

Łukasz Kurowski*
ORCID: 0000-0002-3306-4276
lkurow@sgh.waw.pl

Zmiana klimatu a stabilność finansowa: analiza tematyczna literatury z wykorzystaniem BERTopic¹

Streszczenie

Artykuł analizuje powiązania pomiędzy zmianą klimatu a stabilnością finansową w literaturze naukowej. Zastosowano metodę BERTopic do analizy ponad tysiąca abstraktów publikacji indeksowanych w Scopus, a uzyskane wyniki zweryfikowano na zbiorze abstraktów z Web of Science. Wyniki wskazują na dominację tematów związanych z polityką klimatyczną i ryzykiem transformacji, których znaczenie wyraźnie wzrosło po 2015 roku. Jednocześnie w badaniach naukowych zauważalne są wątki dotyczące ryzyka fizycznego – m.in. katastrof klimatycznych, zasobów wodnych czy ryzyka powodziowego – choć są one słabiej reprezentowane. Szczególnie widoczna jest luka w zakresie bezpośrednich odniesień do celów polityki makroostrożnościowej. Analiza porównawcza ujawnia także zróżnicowanie geograficzne: w krajach prowadzących intensywną politykę klimatyczną (np. kraje UE) dominują badania nad ryzykiem transformacji, podczas gdy w regionach szczególnie narażonych na ekstremalne zdarzenia pogodowe (np. Indie) akcent kładziony jest na ryzyko fizyczne. Analizy przeprowadzone na bazie abstraktów z Web of Science potwierdzają wnioski wyciągnięte przy wykorzystaniu artykułów z bazy Scopus. Wyniki badania podkreślają potrzebę dalszego rozwijania badań nad integracją ryzyk klimatycznych w polityce makroostrożnościowej.

Słowa kluczowe: zmiana klimatu, stabilność finansowa, BERTopic, polityka makroostrożnościowa

Kody JEL: G01, G28, Q54, Q58

* Łukasz Kurowski – Szkoła Główna Handlowa w Warszawie, Uniwersytet Warszawski.

¹ Tekst został napisany w ramach badań realizowanych w Szkole Głównej Handlowej w Warszawie (nr KZiF/S25:1.26.).

Climate Change and Financial Stability: A Thematic Analysis of the Literature Using BERTopic

Abstract

This article examines the links between climate change and financial stability in the scientific literature. The BERTopic method was applied to analyze over one thousand abstracts of publications indexed in Scopus, and the results were validated using a dataset from Web of Science. The findings indicate the dominance of topics related to climate policy and transition risks, whose importance has increased significantly after 2015. At the same time, issues concerning physical risks – such as climate-related disasters, water resources, and flood risk – are also present, though less prominently represented. A particularly notable gap concerns direct references to macroprudential policy objectives. The comparative analysis also reveals geographical differentiation: in countries pursuing intensive climate policies (e.g., EU member states), research is predominantly focused on transition risks, whereas in regions particularly exposed to extreme weather events (e.g., India), the emphasis is placed on physical risks. Analyses based on Web of Science abstracts confirm the conclusions drawn from Scopus publications. The findings highlight the need for further research on the integration of climate-related risks into macroprudential policy.

Keywords: climate change, financial stability, BERTopic, macroprudential policy

JEL Codes: G01, G28, Q54, Q58

Wstęp

Stabilność systemu finansowego staje się coraz częściej analizowanym tematem w kontekście zmiany klimatu. Zmiana ta generuje zarówno ryzyko fizyczne (związane przede wszystkim z ekstremalnymi zdarzeniami pogodowymi), jak i transformacji (wynikające z kosztów polityki klimatycznej). Literatura wskazuje, że oba te wymiary ryzyka mogą w istotny sposób oddziaływać na banki, rynki kapitałowe, sektor ubezpieczeniowy oraz gospodarkę realną, a przez to kształtować ryzyko systemowe. Mimo rosnącej liczby badań, brakuje całościowych ujęć porządkujących zagadnienia zmiany klimatu w literaturze naukowej dotyczącej stabilności finansowej.

Celem artykułu jest sprawdzenie, w jakim stopniu literatura naukowa identyfikuje i opisuje mechanizmy łączące zmianę klimatu ze stabilnością finansową. Podstawą analizy był zbiór ponad tysiąca abstraktów artykułów naukowych pozyskanych z bazy Scopus. Do modelowania tematów zastosowano metodę BERTopic (Grotenendorst 2022), opartą na reprezentacjach językowych typu BERT, która znajduje szerokie zastosowanie w literaturze naukowej dotyczącej modelowania tematów (np. Aristei i in. 2025; Tang i in. 2024). Przyjęte podejście pozwoliło na identyfikację i interpretację głównych wątków badawczych oraz ich powiązań z kategoriami ryzyka klimatycznego (fizycznego i transformacji), celami polityki makroostrożnościowej oraz wymiarem geograficznym badań. W celu oceny trwałości uzyskanych wniosków przeprowadzono dodatkową analizę porównawczą (tzw. *robustness check*) na zbiorze abstraktów z bazy Web of Science.

Artykuł wnosi istotny wkład do literatury dotyczącej powiązań między zmianą klimatu a stabilnością finansową. Po pierwsze, porządkuje istniejące badania poprzez systematyzację głównych tematów, co ułatwia zrozumienie dominujących wątków oraz ich wzajemnych relacji. Po drugie, analiza wykazuje luki badawcze, zwłaszcza w zakresie odniesień do zarządzania ryzykiem klimatycznym w ramach polityki makroostrożnościowej, podkreślając potrzebę dalszych badań w tym obszarze. Po trzecie, artykuł podkreśla geograficzne zróżnicowanie w podejściu do ryzyka klimatycznego – od badań akcentujących zagrożenia fizyczne po te koncentrujące się na ryzykach transformacyjnych związanych z polityką klimatyczną. Zestawienie afiliacji autorów pozwala dostrzec, że różne regiony w odmienny sposób lokują swoje priorytety badawcze, co pośrednio odzwierciedla, które rodzaje ryzyka są szczególnie istotne z perspektywy poszczególnych gospodarek.

Artykuł składa się z kilku części. Część druga obejmuje przegląd literatury, którego celem jest przedstawienie teoretycznych podstaw dla późniejszych analiz. Część trzecia zawiera opis metody badawczej i obejmuje proces pozyskania danych, przygotowanie tekstów abstraktów oraz zastosowanie modelu BERTopic. W części czwartej zaprezentowano wyniki analiz, w tym strukturę wyodrębnionych tematów, ich powiązania z kategoriami ryzyka klimatycznego i celami polityki makroostrożnościowej, a także wymiar geograficzny. Część piąta podsumowuje przeprowadzone badania i formułuje wnioski dalszych badań nad systemowym znaczeniem ryzyka klimatycznego.

1. Przegląd literatury

Przegląd literatury w niniejszym artykule podporządkowany jest przyjętej metodzie badawczej i pełni funkcję podstawy teoretycznej dla dalszych analiz. Jego struktura odzwierciedla kolejne kroki badania i została zorganizowana w sposób umożliwiający późniejsze porównania semantyczne abstraktów z wybranymi definicjami i kategoriami analitycznymi. W pierwszej części przeglądu literatury zostaje omówione pojęcie ryzyka systemowego, które stanowi punkt odniesienia nie tylko dla rozważań nad stabilnością finansową, lecz także dla właściwego doboru literatury poddanej dalszej analizie. Następnie zostaną przedstawione cele polityki makroostrożnościowej, stanowiące ramy regulacyjne zarządzania ryzykiem systemowym. Kolejna część poświęcona jest ryzyku klimatycznemu, z uwzględnieniem jego dwóch podstawowych wymiarów – fizycznego i transformacji (często też określanego jako ryzyko przejścia) – oraz ich potencjalnego wpływu na stabilność finansową. Ostatni fragment przeglądu literatury zwraca uwagę na geograficzne zróżnicowanie ryzyka klimatycznego i jego konsekwencje dla systemu finansowego w skali globalnej. Tak skonstruowany przegląd pozwala na wyraźne powiązanie części teoretycznej z częścią empiryczną artykułu.

Punktem wyjścia do rozważań nad stabilnością systemu finansowego jest pojęcie ryzyka, które należy do najbardziej fundamentalnych kategorii w ekonomii i finansach. W kontekście stabilności finansowej ryzyko utożsamiane jest z czynnikami, które mogą prowadzić do zaburzeń w funkcjonowaniu systemu jako całości. Szczegółowo

gólne znaczenie zyskuje w tym kontekście pojęcie ryzyka systemowego. Zgodnie z definicją przedstawioną w art. 4 ust. 15 ustawy z dnia 5 sierpnia 2015 r. o nadzorze makroostrożnościowym nad systemem finansowym i zarządzaniu kryzysowym w systemie finansowym: *ryzyko systemowe rozumie się jako ryzyko zakłócenia w funkcjonowaniu systemu finansowego, które w razie jego materializacji zaburza działanie systemu finansowego i gospodarki narodowej jako całości, którego źródłem mogą być w szczególności tendencje związane z nadmierną dynamiką akcji kredytowej lub zadłużenia i związane z nimi nierównowagi w zakresie cen aktywów, niestabilne modele finansowania, rozkład ryzyka w systemie finansowym, powiązania pomiędzy instytucjami finansowymi lub nierównowagi makroekonomiczne i sektorowe*. Jak wskazuje Smaga (2020), ryzyko systemowe cechuje się kilkoma właściwościami, które odróżniają je od innych rodzajów ryzyka finansowego. Należą do nich m.in.: gwałtowność i trudna przewidywalność zmian, zaburzenie podstawowych funkcji systemu finansowego, znacząca skala zjawiska, zmienny charakter jego źródeł, efekt zarażania (ang. *contagion*) wynikający z silnych powiązań pomiędzy instytucjami, a także możliwość doprowadzenia do niewypłacalności wielu podmiotów jednocześnie. Szczególnie istotne jest to, że materializacja ryzyka systemowego nie tylko prowadzi do spadku zaufania wobec instytucji finansowych, lecz także wywołuje konsekwencje dla gospodarki realnej, powodując istotne koszty społeczne i gospodarcze.

Przytoczenie definicji ryzyka systemowego ma w tym kontekście znaczenie metodologiczne – stanowi ono punkt odniesienia do dalszych analiz, w których badana będzie literatura naukowa dotycząca powiązań między stabilnością finansową a ryzykiem klimatycznym. Jasne zdefiniowanie kategorii ryzyka systemowego umożliwia później precyzyjne wykorzystanie słów kluczowych w procesie eksploracji abstraktów, a tym samym pozwala uchwycić, w jaki sposób badania nad zmianami klimatu odnoszą się do zagadnień stabilności finansowej.

