

---

**SZKOŁA GŁÓWNA HANDLOWA W WARSZAWIE**  
**KOLEGIUM ANALIZ EKONOMICZNYCH**

**Skuteczność europejskiego systemu handlu  
uprawnieniami do emisji  
w ograniczaniu emisji dwutlenku węgla**

**mgr Paweł Opala**

**Autoreferat rozprawy doktorskiej  
napisanej pod kierunkiem naukowym  
dr hab. Piotra Ciżkowicza, prof. SGH**

**WARSZAWA, 2020**

---

## 1. Wprowadzenie

Swoboda emisji dwutlenku węgla do atmosfery przez przedsiębiorstwo jest przykładem zawodności rynku określanej mianem negatywnych efektów zewnętrznych. Zgodnie z teorią, rozwiązaniem tego problemu jest doprowadzenie do sytuacji, w której koszty emisji będą uwzględniane w decyzjach przedsiębiorstw emitujących gazy cieplarniane (tzw. internalizacja efektów zewnętrznych). W ujęciu klasycznym rozwiązanie to powinno polegać na nałożeniu na podmioty generujące negatywne efekty zewnętrzne podatku o stawce zapewniającej zrównanie krańcowych społecznych korzyści z emisji z krańcowymi społecznymi kosztami generowanymi przez te emisje (por. np. Pigou 1912, 1932).

W literaturze najczęściej wyróżnia się dwie klasy instrumentów służących ograniczaniu emisji dwutlenku węgla: instrumenty rynkowe (w tym tzw. podatek węglowy, mechanizmy *cap-and-trade* i *baseline-and-credit*)<sup>1</sup> oraz instrumenty nierynkowe, bazujące na odgórnie narzuconych ograniczeniach o charakterze regulacyjnym (por. np. Crocker, 1966; Dales, 1968; Baumol i Oates, 1971; Baumol, 1972; Montgomery, 1972; Duval, 2008; Aldy i Stavins, 2011; Mooij i in., 2012; Goulder i Schein, 2013)<sup>2</sup>.

W 2005 roku w Unii Europejskiej zaczął obowiązywać, bazujący na teoretycznej koncepcji mechanizmu *cap-and-trade*, system handlu uprawnieniami do emisji (tzw. *European Union Emission Trading System*, dalej: system EU-ETS). W ujęciu modelowym mechanizm *cap-and-trade* charakteryzuje się wysoką skutecznością środowiskową. Jednakże próba jego praktycznego zastosowania w złożonym otoczeniu społeczno-gospodarczym, instytucjonalnym i regulacyjnym wymusiła odejście od rozwiązania modelowego w wielu obszarach (Matthes i in., 2005). Najważniejsze odstępstwa modelu EU-ETS od teoretycznego mechanizmu *cap-and-trade* to:

- funkcjonowanie systemu EU-ETS w podziale na fazy, pomiędzy którymi może dochodzić do istotnych zmian w regułach działania mechanizmu,

---

<sup>1</sup>Podatek węglowy jest to podatek nakładany na surowce energetyczne, których spalanie wiąże się z emisją dwutlenku węgla, na różnym etapie cyklu życia tych surowców (np. wydobywanie, import, spalanie).

W kontekście emisji dwutlenku węgla, mechanizm *cap-and-trade* polega na stworzeniu przez regulatora ograniczonej liczby specjalnych certyfikatów, bez których emitowanie dwutlenku węgla jest zabronione. Certyfikaty te są następnie przekazywane podmiotom objętym mechanizmem, gdzie mogą podlegać swobodnemu handlowi.

Mechanizm *baseline-and-credit* polega na wyznaczeniu przez regulatora bazowej ścieżki dla poziomu emisji, najczęściej specyficznej dla konkretnych podmiotów lub projektów. Podmioty, u których faktyczne emisje okazują się niższe od tej ścieżki, otrzymują certyfikaty, które mogą sprzedać podmiotom, które wyemitowały więcej niż wynika to ze ścieżki bazowej. Te podmioty muszą bowiem rozliczyć nadwyżkowe emisje w ramach mechanizmu.

<sup>2</sup>Istnieją również mechanizmy dobrowolne, które nie wymagają ingerencji ze strony regulatora, jednak ich znaczenie w ograniczaniu emisji dwutlenku węgla jest znikome. W związku z tym nie były one szczegółowo omawiane w rozprawie.

- geograficznie ograniczony zasięg działania systemu, przy jednoczesnym globalnym charakterze emisji podlegających ograniczaniu<sup>3</sup>,
- darmowa alokacja uprawnień emisyjnych dla wielu sektorów, wprowadzana głównie w celu ograniczania kosztów systemu dla objętych instalacji oraz ograniczania ryzyka ucieczki emisji dwutlenku węgla poza system EU-ETS<sup>4</sup>,
- skomplikowany mechanizm alokacji powodujący wzrost kosztów administracyjnych i transakcyjnych systemu,
- brak przejrzystości procesu regulacyjnego.

**Liczne odstępstwa systemu EU-ETS od modelowego mechanizmu *cap-and-trade*, w połączeniu z silną wrażliwością systemu EU-ETS na bieżące kształtowanie się czynników zewnętrznych (np. otoczenie makroekonomiczne), mogły wpłynąć na zaburzenie sygnalnej roli ceny uprawnień do emisji i doprowadzić do istotnego osłabienia skuteczności systemu EU-ETS w ograniczaniu emisji. Zagadnienie to jest przedmiotem mojej rozprawy.**

Rozprawa wpisuje się w przynajmniej trzy wątki literatury.

