

Beata KLOJZY-KARCZMARCZYK\*, Said MAKOUDI\*, Jarosław STASZCZAK\*\*

## **Aktualizacja wskaźnika wytwarzania odpadów zawierających azbest na obszarach wiejskich oraz miejskich**

**Streszczenie:** Proces usuwania wyrobów zawierających azbest z terytorium Polski został zapoczątkowany wprowadzeniem ustawy o zakazie stosowania wyrobów zawierających azbest. W najbliższych latach wyroby takie, wbudowane w poszczególnych obiektach, nadal będą sukcesywnie usuwane, stając się w konsekwencji odpadem niebezpiecznym. Na podstawie przeprowadzonych inwentaryzacji w latach 2005–2014, autorzy oszacowali wartości wskaźnika wytwarzania odpadów zawierających azbest w przeliczeniu na jednego mieszkańca. Założono, że wielkość nagromadzenia wyrobów zawierających azbest na poszczególnych obszarach można potraktować jako wielkość potencjalnego wytwarzania odpadów zawierających azbest w przyszłości. Ze względu na uwarunkowania obszarów miejskich oraz wiejskich, konieczne było oddzielne szacowanie wskaźnika wytwarzania odpadów dla poszczególnych obszarów.

Spośród zinventaryzowanych 53 gmin o zróżnicowanym charakterze wydzielono gminy o charakterze wiejskim oraz miejskim. Wartości uzyskane dla gmin o charakterze miejsko-wiejskim rozdzielono pomiędzy obydwa obszary zgodnie ze stanem rzeczywistym. Średnia wartość wskaźnika wytwarzania odpadów zawierających azbest przez jednego mieszkańca obszaru wiejskiego, obliczona na podstawie 44 analizowanych obszarów na przestrzeni 10 lat wynosi 24,0 m<sup>2</sup>, co stanowi 264 kg. Średnia wartość wskaźnika wytwarzania odpadów zawierających azbest przez jednego mieszkańca obszaru miejskiego, obliczona na podstawie 26 analizowanych obszarów jest zdecydowanie niższa i wynosi 6,4 m<sup>2</sup>, co stanowi 70 kg. Zauważa się zróżnicowanie wskaźnika wytwarzania dla małych i dużych miast. Określenie średnich potencjalnych wskaźników wytwarzania odpadów zawierających azbest przez mieszkańca jest pomocnym narzędziem dla prognozowania wielkości wytwarzania odpadów zawierających azbest na konkretnym obszarze.

Wyniki przeprowadzonych inwentaryzacji są zamieszczone w Bazie Azbestowej Ministerstwa Gospodarki i stanowią element realizacji wytycznych *Programu oczyszczania kraju z azbestu na lata 2009–2032*. Można uznać, że wskaźniki podawane w programie krajowym odzwierciedlają skalę problemu dla obszarów wiejskich. Uśrednione wartości rzeczywiste dla obszarów wiejskich, poza nielicznymi wyjątkami, mieszczą się w granicach przyjętych dla poszczególnych województw.

**Słowa kluczowe:** azbest, wyroby zawierające azbest, wskaźnik wytwarzania odpadów, obszary wiejskie, obszary miejskie

\* Dr inż., \*\* Mgr inż., Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Zakład odnawialnych źródeł energii i badań środowiskowych, Kraków;  
e-mail: beatakk@min-pan.krakow.pl; makoudi@min-pan.krakow.pl; jaro@min-pan.krakow.pl.

## **An update of the asbestos-containing waste generation index in rural and urban areas**

**Abstract:** The introduction of a ban on the use of products containing asbestos began a process of their removal from Poland. In the coming years, asbestos-containing products used in individual facilities will still be gradually removed having becoming hazardous waste. On the basis of an inventory made from 2005 to 2014, the authors determined the asbestos-containing waste generation index per capita. It was assumed that the amount of the accumulated asbestos-containing products in different areas may be regarded as the magnitude of potential asbestos-containing waste generation in the future. Due to the conditions in urban and rural areas, it was necessary to determine indices separately for waste generation in individual areas.

Of the 53 inventoried communities of diverse character only the communities of rural and urban character were distinguished. The values obtained for the communities of urban-rural character were divided between the two areas in line with the status quo. The average value of asbestos-containing waste generation per inhabitant of a rural area calculated on the basis of 44 analysed areas over the last 10 years amounts to 24.04 m<sup>2</sup>, which is 264.5 kg. The average value of asbestos-containing waste generation per inhabitant of an urban area calculated on the basis of 26 analysed areas is much lower at 6.4 m<sup>2</sup>, which is 70 kg. Diversification in the generation index has been reported for small towns and cities. The determination of average potential indices for the generation of asbestos-containing waste per inhabitant is a useful tool for predicting the generation size in a specific area. The results of the inventory have been published in the Asbestos Products Data Base of the Ministry of Economy and they form part of the implementation of the guidelines in the Programme for the removal of asbestos for years 2009–2032. It may be considered that the indices reported in the national programme reflect the scale of the problem for rural areas. The averaged actual values for rural areas are within the limits set for the different voivodeships, however, there have been some exceptions.

