



### Alicja Ganczarek-Gamrot

Uniwersytet Ekonomiczny  
Wydział Informatyki i Komunikacji  
Katedra Demografii i Statystyki Ekonomicznej  
alicja.ganczarek-gamrot@ue.katowice.pl

## OBSERWACJE ODSTAJĄCE NA RYNKU ENERGII ELEKTRYCZNEJ

**Streszczenie:** W pracy została przeprowadzona charakterystyka szeregów cen energii elektrycznej pod względem obserwacji, odstających na Polskiej Towarowej Gieldzie Energii (TGE). Do analizy zostały wykorzystane szeregi czasowe o dziennej częstotliwości indeksów IRDN, SIRDN, offIRDN, POLPXbase oraz POLPXpeak. Na podstawie wyników estymacji modelu ARIMA zostały zidentyfikowane obserwacje odstające: addytywne (AO), innowacyjne (IO), przesunięcie poziomu (LS) oraz tymczasowe zmiany (TC).

**Słowa kluczowe:** rynek energii elektrycznej, szeregi czasowe, obserwacje odstające.

### Wprowadzenie

Energia elektryczna jest niezbędna do prawidłowego funkcjonowania społeczeństwa, rozwoju gospodarki oraz kraju. Z roku na rok zapotrzebowanie na energię elektryczną rośnie, wzrasta również znaczenie bezpieczeństwa energetycznego poszczególnych państw. W ramach zabezpieczenia się przed przerwami w dostawach prądu (*blackout*) powstało wiele połączeń transgranicznych pomiędzy krajami tzw. *Market Coupling* – MC<sup>1</sup>. Aby współpraca w zakresie bilansowania systemu energetycznego była możliwa, obszary podlegające połączeniom musiały zestandaryzować swoje oferty kupna i sprzedaży. W ten sposób w krajach europejskich powstawały kolejno giełdy energii elektrycznej [Ganczarek-Gamrot, 2013]. Polska TGE prowadzi handel energią elektryczną od lipca 2000 r. Obecnie posiada zdolności przesyłowe ze szwedzką oraz litewską

<sup>1</sup> Market Coupling – MC – Łączenie Rynków, to mechanizm łączenia rynków/obszarów działania giełd, w którym wykorzystywany jest wspólny algorytm kalkulacji cen z bazą TSO; zapewniają dane w zakresie zdolności przesyłowych między obszarami rynków [www 2].

giełdą energii, prowadzi handel towarowy energią elektryczną, gazem, prawami majątkowymi, uprawnieniami do emisji dwutlenku węgla oraz instrumentami finansowymi. Bogata oferta zestandaryzowanych produktów na TGE sprawia, że ciężar konkurencyjności giełdy w głównej mierze spoczywa na cenach oferowanych produktów. Cena energii elektrycznej ma zatem duże znaczenie zarówno w obrocie krajowym, jak i międzynarodowym. Znajomość cen energii elektrycznej, a przede wszystkim przewidywalność poziomów cen może być pomocna w podejmowaniu decyzji przy składaniu ofert kupna, a także sprzedaży na TGE.

Wyniki analizy cen energii elektrycznej w pracach A. Ganczarek-Gamrot [2013] pokazały, że charakteryzują się one m.in. cyklicznością, autokorelacją, bardzo dużą zmiennością. Ponadto, prace m.in. C. Chen i L.M. Liu [1993], S. Heilperna [1999a, 1999b], G. Trzpiot [2013], C. Becker, R. Frieda i S. Kuhnt [2013] pokazały, iż uwzględnienie wartości odstających w analizach regresyjnych oraz szeregach czasowych ma znaczenie. W związku z czym, w niniejszej pracy podjęto próbę wykrycia oraz scharakteryzowania obserwacji, odstających w szeregach czasowych cen energii elektrycznej z TGE.

## 1. Obserwacje odstające w szeregach czasowych

Zarówno w badaniach wielowymiarowych zależności, jak i relacji pomiędzy zmiennymi, obserwacje odstające wykrywane są w oparciu o estymację modeli regresji [Majewska, 2015]. Dla szeregów czasowych obserwacje odstające w czasie wykrywane są za pomocą modeli szeregów czasowych [Becker, Fried, Kuhnt, 2013]. W niniejszym opracowaniu skupiono się na procedurze C. Chen i L.M. Liu [1993; Trzpiot, Majewska, 2016], wykorzystującej sezonowy model ARIMA, który dobrze opisuje kształtowanie się cen na rynku energii elektrycznej.

