

**Mariusz Kudelko\***

## **Wycena kosztów zewnętrznych w energetyce – studium przypadku**

### **Wstęp**

Występowanie, wycena i internalizacja kosztów zewnętrznych w energetyce są obszernie analizowane w literaturze krajowej i zagranicznej [m.in. Lorek, 2007; Máca i inni, 2012; Desaignes i inni, 2011; Hohmeyer, 2012; Bozicevic i inni, 2005; Kosugi i inni, 2009; Rafaj, Kypreos, 2007]. Również autor niniejszego artykułu w swoich badaniach przeprowadził ich szacunek dla wybranych krajowych elektrowni systemowych i całego sektora energetycznego, wraz z ich wpływem na tzw. optymalny mix energetyczny [Kudelko, 2009; Kudelko, Wejer, 2014; Juroszek, Kudelko, 2016]. Problematyka ta budzi także coraz większe zainteresowanie społeczeństwa, które zmaga się z zagrożeniami związanymi z negatywnym oddziaływaniem smogu w wielu polskich miastach. Podkreśla się, że spalanie węgla powoduje niekorzystne efekty zdrowotne, mogące nawet prowadzić do przedwczesnej śmierci.

W związku z powyższym celem niniejszego artykułu jest wycena kosztów zewnętrznych powodowanych emisją zanieczyszczeń gazowych, dokonana na podstawie studium przypadku dla elektrowni spalającej węgiel brunatny. Koszty zewnętrzne technologii energetycznych odnoszą się do wszystkich negatywnych efektów związanych z wytwarzaniem energii elektrycznej i ciepłej, na wszystkich etapach technicznego procesu, jakimi są: budowa i likwidacja elektrowni, wydobywanie i transport surowców energetycznych oraz emisja zanieczyszczeń w trakcie produkcji energii elektrycznej [Friedrich, Voss, 1993]. Zamierzeniem autora było przedstawienie struktury emitowanych zanieczyszczeń, które następnie tworzą mapę typowych zagrożeń, w tym zdrowotnych, stanowiących główny składnik kosztów zewnętrznych. Zawarte tu dane i szacunki mają zarówno walor naukowy, jak i informacyjny. Podane wysokości kosztów zewnętrznych mogą być bowiem podstawą do weryfikacji wysokości prywatnych kosztów produkcji elektrowni spalających paliwa kopalne, które niesłusznie wskazywane są jako najtańsze źródła energii elektrycznej w Polsce.

---

\* Prof. AGH dr hab. inż., Wydział Zarządzania, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, ul. Antoniego Gramatyka 10, 33-332 Kraków, mkudelko@zarz.agh.edu.pl

Prezentowane dane o skali zagrożeń, tj. wycena jednostkowa kosztów, łączna ilość przypadków typowych zagrożeń zdrowotnych oraz koszt przypadający na jednostkę produkcji, mogą być wykorzystane jako punkt odniesienia w bardziej szczegółowych badaniach, związanych np. z zagrożeniem smogiem.

Artykuł składa się z dwóch części. W pierwszej dokonano syntezy metodyki szacowania kosztów zewnętrznych dla obiektów energetycznego spalania paliw (ExternE), w drugiej zaś przedstawiono własny szacunek kosztów dla elektrowni zasilanej węglem brunatnym.

Wydanie publikacji sfinansowane zostało przez Akademię Górniczo-Hutniczą im. Stanisława Staszica w Krakowie (dotacja podmiotowa na utrzymanie potencjału badawczego).

