



Odpady stałe ze spalania węgla kamiennego w sektorze komunalno-mieszkaniowym

*Katarzyna Stala-Szlugaj
Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi
i Energią PAN, Kraków*

1. Wprowadzenie

W Polsce najbardziej popularnym paliwem wykorzystywanym do produkcji energii cieplnej jest węgiel kamienny. Statystyki Urzędu Regulacji Energetyki pokazują, że w 2010 roku 76% ciepła powstało w oparciu o ten surowiec, a pozostałą część wytworzono ze spalania: oleju opałowego (7,5%), biomasy (5,7%), gazu ziemnego (5,2%) i tzw. pozostałych paliw (5,6%) [9].

W sektorze komunalnym z wyprodukowanych w 2010 roku [10] 214,9 TJ energii cieplnej, 84% wytworzonych było w oparciu o dwa paliwa: węgiel (aż 67%) i gaz ziemny (17%).

Jednakże spalanie węgla, to nie tylko wytwarzanie pożytecznej dla człowieka energii cieplnej. Wiąże się z nim także wprowadzanie do atmosfery szeregu zanieczyszczeń (np. oprócz emisji gazów jak CO₂ czy SO_x); jest ono również źródłem odpadów stałych (popiołów, żużli, etc).

W przypadku sektora drobnych odbiorców węgla kamiennego, powstałe w wyniku spalania pyły, częściowo systemem kominowym uchodzą do atmosfery (stąd od niewielkiej wysokości komina/emitora zwane są „niską emisją”). Pozostała ich część – w postaci popiołu i żużla – trafia między innymi do odpadów komunalnych. By przyjrzeć się skali wytwarzanych przez sektor drobnych odbiorców odpadów stałych, w artykule podjęto próbę oszacowania ich ilości. W związku z tym, że w cytowanych w artykule pozycjach [9, 10, 11, 12, 13] dla tej samej grupy odbiorców stosowane jest różne nazewnictwo (np. sektor: drobnych odbiorców, komunalny, komunalny i mieszkaniowy, komunalno-bytowy

etc.), w artykule przyjęto analizowaną grupę odbiorców określać mianem sektora komunalno-mieszkaniowego.

2. Produkty powstałe w wyniku spalania węgla kamiennego

Ze względu na sposób zachowania się podczas procesu spalania, związki tworzące węgiel umownie przyjęto dzielić na substancję palną i balast. Ta pierwsza głównie składa się z węglowodorów i związków organicznych (w skład których wchodzi: siarka, tlen i azot) oraz w niewielkim stopniu siarczków nieorganicznych, zaś balast – z wilgoci i części mineralnych, z których powstaje popiół [1].

W wyniku spalania węgla powstaje szereg zanieczyszczeń będących toksycznymi i nietoksycznymi produktami spalania, występującymi w formie stałej i gazowej [2]. W efekcie oprócz węgla, tlenków siarki, azotu i niespalonych węglowodorów oraz pary wodnej, powstają również cząstki stałe (popiół, sadza, koksik i pierwiastki śladowe).

