

# Zmiany struktury wytwarzania minerałów antropogenicznych na terenie województwa śląskiego

KRZYSZTOF KNAŚ, ARKADIUSZ SZYMANEK, DANIEL ZBRÓŃSKI

*Wydział Inżynierii Mechanicznej i Informatyki, Instytut Maszyn Ciepłych, Politechnika Częstochowska,  
Al. Armii Krajowej 21, 42-201 Częstochowa*

## Streszczenie

W artykule przedstawiono analizę zmiany masy wybranych minerałów antropogenicznych na terenie województwa śląskiego w latach 2006-2016. Zakres analizy dotyczył sześciu grup produktów ubocznych pochodzących z trzech sektorów gospodarki: górnictwa i wydobywania, przetwórstwa przemysłowego, wytwarzania i zaopatrzenia w energię elektryczną, gaz, parę wodną i gorącą wodę oraz przetwórstwa przemysłowego. Dla przyjętego w analizie okresu ustalono następujące wskaźniki: maksymalną względną zmianę masy, maksymalną zmianę udziału oraz okresową zmianę masy, a także okresowe i roczne tempo zmian wytwarzania minerałów antropogenicznych.

**Słowa kluczowe:** gospodarka o obiegu zamkniętym, minerały antropogeniczne

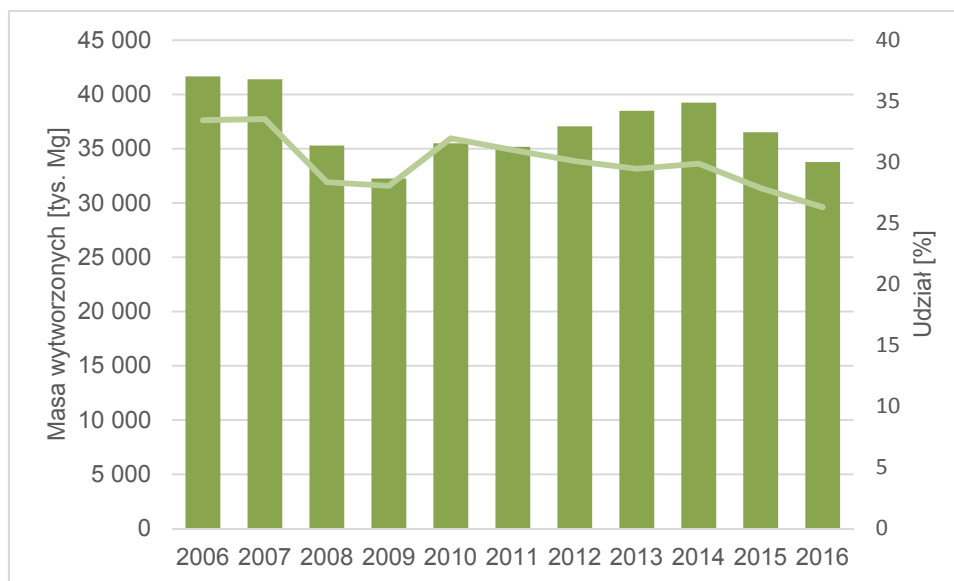
## 1. Wstęp

Produkcja dóbr materialnych na potrzeby konsumentów jest jednym z podstawowych zadań przemysłu wytwórczego, a wielkość ich produkcji jest istotnym wskaźnikiem rozwoju gospodarczo-społecznego. Obecny system gospodarczy oparty jest na liniowym modelu „weź-wyprodukuj-zużyj-wyrzuć”. Procesy technologiczne w produkcji dóbr generują oprócz produktu głównego stanowiącego podstawowy cel działalności także produkty uboczne, w następstwie czego przez dziesięciolecia nagromadzeniu ulegały odpady zarówno produkcyjne jak i użytkowe. Realizacja procesów gospodarczych w oparciu o taki model, prowadzi do mało efektywnego systemu gospodarki surowcami naturalnymi, generując ponadto dodatkowe koszty. By poprawić istniejący stan rzeczy należy dążyć w kierunku gospodarki o obiegu zamkniętym opartym o cyrkulacyjne modele produkcji. Pozwoli to zarówno na poprawę efektywności wykorzystania zasobów naturalnych, jak i ograniczenie do minimum wytwarzania odpadów. Według szacunków zawartych w komunikacie Komisji Europejskiej wprowadzenie modelu cyrkulacyjnego może zmniejszyć zapotrzebowanie na zasoby 17-24% w perspektywie roku 2030 [COM, 2014]. Przedstawione w „Planie działań na rzecz zasobo-oszczędnej Europy” wskazano na konieczność wypracowania zintegrowanego, wielopoziomowego podejścia do różnych obszarów gospodarki.

Obszarami gospodarki w których wprowadzenie modelu cyrkulacyjnego wydaje się mieć największe znaczenie, są górnictwo i wydobywanie oraz szeroko pojęta energetyka. Te dwie gałęzie przemysłu, ze względu na wysoki stopień rozwoju oraz znaczenie gospodarczo-społeczne mają największy wpływ na zużycie zasobów naturalnych i powstanie znaczących ilości odpadów. Stanowiących potencjalne źródło minerałów antropogenicznych, których właściwości nie różnią się lub różnią się w niewielkim stopniu od minerałów występujących w przyrodzie. Do tego typu minerałów zaliczyć można masy ziemne i skalne, skały płonne oraz produkty uboczne procesów spalania rafinacji, wytapiania takie jak: żużle, koksik, popioły lotne, szlaka. Takie produkty uboczne odpowiednio przekształcone mogłyby znaleźć dalsze zastosowanie w różnych dziedzinach gospodarki. Znaleźć można dla nich zastosowanie jako surowców dla budownictwa drogowego [Bzowski, 2011; Kugiel i Piekło, 2012], kubaturowego [Kugiel i Piekło, 2012; Baran i in., 2012]

czy też hydrotechnicznego [Bzowski, 2011; Brzozowski, 2011], rekultywacji technicznej i biologicznej [Miśta i Botor, 2004], podziemnych technik górniczych [Bzowski, 2011; Plewa i in., 2013], produkcji ceramiki budowlanej [Bzowski, 2011; Lewicka, 2016], paliw [Bzowski, 2011].