Pierwszy dotyczy szeroko rozumianego zagadnienia efektów zewnętrznych oraz teoretycznych sposobów ich internalizacji, zaczynając od rozwiązań klasycznych (por. np. Sidgwick, 1883; Marshall, 1920; Pigou, 1932), po bardziej współczesne (por. np. Coase, 1960; Buchanan, 1969; Barnett, 1980).

<sup>3</sup>Często wskazuje się, że w takich warunkach mechanizm nie powinien obejmować instalacji wytwarzających emisje, a raczej konsumpcję produktów, których wytworzenie wiązało się z emisją dwutlenku węgla (por. np. Afionis i in., 2017). W takim rozwiązaniu mechanizm w mniejszym stopniu dotyka krajowe instalacje emitujące dwutlenek węgla, bowiem ograniczony jest wyłącznie do tej części ich produkcji, która służy wytworzeniu produktów konsumowanych w kraju. Mechanizm ten obejmuje natomiast produkty importowane, a tym samym również zagraniczną emisję, która była niezbędna do wytworzenia tych produktów. Co więcej, taki mechanizm może być liczony na bazie emisji wynikających nie tylko z procesu produkcji, ale również transportu produktów do końcowych odbiorców. Kluczową wadą takiego rozwiązania jest konieczność stworzenia złożonego systemu monitorowania emisji „zawartych” w produktach objętych mechanizmem.

<sup>4</sup>Zjawisko ucieczki dwutlenku węgla (ang. *carbon leakage*) polega na przenoszeniu produkcji charakteryzującej się relatywnie wysoką emisyjnością z obszaru objętego regulacjami ograniczającymi emisje do obszaru, gdzie takie regulacje nie występują lub są mniej restrykcyjne (Summerton, 2010; Kiuila i in., 2016). Przenoszenie to może mieć charakter bezpośredni (przedsiębiorstwo decyduje się zamknąć fabrykę w jednym miejscu i otworzyć w innym) lub pośredni (w efekcie regulacji konkurencyjność firm objętych systemem spada, co prowadzi do stopniowego wypierania ich przez podmioty zewnętrzne, nieobjęte regulacjami). Główną przyczyną występowania ryzyka ucieczki emisji dwutlenku węgla w systemie EU-ETS jest geograficzne ograniczenie zasięgu jego działania. Pokazuje to, że jedno odstępstwo systemu od założeń teoretycznych często generuje bodźce, przeciwdziałanie którym wymaga wprowadzania dalszych odstępstw.

Drugi dotyczy złożoności problemu internalizacji efektów zewnętrznych w obszarze emisji dwutlenku węgla oraz ograniczeń rozwiązań modelowych w tym zakresie (por. np. Baumol i Oates, 1971; Haites, 1991; Goulder i Pizer, 2006; Stern, 2008; Duval, 2008; Jamet i Corfee-Morlot, 2009; Mooij i in., 2012; Nordhaus i Sztorc, 2013).

Trzeci obejmuje prace koncentrujące się na empirycznej ocenie skuteczności środowiskowej wybranych metod ograniczania emisji dwutlenku węgla (por. np. Convery, 2009; Martin i in., 2010; Wrake i in., 2012; Laing i in., 2013; Martin i in., 2016). W tym wątku warto zwrócić uwagę na fakt, że o ile przed rozpoczęciem funkcjonowania systemu EU-ETS, a także w pierwszych kilku latach jego działania, ocena skuteczności środowiskowej systemu była zagadnieniem często poruszonym w literaturze, o tyle w późniejszym okresie nie poświęcano mu zbyt wiele uwagi. Niniejsza rozprawa, analizująca skuteczność środowiskową systemu EU-ETS w latach 2005-2016 wypełnia tę lukę. Ponadto, znaczna część badań, zwłaszcza powstałych w okresie pierwszych trzech lat od uruchomienia systemu, bazowała na bardzo uproszczonych i niedoskonałych metodach badawczych, stwarzających istotne ryzyko wyciągania błędnych wniosków z uzyskanych wyników. Przykładowo, w badaniach tych często nie kontrolowano w odpowiedni sposób wpływu bieżącej koniunktury na bieżące emisje. Zastosowana w niniejszej rozprawie metodyka badania własnego pozwala w znacznym stopniu uwzględnić te często pomijane lub ignorowane aspekty.

## 2. Cel rozprawy i hipotezy badawcze

Głównym celem rozprawy była weryfikacja tezy, zgodnie z którą w latach 2005-2016 system EU-ETS nie był skutecznym mechanizmem ograniczania emisji dwutlenku węgla w krajach i sektorach należących do systemu. W celu weryfikacji tej tezy, przyjęto cztery hipotezy szczegółowe. Zostały one określone w taki sposób, by ich potencjalne odrzucenie na podstawie przeprowadzonego badania wspierało słuszność postawionej tezy badawczej:

1. W latach 2005-2016 system EU-ETS stwarzał istotne bodźce do ograniczania emisji dwutlenku węgla dla objętych nim podmiotów w okresach silnego spowolnienia gospodarczego.
2. System EU-ETS jest w swojej konstrukcji bardzo zbliżony do modelowego, teoretycznego mechanizmu *cap-and-trade*.

