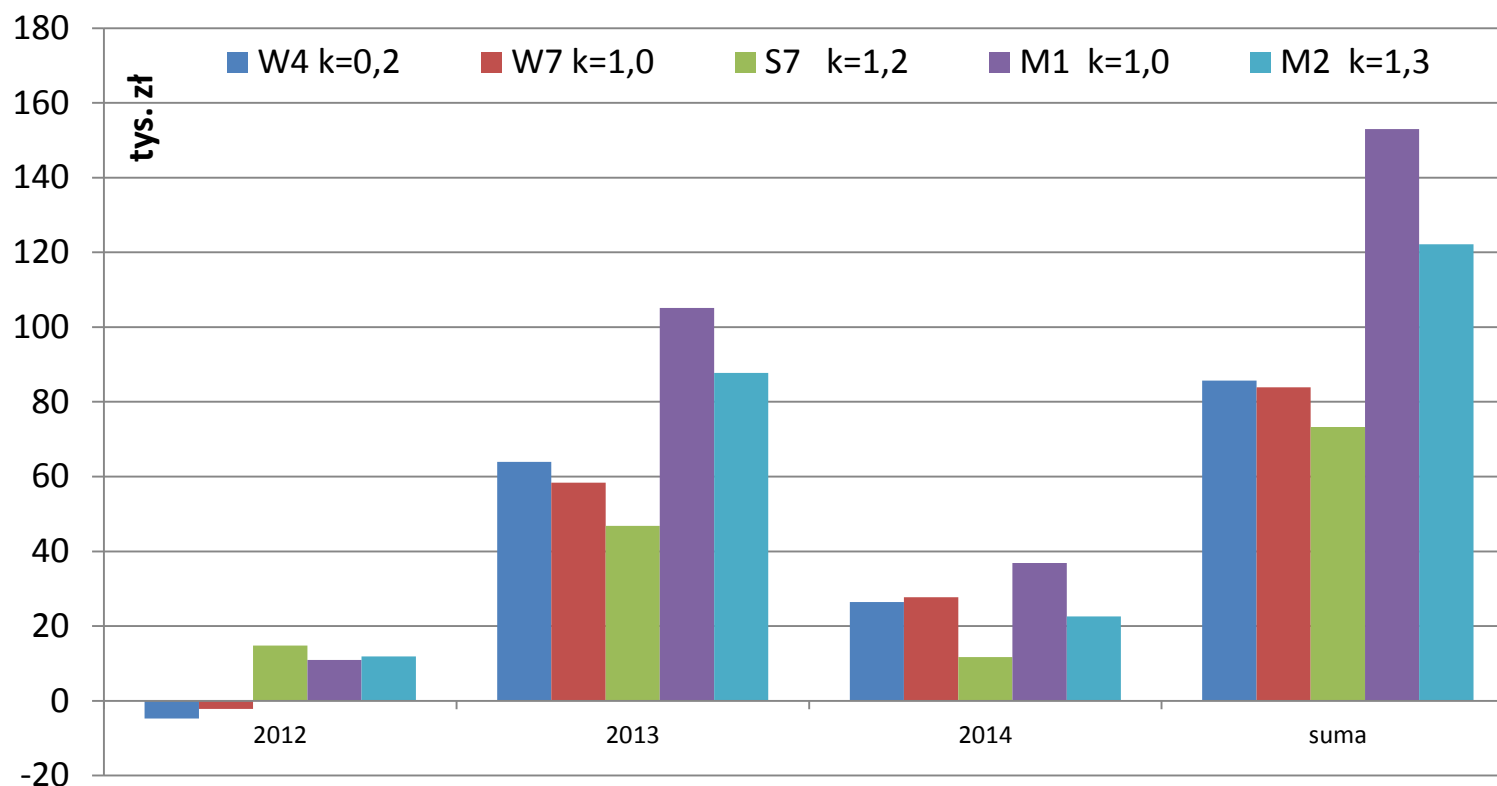
$$\mathbf{S7} \quad C_{z(n-1)} - C_{o(n-1)} < -k, \quad (10)$$

$$\mathbf{M1} \quad \left( C_{z(n-1)} - C_{o(n-1)} > k \right) \vee \left( C_{z(n-1)} - C_{o(n-1)} < -k \right), \quad (11)$$

$$\mathbf{M2} \quad \left( C_{\dot{s}r(n-1)} - C_{\dot{s}r(n-2)} > k \right) \vee \left( C_{\dot{s}r(n-1)} - C_{\dot{s}r(n-2)} < -k \right). \quad (12)$$