## 1. Metodyka ExternE

Do najbardziej wszechstronnych (co nie oznacza, że kompletnych) prób szacunku kosztów zewnętrznych powodowanych przez punktowe źródła zanieczyszczeń, w tym elektrownie, należy metodyka ExternE [*ExternE – Externalities of Energy*, 2005]. Jej celem jest uwzględnienie jak najszerszego spektrum niekorzystnych efektów zewnętrznych powodowanych na etapie produkcji i transportu paliw energetycznych i ich energetycznego zużycia. Szczególnie ten ostatni etap w łańcuchu wytwarzania energii jest dość dobrze zbadany. Na obecnym etapie badań koszty zewnętrzne powodowane emisją zanieczyszczeń gazowych szacowane są dla następujących kategorii oddziaływania: zdrowie ludzkie, materiały, uprawy rolne, bioróżnorodność oraz zmiana charakteru użytkowania powierzchni ziemi. Wpływ poszczególnych zanieczyszczeń na rodzaj ponoszonych strat przedstawiono w tabelicy 1.

**Tablica 1. Niekorzystne efekty zewnętrzne związane z emisją zanieczyszczeń gazowych**

Obszar oddziaływania	Polutant	Efekt zewnętrzny
Zdrowie ludzkie	PM, SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> , NH <sub>3</sub> , NMVOC, Cd, As, Ni, Pb, Hg, Cr, dioksyny	zmniejszenie długości życia ludzkiego, leczenie szpitalne związane z chorobami sercowo-naczyniowymi, oddechowymi itd.
Szkody materiałowe	SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub>	korozja metali, niszczenie elewacji budynków, ubytki materiałów itp.

Obszar oddziaływania	Polutant	Efekt zewnętrzny
Szkody w zbiorach	SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub>	zmniejszenie produktywności pól rolnych, straty leśne, konieczność zwiększenia azotowania gleb
Utrata bioróżnorodności	NH <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , NMVOC	zachwianie równowagi biologicznej
Globalne ocieplenie	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O	zagrożenie życia, powodzie, straty w rolnictwie, turystyce itp.

Źródło: [ExternE – Externalities of Energy, 2005].

Procedura wykorzystywana w metodyce ExternE obejmuje następujące etapy:

- emisja: szacunek wielkości emisji zanieczyszczeń emitowanych przez dane źródło; zależy od zastosowanej technologii energetycznej i typu paliwa, wyrażana najczęściej w jednostkach fizycznej emisji przypadającej na jednostkę produkcji energii (np. kg NO<sub>x</sub>/GWh),
- rozprzestrzenianie: oszacowanie zmian odpowiednich miar jakości środowiska jako funkcji emisji, np. poprzez wzrost koncentracji emisji na pewnym obszarze (wyrażony w µg/m<sup>3</sup>),
- wpływ: oszacowanie fizycznych efektów zmian jakości środowiska dla poszczególnych rodzajów oddziaływań (np. zdrowia – jako ilość przypadków astmy u dzieci itp.); wykorzystywane są w tym celu tzw. funkcje „dawka-skutek”,
- koszt: zastosowanie jednostkowych miar do przekształcenia fizycznych efektów w monetarną wartość kosztów zewnętrznych (np. koszt leczenia astmy).

Niekorzystny wpływ emisji zanieczyszczeń pochodzących z emitora zależy od jego położenia geograficznego, wysokości komin oraz koncentracji zanieczyszczeń w środowisku. W szczególności dla określenia fizycznych i ekonomicznych skutków rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń niezbędne są techniczne, emisyjne i geograficzne dane charakteryzujące badany obiekt energetyczny.

## 2. Wycena kosztów zewnętrznych

W metodyce ExternE koszty zewnętrzne szacowane są dla tzw. elektrowni referencyjnych, czyli zakładów o typowych parametrach produkcyjno-emisyjnych, zlokalizowanych na terenie Europy. Jako narzędzie wykorzystuje się w badanych model EcoSenseWeb V 1.3, który został stworzony przez Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung w Stuttgarcie w ramach realizacji projektów ExternE i NEEDS.