3. Ewentualne odstępstwa systemu EU-ETS od modelowego, teoretycznego mechanizmu *cap-and-trade* nie miały negatywnego wpływu na jego skuteczność środowiskową w latach 2005-2016.
4. W latach 2005-2016 system EU-ETS przyczynił się do istotnego ograniczenia emisji dwutlenku węgla w instalacjach nim objętych.

### 3. Struktura rozprawy

Rozprawa składa się ze wstępu, pięciu rozdziałów i podsumowania.

Pierwszy rozdział ma na celu przegląd ekonomicznej literatury teoretycznej dotyczącej sposobów ograniczania emisji gazów cieplarnianych. Wychodząc od klasycznej teorii efektów zewnętrznych, w rozdziale tym omówiono teoretyczne koncepcje internalizacji efektów zewnętrznych w obszarze emisji dwutlenku węgla, a więc koncepcję opartą na regulacjach oraz różne rozwiązania w ramach podejścia rynkowego. Szczególną uwagę poświęcono teoretycznym podstawom systemu handlu uprawnieniami do emisji.

W rozdziale drugim przedstawiono genezę wprowadzenia systemu handlu uprawnieniami do emisji w Unii Europejskiej. Omówiono w nim pierwsze lata wspólnej polityki ochrony środowiska, koncepcję wprowadzenia podatku węglowego w latach dziewięćdziesiątych dwudziestego wieku, a także znaczenie i konsekwencje ramowej konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu oraz protokołu z Kioto z 1997 r. dla zmiany podejścia do ograniczania emisji dwutlenku węgla we Wspólnocie.

Rozdział trzeci omawia charakterystykę systemu EU-ETS i jego odstępstwa od teoretycznych podstaw modelu *cap-and-trade*. Określa również potencjalne skutki tych odstępstw dla skuteczności środowiskowej systemu. W analizie uwzględniono m.in. takie aspekty funkcjonowania systemu EU-ETS jak jego zasięg czasowy, w tym podział systemu na fazy, zasięg geograficzny oraz sektorowy, zasady pierwotnego przydziału uprawnień do emisji, powiązanie systemu EU-ETS z innymi mechanizmami ograniczania emisji, zmienność regulacyjną, a także rolę ceny uprawnienia do emisji w ramach systemu.

W rozdziale czwartym przedstawiono przegląd badań empirycznych analizujących *ex-post* skuteczność środowiskową systemu EU-ETS. W przeglądzie dokonano podziału badań empirycznych w dwóch wymiarach: przyjętej metody badawczej oraz mierzonego zjawiska.

W pierwszym wymiarze wyróżniono badania bazujące na (i) wynikach wywiadów jakościowych i ankietach, często przeprowadzanych na niewielkich grupach przedsiębiorstw

objętych systemem oraz (ii) badania statystyczne i ekonometryczne, w których ocena skuteczności środowiskowej systemu EU-ETS dokonywana jest na większych próbach, najczęściej z wykorzystaniem danych wtórnych z różnych źródeł.

W drugim wymiarze wyróżnione zostały badania skupiające się na wpływie systemu EU-ETS na bieżące emisje oraz badania oceniające wpływ systemu na inwestycje w czyste technologie, które mają znaczenie dla skuteczności środowiskowej systemu w długim okresie.

Rozdział piąty prezentuje własne badanie empiryczne. Szczegółowo wyjaśniono i uzasadniono w nim zaproponowaną metodę badawczą oraz wskazano i opisano dane wykorzystywane w badaniu. Następnie przedstawiono procedurę estymacji zastosowaną w badaniu własnym oraz omówiono uzyskane wyniki.

Wnioski płynące z przeprowadzonych analiz przedstawiono w podsumowaniu rozprawy.

## **4. Metody badawcze i uzyskane wyniki**

### **4.1. Metody badawcze**

W celu weryfikacji hipotez badawczych, w rozprawie wykorzystano zestaw zróżnicowanych metod badawczych:

1. Przegląd i szczegółowa analiza literatury teoretycznej dotyczącej internalizacji efektów zewnętrznych, w tym dotyczącej modelowego mechanizmu *cap-and-trade*, ze szczególnym uwzględnieniem sposobu generowania bodźców do ograniczania emisji oraz przyjmowanych w mechanizmie założeń.
2. Krytyczna ocena dotychczasowego sposobu funkcjonowania systemu EU-ETS, ze szczególnym uwzględnieniem odstępstw systemu od modelowego mechanizmu *cap-and-trade* i ich potencjalnego wpływu na skuteczność środowiskową systemu.
3. Przegląd badań empirycznych analizujących *ex-post* wpływ systemu EU-ETS na bieżące emisje dwutlenku węgla oraz na inwestycje w czyste technologie, służące ograniczeniu emisji w dłuższej perspektywie.

