

Zmiany struktury nagromadzenia minerałów antropogenicznych na terenie województwa śląskiego

KRZYSZTOF KNAŚ, ARKADIUSZ SZYMANEK

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

Streszczenie

W artykule przedstawiono analizę zmian masy wybranych potencjalnych minerałów antropogenicznych nagromadzonych na składowiskach z terenu województwa śląskiego w latach 2006-2016. Zakres analizy dotyczy 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 nagromadzenia minerałów antropogenicznych.

Słowa kluczowe: gospodarka o obiegu zamkniętym, minerały antropogeniczne, składowanie.

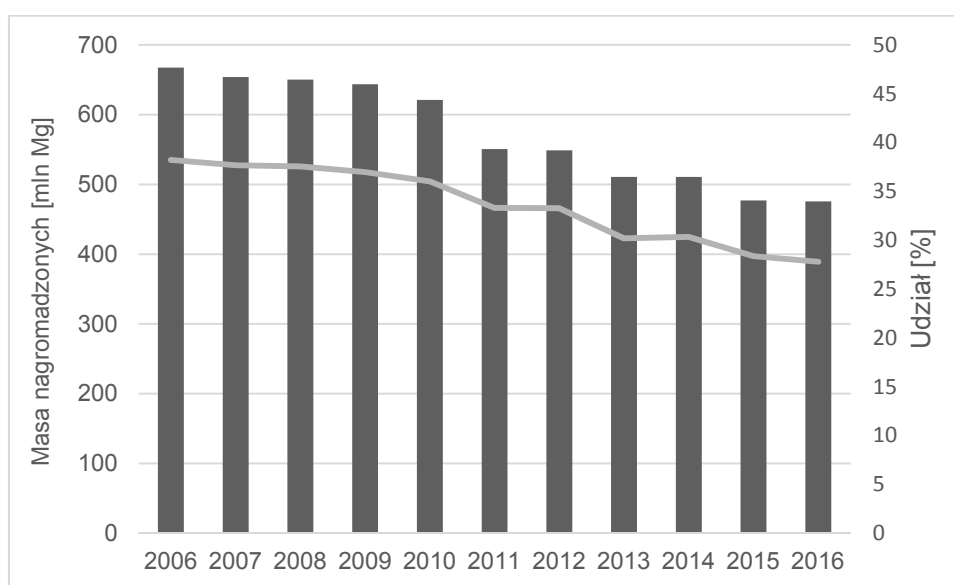
1. Wstęp

Jednym z efektów przemysłowej działalności człowieka jest powstawanie ubocznych produktów wytwarzanych w wyniku realizacji technologicznych procesów produkcyjnych. Prowadzona przez dziesięciolecia gospodarka oparta na liniowym modelu „weź-wyprodukuj-zużyj-wyrzuć” prowadziła do mało efektywnego systemu gospodarki surowcami zarówno naturalnymi jak i wtórnymi. W następstwie czego przez dziesięciolecia nagromadzeniu na składowiskach ulegały odpady zarówno poprodukcyjne jak i użytkowe. By zmienić istniejący stan rzeczy i poprawić efektywność gospodarki surowcami, a jednocześnie zmniejszyć ilość gromadzonych surowców wtórnych należy dążyć do zmiany modelu gospodarczego. Zmiany w kierunku gospodarki o obiegu zamkniętym opartym o cyrkulacyjne modele produkcji. Zmiana taka pozwoliła by zarówno na poprawę efektywności wykorzystania zasobów naturalnych, jak i ograniczenie do minimum wytwarzania odpadów. Według danych szacunkowych opublikowanych w komunikacie Komisji Europejskiej wprowadzenie modelu cyrkulacyjnego mogło by przyczynić się do zmniejszenia zapotrzebowanie na zasoby naturalne o 17-24% w perspektywie roku 2030 [1].

Sektorami gospodarki w których wprowadzenie modelu opartego na obiegu zamkniętym mogło by mieć największe znaczenie, są górnictwo i wydobywanie oraz szeroko pojęta energetyka. Górnictwo i energetyka, ze względu na wysoki stopień rozwoju oraz znaczenie gospodarczo-społeczne mają w naszym kraju największy wpływ na zużycie zasobów naturalnych i nagromadzenie znaczących ilości odpadów przemysłowych. Odpadów, których właściwości w dużej mierze nie różnią się lub różnią się w niewielkim stopniu od surowców mineralnych występujących naturalnie, a przez to stanowiących potencjalne źródło ich antropogenicznych odpowiedników. Do tego typu minerałów zaliczyć można powstałe przy wydobywaniu kopaliny, masy ziemne i skalne, skały płonne, produkty uboczne procesów spalania, a także wytopienia metali takie jak: żużle, koksy, popioły lotne, szlaka. Te i im podobne produkty uboczne „surowe” lub po odpowiednim przekształceniu mogły by znaleźć dalsze zastosowanie w różnych dziedzinach gospodarki. Przegląd literatury wskazuje, iż można znaleźć dla nich zastosowanie jako surowców dla budownictwa drogowego [2,3], kubaturowego [3,4] czy też hydrotechnicznego [2,5], rekultywacji technicznej i biologicznej [6], podziemnych technik górniczych [2,7], produkcji ceramiki budowlanej [2,8], paliw [2].

By wykorzystanie nagromadzonych na składowiskach potencjalnych minerałów antropogenicznych, stało się możliwe należy przeprowadzić ich rozpoznanie. Rozpoznanie takie powinno odpowiedzieć na podstawowe pytania: ile danego minerału nagromadzono, jakie ma on właściwości oraz jaki jest trend zmian jego nagromadzenia. Przedstawione w artykule współczynniki mogą przybliżyć nam nagromadzone zasoby tego typu minerałów, ale także strukturę zmian ich masy w ostatnim dziesięcioleciu.