Nierozzerwalnie z pojęciem ryzyka systemowego wiąże się konieczność wypracowania odpowiedniej struktury jego ograniczania i zarządzania nim, co znalazło odzwierciedlenie w rozwoju polityki makroostrożnościowej (MFW 2013; ESRB 2014). Zgodnie z podejściem Europejskiej Rady ds. Ryzyka Systemowego (ESRB), podstawowym celem polityki makroostrożnościowej jest ochrona stabilności systemu finansowego jako całości poprzez zapobieganie i łagodzenie ryzyk systemowych. Wyróżnia się pięć głównych obszarów, z których mogą wynikać te ryzyka (ESRB 2014):

1. Nadmierny wzrost akcji kredytowej i dźwigni finansowej.
2. Nadmierna luka terminowa i niedostateczna płynność rynku.
3. Koncentracja ekspozycji bezpośrednich i pośrednich.
4. Niewłaściwe bodźce prowadzące do ryzyka pokusy nadużycia (*moral hazard*).
5. Niewystarczająca odporność infrastruktury finansowej.

Obszary te stanowią zarazem cele pośrednie polityki makroostrożnościowej. Ich wyróżnienie pozwala na uporządkowanie i dopasowanie odpowiednich instrumentów tej polityki w taki sposób, aby skutecznie ograniczać ryzyko systemowe

i wzmocniać odporność całego systemu. Co więcej, w kontekście przedstawionej w dalszej części analizy, precyzyjne wydzielenie tych celów ma znaczenie metodologiczne – zidentyfikowane cele posłużą bowiem następnie jako punkt odniesienia w porównaniach semantycznych literatury naukowej, co umożliwi ocenę, w jakim stopniu badania akademickie podejmują temat priorytetów polityki makroostrożnościowej.

Nowym rodzajem ryzyka, które coraz częściej jest wymieniane w kategoriach ryzyka systemowego, jest ryzyko klimatyczne. W literaturze rozróżnia się dwa rodzaje ryzyka klimatycznego – ryzyko fizyczne i ryzyko transformacji (NGFS 2019; Kurowski 2024). Ryzyko fizyczne odnosi się do konsekwencji finansowych wywołanych przez skutki zmiany klimatu. Obejmuje ono zarówno nagłe i ekstremalne zjawiska pogodowe, jak powodzie, huragany czy długotrwałe susze, jak i procesy o charakterze chronicznym – wzrost średnich temperatur, podnoszenie się poziomu mórz czy postępującą degradację ekosystemów. Zjawiska te mogą skutkować znacznymi stratami materialnymi, rosnącymi obciążeniami dla sektora ubezpieczeniowego oraz obniżeniem wartości aktywów, które stanowią zabezpieczenie dla zobowiązań finansowych. Lamperti i in. (2019) podkreślają, że zmiana klimatu znacząco zwiększy częstotliwość kryzysów bankowych – od 26% do nawet 248%. Ratowanie niewypłacalnych banków na skutek zmiany klimatu może obciążyć finanse publiczne dodatkowymi kosztami rzędu 5–15% PKB rocznie. W efekcie relacja długu publicznego do PKB może się podwoić. Około jedna piąta tych skutków wynika z pogorszenia jakości bilansów banków wywołanego przez zmianę klimatu. Narzędzia makroostrożnościowe zmniejszają koszty ratunkowe, lecz tylko w ograniczonym zakresie. Autorzy podkreślają, że nieuwzględnianie systemu finansowego w zintegrowanych modelach klimatyczno-ekonomicznych prowadzi do niedoszacowania skutków zmiany klimatu. Postępująca zmiana klimatu sprawia, że ryzyko klimatyczne zyskuje na znaczeniu, m.in. z powodu rosnącej częstotliwości i intensywności ekstremalnych zjawisk pogodowych (IPCC 2021).

Drugim kluczowym typem ryzyka klimatycznego jest ryzyko transformacji. Odnosi się ono do konsekwencji finansowych wynikających z procesów dostosowania gospodarki do wymogów polityki klimatycznej i przejścia w kierunku niskoemisyjnej formy rozwoju (NGFS 2019; Kurowski 2024). Ryzyko to obejmuje takie zmiany regulacyjne, jak wprowadzenie opłat za emisję CO₂ (ang. EU-ETS – EU Emissions Trading System) (Osorio i in. 2021), zaostrzenie norm środowiskowych (Wang, Wang 2024), postęp technologiczny (Daumas 2024) i zmieniające się preferencje konsumentów (Rai i in. 2019). Transformacja gospodarki wiąże się z możliwością deprecjacji aktywów wysokoemisyjnych i powstaniem aktywów osieroconych (ang. *stranded assets*). Zjawisko to może istotnie obniżyć wartość portfeli inwestycyjnych i pogorszyć sytuację finansową przedsiębiorstw, które pozostają zależne od paliw kopalnych (Caldecott i in. 2016; Cahen-Fourot 2024). Battiston i in. (2017) wskazują z kolei, że sektory szczególnie narażone na zmiany regulacji klimatycznych stanowią istotny udział w portfelach udziałowych inwestorów instytucjonalnych, zwłaszcza funduszy inwestycyjnych i emerytalnych. Co więcej, ekspozycja portfeli kredytowych banków na te sektory jest porównywalna z poziomem ich fun-

duszy własnych. Transformacja gospodarki, choć wiąże się z istotnymi kosztami dla systemu finansowego, pozostaje rozwiązaniem mniej obciążającym dla gospodarki niż potencjalne straty wynikające z narastania ryzyka fizycznego w przypadku braku zdecydowanej polityki klimatycznej (EUNB 2021).

Ryzyko klimatyczne ma wyraźny wymiar geograficzny, który różnicuje jego skalę oraz charakter w poszczególnych krajach i regionach. W przypadku ryzyka fizycznego zróżnicowanie to wynika przede wszystkim z odmiennych warunków klimatycznych oraz podatności na ekstremalne zjawiska pogodowe. Kraje tropikalne i wyspiarskie są szczególnie narażone na cyklony, powodzie czy podnoszenie się poziomu mórz (Lal i in. 2002), podczas gdy regiony południowej Europy częściej odczuwają skutki długotrwałych fal upałów i susz (Tripathy, Mishra 2023). Oznacza to, że instytucje finansowe funkcjonujące w różnych częściach świata mierzą się z odmiennym profilem ryzyka fizycznego. W przypadku ryzyka transformacji źródłem geograficznego zróżnicowania są przede wszystkim różnice w polityce klimatycznej i regulacjach poszczególnych państw (Truffer i in. 2015). Wprowadzenie wysokich cen emisji CO₂ w jednych gospodarkach może prowadzić do deprecjacji aktywów wysokoemisyjnych i zwiększonej presji na sektor finansowy, podczas gdy kraje opóźniające działania regulacyjne w krótkim okresie mogą zyskać przewagę konkurencyjną dla niektórych branż. Zjawisko to określane jest w literaturze mianem „efektu jazdy na gapę” (ang. *free-rider effect*) – część państw korzysta z działań innych, nie ponosząc od razu kosztów transformacji, choć w długim okresie wiąże się to z większym ryzykiem gwałtownej i kosztownej adaptacji (Roy 2020). Zróżnicowanie geograficzne w zakresie obu typów ryzyka oznacza, że skutki zmiany klimatu dla stabilności finansowej nie są jednorodne. Globalny system finansowy staje się przez to bardziej podatny na efekty przenoszenia ryzyka pomiędzy regionami, a brak skoordynowanej polityki klimatycznej zwiększa ryzyko niestabilności o charakterze systemowym (FSB 2023).

W dalszej części artykułu obydwa typy ryzyka zostaną przeanalizowane w ujęciu bibliometrycznym i semantycznym na podstawie zbioru abstraktów publikacji naukowych. Analizie zostanie poddany nie tylko sposób, w jaki literatura odnosi się do systemowego znaczenia ryzyka fizycznego i transformacji, ale również to, w jakim stopniu widoczne są różnice geograficzne w badaniach prowadzonych w różnych regionach świata.

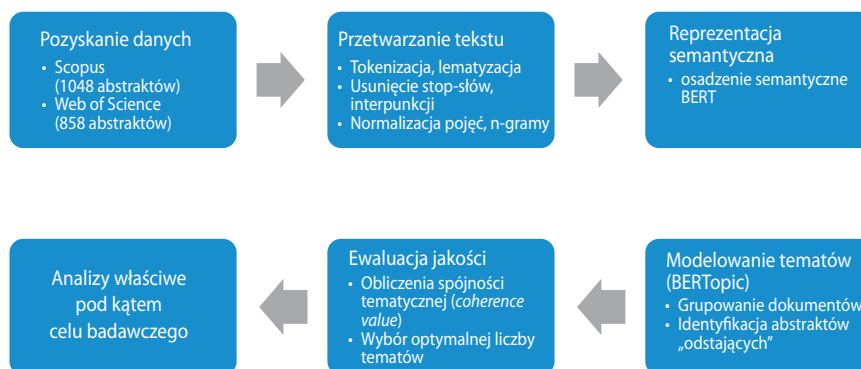
2. Metoda badawcza

W literaturze dotyczącej modelowania tematów w zbiorze tekstów szeroko stosowana jest metoda LDA (ang. *Latent Dirichlet Allocation*), która grupuje dokumenty na podstawie współwystępowania słów w korpusie (Blei i in. 2003). Choć LDA pozostaje ważnym narzędziem, jej ograniczeniem jest to, że opiera się głównie na analizie częstotliwości i współwystępowania wyrazów, przez co trudniej uchwycić subtelne zależności semantyczne między tekstami. W niniejszym badaniu zastosowano metodę BERTopic (Grootendorst 2022), która łączy klasyczne podejście

oparte na wektorach słów z nowoczesnymi modelami językowymi typu BERT. Dzięki temu możliwe jest uwzględnienie znaczenia słów w kontekście, co pozwala na dokładniejsze rozróżnienie tematów i lepszą interpretowalność wyników. Dodatkową zaletą BERTopic jest możliwość identyfikacji dokumentów, które nie pasują jednoznacznie do żadnego tematu i są oznaczane jako tzw. outliersy. W naszym przypadku do tej kategorii model zaklasyfikował około 19% abstraktów. Jest to wynik mieszczący się w akceptowalnym zakresie w badaniach nad tekstami o wysokiej różnorodności treści, a jednocześnie świadczy o tym, że zdecydowana większość publikacji daje się przypisać do spójnych klastrów tematycznych.