4. Ekonometryczny model wykorzystujący estymator klasy *DD* (od ang. *difference-in-difference*), służący do oceny skuteczności środowiskowej systemu EU-ETS w latach 2005-2016. Wykorzystanie tego typu estymatora jest powszechnie stosowaną praktyką w badaniach ewaluacyjnych. Metoda ta polega na wyodrębnieniu w badaniu dwóch grup: grupy eksperymentalnej, która objęta jest oddziaływaniem pewnego bodźca oraz grupy kontrolnej, która jest tego bodźca pozbawiona. Ponadto, wyróżnia się w niej okres sprzed nałożenia bodźca oraz okres, w którym ten bodziec działa. Niekiedy możliwe jest rozszerzenie podejścia o kolejne wymiary. W niniejszej rozprawie możliwe było wyróżnienie trzech wymiarów: geograficznego (podział na kraje, w których funkcjonuje system EU-ETS oraz kraje nieobjęte systemem), czasowego (okres przed oraz w trakcie funkcjonowania systemu EU-ETS) oraz sektorowego (podział na sektory objęte oraz nieobjęte systemem EU-ETS). Tak skonstruowany estymator określa się mianem estymatora *DDD* (od ang. *difference-in-difference-in-difference*). Uwzględnienie dodatkowego wymiaru w badaniu pozwala na lepsze wychwycenie potencjalnego czynnika różnicującego wartości badanej zmiennej niezależnie od interwencji.

Wykorzystany w rozprawie model ekonometryczny przyjął następującą postać:

$$Y_{itk} = \alpha + \gamma D_i + \delta P_t + \zeta S_k + \sigma D_i P_t + \varsigma D_i S_k + \tau P_t S_k + \rho D_i P_t S_k + X'_{it} \beta + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

gdzie:

- $Y_{itk}$       roczna dynamika emisji dwutlenku węgla w kraju  $i$ , roku  $t$  i sektorze  $k$ ;
- $D_i$           zmienna binarna określająca przynależność jednostki (kraju)  $i$  do grupy eksperymentalnej ( $D = 1$ ) lub kontrolnej ( $D = 0$ ). Zmienna  $D_i$  w modelu przyjmuje wartość 1 dla tych krajów uwzględnionych w badaniu, które należały do systemu EU-ETS według stanu na dzień 31.12.2016<sup>5</sup>. Dla pozostałych krajów uwzględnionych w badaniu (grupa kontrolna), zmienna  $D_i$  przyjmuje wartość zero<sup>6</sup>;
- $P_t$           zmienna binarna identyfikująca okres przed ( $P_t = 0$ ) oraz w trakcie interwencji ( $P_t = 1$ ). Zmienna  $P_t$  przyjmuje w modelu wartość 0 dla lat 1992-2004, a więc dla okresu przed wprowadzeniem systemu EU-ETS, oraz

<sup>5</sup>Austria, Belgia, Bułgaria, Chorwacja, Czechy, Dania, Estonia, Finlandia, Francja, Niemcy, Grecja, Węgry, Irlandia, Włochy, Łotwa, Litwa, Holandia, Norwegia, Polska, Portugalia, Rumunia, Słowacja, Słowenia, Hiszpania, Szwecja i Wielka Brytania. Ze względu na niską jakość danych, z grupy eksperymentalnej zostały wykluczone: Cypr, Lichtenstein, Luksemburg, Islandia oraz Malta.

<sup>6</sup>Australia, Białoruś, Kanada, Japonia, Kazachstan, Nowa Zelandia, Rosja, Szwajcaria, Turcja, Ukraina oraz Stany Zjednoczone.

wartość 1 dla lat 2005-2016, a więc dla okresu w którym system EU-ETS funkcjonował<sup>7</sup>;

- $S_k$  zmienna binarna identyfikująca sektor nieobjęty oddziaływaniem interwencji ( $S_k = 0$ ) oraz sektor, który jest nim objęty ( $S_k = 1$ ). Zmienna  $S_k$  przyjmuje w modelu wartość 0 dla sektora transportowego, który znajduje się poza zasięgiem systemu EU-ETS<sup>8</sup> oraz wartość 1 dla sektora energetycznego, objętego systemem EU-ETS<sup>9</sup>;
- $X_{it}$  macierz zmiennych kontrolnych<sup>10</sup>;
- $\beta$  wektor estymowanych parametrów dla zmiennych kontrolnych;
- $\varepsilon_{it}$  błąd losowy.

Natomiast  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ,  $\rho$ ,  $\zeta$ ,  $\tau$ ,  $\rho$  oraz  $\beta$  to parametry (wektor parametrów w przypadku  $\beta$ ) estymowane w modelu ekonometrycznym. W tym modelu parametr  $\rho$  stanowi estymator *DDD*.

## 4.2. Uzyskane wyniki

Przeprowadzona w rozprawie analiza modelowego rozwiązania *cap-and-trade*, a także odstępstw systemu EU-ETS od tego mechanizmu, daje podstawy do odrzucenia pierwszej hipotezy szczegółowej na rzecz hipotezy alternatywnej, zgodnie z którą w okresie spowolnienia, system EU-ETS nie stwarzał istotnych bodźców do ograniczania emisji dwutlenku węgla. W modelowym mechanizmie *cap-and-trade*, regulator narzuca odgórnie dopuszczalną ścieżkę kształtowania się emisji dwutlenku węgla, a cena uprawnień jest pochodną narzuconej ścieżki. Tak więc, w rozwiązaniu modelowym bieżąca koniunktura gospodarcza nie ma wpływu na dopuszczalną ścieżkę emisji. W efekcie, w okresie spowolnienia, sztywna podaż uprawnień emisyjnych, w połączeniu z silnie obniżonym popytem na uprawnienia,

<sup>7</sup>W ramach analizy wrażliwości przebadany został również wariant, w którym z okresu interwencji wyłączono pierwszą, pilotażową fazę systemu EU-ETS, a więc lata 2005-2007.

