

POTENCJAŁ MINERAŁÓW ANTROPOGENICZNYCH

Mgr inż. Krzysztof Knaś,
Dr hab. inż. Arkadiusz Szymanek, prof. PCz
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Informatyki,
Instytut Maszyn Ciepłych,
Politechnika Częstochowska,

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono analizę zmiany masy wytwarzanych wybranych potencjalnych minerałów antropogenicznych na terenie kraju w latach 2006-2016. Zakres analizy dotyczył siedmiu 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

Zakłady przemysłowe od dziesięcioleci działają w oparciu o liniowy model gospodarki „weź-wyprodukuj-zużyj-wyrzuć”, generując oprócz produktu stanowiącego główny cel ich działalności także produkty uboczne. Dalsza realizacja produkcji dóbr konsumpcyjnych w oparciu o taki model, prowadzi w konsekwencji do nieefektywnego systemu gospodarowania surowcami naturalnymi, nagromadzenia produktów odpadowych, generując dodatkowo koszty niezwiązane z procesem wytwarzania produkowanych dóbr. Poprawę istniejącego stanu rzeczy uzyskać można przechodząc z dotychczasowego modelu gospodarczego na model dążący w kierunku obiegu zamkniętego. Zmiana modelu gospodarczego na oparty o cyrkulacyjne wzorce produkcji wpłynąć może zarówno na poprawę efektywności wykorzystania zasobów mineralnych jak i ograniczenie wytwarzania odpadów. Komisja Europejska przyjmuje szacunkowo że wprowadzenie modelu cyrkulacyjnego może zmniejszyć zapotrzebowanie na zasoby 17-24%.w perspektywie roku 2030 [1].

Zmiana modelu gospodarczego wydaje się mieć szczególne znaczenie w przypadku sektorów gospodarki takich jak 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 nieznacznie 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. Jak wskazuje literatura mogą one być wykorzystywane jako surowce dla budownictwa drogowego [2,3,9], kubaturowego [3,4,9] czy też hydrotechnicznego [2,5,9], rekultywacji technicznej i biologicznej [6], podziemnych technik górniczych [2,7,9], produkcji ceramiki budowlanej [2,8], paliw [2].

W tabeli 1 przedstawiono ilości wytwarzanych surowców antropogenicznych Polskiej Klasyfikacji Działalności, przez firmy z poszczególnych sektorów gospodarki zgodnie z PKD 2007 [10-20].

Tab. 1. Wytwarzanie surowców antropogenicznych według Polskiej Klasyfikacji Działalności w województwie śląskim [10-20].

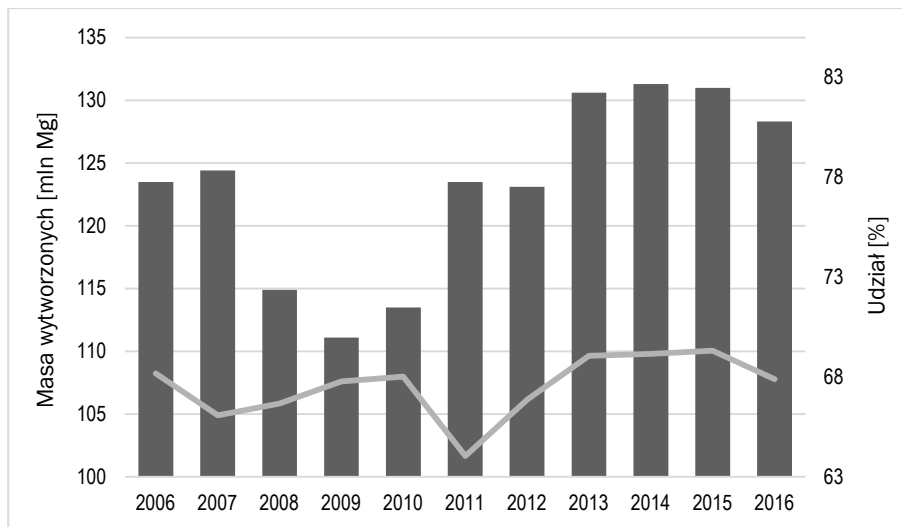
Rok	2006	2008	2010	2012	2014	2016
Sektor gospodarki	Masa [mln Mg]	Masa [mln Mg]	Masa [mln Mg]	Masa [mln Mg]	Masa [mln Mg]	Masa [mln Mg]
Górnictwo i wydobywanie	39,1	33,9	33,9	63,8	67,2	69,9
Przetwórstwo przemysłowe	58,9	54,3	52,6	26,8	27,2	28,5
Wytwarzanie i zaopatrzenie w energię elektryczną, gaz, parę wodną i gorącą wodę	22,2	21,8	20,1	22,4	21,1	21,9
Dostawa wody; gospodarowanie ściekami i odpadami; rekultywacja	-	-	4,5	4,8	4,8	5,2

Masa wytwarzanych na terenie Polski potencjalnych minerałów antropogenicznych jest bardzo zróżnicowana w poszczególnych rejonach kraju. Ich ilość w danym województwie uwarunkowana jest zarówno występowaniem złóż mineralnych jak i uprzemysłowieniem danego regionu. Pod tym względem w Polsce dominują województwa śląskie i dolnośląskie. W latach 2006–2016 na ich terenie wytworzono 786,4 mln Mg potencjalnych minerałów antropogenicznych, co stanowiło 58,03% wszystkich wytworzonych na terenie kraju surowców wtórnych. Wytworzoną masę oraz udziały poszczególnych minerałów przedstawiono w tabeli 2.

