

Edyta Gajos

Konrad Prandecki

Instytut Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej – PIB – Warszawa

## EFEKTYWNOŚĆ EMISYJNA SEKTORÓW W POLSKIEJ GOSPODARCE

### Streszczenie

Ograniczenie emisji gazów cieplarnianych jest problemem globalnym, a badania w tym zakresie stają się kluczowymi. W szczególności dotyczy to rozwiązań mogących wspomóc zastosowanie teorii w praktyce. W opracowaniu przedstawiono autorskie wskaźniki, mogące wspomóc proces decyzyjny w zakresie wyboru sektorów, w których wymagane jest podjęcie działań zmierzających do redukcji emisji gazów cieplarnianych. Autorzy przeprowadzili także analizę efektywności emisyjnej sektorów w Polsce wskazując sektory najmniej i najbardziej efektywne w tym zakresie.

W badaniu wykorzystano dane dotyczące emisji publikowane przez Eurostat, ceny prawa do emisji dwutlenku węgla z rynku EU ETS na giełdzie w Lipsku oraz dane na temat sektorów gospodarki publikowane przez GUS. Uzyskane wyniki wskazują na zasadność zaproponowanego podejścia. Zastosowanie wielokryterialnego podejścia opartego na efektywności emisyjnej pozwala na uzyskanie szerszego obrazu zmian zachodzących w poszczególnych sektorach gospodarki.

**Słowa kluczowe:** zmiany klimatyczne, emisja gazów cieplarnianych, sektory gospodarki, efektywność emisyjna, Polska.

**Kody JEL:** E01, H23, Q51

### Wstęp

Zmiany klimatyczne to jedno z największych wyzwań przyszłości. W opinii ekspertów wzrost średniej globalnej temperatury o więcej niż 1,5 stopnia Celsjusza z dużym prawdopodobieństwem doprowadzi do nieodwracalnych zmian, które mogą mieć katastrofalne skutki dla wielu społeczeństw (Woodwarth i in. 2014; IPCC 2013; Costello i in. 2009). Liczna literatura (m.in. WMO 2016; IPCC 2013; US EPA 2012; UNFCCC 2011; Moser 2010; Rao, Riahi 2006; Moser, Dilling 2004) pokazuje, że podstawową przyczyną zmian klimatycznych jest nadmierna emisja gazów cieplarnianych pochodzenia antropogenicznego. Z tego powodu celem wielu państw jest redukcja tej emisji. Takie rozwiązanie może być skuteczne jedynie w przypadku globalnego jego zastoso-

wania. Istniejące trendy wskazują, że z dużym opóźnieniem coraz więcej krajów zauważa potrzebę redukcji emisji w celu ograniczenia zmian klimatu. Daje to nadzieję na powstrzymanie zmian klimatycznych w dłuższej nieokreślonej przyszłości.

Polska, jako członek Unii Europejskiej, jest zobowiązana do realizacji wspólnotowej polityki klimatyczno-energetycznej. Działania są podejmowane w dwójki sposób. Pierwszy ma charakter *quasi* rynkowy i jest oparty na systemie handlu pozwoleniami na emisję gazów cieplarnianych (EU-ETS), drugi dotyczy sektora non-ETS, czyli działalności gospodarczej nieobjętej rozwiązaniem EU-ETS.

W przypadku systemu EU-ETS główną rolę odgrywają przedsiębiorstwa (w systemie mogą brać udział tylko duże podmioty z sektorów objętych systemem), które samodzielnie podejmują decyzje dotyczące strategii redukcyjnej. Mogą one wykupić odpowiednie uprawnienia lub podjąć decyzję o wdrażaniu procedur zmierzających do redukcji emisji. Jedynym ograniczeniem jest corocznie zmniejszająca się pula uprawnień do emisji dostępna na rynku unijnym.

W drugim przypadku decyzje są podejmowane na szczeblu rządowym lub międzyrządowym. Państwa decydują o skali redukcji emisji na poziomie UE i jej rozdzieleniu na poszczególne państwa. W efekcie porozumień międzyrządowych na Polskę przypada odpowiednie zobowiązanie redukcyjne, które należy wypełnić w danej perspektywie finansowej. To rząd decyduje, w jakim stopniu uzgodnione cele redukcyjne mają być wypełnione przez poszczególne sektory, jakie mechanizmy redukcji powinny być zastosowane i jaki będzie harmonogram działań.

Celem opracowania jest zaproponowanie wskaźników mogących wspomóc proces decyzyjny w zakresie wyboru sektorów, w których wymagane jest podjęcie najdalej idących działań zmierzających do redukcji emisji gazów cieplarnianych. Zaproponowano wskaźniki oparte na wielkości fizycznej emisji oraz jej wartości, aby wskazać zarówno środowiskowe (wielkość fizyczna), jak i gospodarcze (wartość) obciążenie emisjami. Emisje odniesiono do produkcji sektora oraz zatrudnienia w sektorze w celu zbadania, czy za wysokie lub niskie emisje w sektorach nie odpowiada wielkość sektora, podczas gdy sam proces produkcyjny jest jednostkowo efektywny emisyjnie. Ponadto, w opracowaniu autorzy przeprowadzili analizę efektywności emisyjnej sektorów w Polsce wskazując sektory najmniej i najbardziej efektywne.

## Metoda badawcza

Wskaźniki efektywności emisyjnej obliczono na podstawie wielkości i wartości emisji gazów cieplarnianych oraz wartości dodanej brutto i zatrudnienie w poszczególnych sektorach polskiej gospodarki.

Informacje na temat wielkości emisji uzyskano z bazy Eurostat (2018), podobnie jak wartość dodaną brutto generowaną przez poszczególne sektory gospodarki. Informacje o zatrudnieniu w sektorach pochodzą z Roczników Statystycznych Rzeczypospolitej Polskiej publikowanych przez Główny Urząd Statystyczny (GUS 2017; 2015; 2013) Przyjęto stosowany przez Eurostat podział na sektory gospodarki NACE Rev. 2, z którym zgodna jest stosowana w Polsce przez Główny Urząd Statystyczny Polska Klasyfikacja Działalności z 2007 roku (PKD 2007). Gwarantuje to spójność danych wykorzystanych do obliczeń. W celu obliczenia wartości emisji posłużono się metodą wyceny rynkowej opracowaną przez autorów (Prandecki, Gajos 2017) polegającą na przeliczeniu wielkości emisji poszczególnych gazów cieplarnianych na ekwiwalent dwutlenku węgla i następnie obliczeniu jej wartości z wykorzystaniem cen prawa do emisji dwutlenku węgla z systemu EU ETS (Europejski System Handlu Emisjami) – obliczono średnioroczne ceny prawa do emisji na podstawie notowań z giełdy w Lipsku (cire.pl).