W tablicy 2 przedstawiono standardowy szacunek oddziaływań (w odpowiednich dla rodzaju zagrożenia jednostkach, z uwzględnieniem tzw. LCA, czyli całego łańcucha oddziaływań) dla typowej elektrowni wykorzystującej węgiel brunatny jako paliwo podstawowe, przyjmując, że skala oddziaływań maleje wraz z przesuwaniem się momentu depozycji zanieczyszczeń. Tablica zawiera dane określające fizyczne efekty (emisje do atmosfery i wody oraz wykorzystanie gruntów), które są następnie podstawą monetarnej wyceny kosztów zewnętrznych.

**Tablica 2. Emisje zanieczyszczeń i wykorzystanie terenu przypadające na 1 kWh – elektrownia z turbiną parową PC, 900 MW**

	jedn.	obecnie	2025	2050
<b>Wykorzystanie gruntów</b>				
Przekształcenie – z rolnego	m <sup>2</sup>	6,97E-07	5,49E-07	4,97E-07
Przekształcenie – z zalesionego	m <sup>2</sup>	8,27E-06	6,46E-06	5,96E-06
Przekształcenie – z pastwisk i łąk	m <sup>2</sup>	2,01E-07	1,87E-07	1,58E-07
Przekształcenie – z pastwisk i łąk	m <sup>2</sup>	0	0	0
Przekształcenie – z pastwisk i łąk	m <sup>2</sup>	5,51E-10	4,29E-10	3,90E-10
Przekształcenie – z nieznanego typu gruntu	m <sup>2</sup>	3,78E-05	4,65E-05	3,76E-05
<b>Emisja do atmosfery</b>				
Amoniak	kg	5,49E-08	4,86E-06	4,35E-06
Arszenik	kg	9,03E-09	7,32E-09	6,10E-09
Kadm	kg	1,29E-09	9,19E-10	7,02E-10
Dwutlenek węgla	kg	9,21E-01	8,08E-01	7,31E-01
Węgiel-14	kBq	3,29E-04	2,49E-04	2,57E-04
Chrom	kg	2,40E-08	4,03E-08	3,96E-08
Chrom VI	kg	7,45E-10	1,13E-08	1,10E-09
Podtlenek azotu	kg	2,20E-05	1,94E-05	1,76E-05
Ołów	kg	9,55E-07	8,39E-07	7,61E-07
Metan, kopalny	kg	2,48E-04	2,15E-04	1,92E-04
Rtęć	kg	2,03E-08	1,77E-08	1,60E-08
Nikiel	kg	1,98E-08	1,25E-08	9,95E-09
Tlenki azotu	kg	7,38E-04	6,41E-04	5,79E-04
Łącznie – lotne związki organiczne poza metanem	kg	2,36E-05	2,03E-05	1,89E-05
w tym:				
Formaldehyd	kg	5,22E-07	4,50E-07	4,09E-07
PM 10	kg	7,61E-05	9,83E-06	9,04E-08
PM 2.5	kg	6,47E-05	5,54E-05	5,02E-05
PCDD/F (mierzony w I-TEQ)	kg	6,52E-14	5,59E-14	4,93E-14
Dwutlenek siarki	kg	1,69E-04	1,20E-04	1,07E-04

	jedn.	obecnie	2025	2050
Aerozole, substancje radioaktywne, nieokreślone	kBq	7,39E-08	4,33E-08	1,63E-07
Wodór-3, Tryton	kBq	1,86E-03	1,13E-03	5,82E-04
Jod-131	kBq	1,86E-05	2,22E-07	2,15E-07
Jod-133	kBq	3,65E-10	8,08E-11	7,39E-11
Krypton-85	kBq	1,47E-04	1,85E-06	3,64E-06
Gazy szlachetne, radioaktywne, nieokreślone	kBq	3,19E-02	2,04E-02	1,52E-02
Tor-230	kBq	1,10E-04	7,49E-05	5,63E-05
Uran-234	kBq	5,11E-07	3,47E-07	2,61E-07
Uran-235	kBq	2,48E-08	1,68E-08	1,26E-08
Uran-238	kBq	2,99E-06	2,35E-06	2,08E-06
<b>Emisja do wody</b>				
Węgiel-14	kBq	1,30E-04	8,53E-05	6,85E-05
Wodór-3, Tryton	kBq	1,42E-01	9,53E-02	7,70E-02
Jod-131	kBq	4,99E-10	1,10E-10	1,01E-10
Uran-234	kBq	9,71E-07	6,59E-07	4,95E-07
Uran-235	kBq	1,60E-06	1,09E-06	8,18E-07
Uran-238	kBq	2,80E-06	1,86E-06	1,31E-06