Proces  $Y_t$  ARIMA(p, d, q) (ang. *Auto-Regressive Integrated Moving Average*), można zapisać [Box, Jenkins, 1983]:

$$\nabla^d Y_t = \mu + \sum_{i=1}^p \phi_i \nabla^d Y_{t-i} + \varepsilon_t - \sum_{j=1}^q \theta_j \varepsilon_{t-j} \quad (1)$$

lub równoważnie:

$$\phi(B) \nabla^d Y_t = \theta(B) \varepsilon_t \quad (2)$$

gdzie:

$\mu, \phi_i, \theta_j$  – parametry modelu

$\varepsilon_t \sim N(0, \sigma)$  – biały szum

p – rząd modelu części autoregresyjnej

p – rząd modelu części średniej ruchomej.

Dla szeregów czasowych z okresowością wykorzystywane są modele SARIMA (*Seasonal Auto-Regressive Integrated Moving Average*) (p, d, q) × (P, D, Q) [Brockwell, Davis, 1996]:

$$\nabla_s^d Y_t = (1 - B)^d (1 - B^s)^D Y_t \quad (3)$$

równoważnie

$$\phi(B)\Phi(B^s)\nabla_s^d Y_t = \theta(B)\Theta(B^s)\varepsilon_t \quad (4)$$

gdzie:

$\varepsilon_t \sim N(0, \sigma)$  – biały szum

$$\phi(B) = 1 - \sum_{i=1}^p \phi_i B^i, \quad \Phi(B) = 1 - \sum_{i=1}^P \Phi_i B^i$$

$$\theta(B) = 1 - \sum_{i=1}^q \theta_i B^i, \quad \Theta(B) = 1 - \sum_{i=1}^Q \Theta_i B^i$$

B – operator przesunięcia

$\phi_i$  – parametry części autoregresyjnej

$\Phi_i$  – parametr sezonowy części autoregresyjnej

$\theta_i$  – parametry części średniej ruchomej

$\Theta_i$  – parametr sezonowy części średniej ruchomej

s – opóźnienie sezonowe

d – rząd integracji procesu eliminujący trend stochastyczny

D – sezonowy rząd integracji procesu

p – rząd części autoregresyjnej modelu

P – rząd sezonowej części autoregresyjnej modelu

q – rząd części średniej ruchomej modelu

Q – rząd sezonowej części średniej ruchomej modelu.

Stosując zautomatyzowaną procedurę L. Chen i L.M. Liu [1993] w oparciu o estymację modelu autoregresyjnego, obserwowany szereg traktowany jest jako kombinacja wartości odstających:

$$y_t^* = \sum_{j=1}^k \xi_j(B) \omega_j I_t^{(r_j)} + Y_t \quad (5)$$

gdzie

$y_t^*$  – obserwowane wartości szeregu czasowego w okresie  $t$

$Y_t$  – proces SARIMA

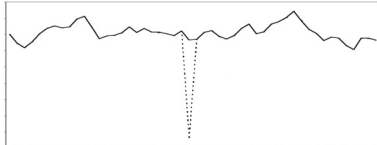
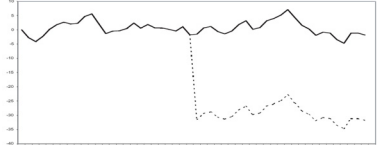
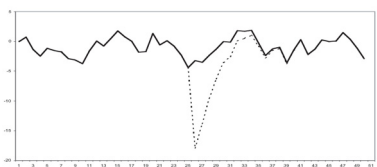
$\omega_j$  – udział wartości odstającej w kształtowaniu się wartości  $y_t^*$  w czasie  $t = r_j$

$I_t^{(r_j)}$  – zmienna zerojedynkowa przyjmująca wartość 1 dla  $t = r_j$


$\xi_j(B)$  – funkcja opisująca wpływ wartości odstającej na zmiany szeregu czasowego w czasie  $t = r_j$ .

W tab. 1 zamieszczono przykładowe funkcje opisujące wpływ wartości odstających na zmiany szeregu czasowego wykorzystane przez L. Chen i L.M. Liu [1993].

**Tabela 1.** Funkcje opisujące wpływ wartości odstającej na zmiany szeregu czasowego

Typ funkcji 1	Ilustracja funkcji 2
AO: obserwacje o charakterze jednorazowym $\xi_j(B) = 1$	
LS: obserwacje o charakterze długotrwałym $\xi_j(B) = 1/(1 - B)$	
TC: obserwacje o charakterze przejściowym $\xi_j(B) = 1/(1 - \delta B) \quad 0 < \delta < 1$	

cd. tabeli 1

1	2
IO obserwacje o charakterze innowacyjnym $\theta(B) / \phi(B)$	

Źródło: [Charles, 2004; Kaiser, Maravall, 1999].