**Keywords:** asbestos, asbestos-containing products, waste generation index, rural areas, urban areas

## **Wprowadzenie**

Wprowadzenie ustawy o zakazie stosowania wyrobów zawierających azbest zapoczątkowało proces ich usuwania z terytorium Polski (Dz.U. z 1997 r. Nr 101, poz. 628; Program usuwania azbestu... 2002; Program oczyszczania kraju... 2009). Podstawowe ogniska zanieczyszczenia azbestem związane z działalnością człowieka to obiekty i tereny, gdzie produkowano i magazynowano wyroby zawierające azbest, „dzikie wysypiska” odpadów zawierających azbest oraz nieruchomości, w których użytkowane są wyroby z udziałem azbestu o naruszonej strukturze, a w szczególności, gdy są one nieprawidłowo usuwane (m.in. Dyczek 2000; Obmiński 2000; Pichór 2005; Szeszenia-Dąbrowska 2007; Szeszenia-Dąbrowska i Sobala 2010; Szeszenia-Dąbrowska i in. 2015). W najbliższych latach wyroby zawierające azbest wbudowane w poszczególnych obiektach nadal będą sukcesywnie usuwane, stając się w konsekwencji odpadem niebezpiecznym. Inwentaryzacja prowadzona w warunkach rzeczywistych, tzw. spis z natury jest najdokładniejszą metodą określenia ilości wyrobów zawierających azbest, koniecznych do usunięcia (m.in. Makoudi 2007; Kłojzy-Karczmarczyk i Makoudi 2011a, 2012). Należy zauważyć, że dokładność spisu dotyczy elementów zinwentaryzowanych na zewnątrz obiektów tj. elewacji i pokryć dachowych.

Istotnym zagadnieniem jest określenie wskaźnika obrazującego ilość wyrobów zawierających azbest wbudowanych na obszarach gmin, co będzie pomocnym narzędziem w rozpoznawaniu skali potencjalnego wytwarzania odpadów aż do roku 2032 (Program usuwania azbestu... 2002; Program Oczyszczania Kraju... 2009). Ze względu na uwarunkowania obszarów miejskich oraz wiejskich, konieczne jest oddzielne szacowanie wskaźników wytwarzania odpadów dla poszczególnych obszarów. Obserwacje prowadzone na obszarach

wiejskich wybranych województw były przedmiotem wcześniejszej publikacji z udziałem autorów (Klojzy-Karczmarczyk i Makoudi 2011b). Na podstawie badań terenowych przeprowadzonych w latach 2005–2010 autorzy oszacowali ilość odpadów możliwych do wytworzenia przez jednego mieszkańca obszaru wiejskiego, która wahała się w granicach od 2,2 do 64,6 m<sup>2</sup>. Średnia wartość wskaźnika potencjalnego wytwarzania odpadów zawierających azbest przez mieszkańca obszaru wiejskiego, obliczona na podstawie 17 analizowanych obszarów w roku 2010 wynosiła zatem 25 m<sup>2</sup>, co stanowi około 350 kg (przy założeniu: 1 m<sup>2</sup> = 0,014 Mg). Średni wskaźnik wytwarzania odpadów przez mieszkańca województwa świętokrzyskiego był wysoki i sięgał 40,3 m<sup>2</sup>, natomiast dla województwa małopolskiego średni wskaźnik wytwarzania odpadów przez jednego mieszkańca był zdecydowanie niższy przyjmując wartość 19,3 m<sup>2</sup>.