Źródło: [NEEDS, *New Energy Externalities*, 2009].

Mając do dyspozycji szczegółowe dane emisyjno-produkcyjne konkretnej elektrowni zlokalizowanej na danym terenie, można wykonać obliczenia nie tylko efektów fizycznych, ale także pieniężnych. W tablicy 3 przedstawiono takie szacunki (z braku miejsca już bez fizycznych oddziaływań) dla projektowanej elektrowni węgla brunatnego zlokalizowanej w okolicach Legnicy. Wysokość kosztów zewnętrznych – w mln euro/rok oraz cEuro/kWh – została wyliczona dla dwóch zakresów: na całym obszarze rozprzestrzeniania zanieczyszczeń oraz tylko dla obszaru Polski. To rozróżnienie jest istotne, gdyż pokazuje skutki globalne w porównaniu ze skalą krajową. Należy podkreślić, że z ekonomicznego i społecznego punktu widzenia tylko całość kosztów jest odpowiednią miarą negatywnych skutków powodowanych przez elektrownię.

Niekorzystne efekty obejmują następujące kategorie (terminologia zgodna z wydrukiem wyników z modelu EcoSenseWeb V 1.3):

- *Loc+Reg: building material* – straty lokalne i regionalne materiałowe,
- *Loc+Reg: crops Acid Deposition* – straty lokalne i regionalne w zbiorach na skutek zakwaszenia,
- *Loc+Reg: crops N deposition* – korzyści (straty) lokalne i regionalne w zbiorach na skutek efektu nawożenia,

- *Loc+Reg: crops O3* – straty lokalne i regionalne w zbiorach na skutek zwiększonej koncentracji ozonu,
- *Loc+Reg: SIA\_E\_PPM* – straty w zdrowiu ludzkim,
- *Hemispheric Scale* – straty powodowane przez pierwotne i wtórne zanieczyszczenia objawiające się na skalę globalną (wszystkie kategorie),
- *Biodiversity Losses due to Landuse Change* – utrata bioróżnorodności na skutek zmiany typu terenu na skutek budowy elektrowni,
- *Biodiversity Losses due to Acidification Eutrophication* – utrata bioróżnorodności na skutek efektów zakwaszenia i eutrofizacji obszarów depozycji zanieczyszczeń,
- *Greenhouse Gases* – straty związane z globalnym ociepleniem.

**Tablica 3. Koszty zewnętrzne – elektrownia konwencjonalna typu PC (moc 4600 MW, produkcja 30 TWh/rok)**

Kategoria kosztów	Wszystkie kraje		Tylko Polska	
	mln euro/rok	cEuro/kWh	mln euro/rok	cEuro/kWh
<i>Loc+Reg: building material</i>	17,29	0,06	17,29	0,06
<i>Loc+Reg: crops Acid Deposition</i>	-0,03	0,00	0	0,00
<i>Loc+Reg: crops N deposition</i>	-0,59	-0,001	-0,30	-0,001
<i>Loc+Reg: crops O3</i>	7,90	0,03	3,00	0,01
<i>Loc+Reg: SIA_E_PPM</i>	539,40	1,79	141,00	0,47
<i>Hemispheric Scale</i>	11,22	0,04	0	0
<i>Biodiversity Losses due to Landuse Change</i>	10,64	0,04	10,64	0,04
<i>Biodiversity Losses due to Acidification Eutrophication</i>	32,76	0,11	14,06	0,05
<i>Greenhouse Gases</i>	570,00	1,90	0*	0*
<b>Suma</b>	<b>1188,59</b>	<b>3,97</b>	<b>185,69</b>	<b>0,63</b>

\* Nie jest możliwe wydzielenie kosztów globalnego ocieplenia tylko dla Polski, dlatego w rachunku zostały pominięte.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników modelu EcoSenseWeb V 1.3.