Masa wytwarzanych potencjalnych minerałów antropogenicznych jest bardzo zróżnicowana w poszczególnych województwach. A ich ilość w danym województwie uwarunkowana jest zarówno występowaniem złóż mineralnych jak i uprzemysłowieniem danego regionu. Pod tym względem województwo śląskie jest jednym z dominujących w skali kraju. Dla porównania w roku 2016 na jego terenie wytworzono 33,8 mln Mg, natomiast w kolejnych najbardziej uprzemysłowionych regionach były to odpowiednio: 35,6 mln Mg w województwie dolnośląskim, 11,0 mln Mg w województwie łódzkim, 8,2 mln Mg w województwie lubelskim [Ochrona Środowiska, 2016]. Zmiany masy wytwarzania tego typu minerałów w województwie śląskim wraz z udziałem procentowym w stosunku do całego kraju przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Zmiany masy wytworzonych w województwie śląskim potencjalnych minerałów antropogenicznych oraz ich udział w skali kraju w latach 2006-2016

W tabeli 1 przedstawiono ilości wytwarzanych surowców antropogenicznych Polskiej Klasyfikacji Działalności, przez firmy z poszczególnych sektorów gospodarki zgodnie z PKD 2007 [Ochrona Środowiska 2007; Ochrona Środowiska 2011; Ochrona Środowiska 2014; Ochrona Środowiska 2017].

Tab. 1. Wytwarzanie surowców antropogenicznych według Polskiej Klasyfikacji Działalności w województwie śląskim [Ochrona Środowiska, 2007; 2011; 2014; 2017]

Rok	2006	2008	2010	2012	2014	2016
Sektor gospodarki	Masa [10 <sup>3</sup> Mg]	Masa [10 <sup>3</sup> Mg]	Masa [10 <sup>3</sup> Mg]	Masa [10 <sup>3</sup> Mg]	Masa [10 <sup>3</sup> Mg]	Masa [10 <sup>3</sup> Mg]
Górnictwo i wydobywanie	31 907,7	26 312,9	26 515,3	27 225,7	30 154,2	25 965,4
Przetwórstwo przemysłowe	3 754,0	3 550,5	4 206,0	4 812,8	5 437,5	4 820,4
Wytwarzanie i zaopatrzenie w energię elektryczną, gaz, parę wodną i gorącą wodę	5 019,5	4 231,9	4 227,0	4 006,8	3 254,9	2 493,1
Dostawa wody; gospodarowanie ściekami i odpadami; rekultywacja	—	464,6	530,8	515,4	355,9	450,1

W latach 2006-2016 masa potencjalnych minerałów antropogenicznych wytworzona w Polsce wyniosła 1355,1 mln Mg, w tym w województwie śląskim 406,5 mln Mg, co stanowi udział w skali kraju na poziomie 30%. Wytworzoną masę oraz udziały poszczególnych minerałów przedstawiono w tabeli 2.

**Tab. 2.** Masa oraz udziały wytwarzanych w latach 2006-2016 potencjalnych minerałów antropogenicznych [Ochrona Środowiska, 2007; 2011; 2014; 2017]

Nazwa	Minerały antropogeniczne	
	[10 <sup>6</sup> Mg]	[%]
Powstające przy płukaniu i oczyszczaniu kopalini	277,2	68,2
Żużle z procesów wytapiania	20,1	4,9
Z flotacyjnego wzbogacania węgla	17,9	4,4
Popioły lotne	15,3	3,8
Mieszanki popiołów lotnych i odpadów stałych z wapieniowych metod odsiarczania gazów odlotowych	14,4	3,5
Z wydobywania kopalini innych niż rudy metali	8,7	2,1
Żużle, popioły paleniskowe i pyły z kotłowi	5,7	1,4
Mieszanki popiołowo żużłowe z mokrego odprowadzania odpadów paleniskowych	2,7	0,7
Pozostałe	44,5	10,9

## 2. Metodyka

Celem analizy jest ocena ilościowa wytwarzania wybranych potencjalnych minerałów antropogenicznych na terenie województwa śląskiego w latach 2006-2016

Zakres analizy obejmuje 6 głównych potencjalnych minerałów antropogenicznych pochodzących z trzech sektorów gospodarki województwa śląskiego: górnictwa i wydobywania, przetwórstwa przemysłowego, wytwarzania i zaopatrzenia w energię elektryczną, gaz, parę wodną i gorącą wodę. Przeprowadzona analiza umożliwi ustalenie dla przyjętego okresu następujących wskaźników:

- maksymalnej względnej zmiany wytwarzania minerału

$$WZW_{\max} = 100 \left( \frac{W_{\max}}{W_{\min}} - 1 \right), [\%] \quad (1)$$

gdzie  $W_{\max}$ ,  $W_{\min}$  stanowią największą i najmniejszą masę wytworzonego minerału antropogenicznego [Mg],

- maksymalnej zmiany udziału wytwarzania minerału antropogenicznego

$$ZUW_{\max} = UW_{\max} - UW_{\min}, [\text{p.p.}] \quad (2)$$

gdzie  $UW_{\max}$ ,  $UW_{\min}$  stanowią najwyższy i najniższy udział wytworzonego minerału antropogenicznego [%],

- okresowego wytwarzania masy minerału

$$W_o = W_{o2016} - W_{o2006}, [\text{Mg}] \quad (3)$$

gdzie  $W_{2006}$ ,  $W_{2016}$  stanowią masę wytworzonego minerału antropogenicznego w 2006 roku i 2016r.

- okresowego tempa zmiany wytwarzania minerału antropogenicznego

$$TZW_o = 100 \times \frac{W_o}{W_{2006}}, [\%] \quad (4)$$

- rocznego tempa zmian wytwarzania minerału

$$TZW_r = 100 \times \left[ \left( \frac{W_{i+1}}{W_i} \right) - 1 \right], [\%], i = 2006, \dots, 2016 \quad (5)$$

gdzie  $W_i$  stanowi masę wytworzoną minerału antropogenicznego w danym ( $i$ -tym) roku kalendarzowym, a  $W_{i+1}$  masę wytworzoną w kolejnym ( $i+1$ ) roku kalendarzowym [Mg].

