

Modelowanie i prognozowanie cen surowców energetycznych

Monika Papież
Sławomir Śmiech

Wydawnictwo C.H.Beck 

Modelowanie i prognozowanie cen surowców energetycznych

Autorzy:

Monika Papież – wstęp*, rozdziały: 2, 3.5, 4; 5, 7,
zakończenie*

Sławomir Śmiech – wstęp*, rozdziały: 1, 3.1–3.4, 6, 8,
zakończenie*

* współautorstwo

Modelowanie i prognozowanie cen surowców energetycznych

**Monika Papież
Sławomir Śmiech**



WYDAWNICTWO C.H.BECK
WARSZAWA 2015

[Kup książkę](#)

Wydawca: Dorota Ostrowska-Furmanek
Redakcja merytoryczna: Danuta Kamińska-Hass
Recenzenci: prof. dr hab. Tadeusz Kufel,
dr hab. Mateusz Pipień, prof. UEK w Krakowie
Projekt okładki i stron tytułowych: Maryna Wiśniewska
Ilustracja na okładce: © Mark Evans/iStockphoto.com

Seria: Metody ilościowe

Złożono programem $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$

Publikacja dofinansowana ze środków Narodowego Centrum Nauki
grant nr 2011/03/B/HS4/01134 pt. „Modelowanie i prognozowanie cen surowców
energetycznych w kontekście bezpieczeństwa energetycznego Polski i Europy”



© Wydawnictwo C.H.Beck 2015

Wydawnictwo C.H.Beck Sp. z o.o.
ul. Bonifraterska 17, 00-203 Warszawa

Skład i łamanie: Wydawnictwo C.H.Beck
Druk i oprawa: Totem, Inowrocław

ISBN 978-83-255-7668-4
 e-book 978-83-255-7669-1

[Kup książkę](#)

Spis treści

Wstęp (<i>M. Papież, S. Śmiech</i>)	9
Rozdział 1. Ekonomiczne teorie wyceny surowców energetycznych (<i>S. Śmiech</i>)	21
1.1. Wprowadzenie	21
1.2. Reguła Hotellinga	22
1.3. Premia za zapasy	25
1.4. Równowaga pomiędzy cenami spot i futures	27
Rozdział 2. Geopolityczne i ekonomiczne podstawy funkcjonowania rynku surowców energetycznych (<i>M. Papież</i>)	29
2.1. Uwagi wstępne	29
2.2. Podaż energii pierwotnej	31
2.3. Rynek ropy naftowej	34
2.3.1. Rezerwy i zasoby ropy naftowej	34
2.3.2. Wydobycie ropy naftowej	35
2.3.3. Handel ropą naftową	36
2.3.4. Ceny ropy naftowej	38
2.4. Rynek gazu ziemnego	39
2.4.1. Rezerwy i zasoby gazu ziemnego	39
2.4.2. Wydobycie gazu ziemnego	40
2.4.3. Handel gazem ziemnym	41
2.4.4. Ceny gazu ziemnego	43
2.5. Rynek węgla energetycznego	46
2.5.1. Rezerwy i zasoby węgla energetycznego	46
2.5.2. Produkcja węgla energetycznego	47
2.5.3. Handel węglem energetycznym	48
2.5.4. Ceny węgla energetycznego	51
Rozdział 3. Relacje pomiędzy cenami głównych surowców energetycznych (<i>M. Papież – 3.5, S. Śmiech – 3.1–3.4</i>)	53
3.1. Wprowadzenie	53
3.2. Przegląd literatury przedmiotu	54
3.2.1. Rynek ropy naftowej	54
3.2.2. Rynek węgla energetycznego	56
3.2.3. Rynek gazu ziemnego	57
3.2.4. Powiązania rynków ropy naftowej, węgla energetycznego i gazu ziemnego	59