<sup>8</sup>Grupa 1.A.3 według nomenklatury UNFCCC, z wyłączeniem podgrupy 1.AA.3.A - ponieważ od 2012r. system EU-ETS objął podsektor cywilnego transportu lotniczego, podsektor ten został wykluczony z badania.

<sup>9</sup>Grupa 1.A.1 według nomenklatury UNFCCC. Składa się na nią m.in. produkcja elektryczności i ciepła, rafinacja ropy naftowej oraz produkcja paliw stałych.

Należy zaznaczyć, że ze względu na specyfikę konstrukcji estymatora *DDD*, zmienna ta przyjmuje wartość 1 również w przypadku sektora energetycznego w krajach nieobjętych systemem EU-ETS.

<sup>10</sup>Zmiennymi kontrolnymi w badaniu były: realna roczna dynamika PKB, poziom PKB per capita, kwadrat poziomu PKB per capita, roczna dynamika przeciętnej temperatury powietrza, roczna dynamika odchylenia standardowego miesięcznych poziomów temperatury powietrza w danym roku oraz realne dynamiki cen ropy naftowej i węgla.

prowadzi do obniżenia ceny uprawnień emisyjnych i w efekcie kosztów emisji dla podmiotów objętych mechanizmem. Co więcej, ze względu na opisaną w rozprawie możliwość rozliczania uprawnień emisyjnych w czasie, osłabione bodźce do ograniczania emisji w systemie EU-ETS mogą przenosić się także na okres po spowolnieniu, jeśli tylko nadpodaż uprawnień na rynku była wystarczająco wysoka. Taki efekt występował w trakcie trzeciej fazy funkcjonowania systemu EU-ETS do 2017 r.

Weryfikacji drugiej hipotezy szczegółowej dokonano w rozdziale 3. Zidentyfikowano w nim szereg odstępstw systemu EU-ETS od rozwiązania modelowego. Odstępstwa te dotyczą funkcjonowania systemu w warunkach niedoskonałej konkurencji, zarówno na rynku produktów jak również na rynku uprawnień do emisji, ograniczeń w geograficznym, sektorowym oraz czasowym zasięgu systemu, występowania niepewności i niepełnej informacji w ramach systemu, współistnienia systemu EU-ETS z innymi regulacjami wpływającymi na wielkość emisji, sposobu alokacji uprawnień do emisji, poziomu skomplikowania, a także powiązania systemu z mechanizmami stosowanymi w innych krajach. Na podstawie tego zestawienia, drugą hipotezę szczegółową należy odrzucić na rzecz hipotezy alternatywnej, zgodnie z którą system EU-ETS charakteryzuje wiele odstępstw od modelowego, teoretycznego mechanizmu *cap-and-trade*.

Ponadto, jak wykazano w rozdziale 3, część ze zidentyfikowanych odstępstw systemu EU-ETS od rozwiązania modelowego może mieć negatywny wpływ na jego skuteczność środowiskową. Funkcjonowanie systemu EU-ETS w podziale na fazy stwarza bodźce do nieprzewidzianych w rozwiązaniu modelowym zachowań uczestników rynku, polegających na międzyokresowej optymalizacji wielkości emisji oraz liczby posiadanych uprawnień emisyjnych. Ograniczenie zasięgu geograficznego systemu stwarza ryzyko ucieczki dwutlenku węgla (ang. *carbon leakage*) poza obszar jego funkcjonowania, prowadząc jedynie do pozornego ograniczenia emisji. Nadal funkcjonujące (choć w coraz mniejszym zakresie) zasady darmowego, pierwotnego przydziału uprawnień dla instalacji generują bodźce do nadmiernej emisji (w przypadku alokacji bazującej na historycznych emisjach), tworzenia się grup interesu w ramach systemu, a także osiągnięcia nieuzasadnionych zysków przez niektóre instalacje (ang. *windfall profits*). Skuteczność środowiskową systemu osłabia również fakt występowania innych regulacji służących osiągnięciu podobnych celów w krajach i sektorach objętych systemem EU-ETS. Regulacje te bowiem prowadzą, *ceteris paribus*, do obniżenia ceny uprawnień emisyjnych w ramach systemu EU-ETS. Wreszcie, duża zmienność regulacyjna dotycząca zasad funkcjonowania systemu generuje niepewność wśród jego uczestników, istotnie utrudniając podejmowanie decyzji o inwestowaniu w technologie charakteryzujące się mniejszą emisyjnością. Na podstawie powyższych obserwacji odrzucono trzecią hipotezę szczegółową na rzecz hipotezy alternatywnej, zgodnie z którą przynajmniej niektóre ze zidentyfikowanych odstępstw systemu EU-ETS od mode-

lowego, teoretycznego mechanizmu *cap-and-trade* miały negatywny wpływ na skuteczność środowiskową tego systemu.

Czwarta hipoteza szczegółowa została zweryfikowana na podstawie przeglądu badań empirycznych dotyczących wpływu systemu EU-ETS na emisje dwutlenku węgla podsumowanego w rozdziale 4 oraz badania własnego opisanego w rozdziale 5.

Wnioski z przeglądu badań empirycznych nie są jednoznaczne. Badania skupiające się na pierwszym okresie funkcjonowania systemu EU-ETS (a często wręcz na pierwszym roku jego obowiązywania), wskazywały na efekt w postaci ograniczenia emisji na skutek wprowadzenia systemu EU-ETS. Jednak większość późniejszych analiz już takiego efektu nie odnotowała, sugerując że po 2008 r. głównym czynnikiem wpływającym na emisje dwutlenku węgla była bieżąca sytuacja gospodarcza. W tym kontekście trzeba pamiętać o często nieodpowiednim podejściu do kontrolowania czynników egzogenicznych (w tym koniunktury) w badaniach powstałych w początkowych latach funkcjonowania systemu EU-ETS.