## 2. Obserwacje odstające na polskim rynku energii elektrycznej

Do analizy obserwacji odstających na polskim rynku energii elektrycznej wykorzystano szeregi czasowe z TGE notowane od 2 października 2014 r.<sup>2</sup> do 16 czerwca 2016 r. [www 1]. Dla szeregów wolumenu obrotu energią elektryczną, zastosowany algorytm [Chen, Liu, 1993] nie wykazał istotnych wartości odstających. Rozważane szeregi przepływów transgranicznych dla importu oraz eksportu energii elektrycznej na chwilę obecną nie są płynne, by można w dłuższym okresie badawczym przeprowadzić estymację parametrów modelu szeregów czasowych przepływów. Podobnie wygląda sytuacja dla kontraktów terminowych tygodniowych, miesięcznych oraz rocznych. W przypadku cen energii elektrycznej, notowanych w każdej godzinie doby, wykorzystana procedura nie osiągnęła zbieżności, najprawdopodobniej ze względu na dużą liczbę takich właśnie wartości. W tab. 2-6 oraz na rys. 1-5 zaprezentowano wyniki identyfikacji wartości odstających dla indeksów z TGE: IRDN, sIRDN, offIRDN, POLPXbase, POLPXpeak, notowanych każdego dnia od poniedziałku do soboty. Indeksy IRDN to średnia cena [PLN/MWh] ważona wolumenem, w szczególności IRDN – średnia cena ze wszystkich transakcji dla całej doby, sIRDN – średnia cena z transakcji zawartych w godzinach szczytowych, tzn. od 8 do 22 oraz offIRDN – średnia cena z transakcji poza szczytem (godziny od 23 do 7). Indeksy POLPX są wyznaczane analogicznie z tą różnicą, iż są notowane w [EUR/MWh], stąd wartości tych indeksów są dodatkowo uzależnione od aktualnego kursu EUR [www 2].

<sup>2</sup> Data zmiany harmonogramu notowań kontraktów na TGE.

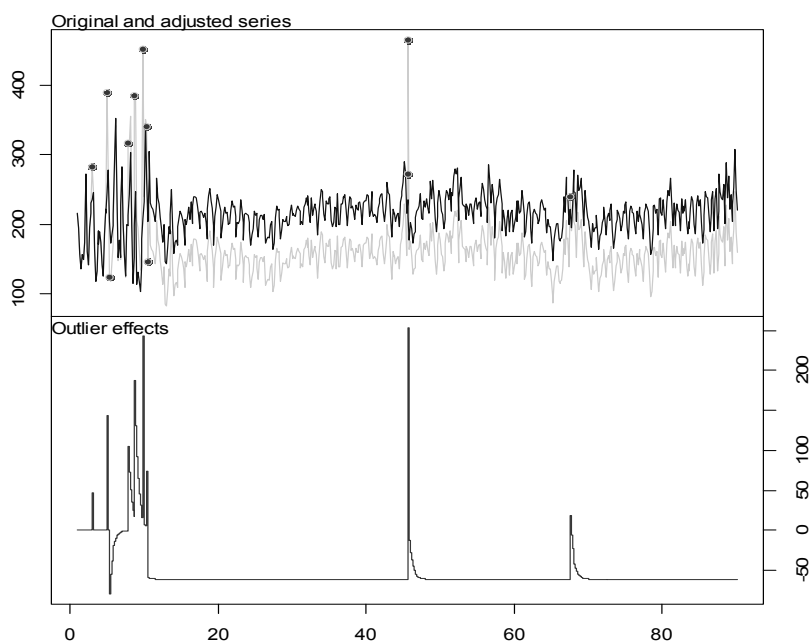
Badane indeksy charakteryzują się wyraźną cyklicznością oraz brakiem trendu. Wartości indeksu IRDN w badanym okresie zachowują się jak proces autoregresji i średniej ruchomej z sezonowością, ponadto można zidentyfikować 11 nietypowych wartości tego indeksu, statystycznie istotnych. Większość z nich została zidentyfikowana na początku badanego okresu – na przełomie października/grudnia 2014 r., dwie wartości przypadają na bardzo gorące dni sierpnia 2015 r., a ostatnia wartość na początek bieżącego roku (tab. 2).