Do obliczenia wielkości całkowitej emisji gazów cieplarnianych w sektorach przyjęto informacje na temat gazów cieplarnianych publikowanych przez Eurostat w przeliczeniu na ekwiwalent dwutlenku węgla, tj. dwutlenek węgla, metan, podtlenek azotu, wodorofluorowęglowodory, perfluorokarbony, sześćiofluorek siarki i trifluorek azotu, dwutlenek węgla z biomasy wykorzystywanej jako paliwo oraz dodatkowo tlenki azotu przeliczone przez autorów na ekwiwalent dwutlenku węgla z wykorzystaniem przelicznika 0,7 (Podkówwa, Podkówwa 2011).

W tabeli 1 przedstawiono nazwy sektorów gospodarki występujące oryginalnie w bazach Eurostatu i Głównego Urzędu Statystycznego oraz nazwy przyjęte przez autorów na potrzeby opracowania z uwagi na kompleksowość i długość nazw oryginalnych. Pozwala to na zachowanie przejrzystości tekstu.

**Tabela 1. Nazwy sektorów gospodarki stosowane w opracowaniu**

Nazwa anglojęzyczna (Eurostat)	Nazwa polska (Główny Urząd Statystyczny)	Nazwa stosowana w opracowaniu
Agriculture, forestry and fishing	Rolnictwo, leśnictwo, łowiectwo i rybactwo	Rolnictwo
Mining and quarrying	Górnictwo i wydobywanie	Górnictwo i wydobywanie
Manufacturing	Przetwórstwo przemysłowe	Przetwórstwo przemysłowe
Electricity, gas, steam and air conditioning supply	Wytwarzanie i zaopatrywanie w energię elektryczną, gaz, parę wodną i gorącą wodę	Energia
Water supply; sewerage, waste management and remediation activities	Dostawa wody; gospodarowanie ściekami i odpadami, rekultywacja	Woda
Construction	Budownictwo	Budownictwo
Wholesale and retail trade; repair of motor vehicles and motorcycles	Handel; naprawa pojazdów samochodowych	Handel

Transportation and storage	Transport i gospodarka magazynowa	Transport
Accommodation and food service activities	Zakwaterowanie i gastronomia	Zakwaterowanie i gastronomia
Information and communication	Informacja i komunikacja	Informacja i komunikacja
Financial and insurance activities	Działalność finansowa i ubezpieczeniowa	Finanse i ubezpieczenia
Real estate activities	Obsługa rynku nieruchomości	Rynek nieruchomości
Professional, scientific and technical activities	Działalność profesjonalna, naukowa i techniczna	Nauka
Administrative and support service activities	Administrowanie i działalność wspierająca	Administrowanie
Public administration and defence; compulsory social security	Administracja publiczna i obrona narodowa; obowiązkowe zabezpieczenia społeczne	Administracja publiczna
Education	Edukacja	Edukacja
Human health and social work activities	Opieka zdrowotna i pomoc społeczna	Opieka zdrowotna
Arts, entertainment and recreation	Działalność związana z kulturą, rozrywką i rekreacją	Kultura
Other service activities	Pozostała działalność usługowa	Pozostałe

Źródło: opracowanie własne.

## Emisja gazów cieplarnianych – wielkość i wartość

W celu lepszego przedstawienia zasadności proponowanych przez autorów wskaźników w niniejszym opracowaniu w charakterze punktu odniesienia do dalszych rozważań przedstawiono wielkość oraz wartość emisji gazów cieplarnianych w Polsce ogółem oraz w poszczególnych sektorach.

W Polsce w latach 2008-2015 emisja analizowanych gazów cieplarnianych zmalała o 1,5%. Pozornie wartość ta jest niewielka, jednak biorąc pod uwagę fakt, iż wyjściowy poziom emisji w 2008 roku wynosił 375 mln ton ekwiwalentu dwutlenku węgla oznacza to spadek emisji o prawie 6 mln ton. W ujęciu bezwzględnym jest to wartość znaczna, mimo iż procentowo wydaje się niewielka. Warto podkreślić, iż spadek ten nie był systematyczny. W analizowanych latach zaobserwowano wahania poziomu emisji, najwyższy ich poziom (w 2011 roku) wynosił ponad 382 mln ton, a więc znacznie więcej niż w roku wyjściowym analizy. Najniższy wystąpił w 2009 roku i wyniósł ponad 359 mln ton. Pokazuje to, iż spadek poziomu emisji gazów cieplarnianych w Polsce nie jest procesem opanowanym i systematycznym. Nie można również powiedzieć, iż jest to proces kontrolowany. Występujące znaczne wahania poziomu emisji wydają się nie mieć trendu czy wzorca, lecz być przypadkowe. Oznacza to, iż w zakresie redukcji emisji gazów cieplarnianych nadal jest dużo do zrobienia i niezbędne są dalsze analizy problemu w celu opracowania systemowych rozwiązań i ostatecznie osiągnięcie systematycznego długofalowego spadku emisji.

Przechodząc do analizy sektorowej, w tabeli 2 przedstawiono informacje na temat emisji gazów cieplarnianych przez poszczególne sektory polskiej go-

spodarki w latach 2008-2015. Największym emitentem jest sektor „Energia” (170,90 mln ton ekwiwalentu dwutlenku węgla w 2015 roku), na kolejnych miejscach znajdują się sektory „Przetwórstwo przemysłowe” (70,05 mln ton ekwiwalentu dwutlenku węgla w 2015 roku) i „Rolnictwo” (46,79 mln ton ekwiwalentu dwutlenku węgla w 2015 roku). „Rolnictwo” jest więc jednym z trzech największych emitentów w Polsce. Choć emisja z tego sektora stanowi mniej niż ¼ emisji sektora „Energia”, to nadal jest to wielkość znacząca i znacznie wyższa niż sektorów „nisko-emisyjnych”, takich jak „Kultura, „Rynek nieruchomości”, „Zakwaterowanie i gastronomia”, Pozostałe czy „Informacja i komunikacja”, w których emisja gazów cieplarnianych w 2015 roku nie przekroczyła 1 mln ton ekwiwalentu dwutlenku węgla.

Wysoka pozycja sektora „Rolnictwo” nie jest zaskakująca z uwagi na powszechnie stosowane w rolnictwie maszyny rolnicze i ciągniki napędzane paliwami kopalnymi, emisję pochodzenia zwierzęcego oraz nawozy mineralne i środki ochrony roślin, z których części uwalniane są substancje omawiane w tym opracowaniu. Należy przy tym zaznaczyć, że „Rolnictwo” w Polsce nie emituje takich substancji, jak hydrofluorowęglany, perfluorowęglowodory czy sześćciofluork siarki, które są znacznie bardziej szkodliwe z punktu widzenia globalnego ocieplenia niż dwutlenek węgla czy podtlenek azotu – mają znacznie wyższy Potencjał Globalnego Ocieplenia (IPCC 2013).

