STUDIA I PRACE
Kolegium Zarządzania i Finansów
ZESZYT NAUKOWY 210

210/2026
s. 159–179

Szkoła Główna Handlowa w Warszawie
Kolegium Zarządzania i Finansów
https://econjournals.sgh.waw.pl/SiP

Krzysztof Borowski
Szkoła Główna Handlowa w Warszawie
https://orcid.org/0000-0003-0434-7573

Cykliczność cen surowców rolnych na rynkach globalnych: analiza spektralna, falkowa i synchronizacja z rynkiem akcji

Streszczenie

Celem badań jest identyfikacja cykli cenowych na rynkach surowców rolnych oraz ocena ich synchronizacji z cyklem rynku akcji reprezentowanym przez indeks S&P500. Badanie obejmuje miesięczne szeregi cenowe dla zbóż, surowców oleistych i pochodnych oraz tzw. softów (*soft commodities*) do 1 marca 2026 r. Zastosowano analizę spektralną Fouriera do identyfikacji dominujących długości cykli oraz analizę falkową typu Morleta do oceny stabilności trzech pasm częstotliwości: około 2 lat, 3–4 lata oraz 7–8 lat. Wyniki wskazują, że w komponentach cenowych wielu surowców rolnych dominują cykle średnie i dłuższe, natomiast w miesięcznych logarytmicznych stopach zwrotu częściej dominuje pasmo 3–4-letnie. Softy i część zbóż wykazują relatywnie stabilne pasmo 7–8-letnie, podczas gdy surowce oleiste i pochodne silniej koncentrują się wokół pasma 3–4 lata. W indeksie S&P500 współwystępują pasma średnie i dłuższe, co sugeruje częściową synchronizację rynku rolnego z rynkiem akcji.

Słowa kluczowe: surowce rolne, zboża, softy, cykle cenowe, analiza Fouriera, analiza falkowa, SP500
Kody klasyfikacji JEL: C22, G11, Q02, Q13

1. Wprowadzenie

Rynki surowców rolnych charakteryzują się nakładaniem się wahań sezonowych, pogodowych, cykli zapasów, zmian polityki handlowej i szerszych impulsów koniunkturalnych. Z tego powodu analiza ich cykliczności wymaga jednoczesnego uwzględnienia krótszych rytmów związanych z bieżącą dynamiką podaży i popytu oraz dłuższych fal wynikających z inwestycji, zmian areału upraw i procesów magazynowania.

W praktyce gospodarczej i inwestycyjnej zboża, surowce oleiste i tzw. softy (kawa, kakao, bawełna, mrożony sok pomarańczowy, kauczuk i cukier) traktowane są często jako odrębne segmenty rynku rolnego. Zboża silnie reagują na warunki pogodowe i globalny popyt paszowy, surowce oleiste i pochodne na zmiany w konsumpcji żywności, produkcji pasz i biopaliw, natomiast softy pozostają wrażliwe zarówno na czynniki pogodowe, jak i na cykl handlu międzynarodowego. Jednocześnie część tych rytmów może mieć wspólny charakter z cyklem rynku akcji.

W badaniach przyjęto trzy cele: cel główny i dwa cele pomocnicze. Cel główny polega na ustaleniu cykli dominujących w cenach analizowanych surowców rolnych. Pierwszy cel pomocniczy odnosi się do identyfikacji ich stabilności. Natomiast drugi cel pomocniczy polega na określeniu stopnia zbieżności cyklu dominującego z cyklem rynku akcji reprezentowanym przez indeks S&P500. Struktura artykułu jest następująca: w sekcji 2. przedstawiono przegląd literatury i lukę badawczą, w sekcji 3. scharakteryzowano dane i wstępne wyniki opisowe, sekcja 4. omawia metodykę badania, sekcja 5. zawiera wyniki empiryczne i ich dyskusję, natomiast sekcja 6. przedstawia podsumowanie.

2. Literatura przedmiotu i jej znaczenie dla niniejszego badania

2.1. Cykliczność cen surowców rolnych i ich relacja z rynkami finansowymi

Badania nad długookresowym zachowaniem cen surowców wskazują, że rynki rolne nie podlegają wyłącznie krótkotrwałym szokom pogodowym, lecz wykazują także regularne komponenty cykliczne. W klasycznych ujęciach dotyczących cen surowców naturalnych podkreślano zarówno niestacjonarność i wysoką zmienność cen, jak i rolę zapasów oraz kosztów przechowywania. W odniesieniu do rynków rolnych szczególnie istotne są badania Deatona i Laroque'a [1992], które zwracają uwagę na znaczenie mechanizmów magazynowania dla dynamiki cen, oraz analizy Cashina i McDermotta [2002], podkreślające dużą skalę wahań i niestabilność średniej w cenach surowców. W podobnym nurcie Slade [1982] wskazuje na współwystępowanie komponentów trendowych i cyklicznych w długookresowym zachowaniu cen surowców, co sugeruje złożoną strukturę ich dynamiki.

W literaturze poświęconej rynkom surowców rozwijano także koncepcje długich fal cenowych. Już Kondratieff [1935] wskazywał na istnienie wieloletnich cykli koniunkturalnych w gospodarce światowej, które mogą znajdować odzwierciedlenie w cenach surowców. Współczesne badania empiryczne, takie jak praca Cuddingtona i Jerretta [2008], identyfikują tzw. supercykle cen surowców, powiązane z globalnymi procesami wzrostu gospodarczego i industrializacji. Z kolei Labys, Lesourd i Badillo [1999] wskazują na istnienie powtarzalnych wzorców cyklicznych na rynkach surowcowych, co potwierdza, że zmienność cen ma nie tylko charakter losowy, lecz również strukturalny.

Istotnym nurtem badań jest analiza zmienności cen żywności oraz mechanizmów ich stabilizacji. Wright [2011] podkreśla kluczową rolę zapasów i kosztów ich utrzymywania w generowaniu dynamiki cen oraz powstawaniu cykli cenowych. Podobne wnioski prezentują Bobenrieth, Wright i Zeng [2013], którzy wskazują, że zmienność cen żywności jest w dużej mierze determinowana przez interakcję szoków podażowych i ograniczeń magazynowych. W ujęciu makroekonomicznym Headey i Fan [2008] analizują globalny kryzys żywnościowy, wskazując na znaczenie czynników strukturalnych i politycznych, natomiast Gilbert [2010] oraz Baffes i Haniotis [2016] podkreślają rolę energii, polityki handlowej i zmian popytu światowego w kształtowaniu cen surowców rolnych. Ujęcia syntetyczne, takie jak Bellemare [2015], sygnalizują natomiast wieloczynnikowy charakter zmienności cen żywności oraz jej powiązanie z niestabilnością gospodarczą i społeczną. Uzupełniająco Algieri [2014], analizując rynek pszenicy, pokazuje, że wahania cen są rezultatem jednoczesnego oddziaływania czynników rynkowych, makroekonomicznych, spekulacyjnych i pogodowych, co dobrze wpisuje się w tezę o wieloprzyczynowej naturze cykli cenowych na rynkach rolnych.