Przyjęta metoda BERTopic obejmuje kilka następujących etapów: przygotowanie i wstępne przetwarzanie danych, utworzenie reprezentacji semantycznej abstraktów, modelowanie tematów, ocena jakości uzyskanych wyników oraz analizy właściwe (trendów czasowych, wymiaru geograficznego i powiązań z polityką makroostrożnościową). Dla przejrzystości procedura analizy tekstu została przedstawiona schematycznie na rysunku 1.

Rysunek 1. Podejście do analizy abstraktów



Źródło: opracowanie własne.

Pierwszym krokiem analizy było zgromadzenie materiału źródłowego w postaci abstraktów artykułów naukowych. W tym celu wykorzystano dwie wiodące bazy publikacji – Scopus oraz Web of Science. Bazę Web of Science wykorzystano jako analizę porównawczą dla bazy Scopus w celu oceny „odporności” uzyskanych rezultatów. Kryterium wyszukiwania stanowiły frazy odnoszące się zarówno do ryzyka klimatycznego (w tym jego wymiaru fizycznego i transformacyjnego), jak i do stabilności finansowej oraz powiązanych pojęć regulacyjnych. Wyszukiwanie przeprowadzono na podstawie logicznie zbudowanej kwerendy, obejmującej m.in. takie terminy, jak: *climate risk*, *transition risk*, *physical risk*, *emissions trading system*, *EU ETS*, *CBAM*, *climate policy*, *climate stress test*, w zestawieniu z pojęciami z obszaru stabilności finansowej: *financial stability*, *systemic risk*, *macroprudential*, *pruden-*

tial supervision, czy stranded assets. W rezultacie uzyskano 1048 abstraktów z bazy Scopus oraz 858 abstraktów z bazy Web of Science, co zapewnia reprezentatywny zbiór publikacji do dalszej analizy. W załączeniu przedstawiono wyniki wstępnej analizy zbioru danych: (1) łączną liczbę tokenów w abstraktach w ujęciu rocznym dla Scopus i Web of Science oraz (2) rozkład długości abstraktów (liczba tokenów na dokument) pokazany jako histogram wraz z krzywą gęstości (*kernel density estimation*, KDE).

W kolejnym etapie przygotowano teksty abstraktów do analizy metodą BERTopic. Proces ten obejmował tokenizację tekstów², sprowadzenie wyrazów do form podstawowych (np. *banks* → *bank*, *emissions* → *emission*) oraz kanonizację pojęć w celu ujednolicenia wariantów zapisu (np. *heat wave* → *heatwave*). Zastosowano rozbudowane listy stop-słów, obejmujące zarówno najczęstsze słowa funkcjonalne, jak i terminy techniczne oraz powtarzające się frazy domenowe, jak *climate change* czy *financial stability*, które nie wносиły wartości różnicującej (tj. występowały w niemalże wszystkich abstraktach). Teksty zostały także poddane normalizacji polegającej m.in. na usunięciu interpunkcji, cyfrowych zapisów. W analizie uwzględniono również n-gramy (do bigramów), co pozwoliło uchwycić złożone konstrukcje semantyczne, jak *carbon_price* czy *renewable_energy*. Dzięki temu powstała znormalizowana reprezentacja tekstów, odpowiednia do dalszego modelowania semantycznego i tematycznego.

W trzecim etapie każdy abstrakt został przekształcony w wektor liczb opisujących jego znaczenie semantyczne. W tym celu wykorzystano model językowy typu BERT, należący do rodziny modeli transformatorowych (Reimers oraz Gurevych, 2019). Modele te uczą się kontekstu słów na podstawie ogromnych zbiorów tekstów, dzięki czemu potrafią wychwytywać nie tylko pojedyncze terminy, lecz także relacje między nimi. W efekcie każdy dokument otrzymuje tzw. embedding, czyli wielowymiarową reprezentację liczbową, która zachowuje podobieństwa semantyczne pomiędzy tekstami. Oznacza to, że abstrakty poruszające podobne zagadnienia (np. dotyczące ryzyka fizycznego klimatu czy regulacji transformacyjnych) będą miały wektory bliskie względem siebie w przestrzeni semantycznej. Taka reprezentacja stanowi podstawę dalszej analizy tematycznej i pozwala na grupowanie tekstów według treści, a nie tylko powierzchownych słów kluczowych.

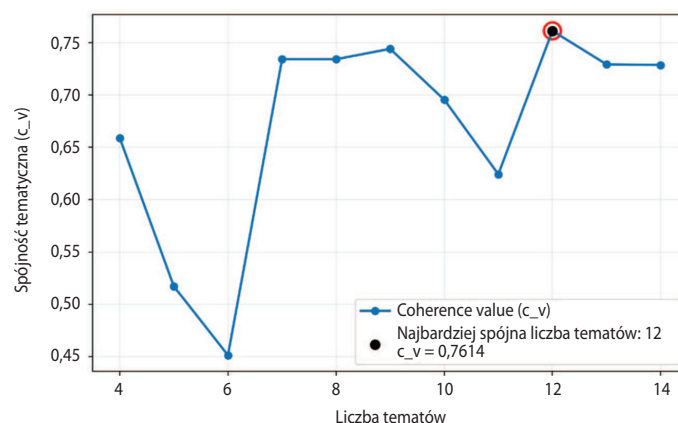
Przed ostatecznym wyborem liczby wiodących tematów obecnych w abstraktach przeprowadzono analizę modeli z różną liczbą tematów (od 5 do 15). Każdy wariant oceniono przy pomocy miary coherence value c_v ³, która mierzy spójność semantyczną tematu na podstawie współwystępowania jego słów kluczowych

² Tokenizacja to proces dzielenia tekstu na mniejsze jednostki – tzw. tokeny. Najczęściej tokenem jest pojedyncze słowo, ale w zależności od reguł tokenizacji mogą to być również liczby, symbole, a nawet połączenia słów (np. bigramy typu *carbon price*). Pojęcie „token” jest więc szersze od „słowa”, ponieważ obejmuje wszystkie jednostki tekstowe, które zostają wydzielone i przekazane do dalszej analizy.

³ Im wyższe c_v , tym częściej słowa opisujące dany temat współwystępują w dokumentach, co wskazuje na większą spójność tematu.

w korpusie (tj. zbioru wszystkich abstraktów wykorzystanych w badaniu). Na rysunku 2 przedstawiono zależność wartości c_v od liczby tematów; jako model finalny przyjęto wariant maksymalizujący c_v . Taka procedura ogranicza arbitralność wyboru liczby analizowanych tematów występujących w literaturze i zapewnia, że uzyskane tematy są zarówno spójne językowo, jak i sensowne merytorycznie. Na podstawie wskaźnika spójności tematycznej (coherence c_v) optymalną strukturą okazał się model z 12 tematami.

Rysunek 2. Spójność semantyczna (c_v) w zależności od liczby tematów w modelu BERTopic (Scopus)



Źródło: opracowanie własne.

Każdy z 12 tematów wyodrębnionych przy użyciu modelu BERTopic został opisany zestawem słów kluczowych (*top-n words*), które w największym stopniu oddają jego treść. Efektem końcowym zastosowania modelu BERTopic było przypisanie każdego abstraktu do jednego z wyodrębnionych tematów.

Ostatnim etapem było przyporządkowanie abstraktów do kategorii ryzyka i celów polityki makroostrożnościowej. Na początku, w odniesieniu do ryzyka fizycznego i transformacji, zastosowaliśmy definicje z raportu EUNB (2020) jako punkt odniesienia semantycznego: każdy abstrakt porównywano z tymi definicjami i przypisywano do kategorii ryzyka klimatycznego o najwyższym podobieństwie. Następnie, aby przypisać abstrakty do jednego z pięciu celów makroostrożnościowych, użyliśmy hybrydowego wzorca: średnia z dwóch miar podobieństwa liczonych z równą wagą (50/50) – (i) do definicji regulacyjnych z ESRB/2013/1 oraz (ii) do reprezentatywnych artykułów naukowych wybranych dla każdego celu (wzrost akcji kredytowej i dźwigni: Alessi, Detken 2018; luka terminowa i płynność: Bai i in. 2018; koncentracje ekspozycji: Giudici i in., 2020; niewłaściwe bodźce i pokusa nadużycia: Farhi, Tirole 2012; odporność infrastruktury: Vargas-Herrera i in. 2023).

Jeśli żaden cel nie osiągał minimalnego kosinusowego podobieństwa 0,45⁴, abstrakt oznaczaliśmy jako „brak odniesienia do celu”. Taka procedura łączy zgodność z intencją regulacyjną ESRB z językiem i akcentami obecnymi w aktualnej literaturze.

3. Wyniki analiz

Wyniki przeprowadzonych analiz zostaną przedstawione w kilku uzupełniających się krokach. W pierwszej kolejności zostaną zaprezentowane zestawy słów kluczowych charakterystycznych dla poszczególnych tematów wyodrębnionych w zbiorze abstraktów z bazy Scopus, co pozwoli uchwycić ich podstawowy profil semantyczny. Następnie zostanie wykorzystana miara podobieństwa kosinusowego, aby określić wzajemne relacje i podobieństwo semantyczne pomiędzy tematami. Kolejnym elementem jest analiza dynamiczna, ukazująca, w jaki sposób znaczenie poszczególnych tematów zmieniało się w czasie. W dalszej części sprawdzono, w jakim stopniu tematy można powiązać z kategoriami ryzyka fizycznego i transformacji, a także z celami polityki makroostrożnościowej określonymi przez Europejską Radę ds. Ryzyka Systemowego. Uzupełnieniem jest perspektywa geograficzna, pozwalająca na wskazanie regionalnych różnic w zakresie poruszanych zagadnień. Ostatecznie w celu oceny odporności uzyskanych rezultatów (tzw. *robustness check*) wyniki uzyskane na podstawie bazy Scopus zostały porównane z analogiczną analizą przeprowadzoną dla abstraktów z Web of Science.

W pierwszym etapie analiz omówiono wyniki modelowania tematycznego przeprowadzonego na zbiorze abstraktów z bazy Scopus. Każdy z wyodrębnionych tematów został opisany zestawem reprezentatywnych słów kluczowych, a następnie otrzymał etykietę opisową odzwierciedlającą jego główną treść. W ten sposób możliwe było uchwycenie głównych nurtów badawczych w literaturze dotyczącej powiązań między stabilnością finansową a ryzykiem klimatycznym. Zestawienie słów kluczowych oraz przypisanych nazw tematów przedstawiono w tabeli 1.