**Tabela 2. Emisja gazów cieplarnianych przez poszczególne sektory gospodarki w Polsce w latach 2008-2015 (mln ton ekwiwalentu dwutlenku węgla)**

Wyszczególnienie	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Rolnictwo	48,99	48,44	49,20	49,50	48,90	48,65	47,99	46,79
Górnictwo i wydobywanie	21,67	20,11	19,51	19,44	19,28	19,75	19,89	21,57
Przetwórstwo przemysłowe	73,52	62,16	67,52	71,67	70,79	70,24	70,49	70,05
Energia	173,65	169,34	176,33	178,83	176,92	175,58	169,25	170,90
Woda	13,33	13,51	13,57	13,21	12,94	12,99	12,49	12,28
Budownictwo	1,15	1,22	1,18	1,25	1,16	1,06	0,97	0,89
Handel	10,56	10,86	12,01	12,08	11,82	11,40	11,70	12,09
Transport	16,11	15,87	16,93	17,44	17,38	16,87	16,93	17,99
Zakwaterowanie i gastronomia	0,90	0,88	0,88	0,86	0,85	0,76	0,73	0,75
Informacja i komunikacja	0,77	0,84	0,96	0,91	0,90	0,84	0,86	0,95
Finanse i ubezpieczenia	1,14	1,17	1,25	1,26	1,21	1,09	1,05	1,05
Rynek nieruchomości	0,63	0,68	0,72	0,72	0,67	0,62	0,60	0,61
Nauka	1,54	1,68	1,78	1,88	1,80	1,72	1,73	1,84
Administrowanie	1,22	1,32	1,52	1,50	1,47	1,38	1,37	1,50
Administracja publiczna	3,00	3,38	3,59	3,45	3,31	2,99	2,86	2,90
Edukacja	3,46	3,75	3,99	3,93	3,75	3,42	3,31	3,40
Opieka zdrowotna	2,50	2,74	2,95	2,93	2,54	2,62	2,55	2,64
Kultura	0,48	0,51	0,55	0,56	0,51	0,44	0,43	0,44
Pozostałe	0,70	0,75	0,78	0,82	0,79	0,85	0,81	0,87

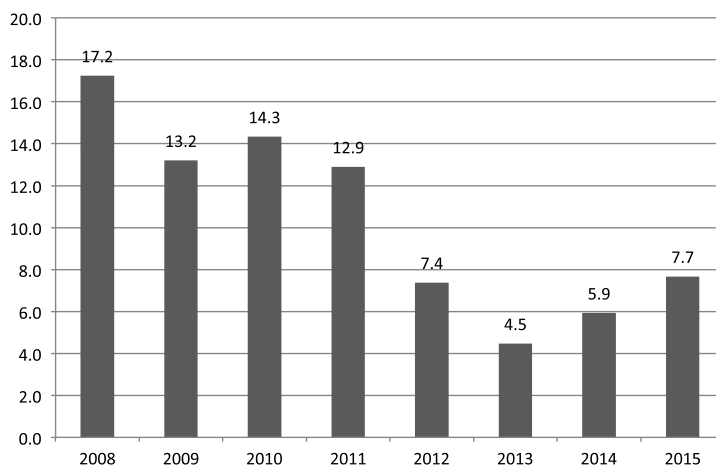
Źródło: dane Eurostatu.

Analizując zmiany wielkości emisji gazów cieplarnianych w czasie należy podkreślić, że wyraźnie widoczny jest trend spadkowy w poszczególnych sektorach. Spadek emisji wystąpił w dwunastu z dziewiętnastu analizowanych sektorów. W sektorze *Rolnictwo* spadek ten wynosił 4,5% (czyli trzykrotnie więcej niż średnio w kraju). Jest to bardzo pozytywne zjawisko biorąc pod uwagę politykę nastawioną na ograniczenie emisji oraz przeciwdziałanie globalnemu ociepleniu. Unia Europejska nałożyła na kraje członkowskie ambitne cele redukcyjne w tym zakresie (Komisja Europejska 2010) i widoczny w przedstawionych danych trend pozwala na prognozowanie, iż Polska ma szansę wywiązać się ze swoich zobowiązań. W części sektorów odnotowano jednak wzrost emisji. Największy wystąpił w przypadku sektorów „Informacja i komunikacja”, „Pozostałe” oraz „Administrowanie” – ponad 20%. Ten niekorzystny trend powinien zostać zahamowany i odwrócony w celu osiągnięcia stabilnego i trwałego spadku emisji w skali kraju.

Do obliczenia wartości emisji wykorzystano ceny prawa do emisji dwutlenku węgla z rynku EU ETS. Na wykresie 1 przedstawiono ceny średnioroczne uprawnień obliczone na podstawie dziennych notowań z giełdy w Lipsku. Wyraźnie widoczny jest trend spadkowy ceny praw do emisji – w badanym okresie zmalały one o niemal 55%, przy czym największy spadek – w latach 2008-2013 – wynosił niemal 74%. W tym okresie nie wystąpiły żadne zdarzenia technologiczne (np. spadek kosztów technologii redukcji emisji) lub polityczne (np. zmniejszenie restrykcyjności systemu), które uzasadniałyby kierunek zmian. Spadek cen praw do emisji wynika, zdaniem autorów, z prawa popytu i podaży. Trend spadkowy wskazuje zatem na nadwyżkę podaży nad popytem. Nadwyżka ta wydaje się maleć od 2014 roku, kiedy rozpoczął się trend wzrostowy cen praw do emisji. W kolejnych dwóch latach (nie objętych tym opracowaniem) nastąpił nieznaczny spadek cen, zaś w 2018 roku odnotowuje się kolejne znaczące wzrosty.

Wskazane wahania cen praw do emisji powodują, iż wycena emisji gazów cieplarnianych wykonana przy ich wykorzystaniu ma ograniczoną przydatność do analizy zmian tej wartości w czasie. Jak wskazano, spadek wielkości emisji wyniósł w badanym okresie od kilku do ponad 20%. W tym samym okresie wahania cen prawa do emisji osiągnęły pułap nawet ponad 70%. Oznacza to, że wahania wartości emisji w czasie wynikać będą w przeważającej wielkości z wahań ceny prawa do emisji.

Tabela 3 zawiera dane na temat wartości emisji gazów cieplarnianych z poszczególnych sektorów w Polsce w latach 2008-2015. W Polsce ogółem wartość emisji w 2015 roku wyniosła ponad 2,8 mld euro i była o około 56% niższa niż w 2008 roku. Przy spadku wielkości emisji o 1,5% potwierdza to fakt, iż na zmiany wartości emisji w czasie dominujący wpływ mają wahania cen prawa do emisji.