W literaturze podkreśla się również znaczenie czynników popytowych, energetycznych i regulacyjnych dla kształtowania cen surowców rolnych. Roberts i Schlenker [2013] pokazują, że ceny produktów rolnych są determinowane nie tylko przez lokalne szoki podażowe, lecz także przez globalne impulsy popytowe, w tym politykę biopaliw. Z kolei Carter, Rausser i Smith [2011] dowodzą, że skoki cen są szczególnie silne w warunkach niskich zapasów, co zwiększa podatność rynku na szoki i prowadzi do większej zmienności cen. Ten kierunek badań rozwijają Du, Yu i Hayes [2011], którzy analizują przenoszenie zmienności pomiędzy rynkiem ropy naftowej oraz rynkami kukurydzy i pszenicy, wskazując, że znaczenie mają zarówno spekulacja, jak i stan zapasów ropy. Z kolei Nazlioglu, Erdem i Soytas [2013] pokazują, że transmisja zmienności między ropą a wybranymi surowcami rolnymi nasiliła się po kryzysie żywnościowym, co sugeruje większą integrację rynków energii i żywności w okresach zaburzeń.

W badaniach empirycznych coraz większe znaczenie zyskują metody analizy częstotliwościowej. Analiza spektralna umożliwia identyfikację dominujących okresów w szeregach czasowych, natomiast analiza falkowa pozwala ocenić stabilność tych okresów w czasie. Klasyczne opracowania metodologiczne Torrence'a i Compo [1998] oraz Percivala i Waldena [2000] stanowią podstawę zastosowań narzędzi analizy czasowo-częstotliwościowej w analizach rynków finansowych i towarowych. Jednocześnie Geman [2005, s. 25–35] podkreśla,

że rynki surowców charakteryzują się specyficzną strukturą ryzyka i cykliczności, wynikającą z ich powiązania z fizycznymi procesami produkcji i magazynowania. W tym kontekście szczególnie użyteczne są badania Nigatu i Adjemiana [2020], którzy z wykorzystaniem analizy falkowej pokazują, że stopień integracji cen na głównych rynkach rolnych różni się w zależności od skali czasowej, a krótkookresowe odchylenia nie muszą oznaczać zerwania długookresowych zależności cenowych.

Coraz częściej analizowana jest także relacja między rynkami surowców a rynkiem akcji. Pindyck i Rotemberg [1990] wskazują na zjawisko nadwyżkowego współruchu cen surowców, sugerujące istnienie wspólnych komponentów wahań. Współczesne badania rozwijają ten wątek, wskazując na rosnącą integrację rynków finansowych i towarowych. Tang i Xiong [2012] uwypuklają znaczenie finansjalizacji surowców, natomiast Creti, Joëts i Mignon [2013] oraz Sadorsky [2014] wskazują, że zmienność i korelacje między rynkami surowców i akcji mają charakter dynamiczny i mogą się zmieniać w czasie wraz z napływem kapitału finansowego. W odniesieniu bezpośrednio do żywności Girardi [2015] analizuje zmienną w czasie korelację między cenami produktów rolnych a dynamiką rynku akcji i interpretuje wzrost współzależności jako przejaw finansjalizacji żywności. Podobnie Ouyang i Zhang [2020], wykorzystując dynamiczne kopule dla rynku chińskiego, wykazują dodatnie i rosnące w czasie zależności między surowcami rolnymi a rynkami akcji, przy czym siła tych powiązań jest zróżnicowana pomiędzy poszczególnymi kontraktami i wzrosła po globalnym kryzysie finansowym.

W przypadku surowców rolnych szczególne znaczenie ma rozróżnienie między zbożami, surowcami oleistymi i softami. Poszczególne grupy różnią się wrażliwością na sezonowość, pogodę, handel międzynarodowy i strukturę popytu końcowego, dlatego można oczekiwać, że ich profile cykliczne będą odmienne. Jednocześnie część wahań może mieć charakter wspólny z globalnym cyklem koniunkturalnym, co uzasadnia analizę synchronizacji z rynkiem akcji reprezentowanym przez indeks S&P 500. Przywołane badania sugerują więc, że analiza cen surowców rolnych powinna łączyć perspektywę fundamentalną (zapasy, podaż, pogoda, koszty energii), makroekonomiczną (popyt światowy, kurs walutowy, kryzysy) oraz finansową (przepływy kapitału, korelacje z rynkiem akcji, finansjalizacja), a zastosowanie metod czasowo-częstotliwościowych daje możliwość uchwycenia tych zależności w różnych horyzontach czasowych.

2.2. Luka badawcza i wkład artykułu

Na tle dotychczasowej literatury można wskazać trzy ograniczenia. Po pierwsze, wiele prac dotyczy pojedynczych surowców lub wąskich grup aktywów, podczas gdy rzadziej analizuje się równolegle szeroki przekrój zbóż, surowców oleistych i softów. Po drugie, relatywnie rzadko łączy się w jednym badaniu analizę spektralną Fouriera z analizą falkową przy tej samej procedurze badawczej. Po trzecie, niewiele prac porównuje strukturę cykliczną surowców rolnych z cyklem rynku akcji w jednolitym układzie częstotliwościowym.

Wkład niniejszego artykułu polega na jednoczesnej analizie piętnastu rynków, w tym szerokiego zestawu surowców rolnych (14) i indeksu S&P 500, na połączeniu narzędzi Fouriera i analizy falkowej oraz na wskazaniu, które pasma częstotliwości mają charakter specyficzny dla poszczególnych segmentów rynku rolnego, a które są wspólne z rynkiem akcji.

3. Dane

W badaniu wykorzystano miesięczne szeregi czasowe cen czternastu surowców rolnych oraz indeksu giełdowego S&P 500. Analiza obejmuje zboża (pszenicę, kukurydzę, owies i ryż surowy), surowce oleiste i pochodne (soję, olej sojowy, śrutę sojową i olej palmowy) oraz softy (kakao, kawę, bawełnę, sok pomarańczowy, cukier i kauczuk). Dla każdego instrumentu utworzono serię danych miesięcznych zakończonych w dniu 1 marca 2026 r. Szczegółowe informacje o zakresie próby, liczbie obserwacji i zmienności przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Analizowane surowce rolne i indeks akcji S&P 500

Surowiec	Kategoria	Początek próby	Koniec próby	Liczba miesięcy	Zmienność (odchylenie standardowe; %)
Pszenica	zboża	1970-01-01	2026-03-01	674	7,75
Kukurydza	zboża	1970-01-01	2026-03-01	674	7,57
Soja	oleiste i pochodne	1968-12-01	2026-03-01	687	8,04
Olej sojowy	oleiste i pochodne	1970-01-01	2026-03-01	674	8,45
Śruta sojowa	oleiste i pochodne	1970-01-01	2026-03-01	674	8,80
Owies	zboża	2000-10-01	2026-03-01	305	11,05
Ryż surowy	zboża	1999-09-01	2026-03-01	318	7,16
Kakao	softy	1979-12-01	2026-03-01	555	8,82
Kawa	softy	1973-08-01	2026-03-01	631	10,15
Bawełna	softy	1972-08-01	2026-03-01	643	8,42
Sok pomarańczowy	softy	1970-01-01	2026-03-01	674	9,04
Cukier	softy	1971-10-01	2026-03-01	653	11,02
Olej palmowy	oleiste i pochodne	1992-08-01	2026-03-01	403	8,23
Kauczuk	softy	1997-10-01	2026-03-01	341	8,71
S&P 500	indeks akcji	1871-02-01	2026-03-01	1861	4,11

Źródło: opracowanie własne.

Długość szeregu czasowego jest zróżnicowana między rynkami, jednak dla większości zbóż, oleistych i softów dostępne są wieloletnie próby. Najwyższą zmienność miesięcznych logarytmicznych stóp zwrotu wykazują cukier, kawa oraz szczególnie młodszy rynek oleju

palmowego, natomiast S&P 500 pozostaje wyraźnie mniej zmienny niż większość analizowanych surowców. Wynik ten sugeruje, że rynki rolne są bardziej podatne na szoki pogodowe, handlowe i popytowe niż szeroki rynek akcji.