### 3. Analiza wyników

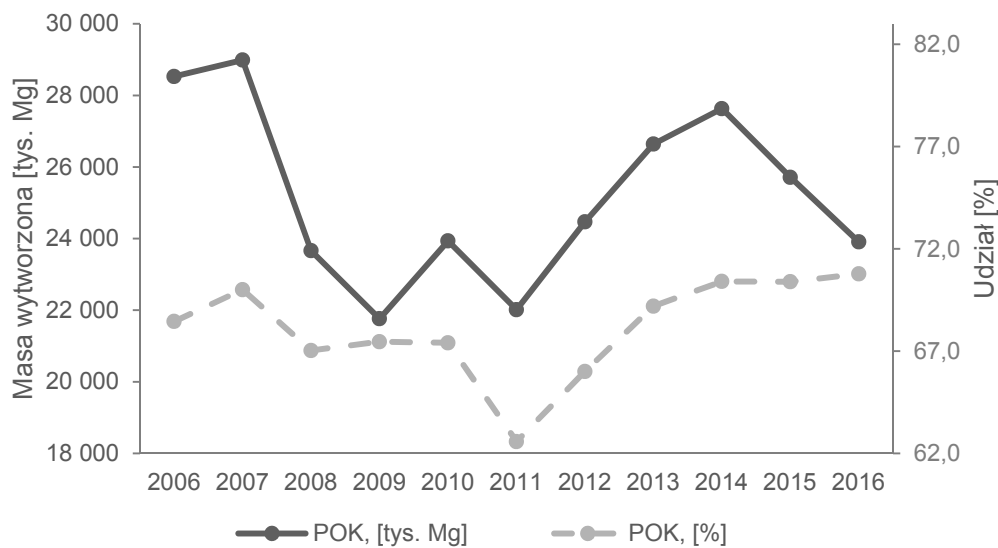
#### 3.1. Minerale antropogeniczne powstające przy płukaniu i oczyszczaniu kopalni

Minerale antropogeniczne powstające przy płukaniu i oczyszczaniu kopalni (POK), stanowią grupę produktów wtórnych o kodzie 01 04 12. Charakteryzują się zróżnicowanym składem, który zależy głównie od rodzaju skał towarzyszących wydobywanej kopalinie.

Do głównych wytwórców tego typu minerałów antropogenicznych zalicza się podmioty przemysłowe typu:

- kompanie i koncerny węglowe,
- zakłady wzbogacania i przeróbki mechanicznej węgla,
- kopalnie surowców skalnych i mineralnych,
- zakłady ceramiki budowlanej,
- zakłady kamieniarskie – przerób i obróbka kamienia,
- przedsiębiorstwa budownictwa komunikacyjnego i komunalnego,
- wytwórnie mas bitumicznych,
- wytwórnie wód mineralnych.

W latach 2006-2016 w województwie śląskim wytworzono 277,2 mln Mg POK, w tym okresie zaobserwowano zmienny trend poziomu ich wytwarzania.



**Rys. 2.** Zmiany wytwarzania produktów ubocznych powstających przy płukaniu i oczyszczaniu kopalni w latach 2006-2016

Największą masę produktów ubocznych powstających przy płukaniu i oczyszczaniu kopalni wynoszącą 28 986,8 tys. Mg, wytworzono w 2007 r., a najmniejszą 21 760,9 tys. Mg w 2009 r., zatem maksymalna względna zmiana wytwarzania ( $WZW_{\max}$ ) wyniosła 33,2%. Najwyższy udział wytwarzania ustalono na poziomie 70,8% w 2016 r., a najniższy 62,6% w 2011 r., zatem maksymalna zmiana udziału wytwarzania ( $ZUW_{\max}$ ) wyniosła 8,20 p.p. Okresowe wytwarzanie ( $W_o$ ) zmniejszyło się o 4620,7 tys. Mg, co stanowi spadek okresowego tempa zmian wytwarzania ( $TZW_o$ ) o 16,2% w 2016 r. w stosunku do wytwarzania z 2006 r.

**Tab. 3.** Maksymalne względne zmiany i maksymalne zmiany udziału oraz okresowe tempo zmian wytwarzania produktów ubocznych powstających przy płukaniu i oczyszczaniu kopalni w latach 2006-2016

$WZW_{\max}$	$ZUW_{\max}$	$W_o$	$TZW_o$
[%]	p.p.	[tys. Mg]	[%]
33,2	8,2	-4620,7	-16,2

W 2007 r. i 2010 r. oraz latach 2012-2014 stwierdzono w województwie śląskim dodatnie roczne tempo zmian wytwarzania produktów ubocznych powstających przy płukaniu i oczyszczaniu kopalin, przy czym najwyższy wzrost 11,1% odnotowano w 2013 r. W pozostałym okresie zaobserwowano ujemne roczne tempo zmian wytwarzania tego typu minerału, przy czym najwyższy spadek o 18,4% odnotowano w 2008 r.

**Tab. 4.** Roczne tempo zmian wytwarzania produktów ubocznych powstających przy płukaniu i oczyszczaniu kopalin w latach 2006-2016

Rok	TZW <sub>r</sub> [%]	Rok	TZW <sub>r</sub> [%]
2007	1,6	2012	11,1
2008	-18,4	2013	8,9
2009	-8,0	2014	3,7
2010	10,0	2015	-6,9
2011	-8,0	2016	-7,0