**Wykres 1. Cena średnioroczna prawa do emisji 1 tony dwutlenku węgla w systemie EU ETS w latach 2008-2015 na podstawie danych z giełdy w Lipsku**

Źródło: opracowanie własne na podstawie: cire.pl

**Tabela 3. Wartość emisji gazów cieplarnianych z poszczególnych sektorów w Polsce w latach 2008-2015 (mln EUR)**

Wyszczególnienie	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Rolnictwo	844,70	639,55	705,35	638,51	360,98	217,51	284,48	359,02
Górnictwo i wydobywanie	373,55	265,49	279,72	250,80	142,32	88,29	117,94	165,55
Przetwórstwo przemysłowe	1 267,61	820,76	967,90	924,51	522,56	314,00	417,93	537,55
Energia	2 993,93	2 235,86	2 527,86	2 306,74	1 305,99	784,95	1 003,38	1 311,41
Woda	229,88	178,33	194,51	170,40	95,49	58,06	74,04	94,26
Budownictwo	19,86	16,13	16,99	16,07	8,55	4,72	5,77	6,82
Handel	182,14	143,40	172,20	155,87	87,24	50,97	69,39	92,79
Transport	277,83	209,50	242,76	224,90	128,30	75,40	100,39	138,06
Zakwaterowanie i gastronomia	15,48	11,67	12,58	11,11	6,28	3,40	4,34	5,79
Informacja i komunikacja	13,22	11,14	13,82	11,69	6,62	3,77	5,11	7,31
Finanse i ubezpieczenia	19,61	15,44	17,91	16,20	8,91	4,89	6,23	8,04
Rynek nieruchomości	10,86	8,93	10,39	9,27	4,98	2,77	3,56	4,71
Nauka	26,64	22,20	25,51	24,24	13,27	7,69	10,28	14,13
Administrowanie	21,11	17,37	21,82	19,36	10,85	6,16	8,11	11,48
Administracja publiczna	51,80	44,59	51,42	44,53	24,43	13,38	16,95	22,27
Edukacja	59,64	49,56	57,24	50,74	27,69	15,29	19,62	26,10
Opieka zdrowotna	43,14	36,14	42,23	37,81	18,78	11,71	15,15	20,23
Kultura	8,22	6,76	7,87	7,17	3,74	1,95	2,53	3,35
Pozostałe	12,05	9,92	11,13	10,60	5,85	3,81	4,82	6,67

Źródło: jak w tabeli 1.

Relacje między sektorami pozostają takie same jak w przypadku wielkości emisji. Zaobserwować można natomiast, iż zmiany wartości emisji w czasie odpowiadają wahaniom ceny prawa do emisji dwutlenku węgla – okresy wzrostu wartości emisji odpowiadają okresom wzrostu cen, podobnie jak okresu spadku wartości emisji odpowiadają okresom spadku cen. W latach 2008-2015 wartość emisji zmalała w poszczególnych sektorach o od 45% do 65% co potwierdza, iż wpływ na to miał głównie spadek ceny prawa do emisji.

## **Efektywność emisyjna sektorów gospodarki w Polsce**

W niniejszej części opracowania przedstawiono wskaźniki proponowane przez autorów, mogące wspomóc proces wyodrębniania sektorów, w których polityka redukcyjna powinna być najbardziej restrykcyjna, a które już obecnie charakteryzują się dobrą efektywnością emisyjną.

Liczy w tabeli 4 przedstawiają efektywność emisyjną sektorów polskiej gospodarki obliczoną na podstawie wielkości emisji i generowanej przez nie wartości dodanej brutto w latach 2008-2015 (tys. ton ekwiwalentu dwutlenku węgla emisji/mln euro wartości dodanej brutto). Natomiast w tabeli 5 przedstawiono efektywność emisyjną sektorów obliczoną dla tych samych lat w oparciu o wartość emisji i generowaną przez sektory wartość dodaną brutto (tys. euro emisji/mln euro wartości dodanej brutto). Tabele te analizować można łącznie, gdyż z uwagi na fakt, że do obliczenia wartości emisji wykorzystano w danym roku taką samą cenę prawa do emisji dla każdego sektora, relacje pomiędzy sektorami nie ulegają zmianie.

Wskaźniki efektywności emisyjnej oparte na wartości dodanej brutto pozwalają na odniesienie zarówno aspektu środowiskowego, jak i gospodarczego emisji do wielkości ekonomicznej sektora. To z kolei pozwala na wskazanie sektorów, których produkcja najbardziej obciąża środowisko i społeczeństwo emisjami nie tylko w ujęciu bezwzględnym lecz także w przeliczeniu na jednostkę ujednoczonej produkcji (na potrzeby opracowania przyjęto wartość dodaną brutto generowaną w sektorach).

Sektorami o najwyższej efektywności emisyjnej w odniesieniu do wartości dodanej brutto generowanej przez sektor (najniższych wartościach współczynnika) są: „Budownictwo”, „Rynek nieruchomości” oraz „Informacja i komunikacja”. Najgorsze wartości wskaźnika odnotowano natomiast w przypadku sektorów: „Energia”, „Rolnictwo, oraz „Górnictwo i wydobywanie”. Sektor „Energia” emitował w 2015 roku niemal 14 tys. ton ekwiwalentu dwutlenku węgla na każdy 1 mln euro wytworzonej wartości dodanej brutto. Odpowiadało to niemal 107 tys. euro wartości emisji. Sektor ten charakteryzował się w badanym okresie nie tylko najwyższą wielkością i wartością emisji oraz najniższą efektywnością emisyjną, lecz także wartości tych wskaźników były 3-4 krotnie wyższe niż



kolejnego sektora w zestawieniu. Pokazuje to jak dużo gazów cieplarnianych emitował ten sektor w porównaniu z pozostałymi. Wynika to bezpośrednio z faktu, iż wytwarzanie energii w Polsce oparte jest na spalaniu paliw kopalnych, a energia ze źródeł odnawialnych wciąż ma jedynie niewielki udział (GUS 2018).