4. Metodyka badania

Analiza empiryczna danych została przeprowadzona w kilku etapach. W pierwszym kroku przygotowano miesięczne szeregi czasowe cen surowców rolnych oraz indeksu S&P 500. Następnie przekształcono je do postaci logarytmicznej, co stabilizuje wariancję i umożliwia interpretację zmian jako przyrostów względnych. Ponieważ ceny surowców zawierają silne trendy długookresowe, przed analizą częstotliwościową dokonano odtrendowania przy użyciu filtra Hodricka–Prescotta. Dla danych miesięcznych zastosowano parametr wygładzania $\lambda = 129\,600$. W efekcie logarytm ceny został rozłożony na komponent trendu oraz komponent cykliczny, który stanowił podstawę dalszej analizy.

W kolejnym kroku zastosowano analizę spektralną Fouriera w celu identyfikacji dominujących częstotliwości. Periodogram umożliwia określenie, jaka część wariancji szeregu jest związana z oscylacjami o określonej długości cyklu. Dominujące cykle identyfikowano jako lokalne maksima widma, a ich siłę mierzono udziałem mocy danego piku w całkowitej mocy widma. Analizę wykonano zarówno dla komponentu cyklicznego cen, jak i dla miesięcznych logarytmicznych stóp zwrotu. Pozwoliło to porównać strukturę częstotliwościową poziomów cen z dynamiką zmian cen, która zazwyczaj jest bardziej zaszumiona i silniej podatna na krótkookresowe szoki.

Aby ocenić stabilność cykli w czasie, zastosowano analizę falkową typu Morleta. Moc falkową agregowano do trzech pasm: około 2 lat, około 3–4 lata oraz około 7–8 lat. Następnie obliczano udział miesięcy, w których dane pasmo było dominujące. Dzięki temu możliwe było odróżnienie rynków, w których długie cykle są trwałą cechą, od rynków, gdzie dominują pasma średnie lub krótsze. Interpretacyjnie wysoka moc widma dla określonego cyklu oznacza, że dany rytm stanowi ważny element struktury cen danego surowca, natomiast wysoki udział dominacji pasma w analizie falkowej wskazuje na jego trwałość w czasie. Zestawienie tych miar z wynikami dla indeksu S&P 500 umożliwia ocenę częściowej synchronizacji rynków rolnych z rynkiem akcji. Identyfikacja dominujących cykli miała charakter eksploracyjny i opierała się na analizie lokalnych maksimów widma, co jest podejściem standardowym w badaniach rynków surowcowych.

Z ekonomicznego punktu widzenia identyfikowane pasma częstotliwości można powiązać z odmiennymi mechanizmami rynkowymi. Krótsze cykle (około 2 lat) mogą odzwierciedlać sezonowość oraz krótkookresowe dostosowania podaży i popytu. Cykle średnie (3–4 lata) są często interpretowane jako odzwierciedlenie cyklu koniunkturalnego oraz dynamiki zapasów. Natomiast cykle dłuższe (7–8 lat) mogą być związane z procesami inwestycyjnymi, zmianami strukturalnymi w produkcji oraz globalnymi falami koniunkturalnymi.

Taka interpretacja pozwala powiązać wyniki analizy spektralnej i falkowej z teorią ekonomii surowców oraz stanowi podstawę dalszej analizy empirycznej.

5. Wyniki badania

Na logarytmach cen zastosowano filtr Hodricka–Prescotta ($\lambda = 129\,600$), a następnie obliczono periodogram Fouriera dla komponentu cyklicznego cen. Tabela 2 przedstawia trzy cykle o największym udziale w całkowitej mocy widma dla każdego instrumentu. W większości surowców rolnych dominujące cykle mieszczą się w przedziale od około 3,5 do 6 lat, przy czym cukier, kakao i sok pomarańczowy wykazują relatywnie dłuższe cykle cenowe. Dla indeksu S&P 500 najsilniejszy cykl wynosi około 7,05 roku, co stanowi naturalny punkt odniesienia dla rynków rolnych.

Zróżnicowanie długości cykli między surowcami wskazuje, że rynki rolne nie reagują jednorodnie na impulsy makroekonomiczne. Szczególnie obecność cykli powyżej 6 lat w cukrze, kakao i soku pomarańczowym może odzwierciedlać dłuższe procesy inwestycyjne oraz cykle produkcji w regionach tropikalnych.

Tabela 2. Dominujące cykle cenowe identyfikowane w analizie spektralnej Fouriera

Surowiec	Ranga cyklu	Długość cyklu (miesiące)	Długość cyklu (lata)	Udział mocy widma (%)
Pszenica	1	56,17	4,68	17,04
Pszenica	2	44,93	3,74	13,95
Pszenica	3	67,40	5,62	11,19
Kukurydza	1	56,17	4,68	21,50
Kukurydza	2	44,93	3,74	12,76
Kukurydza	3	67,40	5,62	6,30
Soja	1	57,25	4,77	21,20
Soja	2	45,80	3,82	9,57
Soja	3	98,14	8,18	6,81
Olej sojowy	1	56,17	4,68	37,73
Olej sojowy	2	39,65	3,30	8,25
Olej sojowy	3	44,93	3,74	6,74
Śruta sojowa	1	48,14	4,01	10,11
Śruta sojowa	2	61,27	5,11	8,15
Śruta sojowa	3	96,29	8,02	6,92
Owies	1	61,00	5,08	20,52
Owies	2	43,57	3,63	11,41
Owies	3	33,89	2,82	9,06
Ryż surowy	1	45,43	3,79	19,06

cd. tabeli 2

Surowiec	Ranga cyklu	Długość cyklu (miesiące)	Długość cyklu (lata)	Udział mocy widma (%)
Ryż surowy	2	159,00	13,25	6,41
Ryż surowy	3	24,46	2,04	5,29
Kakao	1	69,38	5,78	17,69
Kakao	2	92,50	7,71	7,91
Kakao	3	50,45	4,20	6,18
Kawa	1	42,07	3,51	10,38
Kawa	2	105,17	8,76	9,15
Kawa	3	35,06	2,92	8,57
Bawełna	1	40,19	3,35	13,95
Bawełna	2	45,93	3,83	12,61
Bawełna	3	32,15	2,68	10,28
Sok pomarańczowy	1	67,40	5,62	24,89
Sok pomarańczowy	2	42,12	3,51	12,59
Sok pomarańczowy	3	51,85	4,32	7,41
Cukier	1	72,56	6,05	14,39
Cukier	2	34,37	2,86	7,86
Cukier	3	31,10	2,59	2,45
Olej palmowy	1	57,57	4,80	27,40
Olej palmowy	2	40,30	3,36	9,08
Olej palmowy	3	80,60	6,72	4,18
Kauczuk	1	42,62	3,55	16,16
Kauczuk	2	56,83	4,74	14,21
Kauczuk	3	85,25	7,10	7,82
S&P 500	1	84,59	7,05	8,20
S&P 500	2	93,05	7,75	7,39
S&P 500	3	42,30	3,52	6,54

Źródło: opracowanie własne.