**Tabela 2.** Wyniki estymacji modelu SARIMA (2,0,1)(2,0,1) s = 7 z identyfikacją wartości odstających dla szeregi IRDN

Parametry	Oceny	Błąd standardowy	Data	Dzień tygodnia
$\phi_1$	0.1791	0.0914	2.10.2014-16.06.2016 czwartek-czwartek	
$\phi_2$	0.2566	0.0590		
$\theta_1$	0.4683	0.0921		
$\Phi_1$	1.0158	0.0501		
$\Phi_2$	-0.0525	0.0459		
$\Theta_1$	-0.8630	0.0304		
$\mu$	222.5389	17.2135		
AO 15	47.3415	9.0062	16.10.2014	czwartek
AO 29	144.2423	16.4730	30.10.2014	czwartek
TC 31	-78.9919	19.1841	1.11.2014	sobota
TC 49	104.8578	19.4460	19.11.2014	środa
TC 55	175.4101	20.3163	25.11.2014	wtorek
AO 63	232.7131	16.4652	3.12.2014	środa
AO 66	70.6212	17.5273	6.12.2014	sobota
LS 67	-61.0676	12.6134	7.12.2014	niedziela
TC 313	98.0242	18.8823	10.08.2015	poniedziałek
AO 314	246.1519	15.8185	11.08.2015	wtorek
TC 467	79.3505	19.1127	11.01.2016	poniedziałek

Źródło: Na podstawie danych z [www.tge.pl](http://www.tge.pl) oraz procedury *tsoutliers* L. Chen i L.M. Liu [1993].

Zidentyfikowane obserwacje, odstające w większości przypadków zostały określone jako odchylenia jednorazowe (AO – 5 przypadków) lub odchylenia o charakterze przejściowym (TU – 5 przypadków). W badanym okresie odnotowano tylko jedną obserwację odstającą o charakterze długookresowym (LS), przypadającą w niedzielę 7 grudnia 2014 r.



**Rys. 1.** Empiryczne i teoretyczne wartości IRDN oraz wpływ wartości odstających na wartości szeregu

Szereg sIRDN w badanym okresie zmienia się przede wszystkim cyklicznie. Dla godzin szczytowych odnotowano więcej wartości odstających (16) niż w przypadku całego dnia. Podobnie jak dla IRDN, większość wartości odstających została zidentyfikowana pod koniec roku 2014, w sierpniu 2015 r. oraz pojedyncze wartości 26.10.2015 r., 11.01.2016 r., 15.06.2016 r. (tab. 3). Większość z obserwacji odstających nie miała wpływu na dalsze kształtowanie się indeksu (AO – 9 przypadków) lub oddziaływanie to było przejściowe (TU – 6 przypadków), jedynie wartości z 7 grudnia 2014 r. oddziaływały na kształtowanie się wartości indeksu sIRDN, podobnie jak w przypadku ogólnego indeksu IRDN.

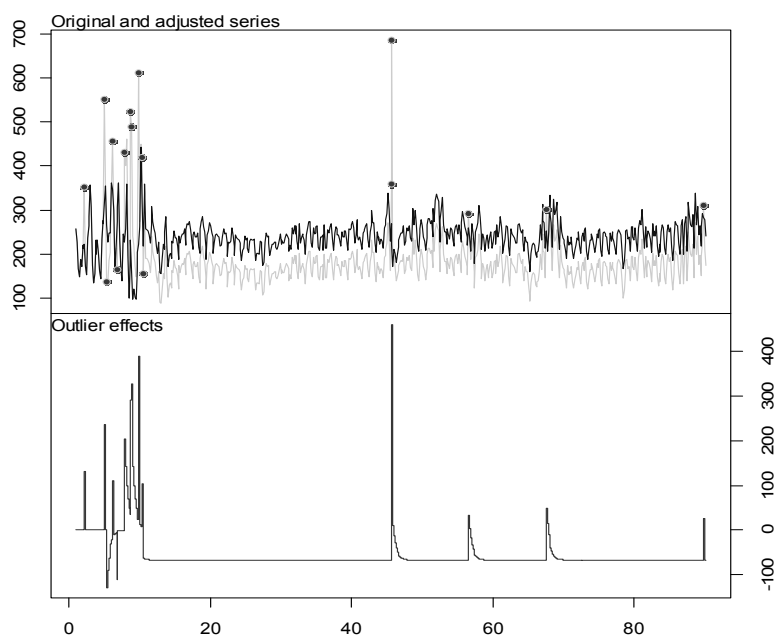
**Tabela 3.** Wyniki estymacji modelu SARIMA (1,0,0)(2,0,2) s = 7 z identyfikacją wartości odstających dla szeregu sIRDN