W strukturze kosztów dominują koszty zdrowotne (*Loc+Reg: SIA\_E\_PPM*) oraz koszty związane z globalnym ociepleniem. Dużo mniejszy zakres kosztów można zauważyć w przypadku zniszczeń materiałowych, ubytków plonów i strat bioróżnorodności. Charakterystyczne jest, iż w przypadku oddziaływania na uprawy rolne można zaobserwować pozytywne oddziaływanie emisji siarczanowych i azotanowych – jako skutek dodatkowego nawożenia zwiększającego plony. Około 26% kosztów zewnętrznych

jest powodowanych w skali krajowej (bez efektu cieplarnianego), reszta zanieczyszczeń jest rozprzestrzeniana za granicę i tam powoduje straty.

Najważniejszym składnikiem kosztów zewnętrznych są koszty zdrowotne, które rocznie wynoszą prawie 540 mln euro dla wszystkich krajów objętych oddziaływaniem emisji elektrowni. W tablicy 4 przedstawiono ich strukturę, czyli kategorie kosztów odnoszące się dla grup wiekowych ludności, ich wycenę jednostkową, łączną ilość przypadków oraz koszt przypadający na jednostkę produkcji.

**Tablica 4. Struktura kosztów zdrowotnych dla elektrowni konwencjonalnej typu PC**

Struktura wiekowa	Kategorie zdrowotne	Koszty jednostkowe, euro/jedn.	Przypadki /TWh	Koszt zdrowotny, mln euro
dorośli_20	Używanie inhalatora	1	126,7	0,00
dorośli_27	Chroniczne zapalenie oskrzeli	200 000	0,7174	4,30
dorośli_15	Chroniczny kaszel	38	1267	1,44
dzieci_5_14	Używanie inhalatora	1	15,59	0,00
dzieci_5_14	Chroniczny kaszel	38	805,6	0,92
noworodki	Przypadki śmierci niemowląt	3 000 000	0,002645	0,24
Łącznie	Przyjęcia do szpitala z powodów chorób serca	2000	0,1678	0,01
Łącznie	Przyjęcia do szpitala z powodów chorób układu oddechowego	2000	0,2719	0,02
dorośli_15_64	Dni niezdolności do pracy	295	480,5	4,25
dorośli_18_64	Występowanie RAD*	38	1276	1,45
dorośli_30	Utrata roku życia – narażenie długookresowe	40 000	22,49	26,99
Łącznie	razem RAD	130	331,1	1,29
dorośli_20	Używanie inhalatora	1	1449	0,04
dorośli_27	Chroniczne zapalenie oskrzeli	200 000	8,207	49,24
dorośli_15	Chroniczny kaszel	38	14 500	16,52
dzieci_5_14	Używanie inhalatora	1	178,4	0,01
dzieci_5_14	Chroniczny kaszel	38	9216	10,51
noworodki	Przypadki śmierci niemowląt	3 000 000	0,03026	2,72
Łącznie	Przyjęcia do szpitala z powodów chorób serca	2000	1,92	0,12