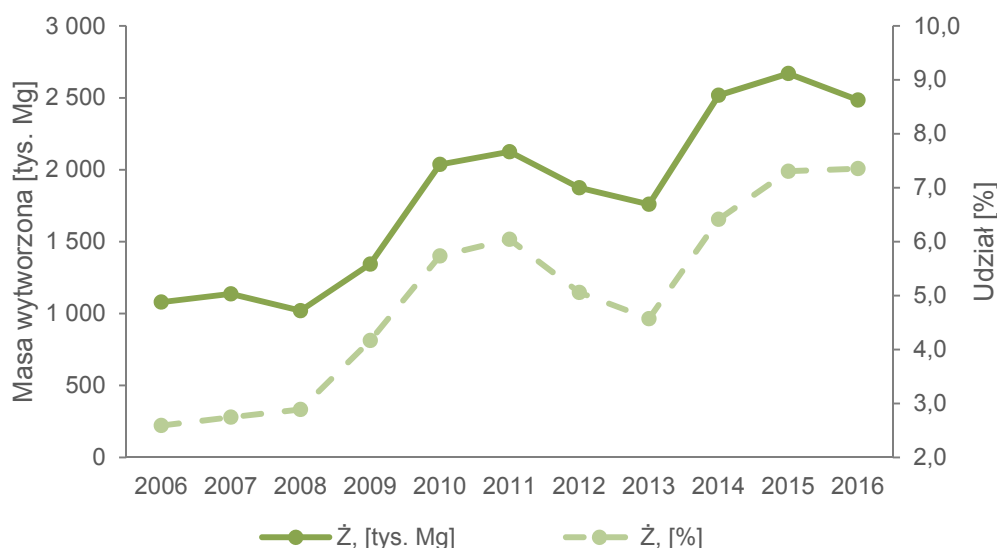
### 3.2. Żużle z procesu wytopienia

Podczas procesów wytopienia metali i ich stopów powstają różne produkty uboczne z czego największy ich strumień sklasyfikowane jako żużle z procesów wytopienia (Ż) o kodzie 10 02 01. Właściwości tego typu minerałów antropogenicznych są bardzo zróżnicowane, a ich skład chemiczny jest zmienny, zależny od rodzaju materiału wsadowego wykorzystywanego w danym procesie hutniczym.

Do głównych wytwórców tego typu minerałów antropogenicznych zalicza się obiekty przemysłowe typu:

- huty,
- stalownie,
- odlewnie.

W latach 2006-2016 w województwie śląskim wytworzono 20,1 mln Mg Ż, w tym okresie zaobserwowano wzrostowy trend poziomu ich wytwarzania.



**Rys. 3.** Zmiany wytwarzania żużli z procesów wytopienia w latach 2006-2016

Największą masę żużli z procesów wytopienia wynoszącą 2668,7 tys. Mg, wytworzono w 2015 r., a najmniejszą 1019,9 tys. Mg w 2008 r., zatem maksymalna względna zmiana wytwarzania ( $WZW_{\max}$ ) wyniosła 161,7%. Najwyższy udział wytwarzania żużli z procesów wytopienia ustalono na poziomie 7,4% w 2016 r., a najniższy 2,6% w 2006 r., zatem maksymalna zmiana udziału wytwarzania ( $ZUW_{\max}$ ) wyniosła 4,76 p.p. Okresowe wytwarzanie ( $W_o$ ) zwiększyło się o 1404,8 tys. Mg, co stanowi wzrost okresowego tempa zmian wytwarzania ( $TZW_o$ ) o 130,1% w 2016 r. w stosunku do wytwarzania z 2006 r.

**Tab. 5.** Maksymalne względne zmiany i maksymalne zmiany udziału oraz okresowe tempo zmian żużli z procesów wytopiania w latach 2006-2016

$WZW_{\max}$	$ZUW_{\max}$	$W_o$	$TZW_o$
[%]	p.p.	[tys. Mg]	[%]
161,7	4,8	1404,8	130,1

W 2008 r. i 2016 r. oraz w latach 2009-2011 stwierdzono w województwie śląskim ujemne roczne tempo zmian wytwarzania żużli z procesów wytopiania, przy czym najwyższy spadek 11,8% zanotowano w 2016 r. W pozostałym okresie zaobserwowano dodatnie roczne tempo zmian wytwarzania tego typu minerałów, przy czym najwyższy wzrost o 51,5% odnotowano w 2010 r.

**Tab. 6.** Roczne tempo zmian wytwarzania żużli z procesów wytopiania w latach 2006-2016

Rok	$TZW_r$ , [%]	Rok	$TZW_r$ , [%]
2007	5,3	2012	-11,8
2008	-10,3	2013	-6,1
2009	31,8	2014	43,1
2010	51,5	2015	6,0
2011	4,4	2016	-6,9

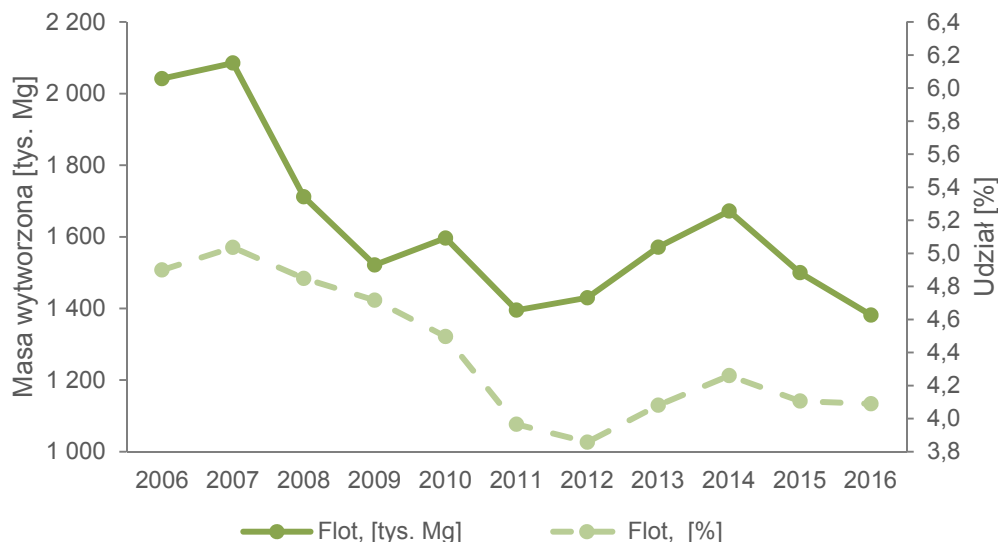
### 3.3. Minerale antropogeniczne z procesu flotacyjnego wzbogacania węgla

Minerale antropogeniczne z procesu flotacyjnego wzbogacania węgla (*Flot*) o kodzie 01 04 81, stanowią drobnoziarnistą mieszaninę cząstek węgla oraz skał towarzyszących z wodą wykorzystywaną w procesie flotacji.