Tab. 2. Masa oraz udziały wytwarzanych w latach 2006-2016 potencjalnych minerałów antropogenicznych [10-20]

Nazwa	Minerały antropogeniczne	
	[mln Mg]	[%]
Powstające przy płukaniu i oczyszczaniu kopalni	348,4	25,71
Z flotacyjnego wzbogacania rud metali nieżelaznych	333,0	24,57
Mieszanki popiołowo żuźlowe z mokrego odprowadzania odpadów paleniskowych	107,6	7,94
Popioły lotne	44,7	3,3
Z wydobywania kopalni innych niż rudy metali	41,4	3,05
Mieszanki popiołów lotnych i odpadów stałych z wapienowych metod odsiarczania gazów odlotowych	40,7	3,00
Żuźle z procesów wytapiania	29,5	2,18
Pozostałe	439,4	32,42

Na początku analizowanego okresu zmiany wytwarzania potencjalnych minerałów antropogenicznych przebiegały w sposób dynamiczny. W latach 2007-2011 odnotowywano duże wahania wytwarzanej masy, które od 2013 roku uległy stabilizacji na poziomie około 130 mln Mg. Na rysunku nr 1 przedstawiono zmiany masy wytwarzania tego typu minerałów w Polsce wraz z udziałem procentowym analizowanych w pracy grup produktów wtórnych.



Rys. 1. Zmiany masy wytworzonych w Polsce potencjalnych minerałów antropogenicznych oraz udział analizowanych grup.

2. METODYKA

Celem przeprowadzonej analizy była ocena ilościowa wytwarzania wybranych potencjalnych minerałów antropogenicznych dla Polski w latach 2006-2016.

Zakres analizy obejmuje 7 głównych potencjalnych minerałów antropogenicznych pochodzących z trzech sektorów polskiej gospodarki: górnictwa i wydobywania, przetwórstwa przemysłowego, wytwarzania i zaopatrzenia w energię elektryczną, gaz, parę wodną i gorącą wodę. Przeprowadzona analiza umożliwia ustalenie dla przyjętego okresu następujących wskaźników:

- maksymalnej względnej zmiany wytwarzania minerału

$$\frac{W_{\max} - W_{\min}}{W_{\min}} \cdot 100, [\%]$$

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

- maksymalnej zmiany udziału wytwarzania minerału antropogenicznego

$$\frac{UW_{\max} - UW_{\min}}{UW_{\min}} \cdot 100, [p.p.]$$

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

- okresowego wytwarzania masy minerału

, [Mg]

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

- okresowego tempa zmiany wytwarzania minerału

—, [%]

- rocznego tempa zmian wytwarzania minerału

—, [%], $i=2006, \dots, 2016$

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

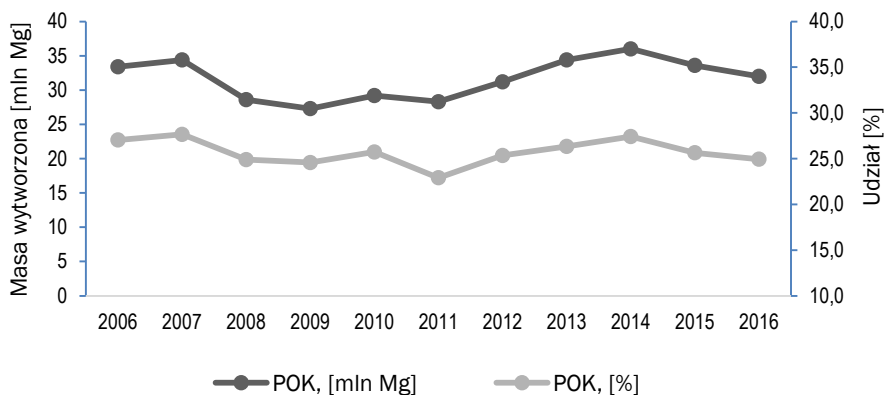
3.1. Minerały antropogeniczne powstające przy płukaniu i oczyszczaniu kopalnin (POK)

Minerały antropogeniczne powstające przy płukaniu i oczyszczaniu kopalnin 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 Polsce wytworzono 348,4 mln Mg POK, w tym okresie zaobserwowano nieznaczne wahania poziomu ich wytwarzania.



Rys. 2. Zmiany wytwarzania produktów ubocznych powstających przy płukaniu i oczyszczaniu kopaliny w latach 2006–2016.