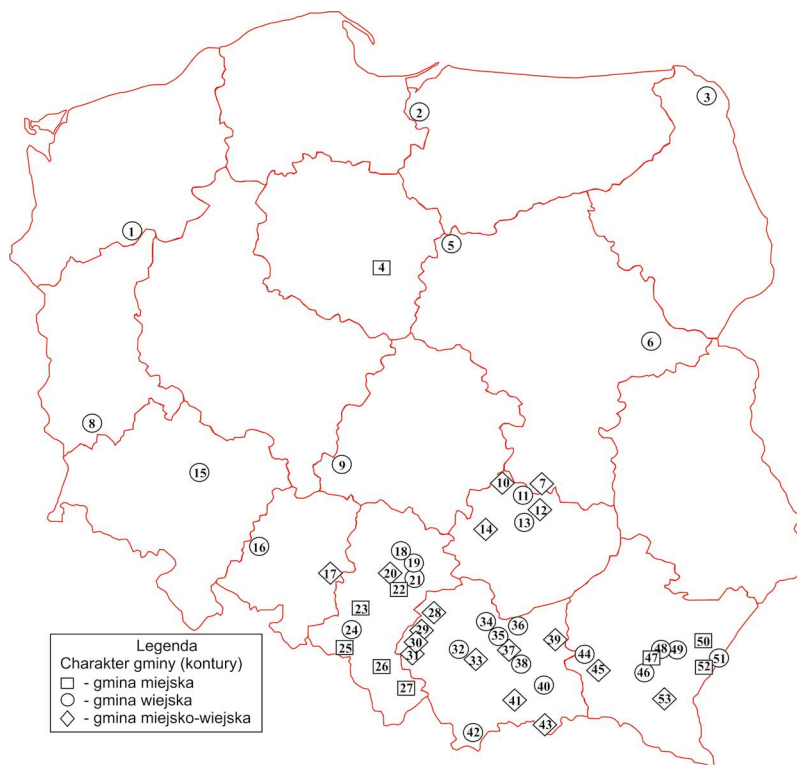
W latach 2011–2014 kontynuowane były prace inwentaryzacyjne na obszarach kolejnych gmin, a uzyskane wyniki zasilily Bazę Azbestową Ministerstwa Gospodarki i stanowią element realizacji wytycznych *Programu oczyszczania kraju z azbestu na lata 2009–2032*. Obserwacje przeprowadzone z udziałem autorów pracy pozwoliły na weryfikację wskaźnika potencjalnego wytwarzania odpadów zawierających azbest na obszarach wiejskich wybranych województw. Oszacowano ponadto wskaźnik wytwarzania odpadów zawierających azbest dla wybranych obszarów miejskich.

### **1. Charakterystyka analizowanych obszarów oraz założona metodyka prac**

Łącznie w latach 2005–2014 autorzy pracy uczestniczyli w inwentaryzacji wyrobów zawierających azbest na obszarze 53 gmin, w tym 9 gmin o charakterze typowo miejskim, 27 gmin o charakterze wiejskim, natomiast pozostałe gminy, w liczbie 17, wykazywały charakter miejsko-wiejski. Analizowane gminy zlokalizowane są na obszarze 13 województw (rys. 1). Najwięcej gmin, w których przeprowadzono inwentaryzację, znajduje się w województwach małopolskim (16 gmin), podkarpackim i śląskim (po 10 gmin) oraz świętokrzyskim (5 gmin). W podanych 4 województwach łącznie zlokalizowane jest 41 spośród 53 zinventaryzowanych gmin. Pozostałe gminy znajdują się w województwach: mazowieckim (3 gminy), opolskim (2 gminy), dolnośląskim, łódzkim, lubuskim, kujawsko-pomorskim, warmińsko-mazurskim, zachodniopomorskim oraz podlaskim (po 1 gminie).

Na terenie gmin wiejskich, gdzie przeważa budownictwo jednorodzinne, znajduje się jeszcze znacząca ilość obiektów z wbudowanymi materiałami zawierającymi azbest. Obiekty te to głównie budynki mieszkalne i gospodarce z dachami pokrytymi płytami azbestowo-cementowymi (płyty faliste i płyty płaskie typu „caro”), rzadziej elewacje tych budynków. W miastach, na obszarach z zabudową wielorodzinną, wielokondygnacyjną, najczęstszym elementem z wbudowanymi wyrobami azbestowymi są elewacje i stanowią one stosunkowo duży odsetek na tle wszystkich elementów z wbudowanymi wyrobami zawierającymi azbest.

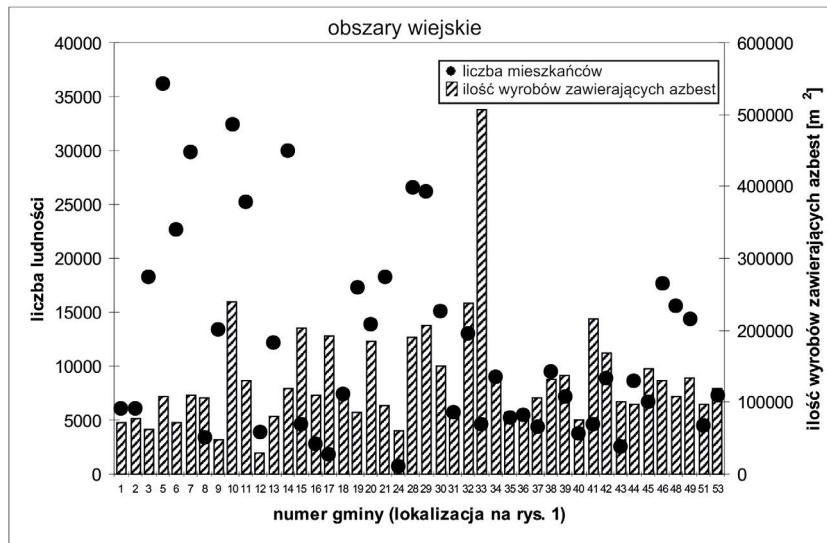
Na podstawie przeprowadzonych inwentaryzacji, tzw. spis z natury, w ślad za *Programem usuwania azbestu i wyrobów zawierających azbest stosowanych na terytorium Polski* (2002) oraz jego aktualizacją tj. *Programem oczyszczania kraju z azbestu na lata 2009–2032* (2009) i ich założeniami autorzy oszacowali wartości wskaźnika wytwarzania odpadów zawierających azbest w przeliczeniu na jednego mieszkańca. Założono, że wiel-