**Tabela 4. Efektywność emisyjna sektorów polskiej gospodarki – wielkość emisji względem generowanej wartości dodanej brutto w latach 2008-2015 (tys. ton ekwiwalentu dwutlenku węgla/mln EUR)**

Wyszczególnienie	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Rolnictwo	5,28	6,15	5,30	4,60	4,71	4,29	4,47	4,94
Górnictwo i wydobywanie	2,79	3,32	2,51	2,15	2,21	2,57	2,99	3,23
Przetwórstwo przemysłowe	1,23	1,19	1,20	1,18	1,11	1,12	1,02	0,92
Energia	19,22	19,01	16,78	16,72	14,97	14,26	13,89	13,94
Woda	3,63	4,12	3,43	3,28	3,09	3,01	2,70	2,48
Budownictwo	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03
Handel	0,18	0,21	0,20	0,20	0,18	0,17	0,18	0,18
Transport	0,90	1,01	1,01	0,94	0,85	0,80	0,75	0,73
Zakwaterowanie i gastronomia	0,26	0,29	0,25	0,23	0,22	0,19	0,17	0,18
Informacja i komunikacja	0,06	0,07	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06
Finanse i ubezpieczenia	0,08	0,10	0,09	0,09	0,09	0,07	0,06	0,07
Rynek nieruchomości	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03
Nauka	0,09	0,11	0,11	0,11	0,10	0,09	0,09	0,08
Administrowanie	0,23	0,27	0,27	0,23	0,21	0,18	0,18	0,17
Administracja publiczna	0,16	0,20	0,19	0,18	0,17	0,15	0,14	0,14
Edukacja	0,21	0,25	0,25	0,24	0,22	0,20	0,19	0,19
Opieka zdrowotna	0,19	0,24	0,21	0,20	0,18	0,17	0,16	0,16
Kultura	0,16	0,20	0,20	0,20	0,19	0,17	0,17	0,16
Pozostałe	0,18	0,22	0,19	0,20	0,16	0,17	0,15	0,16

Źródło: jak w tabeli 1.

Zauważyć można, że spośród trzech sektorów o najniższej efektywności emisyjnej dwa znajdują się również wśród sektorów o najwyższej wielkości emisji. Wnioskować można, iż produkcja w tych sektorach generalnie powoduje wysokie emisje i wysoka wielkość emisji ogółem nie wynika tylko z dużej produkcji w danym sektorze, lecz także z faktu, iż produkcja każdej jednostki produktu generuje wysokie emisje. W przypadku analizowanej efektywności emisyjnej nie występują sektory o wysokiej emisji ogółem, lecz efektywne emisyjnie z uwagi na niskie emisje w przeliczeniu na jednostkę produktu. Zjawisko takie można zaobserwować w przypadku emisji gazów cieplarnianych w krajach Unii Europejskiej (Prandecki, Gajos 2018). Za przykład mogą posłużyć Niemcy, które w przytaczanym opracowaniu zostały wskazane jako kraj o najwyższym poziomie emisji w Unii Europejskiej, jednak po odniesieniu tych emisji do wielkości gospodarki w tak stworzonym rankingu znajdują się na 16. miejscu. Zatem mimo że gospodarka niemiecka daleka jest od określenia jako niskoemisyjna

czy efektywna emisyjnie, to jednak przynajmniej częściowo za poziom emisji Niemiec odpowiada wielkość ich gospodarki, a nie tylko fakt stosowania „emisyjnych” technologii. W przypadku sektorów polskiej gospodarki sektory generujące wysokie emisje są również sektorami nieefektywnymi, a sektory o niskich emisjach sektorami efektywnymi. Wskazuje to na potrzebę doskonalenia technik produkcji w kierunku ograniczenia emisji gazów cieplarnianych w procesie produkcji.

**Tabela 5. Efektywność emisyjna sektorów polskiej gospodarki – wartość emisji względem generowanej wartości dodanej brutto w latach 2008-2015 (tys. euro/mln EUR)**

Wyszczególnienie	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Rolnictwo	90,96	81,16	75,98	59,30	34,80	19,17	26,49	37,91
Górnictwo i wydobywanie	48,11	43,79	35,93	27,75	16,31	11,50	17,71	24,82
Przetwórstwo przemysłowe	21,24	15,74	17,20	15,28	8,21	5,00	6,06	7,09
Energia	331,30	251,04	240,55	215,62	110,47	63,73	82,35	106,96
Woda	62,61	54,36	49,12	42,31	22,83	13,46	16,03	19,00
Budownictwo	0,75	0,67	0,63	0,55	0,31	0,18	0,20	0,22
Handel	3,12	2,71	2,80	2,52	1,32	0,76	1,07	1,38
Transport	15,50	13,30	14,42	12,06	6,29	3,58	4,43	5,62
Zakwaterowanie i gastronomia	4,50	3,86	3,51	2,92	1,65	0,86	1,02	1,35
Informacja i komunikacja	0,98	0,96	1,11	0,93	0,50	0,28	0,36	0,47
Finanse i ubezpieczenia	1,45	1,37	1,36	1,11	0,64	0,33	0,38	0,52
Rynek nieruchomości	0,60	0,61	0,61	0,53	0,28	0,15	0,19	0,25
Nauka	1,53	1,44	1,53	1,44	0,75	0,41	0,52	0,64
Administrowanie	3,96	3,62	3,81	3,03	1,56	0,83	1,04	1,33
Administracja publiczna	2,69	2,60	2,66	2,32	1,25	0,66	0,82	1,05
Edukacja	3,60	3,33	3,54	3,05	1,62	0,89	1,11	1,42
Opieka zdrowotna	3,29	3,15	3,06	2,61	1,30	0,76	0,93	1,20
Kultura	2,82	2,63	2,83	2,63	1,38	0,76	0,98	1,20
Pozostałe	3,10	2,89	2,76	2,61	1,15	0,75	0,87	1,22

Źródło: jak w tabeli 1.

W zakresie zmian efektywności emisyjnej opartej na wielkości emisji oraz wartości dodanej brutto (efektywność emisyjna oparta o wartość emisji nie będzie analizowana z uwagi na zbyt duży wpływ wahań cen prawa do emisji na zmianę wartości współczynnika) w czasie można zauważyć, że w badanym okresie wzrosła ona znacząco. Jedyne sektory „Górnictwo i wydobywanie” pogorszył swoje wyniki (wzrost wskaźnika o prawie 16%), a sektory „Informacja i komunikacja” oraz „Handel” nie zmieniły ich. Wzrost efektywności emisyjnej był znacznie wyższy niż spadek wielkości emisji, co wynika bezpośrednio ze wzrostu wartości dodanej brutto w badanym okresie. Efektywność emisyjna sektorów poprawiła się w badanym okresie o od 4% do 33% („Rolnictwo” 6,4%), co jest bez wątpienia wynikiem m.in. rozwoju technologicznego ogółem i przyjaznych środowisku technik produkcji w szczególności. Poprawa efektywności emisyjnej

jest bez wątpienia zjawiskiem bardzo korzystnym, jednakże biorąc po uwagę fakt, iż sektory o najwyższych emisjach są nadal sektorami nieefektywnymi, dalsze prace nad udoskonalaniem i wdrażaniem rozwiązań produkcyjnych ograniczających emisje gazów cieplarnianych są pożądane.