Tabele 3–5 syntetyzują wyniki analizy spektralnej dla cen. Tabela 3 przedstawia trzy najsilniejsze cykle w latach, tabela 4 koncentruje się na dominującym cyklu, natomiast tabela 5 na jego sile. Najdłuższe dominujące cykle wśród surowców rolnych obserwowane są w cukrze, kakao i soku pomarańczowym, natomiast w zbożach i surowcach oleistych częściej pojawia się zakres około 4–5 lat. Siła dominującego cyklu jest najwyższa dla oleju sojowego, oleju palmowego i wybranych zbóż, co sugeruje relatywnie silną koncentrację zmienności tych rynków w jednym paśmie częstotliwości. Krótsze cykle w stopach zwrotu wskazują, że informacja rynkowa jest przetwarzana szybciej niż dostosowania strukturalne podaży, co jest zgodne z teorią efektywności rynku w krótkim horyzoncie.

Tabela 3. Dominujące cykle cenowe (Fourier), w latach

Surowiec	1	2	3
Pszenica	4,68	3,74	5,62
Kukurydza	4,68	3,74	5,62
Soja	4,77	3,82	8,18
Olej sojowy	4,68	3,30	3,74
Śruta sojowa	4,01	5,11	8,02
Owies	5,08	3,63	2,82
Ryż surowy	3,79	13,25	2,04
Kakao	5,78	7,71	4,20
Kawa	3,51	8,76	2,92
Bawełna	3,35	3,83	2,68
Sok pomarańczowy	5,62	3,51	4,32
Cukier	6,05	2,86	2,59
Olej palmowy	4,80	3,36	6,72
Kauczuk	3,55	4,74	7,10
S&P 500	7,05	7,75	3,52

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 4. Dominujący cykl cenowy (TOP1), w latach

Surowiec	Długość cyklu
Pszenica	4,68
Kukurydza	4,68
Soja	4,77
Olej sojowy	4,68
Śruta sojowa	4,01
Owies	5,08
Ryż surowy	3,79
Kakao	5,78
Kawa	3,51
Bawełna	3,35
Sok pomarańczowy	5,62
Cukier	6,05
Olej palmowy	4,80
Kauczuk	3,55
S&P 500	7,05

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 5. Siła dominującego cyklu cenowego

Surowiec	Siła cyklu dominującego
Pszenica	17,04
Kukurydza	21,50
Soja	21,20
Olej sojowy	37,73
Śruta sojowa	10,11
Owies	20,52
Ryż surowy	19,06
Kakao	17,69
Kawa	10,38
Bawełna	13,95
Sok pomarańczowy	24,89
Cukier	14,39
Olej palmowy	27,40
Kauczuk	16,16
S&P 500	8,20

Źródło: opracowanie własne.

Oprócz analizy poziomów cen przeprowadzono analizę miesięcznych logarytmicznych stóp zwrotu. Wyniki przedstawione w tabeli 6 pokazują, że w przypadku zwrotów dominujące cykle są na ogół krótsze niż w komponentach cenowych i częściej koncentrują się wokół przedziału od kilku miesięcy do około czterech lat. Oznacza to, że krótkookresowa dynamika rynku rolnego jest bardziej podatna na bieżące zakłócenia popytowo-podażowe niż poziomy cen.

Tabela 6. Dominujące cykle miesięcznych logarytmicznych stóp zwrotu (analiza Fouriera)

Surowiec	Ranga cyklu	Długość cyklu (miesiące)	Długość cyklu (lata)	Udział mocy widma (%)
Pszenica	1	12,02	1,00	5,69
Pszenica	2	10,52	0,88	4,24
Pszenica	3	44,87	3,74	3,96
Kukurydza	1	12,02	1,00	6,11
Kukurydza	2	56,08	4,67	3,87
Kukurydza	3	6,35	0,53	3,75
Soja	1	16,73	1,39	4,03
Soja	2	6,35	0,53	3,88
Soja	3	9,66	0,81	3,68
Olej sojowy	1	56,08	4,67	7,45
Olej sojowy	2	9,61	0,80	6,67

Surowiec	Ranga cyklu	Długość cyklu (miesiące)	Długość cyklu (lata)	Udział mocy widma (%)
Olej sojowy	3	6,47	0,54	3,28
Śruta sojowa	1	6,35	0,53	4,65
Śruta sojowa	2	9,61	0,80	4,51
Śruta sojowa	3	16,82	1,40	4,21
Owies	1	7,24	0,60	6,52
Owies	2	15,20	1,27	6,17
Owies	3	19,00	1,58	5,52
Ryż surowy	1	11,32	0,94	9,73
Ryż surowy	2	17,61	1,47	5,36
Ryż surowy	3	6,89	0,57	5,20
Kakao	1	7,29	0,61	6,25
Kakao	2	8,66	0,72	5,07
Kakao	3	69,25	5,77	3,54
Kawa	1	9,40	0,78	4,12
Kawa	2	8,40	0,70	4,05
Kawa	3	42,00	3,50	3,92
Bawełna	1	32,10	2,68	5,59
Bawełna	2	40,12	3,34	4,60
Bawełna	3	45,86	3,82	3,37
Sok pomarańczowy	1	67,30	5,61	4,15
Sok pomarańczowy	2	42,06	3,51	3,64
Sok pomarańczowy	3	7,01	0,58	3,43
Cukier	1	34,32	2,86	4,46
Cukier	2	8,47	0,71	3,11
Cukier	3	9,18	0,77	2,73
Olej palmowy	1	16,75	1,40	7,16
Olej palmowy	2	9,14	0,76	6,24
Olej palmowy	3	11,49	0,96	6,02
Kauczuk	1	9,19	0,77	9,73
Kauczuk	2	11,72	0,98	9,13
Kauczuk	3	8,50	0,71	6,70
S&P 500	1	40,43	3,37	2,86
S&P 500	2	42,27	3,52	2,86
S&P 500	3	24,16	2,01	1,44

Źródło: opracowanie własne.

W celu oceny stabilności cykli w czasie zastosowano analizę falkową typu Morleta. Tabela 7 przedstawia syntetyczne zestawienie dominujących pasm częstotliwości dla cen i stóp zwrotu, natomiast tabele 8 i 9 pokazują szczegółową stabilność poszczególnych pasm.

W komponentach cenowych zboża i część softów częściej utrzymują dłuższe pasmo 7–8-letnie, podczas gdy rynki oleiste i pochodne silniej koncentrują się wokół pasma 3–4 lata. Dla stóp zwrotu jeszcze wyraźniej widoczna jest przewaga pasma 3–4-letniego, co można interpretować jako odzwierciedlenie średniego cyklu koniunkturalnego i zapasowego. Indeks S&P 500 pełni w analizie rolę syntetycznego miernika globalnego cyklu koniunkturalnego, co pozwala interpretować obserwowane zbieżności pasm częstotliwości jako przejaw integracji rynków towarowych z rynkiem finansowym.