Rys. 1. Lokalizacja gmin, dla których szacowano wskaźniki potencjalnego wytwarzania odpadów zawierających azbest

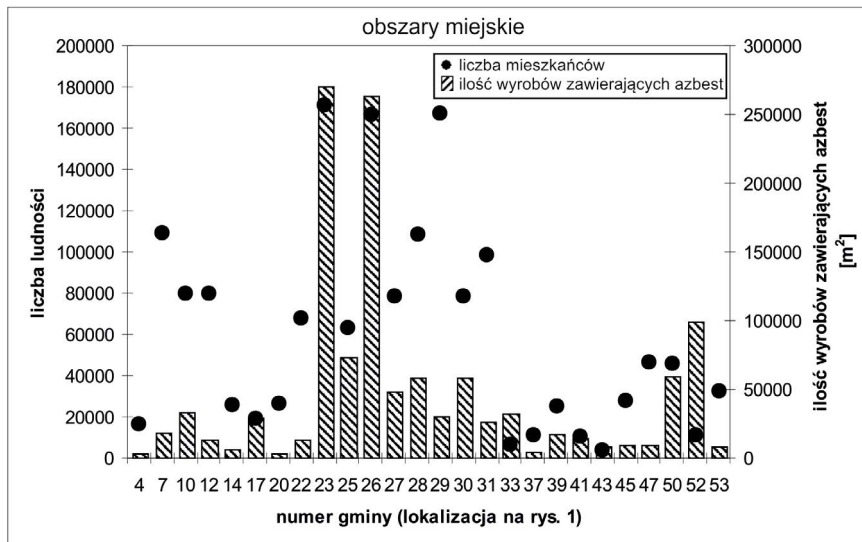
Fig. 1. Location of communities for which potential indices of asbestos-containing waste generation were determined

kość nagromadzenia wyrobów zawierających azbest na poszczególnych obszarach można potraktować jako wielkość potencjalnego wytwarzania odpadów zawierających azbest w przyszłości. Zgodnie z *Programem oczyszczania kraju z azbestu na lata 2009–2032*, do końca roku 2032 każdy wyrób powinien zostać usunięty z obiektu, stając się tym samym odpadem niebezpiecznym. Obliczona w pracy wartość wskaźnika potencjalnego wytwarzania odpadów zawierających azbest na obszarach wiejskich oraz miejskich jest zatem stosunkiem ilości zinwentaryzowanych wyrobów zawierających azbest na danym obszarze w odniesieniu do liczby ludności. W wyniku prac monitoringowych została wykazana ilość wbudowanych wyrobów zawierających azbest na konkretnym obszarze w jednostkach powierzchni [ $m^2$ ]. Za *Programem usuwania azbestu i wyrobów zawierających azbest stosowanych na terytorium Polski* przyjęto, że  $1 m^2$  płyty azbestowo-cementowej waży średnio 11 kg. Należy zaznaczyć, że wielkość ta w warunkach rzeczywistych może przyjmować nieco inne wartości. Zgodnie z danymi zebranymi przez autorów pracy z różnych miejsc składowania odpadów zawierających azbest, masa  $1 m^2$  płyty azbestowo-cementowej wynosi 14–17 kg (Kłojzy-Karczmarczyk i Makoudi 2011b). Przy obliczaniu wskaźnika dla terenów wiejskich oraz miejskich uwzględniono ilości wyrobów zawierających azbest, zinwentaryzowanych w obiektach gospodarstw indywidualnych, a także w obiektach nale-



Rys. 2. Ilość wyrobów zawierających azbest na tle liczby ludności analizowanych obszarów wiejskich (dane zamieszczone w Bazie Azbestowej MG na podstawie prac IGSMiE PAN)

Fig. 2. The quantity of asbestos-containing products against the population of the analysed rural areas [the data contained in the Asbestos Products Data Base of the Ministry of Economy based on the work of MEERI PAS]



Rys. 3. Ilość wyrobów zawierających azbest na tle liczby ludności analizowanych obszarów miejskich (dane zamieszczone w Bazie Azbestowej MG na podstawie prac IGSMiE PAN)

Fig. 3. The quantity of asbestos-containing products against the population of the analysed urban areas [the data contained in the Asbestos Products Data Base of the Ministry of Economy based on the work of MEERI PAS]

żących do firm i przedsiębiorstw (w tym PKP i MON), spółdzielni i wspólnot mieszkaniowych oraz jednostek samorządu terytorialnego.