Największą masę produktów ubocznych powstających przy płukaniu i oczyszczaniu kopaliny wynoszącą 36,0 mln Mg, wytworzono w 2014 r., a najmniejszą 27,3 mln Mg w 2009 r., zatem maksymalna względna zmiana wytwarzania (WZW_{max}) wyniosła 31,87%. Najwyższy udział wytwarzania ustalono na poziomie 27,65% w 2007 r., a najniższy 22,91% w 2011 r., zatem maksymalna zmiana udziału wytwarzania (ZUW_{max}) wyniosła 4,74 p.p. Okresowe wytwarzanie (W_o) zmniejszyło się o 1,4 mln. Mg, co stanowi spadek okresowego tempa zmian wytwarzania (TZW_o) o 4,19% 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 kopaliny w latach 2006–2016.

WZW_{max}	ZUW_{max}	W_o	TZW_o
[%]	p.p.	[mln Mg]	[%]
31,87	4,74	-1,40	-4,19

W 2007 r. i 2010 r. oraz latach 2012–2014 stwierdzono w Polsce dodatnie roczne tempo zmian wytwarzania produktów ubocznych powstających przy płukaniu i oczyszczaniu kopaliny, przy czym najwyższy wzrost 10,26% odnotowano w 2013 r. W pozostałym okresie zaobserwowano ujemne roczne tempo zmian wytwarzania tego typu minerału, przy czym najwyższy spadek o 16,86% odnotowano w 2008 r.

Tab. 4. Roczne tempo zmian wytwarzania produktów ubocznych powstających przy płukaniu i oczyszczaniu kopaliny w latach 2006–2016.

Rok	TZW _r [%]	Rok	TZW _r [%]
2007	2,99	2012	10,25
2008	-16,86	2013	10,26
2009	-4,55	2014	4,65
2010	6,96	2015	-6,67
2011	-3,08	2016	-4,76

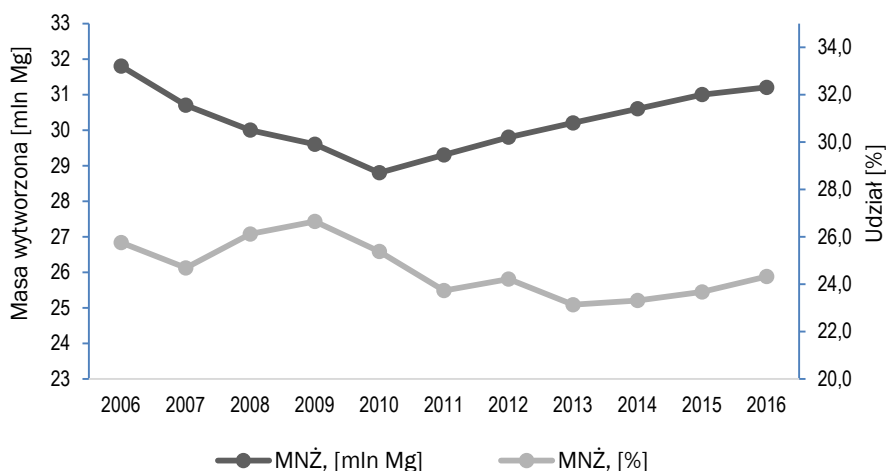
3.2. Minerale antropogeniczne z flotacyjnego wzbogacania rud metali nieżelaznych (MNŻ)

Minerale antropogeniczne powstające z flotacyjnego wzbogacania rud metali nieżelaznych stanowią grupę produktów wtórnych o kodzie 01 03 81. Charakteryzują się zróżnicowanym składem, który zależy głównie od rodzaju skał towarzyszących wydobywanej kopalinie, uziarnieniem zwykle poniżej 0,1 mm oraz niewielką zawartością minerałów użytecznych.

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

- koncerny wydobywcze i przetwórcze,
- zakłady górniczo-hutnicze,
- zakłady wzbogacające rudy metali nieżelaznych.

W latach 2006–2016 w Polsce wytworzono 333,0 mln Mg MNŻ, w tym okresie zaobserwowano zmienny trend poziomu ich wytwarzania. W latach 2006–2010 następował systematyczny spadek wytwarzania z 31,8 mln Mg do 28,8 mln Mg, po czym od roku 2011 zaobserwowano systematyczny wzrost do poziomu 31,2 mln Mg na koniec roku 2016.



Rys. 3. Zmiany wytwarzania produktów ubocznych powstających z procesu flotacyjnego wzbogacania rud metali nieżelaznych w latach 2006–2016.

Największą masę produktów ubocznych powstających z procesu flotacyjnego wzbogacania rud metali nieżelaznych wynoszącą 31,8 mln Mg, wytworzono w 2006 r., a najmniejszą 28,8 mln Mg w 2010 r., zatem maksymalna względna zmiana wytwarzania (WZW_{max}) wyniosła 10,42%. Najwyższy udział wytwarzania ustalono na poziomie 26,64% w 2009 r., a najniższy 23,12% w 2013 r., zatem maksymalna zmiana udziału wytwarzania (ZUW_{max}) wyniosła 3,52 p.p. Okresowe wytwarzanie (W_0) zmniejszyło się o 0,6 mln Mg, co stanowi spadek okresowego tempa zmian wytwarzania (TZW_0) o 1,89% w 2016 r. w stosunku do wytwarzania z 2006 r.