**Tabela 6. Efektywność emisyjna sektorów polskiej gospodarki – wielkość emisji względem wielkości zatrudnienia w latach 2010-2015 (tys. ton ekwiwalentu dwutlenku węgla/tys. zatrudnionych)**

Wyszczególnienie	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Rolnictwo	20,71	20,83	20,56	20,45	20,12	19,62
Górnictwo i wydobywanie	112,79	110,72	110,74	117,13	124,18	145,77
Przetwórstwo przemysłowe	27,71	29,33	29,41	29,01	28,00	27,13
Energia	1 108,32	1 170,34	1 233,76	1 278,80	1 296,90	1 365,02
Woda	96,30	92,18	90,15	89,45	84,84	82,72
Budownictwo	1,37	1,37	1,34	1,30	1,19	1,06
Handel	5,49	5,60	5,57	5,37	5,38	5,44
Transport	24,14	23,95	23,81	23,10	22,77	23,45
Zakwaterowanie i gastronomia	3,70	3,63	3,45	3,11	2,94	2,99
Informacja i komunikacja	4,05	3,63	3,46	3,12	2,95	3,00
Finanse i ubezpieczenia	3,70	3,63	3,45	3,11	2,94	2,99
Rynek nieruchomości	3,70	3,63	3,45	3,11	2,94	2,99
Nauka	3,70	3,63	3,38	3,11	2,94	2,99
Administrowanie	3,70	3,63	3,45	3,11	2,94	2,99
Administracja publiczna	3,70	3,63	3,45	3,11	2,94	2,99
Edukacja	3,70	3,63	3,45	3,11	2,94	2,99
Opieka zdrowotna	3,85	3,78	3,22	3,26	3,09	3,13
Kultura	3,70	3,63	3,45	3,11	2,94	2,99
Pozostałe	3,87	3,81	3,64	3,28	3,13	3,19

Źródło: jak w tabeli 1.

W tabelach 6 i 7 przedstawiono wskaźniki efektywności emisyjnej sektorów oparte odpowiednio o wielkość (por. tabela 6) i wartość (por. tabela 7) emisji oraz zatrudnienie w sektorach. Wskaźniki obliczono dla okresu 2010-2015, gdyż dla lat 2008-2009 nie są dostępne odpowiednie dane na temat zatrudnienia.

Wskaźniki odnoszące poziom emisji (zarówno fizyczny, jak i wartościowy) do poziomu zatrudnienia pozwalają na lepsze przybliżenie perspektywy społecznej problemu emisji gazów cieplarnianych. Można dzięki nim pokazać, w których sektorach pracownicy są najbardziej i najmniej obciążeni emisjami. Jest to potencjalnie użyteczne narzędzie do budowania świadomości społecznej problemu emisji oraz poparcia społecznego do wprowadzenia niezbędnych rozwiązań w zakresie polityki redukcyjnej. Informacja na temat tego, ile tysięcy ton gazów cieplarnianych czy tysięcy euro wartości emisji generowane jest rocznie przez każdego pracownika w danym sektorze „przemawia do wyobraźni”.

W przypadku wskaźników efektywności emisyjnej opartej o wielkość zatrudnienia sektorami o najwyższych wartościach tych współczynników były „Energia”, „Górnictwo i wydobywanie” oraz „Woda”. Dwa pierwsze sektory charakteryzowały się również najniższą efektywnością emisyjną w przypadku wskaźników opartych o wartość dodaną brutto. Sektor „Energia” po raz kolejny znajdował się na pierwszym miejscu pod względem niekorzystnych wartości wielkości emisji i współczynników efektywności. Bez wątplenia w sektorze jest duży potencjał do poprawy sytuacji poprzez m.in. rozwój odnawialnych źródeł energii. Sektor „Woda” charakteryzowany jest przez wysokie wartości analizowanych wskaźników efektywności w odniesieniu do zatrudnienia z uwagi na niskie zatrudnienie. Dostarczanie wody czy gospodarowanie ściekami wymagają wysokich nakładów kapitałowych, lecz do obsługi urządzeń wodociągowych i kanalizacyjnych nie są potrzebne duże nakłady pracy ludzkiej.

**Tabela 7. Efektywność emisyjna sektorów polskiej gospodarki – wartość emisji względem wielkości zatrudnienia w latach 2010-2015 (tys. EUR/tys. zatrudnionych)**

Wyszczególnienie	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Rolnictwo	296,85	268,65	151,80	91,43	119,29	150,55
Górnictwo i wydobywanie	1 616,90	1 428,23	817,46	523,65	736,18	1 118,60
Przetwórstwo przemysłowe	397,25	378,34	217,12	129,69	165,99	208,18
Energia	15 888,49	15 096,49	9 107,35	5 717,05	7 688,72	10 474,51
Woda	1 380,50	1 189,08	665,47	399,88	502,97	634,74
Budownictwo	19,63	17,68	9,86	5,82	7,04	8,12
Handel	78,66	72,20	41,10	24,02	31,88	41,76
Transport	346,10	308,97	175,75	103,29	134,99	179,92
Zakwaterowanie i gastronomia	53,01	46,78	25,50	13,89	17,45	22,94
Informacja i komunikacja	58,13	46,88	25,56	13,93	17,50	23,00
Finanse i ubezpieczenia	53,01	46,78	25,50	13,89	17,45	22,94
Rynek nieruchomości	53,01	46,78	25,49	13,89	17,46	22,94
Nauka	53,01	46,78	24,96	13,89	17,45	22,94
Administrowanie	53,01	46,78	25,50	13,89	17,46	22,94
Administracja publiczna	53,01	46,78	25,50	13,89	17,46	22,94
Edukacja	53,01	46,78	25,50	13,89	17,45	22,94
Opieka zdrowotna	55,24	48,76	23,75	14,56	18,31	24,03
Kultura	53,01	46,78	25,46	13,90	17,46	22,96
Pozostałe	55,46	49,12	26,91	14,67	18,54	24,46

Źródło: jak w tabeli 1.

Sektorami o najlepszej efektywności emisyjnej opartej o wielkość zatrudnienia w analizowanym okresie były sektory „Budownictwo”, „Rynek nieruchomości” i „Administrowanie”. Należy przy tym jednak zaznaczyć, że dwa ostatnie sektory mają taką samą wartość wskaźnika jak sześć innych (przy przyjęciu zaokrąglenia do 2 miejsc po przecinku), a w przypadku siódmego wartość ta była w 2015 roku wyższa o jedynie 0,01. Z kolei kolejne trzy sektory charaktery-

zowały się wskaźnikami na poziomie 3,13-5,44, dwa następne 23-27. Pokazuje to, że efektywność emisyjna sektorów w Polsce jest wyrównana w przypadku większości z nich. Znaczne różnice występują jedynie w przypadku trzech sektorów o najniższej efektywności.