Parametry	Ocena	Średni błąd	Data	Dzień tygodnia
1	2	3	4	5
$\phi_1$	0.6369	0.0346	2.10.2014-16.06.2016 czwartek-czwartek	
$\Phi_1$	0.0817	0.1757		
$\Phi_2$	0.9000	0.1728		

cd. tabeli 3

1	2	3	4	5
$\Theta_1$	0.0475	0.1760		
$\Theta_2$	-0.8042	0.1482		
$\mu$	240.1934	23.1034		
AO9	130.1350	21.9696	10.10.2014	piątek
AO29	237.3418	21.9098	30.10.2014	czwartek
TC31	-128.6720	26.3161	1.11.2014	sobota
AO37	124.9717	22.4570	7.11.2014	piątek
AO41	-106.6827	21.3632	11.11.2014	wtorek
TC49	204.2856	25.1057	19.11.2014	środa
TC55	267.0915	26.1453	25.11.2014	wtorek
AO56	123.3235	21.4285	26.11.2014	środa
AO63	373.0201	21.2395	3.12.2014	czwartek
AO66	98.0773	22.3850	6.12.2014	sobota
LS67	-67.2412	13.3006	7.12.2014	niedziela
TC313	159.1090	24.8698	10.08.2015	poniedziałek
AO314	416.9174	20.9488	11.08.2015	wtorek
TC390	99.4293	24.7066	26.10.2015	poniedziałek
TC467	115.2260	24.7121	11.01.2016	wtorek
AO623	93.0726	21.4653	15.06.2016	środa

Źródło: Na podstawie danych ze strony [www.tge.pl](http://www.tge.pl) oraz procedury *tsoutliers* L. Chen i L.M. Liu [1993].



**Rys. 2.** Empiryczne i teoretyczne wartości sIRDN oraz wpływ wartości odstających na wartości szeregu

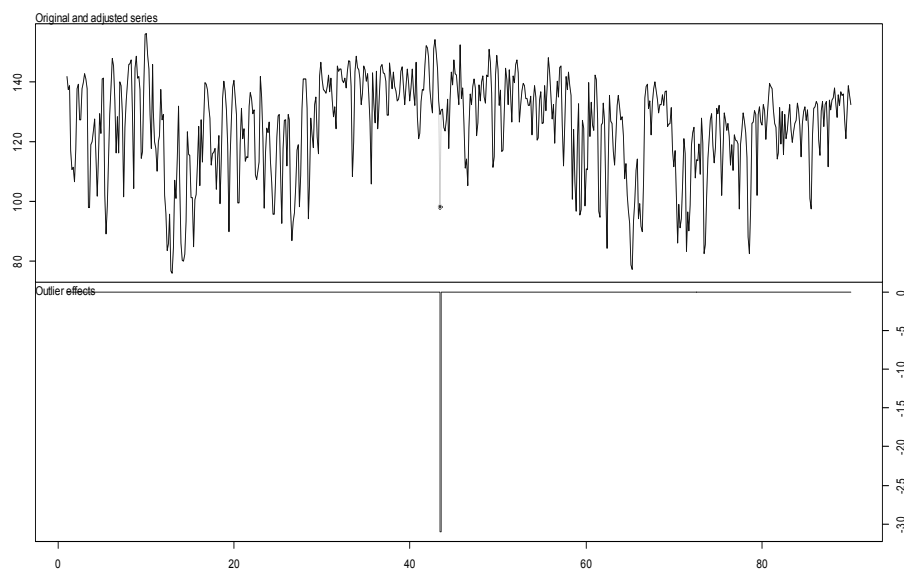


Wyniki indeksu offIRDN liczonego dla godzin dostawy poza szczytem (tab. 4) zachowują się jak sezonowy proces z autokorelacją i średnią ruchomą. Dla tego indeksu została zidentyfikowana tylko jedna obserwacja nietypowa, która nie miała wpływu na kształtowanie się kolejnych wartości indeksu, odnotowana w niedzielę 26.07.2015 r.