Tab. 5. Maksymalne względne zmiany i maksymalne zmiany udziału oraz okresowe tempo zmian wytwarzania produktów ubocznych powstających z procesu flotacyjnego wzbogacania rud metali nieżelaznych w latach 2006–2016.

WZW_{max}	ZUW_{max}	W_0	TZW_0
[%]	p.p.	[mln Mg]	[%]
10,42	3,52	-0,60	-1,89

W latach 2011–2016 stwierdzono w Polsce dodatnie roczne tempo zmian wytwarzania produktów ubocznych powstających z procesu flotacyjnego wzbogacania rud metali nieżelaznych, przy czym najwyższy wzrost 1,74% odnotowano

w 2011 r. W pozostałym okresie zaobserwowano ujemne roczne tempo zmian wytwarzania tego typu minerału, przy czym najwyższy spadek o 3,46% odnotowano w 2007 r.

Tab. 6. Roczne tempo zmian wytwarzania produktów ubocznych powstających z procesu flotacyjnego wzbogacania rud metali nieżelaznych kopalni w latach 2006-2016.

Rok	TZW _r [%]	Rok	TZW _r [%]
2007	-3,46	2012	1,71
2008	-2,28	2013	1,34
2009	-1,33	2014	1,32
2010	-2,70	2015	1,31
2011	1,74	2016	0,65

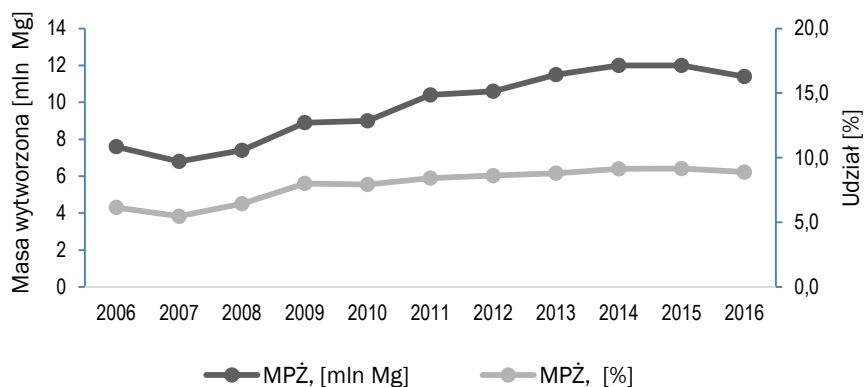
3.3. Mieszanki popiołowo żuźlowe z mokrego odprowadzania odpadów paleniskowych (MPŻ)

W procesie spalania paliw stałych powstają różnego rodzaju produkty wtórne największą wśród nich grupę stanowią minerały antropogeniczne w postaci mieszanek popiołowo żuźlowych z mokrego odprowadzania odpadów paleniskowych (MPŻ) o kodzie 10 01 80.

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

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

W latach 2006–2016 w Polsce wytworzono 107,6 mln Mg MPŻ, w tym okresie zaobserwowano wzrostowy trend poziomu ich wytwarzania.



Rys. 4. Zmiany wytwarzania mieszanek popiołowo żużlowych z mokrego odprowadzania odpadów paleniskowych w latach 2006–2016.

Największą masę mieszanek popiołowo żużlowych z mokrego odprowadzania odpadów paleniskowych wynoszącą 12,0 mln Mg, wytworzono w latach 2014–2015, a najmniejszą 6,8 mln Mg w 2007 r., zatem maksymalna względna zmiana wytwarzania (WZW_{max}) wyniosła 76,47%. Najwyższy udział wytwarzania ustalono na poziomie 9,16% w 2015 r., a najniższy 5,47% w 2007 r., zatem maksymalna zmiana udziału wytwarzania (ZUW_{max}) wyniosła 3,69 p.p. Okresowe wytwarzanie (W_o) zmniejszyło się o 3,8 mln Mg, co stanowi wzrost okresowego tempa zmian wytwarzania (TZW_o) o 50% w 2016 r. w stosunku do wytwarzania z 2006 r.

Tab. 7. Maksymalne względne zmiany i maksymalne zmiany udziału oraz okresowe tempo zmian wytwarzania mieszanek popiołowo żużlowych z mokrego odprowadzania odpadów paleniskowych w latach 2006–2016.

WZW_{max}	ZUW_{max}	W_o	TZW_o
[%]	p.p.	[mln Mg]	[%]
76,47	3,69	3,80	50,00

W latach 2008–2014 stwierdzono w Polsce dodatnie roczne tempo zmian wytwarzania mieszanek popiołowo żużlowych z mokrego odprowadzania odpadów paleniskowych, przy czym najwyższy wzrost 20,27% odnotowano w 2009 r. W 2015 roku tempo wytwarzania MPŻ nie uległo zmianie, natomiast w pozostałym okresie zaobserwowano ujemne roczne tempo zmian wytwarzania tego typu minerału, przy czym najwyższy spadek o 5,00% odnotowano w 2016 r.