W zakresie zmian w czasie większość sektorów odnotowała poprawę efektywności emisyjnej opartej o wielkość emisji i wielkość zatrudnienia. Wartości wskaźników poprawiły się o od 1% do 26%, przy czym w przypadku zdecydowanej większości sektorów było o 18-20%. Wskaźnik dla sektora „Rolnictwo” poprawił się o 5,3%. Podobnie jak w przypadku wskaźnika efektywności emisyjnej opartej o wielkość emisji i wartość dodaną brutto poprawa tego wskaźnika była wyższa niż spadek samej wielkości emisji. Wynika to ze wzrostu zatrudnienia w tym okresie. Sektory „Górnictwo i wydobywanie” oraz „Energia” odnotowały pogorszenie sytuacji – wartość wskaźnika wzrosła odpowiednio o 29% i 23%.

## Podsumowanie

Analiza danych statystycznych w zakresie emisji gazów cieplarnianych w Polsce prowadzi do niepokojącego wniosku o braku stabilnego trendu spadkowego. Poziom emisji wykazuje znaczne wahania w kolejnych latach i nie ma podstaw do wnioskowania, że redukcja emisji jest pewna i stabilna. Wydaje się jednak, że przy odpowiednio skonstruowanej polityce redukcyjnej zachowanie spadku emisji w długim okresie jest wysoce prawdopodobne. Tempo dotychczasowego spadku może być różnie oceniane, w kontekście potrzeb nawet jako niesatysfakcjonujące. Jednak warto podkreślić, że ocena zmian, które zaszły w badanym okresie daje nadzieję, na wypełnienie polskich zobowiązań wynikających z członkostwa w Unii Europejskiej. Analiza zmian w poszczególnych sektorach pokazuje, że w niektórych z nich zaobserwowano wzrost emisji. W szczególności jest to widoczne w sektorach handlu i transportu. W pierwszym z tych przypadków najprawdopodobniej w ciągu kilku lat nastąpi spadek emisji, co wynika z wprowadzanych, na poziomie Unii Europejskiej, nowych technologii, tj. zakazu stosowania wysoce szkodliwych czynników chłodzących i wprowadzenia w ich miejsce droższych, ale bardziej przyjaznych dla klimatu zamienników. Podobna zmiana obejmie również transport, jednakże nie musi ona doprowadzić do pozytywnych efektów ze względu na stale rosnącą emisję z konsumpcji paliw kopalnych (przybywa pojazdów, wydłuża się liczba przejeżdżanych kilometrów, wraz ze wzrostem natężenia ruchu spada efektywność podróży ze względu na korki). „Transport”, obok sektora „Rolnictwo”, wydaje się jednym z trudniejszych obszarów redukcji emisji.

Wycena wartości emisji jest znacznie bardziej skomplikowana, ponieważ próba wykorzystania do tego celu mechanizmów rynkowych prowadzi do wniosku o zbyt dużym wpływie zmian ceny na wartość emisji. W konsekwencji

konieczne jest przyjęcie cen średnich opartych na dłuższym okresie. Zaletą wyceny wartości emisji jest jednak inne podejście do działań redukcyjnych, tj. zwiększenie świadomości kosztów związanych ze szkodliwością emisji gazów cieplarnianych. Jest to istotne, ponieważ pokazane koszty są liczone w przeliczeniu na emisję dwutlenku węgla, jako ujednoliconą miarę szkodliwości. Przedstawiona wycena pokazuje jedynie część szkód jakie powodują gazy cieplarniane. Jej zastosowanie jest jednak zasadne, ponieważ wartości pieniężne, nawet niepełne, są w stanie bardziej obrazowo pokazać rozmiar szkód.

Efektywność emisyjna została przedstawiona za pomocą dwóch kryteriów: pod kątem generowanej wartości dodanej brutto (co pozwoliło na odniesienie emisji do wielkości ekonomicznej sektorów) oraz w przeliczeniu na zatrudnienie w danym sektorze (co pozwoliło na przybliżenie perspektywy społecznej emisji). Każda z tych wielkości została oceniona w kontekście wielkości emisji (perspektywa środowiskowa) oraz jej wartości (perspektywa gospodarcza). W efekcie otrzymano cztery wskaźniki.

Ocena uzyskanych wyników (w zakresie wskaźników odnoszących emisje do wielkości ekonomicznej sektorów) prowadzi do wniosku, że sektory o największej emisji są jednocześnie najmniej efektywne, a więc ich wpływ na gospodarkę nie uzasadnia tak dużej emisji. Ten wniosek powinien być jeszcze rozszerzony o ocenę znaczenia danego sektora dla rozwoju całej gospodarki, lecz nie było to przedmiotem niniejszego badania. Na przykład bez energii wiele innych sektorów by nie istniało, stąd emisja pochodząca z tego sektora powinna obciążać również inne sektory, jednocześnie wiadomo, że efektywność emisyjna tego sektora mogłaby się kształtować na znacznie wyższym poziomie. Wskaźnik efektywności jest więc tylko miarą ułatwiającą ocenę, a nie jednoznacznym wynikiem. Jest formą zhierarchizowania sektorów, ułożenia ich w odpowiedniej kolejności.

Warto jednak zwrócić uwagę, że w badanym okresie efektywność emisyjna większości sektorów uległa poprawie, co oznacza zmiany w pozytywnym kierunku. Jedynie w przypadku sektora „Górnictwo” wystąpił odwrotny trend. W kilku przypadkach zauważa się wahania efektywności, tj. najpierw znaczącą poprawę w stosunku do początkowych lat, a w późniejszym okresie pogorszenie efektywności; taka zmiana jest widoczna np. w ostatnim badanym roku w sektorze „Energia”. Zmiany te odzwierciedlają głównie wahania emisji, a więc można stwierdzić, że w badanych sektorach nie zaszły żadne istotne zmiany technologiczne.

Wskaźnik efektywności emisyjnej w przeliczeniu na zatrudnionego ma na celu pokazanie społecznego znaczenia emisji. Redukcja emisji w określonym sektorze wiąże się z koniecznością zmian w technologii produkcji, magazynowania itp. To z kolei wymusza konieczność nabycia nowych kwalifikacji przez pracowników. Brak uwzględnienia liczby zatrudnionych w kalkulacjach może wpływać na redukcję emisji. W sektorach o dużej liczbie zatrudnionych pojawi

się większy opór społeczny przed zmianami oraz konieczność dostosowania większej liczby pracowników do planowanych zmian. W dodatku należy spodziewać się, że nowe technologie mogą być mniej pracochłonne, co wymusi zwolnienia i dalsze napięcia społeczne. Zmniejszona skłonność do redukcji emisji będzie wpływać na tempo podejmowanych działań oraz ich zasięg. Z tego powodu skuteczność podejmowanych działań redukcyjnych może być niższa od zakładanej.