3.3. Przyczynowość w średniej i w wariancji dla światowych cen węgla energetycznego	62
3.3.1. Uwagi wstępne	62
3.3.2. Test Honga w ocenie zależności przyczynowych w sensie Grangera	62
3.3.3. Ocena zależności przyczynowych w średniej i w wariancji dla cen węgla	64
3.4. Integracja międzynarodowego rynku węgla i ocena ról poszczególnych cen węgla energetycznego	72
3.4.1. Uwagi wstępne	72
3.4.2. Określenie liczby wspólnych trendów stochastycznych. Test słabej egzogeniczności	73
3.4.3. Ocena siły integracji międzynarodowego rynku węgla energetycznego i ról poszczególnych jego uczestników	75
3.5. Długookresowe i krótkookresowe relacje pomiędzy cenami surowców energetycznych na rynku europejskim	83
3.5.1. Uwagi wstępne	83
3.5.2. Ocena długookresowej i krótkookresowej zależności pomiędzy cenami surowców energetycznych na rynku europejskim	84
Rozdział 4. Relacje pomiędzy cenami surowców energetycznych a sferami realną i finansową gospodarki (M. Papież)	89
4.1. Wprowadzenie i przegląd literatury	89
4.2. Wpływ gospodarki strefy euro na światowe ceny surowców energetycznych	92
4.2.1. Uwagi wstępne	92
4.2.2. Strukturalny model wektorowej autoregresji	93
4.2.3. Ocena wpływu sfery realnej i sfery finansowej gospodarki strefy euro na światowe ceny surowców	95
Analiza strukturalna odpowiedzi impulsowej	97
Dekompozycja wariancji błędu prognozy	103
4.3. Zależności przyczynowe pomiędzy cenami surowców energetycznych a sferą finansową strefy euro	105
4.3.1. Uwagi wstępne	105
4.3.2. Procedura Toda–Yamamoto w ocenie zależności przyczynowych	105
Schemat rolowany	108
4.3.3. Ocena zależności przyczynowych pomiędzy cenami surowców energetycznych na rynku europejskim, kursem EUR/USD oraz indeksem DAX	108
Rozdział 5. Założenia do budowy i oceny krótkookresowych prognoz cen ropy naftowej (M. Papież)	114
5.1. Uwagi wstępne	114
5.2. Zmienna prognozowana	115
5.3. Rolowany i rekursywny schemat prognozowania	116
5.4. Metody oceny trafności prognoz	119
5.4.1. Mierniki trafności prognoz ex post	119
5.4.2. Test Diebolda–Mariano	123
5.4.3. Test Clarka–Westa	125

Rozdział 6. Prognozowanie ceny ropy naftowej za pomocą jednowymiarowych modeli szeregów czasowych (S. Śmiech)	127
6.1. Wprowadzenie	127
6.2. Przegląd modeli prognostycznych	129
6.2.1. Modele ARIMA	129
6.2.2. Modele wyrównywania wykładniczego	130
6.2.3. Autoregresyjne sztuczne sieci neuronowe	132
6.2.4. Autoregresyjne modele progowe	133
6.3. Ocena trafności prognoz ceny ropy naftowej otrzymanych na podstawie jednowymiarowych modeli szeregów czasowych	134
6.3.1. Ocena trafności prognoz w schemacie rolowanym	134
6.3.2. Ocena trafności prognoz w schemacie rekursywnym	137
Rozdział 7. Prognozowanie ceny ropy naftowej na podstawie wielowymiarowych modeli ekonometrycznych (M. Papiież)	140
7.1. Uwagi wstępne	140
7.2. Przegląd literatury przedmiotu	141
7.3. Charakterystyka zmiennych wykorzystanych w prognozowaniu ceny ropy naftowej	144
7.3.1. Zmienne makroekonomiczne opisujące realną sferę gospodarki	145
7.3.2. Zmienne opisujące finansową sferę gospodarki	149
7.3.3. Ceny surowców energetycznych	152
7.4. Modele ekonometryczne wykorzystane do prognozowania ceny ropy naftowej	153
7.4.1. Autoregresyjny model z rozkładem opóźnień $ARDL(p, q)$	153
7.4.2. Model wektorowej autoregresji $VAR(p)$	154
7.4.3. Modele wzorcowe w ocenie zdolności predykcyjnej	155
7.5. Ocena trafności prognoz ceny ropy naftowej wygenerowanych przez modele $ARDL$	156
7.5.1. Ocena trafności prognoz w schemacie rolowanym	159
7.5.2. Ocena trafności prognoz w schemacie rekursywnym	162
7.6. Ocena trafności prognoz ceny ropy naftowej dla modeli VAR	166
7.6.1. Dobór zmiennych w modelach VAR	166
7.6.2. Ocena trafności prognoz w schemacie rolowanym	168
7.6.3. Ocena trafności prognoz w schemacie rekursywnym	172
7.7. Uwagi końcowe	174
Rozdział 8. Prognozowanie ceny ropy naftowej metodami dla licznych zbiorów regresorów (S. Śmiech)	177
8.1. Wprowadzenie	177
8.2. Ocena trafności prognoz ceny ropy naftowej otrzymanych za pomocą dynamicznych modeli czynnikowych	179
8.2.1. Dynamiczny model czynnikowy	179
8.2.2. Ocena trafności prognoz w schemacie rolowanym	180
8.2.3. Ocena trafności prognoz w schemacie rekursywnym	181
8.3. Wyniki modeli VAR budowanych dla różnych podzbiorów regresorów	182
8.3.1. Wprowadzenie	182
8.3.2. Ocena trafności prognoz w schemacie rolowanym	184
8.3.3. Ocena trafności prognoz w schemacie rekursywnym	188