Masa nagromadzonych 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 obok dolnośląskiego jednym z dominujących w skali kraju. Dla porównania do końca roku 2016 na jego terenie nagromadzono 475,57 mln Mg, natomiast w kolejnych pod względem nagromadzenia regionach były to odpowiednio: 125,62 mln Mg w województwie zachodniopomorskim, 113,15 mln Mg w województwie małopolskim, 103,30 mln Mg w województwie łódzkim [9]. Zmiany masy nagromadzenia tego typu minerałów w województwie śląskim wraz z udziałem procentowym w stosunku do całego kraju przedstawiono na rysunku 1.



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

W tabeli 1 przedstawiono ilości nagromadzonych materiałów wtórnych pochodzących z poszczególnych sektorów gospodarki zgodnie z PKD 2007 [10-13].

Tab. 1. Nagromadzenie surowców antropogenicznych według Polskiej Klasyfikacji Działalności w województwie śląskim [10-13]

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	495,71	576,38	541,47	452,05	436,47	398,42
Przetwórstwo przemysłowe	16,12	10,38	8,05	7,43	7,16	6,40
Wytwarzanie i zaopatrzenie w energię elektryczną, gaz, parę wodną i gorącą wodę	37,17	36,62	36,55	36,51	30,55	30,22
Dostawa wody; gospodarowanie ściekami i odpadami; rekultywacja	—	3,75	0,88	18,83	15,13	10,34

Do końca 2016 roku na terenie kraju nagromadzono 1 710,65 mln Mg, w tym w województwie śląskim 475,57 mln Mg, co stanowiło udział w skali kraju na poziomie 27,80%. Masę oraz udziały nagromadzenia poszczególnych surowców wtórnych przedstawiono w tabeli 2.

Tab. 2. Masa oraz udziały nagromadzonych do końca 2016 roku potencjalnych minerałów antropogenicznych [10-13]

Nazwa	Minerały antropogeniczne	
	[mln Mg]	[%]
Powstające przy płukaniu i oczyszczaniu kopalin	404,00	84,94
Mieszanki popiołowo żuźlowe z mokrego odprowadzania odpadów paleniskowych	21,3	4,49
Z wydobywania kopaliny innych niż rudy metali	13,00	2,74
Z flotacyjnego wzbogacania węgla	13,00	2,73
Popioły lotne z węgla	9,3	1,96
Żuźle, popioły paleniskowe i pyły z kotłów	5,8	1,22
Żuźle z procesów wytapiania	1,5	0,32
Pozostałe	7,67	1,6

2. Metodyka

Celem przeprowadzonej analizy była ocena ilościowa zmian jakim ulegało nagromadzenie na składowiskach wybranych potencjalnych minerałów antropogenicznych na terenie województwa śląskiego w latach 2006-2016.

Zakres analizy obejmuje siedem 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 nagromadzenia minerału

$$WZN_{\max} = 100 \left(\frac{N_{\max}}{N_{\min}} - 1 \right), [\%]$$

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

- maksymalnej zmiany udziału nagromadzenia minerału antropogenicznego

$$ZUN_{\max} = UN_{\max} - UN_{\min}, [\text{p.p.}]$$

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

- okresowego nagromadzenia masy minerału

$$N_o = N_{o2016} - N_{o2006}, [\text{Mg}]$$

gdzie N_{2006} , N_{2016} stanowią masę nagromadzonego minerału antropogenicznego w 2006 r. i 2016 r. rowego tempa zmiany nagromadzenia minerału antropogenicznego

$$TZN_o = 100 \times \frac{N_o}{N_{2006}}, [\%]$$

- rocznego tempa zmian nagromadzenia minerału

$$TZN_r = 100 \times \left[\left(\frac{N_{i+1}}{N_i} \right) - 1 \right], [\%], i = 2006, \dots, 2016$$

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

3. Analiza wyników

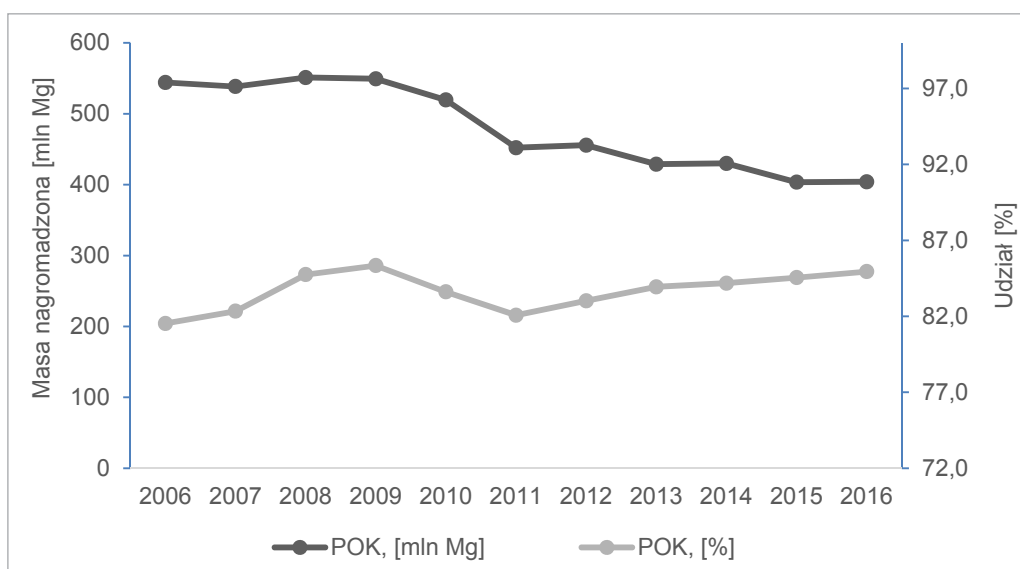
3.1. Minerale antropogeniczne powstające przy płukaniu i oczyszczaniu kopalni (POK)

Minerale antropogeniczne powstające przy płukaniu i oczyszczaniu kopalni 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.