Tab. 8. Roczne tempo zmian wytwarzania mieszanek popiołowo żuźlowych z mokrego odprowadzania odpadów paleniskowych kopalni w latach 2006–2016.

Rok	TZW _r [%]	Rok	TZW _r [%]
2007	-10,53	2012	1,92
2008	8,82	2013	8,49
2009	20,27	2014	4,35
2010	1,12	2015	0,00
2011	15,56	2016	-5,00

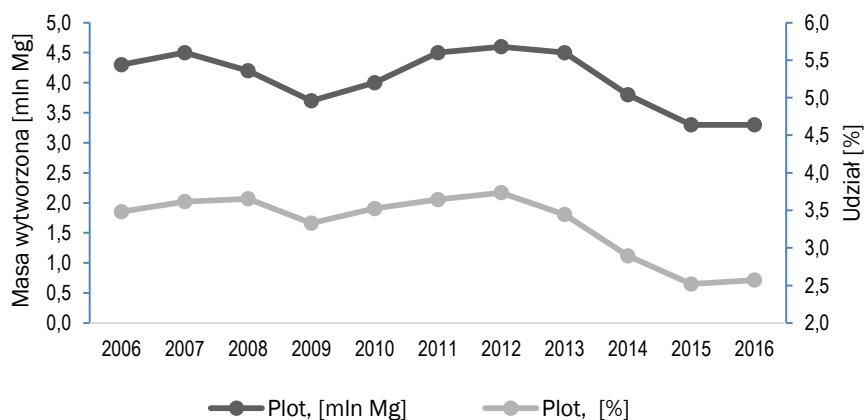
3.4. Popioły lotne z węgla (P_{lot})

Minerały antropogeniczne w postaci popiołów lotnych z węgla 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 Polsce wytworzono 44,7 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 4,6 mln Mg, wytworzono w 2012 r., a najmniejszą 3,3 mln Mg w latach 2015–2016 r., zatem maksymalna względna zmiana wytwarzania (WZW_{max}) wyniosła 39,39%. Najwyższy udział wytwarzania ustalono na poziomie 3,74% w 2012 r., a najniższy 2,52% w 2015 r., zatem maksymalna zmiana udziału wytwarzania (ZUW_{max}) wyniosła 1,22 p.p. Okresowe wytwarzanie (W_o) zmniejszyło się o 1,00 mln Mg, co stanowi spadek okresowego tempa zmian wytwarzania (TZW_o) o 23,26% 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.	[mln Mg]	[%]
39,39	1,22	-1,00	-23,26

W 2007 r. oraz latach 2010–2012 stwierdzono w Polsce dodatnie roczne tempo zmian wytwarzania popiołów lotnych z węgla, przy czym najwyższy wzrost 12,50% zanotowano w 2011 r. W 2016 r. tempo ich wytwarzania nie uległo zmianie, natomiast w pozostałym okresie zaobserwowano ujemne roczne tempo zmian wytwarzania tego typu minerału, przy czym najwyższy spadek o 15,56% odnotowano w 2014 r.

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

Rok	TZW_r [%]	Rok	TZW_r [%]
2007	4,65	2012	2,22
2008	-6,67	2013	-2,17
2009	-11,90	2014	-15,56
2010	8,11	2015	-13,16
2011	12,50	2016	0,00

3.5. Minerale antropogeniczne z wydobywania kopalin innych niż rudy metali (WK)

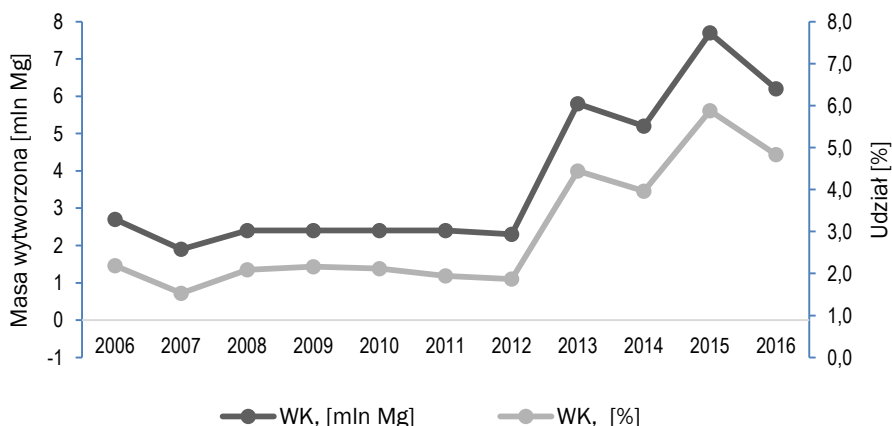
Właściwości tego typu odpadów są zależne od właściwości nadkładu (najczęściej są to utwory czwartorzędowe: piaski, żwiry i gliny) oraz przerostów złożowych.

Są to głównie nierozpuszczalne produkty wtórne obojętne, nie ulegające istotnym przemianom fizykochemicznym (tzw. skała płona). Pochodzą z robót górniczych i przygotowawczych, udostępniających złoża kopaliny głównej. Powstają także w wyniku wierceń otworów głębinowych.

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 nafty i gazu.