⁴ Zbliżone podejście, również z zastosowaniem progu 0,45, przyjęli Boutaleb i in. (2024), uzasadniając ten wybór koniecznością uchwycenia powiązań semantycznych w sytuacji, gdy analizowane kategorie są niepełne i ogólne. Podobnie w naszym badaniu próg 0,45 pozwala wychwycić treści semantyczne związane z ogólnie sformułowanymi celami ESRB.

Tabela 1. Tematy badawcze poruszane w abstraktach (Scopus)

Nr tematu	Reprezentatywne słowa na podstawie modelu BERTopic	Przypisana nazwa tematu
1.	'climate policy', 'impact climate', 'macroeconomic', 'climate transition', 'bank sector', 'equity', 'firms', 'regulation', 'sector', 'portfolio'	Polityka klimatyczna i makroekonomia
2.	'climate policy', 'energy sector', 'fossil_fuel reserves', 'fossil_fuel industry', 'renewable_energy', 'renewable', 'coal power', 'fossil_fuel', 'power generation', 'developing country'	Energetyka i paliwa kopalne
3.	'resilience', 'natural disaster', 'disaster management', 'natural hazard', 'resilient', 'infrastructures', 'ecosystem', 'infrastructure', 'disaster', 'climate adaptation'	Katastrofy klimatyczne i odporność
4.	'supply_hydropower generation_environment', 'water availability', 'water resource', 'water management', 'water supply_hydropower', 'water utilities', 'hydropower generation', 'supply_hydropower', 'hydrological', 'water supply'	Zasoby wodne i energetyka wodna
5.	'china carbon', 'carbon efficiency', 'enterprise emission', 'carbon market', 'environmental regulation', 'carbon neutrality', 'green innovation', 'green development', 'carbon credit', 'inequality renewable_energy'	Rynki węglowe i transformacja Chin
6.	'bank regulation', 'bank supervision', 'bank stability', 'bank liquidity', 'bank', 'bank capital', 'affected bank', 'supervision central_bank', 'loan', 'bank albania'	Regulacje bankowe i stabilność sektora bankowego
7.	'global institutions', 'global governance', 'international relations', 'global public_policy', 'globalization', 'global challenges', 'emerging powers', 'foreign relations', 'global public', 'governance'	Globalne zarządzanie zmianą klimatu
8.	'tropical cyclone', 'weather', 'monsoon', 'severe cyclone', 'cyclone', 'wind_speed intensity', 'range weather', 'cyclone amphan', 'cyclone track', 'indian ocean'	Ekstremalne zjawiska pogodowe – cyklony i monsuny
9.	'natural_resource threats', 'ecosystem services', 'traditional resource', 'reforestation', 'forest_based micro_entrepreneurs', 'grazing', 'forestry', 'forest_based bioeconomy', 'agroforestry', 'conservation'	Ekosystemy i zasoby naturalne
10.	'insurance policy', 'insurer explicitly', 'insurer margin', 'insurance stability', 'insurer', 'affects insurer', 'insurer profits', 'insurance', 'insurers', 'insurance instability'	Stabilność sektora ubezpieczeniowego
11.	'crop_insurance', 'area_yield insurance', 'yield insurance', 'index_insurance', 'crop yield', 'insurance subsidy', 'mutual insurance', 'insurance', 'yield variability', 'yield_yield dependence'	Ubezpieczenia rolnicze
12.	'flood households', 'flood hazard', 'flood estimates', 'costs flood', 'flood resilience', 'challenges housing', 'uncertain flood', 'responsibility flood', 'flooded populations', 'flood'	Ryzyko powodziowe i ekspozycja gospodarstw domowych

Źródło: opracowanie własne.

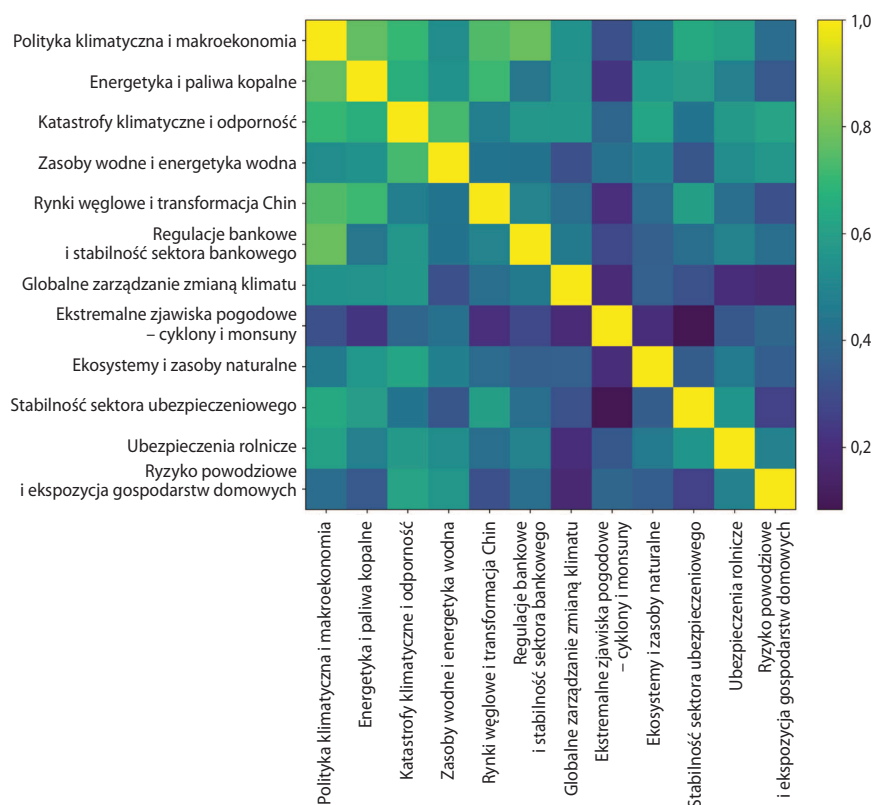
Analiza wyodrębnionych tematów wskazuje, że część z nich w sposób bezpośredni i oczywisty odwołuje się do kluczowych zagadnień łączących zmianę klimatu ze stabilnością finansową. Należą do nich m.in. *polityka klimatyczna i makroekonomia* (temat 1), w którym wyraźnie widoczne są kwestie regulacyjne oraz wpływ polityki klimatycznej na sektor finansowy i portfele inwestorów, czy *regulacje bankowe i stabilność sektora bankowego* (temat 6), koncentrujące się na instytucjonalnym wymiarze odporności systemu finansowego. Jednak niektóre tematy ujawniają mniej oczywiste, a zarazem niezwykle interesujące obszary badań nad powiązaniem między zmianą klimatu a stabilnością systemu finansowego. Wskazać tu można chociażby *zasoby wodne i energetykę wodną* (temat 4) czy *ekosystemy i zasoby naturalne* (temat 9). Analiza tematu *zasoby wodne i energetyka wodna* ujawniła istotne powiązania pomiędzy zmianami hydrologicznymi a bezpieczeństwem energetycznym oraz potencjalnymi konsekwencjami dla stabilności finansowej. Prognozowane spadki i rosnąca zmienność przepływów wodnych oddziałują bezpośrednio na wydajność hydroenergetyki, co w przypadku krajów silnie uzależnionych od tego źródła energii może prowadzić do wzrostu ryzyka zakłóceń w dostawach i zwiększenia podatności gospodarki na szoki energetyczne (Senni i in. 2024). Mając świadomość, że zasoby wodne stanowią fundament dla funkcjonowania wielu sektorów gospodarki, a tym samym dla kondycji finansowej podmiotów obsługiwanych przez instytucje finansowe, zarówno Network for Greening the Financial System (NGFS 2023), jak i De Nederlandsche Bank w swoich analizach dotyczących ryzyk związanych z naturą (*nature-related risks*) podkreślają konieczność uwzględniania zagrożeń hydrologicznych w ramach oceny stabilności finansowej (Tiems i in. 2024).

Drugim z mniej oczywistych, a jednocześnie niezwykle istotnych mechanizmów powiązań między zmianą klimatu a stabilnością finansową jest utrata bioróżnorodności oraz degradacja zasobów naturalnych. Temat ten został wyraźnie uchwycony przez model BERTopic w postaci kategorii *ekosystemy i zasoby naturalne*. Analiza tego wątku poszerza tradycyjne spojrzenie na stabilność finansową, wykraczając poza zagadnienia czysto regulacyjne i rynkowe, a obejmując perspektywę ekologiczną. Degradacja środowiska – np. wylesianie czy utrata jakości gleb – przekłada się na realne ryzyka finansowe, zwłaszcza dla sektorów gospodarki zależnych od kapitału naturalnego. W badaniach De Nederlandsche Bank oszacowano, że inwestycje o wartości 510 mld euro, co odpowiada 36% analizowanego portfela banków, funduszy emerytalnych i zakładów ubezpieczeń w Holandii, są krytycznie uzależnione od usług ekosystemowych (van Toor i in. 2020). Z kolei Ceglar i in. (2024), w opracowaniu opublikowanym w *Economic Bulletin Europejskiego Banku Centralnego*, wskazują, że około 75% wszystkich kredytów korporacyjnych w strefie euro zostało udzielonych przedsiębiorstwom, które są uzależnione od co najmniej jednej usługi ekosystemowej. Autorzy podkreślają przy tym, że: *ryzyka wynikające z degradacji środowiska naturalnego i utraty bioróżnorodności stanowią potencjalnie istotne wyzwanie dla traktatowego celu ESBC, jakim jest utrzymanie stabilności cen i stabilności finansowej* (Ceglar i in. 2024).

Analiza macierzy podobieństwa kosinusowego między tematami (rysunek 3) sugeruje, że większość zidentyfikowanych tematów jest wyraźnie rozróżnialna seman-

tycznie (tj. ma niską wartość podobieństwa kosinusowego). Oznacza to, że model BERTopic uchwycił odmienne i spójne obszary literatury. Z drugiej strony, w kilku przypadkach widoczne są wyższe wartości podobieństwa, np. pomiędzy tematami związanymi z polityką klimatyczną i energetyką czy też między zagadnieniami katastrof klimatycznych i ryzyka powodziowego. Jest to zjawisko w dużej mierze oczywiste, ponieważ polityka klimatyczna wprost oddziałuje na sektor energetyczny poprzez regulacje dotyczące emisji i transformacji źródeł wytwarzania energii, natomiast ryzyko powodziowe stanowi szczególny przykład skutków katastrof klimatycznych, odzwierciedlający bardziej szczegółowy wymiar tego szerszego zagadnienia.