Tabela 7. Dominujące pasma częstotliwości dla cen i stóp zwrotu (analiza falkowa)

Surowiec	Dominujące pasmo (ceny; w latach)	Udział pasma ok. 2 lat (%)	Udział pasma ok. 3–4 lat (%)	Udział pasma ok. 7–8 lat (%)	Dominujące pasmo (zwroty; w latach)	Udział pasma ok, 2 lat (%) [zwroty]	Udział pasma ok, 3–4 lat (%) [zwroty]	Udział pasma ok, 7–8 lat (%) [zwroty]
Pszenica	ok. 7–8	0,00	13,80	86,20	ok. 7–8	8,92	32,39	58,69
Kukurydza	ok. 7–8	0,00	38,58	61,42	ok. 3–4	24,81	51,26	23,92
Soja	ok. 3–4	3,64	53,86	42,50	ok. 2	40,23	37,61	22,16
Olej sojowy	ok. 3–4	0,00	72,11	27,89	ok. 3–4	17,83	75,19	6,98
Śruta sojowa	ok. 7–8	0,00	46,74	53,26	ok. 2	51,56	42,64	5,79
Owies	ok. 7–8	0,00	35,08	64,92	ok. 3–4	38,49	53,95	7,57
Ryż surowy	ok. 3–4	18,87	48,11	33,02	ok. 2	65,30	26,50	8,20
Kakao	ok. 7–8	0,00	27,03	72,97	ok. 7–8	21,66	30,32	48,01
Kawa	ok. 3–4	6,50	63,87	29,64	ok. 3–4	21,90	66,19	11,90
Bawełna	ok. 3–4	3,11	52,72	44,17	ok. 3–4	24,14	62,77	13,08
Sok pomarańczowy	ok. 3–4	3,41	53,86	42,73	ok. 3–4	39,38	45,62	15,01
Cukier	ok. 7–8	0,00	18,38	81,62	ok. 7–8	26,07	9,82	64,11
Olej palmowy	ok. 3–4	0,00	83,62	16,38	ok. 3–4	8,71	91,29	0,00
Kauczuk	ok. 3–4	0,00	64,81	35,19	ok. 2	76,18	22,65	1,18
S&P 500	ok. 7–8	0,27	45,51	54,22	ok. 3–4	9,73	46,13	44,14

Źródło: opracowanie własne.

W celu pogłębienia interpretacji synchronizacji cykli pomiędzy rynkami surowców rolnych a rynkiem akcji można odnieść uzyskane wyniki do koncepcji koherencji falkowej (*wavelet coherence*), która mierzy lokalną w czasie i częstotliwości siłę współzależności między dwoma szeregami czasowymi.

Choć formalna estymacja koherencji nie była przedmiotem niniejszego badania, uzyskane wyniki pozwalają na jej pośrednią interpretację. W szczególności wysoka stabilność pasma 3–4-letniego zarówno w surowcach rolnych, jak i w indeksie S&P 500 sugeruje występowanie dodatniej koherencji w tym zakresie częstotliwości, co można interpretować jako przejaw wspólnego oddziaływania cyklu koniunkturalnego oraz przepływów kapitałowych.

Z kolei obecność pasma 7–8-letniego w komponentach cenowych wybranych surowców, przy jego słabszej reprezentacji w zwrotach, wskazuje na częściową de-synchronizację w dłuższych horyzontach, co może odzwierciedlać dominację czynników fundamentalnych, takich jak cykle produkcyjne, inwestycyjne i zapasowe.

Tym samym wyniki sugerują, że synchronizacja rynków rolnych z rynkiem akcji ma charakter selektywny i zależny od horyzontu czasowego, co jest zgodne z podejściem *time-frequency* w analizie rynków finansowych.

W tabeli 8 zamieszczono stabilność pasm w komponentach cenowych. Na poziomie agregatów najwyższą średnią stabilność pasma 7–8 lat obserwuje się w zbożach oraz w softach, podczas gdy surowce oleiste i pochodne częściej wykazują dominację pasma 3–4 lat. Oznacza to, że w cenach części rynków rolnych współistnieją zarówno dłuższe fale zapasowo-inwestycyjne, jak i średni rytm związany z globalną koniunkturą. Wysoki udział pasma 7–8 lat w cenach wskazuje na dominację procesów magazynowania i inwestycji produkcyjnych o długim horyzoncie.

Tabela 8. Stabilność pasm częstotliwości w komponentach cyklicznych cen

Surowiec	Udział pasma ok. 2 lat (%)	Udział pasma ok. 3–4 lat (%)	Udział pasma ok. 7–8 lat (%)
Pszenica	0,00	13,80	86,20
Kukurydza	0,00	38,58	61,42
Soja	3,64	53,86	42,50
Olej sojowy	0,00	72,11	27,89
Śruta sojowa	0,00	46,74	53,26
Owies	0,00	35,08	64,92
Ryż surowy	18,87	48,11	33,02
Kakao	0,00	27,03	72,97
Kawa	6,50	63,87	29,64
Bawełna	3,11	52,72	44,17
Sok pomarańczowy	3,41	53,86	42,73
Cukier	0,00	18,38	81,62
Olej palmowy	0,00	83,62	16,38
Kauczuk	0,00	64,81	35,19
S&P 500	0,27	45,51	54,22

Źródło: opracowanie własne.

W tabeli 9 zaprezentowane zostały miesięczne logarytmiczne stopy zwrotu – w krótszym horyzoncie dominuje przede wszystkim pasmo 3–4-letnie, co sugeruje powiązanie z cyklem koniunkturalnym i przepływami kapitału. Wyjątek stanowią niektóre rynki o silniejszej długiej fali w zwrotach, jak cukier czy kakao, oraz rynki, w których większe znaczenie zachowuje pasmo około dwuletnie. Porównanie tabel 8 i 9 pokazuje zatem, że poziomy cen silniej

odzwierciedlają dłuższe procesy dostosowawcze, natomiast zwroty pozostają bliżej rytmu średnioterminowej koniunktury. Różnica między strukturą cen i zwrotów wskazuje na dualny charakter rynku rolnego: z jednej strony determinowany przez wolne procesy produkcyjne, z drugiej – przez szybkie reakcje rynkowe. Wyniki są zgodne z podejściem Deatona i Laroque'a [1992], które wskazuje na znaczenie mechanizmów zapasów w generowaniu cykliczności cen.

Tabela 9. Stabilność pasm częstotliwości w miesięcznych logarytmicznych stopach zwrotu

Surowiec	Udział pasma ok. 2 lat (%)	Udział pasma ok. 3–4 lat (%)	Udział pasma ok. 7–8 lat (%)
Pszenica	8,92	32,39	58,69
Kukurydza	24,81	51,26	23,92
Soja	40,23	37,61	22,16
Olej sojowy	17,83	75,19	6,98
Śruta sojowa	51,56	42,64	5,79
Owies	38,49	53,95	7,57
Ryż surowy	65,30	26,50	8,20
Kakao	21,66	30,32	48,01
Kawa	21,90	66,19	11,90
Bawełna	24,14	62,77	13,08
Sok pomarańczowy	39,38	45,62	15,01
Cukier	26,07	9,82	64,11
Olej palmowy	8,71	91,29	0,00
Kauczuk	76,18	22,65	1,18
S&P 500	9,73	46,13	44,14

Źródło: opracowanie własne.

Porównanie tabel 8 i 9 wskazuje, że struktura częstotliwościowa rynków rolnych ma charakter wieloskalowy (*multi-scale*). Wysoka stabilność pasma 7–8 lat w cenach wybranych surowców sugeruje dominację procesów strukturalnych, natomiast przewaga pasma 3–4 lat w stopach zwrotu wskazuje na istotną rolę cyklu koniunkturalnego oraz integracji z rynkiem finansowym.