W latach 2006–2016 w Polsce wytworzono 41,4 mln Mg WK, w tym okresie zaobserwowano wzrostowy trend poziomu ich wytwarzania.



Rys. 6. 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 7,7 mln Mg, wytworzono w 2015 r., a najmniejszą 1,9 mln Mg w 2007 r., zatem maksymalna względna zmiana wytwarzania (WZ_{max}) wyniosła 305,26%. Najwyższy udział wytwarzania ustalono na poziomie 5,88% w 2015 r., a najniższy 1,53% w 2007 r., zatem maksymalna zmiana udziału wytwarzania (ZU_{max}) wyniosła 4,35 p.p. Okresowe wytwarzanie (W_o)

zmniejszyło się o 3,50 mln Mg, co stanowi wzrost okresowego tempa zmian wytwarzania (TZW_o) o 129,63 % w 2016 r. w stosunku do wytwarzania z 2006 r.

Tab. 11. 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.	[mln Mg]	[%]
305,26	4,35	3,50	129,63

W 2008 r., 2013 r. i 2015 r. stwierdzono w Polsce dodatnie roczne tempo zmian wytwarzania produktów ubocznych z wydobywania kopalin innych niż rudy metali, przy czym najwyższy wzrost 152,17% odnotowano w 2013 r. W latach 2009–2011 tempo ich wytwarzania nie uległo zmianie, natomiast w pozostałym okresie zaobserwowano ujemne roczne tempo zmian wytwarzania tego typu minerału, przy czym najwyższy spadek o 29,63% odnotowano w 2007 r.

Tab. 12. Roczne tempo zmian wytwarzania produktów ubocznych z wydobywania kopalin innych niż rudy metali w latach 2006–2016.

Rok	TZW _r [%]	Rok	TZW _r [%]
2007	-29,63	2012	-4,17
2008	26,32	2013	152,17
2009	0,00	2014	-10,34
2010	0,00	2015	48,08
2011	0,00	2016	-19,48

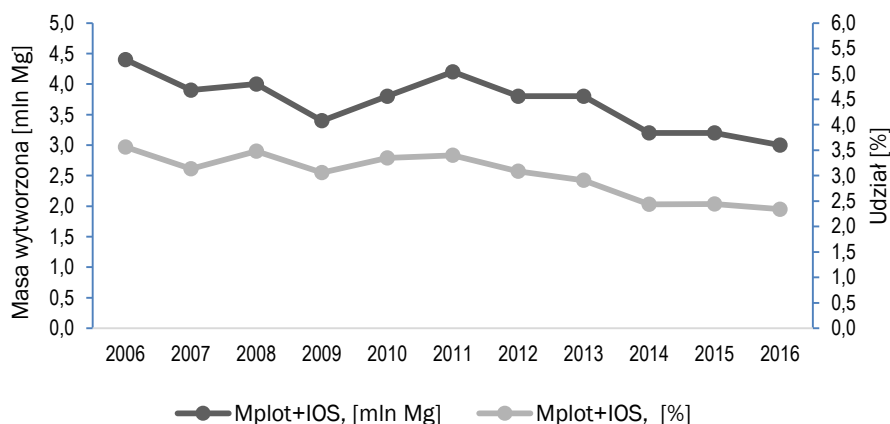
3.6. Mieszanki popiołów lotnych i odpadów stałych z wapniowych metod odsiarczania gazów odlotowych (M_{plot}+IOS)

Minerały antropogeniczne w postaci mieszanin popiołów lotnych i odpadów stałych z wapniowych metod odsiarczania gazów odlotowych o kodzie 10 01 82. Powstają po procesie spalania paliw w jednostkach wyposażonych w instalacje odsiarczania spalin oparte na metodach suchej i półsuchoj oraz spalaniu w złożu fluidalnym.

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

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

W latach 2006-2016 w Polsce wytworzono 40,7 mln Mg Mplot+IOS, w tym okresie zaobserwowano spadkowy trend poziomu ich wytwarzania.



Rys. 7. Zmiany wytwarzania mieszanki popiołów lotnych i odpadów stałych z wapniowych metod odsiarczania gazów odlotowych w latach 2006–2016.

Największą masę mieszanki popiołów lotnych i odpadów stałych z wapniowych metod odsiarczania gazów odlotowych wynoszącą 4,4 mln Mg, wytworzono w 2006 r., a najmniejszą 3,0 mln Mg w 2016 r., zatem maksymalna względna zmiana wytwarzania ($WZ_{W_{max}}$) wyniosła 46,67%. Najwyższy udział wytwarzania mieszanki popiołów lotnych i odpadów stałych z wapniowych metod odsiarczania gazów odlotowych ustalono na poziomie 3,56% w 2006 r., a najniższy 2,34% w 2016 r., zatem maksymalna zmiana udziału wytwarzania (ZUW_{max}) wyniosła 1,22 p.p. Okresowe wytwarzanie (W_o) zmniejszyło się o 1,40 mln Mg, co stanowi spadek okresowego tempa zmian wytwarzania (TZW_o) o 31,82% w 2016 r. w stosunku do wytwarzania z 2006 r.