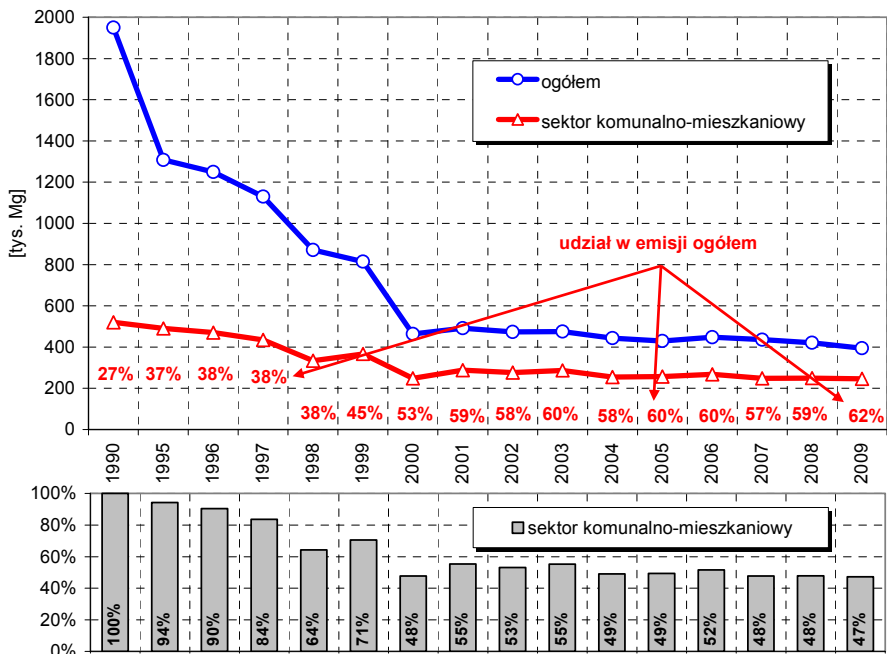
Ilość powstających odpadów stałych (popiołu i żużla) zależy zarówno od ilości zużytego węgla, jak i od jego jakości (zawartości popiołu), skuteczności zastosowanych urządzeń odpylających oraz rodzaju i konstrukcji paleniska [2].

O skali powstających odpadów stałych może w pewnym przybliżeniu mówić ilość wyemitowanych do atmosfery zanieczyszczeń pyłowych. Na podstawie danych [11] sporządzono wykres (rys. 1) ilustrujący zanieczyszczenia pyłowe wyemitowane do atmosfery przez wszystkie sektory gospodarcze oraz z wyszczególnieniem sektora komunalno-mieszkaniowego. Wzięto pod uwagę lata 1990–2009.

Od lat dziewięćdziesiątych XX wieku widoczne jest radykalne zmniejszenie ilości emitowanych pyłów. Przyczynił się to nie tylko spadek zużycia węgla. W roku 1990 krajowe zużycie węgla kamiennego kształtowało się na poziomie 120 mln ton, w 2000 r. było już niższe o 35 mln ton, a w 2010 kształtowało się na poziomie 82 mln ton.

Również istotny wpływ miały m.in. wprowadzone w 1990 r. limity emisji ze spalania paliw w energetyce. Towarzyszył im system opłat za emisję zanieczyszczeń do powietrza oraz kary za przekroczenia wartości emisji dopuszczalnych, co wymusiło poprawę jakości węgla [1, 3, 4]. Do zmniejszenia emisji pyłów przyczyniła się także likwidacja dużej części energochłonnego przemysłu ciężkiego oraz poczynione inwestycje w nowsze rozwiązania technologiczne.

Na poprawie jakości węgla skorzystali również odbiorcy z sektora komunalno-mieszkaniowego. W stosunku do roku 1990, emisja pyłów z tego sektora w 2009 r. zmniejszyła się o 53% (tj. o 274 tys. ton). Jednakże od roku 2000 stał się on głównym emitentem pyłów w kraju (z udziałem kształtującym się na poziomie 53–62%).



Rys. 1. Emisja pyłów z wyszczególnieniem sektora komunalno-mieszkaniowego, lata 1990–2009

Fig. 1. Dust emission in municipal and housing sector, 1990–2009

Źródło: opracowano na podst. danych [11, 12]

3. Jakość węgla kamiennego spalnego przez sektor komunalno-mieszkaniowy

W ostatnich kilku latach krajowi odbiorcy węgla – w tym odbiorcy indywidualni – mogą zaopatrywać się w węgiel zarówno rodzimej produkcji, jak również pochodzący z importu [6]. Nie jest prowadzona statystyka jakościowa węgla importowanego. Z wyrywkowych informacji udostępnianych przez importerów węgla, w latach 2008–2012 wartość

opala (Q_i^r) tego surowca oscylowała w zakresie: 23–30 MJ/kg, zawartość siarki – od 0,2 do 0,7% S^r, a popiołu – od 3 do 12% A^r.