Spośród zinwentaryzowanych 53 gmin o zróżnicowanym charakterze wydzielono gminy o charakterze wiejskim oraz miejskim. Wartości uzyskane dla gmin o charakterze miejsko-wiejskim rozdzielono pomiędzy obydwa obszary zgodnie ze stanem rzeczywistym. W ten sposób uzyskano dane inwentaryzacyjne dla 44 obszarów o charakterze wiejskim z zabudową jednorodzinną oraz 26 obszarów o charakterze miejskim z dużym udziałem zabudowy wielorodzinnej. Dane wyjściowe do realizacji prezentowanej pracy zamieszczone są w Bazie Azbestowej Ministerstwa Gospodarki (<http://www.bazaazbestowa.gov.pl>), pokazujące ilość zinwentaryzowanych wyrobów zawierających azbest na analizowanych obszarach poszczególnych gmin w odniesieniu do liczby mieszkańców zestawiono na rysunkach 2 i 3.

## **2. Analiza wyników inwentaryzacji dla poszczególnych obszarów**

Dane pozyskane w warunkach rzeczywistych (<http://www.bazaazbestowa.gov.pl>) pozwoliły na obliczenie potencjalnego wskaźnika wytwarzania odpadów zawierających azbest przez jednego mieszkańca z rozdzieleniem na obszary wiejskie oraz obszary miejskie. W tabeli 1 zestawiono wskaźniki wytwarzania dla poszczególnych obszarów w układzie wojewódzkim. Określono średnie wartości wskaźników wytwarzania dla województw małopolskiego, śląskiego, podkarpackiego oraz świętokrzyskiego (tab. 2).

Biorąc pod uwagę wyniki inwentaryzacji w analizowanych gminach w latach 2005–2014 oraz ludność poszczególnych obszarów wiejskich, określono ilość odpadów potencjalnie wytwarzanych przez jednego mieszkańca obszaru wiejskiego, która waha się w granicach od 2,1 do 75,8 m<sup>2</sup>. Najmniejszą wartość wskaźnika wytwarzania dla obszaru wiejskiego obliczono dla jednej z podkrakowskich gmin miejsko-wiejskich. Tendencję niższych wartości wskaźnika obserwujemy także dla innych gmin, zlokalizowanych na obrzeżach dużych miast. Najwyższe wartości wskaźnika wytwarzania wyrobów zawierających azbest, przekraczające wartość 70 m<sup>2</sup>/M (m<sup>2</sup>/na mieszkańca), obliczono dla dwóch gmin obszaru województwa mazowieckiego. Wysokie wskaźniki zaobserwowano również w kolejnej gminie województwa mazowieckiego (61,8 m<sup>2</sup>/M) oraz w województwach łódzkim (64,6 m<sup>2</sup>/M) i podlaskim (65,2 m<sup>2</sup>/M).

Obliczono średnią wartość wskaźnika wytwarzania odpadów zawierających azbest dla województwa świętokrzyskiego, śląskiego, małopolskiego oraz podkarpackiego, zarówno w jednostce powierzchni [m<sup>2</sup>], jak też masy [Mg] (tab. 2). Dla pozostałych województw nie szacowano uśrednionego wskaźnika ze względu na pojedyncze dane inwentaryzacyjne. Najniższe wielkości potencjalnego wytwarzania odpadów przez mieszkańca gmin wiejskich zanotowano w województwie opolskim, dla którego, ze względu na małą ilość zinwentaryzowanych gmin, nie liczono wartości średnich. Dla dwóch zinwentaryzowanych obszarów wiejskich, w skład których wchodzi jedna gmina wiejska oraz jeden obszar wiejski gminy miejsko-wiejskiej, uśredniona wartość wynosi zaledwie 3,9 m<sup>2</sup>/M, co w przeliczeniu daje 40 kg/M. Wyższe uśrednione wielkości wytwarzania obliczono dla województw małopolskiego (14,2 m<sup>2</sup>/M, czyli 160 kg/M), podkarpackiego (20,0 m<sup>2</sup>/M, czyli 220 kg/M), śląskiego (24,6 m<sup>2</sup>/M, czyli 270 kg/M) oraz świętokrzyskiego (39,1 m<sup>2</sup>/M, czyli 430 kg/M). Najwyższą wielkość potencjalnego wytwarzania odpadów zawierających azbest w układzie

TABELA 1. Zestawienie wskaźników potencjalnego wytwarzania odpadów zawierających azbest na obszarach wiejskich oraz miejskich

TABLE 1. Listed indices of potential asbestos-containing waste generation in rural and urban areas