W latach 2006-2016 zaobserwowano spadkowy trend nagromadzenia minerałów antropogenicznych tego typu. Na wykresie poniżej przedstawiono przebieg rocznych zmian nagromadzenia POK oraz zmiany ich udziału w strumieniu wszystkich nagromadzonych surowców wtórnych.



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

Największą masę produktów ubocznych powstających przy płukaniu i oczyszczaniu kopalni wynoszącą 551,1 mln Mg, nagromadzono na koniec 2008 r., a najmniejszą 403,4 mln Mg na koniec 2015 r., zatem maksymalna względna zmiana nagromadzenia (WZN_{max}) wyniosła 36,62%. Najwyższy udział nagromadzenia ustalono na poziomie 85,34% w 2009 r., a najniższy 81,53% w 2006 r., zatem maksymalna zmiana udziału nagromadzenia (ZUN_{max}) wyniosła 3,81 p.p. Okresowe nagromadzenie (N_o) zmniejszyło się o 140,15 mln Mg, co stanowi spadek okresowego tempa zmian nagromadzenia (TZN_o) o 25,76% w 2016 r. w stosunku do nagromadzenia z 2006 r.

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

WZN_{max}	ZUN_{max}	N_o	TZN_o
[%]	p.p.	[mln Mg]	[%]
36,62	3,81	-140,15	-25,76

W 2008 r., 2009 r., 2014 r., 2016 r. stwierdzono w województwie śląskim dodatnie roczne tempo zmian nagromadzenia produktów ubocznych powstających przy płukaniu i oczyszczaniu kopalni, przy czym najwyższy wzrost 2,35% odnotowano w 2008 r. W pozostałym okresie zaobserwowano ujemne roczne tempo zmian nagromadzenia tego typu minerału, przy czym najwyższy spadek o 12,97% odnotowano w 2011 r.

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

Rok	TZW _r [%]	Rok	TZW _r [%]
2007	-1,04	2012	0,79
2008	2,35	2013	-5,89
2009	-0,34	2014	0,26
2010	-5,43	2015	-6,16
2011	-12,97	2016	0,14

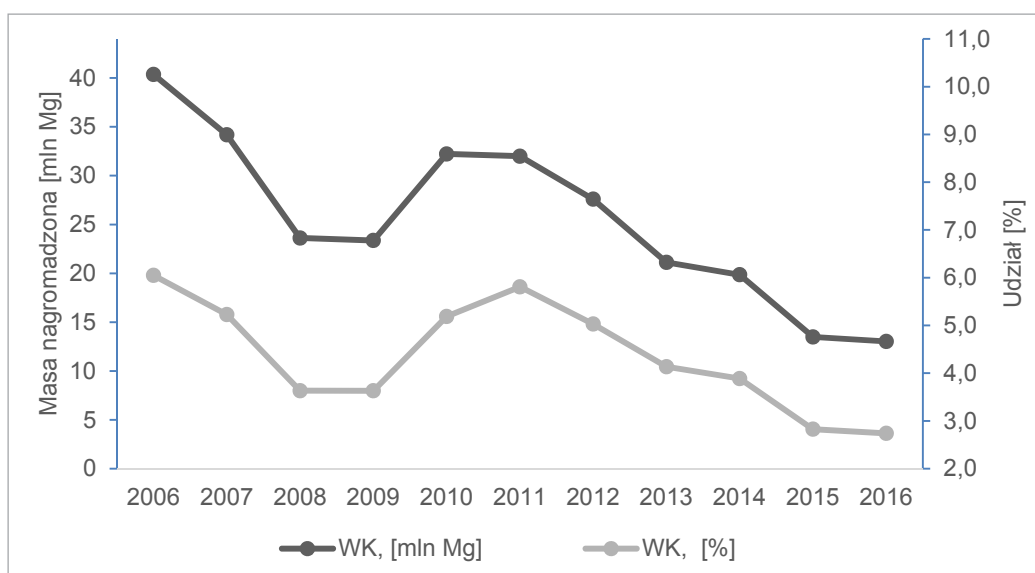
3.2. Minerały antropogeniczne z wydobywania kopaliny innych niż rudy metali (WK)

Właściwości tego typu surowców wtórnych 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 złoża 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.

W latach 2006-2016 zaobserwowano spadkowy trend nagromadzenia minerałów antropogenicznych tego typu. Na wykresie poniżej przedstawiono przebieg rocznych zmian nagromadzenia WK oraz zmiany ich udziału w strumieniu wszystkich nagromadzonych surowców wtórnych.

**Rys. 3.** Zmiany nagromadzenia produktów ubocznych z wydobywania kopaliny innych niż rudy metali w latach 2006-2016

Największą masę produktów ubocznych z wydobywania kopaliny innych niż rudy metali wynoszącą 40,36 mln Mg, nagromadzono na koniec 2006 r., a najmniejszą 13,02 mln Mg na koniec 2016 r., zatem maksymalna względna zmiana nagromadzenia (WZN_{max}) wyniosła 209,91%. Najwyższy udział nagromadzenia ustalono na poziomie 6,05% w 2006 r., a najniższy 2,74% w 2016 r., zatem maksymalna zmiana udziału nagromadzenia (ZUN_{max}) wyniosła 3,31 p.p. Okresowe nagromadzenie (N_o) zmniejszyło się o 27,34 mln Mg, co stanowi spadek okresowego tempa zmian nagromadzenia (TZN_o) o 67,73 % w 2016 r. w stosunku do nagromadzenia z 2006 r.