Natomiast pełny obraz jakościowy udostępniają rodzimi producenci węgla. Odbiorcy indywidualni zaopatrują się głównie w węgiel kamienny energetyczny. Z punktu widzenia produktu handlowego, sprzedaż tego węgla odbywa się według sortymentów. Zgodnie z normą [16] produkowane są sortymenty: grube (kostka i orzech), średnie (groszek), miały, muły oraz inne. Popularnym produktem stały się również tzw. kwalifikowane paliwa węglowe cechujące się powtarzalnymi parametrami jakościowymi.

W tabeli 1 zaprezentowano ofertę handlową głównych producentów węgla energetycznego: Kompanii Węglowej SA (KW), Katowickiego Holdingu Węglowego SA (KHW) oraz LW Bogdanka SA (LWB) obowiązującą w II kw. 2012 r. Dla poszczególnych sortymentów oraz paliw węglowych ujęto w niej podstawowe parametry jakościowe: wartość opałową (Q_i^r), zawartość popiołu (A^r), siarki (S^r) oraz wilgoci (W^r).

Tabela 1. Podstawowe parametry jakościowe krajowego węgla kamiennego, II kwartał 2012

Table 1. Main quality parameters of domestic hard coal, 2nd Q 2012

Sortyment	Spółka węglowa	Q _i ^r	A ^r	S ^r	W ^r
		[MJ/kg]	[%]	[%]	[%]
Kostka	KW	24–29	4–10	0,41–0,61	2,7–10
	KHW	24–31	1,5–6	0,3–0,6	4–15
Orzech	KW	24–30	2–10	0,3–1,1	2–12
	KHW	24–31	1,5–12	0,3–0,9	4–15
	LWB	27	7	12	b.d.
Groszek	KW	24–30	3–11	0,3–10	3–14
	KHW	23–31,5	1,5–12	0,3–0,9	4–16
	LWB	27	8	12	b.d.
Miały	KW	16–29	3,5–37	0,21–1,4	4–23
	KHW	18–30	3–29	0,35–1,0	7–18
	LWB	20–22	18	12	b.d.
Muły	KW	10–18	13–40	4,1–1,2	15–36,4
paliwa węglowe („EKO...”)	KW	min. 24	7–10	0,6–1,0	b.d.
	KHW	min. 25	4–12	max. 0,6	max. 10

Źródło: opracowanie własne na podst. danych [17, 18 19]

Dużi odbiorcy (np. elektrownie, elektrociepłownie, etc.) kupują węgiel bezpośrednio u producenta na podstawie umów kontraktowych. Natomiast klienci indywidualni zaopatrują się poprzez sieć autoryzowanych sprzedawców krajowych producentów węgla. Autoryzowani sprzedawcy realizują prawie całość sprzedaży (95%) sortymentów grubych, 65% sprzedaży sortymentów średnich, a dystrybucja miałów stanowi tylko około 5%.

Piece i kotły w gospodarstwach domowych przystosowane są do spalania różnych sortymentów. Tym samym jakość węgla oraz sprawność urządzeń grzewczych będzie bezpośrednio wpływać na ilość wytwarzanych odpadów stałych.

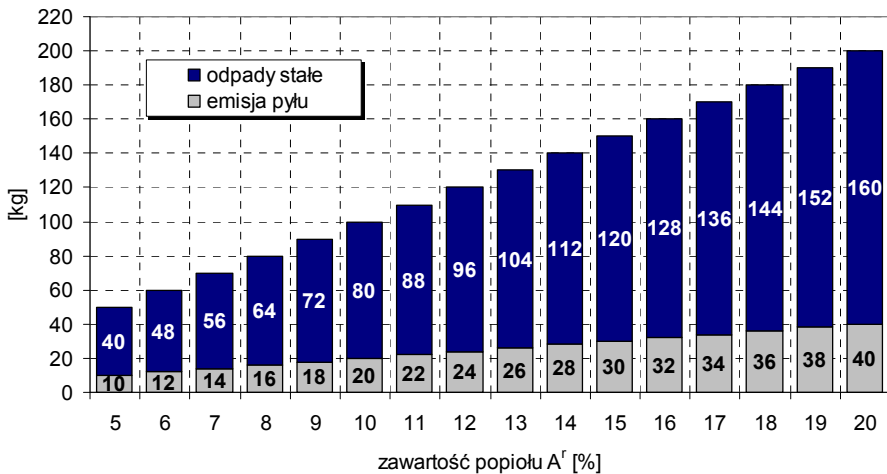
4. Oszacowanie odpadów stałych pochodzących ze spalania węgla w sektorze komunalno-mieszkaniowym