W badaniu własnym, na podstawie danych empirycznych dla lat 1991-2016 z wykorzystaniem estymatora *DDD*, oszacowano wpływ systemu EU-ETS na dynamikę emisji dwutlenku węgla. Tabela 1 podsumowuje wyniki estymacji zmiennych binarnych w modelach zbudowanych dla pełnego zestawu zmiennych<sup>11</sup>. Na podstawie wyników modelowania można wyciągnąć szereg interesujących wniosków.

Po pierwsze, w całym badanym okresie (1992-2016) dynamika emisji dwutlenku węgla w krajach należących do grupy eksperymentalnej (tj. krajach, które według stanu na koniec 2016 r. należały do systemu EU-ETS) nie różniła się istotnie od dynamiki emisji w krajach z grupy kontrolnej. Po drugie, nieistotne statystycznie okazały się również zmienne  $P_t$  oraz  $S_k$ . Tym samym, przeciętnie we wszystkich badanych krajach nie odnotowano istotnego zróżnicowania dynamiki emisji dwutlenku węgla przed interwencją oraz w okresie po wprowadzeniu systemu EU-ETS, ani też pomiędzy sektorem energetycznym i transportowym. Po trzecie, we wszystkich przeanalizowanych specyfikacjach modelu istotna statystycznie okazała się zmienna  $D_i S_k$ . Oszacowanie parametru przy tej zmiennej (-0,0250) sugeruje, że w całym badanym okresie sektor energetyczny w grupie eksperymentalnej cechował się przeciętnie niższą dynamiką emisji niż sektor energetyczny w grupie kontrolnej oraz sektor transportowy w obu grupach. Po czwarte, również zmienna  $P_t S_k$

---

<sup>11</sup>W badaniu zbudowano także modele ze zredukowaną liczbą zmiennych. O ile nie zaznaczono inaczej, wnioski z analizy dla modeli zredukowanych były zbliżone do omówionych tutaj wniosków z modeli uwzględniających pełny zestaw zmiennych.

jest istotna statystycznie we wszystkich specyfikacjach modelu<sup>12</sup>. Ujemny znak oszacowanego parametru przy tej zmiennej (-0,0231) wskazuje, że po 2005 r. w sektorze energetycznym dynamika emisji była przeciętnie o 2,31 pkt. proc. niższa niż w tym sektorze przed 2005 r. oraz w sektorze transportowym w całym badanym okresie. Należy podkreślić, że obserwacja ta dotyczy całej próby, a więc zarówno krajów z grupy eksperymentalnej jak i kontrolnej. Efekt ten nie może być zatem konsekwencją wprowadzenia systemu EU-ETS.

Tabela 1: Wyniki estymacji zmiennych binarnych w modelach ze wszystkimi zmiennymi.

<i>zmienna objaśniana:</i> <i>d_emissions<sub>itk</sub></i>	<b>Pooled OLS</b> <b>(1)</b>	<b>RE</b> <b>(2)</b>	<b>Huber-White</b> <b>Pooled OLS</b> <b>(3)</b>
$D_i$	0.0100 (0.008) [0.211]	0.0100 (0.008) [0.210]	0.0100 (0.008) [0.210]
$P_t$	0.0039 (0.009) [0.676]	0.0039 (0.009) [0.676]	0.0039 (0.010) [0.686]
$S_k$	0.0057 (0.010) [0.565]	0.0057 (0.010) [0.565]	0.0057 (0.011) [0.587]
$D_i S_k$	-0.0250** (0.011) [0.026]	-0.0250** (0.011) [0.026]	-0.0250** (0.012) [0.037]
$D_i P_t$	-0.0214* (0.011) [0.053]	-0.0214* (0.011) [0.053]	-0.0214** (0.011) [0.045]
$P_t S_k$	-0.0231* (0.013) [0.078]	-0.0231* (0.013) [0.078]	-0.0231* (0.014) [0.088]
$D_i P_t S_k$	0.0187 (0.016) [0.230]	0.0187 (0.016) [0.230]	0.0187 (0.016) [0.242]

Oszacowania na podstawie próby składającej się z 1 742 obserwacji. W tabeli pominięto wyniki estymacji dla zmiennych kontrolnych oraz stałej w modelu.

Źródło: opracowanie własne.

Najistotniejszą zmienną w modelu była zmienna  $D_i P_t S_k$ , stanowiąca estymator *DDD*. Zmienna ta okazała się statystycznie nieistotna we wszystkich specyfikacjach modelu (statystyka *p* wyniosła od 0,230 do 0,242). Oznacza to, że system EU-ETS nie miał istotnego wpływu na dynamikę emisji dwutlenku węgla w sektorze energetycznym w latach

<sup>12</sup>Choć nie dla poziomu istotności 95% (statystyka *p* wyniosła, w zależności od specyfikacji modelu, od 0,078 do 0,088).