Tab. 5. Maksymalne względne zmiany i maksymalne zmiany udziału oraz okresowe tempo zmian nagromadzenia produktów ubocznych z wydobywania kopaliny innych niż rudy metali w latach 2006-2016

WZN_{max}	ZUN_{max}	N_o	TZN_o
[%]	p.p.	[mln Mg]	[%]
209,91	3,31	-27,34	-67,73

W roku 2010 stwierdzono w województwie śląskim dodatnie roczne tempo zmian nagromadzenia produktów ubocznych powstających przy płukaniu i oczyszczaniu kopaliny, który wyniósł 37,92%. W pozostałych latach zaobserwowano ujemne roczne tempo zmian nagromadzenia tego typu minerału, przy czym najwyższy spadek 32,07% odnotowano w 2015 r.

Tab. 6. Roczne tempo zmian nagromadzenia produktów ubocznych z wydobywania kopaliny innych niż rudy metali w latach 2006-2016

Rok	TZW_r [%]	Rok	TZW_r [%]
2007	-15,32	2012	-13,75
2008	-30,91	2013	-23,44
2009	-1,07	2014	-6,04
2010	37,92	2015	-32,07
2011	-0,72	2016	-3,40

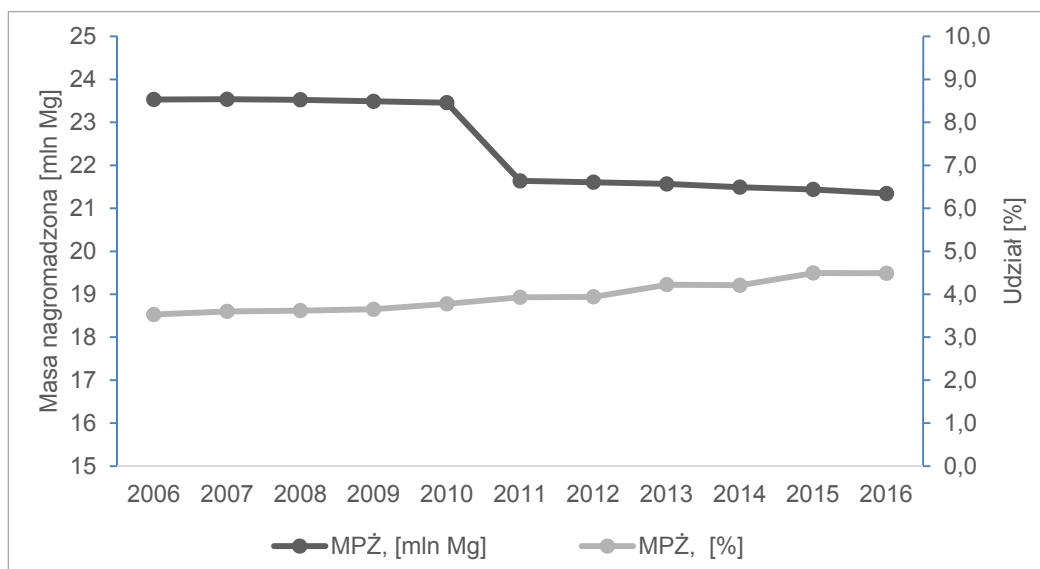
3.3. Mieszanki popiołowo żuźlowe z mokrego odprowadzania odpadów paleniskowych (MPŻ)

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 zaobserwowano łagodny trend spadkowy poziomu ich nagromadzenia z wyjątkiem roku 2011 gdy spadek uplasował się na poziomie ponad 2 mln Mg. Na wykresie poniżej przedstawiono

**Rys. 4.** Zmiany nagromadzenia mieszanek popiołowo żuźlowych z mokrego odprowadzania odpadów paleniskowych w latach 2006-2016

przebieg rocznych zmian nagromadzenia MPŻ oraz zmiany ich udziału w strumieniu wszystkich nagromadzonych surowców wtórnych.

Największą masę mieszanek popiołowo żużlowych z mokrego odprowadzania odpadów paleniskowych wynoszącą 23,54 mln Mg, nagromadzono na koniec 2007 r., a najmniejszą 21,34 mln Mg na koniec 2016 r., zatem maksymalna względna zmiana nagromadzenia (WZN_{max}) wyniosła 10,28%. Najwyższy udział nagromadzenia mieszanek popiołowo żużlowych z mokrego odprowadzania odpadów paleniskowych ustalono na poziomie 4,49% w 2016 r., a najniższy 3,53% w 2006 r., zatem maksymalna zmiana udziału nagromadzenia (ZUN_{max}) wyniosła 0,97 p.p. Okresowe nagromadzenie (N_o) zmniejszyło się o 2,19 mln Mg, co stanowi spadek okresowego tempa zmian nagromadzenia (TZN_o) o 9,3% w 2016r. w stosunku do nagromadzenia z 2006r.

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

WZN_{max}	ZUN_{max}	N_o	TZN_o
[%]	p.p.	[mln Mg]	[%]
10,28	0,97	-2,19	-9,30

W roku 2007 stwierdzono w województwie śląskim dodatnie roczne tempo zmian nagromadzenia mieszanek popiołowo żużlowych z mokrego odprowadzania odpadów paleniskowych, które wyniosło 0,02%. W pozostałych latach zaobserwowano ujemne roczne tempo zmian nagromadzenia tego typu minerału, przy czym najwyższy spadek o 7,76% odnotowano w 2011 r.