W 2008 r. oraz latach 2010–2011 stwierdzono w Polsce dodatnie roczne tempo zmian wytwarzania mieszanki popiołów lotnych i odpadów stałych z wapniowych metod odsiarczania gazów odlotowych, przy czym najwyższy wzrost 11,76% odnotowano w 2011 r. W 2013 r. i 2015 r. tempo wytwarzania Mplot+IOS nie uległo zmianie, natomiast w pozostałych latach zaobserwowano ujemne roczne tempo zmian wytwarzania tego typu minerału, przy czym najwyższy spadek 15,79% odnotowano w 2014 r.

Tab. 13. 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.	[mln Mg]	[%]
46,67	1,22	-1,40	-31,82

Tab. 14. 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	-11,36	2012	-9,52
2008	2,56	2013	0,00
2009	-15,00	2014	-15,79
2010	11,76	2015	0,00
2011	10,53	2016	-6,25

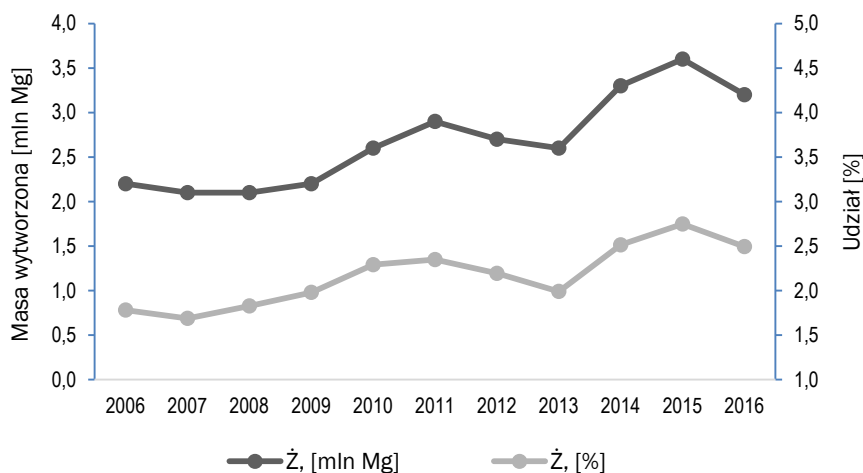
3.7. Żuże z procesu wytopienia (Ż)

Podczas procesów wytopienia metali i ich stopów powstają różne produkty uboczne z czego największy ich strumień sklasyfikowano jako żuże z procesów wytopienia 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 Polsce wytworzono 29,5 mln Mg Ż, w tym okresie zaobserwowano wzrostowy trend poziomu ich wytwarzania.



Rys. 8. Zmiany wytwarzania żużli z procesów wytopienia w latach 2006-2016.

Największą masę żużli z procesów wytopienia wynoszącą 3,6 mln Mg, wytworzono w 2015 r., a najmniejszą 2,10 mln Mg w latach 2007–2008 r., zatem maksymalna względna zmiana wytwarzania (WZW_{max}) wyniosła 71,43%. Najwyższy udział wytwarzania żużli z procesów wytopienia ustalono na poziomie 2,75% w 2015 r., a najniższy 1,69% w 2007 r., zatem maksymalna zmiana udziału wytwarzania (ZUW_{max}) wyniosła 1,06 p.p. Okresowe wytwarzanie (W_o) zwiększyło się o 1,00 Mg, co stanowi wzrost okresowego tempa zmian wytwarzania (TZW_o) o 45,45% w 2016 r. w stosunku do wytwarzania z 2006 r.

Tab. 15. Maksymalne względne zmiany i maksymalne zmiany udziału oraz okresowe tempo zmian wytwarzania żużli z procesów wytopienia w latach 2006-2016.

WZW_{max}	ZUW_{max}	W_o	TZW_o
[%]	p.p.	[mln Mg]	[%]
71,43	1,06	1,00	45,45

W 2007 r. i 2016 r. oraz w latach 2012–2013 stwierdzono w Polsce ujemne roczne tempo zmian wytwarzania żużli z procesów wytopienia, przy czym najwyższy spadek 11,11% zanotowano w 2016 r. W pozostałym okresie zaobserwowano dodatnie roczne tempo zmian wytwarzania tego typu minerałów, przy czym najwyższy wzrost o 26,92% odnotowano w 2014 r.

Tab. 16. Roczne tempo zmian wytwarzania żużli z procesów wytapiania w latach 2006–2016

Rok	TZW _r [%]	Rok	TZW _r [%]
2007	-4,55	2012	-6,90
2008	0,00	2013	-3,70
2009	4,76	2014	26,92
2010	18,18	2015	9,09
2011	11,54	2016	-11,11

4. PODSUMOWANIE

Na przestrzeni lat 2006–2016 na terenie kraju wytworzono 1355,2 mln Mg, potencjalnych minerałów antropogenicznych. W analizowanym okresie masa wytwarzanych minerałów ulegała wahaniom. W latach 2006–2009 następował systematyczny spadek wytwarzania z 123,5 mln Mg do 111,1 mln Mg (10,04%), po czym od roku 2010 zaobserwowano jego wzrost do poziomu 131,3 mln Mg na koniec roku 2014 (18,18%), a następnie ponowny spadek do 128,3 mln Mg w 2016 r.