Uśredniona miara oceny efektywności emisyjnej nie jest najlepszym rozwiązaniem, ponieważ nie uwzględnia specyfiki sektorów, ale wobec braku innych wydaje się być zadowalająca. Obliczenie tego wskaźnika pokazuje, że w większości sektorów efektywność ta charakteryzuje się zbliżonym poziomem wskaźnika. Jedynie w przypadku sektorów o największej emisji można zaobserwować różnice. W tych przypadkach obserwuje się również wzrost wskaźnika efektywności, co oznacza, że na zatrudnionego przypada coraz większa ilość emisji. Taki wynik jest skutkiem spadku zatrudnienia w wielu sektorach. Trend ten jest większy niż tendencje spadkowe w zakresie emisji pochodzących z sektorów.

Uogólniając można stwierdzić, że wysokoemisyjne sektory gospodarki, charakteryzują się niską efektywnością w przeliczeniu na produkcję i liczbę zatrudnionych, a więc w kontekście gospodarki ich emisja nie ma uzasadnienia. Oznacza to także, iż z punktu widzenia polityki redukcyjnej w Polsce uwzględnienie dodatkowych miar i perspektyw nie zmienia spojrzenia na sektory wysokoemisyjne. Są one po prostu nieefektywne i zasadne jest wprowadzenie w nich restrykcyjnej polityki redukcyjnej w celu osiągnięcia ogólnego celu redukcji emisji gazów cieplarnianych. Mimo iż w przypadku Polski dodatkowe zaproponowane wskaźniki nie zmieniają charakterystyk emisyjnych sektorów, to w przypadku innych krajów analizy takie mogą mieć odmienny wynik, a sama analiza charakteryzuje się wysoką wartością poznawczą. Zasadne jest zatem prowadzenie dalszych badań w tym zakresie.

## Bibliografia

- Cire.pl (2018), <https://handel-emisjami-co2.cire.pl/> [dostęp: 21.06.2018].
- Costello A., Abbas M., Allen A., Ball S., Bell S., Bellamy R., Friel S., Groce N., Johnson A., Kett M. (2009), *Managing the health effects of climate change: lancet and university college London Institute for global health commission*, "Lancet", No. 373.
- Eurostat (2018), <https://ec.europa.eu/eurostat/> [dostęp: 20.03.2018].
- GUS (2013), *Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej*, Warszawa.
- GUS (2015), *Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej*, Warszawa.
- GUS (2017), *Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej*, Warszawa.
- GUS (2018), *Energia 2018*, Warszawa.

- IPCC (2013), *Climate Change 2013 The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, New York.
- Komisja Europejska (2010), *Europa 2020, Strategia na rzecz inteligentnego i zrównoważonego rozwoju sprzyjającego włączeniu społecznemu*, [http://ec.europa.eu/eu2020/pdf/1\\_PL\\_ACT\\_part1\\_v1.pdf](http://ec.europa.eu/eu2020/pdf/1_PL_ACT_part1_v1.pdf) [dostęp: 15.06.2018].
- Moser S.C., Dilling L. (2004), *Making Climate Hot: Communicating the urgency and challenge of Climate Change*, "Environment: Science and Policy for Sustainable Development", No. 46(10), DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/00139150409605820>.
- Moser S.C. (2010), *Communicating Climate Change: history, challenges, process and future directions*, "WIREs Climate Change", Vol. 1, No. 1, DOI: <https://doi.org/10.1002/wcc.11>.
- PKD (2017), *Polska Klasyfikacja Działalności PKD 2007*, [https://stat.gov.pl/Klasyfikacje/doc/pkd\\_07/pkd\\_07.htm](https://stat.gov.pl/Klasyfikacje/doc/pkd_07/pkd_07.htm) [dostęp: 15.04.2018].
- Podkowka Z., Podkowka W. (2011), *Emisja gazów cieplarnianych przez krowy*, „Przegląd Hodowlany”, nr 3.
- Prandecki K., Gajos E. (2017), *Ekonomiczna wycena emisji wybranych substancji do powietrza w Polsce ze szczególnym uwzględnieniem rolnictwa*, „Kwartalnik Naukowy Uczelni Vistula”, nr 3(53).
- Prandecki K., Gajos E. (2018), *The share of agriculture in greenhouse gas emissions in European Union countries – valuation*, Proceedings of the 8th International Scientific Conference Rural Development 2017, DOI: <http://doi.org/10.15544/RD.2017.255>.
- Rao S., Riahi K. (2006), *The role of non-CO2 greenhouse gases in climate change mitigation: long-term scenarios for the 21st century*, "Energy Journal", No. 27.
- UNFCCC (2011), *Fact sheet: Climate Change science – the status of Climate Change science today*. United Nations Framework Convention on Climate Change.
- US EPA (2012), *Global Anthropogenic Non-CO2 Greenhouse Gas Emissions: 1990-2030*, Office of Atmospheric Programs, Climate Change Division U.S. Environmental Protection Agency, Washington DC, USA, <http://www.epa.gov> [dostęp: 15.04.2018].
- WMO (2016), *Greenhouse Gas Bulletin – N° 12: the State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2015*, World Meteorological Organization, <https://www.wmo.int> [dostęp: 15.04.2018].
- Woodwarth A., Smith K.R., Campbell-Lendrum D., Chadee D.D., Honda Y., Liu Q., Olwoch J., Revich B., Sauerborn R., Chafe Z. (2014), *Climate change and health: on the latest IPCC report*, "Lancet", No. 383(2014).



## Emission Effectiveness of Sectors in the Polish Economy

### Summary

Reduction of emission of greenhouse gases is the global problem and research in this area becomes the key one. In particular, this concerns the solutions that could have supported the use of theory in practice. In their article, the authors presented their own indices that may support the decision-making process as regards the choice of the sectors in which there is the requirement to take the measures aimed at reduction of greenhouse gases. The authors also carried out an analysis of emission effectiveness of the sectors in Poland indicating the least and the most effective in this respect.

In their research, the authors used the data on emission published by Eurostat, the prices for CO<sub>2</sub> emission allowances from the EU ETS market on the Leipzig stock as well as the data on the economy's sectors published by the CSO. The obtained results indicate the legitimacy of the proposed approach. The application of the multi-criterial approach based on emission effectiveness allows obtaining a broader picture of the changes occurring in individual sectors of the economy.

**Key words:** climate changes, greenhouse gases emission, economy's sectors, emission effectiveness, Poland.

**JEL codes:** E01, H23, Q51

Artykuł zaakceptowany do druku w czerwcu 2018 roku.

Afiliacja:

dr Edyta Gajos

dr Konrad Prandacki

Instytut Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej

– Państwowy Instytut Badawczy

ul. Świętokrzyska 20

00-002 Warszawa

e-mail: edyta.gajos@ierigz.waw.pl

e-mail: konrad.prandacki@ierigz.waw.pl