2005-2016 w krajach z grupy eksperymentalnej<sup>13</sup>. Wniosek ten utrzymany został również w przypadku modelu zbudowanego w ramach analizy odporności, w którym przesunięto okres rozpoczęcia interwencji z 2005 na 2008 r. Model ten został zbudowany w celu sprawdzenia, czy na uzyskane wyniki wpłynęłoby usunięcie z okresu interwencji pierwszej fazy funkcjonowania systemu EU-ETS, która miała charakter pilotażowy i charakteryzowała się relatywnie dużą podażą uprawnień emisyjnych oraz bardzo dużym udziałem ich darmowej alokacji, w tym również dla sektora energetycznego. Wyniki badania własnego wskazują zatem, że czwarta hipoteza szczegółowa jest nieprawdziwa i powinna zostać odrzucona.

Podsumowane powyżej wyniki analiz przeprowadzonych w rozprawie potwierdzają słuszność głównej tezy badawczej: w latach 2005-2016 system EU-ETS nie był skutecznym mechanizmem ograniczania emisji dwutlenku węgla. Potwierdzenie głównej tezy badania wskazuje, że sposób implementacji mechanizmu *cap-and-trade* w Unii Europejskiej oraz uwarunkowania gospodarcze, w jakich system ten funkcjonował w latach 2005-2016, istotnie pogorszyły jego skuteczność środowiskową.

## 5. Wnioski dla literatury przedmiotu i polityki gospodarczej

Omawiana rozprawa stanowi uzupełnienie literatury przedmiotu w kilku obszarach.

Po pierwsze, w pracy w sposób szczegółowy opisano teoretyczny model systemu handlu uprawnieniami do emisji, ze szczególnym uwzględnieniem kanałów wpływu systemu na emisje oraz roli ceny uprawnienia emisyjnego w kształtowaniu bodźców do ograniczania emisji w ramach tych kanałów. Wyróżnienie powyższych kanałów wraz z analizą znaczenia sygnałów cenowych w poszczególnych kanałach stanowi wkład własny autora do literatury przedmiotu.

Po drugie, rozprawa zawiera pogłębioną analizę odstępstw systemu EU-ETS od modelowego rozwiązania bazującego na mechanizmie *cap-and-trade*. W dostępnych pracach znaleźć można cząstkową analizę wybranych aspektów związanych z dużą złożonością systemu EU-ETS w porównaniu do modelu teoretycznego, jednakże, według wiedzy autora, zagadnienie to nie było do tej pory przedmiotem kompleksowych badań.

Po trzecie, w pracy dokonano usystematyzowania literatury empirycznej badającej *ex-post* wpływ systemu EU-ETS na emisje dwutlenku węgla. Według wiedzy autora, do dnia

---

<sup>13</sup>Należy przy tym podkreślić, że w badanym okresie zasady funkcjonowania systemu EU-ETS w przypadku sektora energetycznego były bardziej restrykcyjne niż w innych sektorach objętych systemem

dzisiejszego powstało niewiele prac zawierających wyczerpujący przegląd literatury dotyczącej skuteczności środowiskowej systemu EU-ETS<sup>14</sup>. Dostępne prace koncentrują się głównie na podsumowaniu wyników badań, bez pogłębionej analizy zastosowanych metod badawczych. Rozprawa wypełnia tę lukę, wskazując na ograniczenia wykorzystywanych technik, a w niektórych przypadkach wręcz poddając pod wątpliwość wiarygodność uzyskanych oszacowań.

Po czwarte, metoda badania własnego zastosowana w rozprawie pozwala uniknąć wielu błędów, które pojawiały się w dotychczasowych pracach. W szczególności, zastosowanie estymatora *DDD* w większym stopniu niż w przypadku wielu innych technik umożliwia identyfikację rzeczywistego wpływu funkcjonowania systemu EU-ETS na dynamikę emisji dwutlenku węgla. Tym samym badanie to stanowi istotny wkład do literatury badającej *ex-post* skuteczność środowiskową systemu EU-ETS.

Ważnym wnioskiem dla polityki gospodarczej z niniejszej pracy jest to, że praktyczna implementacja mechanizmów, które do tej pory funkcjonowały głównie w ujęciu teoretycznym jest niezwykle trudna, a rozwiązanie modelowe, ze swojej natury, nie jest w stanie uwzględnić całej złożoności otoczenia, w którym ma funkcjonować. Prowadzi to do konieczności zaakceptowania wielu odstępstw rozwiązania praktycznego od koncepcji teoretycznej, wraz z ich dalszymi konsekwencjami.

Jak wynika z przeprowadzonego badania, znacznej części konsekwencji odstępstw systemu EU-ETS od rozwiązania modelowego nie przewidziano w czasie wprowadzania mechanizmu. Efektem tej sytuacji była konieczność bieżącego reagowania na obserwowane problemy i wprowadzania licznych zmian w warunkach funkcjonowania systemu w trakcie jego trwania. To z kolei prowadziło do dalszego obniżenia efektywności i skuteczności mechanizmu.

Od początku 2019 r. w systemie EU-ETS zaczęła funkcjonować rezerwa stabilności rynkowej, która w założeniu ma służyć ograniczeniu niektórych z problemów zidentyfikowanych w niniejszym badaniu. Przede wszystkim, poprzez uelastycznienie podaży uprawnień emisyjnych, rezerwa stabilności rynkowej ma zwiększyć stabilność i przewidywalność cen uprawnień, co powinno sprzyjać długookresowej skuteczności środowiskowej systemu.