Województwo	Obszar wiejski			Obszar miejski		
	ilość obszarów (rys. 1)	wielkość wytwarzania = = wskaźnik*		ilość obszarów (rys. 1)	wielkość wytwarzania = = wskaźnik*	
		[m <sup>2</sup> /M]	[Mg/M]		[m <sup>2</sup> /M]	[Mg/M]
zachodniopomorskie	1	19,2	0,21	–	–	–
warmińsko-mazurskie	1	17,9	0,20	–	–	–
kujawsko-pomorskie	–	–	–	1	12,6	0,14
podlaskie	1	65,2	0,72	–	–	–
mazowieckie	3	61,8–75,8	0,68–0,83	1	13,5	0,15
lubuskie	1	7,1	0,08	–	–	–
łódzkie	1	64,6	0,71	–	–	–
świętokrzyskie	5	30,5–56,7	0,33–0,62	3	5,4–13,4	0,06–0,15
dolnośląskie	1	5,2	0,06	–	–	–
opolskie	2	2,2–5,7	0,02–0,06	1	1,5	0,02
śląskie	5	2,9–44,9	0,03–0,49	6	1,4–18,8	0,02–0,21
małopolskie	16	2,1–31,5	0,02–0,34	9	0,5–12,4	0,01–0,14
podkarpackie	7	10,4–30,7	0,11–0,34	5	0,3–11,1	0,003–0,12

Dane zamieszczone w Bazie Azbestowej Ministerstwa Gospodarki na podstawie prac IGSMiE PAN.

\* Wielkość wskaźnika wytwarzania podano w przeliczeniu na jednego mieszkańca: m<sup>2</sup>/M oraz Mg/M.

Przyjęto założenie: 1 m<sup>2</sup> = 0,011 Mg

wojewódzkim, na podstawie analizowanych gmin wiejskich, zanotowano w województwie mazowieckim (wartość uśredniona dla 3 zinwentaryzowanych gmin wynosi 69,7 m<sup>2</sup>/M, czyli 770 kg/M).

Średnia wartość wskaźnika wytwarzania odpadów zawierających azbest przez jednego mieszkańca obszaru wiejskiego, obliczona na podstawie 44 analizowanych obszarów na przestrzeni 10 lat, wynosi 24,0 m<sup>2</sup>, co stanowi 264 kg. Należy zauważyć, że zwiększenie ilości zinwentaryzowanych obszarów w poszczególnych gminach nie przyniosło zdecydowanej zmiany zakresu wartości wskaźnika potencjalnego wytwarzania na obszarach wiejskich oraz jego wartości uśrednionej.

Szacowanie wartości wskaźnika potencjalnego wytwarzania odpadów zawierających azbest dla obszaru miejskiego przeprowadzono na podstawie inwentaryzacji w latach 2005–2014 na obszarach 26 gmin (9 gmin miejskich oraz obszarów miejskich wśród 17 gmin). Podobnie, jak w przypadku szacowania wskaźnika wytwarzania odpadów dla obszarów wiejskich, wielkość wytwarzania odpadów zawierających azbest na obszarze miejskim w przeliczeniu na jednego mieszkańca jest zatem stosunkiem ilości zinwentaryzowanych wyrobów zawierających azbest na analizowanym obszarze miejskim do liczby ludności.

TABELA 2. Uśrednione wskaźniki wytwarzania odpadów zawierających azbest na obszarach wiejskim i miejskim poszczególnych województw

TABLE 2. Averaged indices of asbestos-containing waste generation in rural and urban areas of individual voivodeships

Województwo	Obszar wiejski			Obszar miejski		
	wskaźnik wytwarzania według Programu oczyszczania kraju z azbestu... *	średni wskaźnik wytwarzania według badań IGSMiE PAN		wskaźnik wytwarzania według Programu oczyszczania kraju z azbestu... *	średni wskaźnik wytwarzania według badań IGSMiE PAN	
	[m <sup>2</sup> /M]**	ilość obszarów	[m <sup>2</sup> /M]	[m <sup>2</sup> /M]**	ilość obszarów	[m <sup>2</sup> /M]
świętokrzyskie	40,9 – 90,9	5	39,1	40,9 – 90,9	3	9,4
śląskie	13,6–26,4	5	24,6	13,6–26,4	6	6,4
małopolskie	13,6–26,4	16	14,2	13,6–26,4	9	4,5
podkarpackie	27,3 – 40,0	7	20,0	27,3 – 40,0	5	6,3

\* Wskaźnik wytwarzania według *Programu usuwania azbestu i wyrobów zawierających azbest stosowanych na terytorium Polski (2002)* oraz *Programu oczyszczania kraju z azbestu na lata 2009–2032 (2009) bez podziału na obszary wiejskie i miejskie*.

Wielkość wskaźnika wytwarzania podano w przeliczeniu na jednego mieszkańca: m<sup>2</sup>/M.

\*\* Przyjęto założenie: 1 m<sup>2</sup> = 0,011 Mg.

W tabeli 1 zestawiono wskaźniki wytwarzania dla obszarów miejskich poszczególnych gmin w układzie wojewódzkim. Łącznie pozyskano dane o ilościach wyrobów zawierających azbest z 7 województw, z czego dla 4 województw (podkarpackie, małopolskie, śląskie oraz świętokrzyskie) przeanalizowano więcej niż 3 obszary (tab. 2).