Do głównych wytwórców tego typu minerałów antropogenicznych zalicza się podmioty gospodarcze typu:

- kompanie i koncerny węglowe,
- zakłady wzbogacania i przeróbki mechanicznej węgla.

W latach 2006-2016 w województwie śląskim wytworzono 17,9 mln Mg *Flot*, w tym okresie zaobserwowano spadkowy trend poziomu ich wytwarzania.

**Rys. 4.** Zmiany wytwarzania produktów ubocznych z flotacyjnego wzbogacania węgla w latach 2006-2016

Największą masę produktów ubocznych z flotacyjnego wzbogacania węgla wynoszącą 2085,3 tys. Mg, wytworzono w 2007 r., a najmniejszą 1381,5 tys. Mg w 2016 r., zatem maksymalna względna zmiana wytwarzania ( $WZW_{\max}$ ) wyniosła 51%. Najwyższy udział wytwarzania produktów ubocznych z flotacyjnego

wzbogacania węgla ustalono na poziomie 5,0% w 2007 r., a najniższy 3,9% w 2012 r., zatem maksymalna zmiana udziału wytwarzania go ( $ZUW_{\max}$ ) wyniosła 1,2 p.p. Okresowe wytwarzanie ( $W_o$ ) zmniejszyło się o 660,4 tys. Mg, co stanowi spadek okresowego tempa zmian wytwarzania ( $TZW_o$ ) masy o 32,3% w 2016 r. w stosunku do wytwarzania z 2006 r.

**Tab. 7.** Maksymalne względne zmiany i maksymalne zmiany udziału oraz okresowe tempo zmian wytwarzania produktów ubocznych z flotacyjnego wzbogacania węgla w latach 2006-2016

$WZW_{\max}$	$ZUW_{\max}$	$W_o$	$TZW_o$
[%]	p.p.	[ $10^3$ Mg]	[%]
50,9	1,2	-660,4	-32,3

W 2007 r. i 2010 r. oraz latach 2012-2014 stwierdzono w województwie śląskim dodatnie roczne tempo zmian wytwarzania produktów ubocznych z flotacyjnego wzbogacania węgla, przy czym najwyższy wzrost 9,9% zanotowano w 2013 r. W pozostałym okresie zaobserwowano ujemne roczne tempo zmian wytwarzania tego typu minerału, przy czym najwyższy spadek o 12,6% odnotowano w 2011 r.

**Tab. 8.** Roczne tempo zmian wytwarzania produktów ubocznych z flotacyjnego wzbogacania węgla w latach 2006-2016

Rok	$TZW_r$ , [%]	Rok	$TZW_r$ , [%]
2007	2,1	2012	2,5
2008	-17,9	2013	9,9
2009	-11,1	2014	6,4
2010	4,9	2015	-10,3
2011	-12,6	2016	-7,9

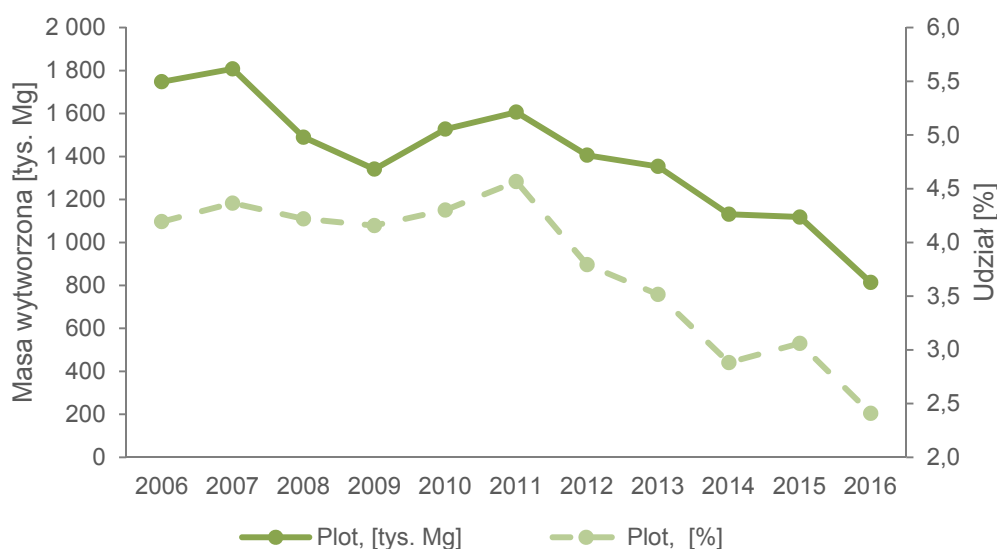
### 3.4. Popioły lotne z węgla

Minerały antropogeniczne w postaci popiołów lotnych z węgla ( $P_{lot}$ ) o kodzie 10 01 02. Powstają po procesie spalania paliw w jako drobnoziarnista frakcja popiołowa.

Do głównych wytwórców tego typu minerałów antropogenicznych zalicza się obiekty gospodarcze typu:

- elektrownie,
- ciepłownie,
- kotłownie technologiczne w zakładach przemysłowych.

W latach 2006-2016 w województwie śląskim wytworzono 15,34 mln Mg  $P_{lot}$ , w tym okresie zaobserwowano spadkowy trend poziomu ich wytwarzania.



**Rys. 5.** Zmiany wytwarzania popiołów lotnych z węgla w latach 2006-2016

Największą masę popiołów lotnych wynoszącą 1807,8 tys. Mg, wytworzono w 2007 r., a najmniejszą 813,8 tys. Mg w 2016 r., zatem maksymalna względna zmiana wytwarzania ( $WZW_{\max}$ ) wyniosła 122,1%. Najwyższy udział wytwarzania ustalono na poziomie 4,6% w 2011 r., a najniższy 2,4% w 2016 r., zatem maksymalna zmiana udziału wytwarzania ( $ZUW_{\max}$ ) wyniosła 2,2 p.p. Okresowe wytwarzanie ( $W_o$ ) zmniejszyło się o 934,0 tys. Mg, co stanowi spadek okresowego tempa zmian wytwarzania ( $TZW_o$ ) o 53,4% w 2016 r. w stosunku do wytwarzania z 2006 r.