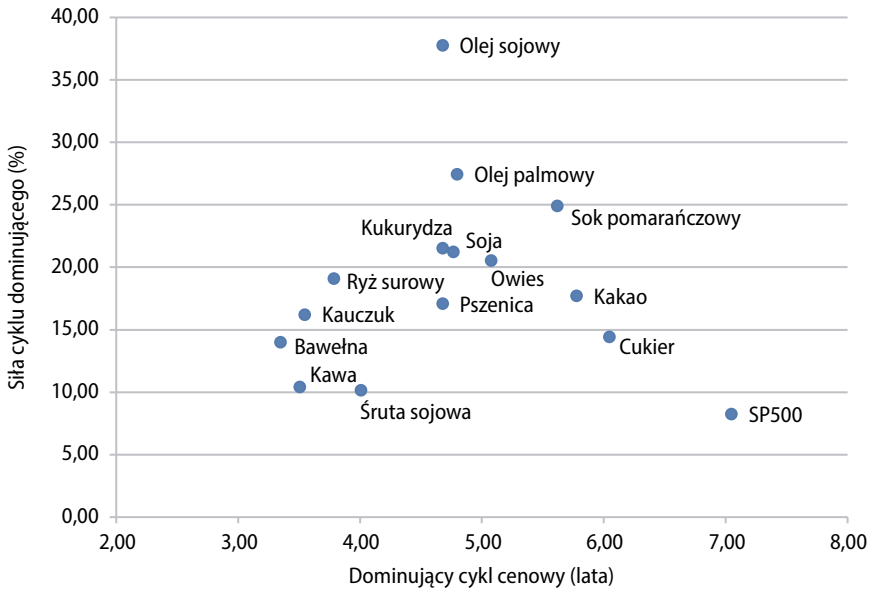
Tabela 10 ukazuje zmienność miesięcznych logarytmicznych stóp zwrotu analizowanych surowców rolnych oraz indeksu S&P 500. Wartości te pozwalają ocenić skalę krótkookresowych wahań cen na poszczególnych rynkach. Najwyższą zmienność obserwuje się w przypadku cukru, kawy, owsa oraz oleju palmowego, natomiast najniższą w przypadku S&P 500 oraz wybranych zbóż. Wysoka zmienność części rynków rolnych oznacza, że komponenty częstotliwościowe mogą być silniejsze, ale jednocześnie bardziej podatne na zakłócenia wynikające z pogody, polityki handlowej i zmian płynności.

Tabela 10. Zmienność miesięcznych stóp zwrotu (odchylenie standardowe)

Surowiec	Zmienność
Pszenica	7,75
Kukurydza	7,57
Soja	8,04
Olej sojowy	8,45
Śruta sojowa	8,80
Owies	11,05
Ryż surowy	7,16
Kakao	8,82
Kawa	10,15
Bawełna	8,42
Sok pomarańczowy	9,04
Cukier	11,02
Olej palmowy	8,23
Kauczuk	8,71
S&P 500	4,11

Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 1. Surowce rolne a S&P 500: porównanie dominującego cyklu

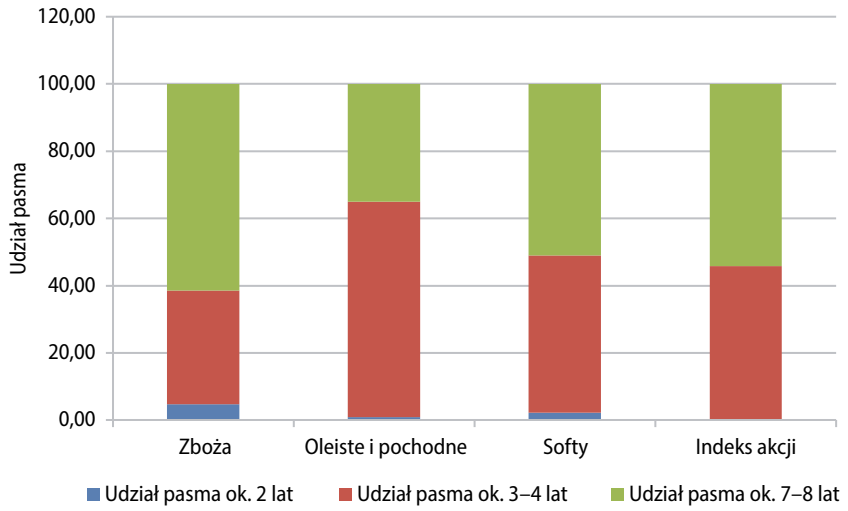


Źródło: opracowanie własne.

Graficzne podsumowanie wyników przedstawiono na rysunkach 1–3. Rysunek 1 zestawia długość dominującego cyklu cenowego oraz jego siłę dla poszczególnych surowców i indeksu

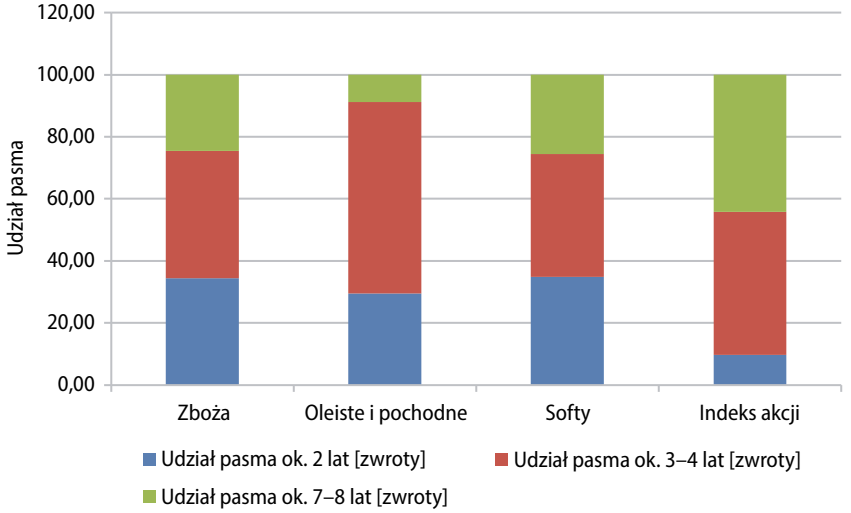
S&P 500. Wykres wskazuje, że kilka rynków rolnych – zwłaszcza cukier, kakao i sok pomarańczowy – zbliża się do dłuższych cykli obserwowanych w S&P 500, natomiast część zbóż i surowców oleistych koncentruje się w obszarze cykli średnich o wyższej sile. Rysunki 2 i 3 ukazują średnią stabilność pasm częstotliwości według kategorii aktywów. Zboża oraz softy zachowują relatywnie wyższy udział pasma 7–8 lat w cenach, podczas gdy w zwrotach wszystkich grup rośnie znaczenie pasma 3–4 lat. Obserwowana synchronizacja z S&P 500 jest spójna z literaturą dotyczącą finansjalizacji surowców [Tang, Xiong, 2012].

Rysunek 2. Średnia stabilność pasm częstotliwości (ceny) według kategorii aktywów (%)



Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 3. Średnia stabilność pasm częstotliwości (zwroty) według kategorii aktywów (%)



Źródło: opracowanie własne.

6. Dyskusja

Uzyskane wyniki wskazują, że rynki surowców rolnych charakteryzują się wyraźną, choć zróżnicowaną strukturą cykliczną, która nie może być w pełni wyjaśniona jedynie krótkookresowymi szokami pogodowymi czy przypadkowymi wahaniami podaży, Zidentyfikowane dominujące pasma częstotliwości, w szczególności cykle o długości około 3–4 lat oraz 6–8 lat, potwierdzają istnienie średnio- i długookresowych mechanizmów kształtujących dynamikę cen. Wyniki te są w dużej mierze zgodne z klasycznym podejściem Deatona i Laroque'a [1992], które wskazuje na kluczową rolę zapasów w generowaniu cykliczności cen surowców, Szczególnie widoczna stabilność dłuższych cykli w komponentach cenowych (tabele 8 i 9) może odzwierciedlać mechanizmy magazynowania i opóźnione dostosowania podaży, które prowadzą do powstawania oscylacji cenowych o charakterze quasiokresowym. Podobne wnioski przedstawia Wright [2011], podkreślając, że ograniczenia magazynowania oraz zmienność zapasów są jednym z głównych źródeł niestabilności cen żywności.