Tab. 8. Roczne tempo zmian mieszanek popiołowo żużlowych z mokrego odprowadzania odpadów paleniskowych w latach 2006-2016

Rok	TZW_r [%]	Rok	TZW_r [%]
2007	0,02	2012	-0,15
2008	-0,06	2013	-0,18
2009	-0,15	2014	-0,35
2010	-0,13	2015	-0,25
2011	-7,76	2016	-0,44

3.4. Minerale antropogeniczne z procesu flotacyjnego wzbogacania węgla (Flot)

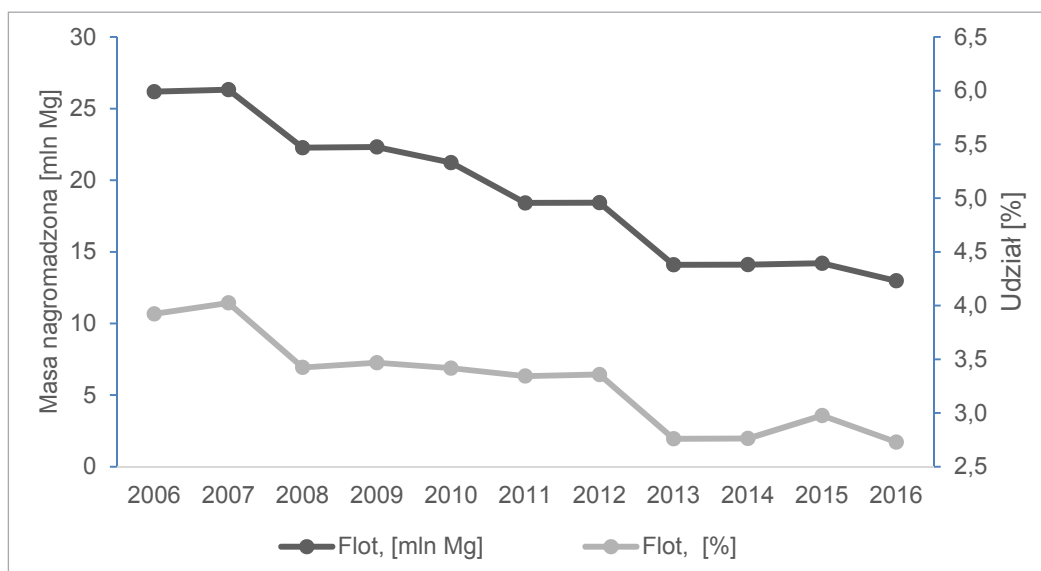
Minerale antropogeniczne z procesu flotacyjnego wzbogacania węgla o kodzie 01 04 81, stanowią drobnoziarnistą mieszaninę cząstek węgla oraz skał towarzyszących z wodą wykorzystywaną w procesie flotacji.

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 zaobserwowano spadkowy trend nagromadzenia minerałów antropogenicznych tego typu. Na wykresie poniżej przedstawiono przebieg rocznych zmian nagromadzenia Flot oraz zmiany ich udziału w strumieniu wszystkich nagromadzonych surowców wtórnych.

Największą masę produktów ubocznych z flotacyjnego wzbogacania węgla wynoszącą 26,3 mln Mg, nagromadzono na koniec 2007 r., a najmniejszą 12,98 mln Mg na koniec 2016 r., zatem maksymalna względna zmiana nagromadzenia (WZN_{max}) wyniosła 102,82%. Najwyższy udział nagromadzenia produktów ubocznych z flotacyjnego wzbogacania węgla ustalono na poziomie 4,02% w 2007 r., a najniższy 2,73% w 2016 r., zatem maksymalna zmiana udziału nagromadzenia (ZUN_{max}) wyniosła 1,30 p.p. Okresowe nagromadzenie (N_o) zmniejszyło się o 13,2 mln Mg, co stanowi spadek okresowego tempa zmian nagromadzenia (TZN_o) masy o 50,43% w 2016 r. w stosunku do nagromadzenia z 2006 r.



Rys. 5. Zmiany nagromadzenia produktów ubocznych z flotacyjnego wzbogacania węgla w latach 2006-2016

Tab. 9. Maksymalne względne zmiany i maksymalne zmiany udziału oraz okresowe tempo zmian nagromadzenia produktów ubocznych z flotacyjnego wzbogacania węgla w latach 2006-2016

WZN_{max}	ZUN_{max}	N_o	TZN_o
[%]	p.p.	[mln Mg]	[%]
102,82	1,30	-13,20	-50,43

W 2007 r., 2009 r., 2012 r. oraz latach 2014-2014 stwierdzono w województwie śląskim dodatnie roczne tempo zmian nagromadzenia produktów ubocznych z flotacyjnego wzbogacania węgla, przy czym najwyższy wzrost 0,66% zanotowano w 2015 r. W pozostałym okresie zaobserwowano ujemne roczne tempo zmian nagromadzenia tego typu minerału, przy czym najwyższy spadek o 23,51% odnotowano w 2013 r.

Tab. 10. Roczne tempo zmian nagromadzenia produktów ubocznych z flotacyjnego wzbogacania węgla w latach 2006-2016

Rok	TZW_r [%]	Rok	TZW_r [%]
2007	0,54	2012	0,08
2008	-15,40	2013	-23,51
2009	0,24	2014	0,08
2010	-4,88	2015	0,66
2011	-13,26	2016	-8,61