Na podstawie wyników inwentaryzacji oraz liczby mieszkańców poszczególnych obszarów miejskich określono ilość odpadów potencjalnie przypadających na jednego mieszkańca. Na obszarach miejskich wartość ta waha się od 0,3 do 18,8 m<sup>2</sup>/M (m<sup>2</sup>/na mieszkańca). Zaobserwowano, że dużo niższe ilości potencjalnie wytwarzanych odpadów zawierających azbest przypadają na jednego mieszkańca w dużych miastach, zaś wyższe wartości w małych miastach, gdzie zabudowa często przypomina zabudowę gmin o charakterze wiejskim. Obliczono średnią wartość potencjalnego wskaźnika wytwarzania odpadów zawierających azbest dla województw podkarpackiego, małopolskiego, śląskiego oraz świętokrzyskiego, zarówno w jednostce powierzchni [m<sup>2</sup>], jak też jednostce masy [Mg] (tab. 2). Najwyższy średni wskaźnik wytwarzania odpadów przez mieszkańca został oszacowany dla województwa świętokrzyskiego i wynosi 9,4 m<sup>2</sup>/M, co daje masę 103 kg/M. Dla województw podkarpackiego oraz śląskiego wskaźnik jest wiele niższy i sięga 6,3–6,4 m<sup>2</sup>/M, co w przeliczeniu na masę wynosi 69–70 kg/M. Najniższy wskaźnik wytwarzania odpadów zawierających azbest oszacowano dla województwa małopolskiego. Na podstawie danych inwentaryzacyjnych z 9 obszarów miejskich przyjmuje on wartość 4,5 m<sup>2</sup>/M, co daje masę 49 kg/M. Dla województwa opolskiego, mazowieckiego oraz kujawsko-pomorskiego nie szacowano uśrednionego wskaźnika ze względu na pojedyncze dane inwentaryzacyjne.



Średnia wartość wskaźnika wytwarzania odpadów zawierających azbest przez jednego mieszkańca obszaru miejskiego, obliczona na podstawie 26 analizowanych obszarów wynosi zatem  $6,4 \text{ m}^2$ , czyli 70 kg. Przy założeniu podziału obszarów miejskich na mniejsze i większe miasta, gdzie jako granicę podziału przyjęto 30 000 mieszkańców, dla 8 miast o liczbie mieszkańców przekraczającej tę granicę, średnia ilość wyrobów zawierających azbest jest niska i wynosi  $2,2 \text{ m}^2/\text{M}$ , co daje zaledwie 24 kg/M. Z kolei dla mniejszych miast (poniżej 30 000 mieszkańców) wskaźnik potencjalnego wytwarzania wyrobów zawierających azbest wynosi  $8,2 \text{ m}^2/\text{M}$ , co w przeliczeniu na masę daje 90 kg/M.

### **Podsumowanie i wnioski**

Założono, że wielkość nagromadzenia wyrobów zawierających azbest na poszczególnych obszarach wiejskich oraz miejskich można potraktować jako wielkość potencjalnego wytwarzania odpadów zawierających azbest w przyszłości. Obliczona w pracy wartość wskaźnika wytwarzania odpadów zawierających azbest na obszarach wiejskich oraz miejskich jest zatem stosunkiem ilości zinwentaryzowanych wyrobów zawierających azbest na danym obszarze w odniesieniu do liczby ludności. Średnia wartość wskaźnika wytwarzania odpadów zawierających azbest przez jednego mieszkańca obszaru wiejskiego, obliczona na podstawie analizowanych obszarów wynosi  $24,0 \text{ m}^2$ , co stanowi 264 kg (przy założeniu:  $1 \text{ m}^2 = 0,011 \text{ Mg}$ ). Natomiast średnia wartość wskaźnika wytwarzania odpadów zawierających azbest przez jednego mieszkańca obszaru miejskiego jest zdecydowanie niższa i wynosi  $6,4 \text{ m}^2$ , co stanowi 70 kg.

Podane, uśrednione wskaźniki, są zdecydowanie zróżnicowane zarówno na obszarach wiejskich i miejskich, jak też na obszarze poszczególnych województw. Można jednak z dużym przybliżeniem szacować wskaźniki charakterystyczne dla konkretnego obszaru i w konkretnym regionie Polski. Ewentualne zwiększenie w przyszłości ilości zinwentaryzowanych obszarów wpłynie niewątpliwie na dokładność potencjalnego wskaźnika wytwarzania, chociaż wzrost ilości analizowanych obszarów w kolejnych latach 2011–2014 nie wpłynął znacząco na zmianę wartości uśrednionej na obszarach wiejskich.

Określenie średnich potencjalnych wskaźników wytwarzania odpadów zawierających azbest przez mieszkańca jest pomocnym narzędziem dla prognozowania wielkości wytwarzania na konkretnym obszarze. Obliczone średnie wartości wskaźników na obszarach wiejskich oraz miejskich poszczególnych województw mogą znaleźć zastosowanie w szacowaniu skali powstawania odpadów w gminach, gdzie nie była prowadzona inwentaryzacja. Przeprowadzona analiza wskazuje na zasadność podziału wskaźnika wytwarzania charakterystycznego dla obszarów małych miast oraz dużych miast. Miasta o dużej liczbie mieszkańców (powyżej 30 000) charakteryzują się zdecydowanie niższym wskaźnikiem potencjalnego wytwarzania odpadów zawierających azbest.