**Tabela 4.** Wyniki estymacji modelu SARIMA (1,1,2)(2,0,2) s = 7 z identyfikacją wartości odstających dla szeregu offIRDN

Parametry	Ocena	Średni błąd	Data	Dzień tygodnia
$\phi_1$	0.6335	0.0538	2.10.2014-16.06.2016 czwartek-czwartek	
$\theta_1$	-0.8521	0.0654		
$\theta_2$	-0.1251	0.0575		
$\Phi_1$	0.246	0.074		
$\Phi_2$	0.6753	0.0705		
$\Theta_1$	-0.1066	0.0944		
$\Theta_2$	-0.5451	0.0797		
AO 298	-31.0360	7.2056	26.07.2015	niedziela

Źródło: Na podstawie danych ze strony [www.tge.pl](http://www.tge.pl) oraz procedury *tsoutliers* L. Chen i L.M. Liu [1993].



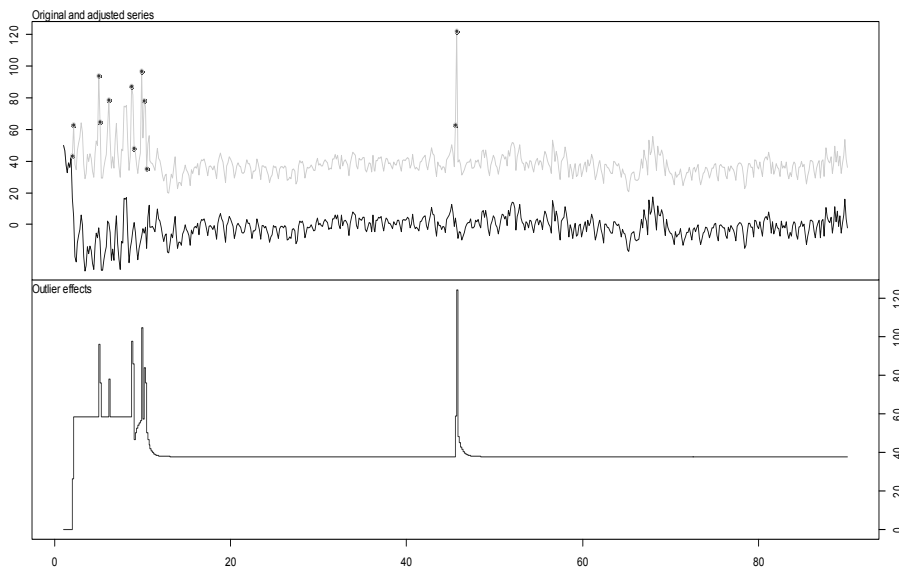
**Rys. 3.** Empiryczne i teoretyczne wartości offIRDN oraz wpływ wartości odstających na wartości szeregu

Wyniki indeksu, opisującego średnią cenę energii elektrycznej w całej dobie mierzonej w [EUR/MWh] POLPXbase (tab. 5) są zbliżone do wyników dla indeksu IRDN mierzonego w [PLN/MWh] (tab. 2) z drobnymi przesunięciami w czasie, zidentyfikowanych wartości odstających. Tu odnotowano 12 obserwacji odstających, z czego sześć to obserwacje o charakterze jednorazowym (AO), cztery z krótkim okresem oddziaływania na wartości rynkowe (TU), dwie o charakterze długookresowym (LS), odnotowanymi w piątek 10 października 2014 r. oraz w niedzielę 7 grudnia 2014 r.

**Tabela 5.** Wyniki estymacji modelu SARIMA (1,0,0)(2,0,1) s = 7 z identyfikacją wartości odstających dla szeregu POLPXbase

Parametry	Ocena	Średni błąd	Data	Dzień tygodnia
$\phi_1$	0.6261	0.0330	2.10.2014-16.06.2016 czwartek-czwartek	
$\Phi_1$	1.0136	0.0365		
$\Phi_2$	-0.0889	0.0338		
$\Theta_1$	-0.7329	0.0377		
AO8	26.4812	5.7778	9.10.2014	czwartek
LS9	58.2698	3.5654	10.10.2014	piątek
AO29	37.6760	3.5733	30.10.2014	czwartek
AO30	17.5400	3.7063	31.10.2014	piątek
AO37	19.6509	3.3293	7.11.2014	piątek
TC55	39.2271	3.7750	25.11.2014	wtorek
TC57	-30.9546	3.8168	27.11.2014	czwartek
AO63	47.6211	3.2190	3.12.2014	środa
TC65	26.1612	3.8156	5.12.2014	piątek
LS67	-20.4418	3.0362	7.12.2014	niedziela
TC313	21.0751	3.7684	10.08.2015	poniedziałek
AO314	71.4772	3.1830	11.08.2015	wtorek

Źródło: Na podstawie danych ze strony [www.tge.pl](http://www.tge.pl) oraz procedury *tsoutliers* L. Chen i L.M. Liu [1993].