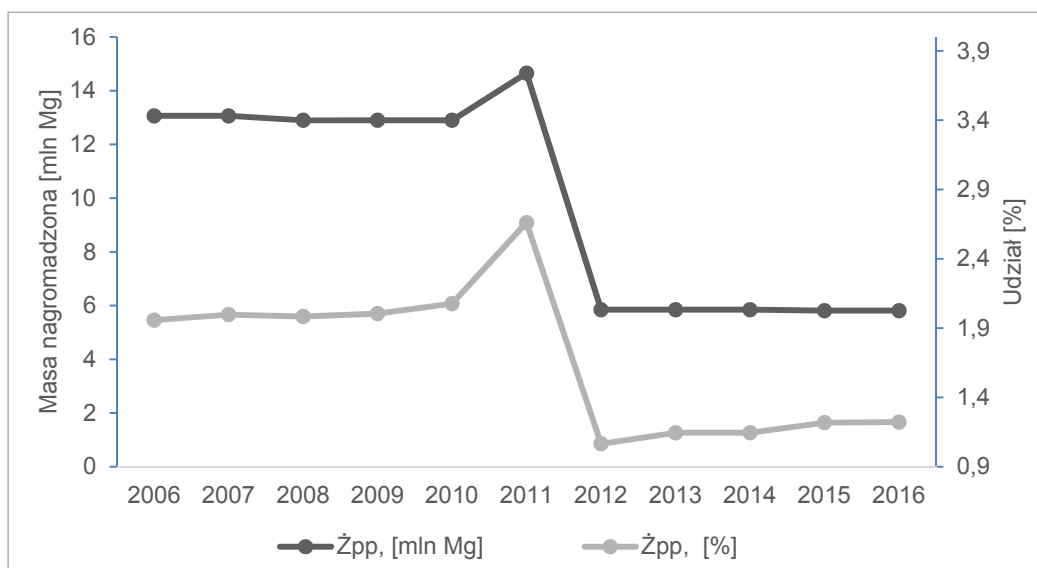
3.5. Żużle, popioły paleniskowe i pyły z kotłów (Żpp)

Minerały antropogeniczne w postaci żużli, popiołów paleniskowych i pyłów z kotłów o kodzie 10 01 01. Powstają po procesie spalania paliw stałych najczęściej jako mieszaniny różnych frakcji popiołowych.

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

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

W latach 2006-2016 zaobserwowano gwałtowną zmianę nagromadzenia żużli, popiołów paleniskowych i pyłów z kotłów. W 2012 roku zaobserwowano spadek ich nagromadzenia na poziomie 60,10% w stosunku do poprzedniego roku. Ten gwałtowny spadek spowodowany został włączeniem składowisk pyłów do grupy popiołów lotnych z węgla. Na wykresie poniżej przedstawiono przebieg rocznych zmian nagromadzenia Żpp oraz zmiany ich udziału w strumieniu wszystkich nagromadzonych surowców wtórnych.



Rys. 6. Zmiany żużli, popiołów paleniskowych i pyłów z kotłów w latach 2006-2016

Największą masę żużli, popiołów paleniskowych i pyłów z kotłów wynoszącą 14,65 mln Mg, nagromadzono na koniec 2011 r., a najmniejszą 5,81 mln Mg na koniec 2016 r., zatem maksymalna względna zmiana nagromadzenia (WZN_{max}) wyniosła 124,82%. Najwyższy udział nagromadzenia ustalono na poziomie 2,66% w 2011 r., a najniższy 1,14% w latach 2013-2014, zatem maksymalna zmiana udziału nagromadzenia (ZUN_{max}) wyniosła 1,52 p.p. Okresowe nagromadzenie (N_o) zmniejszyło się o 7,25 mln Mg, co stanowi spadek okresowego tempa zmian nagromadzenia (TZN_o) o 55,52% w 2016 r. w stosunku do nagromadzenia z 2006 r.

Tab. 11. Maksymalne względne zmiany i maksymalne zmiany udziału oraz okresowe tempo zmian nagromadzenia żużli, popiołów paleniskowych i pyłów z kotłów w latach 2006-2016

WZN_{max}	ZUN_{max}	N_o	TZN_o
[%]	p.p.	[mln Mg]	[%]
124,82	1,52	-7,25	-55,52

W 2011 r. stwierdzono w województwie śląskim dodatnie roczne tempo zmian nagromadzenia żużli, popiołów paleniskowych i pyłów z kotłów, który wyniósł 13,61%. W latach 2008, 2012 i 2015 zaobserwowano ujemne roczne tempo zmian nagromadzenia tego typu minerału, przy czym najwyższy spadek o 60,10% odnotowano w 2012 r. W pozostałym okresie nie zaobserwowano zmian nagromadzenia $\dot{Z}pp$.

Tab. 12. Roczne tempo zmian nagromadzenia żużli, popiołów paleniskowych i pyłów z kotłów w latach 2006-2016

Rok	TZW_r [%]	Rok	TZW_r [%]
2007	0,00	2012	-60,10
2008	-1,26	2013	0,00
2009	0,00	2014	0,00
2010	0,00	2015	-0,61
2011	13,61	2016	0,00

3.6. Popioły lotne z węgla (P_{lot})

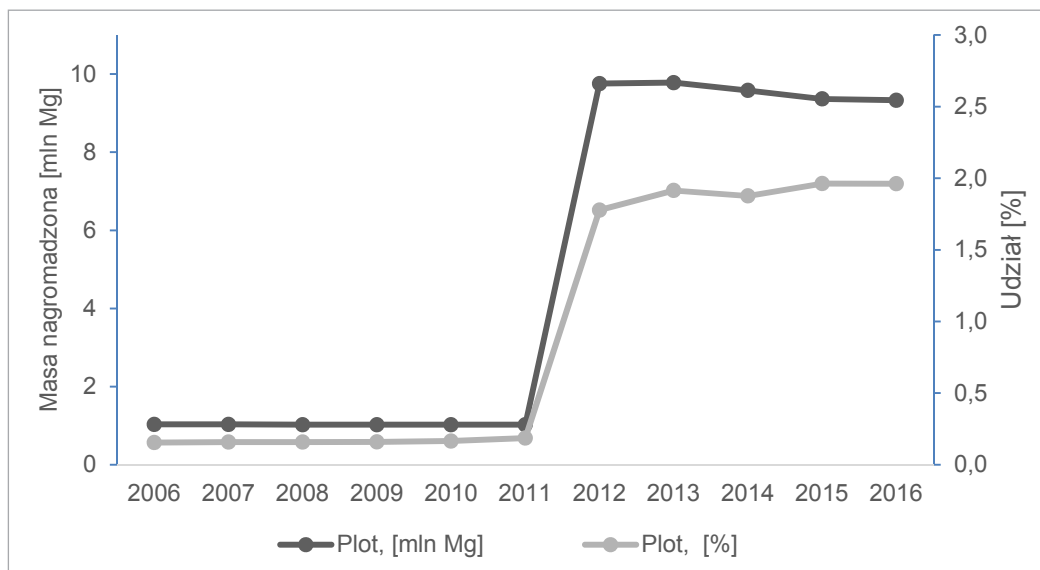
Minerały antropogeniczne w postaci popiołów lotnych z węgla o kodzie 10 01 02. Powstają po procesie spalania paliw w jako drobnoziarnista frakcja popiołowa.