**Tab. 9.** Maksymalne względne zmiany i maksymalne zmiany udziału oraz okresowe tempo zmian wytwarzania popiołów lotnych z węgla w latach 2006-2016

$WZW_{\max}$	$ZUW_{\max}$	$W_o$	$TZW_o$
[%]	p.p.	[tys. Mg]	[%]
122,1	2,2	-934,00	-53,4

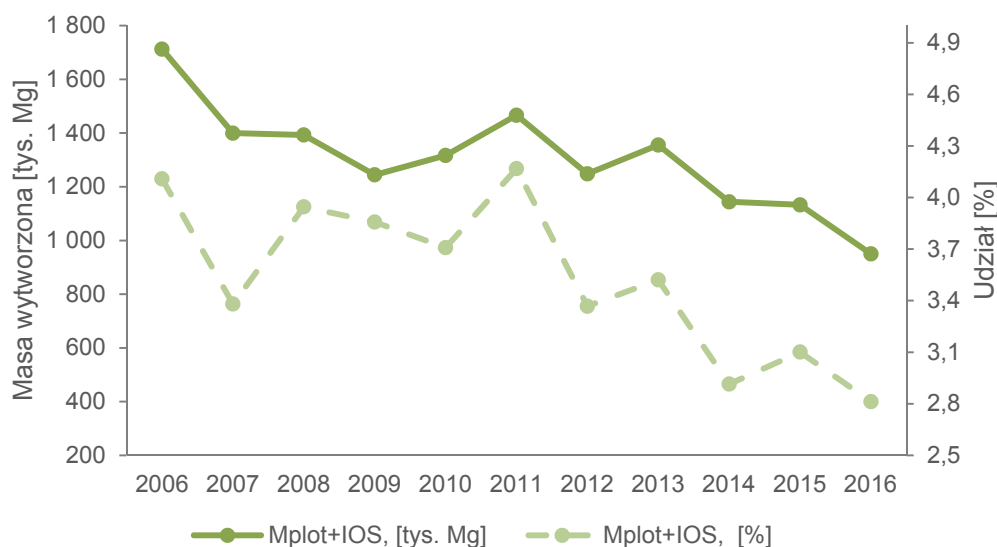
W 2007 r. oraz latach 2010-2011 stwierdzono w województwie śląskim dodatnie roczne tempo zmian wytwarzania popiołów lotnych z węgla, przy czym najwyższy wzrost 13,9% zanotowano w 2010 r. W pozostałym okresie zaobserwowano ujemne roczne tempo zmian wytwarzania tego typu minerału, przy czym najwyższy spadek o 27,2% odnotowano w 2016 r.

**Tab. 10.** Roczne tempo zmian wytwarzania popiołów lotnych z węgla w latach 2006-2016

Rok	$TZW_r$ , [%]	Rok	$TZW_r$ , [%]
2007	3,4	2012	-12,5
2008	-17,6	2013	-3,7
2009	-10,0	2014	-16,5
2010	13,9	2015	-1,2
2011	5,2	2016	-27,2

### 3.5. Mieszanki popiołów lotnych i odpadów stałych z wapniowych metod odsiarczenia gazów odlotowych

Minerały antropogeniczne w postaci mieszanin popiołów lotnych i odpadów stałych z wapniowych metod odsiarczenia gazów odlotowych ( $M_{plot+IOS}$ ) o kodzie 10 01 82. Powstają po procesie spalania paliw w jednostkach wyposażonych w instalacje odsiarczenia spalin oparte na metodach suchej i półsuchej oraz spalaniu w złożu fluidalnym.



**Rys. 6.** Zmiany wytwarzania mieszaniny popiołów lotnych i odpadów stałych z wapniowych metod odsiarczenia gazów odlotowych w latach 2006-2016



Do głównych wytwórców tego typu minerałów antropogenicznych zalicza się obiekty gospodarcze typu:

- elektrownie,
- ciepłownie,
- kotłownie technologiczne w zakładach przemysłowych.

W latach 2006-2016 w województwie śląskim wytworzono 14,4 mln Mg  $M_{plot+IOS}$ , w tym okresie zaobserwowano spadkowy trend poziomu ich wytwarzania.

Największą masę mieszaniny popiołów lotnych i odpadów stałych z wapniowych metod odsiarczania gazów odlotowych wynoszącą 1712,3 tys. Mg, wytworzono w 2006 r., a najmniejszą 950,1 tys. Mg w 2016 r., zatem maksymalna względna zmiana wytwarzania ( $WZW_{max}$ ) wyniosła 80,2%. Najwyższy udział wytwarzania mieszaniny popiołów lotnych i odpadów stałych z wapniowych metod odsiarczania gazów odlotowych ustalono na poziomie 4,2% w 2011 r., a najniższy 2,8% w 2016 r., zatem maksymalna zmiana udziału wytwarzania ( $ZUW_{max}$ ) wyniosła 1,4 p.p. Okresowe wytwarzanie ( $W_o$ ) zmniejszyło się o 762,2 tys. Mg, co stanowi spadek okresowego tempa zmian wytwarzania ( $TZW_o$ ) o 44,5% w 2016 r. w stosunku do wytwarzania z 2006 r.

**Tab. 11.** Maksymalne względne zmiany i maksymalne zmiany udziału oraz okresowe tempo zmian wytwarzania mieszaniny popiołów lotnych i odpadów stałych z wapniowych metod odsiarczania gazów odlotowych w latach 2006-2016

$WZW_{max}$	$ZUW_{max}$	$W_o$	$TZW_o$
[%]	p.p.	[tys. Mg]	[%]
80,2	1,4	-762,2	-44,5

W latach 2010-2011 oraz 2013 r. stwierdzono w województwie śląskim dodatnie roczne tempo zmian wytwarzania mieszaniny popiołów lotnych i odpadów stałych z wapniowych metod odsiarczania gazów odlotowych, przy czym najwyższy wzrost 11,4% odnotowano w 2011 r. W pozostałych latach zaobserwowano ujemne roczne tempo zmian wytwarzania tego typu minerału, przy czym najwyższy spadek 18,3% odnotowano w 2007 r.