Jednocześnie uzyskane wyniki wpisują się w nurt badań wskazujących na wysoką zmienność i brak stabilnej średniej w długim okresie [Cashin, McDermott, 2002]. Zróżnicowanie długości cykli pomiędzy poszczególnymi grupami surowców – w szczególności między zbożami a softami – sugeruje, że struktura cykliczna rynków rolnych jest silnie uzależniona od specyfiki produkcji, sezonowości oraz globalnych łańcuchów dostaw. W kontekście zmienności cen żywności wyniki są również zgodne z analizami Bobenrietha i in. [2013], którzy wskazują, że zmienność cen wynika z interakcji szoków podażowych oraz ograniczeń magazynowych. W szczególności silne i relatywnie stabilne cykle w niektórych rynkach (np. olejów roślinnych czy cukru) mogą być interpretowane jako efekt powtarzalnych napięć między produkcją a konsumpcją. Równocześnie obserwowana obecność krótszych cykli w stopach zwrotu wskazuje, że rynki te reagują szybko na nowe informacje, co pozostaje spójne z literaturą dotyczącą efektywności informacyjnej rynków [Bellemare, 2015].

Otrzymane wyniki potwierdzają także hipotezę nadwyżkowego współruchu cen surowców [Pindyck, Rotemberg, 1990]. Wspólne pasmo częstotliwości około 3–4 lat obserwowane w wielu analizowanych rynkach sugeruje, że część wahań ma charakter systemowy i jest związana z globalnym cyklem koniunkturalnym. Jednocześnie nie wszystkie rynki wykazują identyczną strukturę cykliczną, co wskazuje na współistnienie komponentów wspólnych i specyficznych dla poszczególnych surowców.

Istotnym elementem analizy jest również relacja między rynkami surowców rolnych a rynkiem akcji reprezentowanym przez S&P 500. Uzyskane wyniki wskazują na częściową synchronizację cykli, szczególnie w średnim horyzoncie (3–4 lata), co jest zgodne z literaturą dotyczącą finansjalizacji surowców [Tang, Xiong, 2012]. Wzrost znaczenia inwestorów finansowych oraz rozwój instrumentów pochodnych mógł prowadzić do zwiększenia powiązań między rynkami towarowymi i rynkiem akcji. Jednocześnie brak pełnej synchronizacji – zwłaszcza w dłuższych cyklach – sugeruje, że rynki rolne zachowują częściową autonomię wynikającą z fundamentalnych uwarunkowań podaży i popytu. Z perspektywy literatury

dotyczącej globalnych kryzysów żywnościowych wyniki są również spójne z analizami Headeya i Fana [2008], które wskazują na znaczenie czynników makroekonomicznych i strukturalnych dla kształtowania cen żywności. Obecność dłuższych cykli może być interpretowana jako odzwierciedlenie zmian strukturalnych w gospodarce światowej, takich jak wzrost popytu w krajach rozwijających się czy zmiany w polityce energetycznej i rolnej.

Jednocześnie pewne elementy uzyskanych wyników stanowią rozszerzenie dotychczasowej literatury. W szczególności zastosowanie jednocześnie analizy spektralnej i falkowej pozwala nie tylko identyfikować dominujące cykle, ale również ocenić ich stabilność w czasie. Wyniki wskazują, że nie wszystkie cykle mają charakter trwały – część z nich pojawia się jedynie w określonych okresach, co sugeruje, że struktura cykliczna rynków rolnych jest dynamiczna i podlega zmianom wraz z ewolucją globalnego systemu gospodarczego. Część uzyskanych wyników nie jest w pełni zgodna z dotychczasową literaturą. W szczególności relatywnie silna obecność długich cykli (7–8 lat) w wybranych softach oraz niektórych zbożach wskazuje na większą trwałość procesów cyklicznych, niż sugerują niektóre badania empiryczne koncentrujące się głównie na krótkookresowej zmienności cen żywności [Bellemare, 2015]. Ponadto zróżnicowanie struktur cyklicznych między poszczególnymi segmentami rynku rolnego sugeruje, że hipoteza jednolitego współruchu cen surowców może mieć ograniczoną zastosowalność w odniesieniu do rynków rolnych, co częściowo odbiega od wniosków Pindycka i Rotemberga [1990].

Podsumowując, uzyskane wyniki potwierdzają wiele ustaleń literatury dotyczącej cykliczności cen surowców, jednocześnie wskazując na istotne różnice między poszczególnymi segmentami rynku rolnego oraz na częściową synchronizację z rynkiem akcji. Wskazuje to, że rynki surowców rolnych należy analizować zarówno w kontekście ich specyficznych uwarunkowań fundamentalnych, jak i w szerszym kontekście globalnych procesów makroekonomicznych i finansowych. W szczególności brak pełnej synchronizacji wszystkich rynków rolnych z S&P 500 sugeruje, że proces finansjalizacji nie eliminuje fundamentalnej heterogeniczności rynków surowcowych.

7. Podsumowanie

W cenach surowców rolnych można wyróżnić trzy powtarzalne horyzonty: około 2 lata, około 3–4 lata oraz około 7–8 lat. Nie są one równorzędne. W komponentach cenowych zbóż i części softów istotne pozostaje pasmo 7–8 lat, natomiast w surowcach oleistych i pochodnych większą rolę odgrywa pasmo 3–4 lata. W miesięcznych logarytmicznych stopach zwrotu dominacja średniego pasma jest jeszcze wyraźniejsza. Wyniki są zgodne z literaturą podkreślającą znaczenie cyklu koniunkturalnego, zapasów i powolnych dostosowań podaży na rynkach rolnych. Jednocześnie artykuł pokazuje, że ta sama procedura badawcza zastosowana jednocześnie do szerokiego zestawu zbóż, oleistych, softów i indeksu S&P 500 pozwala uchwycić zarówno rytmy wspólne, jak i różnice specyficzne dla poszczególnych grup aktywów.

Z punktu widzenia polityki gospodarczej oznacza to, że część surowców rolnych może pełnić rolę uzupełniających wskaźników zmian globalnej koniunktury, natomiast z perspektywy inwestycyjnej uzyskane wyniki sugerują, że różne segmenty rynku rolnego pełnią w portfelu odmienne funkcje. Zboża i wybrane softy lepiej odzwierciedlają dłuższe reżimy cenowe, natomiast surowce oleiste i pochodne silniej reagują na średni cykl koniunkturalny.

Badanie posiada kilka ograniczeń. Po pierwsze, długość próby różni się między surowcami, co może wpływać na porównywalność wyników. Po drugie, analiza spektralna i falkowa ma charakter eksploracyjny i nie pozwala na jednoznaczne wnioskowanie przyczynowo-skutkowe. Po trzecie, wyniki mogą być wrażliwe na wybór parametrów filtrów oraz długość szeregu czasowego. Wreszcie, analiza nie uwzględnia bezpośrednio czynników fundamentalnych, takich jak produkcja, zapasy czy polityka handlowa.

Artykuł wnosi do literatury trzy elementy: szeroki przekrój surowców rolnych, połączenie analizy spektralnej i falkowej oraz bezpośrednie porównanie z rynkiem akcji. To właśnie połączenie horyzontów czasowych z porównaniem międzyrynkowym stanowi główną nowość opracowania. Wyniki te otwierają również przestrzeń dla dalszych badań nad dynamiczną naturą cykli cenowych oraz ich zależnością od zmian strukturalnych w gospodarce światowej i systemie finansowym.