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

- elektrownie,

- ciepłownie,
- kotłownie technologiczne w zakładach przemysłowych.

W latach 2006-2016 zaobserwowano skokowy wzrost poziomu ich nagromadzenia o 8,73 mln Mg w stosunku do roku poprzedniego. Wzrost ten podobnie jak spadek \dot{Z}_{pp} spowodowany był zmianą kwalifikacji części składowisk pyłów. Na wykresie poniżej przedstawiono przebieg rocznych zmian nagromadzenia P_{lot} oraz zmiany ich udziału w strumieniu wszystkich nagromadzonych surowców wtórnych.



Rys. 7. Zmiany nagromadzenia popiołów lotnych z węgla w latach 2006-2016

Największą masę popiołów lotnych wynoszącą 9,78 mln Mg, nagromadzono na koniec 2013 r., a najmniejszą 1,02 mln Mg na koniec 2008 r., zatem maksymalna względna zmiana nagromadzenia (WZN_{max}) wyniosła 855,41%. Najwyższy udział nagromadzenia ustalono na poziomie 1,96% w latach 2015-2016, a najniższy 0,15% w 2006 r., zatem maksymalna zmiana udziału nagromadzenia (ZUN_{max}) wyniosła 1,81 p.p. Okresowe nagromadzenie (N_o) zwiększyło się o 8,30 mln Mg, co stanowi wzrost okresowego tempa zmian nagromadzenia (TZN_o) o 804,85% w 2016 r. w stosunku do nagromadzenia z 2006 r.

Tab. 13. Maksymalne względne zmiany i maksymalne zmiany udziału oraz okresowe tempo zmian nagromadzenia popiołów lotnych z węgla w latach 2006-2016

WZN_{max}	ZUN_{max}	N_o	TZN_o
[%]	p.p.	[mln Mg]	[%]
855,41	1,81	8,30	804,85

W 2008 r. oraz latach 2014-2016 stwierdzono w województwie śląskim ujemne roczne tempo zmian nagromadzenia popiołów lotnych z węgla, przy czym najwyższy spadek o 2,28% zanotowano w 2015 r. W latach 2012-2013 odnotowano dodatnie roczne tempo zmian nagromadzenia tego typu minerału, przy czym najwyższy wzrost o 853,07% w 2012 r. W pozostałym okresie nie zaobserwowano zmian nagromadzenia popiołów lotnych z węgla.

Tab. 14. Roczne tempo zmian nagromadzenia popiołów lotnych z węgla w latach 2006-2016

Rok	TZW_r [%]	Rok	TZW_r [%]
2007	0,00	2012	853,07
2008	-0,72	2013	0,25
2009	0,00	2014	-2,03
2010	0,00	2015	-2,28
2011	0,00	2016	-0,36

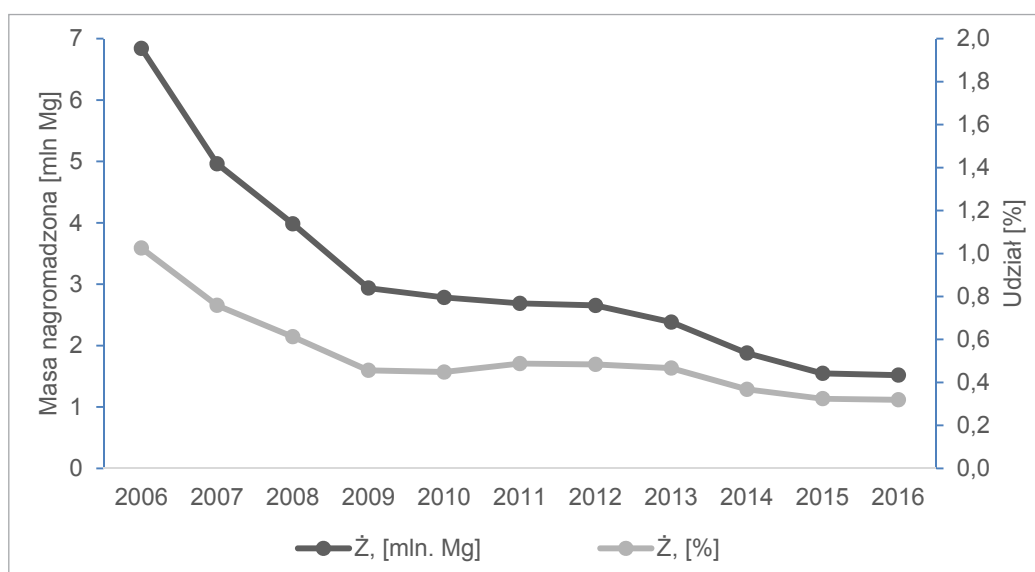
3.7. Żużle z procesu wytopienia (Ż)

Podczas procesów wytopienia metali i ich stopów powstają różne produkty uboczne z czego największy ich strumień sklasyfikowane jako żużle 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 zaobserwowano spadkowy trend nagromadzenia minerałów antropogenicznych tego typu. Na wykresie poniżej przedstawiono przebieg rocznych zmian nagromadzenia Ż oraz zmiany ich udziału w strumieniu wszystkich nagromadzonych surowców wtórnych.