W celu oszacowania ilości odpadów stałych powstających w wyniku spalania węgla w sektorze komunalno-mieszkaniowym, w pierwszym kroku skalkulowano wielkość emisji pyłu. Może być ona oceniana wieloma metodami np. stosując modele matematyczne rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń powietrza [8] czy też wzory empiryczne (np. [5], [1], [14]). Do analizy przestrzennej stężeń zanieczyszczeń powietrza pyłami PM_{2.5} i PM₁₀ wykorzystywane są również techniki geoinformacyjne GIS [7].

Według wzorów empirycznych na wielkość emisji pyłów – oprócz ilości spalonego węgla – wpływa głównie zawartość popiołu (A^T), unos pyłu oraz sprawność urządzeń odpylających. W przeprowadzonych obliczeniach nie uwzględniono skuteczności urządzeń odpylających, gdyż piece w gospodarstwach domowych ich nie posiadają. Ze względu na rodzaj paleniska (z rusztem stałym) przyjęto unos za [5] na poziomie 20%. Natomiast z uwagi na fakt, że zawartość popiołu w węglu spalonym w sektorze komunalno-mieszkaniowym mieści się w szerokich granicach, w obliczeniach wzięto pod uwagę przykładowe zawartości popiołu z zakresu 5–20% A^T . Z bilansu popiołu w węglu obliczono emisję pyłu, jaka powstanie ze spalania 1 tony tego paliwa o różnych zawartościach popiołu (rys. 2).

Różnica pomiędzy zawartością A^T w 1 tonie węgla a obliczoną emisją, pozwala w przybliżeniu oszacować ilość powstałych odpadów

stałych. Na przykład w wyniku spalania 1 tony węgla o 5% zawartości A^r , powstanie 10 kg pyłów oraz 40 kg odpadów stałych. Oczywiście obliczona w ten sposób ilość odpadów stałych jest wielkością bilansową w stosunku do zawartości popiołu w węglu. Nie uwzględnia ona tzw. kontrakcji chemicznej popiołu (spadku masy substancji mineralnej podczas spalania z uwagi na przejście pewnej jej części w stan gazowy (od 0 do 10%)). Natomiast proces spalania węgla jest zjawiskiem dużo bardziej złożonym, zaś ilość odpadów stałych będzie zawierała również niedopalone stałe substancje palne.



Rys. 2. Oszacowanie ilości pyłów oraz odpadów stałych powstałych ze spalania 1 tony węgla

Fig. 2. Assessment of the amount of dust and solid waste contents arising from 1 tone of hard coal

Źródło: obliczenia własne

W kolejnym kroku oszacowano przybliżoną ilość odpadów stałych powstałych ze spalania rzeczywistej ilości węgla kamiennego zużytego w sektorze komunalno-mieszkaniowym. Ze względu na brak szczegółowych danych o jakości węgla spalanego w tym w sektorze, dla celów szacunkowych założono zawartość popiołu na poziomie 10% (zbliżonym do średniej dla sortymentów grubych i średnich – porównaj tab. 1). Dane dotyczące zużycia węgla w latach 2004–2010 zaczerpnięto ze statystyk [13]. Wyniki zaprezentowano w tabeli 2.

Przy założonym poziomie zawartości popiołu, w roku 2010 ze spalania 12,8 mln ton węgla kamiennego mogło powstać ponad milion ton odpadów stałych, z czego z gospodarstw indywidualnych – około 790 tys. ton.