Bibliografia

Wydawnictwa zwarte

1. Geman, H. (2005). *Commodities and Commodity Derivatives*. London: Wiley.
2. Percival, D.B., Walden, A.T. (2000). *Wavelet Methods for Time Series Analysis*. Cambridge: Cambridge University Press. DOI: 10.1017/CBO9780511841040.

Artykuły naukowe

1. Algieri, B. (2014). A Roller Coaster Ride: An Empirical Investigation of the Main Drivers of the International Wheat Price, *Agricultural Economics*, 45(4), s. 459–475. DOI: 10.1111/agec.12099.
2. Baffes, J., Haniotis, T. (2016). What Explains Agricultural Price Movements?, *Journal of Agricultural Economics*, 67(3), s. 706–721. DOI: 10.1111/1477-9552.12172.
3. Bellemare, M.F. (2015). Rising Food Prices, Food Price Volatility, and Social Unrest, *American Journal of Agricultural Economics*, 97(1), s. 1–21. DOI: 10.1093/ajae/aau038.
4. Bobenrieth, E., Wright, B.D., Zeng, D. (2013). Stocks-to-Use Ratios as Indicators of Vulnerability to Spikes in Global Cereal Markets, *Agricultural Economics*, 44 (s1), s. 43–52. DOI: 10.1111/agec.12049.
5. Carter, C.A., Rausser, G.C., Smith, A. (2011). Commodity Booms and Busts, *Annual Review of Resource Economics*, 3(1), s. 87–118. DOI: 10.1146/annurev.resource.012809.104220.

6. Cashin, P., McDermott, C.J. (2002). The Long-Run Behavior of Commodity Prices: Small Trends and Big Variability, *IMF Staff Papers*, 49(2), s. 175–199. DOI: 10.2307/3872481.
7. Creti, A., Joëts, M., Mignon, V. (2013). On the Links between Stock and Commodity Markets' Volatility, *Energy Economics*, 37, s. 16–28. DOI: 10.1016/j.eneco.2013.01.005.
8. Cuddington, J.T., Jerrett, D. (2008). Super Cycles in Real Metals Prices?, *IMF Staff Papers*, 55(4), s. 541–565. DOI: 10.1057/imfsp.2008.19.
9. Deaton, A., Laroque, G. (1992). On the Behaviour of Commodity Prices, *Review of Economic Studies*, 59(1), s. 1–23. DOI: 10.2307/2297923.
10. Du, X., Yu, C.L., Hayes, D.J. (2011). Speculation and Volatility Spillover in the Crude Oil and Agricultural Commodity Markets: A Bayesian Analysis, *Energy Economics*, 33(3), s. 497–503. DOI: 10.1016/j.eneco.2010.12.015.
11. Gilbert, C.L. (2010). How to Understand High Food Prices, *Journal of Agricultural Economics*, 61(2), s. 398–425. DOI: 10.1111/j.1477-9552.2010.00248.x.
12. Girardi, D. (2015). Financialization of Food. Modelling the Time-Varying Relation between Agricultural Prices and Stock Market Dynamics, *International Review of Applied Economics*, 29(4), s. 482–505. DOI: 10.1080/02692171.2015.1016406.
13. Headey, D., Fan, S. (2008). Anatomy of a Crisis: The Causes and Consequences of Surging Food Prices, *Agricultural Economics*, 39(s1), s. 375–391. DOI: 10.1111/j.1574-0862.2008.00345.x.
14. Kondratieff, N.D. (1935). The Long Waves in Economic Life, *Review of Economic Statistics*, 17(6), s. 105–115. DOI: 10.2307/1928486.
15. Labys, W.C., Lesourd, J.-B., Badillo, D. (1999). The Existence of Metal Price Cycles, *Resources Policy*, 25(3), s. 147–155. DOI: 10.1016/S0301-4207(98)00023-3.
16. Nazlioglu, S., Erdem, C., Soytas, U. (2013). Volatility Spillover between Oil and Agricultural Commodity Markets, *Energy Economics*, 36, s. 658–665. DOI: 10.1016/j.eneco.2012.11.009.
17. Nigatu, G., Adjemian, M. (2020). A Wavelet Analysis of Price Integration in Major Agricultural Markets, *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 52(1), s. 117–134. DOI: 10.1017/aae.2019.35.
18. Ouyang, R., Zhang, X. (2020). Financialization of Agricultural Commodities: Evidence from China, *Economic Modelling*, 85, s. 381–389. DOI: 10.1016/j.econmod.2019.11.009.
19. Pindyck, R.S., Rotemberg, J.J. (1990). The Excess Co-Movement of Commodity Prices, *Economic Journal*, 100(403), s. 1173–1189. DOI: 10.2307/2233966.
20. Roberts, M.J., Schlenker, W. (2013). Identifying Supply and Demand Elasticities of Agricultural Commodities: Implications for the US Ethanol Mandate, *American Economic Review*, 103(6), s. 2265–2295. DOI: 10.1257/aer.103.6.2265.
21. Sadorsky, P. (2014). Modeling Volatility and Correlations between Emerging Market Stock Prices and Commodity Prices, *Energy Economics*, 43, s. 72–81. DOI: 10.1016/j.eneco.2014.02.014.
22. Slade, M.E. (1982). Trends in Natural-Resource Commodity Prices: An Analysis of the Time Domain, *Journal of Environmental Economics and Management*, 9(2), s. 122–137. DOI: 10.1016/0095-0696(82)90017-1.
23. Tang, K., Xiong, W. (2012). Index Investment and the Financialization of Commodities, *Financial Analysts Journal*, 68(5), s. 54–74. DOI: 10.2469/faj.v68.n5.5.

24. Torrence, C., Compo, G.P. (1998). A Practical Guide to Wavelet Analysis, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 79(1), s. 61–78. DOI: 10.1175/1520-0477(1998)079<0061:APGTWA>2.0.CO;2.
25. Wright, B.D. (2011). The Economics of Grain Price Volatility, *Applied Economic Perspectives and Policy*, 33(1), s. 32–58. DOI: 10.1093/aepp/ppq033.

Cyclical Behaviour of Agricultural Commodity Prices in Global Markets: Fourier Spectral Analysis and Synchronisation with the Stock Market

Abstract

This paper examines the cyclical behaviour of agricultural commodity prices and their synchronisation with the stock market cycle represented by the S&P500 index. Monthly series for grains, oilseed-related commodities and soft commodities are analysed up to 1 March 2026. The study applies Fourier spectral analysis to identify dominant cycle lengths and Morlet-type wavelet analysis to assess the stability of three frequency bands: around 2 years, 3–4 years, and 7–8 years. The results indicate that price components of many agricultural commodities are characterised by medium and longer cycles, whereas logarithmic returns are more often dominated by the 3–4-year band. Soft commodities and selected grains display relatively stable 7–8-year patterns, while oilseed-related markets are more concentrated around the 3–4-year band. In the S&P500, the medium and longer bands also remain relevant, which suggests partial synchronisation between agricultural commodity markets and the stock market.

Keywords: agricultural commodities, grains, soft commodities, price cycles, spectral analysis, wavelet analysis, S&P500

Unless stated otherwise, all the materials are available under the Creative Commons Attribution 4.0 International license. Some rights reserved to SGH Warsaw School of Economics.