Procentowy udział wśród wszystkich wytworzonych w 2016 roku potencjalnych minerałów antropogenicznych wyniósł odpowiednio dla: produktów ubocznych powstające przy płukaniu i oczyszczaniu kopalin 25,71%, produktów ubocznych z flotacyjnego wzbogacania rud metali 24,57%, mieszanek popiołowo-żużlowych z mokrego odprowadzania odpadów paleniskowych 7,94%, popiołów lotnych z węgla 3,30%, produktów ubocznych z procesu wydobywania kopalin innych niż rudy metali 3,05%, mieszaniny popiołów lotnych i odpadów stałych z wapniowych metod odsiarczania gazów odlotowych 3,00%, żużli z procesów wytapiania 2,18%,

W analizowanym okresie najwyższe poziomy maksymalnej względnej zmiany wytwarzania (WZW_{max}) minerałów antropogenicznych ustalono kolejno dla: produktów ubocznych z procesu wydobywania kopalin innych niż rudy metali, mieszanek popiołowo-żużlowych z mokrego odprowadzania odpadów paleniskowych, żużli z procesów wytapiania, a najniższy poziom dla produktów ubocznych powstających z procesu flotacyjnego wzbogacania rud metali nieżelaznych.

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

Największe przyrosty okresowego wytwarzania (W_o) potencjalnego minerału antropogenicznego ustalono dla: mieszanek popiołowo-żużlowych z mokrego

odprowadzania odpadów paleniskowych, produktów ubocznych z procesu wydobywania kopalin innych niż rudy metali, a największe spadki dla: mieszaniny popiołów lotnych i odpadów stałych z wapniowych metod odsiarczania gazów odlotowych, popiołów lotnych z węgla oraz żużli z procesów wytapiania.

Największe wzrosty okresowego tempa zmian (TZW_0) potencjalnego minerału antropogenicznego ustalono dla: produktów ubocznych z procesu wydobywania kopalin innych niż rudy metali, mieszanek popiołowo-żuźlowych z mokrego odprowadzania odpadów paleniskowych, a najwyższe spadki dla: mieszaniny popiołów lotnych i odpadów stałych z wapniowych metod odsiarczania gazów odlotowych, popiołów lotnych z węgla.

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

BIBLIOGRAFIA

- [1] 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)
- [2] Z. Bzowski; Możliwości wykorzystania odpadów wydobywczych z kopalń węgla kamiennego (GZW) w pracach budowlanych drogowych i hydrotechnicznych; Wiadomości górnicze nr 6; 2011
- [3] M. Kugiel, R. Piekło; Kierunki zagospodarowania odpadów wydobywczych w Hadlex S.A; Górnictwo i geologia tom 7;
- [4] 2012 T. Baran, W. Drózd, P. Pichniarczyk; Zastosowanie popiołów lotnych wapiennych do produkcji cementu i betonu; Cement Wapno Beton nr 1; 2012
- [5] P. Brzozowski; Możliwości wykorzystania popiołów lotnych ze spalania w kotłach fluidalnych do betonów układanych pod wodą; Budownictwo i Inżynieria Środowiska; 2011
- [6] A. Miśta, E. Botor; Badania i ocena możliwości zagospodarowania popiołów lotnych i żużli w robotach makroniwelacyjnych wyrobiska bazaltowego w miejscowości Gracze. Główny Instytut Górnictwa, Katowice 2004,
- [7] F. Plewa, M. Popczyk, P. Pierzyna; Możliwości wykorzystania wybranych odpadów energetycznych z udziałem środka wiążącego do podsadzki zastalanej w podziemiu kopalń; polityka energetyczna tom 16, 2013
- [8] E. Lewicka; 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; 2016
- [9] A. Łuszczkiewicz; Koncepcje wykorzystania odpadów flotacyjnych z przeróbki rud miedzi w regionie legnicko-głogowskim; Inżynieria Mineralna R.1, nr.1; 2000

- [10] Ochrona środowiska 2007; Warszawa 2007
- [11] Ochrona środowiska 2008; Warszawa 2008
- [12] Ochrona środowiska 2009; Warszawa 2009
- [13] Ochrona środowiska 2010; Warszawa 2010
- [14] Ochrona środowiska 2011; Warszawa 2011
- [15] Ochrona środowiska 2012; Warszawa 2012
- [16] Ochrona środowiska 2013; Warszawa 2013
- [17] Ochrona środowiska 2014; Warszawa 2014
- [18] Ochrona środowiska 2015; Warszawa 2015
- [19] Ochrona środowiska 2016; Warszawa 2016
- [20] Ochrona środowiska 2017; Warszawa 2017

POTENTIAL OF ANTHROPOGENIC MINERALE

ABSTRACT

The article presents an analysis of changes in the mass of selected potential anthropogenic minerals generation in Poland in the years 2006-2016. The scope of the analysis included seven 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.

Key words: *circular economy, anthropogenic minerals.*