Tabela 2. Oszacowanie odpadów stałych powstałych ze spalania węgla w sektorze komunalno-mieszkaniowym, $A^r = 10\%$

Table 2. Assessment of the amount of solid waste coming from hard coal combustion in the Municipal and Housing sector, $A^r = 10\%$

Rok	Sektor komunalno-mieszkaniowy		w tym: Gospodarstwa domowe	
	zużycie węgla ^{a)}	oszacowane odpady ^{b)}	zużycie węgla ^{a)}	oszacowane odpady ^{b)}
	[mln Mg]	[tys. Mg]	[mln Mg]	[tys. Mg]
2004	9,3	740	7,2	580
2005	10,3	820	8,0	640
2006	11,6	930	9,0	720
2007	11,0	880	8,6	690
2008	11,6	930	9,0	720
2009	11,6	930	9,0	720
2010	12,8	1 020	9,9	790

Źródło: a) dane [13], b) obliczenia własne

Wyników tych obliczeń nie da się bezpośrednio odnieść do statystycznych odpadów wytworzonych w gospodarstwach domowych. Te odpady klasyfikowane są w kategorii odpadów komunalnych. Morfologia odpadów komunalnych prezentowana w [15] nie wyszczególnia odpadów powstałych ze spalania paliw stałych. Najprawdopodobniej mogą one być ujmowane w pozycjach: odpady mineralne, frakcja <10 mm lub inne kategorie. Stąd trudności w odniesieniu obliczonych danych szacunkowych do rzeczywistych statystyk.

5. Podsumowanie i wnioski

Oszacowanie ilości odpadów stałych powstających ze spalania paliw stałych – w tym węgla kamiennego – jest zagadnieniem istotnym z punktu widzenia zagospodarowania odpadów komunalnych.

Wytworzone w gospodarstwach domowych odpady stałe pochodzące ze spalania węgla, trafiają nie tylko na składowiska. Częściowo są

wykorzystywane do mikroniwelacji terenu, zimą służą do zwiększenia przyczepności na przydomowych ścieżkach i drogach. Niestety część z nich trafia na dzikie wysypiska w miejscach niedozwolonych.

W roku 2010 w kraju zebrano ponad 10 mln ton odpadów komunalnych, z których 73% (tj. 7,4 mln ton) zdeponowano na składowiskach [10]. W dobie selektywnej zbiórki odpadów, nawet te obliczone z dużym przybliżeniem ilości odpadów stałych, mogą być pomocnym narzędziem w planowaniu i organizowaniu ich zbiórki przez samorządy lokalne.

Literatura

1. **Lorenz U.**,: *Metoda oceny wartości węgla kamiennego energetycznego uwzględniająca skutki jego spalania dla środowiska przyrodniczego*. Studia, Rozprawy, Monografie nr 64. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków, 84 s. 1999.
2. **Lorenz U.**,: *Skutki spalania węgla kamiennego dla środowiska przyrodniczego i możliwości ich ograniczania*. Wyd. Instytutu GSMiE PAN, Kraków. Mat. Szkoły Eksploatacji Podziemnej. Sympozyja i Konferencje, 97–112 (2005).
3. **Lorenz U.**,: *„Gospodarka węglem kamiennym energetycznym”*. Wyd. Instytutu GSMiE PAN, Kraków. s. 96, 2010.
4. **Lorenz U.**,: *Ewolucja podejść do cen węgla energetycznego w Polsce w latach 1989–2010*. Wyd. SiTG, Katowice. Przegląd górniczy nr 7–8, 314–321 (2011).
5. **Radović U.**,: *Zanieczyszczenie atmosfery. Źródła oraz metodyka szacowania wielkości emisji zanieczyszczeń*. Wyd. Centrum Informatyki Energetyki, Warszawa, s. 162. 1997.
6. **Stala-Szlugaj K.**,: *Ceny węgla energetycznego w ofercie pośredników handlowych*. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków, Polityka Energetyczna (półrocznik) t. 13 z. 2, 411–421 (2010).
7. **Sówka I., Łągiewka A., Zwoździak A., Skrętowicz M., Nych A., Zwoździak J.**,: *Zastosowanie GIS do analizy przestrzennej stężeń pyłu PM_{2.5} oraz PM₁₀ na terenie województwa dolnośląskiego*. Rocznik Ochrona Środowiska, t. 13., cz.2, 1667–1678 (2011).
8. **Tumidajski T., Foszcz D., Niedoba T.**,: *Modele stochastyczne zanieczyszczeń powietrza w aglomeracjach przemysłowych*. Rocznik Ochrona Środowiska, t. 11., cz.1, 543–553 (2009).
9. *Energetyka ciepła w liczbach – 2010*. Wyd. URE, Warszawa, 106 s. sierpień 2011.
10. *Infrastruktura komunalna w 2010 r.* Wyd. GUS, Warszawa, 25 s. 2011.