Struktura wiekowa	Kategorie zdrowotne	Koszty jednostkowe, euro/jedn.	Przy- padki /TWh	Koszt zdrowotny, mln euro
Łącznie	Przyjęcia do szpitala z powodów chorób układu oddechowego	2000	3,11	0,19
dorośli_15_64	Dni niezdolności do pracy	295	5776	51,12
dorośli_18_64	Występowanie RAD	38	15 300	17,48
dorośli_30	Utrata roku życia – narażenie długookresowe	40 000	270,3	324,36
Łącznie	Razem RAD	130	3981	15,53
dorośli_18_64	Występowanie RAD	38	2911	3,32
dorośli_20	Używanie inhalatora	1	1037	0,03
dorośli_65	Przyjęcia do szpitala z powodów chorób układu oddechowego	2000	0,781	0,05
dzieci_5_14	Kaszel	38	4119	4,70
dzieci_5_14	Chroniczny kaszel	38	708,7	0,81
Łącznie	Utrata roku życia – narażenie krótkookresowe	60 000	0,8809	1,59
Razem				539,40

\* RAD Restricted Activity Days – dni ograniczonej aktywności zawodowej

Uwaga: niektóre kategorie oddziaływań pojawiają się kilkakrotnie, ponieważ dotyczą oddziaływań pierwotnych (pyłu o średnicy do 10 µm, pyłu <2,5 µm, ozonu) oraz wtórnych (aerozoli siarczanowych i azotanowych).

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników modelu EcoSenseWeb V 1.3.

Na uwagę zasługuje fakt, że jeśli chodzi o skalę główne źródło zagrożeń zdrowotnych wiąże się z emisją dwutlenku siarki i jego związków. Znacznie mniejsze zagrożenie powoduje emisja związków azotu. Pyły, przez fakt ich prawie całkowitego wychwycenia w filtrach elektrowni (sprawność około 99,98%), nie stanowią realnego zagrożenia zdrowotnego w przypadku elektrowni systemowych. Zupełnie inaczej wygląda to w sytuacji tzw. niskiej emisji w miastach, gdzie brak skutecznych metod wychwytu przesądza o ich szczególnej szkodliwości.

## Zakończenie

Przedstawiony w artykule rachunek kosztów zewnętrznych wskazuje negatywną stronę związaną z energetycznym wykorzystaniem węgla brunatnego, i to w niepełnym wymiarze. Nie uwzględniono w nim bowiem skutków powstających na etapie eksploatacji węgla, który zwykle wiąże



się ze znacznym przekształceniem lub zniszczeniem dużych powierzchni, zarówno rolniczych, leśnych, jak i obszarów zabudowanych. Niemniej jednak wyliczenia odzwierciedlają niekorzystne skutki odnoszące się do najpoważniejszego zagrożenia, jakim są emisje zanieczyszczeń gazowych. Przeprowadzona w artykule analiza powinna posłużyć za punkt odniesienia dla kompleksowej oceny pełnych kosztów społecznych dla projektowanego krajowego tzw. mix-u energetycznego w perspektywie roku 2030 lub 2050. W ocenie autora, z wielu względów, taki rachunek wciąż nie powstał, a oceny konkurencyjności technologii energetycznych dokonywane są wciąż w oparciu o zawężoną kategorię kosztów produkcji energii.