**Tab. 12.** Roczne tempo zmian wytwarzania mieszaniny popiołów lotnych i odpadów stałych z wapniowych metod odsiarczania gazów odlotowych w latach 2006-2016

Rok	$TZW_r$ , [%]	Rok	$TZW_r$ , [%]
2007	-18,3	2012	-14,9
2008	-0,5	2013	8,6
2009	-10,7	2014	-15,6
2010	5,8	2015	-1,0
2011	11,4	2016	-16,1

### 3.6. Minerały antropogeniczne z wydobywania kopalni innych niż rudy metali

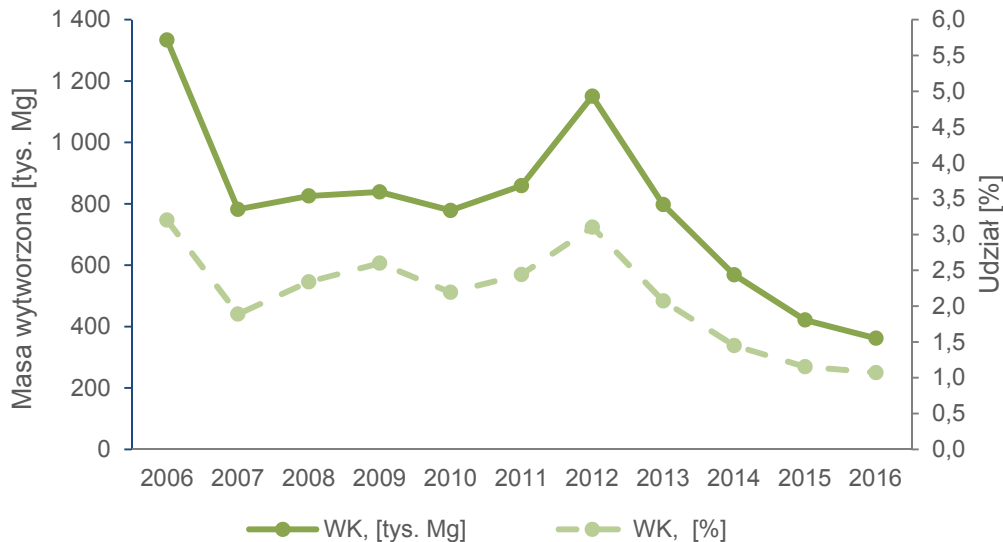
Właściwości tego typu odpadów są zależne od właściwości nadkładu (najczęściej są to utwory czwartorzędowe – piaski, żwiry i gliny) oraz przerostów złożowych. Są to odpady obojętne, nie ulegają istotnym przemianom fizykochemicznym i są nierozpuszczalne. Pochodzą z robót górniczych i przygotowawczych, udostępniających złożę kopaliny głównej. Przede wszystkim jest to nadkład i przewarstwienia złoża. Nazywane są również skałą płonną. Powstają także w wyniku wierceń otworów głębinowych – po nawierceniu projektowanego poziomu – stanowią go wody złożowe.

Do głównych wytwórców tego typu minerałów antropogenicznych zalicza się podmioty przemysłowe typu:

- koncerny i spółki węglowe,
- zakłady robót górniczych,
- zakłady ceramiki budowlanej,
- kopalnie surowców skalnych i mineralnych,
- kopalnie torfu,
- kopalnie soli
- usługi kamieniarskie – obróbka i przerób kamienia,

- wytwórnie mas bitumicznych,
- zakłady poszukiwań ropy i gazu.

W latach 2006-2016 w województwie śląskim wytworzono 8,7 mln Mg minerałów antropogenicznych z wydobywania kopalin innych niż rudy metali. W tym okresie zaobserwowano spadkowy trend poziomu ich wytwarzania.



Rys. 7. Zmiany wytwarzania produktów ubocznych z wydobywania kopalin innych niż rudy metali w latach 2006-2016

Największą masę produktów ubocznych z wydobywania kopalin innych niż rudy metali wynoszącą 1333,9 tys. Mg, wytworzono w 2006 r., a najmniejszą 362,0 tys. Mg w 2016 r., zatem maksymalna względna zmiana wytwarzania ( $WZW_{max}$ ) wyniosła 268,5%. Najwyższy udział wytwarzania ustalono na poziomie 3,2% w 2006 r., a najniższy 1,07% w 2016 r., zatem maksymalna zmiana udziału wytwarzania ( $ZUW_{max}$ ) wyniosła 2,1 p.p. Okresowe wytwarzanie ( $W_o$ ) zmniejszyło się o 971,9 tys. Mg, co stanowi spadek okresowego tempa zmian wytwarzania ( $TZW_o$ ) o 72,9 % w 2016r. w stosunku do wytwarzania z 2006 r.

Tab. 13. Maksymalne względne zmiany i maksymalne zmiany udziału oraz okresowe tempo zmian wytwarzania produktów ubocznych z wydobywania kopalin innych niż rudy metali w latach 2006-2016

$WZW_{max}$	$ZUW_{max}$	$W_o$	$TZW_o$
[%]	p.p.	[ $10^3$ Mg]	[%]
268,5	2,1	-971,9	-72,9

W latach 2008-2009 oraz 2011-2012 stwierdzono w województwie śląskim dodatnie roczne tempo zmian wytwarzania produktów ubocznych powstających przy płukaniu i oczyszczaniu kopalin, przy czym najwyższy wzrost 34% odnotowano w 2012 r. W pozostałych latach zaobserwowano ujemne roczne tempo zmian wytwarzania tego typu minerału, przy czym najwyższy spadek 41,4% odnotowano w 2007 r.

Tab. 14. Roczne tempo zmian wytwarzania produktów ubocznych z wydobywania kopalin innych niż rudy metali w latach 2006-2016

Rok	$TZW_r$ , [%]	Rok	$TZW_r$ , [%]
2007	-41,4	2012	34,0
2008	5,6	2013	-30,7
2009	1,6	2014	-28,7
2010	-7,2	2015	-25,9
2011	10,3	2016	-14,1

## 4. Podsumowanie

Na przestrzeni lat 2006-2016 na terenie województwa śląskiego wytworzono 406,45 mln Mg, potencjalnych minerałów antropogenicznych co stanowi w skali kraju udział na poziomie 30%. W analizowanym okresie masa wytwarzanych minerałów ulegała zmniejszeniu z przy czym maksymalna względnej zmiana wytwarzania wyniosła 29,2%.