Nie mniej, należy podkreślić, że wprowadzone reformy strukturalne nie usunęły wszystkich wad systemu EU-ETS opisanych w badaniu. Co więcej, wprowadzone zmiany (w tym

---

<sup>14</sup>Należą do nich m.in. prace Convery'ego (2009), Martina i in. (2010), Wrake'a i in. (2012), Lainga i in. (2013) oraz Martina i in. (2016).

również rezerwa stabilności rynkowej) same w sobie również stanowią odstępstwo od rozwiązania modelowego, a ich potencjalne skutki nie zostały do tej pory w pełni przeanalizowane. W szczególności, w przyszłych badaniach warto poświęcić istotną uwagę pogłębionej analizie konsekwencji wprowadzenia rezerwy stabilności rynkowej do systemu EU-ETS, w tym również dla skuteczności środowiskowej mechanizmu.

## 6. Literatura wykorzystana w autoreferacie

- Afonis S., Sakai M., Scott K., Barrett J., Gouldson A. (2017):** *Consumption-based carbon accounting: does it have a future?*, WIREs Clim Change.
- Aldy J.E., Stavins R.N. (2011):** *Using the Market to Address Climate Change: Insights from Theory and Experience*, NBER Working Paper, 17488.
- Barnett A.H. (1980):** *The Pigouvian Tax Rule Under Monopoly*, The American Economic Review, 70(5), str. 1037–1041.
- Baumol W.J. (1972):** *On Taxation and the Control of Externalities*, The American Economic Review, 62(3), str. 307–322.
- Baumol W.J., Oates W.E. (1971):** *Use of Standards and Prices for Protection of the Environment*, The Swedish Journal of Economics, 73, str. 42–54.
- Buchanan J.M. (1969):** *External Diseconomies, Corrective Taxes, and Market Structure*, The American Economic Review, 59(1), str. 174–177.
- Coase R.H. (1960):** *The Problem of Social Cost*, The Journal of Law & Economics, 3, str. 1–44.
- Convery F.J. (2009):** *Reflections - The Emerging Literature on Emissions Trading in Europe*, Review of Environmental Economics and Policy, 3(1), str. 121–137.
- Crocker T.D. (1966):** *The Economics of Air Pollution*, roz. The Structuring of Atmospheric Pollution Control Systems, str. 61–86, Norton.
- Dales J.H. (1968):** *Pollution, Property, and Prices*, University of Toronto Press.
- Duval R. (2008):** *A taxonomy of instruments to reduce greenhouse gas emissions and their interactions*, OECD Economics Department Working Papers, 636, str. 41.
- Goulder L.H., Pizer W.A. (2006):** *The Economics of Climate Change*, Resources for the Future Discussion Paper, 06.
- Goulder L.H., Schein A. (2013):** *Carbon Taxes vs. Cap and Trade: A Critical Review*, NBER Working Paper, 19338.
- Haites E. (1991):** *Tradable Allowances and Carbon Taxes: Cost Effective Policy Responses to Global Warming*, Energy Studies Review, 3(1).

- Jamet S., Corfee-Morlot J. (2009):** *Assessing the Impacts of Climate Change: A Literature Review*, OECD Economics Department Working Papers, 691, str. 39.
- Kiula O., Wójtowicz K., Żylicz T., Kąsek L. (2016):** *Economic and environmental effects of unilateral climate actions*, Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 21.
- Laing T., Sato M., Grubb M., Comberti C. (2013):** *Assessing the effectiveness of the EU Emissions Trading System*, Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment Working Paper, 106.
- Marshall A. (1920):** *Principles of Economics*, 8 wyd., Macmillan and Co.
- Martin R., Muuls M., Wagner U. (2010):** *An Evidence Review of the EU Emissions Trading System, Focussing on Effectiveness of the System in Driving Industrial Abatement*, Department of Energy & Climate Change.
- Martin R., Muuls M., Wagner U.J. (2016):** *The Impact of the EU ETS on Regulated Firms: What is the Evidence After Ten Years?*, Review of Environmental Economics and Policy, 10(1).
- Matthes F., Graichen V., Repenning J. (2005):** *The environmental effectiveness and economic efficiency of the European Union Emissions Trading Scheme: Structural aspects of allocation. A report to WWF*, AVAN-ZI, EcoSolutionsConsulting, ILEX.
- Montgomery W.D. (1972):** *Markets in Licences and Efficient Pollution Control Programs*, Journal of Economic Theory, (5), str. 395–418.
- Mooij R.d., Parry I.W.H., Keen M. (2012):** *Fiscal Policy to Mitigate Climate Change. A Guide for Policymakers*, International Monetary Fund.
- Nordhaus W., Satorc P. (2013):** *DICE 2013R: Introduction and User's Manual*.
- Pigou A.C. (1912):** *Wealth and Welfare*, Macmillan and CO., Londyn.
- Pigou A.C. (1932):** *Economics of Welfare*, 4 wyd., Macmillan and CO., Londyn.
- Sidgwick H. (1883):** *The Principles of Political Economy*, Macmillan and CO.
- Stern N. (2008):** *The Economics of Climate Change*, American Economic Review: Papers & Proceedings, 98:2.

**Summerton P. (2010):** *Assessment of the degree of carbon leakage in light of an international agreement on climate change*, Cambridge Econometrics.

**Wrake M., Burtraw D., Lofgren A., Zetterberg L. (2012):** *What Have We Learnt from the European Union's Emissions Trading System?*, AMBIO, Royal Swedish Academy of Sciences, 41.

*Pawel Opala*