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

Największą masę żużli z procesów wytopienia wynoszącą 6,84 mln Mg, nagromadzono na koniec 2015 r., a najmniejszą 1,52 mln Mg na koniec 2016 r., zatem maksymalna względna zmiana nagromadzenia (WZN_{max}) wyniosła 350,89%. Najwyższy udział nagromadzenia żużli z procesów wytopienia ustalono na poziomie 1,03% w 2006 r., a najniższy 0,32% w latach 2015-2016 r., zatem maksymalna zmiana udziału wytwarzania (ZUN_{max}) wyniosła 0,71 p.p. Okresowe nagromadzenie (N_o) zmniejszyło się o 5,32 mln Mg, co stanowi spadek okresowego tempa zmian nagromadzenia (TZN_o) o 77,82% w 2016 r. w stosunku do wytwarzania z 2006 r.

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

WZN_{max} [%]	ZUN_{max} p.p.	N_o [mln Mg]	TZN_o [%]
350,89	0,71	-5,32	-77,82

W całym analizowanym okresie stwierdzono w województwie śląskim ujemne roczne tempo zmian nagromadzenia żużli z procesów wytopienia, przy czym najwyższy spadek o 27,48%, zanotowano w 2007 r.

Tab. 16. Roczne tempo zmian wytwarzania żużli z procesów wytopiania w latach 2006-2016

Rok	TZW _r [%]	Rok	TZW _r [%]
2007	-27,48	2012	-1,26
2008	-19,71	2013	-10,19
2009	-26,30	2014	-21,19
2010	-5,16	2015	-17,64
2011	-3,49	2016	-1,89

4. Podsumowanie

Do roku 2016 na terenie województwa śląskiego nagromadzono 475,57 mln Mg, potencjalnych minerałów antropogenicznych co w skali kraju stanowi udział na poziomie 27,80%. W analizowanym okresie masa nagromadzonych minerałów ulegała zmniejszeniu z przy czym maksymalna względnej zmiany nagromadzenia wyniosła 40,33%.

Procentowy udział wśród wszystkich nagromadzonych do końca 2016 roku potencjalnych minerałów antropogenicznych wyniósł odpowiednio dla: produktów ubocznych powstające przy płukaniu i oczyszczaniu kopalni 84,94%, mieszanek popiołowo żużlowych z mokrego odprowadzania odpadów paleniskowych 4,49%, produktów ubocznych z procesu wydobywania kopalni innych niż rudy metali 2,74%, produktów ubocznych z procesu flotacyjnego wzbogacania węgla 2,73%, popioły lotne z węgla 1,96%, żużle, popioły paleniskowe i pyły z kotłów 1,22%, żużli z procesów wytopiania 0,32%.

W analizowanym okresie najwyższe poziomy maksymalnej względnej zmiany nagromadzenia (WZN_{max}) minerałów antropogenicznych ustalono dla: popiołów lotnych, żużli z procesów wytopiania, produktów ubocznych z wydobywania kopalni innych niż rudy metali, a najniższe poziomy dla: produktów ubocznych powstające przy płukaniu i oczyszczaniu kopalni, mieszanek popiołowo żużlowych z mokrego odprowadzania odpadów paleniskowych.

Natomiast najwyższe poziomy maksymalnej zmiany udziału nagromadzonej masy (ZUN_{max}) potencjalnego minerału antropogenicznego ustalono dla: produktów ubocznych powstające przy płukaniu i oczyszczaniu kopalni, produktów ubocznych z wydobywania kopalni innych niż rudy metali, a najniższe poziomy dla: mieszanek popiołowo żużlowych, żużli z procesu wytopiania.

Przyrost okresowego nagromadzenia (N_o) potencjalnego minerału antropogenicznego ustalono dla: popiołów lotnych, natomiast najwyższe spadki dla: produktów ubocznych powstające przy płukaniu i oczyszczaniu kopalni, produktów ubocznych z wydobywania kopalni innych niż rudy metali.

Największy wzrosty okresowego tempa zmian (TZN_o) potencjalnego minerału antropogenicznego ustalono dla: popiołów lotnych, a najwyższe spadki dla: żużli z procesów wytopiania, produktów ubocznych z procesu wydobywania kopalni innych niż rudy metali, żużli, popiołów i pyłów z kotłów, produktów ubocznych z flotacyjnego wzbogacania węgla.

Dla badanego okresu, w przypadku większości lat, ustalono ujemne wartości rocznego tempa zmian nagromadzenia potencjalnych minerałów antropogenicznych dla: żużli z procesów wytopiania, produktów ubocznych z procesu wydobywania kopalni innych niż rudy metali, produktów ubocznych powstające przy płukaniu i oczyszczaniu kopalni, mieszanek popiołowo żużlowych z mokrego odprowadzania odpadów paleniskowych, produktów ubocznych z flotacyjnego wzbogacania węgla, a dodatnie lub zerowe wartości dla: popiołów lotnych z węgla, żużli, popiołów i pyłów z kotłów.

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 kopalni 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] T. Baran, W. Drózdź, 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 zestalanej 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] Ochrona Środowiska 2017, Warszawa 2017.
- [10] Ochrona środowiska w województwie śląskim w latach 2000-2006, Katowice 2007.
- [11] Ochrona środowiska w województwie śląskim w latach 2007-2010, Katowice 2011.
- [12] Ochrona środowiska w województwie śląskim w latach 2011-2013, Katowice 2014.
- [13] Ochrona środowiska w województwie śląskim w latach 2014-2016, Katowice 2017.

Changes in the structure of the accumulation of anthropogenic mineral in the Silesian Voivodship

Abstract

The article presents an analysis of changes in the mass of selected potential anthropogenic minerals accumulated in landfills from the Silesian Voivodship 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 accumulation of anthropogenic minerals.

Keywords: circular economy, anthropogenic minerals