Procentowy udział wśród wszystkich wytworzonych w 2016 roku potencjalnych minerałów antropogenicznych wyniósł odpowiednio dla: produktów ubocznych powstające przy płukaniu i oczyszczaniu kopalni 70,8%, żużli z procesów wytapiania 7,4%, produktów ubocznych z procesu flotacyjnego wzbogacania węgla 4,1%, mieszaniny popiołów lotnych i odpadów stałych z wapniowych metod odsiarczania gazów odlotowych 2,8%, popioły lotne z węgla 2,4%, produktów ubocznych z procesu wydobywania kopalni innych niż rudy metali 1,1%.

W analizowanym okresie najwyższe poziomy maksymalnej względnej zmiany wytwarzania ( $WZW_{max}$ ) minerałów antropogenicznych ustalono dla: produktów ubocznych z procesu wydobywania kopalni innych niż rudy metali, żużli z procesów wytapiania, popiołów lotnych z węgla, a najniższe poziomy dla mieszaniny popiołów lotnych i odpadów stałych z wapniowych metod odsiarczania gazów odlotowych, produktów ubocznych z procesu flotacyjnego wzbogacania węgla, produktów ubocznych powstające przy płukaniu i oczyszczaniu kopalni.

Natomiast najwyższe poziomy maksymalnej zmiany udziału wytworzonego ( $ZUW_{max}$ ) potencjalnego minerału antropogenicznego ustalono dla: produktów ubocznych powstające przy płukaniu i oczyszczaniu kopalni, żużli z procesów wytapiania, a najniższe poziomy dla: popiołów lotnych z węgla, produktów ubocznych z procesu wydobywania kopalni innych niż rudy metali, mieszaniny popiołów lotnych i odpadów stałych z wapniowych metod odsiarczania gazów odlotowych, produktów ubocznych z procesu flotacyjnego wzbogacania węgla.

Największe przyrosty okresowego wytwarzania ( $W_o$ ) potencjalnego minerału antropogenicznego ustalono dla: produktów ubocznych powstające przy płukaniu i oczyszczaniu kopalni, żużli z procesów wytapiania, a najniższe poziomy dla: mieszaniny popiołów lotnych i odpadów stałych z wapniowych metod odsiarczania gazów odlotowych, produktów ubocznych z procesu flotacyjnego wzbogacania węgla.

Największy wzrosty okresowego tempa zmian ( $TZW_o$ ) potencjalnego minerału antropogenicznego ustalono dla: żużli z procesów wytapiania, a najwyższe spadki dla: produktów ubocznych z procesu wydobywania kopalni innych niż rudy metali, popiołów lotnych z węgla.

Dla badanego okresu, w przypadku większości lat, ustalono ujemne wartości rocznego tempa zmian wytwarzania potencjalnych minerałów antropogenicznych dla: popiołów lotnych z węgla, mieszaniny popiołów lotnych i odpadów stałych z wapniowych, produktów ubocznych z procesu wydobywania kopalni innych niż rudy metali, a dodatnie wartości dla żużli z procesów wytapiania.

Praca została wykonana w ramach realizacji badań statutowych BS/PB-1-103-3020/2018/P „Bezodpadowa i niskoemisyjna energetyka jako element gospodarki obiegu zamkniętego”.

### Literatura

- Baran T., Drózd W., Pichniarczyk P., 2012: *Zastosowanie popiołów lotnych wapiennych do produkcji cementu i betonu*. Cement Wapno Beton, nr 1.
- Brzozowski P., 2011: *Możliwości wykorzystania popiołów lotnych ze spalania w kotłach fluidalnych do betonów układanych pod wodą*. Budownictwo i Inżynieria Środowiska.
- Bzowski Z., 2011: *Możliwości wykorzystania odpadów wydobywczych z kopalń węgla kamiennego (GZW) w pracach budowlanych drogowych i hydrotechnicznych*. Wiadomości Górnicze, nr 6.
- COM (2014) 398; Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów; Ku gospodarce o obiegu zamkniętym: program „zero odpadów” dla Europy, Bruksela; online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=celex%3A52014DC0398/> (07.06.2018).
- Kugiel M., Piekło R., 2012: *Kierunki zagospodarowania odpadów wydobywczych w Hadlex S.A.* Górnictwo i Geologia, tom 7, zeszyt 1.
- Lewicka E., 2016: *Odpady przemysłowe jako substytut surowca skaleniowego w produkcji płytek ceramicznych w świetle badań zagranicznych*. Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, nr 96.
- Miśta A., Botor E., 2004: *Badania i ocena możliwości zagospodarowania popiołów lotnych i żużli w robotach makroniwelacyjnych wyrobiska bazaltowego w miejscowości Gracze*. Główny Instytut Górnictwa, Katowice.

Ochrona Środowiska 2016; Warszawa 2016.

Ochrona środowiska w województwie śląskim w latach 2000-2006; Katowice 2007.

Ochrona środowiska w województwie śląskim w latach 2007-2010; Katowice 2011.

Ochrona środowiska w województwie śląskim w latach 2011-2013; Katowice 2014.

Ochrona środowiska w województwie śląskim w latach 2014-2016; Katowice 2017.

Plewa F., Popczyk M., Pierzyna P., 2013: *Możliwości wykorzystania wybranych odpadów energetycznych z udziałem środka wiążącego do podsadzki zastalanej w podziemiu kopalń*; Polityka Energetyczna, tom 16.

## **Changes in the structure of anthropogenic mineral production in the Silesian Voivodship**

### **Abstract**

The article presents an analysis of changes in the mass of selected potential anthropogenic minerals generation in the Silesian Voivodship in the years 2006-2016. The scope of the analysis included six groups of by-products from three sectors of the economy: mining and quarrying, electricity, gas stem and hot water production and supply and manufacturing. The following indicators were determined for the analysed period: the maximum relative mass change, maximum share change and periodic mass change, as well as periodic and annual rate of change in the generation of anthropogenic minerals.

**Keywords:** circular economy, anthropogenic minerals