Wyniki inwentaryzacji prowadzonej do roku 2014 zostały zamieszczone w Bazie Azbestowej Ministerstwa Gospodarki (<http://www.bazaazbestowa.gov.pl>) i stanowią element realizacji wytycznych *Programu oczyszczania kraju z azbestu na lata 2009–2032*. W zestawieniu z podawanymi wartościami w przedmiotowym dokumencie planistycznym wartości uzyskane w warunkach rzeczywistych, a uśrednione dla obszarów wiejskich oraz miejskich poszczególnych województw, są zróżnicowane. Wskaźniki uzyskane dla obszarów

miejskich są zdecydowanie niższe niż podawane w programie szczebla krajowego. Można uznać, że wskaźniki podawane w dokumencie odzwierciedlają skalę problemu dla obszarów wiejskich. Uśrednione wartości rzeczywiste dla obszarów wiejskich mieszczą się w granicach przyjętych dla poszczególnych województw z wyjątkiem województw opolskiego, podkarpackiego oraz świętokrzyskiego, gdzie są wyraźnie niższe od zakładanego przedziału.

Praca zrealizowana w ramach badań statutowych IGSMiE PAN.

## Literatura

- Baza Azbestowa Ministerstwa Gospodarki [Online] Dostępne w: <http://www.bazaazbestowa.gov.pl> [Dostęp: 20.06.2015].
- Dyczek, J. 2000. Bezpieczne postępowanie z azbestem materiałami zawierającymi azbest. Uwarunkowania techniczne i prawne. Materiały Szkoły Gospodarki Odpadami, Wyd. AGH, IGSMiE PAN, Kraków, s. 65–74.
- Klojzy-Karczmarczyk, B. i Makoudi S. 2011a. Praktyczne aspekty usuwania materiałów zawierających azbest w wybranych gminach. *Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN* nr 80, Wyd. IGSMiE PAN, s. 27–35.
- Klojzy-Karczmarczyk, B. i Makoudi, S. 2011b. Szacowanie wskaźnika wytwarzania odpadów zawierających azbest na obszarach wiejskich wybranych gmin. *Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection)* t. 13, s. 1823–1834.
- Klojzy-Karczmarczyk, B. i Makoudi, S. 2012. Efekt weryfikacji zasad prowadzenia oceny stopnia pilności usuwania wyrobów zawierających azbest. *Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN* nr 82, Wyd. IGSMiE PAN, s. 89–97.
- Makoudi, S. 2007. Unieszkodliwienie odpadów zawierających azbest na przykładzie rozwiązań francuskich. *Technika Poszukiwań Geologicznych – Geotermia, Zrównoważony rozwój*. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków, s. 93–100.
- Obmiński, A. 2000. Odpady azbestowe, składowanie, neutralizacja, zagrożenie. *Materiały Szkoły Gospodarki Odpadami*, Wyd. AGH, IGSMiE PAN, Kraków, s. 207–220.
- Pichór, W. 2005. Zasady bezpieczeństwa i ochrony zdrowia podczas prac z materiałami zawierającymi azbest. Mat. Sem. Szkoła Azbest – bezpieczne postępowanie. Azbest i materiały zawierające azbest w budynkach i budowlach. Minimalizacja ryzyka emisji włókien podczas usuwania materiałów zawierających azbest. AGH. Kraków, s. 35–44.
- Program oczyszczania kraju z azbestu na lata 2009–2032*. Ministerstwo Gospodarki, Warszawa 2009.
- Program usuwania azbestu i wyrobów zawierających azbest stosowanych na terytorium Polski*. Ministerstwo Gospodarki, Warszawa 2002.
- Szeszenia-Dąbrowska i in. 2015 – Szeszenia-Dąbrowska, N., Świątkowska, B. Sobala, W., Szubert, Z. i Wilczyńska, U. 2015. Asbestos related diseases among workers of asbestos processing plants in relation to type of productions and asbestos use. *Medycyna Pracy* nr 66 (1), s. 1–9.
- Szeszenia-Dąbrowska N., red., 2007. *Azbest. Zanieczyszczenie środowiska. Ryzyko dla zdrowia*, IMP, Łódź.
- Szeszenia-Dąbrowska N. i Sobala W., 2010. *Zanieczyszczenie środowiska azbestem. Skutki zdrowotne. Raport z badań*. II wydanie poprawione i uzupełnione. IMP, Łódź.
- Ustawa z dnia 19 czerwca 1997 r. o zakazie stosowania wyrobów zawierających azbest (Dz.U. z 1997 r. Nr 101, poz. 628).