Rysunek 3. Podobieństwo kosinusowe między analizowanymi tematami

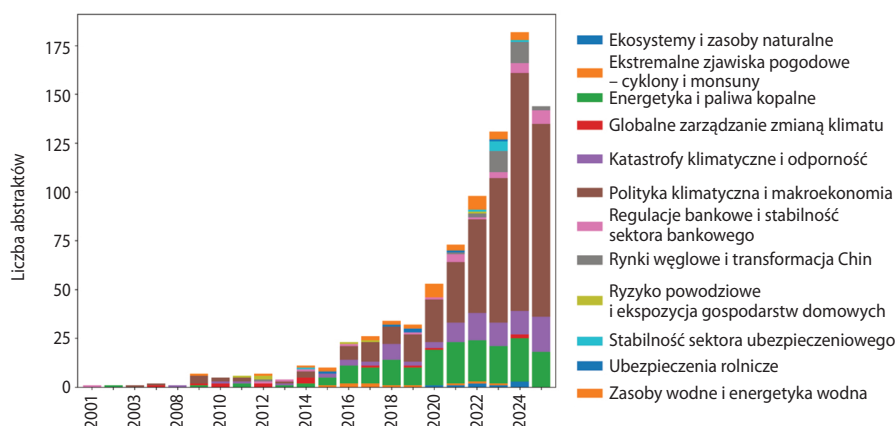


Objaśnienie: podobieństwo kosinusowe jest miarą zbliżenia semantycznego między wektorowymi reprezentacjami tematów; wartości bliższe 1 oznaczają większe podobieństwo treściowe, natomiast wartości niższe – wyraźniejsze odróżnienie pomiędzy tematami.

Źródło: opracowanie własne.

Kolejnym krokiem jest analiza zmian liczby abstraktów przypisanych do poszczególnych tematów w czasie. Na rysunku 4 przedstawiono skumulowaną liczbę abstraktów w podziale na dwanaście tematów zidentyfikowanych przez model BERTopic. Ujęcie to pozwala uchwycić, które zagadnienia zyskiwały na znaczeniu w kolejnych latach, a także wskazać momenty przełomowe w rozwoju literatury.

Rysunek 4. Skumulowana liczba abstraktów według tematów w latach 2000–2025



Objaśnienie: spadek liczby abstraktów w ostatnim roku (tj. 2025) nie oznacza rzeczywistego osłabienia zainteresowania badawczego, lecz wynika z faktu, że dane zostały pobrane w sierpniu 2025 r., a zatem nie obejmują całego roku kalendarzowego.

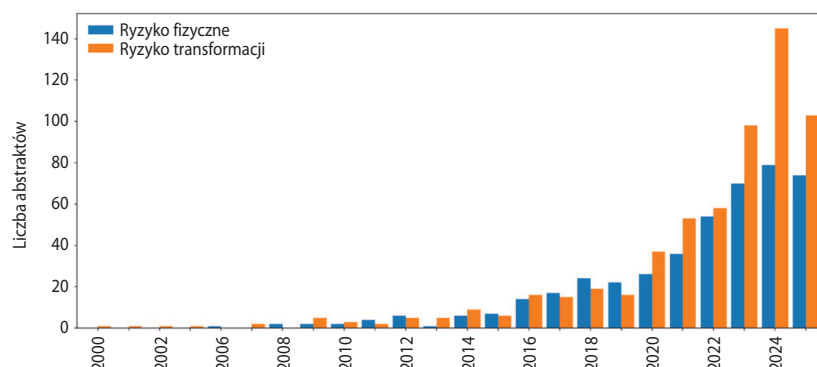
Źródło: opracowanie własne.

Do roku 2015 liczba publikacji pozostawała stosunkowo niska, a zainteresowanie tematami związanymi ze stabilnością finansową i ryzykiem klimatycznym miało charakter niszowy. Sytuacja zmienia się wyraźnie po 2015 roku, kiedy przyjęto Porozumienie Paryskie. Od tego momentu obserwuje się gwałtowny wzrost liczby publikacji – szczególnie w obszarze polityki klimatycznej, a także energetyki i paliw kopalnych. Jest to naturalna konsekwencja rosnącej presji regulacyjnej oraz włączenia sektora finansowego w realizację celów dekarbonizacji. Z punktu widzenia ryzyka polityka klimatyczna wiąże się z wieloma obciążeniami finansowymi dla przedsiębiorstw wysokoemisyjnych, które często korzystają z usług instytucji finansowych. Przykładem mogą być regulacje w zakresie mechanizmu EU-ETS oraz podatku węglowego, które, zgodnie z wynikami w literaturze, istotnie pogarszają sytuację podmiotów objętych tymi mechanizmami i wpływają na wzrost ryzyka kredytowego w bankach (np. Chherawala 2024; Nehrebecka 2025; Carbone i in. 2022). Warto też podkreślić, że skala tych regulacji może zagrażać stabilności finansowej. Przykładem mogą być badania Li i in. (2022). Autorzy ci analizują skutki podatku węglowego dla sektora bankowego w Chinach. Zgodnie z wynikami badania, istnieje wykładnicza zależność między poziomem podatku węglowego a ryzykiem

systemowym, przy czym powyżej określonego progu ryzyko to gwałtownie rośnie. Wyniki Li i in. (2022) wskazują także na istotne zróżnicowanie sektorowe i regionalne, co oznacza, że skuteczna polityka podatku węglowego wymaga uwzględnienia heterogeniczności w celu minimalizacji ryzyka systemowego.

Jak pokazuje tabela 1, wśród wyodrębnionych tematów obecne są zarówno wątki odnoszące się do ryzyka fizycznego – na przykład temat *ekstremalne zjawiska pogodowe – cyklony i monsuny* czy *ryzyko powodziowe i ekspozycja gospodarstw domowych* – jak i kwestie związane z ryzykiem transformacji, takie jak *polityka klimatyczna i makroekonomia* czy *rynki węglowe i transformacja Chin*. To potwierdza, że literatura naukowa dotycząca stabilności finansowej analizuje oba wymiary ryzyka klimatycznego. W kolejnym etapie przeanalizowano podobieństwo semantyczne abstraktów do definicji ryzyka fizycznego i ryzyka transformacji, zawartych w opracowaniu Europejski Urząd Nadzoru Bankowego (EUNB 2020). Takie podejście pozwoliło ocenić, w jakim stopniu badane publikacje wpisują się w dominujący w literaturze i praktyce nadzorczej podział ryzyka klimatycznego.

Rysunek 5. Liczba abstraktów odnoszących się do ryzyka fizycznego i ryzyka transformacji w latach 2000–2025



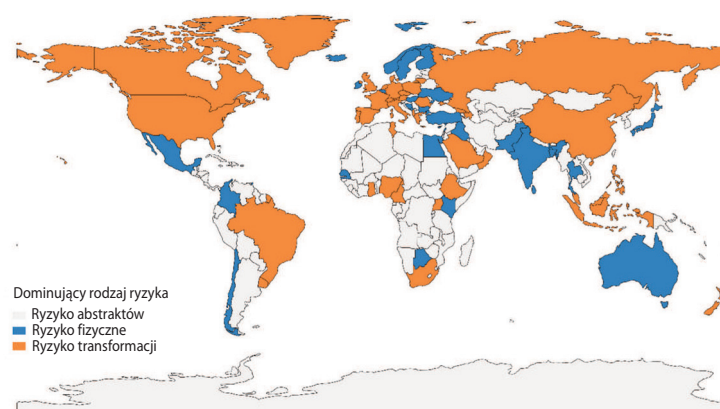
Źródło: opracowanie własne.

Zgodnie z tendencjami zilustrowanymi na rysunku 5 warto zaznaczyć, że choć ryzyko fizyczne (np. skutki ekstremalnych zjawisk pogodowych czy długotrwałych zmian klimatu) pozostaje istotnym przedmiotem badań, to od 2022 roku coraz większą uwagę zaczyna przyciągać ryzyko transformacji. W latach 2022–2025 liczba abstraktów podejmujących temat ryzyka transformacji znacząco przewyższa liczbę publikacji dotyczących ryzyka fizycznego, co wskazuje na rosnącą rolę zagadnień związanych z polityką klimatyczną, regulacjami emisyjnymi oraz transformacją sektorów gospodarki w dyskusji o stabilności finansowej.

Kolejnym etapem analizy jest ujęcie geograficzne, które pozwala uchwycić, jak rozkłada się zainteresowanie poszczególnymi typami ryzyka klimatycznego w literaturze

w zależności od kraju afiliacji autorów. Rysunek 6 przedstawia mapę świata, na której zaznaczono dominującą kategorię ryzyka klimatycznego – fizycznego (kolor niebieski) lub transformacyjnego (kolor pomarańczowy) – w badanych abstraktach przypisanych do poszczególnych państw. Szare pola oznaczają brak abstraktów w próbie.

Rysunek 6. Geograficzne zróżnicowanie dominującej kategorii ryzyka klimatycznego (fizycznego i transformacji)

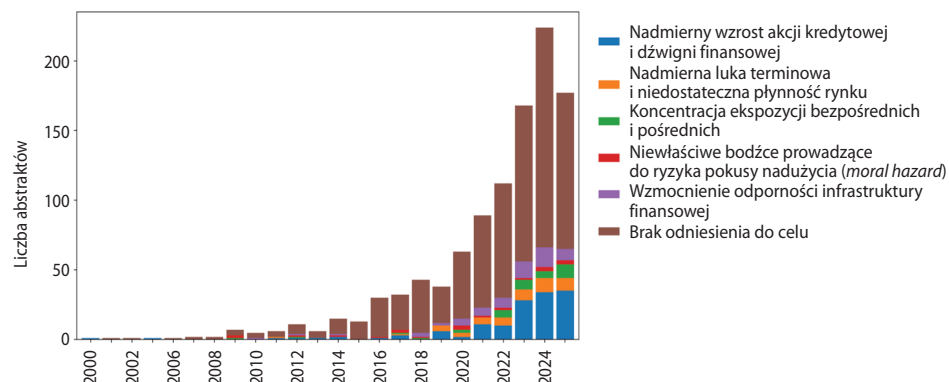


Źródło: opracowanie własne.