## Literatura

- Bozicevic M., Tomsic Z., Debrecin N. (2005), *External costs of electricity production: case study Croatia*, „Energy Policy”, Vol. 33, No. 11.
- Desaigues B., Ami D., Bartczak A., Kohlová M., Chilton S., Czajkowski M., Farreas V., Hunt A., Hutchison M., Jeanren C., Kaderjak P., Máca V., Markiewicz O., Markowska A., Metcalf H., Navrud S., Nielsen J.S., Ortiz R., Pellegrini S., Rabl A., Riera P., Ščasný M., Stoeckel M. (2011), *Economic Valuation of Air Pollution Mortality: A 9-Country Contingent Valuation Survey of Value of a Life Year (VOLY)*, „Ecological Indicators”, Vol. 11, No. 3.
- EcoSenseWeb V 1.3, *User's Manual* (2008), IER.
- ExternE – *Externalities of Energy. Methodology 2005 Update* (2005), European Commission.
- Friedrich R., Voss A. (1993), *External costs of electricity generation*, „Energy Policy”, Vol. 21, No. 2.
- Hohmeyer O. (2012), *Social Costs of Energy Consumption: external effects of electricity generation in the Federal Republic of Germany*, Wydawnictwo Springer-Verlag.
- Juroszek Z., Kudelko M. (2016), *A model of optimization for local energy infrastructure development*, „Energy”, Vol. 96.
- Kosugi T., Tokimatsu K., Kurosawa A., Itsubo N., Yagita H., Sakagami M. (2009), *Internalization of the external costs of global environmental damage in an integrated assessment model*, „Energy Policy”, Vol. 37, No. 7.
- Kudelko M. (2009), *External costs of Power Plants – Results of the NEEDS Project*, „Rynek Energii”, nr 4.
- Kudelko M., Wejer M. (2014), *Selected implications of negative externalities – on the example of the Polish energy sector*, „Managerial Economics”, Vol. 15, No. 2.
- Lorek E. (2007), *Internalizacja kosztów zewnętrznych w energetyce warunkiem zrównoważonego rozwoju*, „Ekonomia i Środowisko”, nr 1.
- Máca V., Melichar J., Ščasný M. (2012), *Internalization of External Costs of Energy Generation in Central and Eastern European Countries*, „The Journal of Environment & Development”, Vol. 21, No. 2.
- NEEDS, *New Energy Externalities Developments for Sustainability, External costs from emerging electricity generation technologies* (2009), Deliverable n° 6.1 – RS1a.

Rafaj P., Kypreos S. (2007), *Internalisation of external cost in the power generation sector: Analysis with Global Multi-regional MARKAL model*, „Energy Policy”, Vol. 35, No. 2.

### **Streszczenie**

Celem artykułu była wycena kosztów zewnętrznych, dokonana na podstawie studium przypadku dla elektrowni spalającej węgiel brunatny. Przedstawiono strukturę emitowanych zanieczyszczeń gazowych, które następnie tworzą mapę typowych zagrożeń zdrowotnych, stanowiących główny składnik kosztów zewnętrznych. Podana struktura i wysokość kosztów zewnętrznych – w mln euro/rok oraz cEuro/kWh – została wyliczona dla dwóch zakresów: na całym obszarze rozprzestrzeniania zanieczyszczeń oraz tylko dla obszaru Polski. W strukturze kosztów dominują koszty zdrowotne oraz koszty związane z globalnym ociepleniem. Dużo mniejszy zakres kosztów można zauważyć w przypadku zniszczeń materiałowych, ubytków plonów i strat bioróżnorodności. Najważniejszym składnikiem kosztów zewnętrznych są koszty zdrowotne, które rocznie wynoszą prawie 540 mln euro dla wszystkich krajów objętych oddziaływaniem elektrowni. Jeśli chodzi o skalę, główne źródło zagrożeń zdrowotnych wiąże się z emisją dwutlenku siarki i jego związków; mniejsze zagrożenia powoduje emisja związków azotu i pyłów.

### **Słowa kluczowe**

koszty zewnętrzne, energetyka, metodyka ExternE

### **Valuation of external costs in energy sector – a case study (Summary)**

The aim of the article is the valuation of external costs, made on the basis of a case study for a lignite coal-fired power plant. The structure of emitted air pollutants is presented, which forms a map of typical health hazards, the main component of external costs. The structure and amount of external costs – in million EUR/year and cEuro/kWh – have been calculated for two ranges: the entire area of deposition and only for Poland. The cost structure is dominated by health costs and global warming effects. A much smaller costs can be seen in the case of material damage, crops and biodiversity losses. The most important component of external costs are health costs, which amount to EUR 540 million per year for all countries affected by the plant. In terms of scale, the main source of health hazards is associated with the emission of sulphur dioxide and its compounds; smaller risk causes the emission of nitrogen and PM.

### **Keywords**

external costs, energy sector, ExternE methodology