**Rys. 4.** Empiryczne i teoretyczne wartości POLPXbase oraz wpływ wartości odstających na wartości szeregu

Analogicznie, wyniki indeksu opisującego średnią cenę energii elektrycznej w godzinach szczytowych (8-22), mierzonych w [EUR/MWh] (POLPXpeak, tab. 5) są zbliżone do wyników indeksu mierzonego w [PLN/MWh] (sIRDN, tab. 3), różniąc się między sobą drobnymi przesunięciami w czasie zidentyfikowanych wartości odstających.

**Tabela 6.** Wyniki estymacji modelu SARIMA (2,0,1)(2,0,2) s = 7 z identyfikacją wartości odstających dla szeregu POLPXpeak

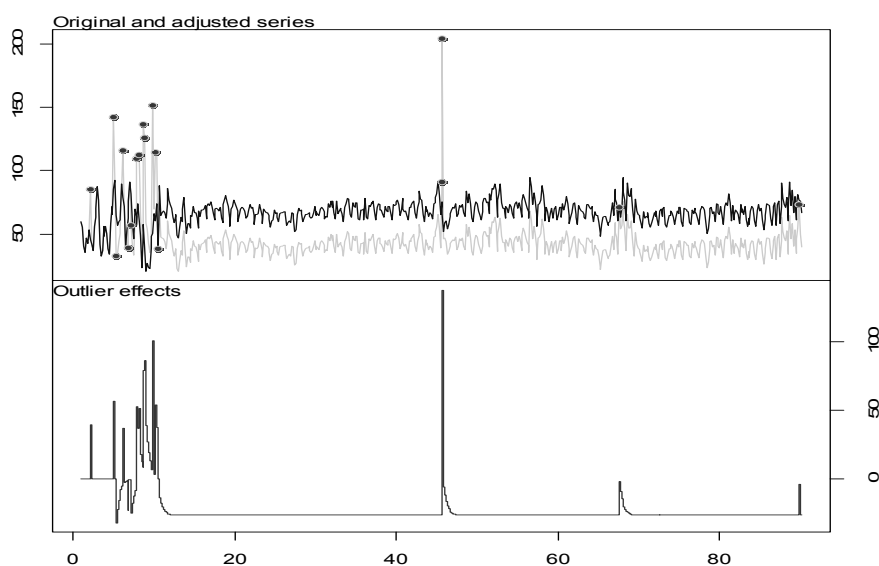
Parametry	Ocena	Średni błąd	Data	Dzień tygodnia
1	2	3	4	5
$\phi_1$	-0.3383	0.0356	2.10.2014-16.06.2016 czwartek-czwartek	
$\phi_2$	0.6007	0.0396		
$\theta_1$	0.9727	0.0108		
$\Phi_1$	0.3271	0.0898		
$\Phi_2$	0.6003	0.0842		
$\Theta_1$	-0.0664	0.0885		
$\Theta_2$	-0.5591	0.0662		
$\mu$	70.1279	6.2821		
AO9	39.3518	4.3860	10.10.2014	piątek

cd. tabeli 6

1	2	3	4	5
AO29	57.0056	4.9881	30.10.2014	czwartek
TC31	-31.8869	6.1533	1.11.2014	sobota
AO37	40.9224	5.3451	7.11.2014	piątek
AO41	-22.2047	5.1902	11.11.2014	wtorek
TC44	-24.6345	5.8233	14.11.2014	piątek
TC49	57.1309	5.8758	19.11.2014	środa
AO51	25.2596	5.0603	21.11.2014	piątek
TC55	72.6766	6.5188	25.11.2014	wtorek
AO56	31.3536	5.0761	26.11.2014	środa
AO63	96.5864	5.0070	3.12.2014	środa
TC65	51.9285	5.8369	5.12.2014	piątek
LS67	-26.4878	4.5553	7.12.2014	niedziela
TC313	42.2749	5.6354	10.08.2015	poniedziałek
AO314	134.7870	4.7772	10.08.2015	wtorek
TC467	24.7005	5.6087	11.01.2016	wtorek
AO623	22.9143	4.9516	15.06.2016	środa

Źródło: Na podstawie danych ze strony [www.tge.pl](http://www.tge.pl) oraz procedury *tsoutliers* L. Chen i L.M. Liu [1993].