Analiza geograficzna uwidacznia zróżnicowanie przestrzenne badań nad ryzykiem klimatycznym. W krajach wysoko rozwiniętych, zwłaszcza w Europie Zachodniej i Ameryce Północnej, dominuje problematyka ryzyka transformacyjnego, co wiąże się z intensywnymi procesami regulacyjnymi i polityką dekarbonizacji. Natomiast w państwach bardziej narażonych na skutki bezpośrednie zmian klimatycznych – jak Indie (m.in. w wyniku pór monsunowych), czy Australia (m.in. w wyniku pożarów i powodzi) – większe znaczenie zyskuje ryzyko fizyczne.

Następnym krokiem analizy była ocena, w jakim stopniu badana literatura naukowa odnosi się do celów pośrednich polityki makroostrożnościowej. Punktem odniesienia stały się definicje tych celów zawarte w rekomendacji ESRB z 4 kwietnia 2013 r. (ESRB/2013/1) oraz artykułach naukowych wskazanych w opisie metody badawczej. Opracowania te przekształcono następnie w reprezentacje semantyczne z wykorzystaniem modelu Sentence-BERT. Każdy abstrakt został porównany z tymi definicjami na podstawie miary podobieństwa kosinusowego, a przypisanie następowało do tego celu, którego definicja była najbardziej zbliżona semantycznie do treści danego abstraktu. Wyniki analizy przedstawiono na rysunku 7.

Rysunek 7. Liczba abstraktów odnoszących się do poszczególnych celów pośrednich polityki makroostrożnościowej w latach 2000–2025



Źródło: opracowanie własne.

Tendencja zilustrowana na rysunku 7 podkreśla wyraźną dominację segmentu „Brak odniesienia do celu”. Oznacza to, że w większości abstraktów nie znajdujemy wystarczająco mocnych śladów operacjonalizacji w kategoriach konkretnych celów polityki makroostrożnościowej. Innymi słowy: literatura – mimo rosnącej skali – wciąż częściej opisuje mechanizmy i kanały oddziaływania ryzyka klimatycznego na sektor finansowy (np. wpływ ryzyka klimatycznego na ryzyko kredytowe, płynność czy wyceny), niż odwołuje się wprost do architektury zarządzania ryzykiem systemowym i narzędzi polityki makroostrożnościowej (np. buforów kapitałowych, limitów koncentracji, czy wymogów płynnościowych itd.). Jest to jednocześnie luka badawcza, która powinna stać się przedmiotem kolejnych badań oraz impulsem do prac koncepcyjnych nad nowymi instrumentami ostrożnościowymi dedykowanymi ryzyku klimatycznemu.

Wśród abstraktów, do których udało się przypisać konkretny cel makroostrożnościowy, relatywnie częściej występuje kategoria „nadmierny wzrost akcji kredytowej i dźwigni”, co jest spójne z klimatycznym kanałem ryzyka kredytowego. Mechanizm ten można utożsamiać z nadmiernym finansowaniem sektorów „brown” (np. górnictwa, energetyki węglowej). Literatura w tym zakresie potwierdza, że w części krajów wciąż utrzymują się istotne ekspozycje banków na sektory wrażliwe na regulacje polityki klimatycznej (np. Borsuk 2023; Battiston i in. 2020). Jednocześnie jednak literatura sygnalizuje ryzyko epizodów przewartościowania w segmentach „zielonych” aktywów (np. Malim Franco i in. 2025; Doksaeter, Bøckmann 2021). Ewentualne odwrócenie sentymentu względem tego rodzaju aktywów mogłoby skutkować gwałtownymi korektami cen oraz wzrostem ryzyka kredytowego w instytucjach finansujących transformację. Z perspektywy makroostrożnościowej uzasadnia to konieczność monitorowania tempa ekspansji kredytu zarówno w sektorach wysokoemisyjnych, jak i w obszarach intensywnie finansowanych przez kredyty zrównoważone środowiskowo (np. energetyka odnawialna). Wciąż jednak

udział kategorii „nadmierny wzrost akcji kredytowej i dźwigni” pozostaje skromny na tle „braku przypisania”.

W celu przeprowadzenia kontroli stabilności uzyskanych wyników (tzw. *robustness check*) powtórzono analizę na niezależnym zbiorze danych pochodzącym z bazy Web of Science. Dzięki temu możliwa jest weryfikacja, czy struktura tematyczna zidentyfikowana wcześniej na podstawie abstraktów ze Scopusu znajduje potwierdzenie również w innej bazie literaturowej. Należy przy tym zaznaczyć, że część publikacji indeksowana jest równocześnie w obu bazach, co oznacza, iż pewna liczba analizowanych abstraktów może się powtarzać. Wyniki analizy dla Web of Science zostały przedstawione w tabeli 2.

Tabela 2. Tematy badawcze poruszane w abstraktach (Web of Science)

Nr tematu	Reprezentatywne słowa na podstawie modelu BERTopic (Web of Science)	Przypisana nazwa tematu
1.	'bank sector', 'climate policy_uncertainty', 'climate policy', 'impact climate', 'economic growth', 'carbon market', 'financing', 'renewable_energy', 'regulation', 'environmental'	Polityka klimatyczna a sektor bankowy
2.	'carbon pricing', 'climate policy', 'fossil_fuel industry', 'carbon price', 'renewables', 'renewable', 'fossil_fuel', 'coal power', 'power generation', 'co2'	Energetyka i paliwa kopalne
3.	'bank sector', 'bank stability', 'bank france', 'bank', 'commercial bank', 'central_bank', 'macroeconomic', 'impact bank', 'inside debt', 'money market'	Stabilność sektora bankowego
4.	'disaster management', 'ecosystem', 'disaster', 'flood', 'critical infrastructures', 'climate impact', 'biodiversity patterns', 'risk_layering', 'resilience', 'biodiversity'	Katastrofy klimatyczne i odporność
5.	'supply_hydropower generation_environment', 'water availability', 'water resource', 'water supply_hydropower', 'supply hydropower', 'water management', 'water supply', 'supply_hydropower', 'hydropower generation', 'hydropower'	Zasoby wodne i energetyka wodna
6.	'international regulation', 'international institutions', 'international regulatory', 'international relations', 'globalization', 'international monetary', 'governance', 'foreign policy', 'institutions', 'international'	Globalne zarządzanie zmianą klimatu
7.	'tropical cyclone', 'monsoon', 'weather', 'severe cyclone', 'cyclone', 'wind_speed intensity', 'range weather', 'cyclone amphan', 'cyclone track', 'indian ocean'	Ekstremalne zjawiska pogodowe – cyklony i monsuny
8.	'insurance industry', 'insurance market', 'insurance companies', 'insurance sector', 'insurance', 'insurers non_financial', 'european insurers', 'insurers', 'insurance company', 'conventional insurance'	Stabilność sektora ubezpieczeniowego

Tabela 2. (cd.)

Nr tematu	Reprezentatywne słowa na podstawie modelu BERTopic (Web of Science)	Przypisana nazwa tematu
9.	'climate discourse', 'political climate', 'climate targets', 'polarization stakeholder', 'international climate', 'stakeholder', 'political debates', 'perceived endangered', 'outputs stakeholder', 'partisan polarization'	Polaryzacja polityczna i dyskurs klimatyczny (nowy temat)
10.	'extreme_weather_events income', 'income inequality', 'large_climate change', 'growth large_climate', 'growing income', 'social resilience', 'impact economic', 'measures income', 'resilience family', 'resilience score'	Nierówności dochodowe i odporność społeczna wobec zmian klimatu (nowy temat)
11.	'flood hazard', 'flood households', 'home flood', 'residential property', 'household exposure', 'flood', 'housing market', 'likely flood', 'housing', 'predict household'	Ryzyko powodziowe i ekspozycja gospodarstw domowych
12.	'utility asset', 'property asset', 'policy property', 'property', 'local governments', 'utilities', 'real estate', 'residential', 'estate', 'utility'	Rynek nieruchomości i aktywa komunalne (nowy temat)

Źródło: opracowanie własne.

Porównanie wyników uzyskanych ze Scopusu i Web of Science dowodzi, że zdecydowana większość tematów jest zbieżna, co potwierdza stabilność struktury tematycznej. W analizie Web of Science wyodrębniono jednak trzy nowe wątki: *polaryzacja polityczna i dyskurs klimatyczny*, *nierówności dochodowe i odporność społeczna wobec zmian klimatu* oraz *rynek nieruchomości i aktywa komunalne*. Ich pojawienie się jest uzasadnione ze względu na ich istotne znaczenie dla stabilności finansowej. Polaryzacja polityczna i częste zmiany rządzącej opcji politycznej zwiększają niepewność regulacyjną (Osofsky, Peel 2022). Ponadto rosnąca polaryzacja utrudnia działanie ograniczające zmianę klimatu (Berkebile-Weinberg i in. 2024), prowadząc tym samym do wzrostu ryzyka fizycznego. Z kolei nowy temat nierówności społecznych podkreśla różnice w zdolnościach adaptacyjnych wobec zmiany klimatu. Literatura wskazuje, że klimatyczne zagrożenia oddziałują nieproporcjonalnie na kraje i osoby o niższych dochodach. Społeczeństwa o niższych dochodach borykają się z większą ekspozycją na ekstremalne zdarzenia i mają ograniczone zdolności adaptacyjne. Jest to szczególnie widoczne w krajach rozwijających się, które – mimo że odpowiadają za stosunkowo niewielki wkład emisji – doświadczają największych strat i mają ograniczone zasoby instytucjonalne i finansowe, by je łagodzić (Wildowicz-Szumarska, Owsiak 2024; Taconet i in. 2020; Kurowski, Sokal 2023). Ostatecznie, czynniki te wraz z rosnącymi nierównościami dochodowymi osłabiają stabilność systemów społeczno-ekonomicznych wobec zmiany klimatu. Trzecim nowym tematem wyodrębnionym w analizie Web of Science jest *rynek nieruchomości i aktywa komunalne*. Obszar ten staje się coraz istotniejszy w kontekście

stabilności finansowej, gdyż rynek nieruchomości jest narażony zarówno na skutki ryzyka fizycznego (np. wpływ ryzyka powodziowego na ceny nieruchomości – Miller i Pinter 2022), jak i na konsekwencje regulacyjne wynikające z rosnących wymogów efektywności energetycznej (np. Damen, van Kempen 2025).