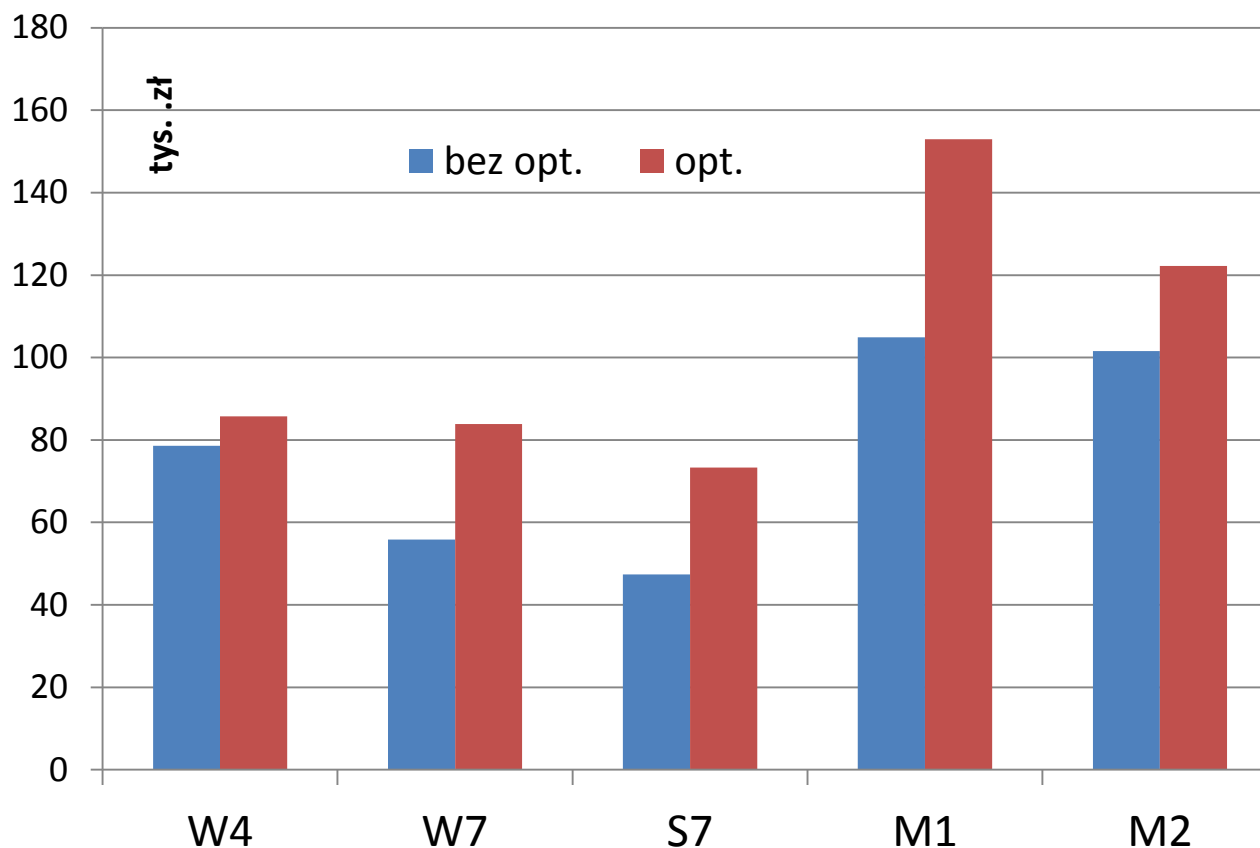
## Wyniki optymalizacji wybranych strategii

Dla każdej z optymalizowanych strategii przeprowadzone zostały te same obliczenia co w poprzednim punkcie opracowania dla wartości współczynnika  $k$  od 0,1 do 2 ze skokiem 0,1. Na tej podstawie uzyskano poniższe wyniki:



*Zestawienie salda wszystkich wykonanych transakcji na instrumencie PMOZE dla poszczególnych optymalizowanych strategii przy najkorzystniejszych  $k$  w analizowanym okresie czasu dla wolumenu obrotu 1000 MWh*

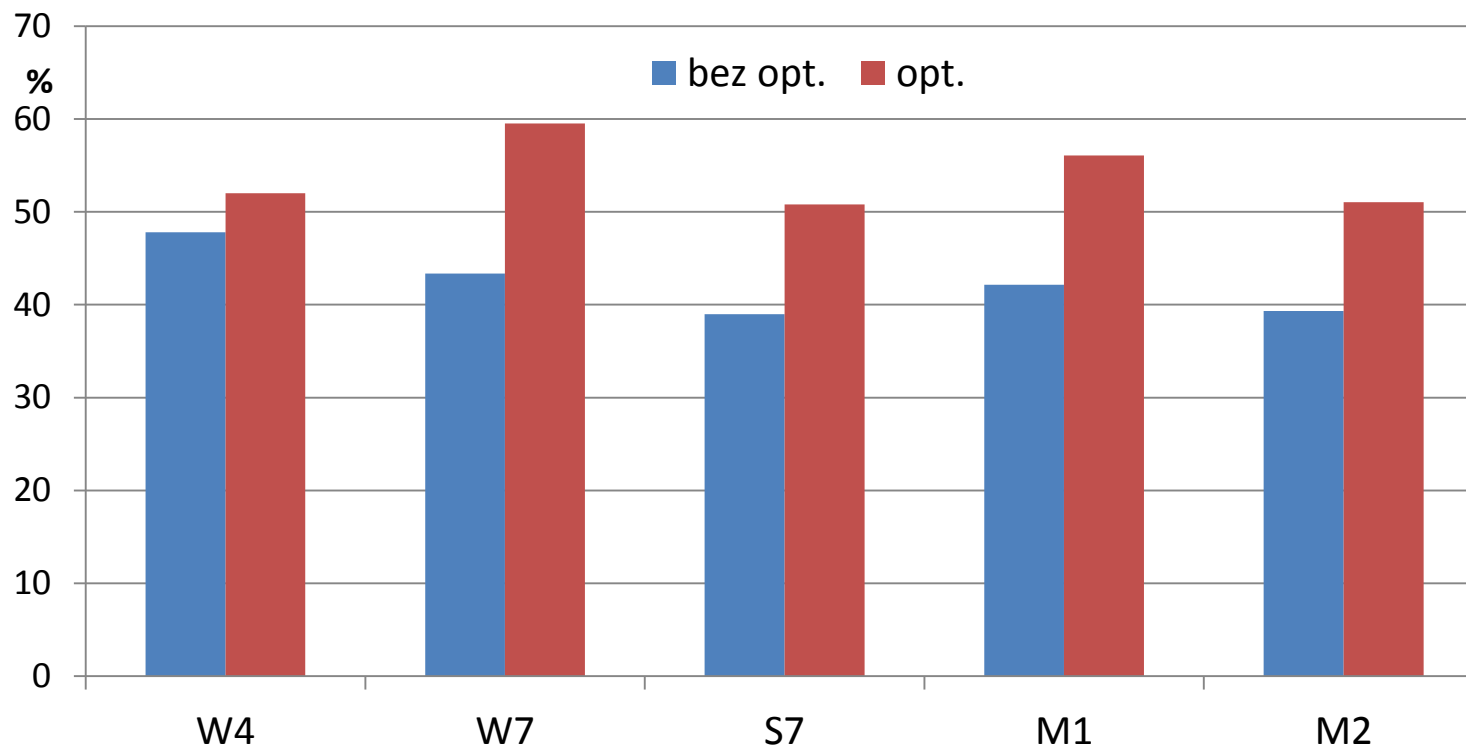
## Sumaryczne korzyści osiągnięte dzięki optymalizacji



*Porównanie salda wszystkich wykonanych transakcji na instrumencie PMOZE dla poszczególnych strategii bez optymalizacji oraz przy zastosowaniu optymalizacji dla najkorzystniejszych „k” w analizowanym okresie czasu dla wolumenu obrotu 1000 MWh*

## Trafności dla poszczególnych strategii, podczas których wykonany był obrót na instrumencie PMOZE w analizowanym okresie czasu

Zostały ponadto policzone sesje, podczas których dla poszczególnych strategii odbywał się obrót świadectwami pochodzenia oraz trafność określona jako stosunek liczby sesji, na których handel gwarantował dodatnie saldo do liczby wszystkich sesji, na których obrót miał miejsce.