11. Ochrona Środowiska. Wyd. GUS, Warszawa, wydania z lat 2005–2011.
12. Rocznik statystyczny. Wyd. GUS, Warszawa, wydania z lat 1989–2011.
13. Zużycie paliw i nośników energii. Wyd. GUS, Warszawa, 15 s., wydania z lat 2005–2011.
14. Ministerstwo Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa. „Wskaźniki emisji substancji zanieczyszczających wprowadzanych do powietrza z procesów energetycznego spalania paliw”. Materiały informacyjno-instruktażowe, seria 1/96, Warszawa, kwiecień 1996.
15. Uchwała Nr 217 Rady Ministrów z dnia 24 grudnia 2010 r. w sprawie „Krajowego planu gospodarki odpadami 2014”. Monitor Polski nr 101 poz. 1183.
16. PN–G–97001:1982: Węgiel kamienny. Sortymenty.
17. Kompania Węglowa SA (www.kwsa.pl).
18. Katowicki Holding Węglowy SA (www.khw.pl).
19. Lubelski Węgiel Bogdanka SA (www.lw.com.pl).

Solid Waste from Hard Coal Combustion in the Municipal and Housing Sector

Abstract

Hard coal is one of main fuel used in heat and warm water production in the municipal and housing sector. Combustion of hard coal causes dust emission and generates solid wastes. Dust is emitted to atmosphere partially by chimney (“low emission”) and rest gets to municipal waste (e.g. as dust and slag).

Author has made an attempt to assess and analyse the municipal and housing sector with respect to quantities of solid waste coming from hard coal combustion. For this purpose, quantity of dust emission was first calculated. According to the empirical formulas, quantities of generated solid waste depends mainly on Ash contents (A^f), dust carryover and efficiency of exhauster facilities. Furnaces in households have no exhauster facilities, which is why efficiency of exhauster facilities was not taken into account. Dust carryover factor assumed was at 20%.

In the municipal and housing sector burned hard coal are of different contents of Ash (A^f). In the first step, from ash balance was calculated dust emission from combustion of 1 tonne of hard coal with Ash content between 5–20%. Difference between Ash content in 1 tonne of hard coal and calculated dust emission, allow to estimate quantity of generated solid waste. For example:

combustion of 1 tonne of hard coal with 5% Ash content generate 10 kg dust and 40 kg solid waste.

Next, there were estimated, approximated quantities of solid waste generated by combustion of real amount of hard coal. No data available about quality of hard coal burned in the municipal and housing sector. For these reason contents of Ash was assumption at 10% level. This is average contents of Ash in coarse and middle size grades. According to this assumption, for example in 2004 burned 9,3 mio. tonne of hard coal could made 740 thousand tonne of solid waste, from which in households could generate 580 thousand tonne of solid waste. Whereas in 2010 from burned 12,8 mio. tonne of hard coal could made over 1 million tonne of solid waste, and 790 thousand tonne of solid waste in households.

Currently municipal wastes are collected separately. From these reason, even such estimated quantities of solid waste, can be helpful to planning of waste management in local self-governments.