Analiza abstraktów z bazy Web of Science prowadzi do następujących wniosków, które pozostają spójne z wynikami uzyskanymi na podstawie bazy Scopus:

1. W badaniach dominuje tematyka powiązań polityki klimatycznej ze stabilnością finansową.
2. W ostatnich latach wyraźnie wzrasta znaczenie zagadnień związanych z ryzykiem transformacji (w znacznie większym zakresie niż ryzyko fizyczne).
3. Literatura koncentruje się przede wszystkim na mechanizmach oddziaływania zmian klimatu na stabilność finansową, natomiast w ograniczonym stopniu odwołuje się do kwestii zarządzania tym ryzykiem w ramach polityki makroostrożnościowej.

W Aneksie 2 przedstawiono wykresy ilustrujące powyższe wnioski na podstawie danych z Web of Science.

Podsumowanie

Zmiana klimatu postępuje w tempie, które coraz wyraźniej nadaje jej charakter ryzyka systemowego (Carney 2015). Skala i złożoność tego zjawiska powodują, że jego skutki przenikają do wszystkich segmentów gospodarki, a poprzez kanały finansowe mogą zagrażać stabilności całych systemów finansowych. Dlatego zrozumienie, w jaki sposób literatura naukowa ujmuje związki między klimatem a stabilnością finansową, jest kluczowe zarówno z perspektywy dalszych badań, jak i dla projektowania skutecznych narzędzi regulacyjnych.

Celem artykułu było sprawdzenie, w jaki sposób literatura naukowa identyfikuje mechanizmy łączące zmianę klimatu ze stabilnością finansową. Cel ten zweryfikowano poprzez analizę semantyczną ponad tysiąca abstraktów z bazy Scopus, uzupełnioną analizą stabilności uzyskanych wniosków na bazie abstraktów Web of Science. Zastosowano metodę BERTopic, umożliwiającą systematyzację wątków badawczych oraz ich przyporządkowanie do kategorii ryzyka klimatycznego i celów polityki makroostrożnościowej. Otrzymane wyniki wskazują, że w literaturze dotyczącej stabilności finansowej dominującym wątkiem pozostają kwestie polityki klimatycznej i jej implikacji dla systemu finansowego. Z perspektywy kategorii ryzyka klimatycznego szczególnego znaczenia w ostatnich latach nabiera ryzyko transformacyjne, które wyraźnie przewyższa zainteresowanie ryzykiem fizycznym. Świadczy to o rosnącym zainteresowaniu konsekwencjami regulacyjnymi i gospodarczymi polityki klimatycznej, które wydaje się, że w oczach badaczy mają obecnie silniejszy wpływ na stabilność systemu finansowego niż skutki ekstremalnych zjawisk pogodowych.

Wyniki analizy podkreślają również, że literatura w ograniczonym stopniu podejmuje problematykę zarządzania ryzykiem klimatycznym w ramach polityki makroostrożnościowej. Stanowi to wyraźną lukę badawczą, zważywszy na systemowy charakter ryzyka klimatycznego i jego potencjalne konsekwencje dla stabilności finansowej. W praktyce oznacza to, że istnieje konieczność rozwijania badań nad rolą instrumentów makroostrożnościowych dedykowanych zmianie klimatu. Refleksja nad tym, w jaki sposób istniejące narzędzia mogą zostać dostosowane do wyzwań klimatycznych, a także, czy konieczne jest wprowadzenie nowych rozwiązań regulacyjnych, wydaje się kluczowa zarówno dla regulatorów, jak i dla praktyki bankowej oraz ubezpieczeniowej.

Badanie ma pewne ograniczenia, które warto zaznaczyć. Po pierwsze, metoda BERTopic została zastosowana do względnie niewielkiej liczby abstraktów w porównaniu z innymi analizami bibliometrycznymi, co samo w sobie wskazuje na relatywnie niskie zainteresowanie naukowe tematyką powiązań między zmianą klimatu a stabilnością finansową. Po drugie, analizie poddano wyłącznie abstrakty, które nie zawsze w pełni oddają treść całych publikacji. Wykorzystanie pełnych tekstów mogłoby ujawnić dodatkowe wątki badawcze oraz pogłębić rozumienie mechanizmów łączących ryzyko klimatyczne i stabilność finansową.

Bibliografia

- Alessi L., Detken C. (2018), *Identifying excessive credit growth and leverage*. „Journal of Financial Stability”, 35.
- Aristei D., Bruno M., Guardabascio B., Ortame F. (2025), *From Financial Stability to Climate Change: A BERTopic Analysis of ECB and National Central Bank Speeches*, [w:] ICES 2025-3rd Italian Conference on Economic Statistics-BOOK OF SHORT PAPERS.
- Bai J., Krishnamurthy A., Weymuller C.H. (2018), *Measuring liquidity mismatch in the banking sector*. „The Journal of Finance”, 73(1).
- Battiston S., Guth M., Monasterolo I., Neudorfer B., Pointner W. (2020), *Austrian banks' exposure to climate-related transition risk*. „Financial Stability Report”, 40(November).
- Battiston S., Mandel A., Monasterolo I., Schütze F., Visentin G. (2017), *A climate stress-test of the financial system*. „Nature Climate Change”, 7(4).
- Berkebile-Weinberg M., Goldwert D., Doell K.C., Van Bavel J.J., Vlasceanu M. (2024), *The differential impact of climate interventions along the political divide in 60 countries*. „Nature communications”, 15(1).
- Blei D.M., Ng A.Y., Jordan M.I. (2003), *Latent dirichlet allocation*. „Journal of machine Learning research”, 3(Jan).
- Borsuk M. (2023), *Climate-policy-relevant sectors and credit risk*. „Journal of Credit Risk”.
- Boutaleb A., Picault J., Grosjean G. (2024), BERTrend: neural topic modeling for emerging trends detection. arXiv preprint arXiv:2411.05930.

Cahen-Fourot L. (2024), *Low-carbon transition, stranded assets, financial stability, and the role of central banks*. The Elgar Companion to Energy and Sustainability.

Caldecott B., Harnett E., Cojoianu T., Kok I., Pfeiffer A. (2016), *Stranded Assets: A Climate Risk Challenge*, A.R. Rios (red.). <https://doi.org/10.18235/0012646>

Carbone S., Giuzio M., Kapadia S., Krämer J.S., Nyholm K., Vozian K. (2022), *The low-carbon transition, climate commitments and firm credit risk* (No. 409), Sveriges Riksbank Working Paper Series.

Carney M. (2015), *Breaking the tragedy of the horizon—climate change and financial stability*. Speech given at Lloyd's of London, 29.

Ceglar A., Parker M., Pasqua C., Boldrini S., Gabet M., van der Zwaag S. (2024), *Economic and financial impacts of nature degradation and biodiversity loss*. „Economic Bulletin Articles”, 6.

Chherawala T. (2024), *Impact of Climate Transition Risk on Firm-Level Credit Risk: The Case of India's Steel Companies*. Prajnān, 53(1).

Damen S., Van Kempen T. (2025), *Mandatory energy efficiency disclosure policies and house prices*. „Journal of Housing Economics”, 67.

Daumas L. (2024), *Financial stability, stranded assets and the low-carbon transition—A critical review of the theoretical and applied literatures*. „Journal of Economic Surveys”, 38(3).

Doksæter E.S., Bøckmann J.A. (2021), *Is there a bubble within ESG stocks on Oslo Stock Exchange? An empirical analysis of the low risk rated ESG stocks in Norway* (Master's thesis, OsloMet—Oslo Metropolitan University).

EUNB (2020), Guide on climate-related and environmental risks Supervisory expectations relating to risk management and disclosure. <https://www.bankingsupervision.europa.eu/ecb/pub/pdf/ssm.202011finalguideonclimate-relatedandenvironmentalrisks~58213f6564.en.pdf>

EUNB (2021), Mapping climate risk: Main findings from the EU-wide pilot exercise. European Central Bank. <https://www.eba.europa.eu/eu-wide-pilot-exercise-climate-risk>

ESRB (2013), Recommendations European Systemic Risk Board Recommendation of the European Systemic Risk Board of 4 April 2013 on intermediate objectives and instruments of macro-prudential policy (ESRB/2013/1) (2013/C 170/01) https://www.esrb.europa.eu/pub/pdf/recommendations/2013/ESRB_2013_1.en.pdf

ESRB (2014), Flagship report on macro-prudential policy in the banking sector. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2849/26552>

European Central Bank (ECB) Banking Supervision (2020), *Guide on climate-related and environmental risks*. Frankfurt am Main.

Farhi E., Tirole J. (2012), *Collective moral hazard, maturity mismatch, and systemic bailouts*. American Economic Review, 102(1).

FSB (2023), Progress Report on Climate-Related Disclosures 2023 Report. <https://www.fsb.org/uploads/P121023-1.pdf>

Giudici P., Sarlin P., Spelta A. (2020), *The interconnected nature of financial systems: Direct and common exposures*. „Journal of Banking & Finance”, 112.

Grootendorst M. (2022), *BERTopic: Neural topic modeling with a class-based TF-IDF procedure*. arXiv preprint arXiv:2203.05794.

IPCC (2021), *Climate change 2021: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger et al., eds). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157896>

Kurowski Ł. (2024), *Ryzyko klimatyczne w sektorze bankowym*. Oficyna Wydawnicza SGH.

Kurowski Ł., Sokal K. (2023), *Polish household default risk and physical risk of climate change*. „Financial Internet Quarterly”, 19(3).

Lal M., Harasawa H., Takahashi K. (2002), *Future climate change and its impacts over small island states*. „Climate Research”, 19(3).

Lamperti F., Bosetti V., Roventini A., Tavoni M. (2019), *The public costs of climate-induced financial instability*. „Nature Climate Change”, 9(11).

Li S., Wang H., & Liu X. (2022), *The impact of carbon tax on financial stability*. „Environmental Science and Pollution Research”, 29(37).

Malim Franco J.P., Barasal Morales A., Laurini M. (2025), *When Green Turns Exuberant: Bubble Detection in Clean-Energy Markets*.

MFW (2013), *Key aspects of macroprudential policy*. IMF Policy Paper. International Monetary Fund. <https://www.imf.org/en/Publications/Policy-Papers/Issues/2016/12/31/Key-Aspects-of-Macroprudential-Policy-PP4798>

Miller R.G., Pinter N. (2022), *Flood risk and residential real-estate prices: evidence from three US counties*. „Journal of Flood Risk Management”, 15(2).

Nehrebecka N. (2025), *Short-and long-term effects of environmental factors on credit risk: evidence from polish publicly listed firms*. *Environment, Development and Sustainability*, 1–35.