*Trafności w [%] liczby sesji dla poszczególnych strategii w stosunku do liczby sesji, podczas których wykonany był obrót na instrumencie PMOZE w analizowanym okresie czasu*

## Zmiany w systemie wspierania rozwoju OZE w Polsce

Według szacunków Ministerstwa Gospodarki zmiany w systemie wspierania OZE wprowadzane na mocy ustawy przyjętej w roku 2015 spowodują, iż w Polsce będzie mało wspierane OZE w ramach systemu świadectw pochodzenia łącznie od 13,4 TWh w roku 2015 do 6,4 TWh w roku 2020.

Nowa ustawa przewiduje ponadto szereg działań dla ustanowienia skutecznej stabilizacji cen praw majątkowych poprzez zmniejszenie podaży świadectw pochodzenia takich jak:

- ograniczenie ilości świadectw pochodzenia wydawanych za energię elektryczną wytworzoną w technologii spalania wielopaliwowego,
- brak wydawania świadectw pochodzenia dla energii elektrycznej wytworzonej w instalacji odnawialnego źródła energii z biogazu rolniczego, dla którego zostało wydane świadectwo pochodzenia biogazu rolniczego,
- likwidacja mechanizmów wsparcia dla elektrowni wodnych o zainstalowanej mocy elektrycznej powyżej 5 MW, które wytworzyły po raz pierwszy energię elektryczną przed wejściem w życie ustawy,
- braku możliwości wypełniania obowiązku poprzez uiszczanie opłaty zastępczej w sytuacji, gdy średnia ważona cena świadectw pochodzenia na TGE S.A. znajduje się poniżej 75% wartości opłaty zastępczej przez okres, co najmniej 3 miesięcy poprzedzających dzień złożenia wniosku o umorzenie świadectw pochodzenia.

## Podsumowanie

Analiza strategii zakupu świadectw pochodzenia i ich optymalizacja pozwala na sformułowanie poniższych wniosków.

- Możliwe jest wykorzystanie handlu prawami majątkowymi jako narzędzia inwestycyjnego, mającego przynosić zyski uczestnikowi rynku, poprzez realizowanie odpowiednich strategii obrotu tymi instrumentami.
- Zastosowanie optymalizacji opracowanych strategii umożliwia zwiększenie potencjalnego zysku inwestora nawet do 50% w stosunku do strategii bazowej oraz poprawę skuteczności stosowanej strategii.
- Dla realizacji strategii, w przypadku których możliwe są do osiągnięcia największe zyski, wymagana jest większa aktywność w handlu na giełdzie, co z kolei może się wiązać z koniecznością poniesienia na ten cel większych nakładów czasowych przez osoby zaangażowane w stosowanie strategii w obrocie rynkowym.
- Należy zwrócić uwagę na to, że podczas rzeczywistych notowań zarówno cena zawarcia transakcji w systemie notowań ciągłych, jak i kurs jednolity wyznaczony przez system giełdy mogłyby się od tych wskaźników nieco różnić na skutek pojawienia się dodatkowej oferty w systemie kursu jednolitego. Nie ma pewności, że nastąpi zawarcie transakcji w systemie kursu jednolitego w przypadku ustawienia nieodpowiedniego limitu ceny w zleceniu złożonym w tym trybie. Dlatego wyniki należy traktować jako wskaźnik możliwości uzyskania zysku lub straty.
- Zmiany w systemie wsparcia OZE planowane do wprowadzenia mogą nadal owocować wahaniami ich cen mimo zakładanych mechanizmów stabilizujących.



Dziękuję za uwagę