8.3.4. Porównanie rozkładów błędów prognoz dla schematu rolowanego i rekursywnego	191
8.3.5. Analiza prognoz i błędów prognoz dla najlepszych specyfikacji modeli	193
8.3.6. Najlepsze predyktory dla ceny ropy Brent w różnych okresach weryfikacji	195
8.4. Prognozy łączone	200
8.4.1. Wprowadzenie	200
8.4.2. Ocena trafności prognoz w schemacie rolowanym	202
8.4.3. Ocena trafności prognoz w schemacie rekursywnym	204
8.5. Podsumowanie	207
Zakończenie (<i>M. Papież, S. Śmiech</i>)	209
Bibliografia	213
Indeks rzeczowy	227

Wstęp

Bezpieczeństwo energetyczne rozumiane jest przez Międzynarodową Agencję Energii (*International Energy Agency*, IEA) jako możliwość „ciągłych fizycznych dostaw energii po akceptowalnych cenach, z uwzględnieniem troski o środowisko naturalne”. Podobna definicja bezpieczeństwa energetycznego jest podana w prawie energetycznym [Ustawa Prawo energetyczne z dnia 10.04.1997 r. wraz z późniejszymi zmianami] i brzmi: „Bezpieczeństwo energetyczne jest to stan gospodarki umożliwiający pokrycie bieżącego i perspektywicznego zapotrzebowania odbiorców na paliwa i energię w sposób technicznie i ekonomicznie uzasadniony, przy zachowaniu wymagań ochrony środowiska”. Oznacza to, że pojęcie bezpieczeństwa energetycznego obejmuje trzy główne aspekty: energetyczny, ekonomiczny i ekologiczny. Bezpieczeństwo ekonomiczne można rozumieć jako gwarancję, że ceny energii nie będą tworzyły bariery dla rozwoju gospodarczego i nie będą prowadziły do ubóstwa energetycznego. Stąd bezpieczeństwo energetyczne, a w konsekwencji także rozwój każdego kraju, zależą od możliwości dostarczenia wystarczającej ilości energii po akceptowalnych cenach. A samo bezpieczeństwo energetyczne jest jednym z kluczowych problemów współczesnego świata. Ma to związek zarówno ze zjawiskiem wyczerpywania się zasobów tradycyjnych surowców energetycznych oraz zmianami polityczno-gospodarczymi na arenie światowej, jak i ze zmianami światopoglądowymi czy coraz większą popularnością koncepcji rozwoju zrównoważonego.

W całkowitym światowym zapotrzebowaniu na energię pierwotną dominują paliwa pierwotne, czyli ropa naftowa, gaz ziemny i węgiel energetyczny (ich udział w 2012 roku wynosił około 81% całkowitego zapotrzebowania na energię pierwotną) i według prognoz Międzynarodowej Agencji Energii [IEA, 2014a] taki udział powinien utrzymać się na podobnym poziomie przez kolejnych kilkadziesiąt lat. Dlatego też tak istotne znaczenie mają odpowiedzi na następujące pytania dotyczące funkcjonowania rynku surowców energetycznych:

- Czy rynek danego surowca energetycznego ma charakter regionalny, czy globalny (czy funkcjonuje prawo jednej ceny)?
- Czy można ustalić rolę poszczególnych cen, tj. wskazać ceny wiodące (*price setters*) i naśladujące (*price takers*)?
- Jakie są relacje pomiędzy cenami surowców energetycznych a sferą realną i sferą finansową gospodarki?
- Czy można skutecznie prognozować ceny surowców energetycznych?