NGFS (2019), *A Call for Action: Climate Change as a Source of Financial Risk*. London: Network for Greening the Financial System.

NGFS (2023), *Nature-related Financial Risks: a Conceptual Framework to guide Action by Central Banks and Supervisors*. https://www.ngfs.net/system/files/import/ngfs/medias/documents/ngfs_conceptual-framework-on-nature-related-risks.pdf

Osofsky H.M., Peel J. (2022), *„The Grass is Not Always Greener” Revisited: Climate Change Regulation Amid Political Polarization*. *Yale J. on Reg.*, 39, 815.

Osorio S., Tietjen O., Pahle M., Pietzcker R.C., Edenhofer O. (2021), *Reviewing the Market Stability Reserve in light of more ambitious EU ETS emission targets*. „Energy Policy”, 158.

Rai R., Kharel S., Devkota N., Paudel U.R. (2019), *Customers perception on green banking practices: A desk*. „The Journal of Economic Concerns”, 10(1).

Reimers N., Gurevych I. (2019), *Sentence-bert: Sentence embeddings using siamese bert-networks*. arXiv preprint arXiv:1908.10084.

Roy N.M. (2020), *Climate Change’s Free Rider Problem: Why We Must Relinquish Freedom to Become Free*. *Wm. & Mary Env’t L. & Pol’y Rev.*, 45, 821.

Senni C.C., Goel S., von Jagow A. (2024), *Economic and financial consequences of water risks: The case of hydropower*. „Ecological Economic”, 218.

Smaga P. (2020), *Polityka makroostrożnościowa w sektorze bankowym. Teoria i praktyka*. SGH Oficyna Wydawnicza, Warszawa.

Taconet N., Méjean A., Guivarch C. (2020), *Influence of climate change impacts and mitigation costs on inequality between countries*. „Climatic Change”, 160(1).

Tang W., Bu H., Zuo Y., Wu J. (2024), *Unlocking the power of the topic content in news headlines: BERTopic for predicting Chinese corporate bond defaults*. „Finance Research Letters”, 62.

Tiems I., Smid V., Ginter C. (2024), *Nature-related financial risks in our own account investments: An exploratory case study and deep dive in electric utilities*. De Nederlandsche Bank. <https://www.dnb.nl/media/q5jf0td4/dnb-analyse-nature-related-financial-risks-in-our-own-account-investments-an-exploratory-case-study-and-deep-dive-in-electric-utilities.pdf>

Tripathy K.P., Mishra A.K. (2023), *How unusual is the 2022 European compound drought and heatwave event?*. „Geophysical Research Letters”, 50(15).

Truffer B., Murphy J.T., Raven R. (2015), *The geography of sustainability transitions: Contours of an emerging theme*. „Environmental Innovation and Societal Transitions”, 17.

Van Toor J., Piljic D., Schellekens G., van Oorschot M., Kok M. (2020), *Indebted to nature: Exploring biodiversity risks for the Dutch financial sector*. De Nederlandsche Bank.

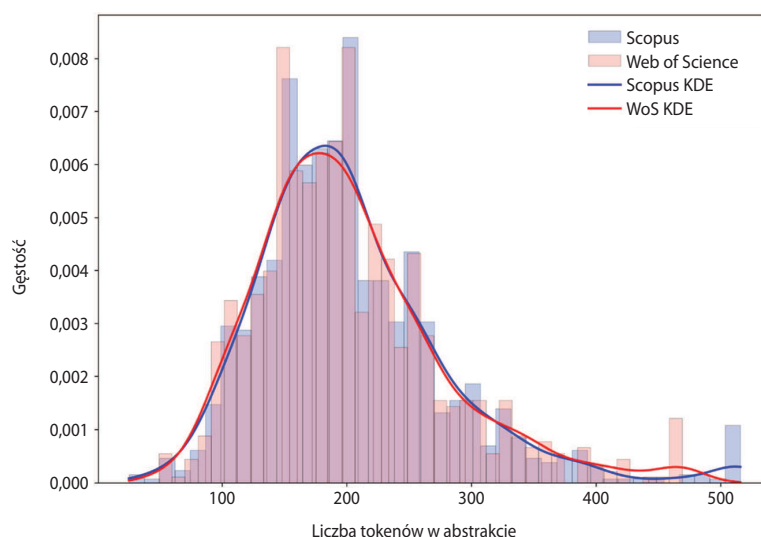
Vargas-Herrera H., Murcia A., Machado-Franco C.L., Cadena-Silva C.A., Cepeda-López F.H., Lemus-Esquivel J.S., ... Villalobos-Perez J. (2023), *Financial Infrastructure Report 2023*.

Wang J., Wang H. (2024), *Environmental regulation and corporate financial risk: The role of credit guarantees*. „Finance Research Letters”, 63.

Wildowicz-Szumarska A., Owsiak K. (2024), *Impact of climate change on income inequality. Implications for rich and poor countries*. Economics and Environment.

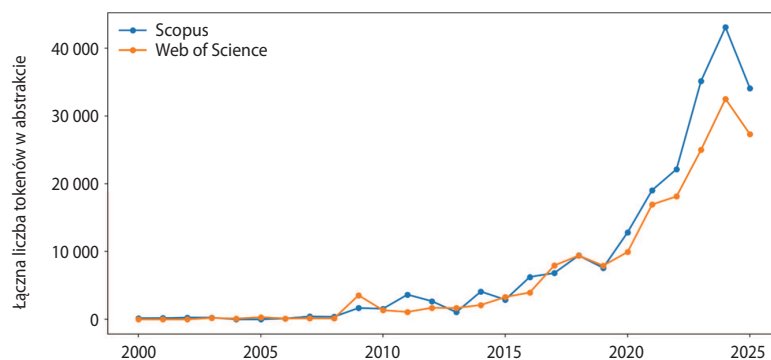
Aneks 1. Statystyki opisowe analizowanych abstraktów

Rysunek A1.1. Rozkład długości dokumentów w bazach Scopus i Web of Science



Źródło: opracowanie własne.

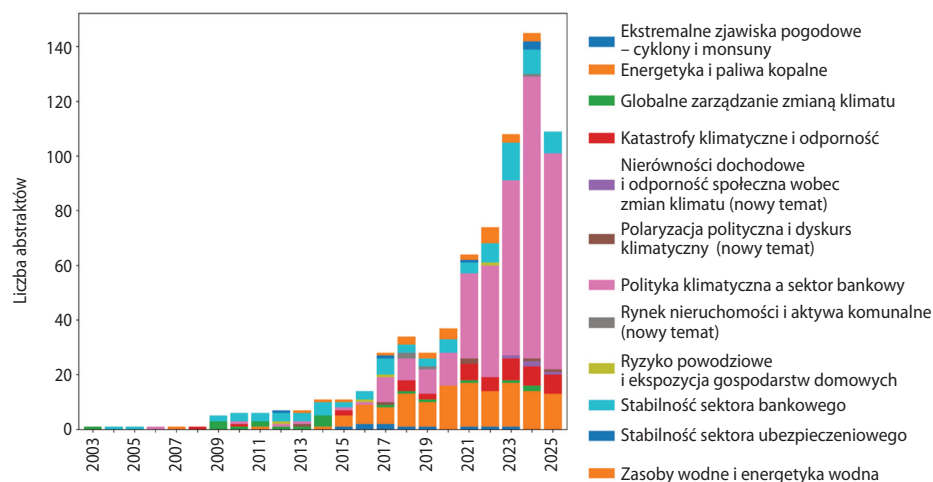
Rysunek A1.2. Łączna liczba tokenów w publikacjach rocznie (Scopus oraz Web of Science)



Źródło: opracowanie własne.

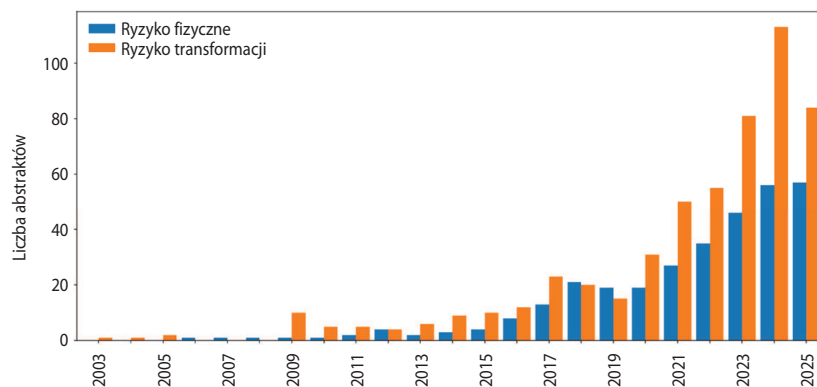
Aneks 2. Wyniki analiz dla bazy Web of Science

Rysunek A2.1. Skumulowana liczba abstraktów według tematów w latach 2003–2025 (Web of Science)



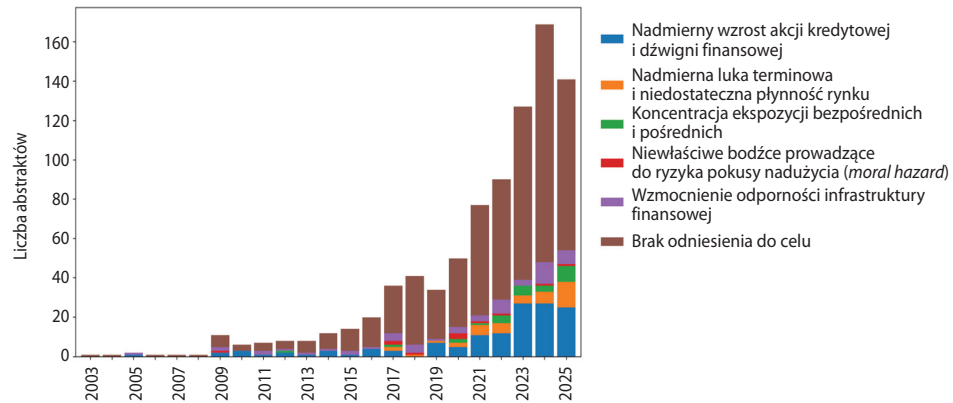
Źródło: opracowanie własne.

Rysunek A2.2. Liczba abstraktów odnoszących się do ryzyka fizycznego i ryzyka transformacji w latach 2003–2025 (Web of Science)



Źródło: opracowanie własne.

Rysunek A2.3. Liczba abstraktów odnoszących się do poszczególnych celów pośrednich polityki markoostrożnościowej w latach 2003–2025 (Web of Science)



Źródło: opracowanie własne.