Dla tego indeksu odnotowano 17 wartości odstających, z czego dziewięć o charakterze jednorazowym (AO), siedem oddziałujących na wartości indeksu w sposób przejściowy oraz jedną o charakterze długookresowym, odnotowaną w niedzielę 7 grudnia 2014 r.



**Rys. 5.** Empiryczne i teoretyczne wartości POLPXpeak oraz wpływ wartości odstających na wartości szeregu

## Podsumowanie

Podsumowując uzyskane wyniki dla wszystkich indeksów, można powiedzieć, że występowanie obserwacji odstających na rynku energii elektrycznej jest bezpośrednio powiązane ze wzrostem cen energii elektrycznej oraz wzrostem ryzyka jej zmiany. Okresy, w których obserwowane są istotne wartości nietypowe to okres jesienno-zimowy oraz upalne lato 2015 r., kiedy wzrosło zapotrzebowanie na energię elektryczną, a w wyniku czego również wzrosły ceny. W większości przypadków odnotowane obserwacje odstające mają charakter jednorazowy lub co najwyżej tymczasowy. W badanym okresie odnotowano dwie daty, w których zidentyfikowane wartości odstające w istotny sposób wpłynęły na zmiany wartości indeksów. Dla indeksów notowanych w [PLN] istotnie wartości zmieniły się od 7 grudnia 2014 r., co można tłumaczyć rozpoczęciem okresu świątecznego. Dla indeksu POLPX notowanego w [EUR], dodatkowo wykryta wartość odstająca o charakterze długookresowym 10 października 2014 r. może mieć związek ze spadkiem wartości [EUR] w tym okresie.

Warty odnotowania jest fakt, iż wzrost wolumenu obrotu w analogicznych okresach wzrostu zapotrzebowania na energię nie wyróżniały się w tak znacznym stopniu jak ceny, aby potraktować je jako istotne wartości odstające.

Porównując empiryczne szeregi czasowe (czarny szereg czasowy) z wartościami teoretycznymi modelu SARIMA, uwzględniającego wartości nietypowe (szary szereg czasowy) na rys. 1-5, pomimo pozytywnie zidentyfikowanych obserwacji odstających, można stwierdzić, że uzyskane w wyniku zastosowanej procedury estymacyjnej modele niedoszacowują przeciętnego poziomu cen energii elektrycznej w badanym okresie.

## Literatura

- Becker C., Fried R., Kuhnt S. (2013), *Robustness and Complex Data Structures*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Box G.E.P., Jenkins G.M. (1983), *Analiza szeregów czasowych*, PWN, Warszawa.
- Brockwell P.J., Davis R.A. (1996), *Introduction to Time Series and Forecasting*, Springer-Verlag, New York.
- Charles A. (2004), *Outliers and Portfolio Optimization*, "Banque & Marchés", No. 72, s. 44-51.
- Chen C., Liu L.M. (1993), *Joint Estimation of Model Parameters and Outlier Effects in Time Series*, "Journal of the American Statistical Association", No. 88, s. 284-297.

- Ganczarek-Gamrot A., (2013), *Metody stochastyczne w badaniach porównawczych wybranych rynków energii elektrycznej*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Katowice.
- Heilpern S., (1999), *Modele odporne* [w:] W. Ostasiewicz (red.), *Statystyczne metody analizy danych*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Wrocław.
- Kaiser R., Maravall A. (1999), *Seasonal Outliers in Time Series*, The Banco de Espana, Working Paper.
- Majewska J. (2015), *Identification of Multivariate Outliers – Problems and Challenges of Visualization Methods*, *Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach*, nr 247, s. 83-94.
- Trzpiot G. (red.) (2013), *Wybrane elementy statystyki odpornej*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Katowice.
- Trzpiot G., Majewska J. (2016), *Odporne metody statystyczne z programem R*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Katowice.
- [www 1] <https://wyniki.tge.pl/wyniki/archiwum> (dostęp: 16.06.2016).
- [www 2] <https://tge.pl/pl/258/market-coupling> (dostęp: 16.06.2016).

#### OUTLIERS ON ELECTRIC ENERGY MARKET

**Summary:** In the paper outlier observations within time series of prices of electric energy from Polish Power Exchange were characterized. Time series of indexes IRDN, sIRDN, offIRDN, POLPXbase and POLPXpeak with daily frequency were analyzed. Additive outliers (AO), innovative outliers (IO), level shifts (LS), temporary change (TC) were identified using seasonal linear models SARIMA.

**Keywords:** electric energy market, time series, outliers.