

Tadeusz OLKUSKI*

Porównanie zawartości rtęci w węglach polskich i amerykańskich

STRESZCZENIE. Emisja rtęci jest jednym z wielu problemów związanych ze spalaniem węgla. Zawartość rtęci w powietrzu atmosferycznym zależy głównie od działalności człowieka. Produkcja węgla zwiększa ten poziom, ponieważ rtęć znajduje się we wszystkich pokładach węgla, zwykle w śladowych ilościach, i podczas procesów spalania przechodzi do powietrza. W artykule zaprezentowano zawartość rtęci w węglach polskich i amerykańskich jako potencjalne źródło emisji rtęci.

SŁOWA KLUCZOWE: rtęć, węgiel kamienny, węgiel brunatny

Wprowadzenie

Rtęć jest pierwiastkiem występującym powszechnie w skorupie ziemskiej choć jej ilość wynosi zaledwie 0,05 ppm. Najważniejsze minerały rtęci to: cynober – HgS, kalomel – Hg₂Cl₂, oraz rtęć rodzima – Hg. Rtęć jest jedynym metalem występującym w warunkach normalnych w stanie ciekłym. Posiada silne właściwości toksyczne ze względu na swoją aktywność chemiczną i biologiczną. Najważniejsze właściwości fizyczno-chemiczne to:

✧ liczba atomowa	– 80
✧ masa atomowa	– 200,59

* Dr inż. — Wydział Paliw i Energii AGH oraz Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi PAN, Kraków.

Recenzent: dr inż. Zbigniew GRUDZIŃSKI

✧ gęstość	– 13,59 g/cm ³
✧ temperatura wrzenia	– 356,58°C
✧ temperatura topnienia	– -38,87°C
✧ elektrojemność	– 1,9

Rtęć umiejscowiona jest w 12 grupie układu okresowego pierwiastków. Wykorzystywana jest w procesach otrzymywania sodu, w termometrach (coraz rzadziej), w amalgamatach dentystycznych, jako barwnik do farb itp. Ze względu na swój szkodliwy wpływ na organizmy żywe powinno się dążyć do ograniczania przenikania jej do środowiska przyrodniczego. Ponieważ głównym źródłem antropogenicznym emisji rtęci do środowiska są procesy spalania węgla, konieczne jest wprowadzenie takich mechanizmów przeciwdziałających emisji, aby była ona możliwie jak najmniejsza. Chodzi wszakże o nasze zdrowie. Z danych przedstawionych przez Główny Urząd Statystyczny [7] wynika, że w 2001 roku emisja rtęci w Polsce wyniosła 23 tony, z czego 10,2 to emisja związana ze spalaniem węgla w sektorze produkcji energii.

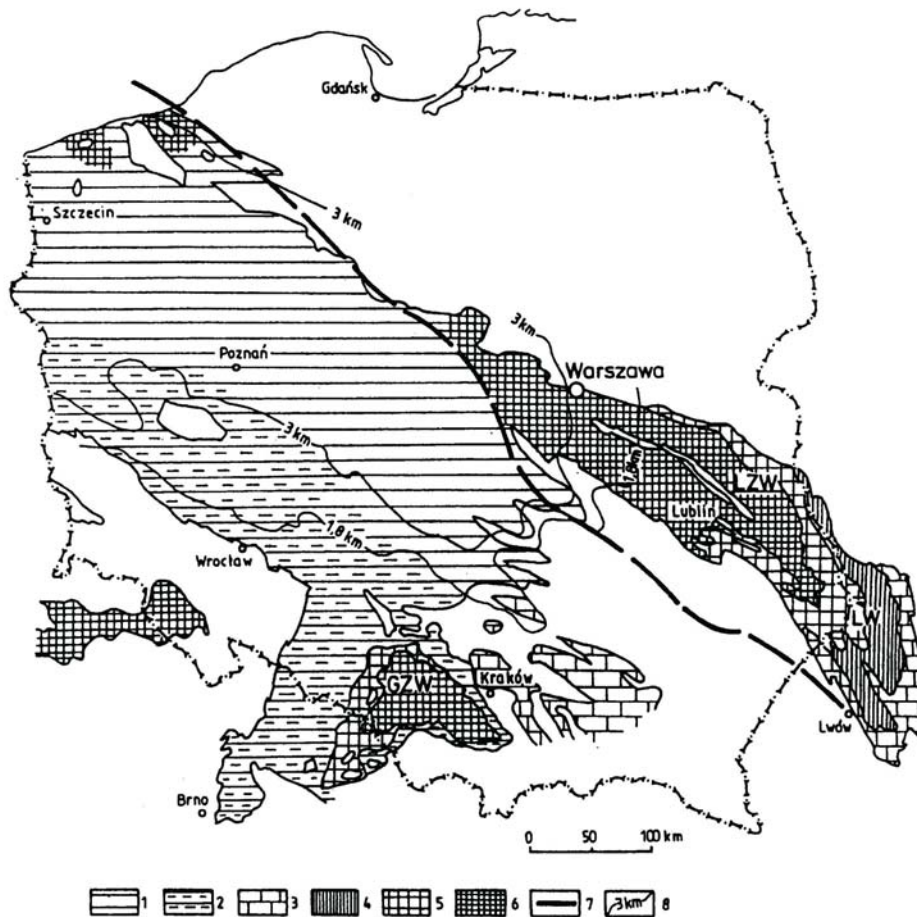
1. Złóża węgla kamiennego w Polsce

Na terenie Polski można wyróżnić trzy zagłębia węglowe. Są to Górnośląskie Zagłębie Węglowe (GZW), Dolnośląskie Zagłębie Węglowe (DZW) oraz Lubelskie Zagłębie Węglowe (LZW). Obecnie węgiel eksploatowany jest wyłącznie w GZW oraz w LZW. W 2000 roku zaprzestano eksploatacji węgla w ostatniej czynnej na terenie DZW kopalni Nowa Ruda ze względu na trudne warunki górniczo-geologiczne, które nie pozwalały na osiągnięcie rentowności. Na rysunku 1 przedstawiono położenie geologiczne karbońskich zagłębi węglowych w Polsce [6].

Obecnie węgiel wydobywany jest w 33 kopalniach skupionych głównie w Kompanii Węglowej S.A. (17 kopalń) oraz w Katowickim Holdingu Węglowym S.A. (7 kopalń) i Jastrzębskiej Spółce Węglowej (5 kopalń). Istnieją też kopalnie niezależne takie jak Lubelski Węgiel „Bogdanka” S.A. i KWK Budryk S.A. Dwie kopalnie – KWK Janina oraz ZGE Sobieski – wchodzi w skład Południowego Koncernu Węglowego należącego do Południowego Koncernu Energetycznego. Liczba kopalń zmniejsza się systematycznie ze względu na ich likwidację, lub łączenie z innymi kopalniami.

2. Złóża węgla w USA

Węgiel kamienny w USA występuje w środkowej oraz środkowo-wschodniej części kraju. Zasoby dzielone są na Region Wschodni, Region Środkowy oraz Region Zachodni.

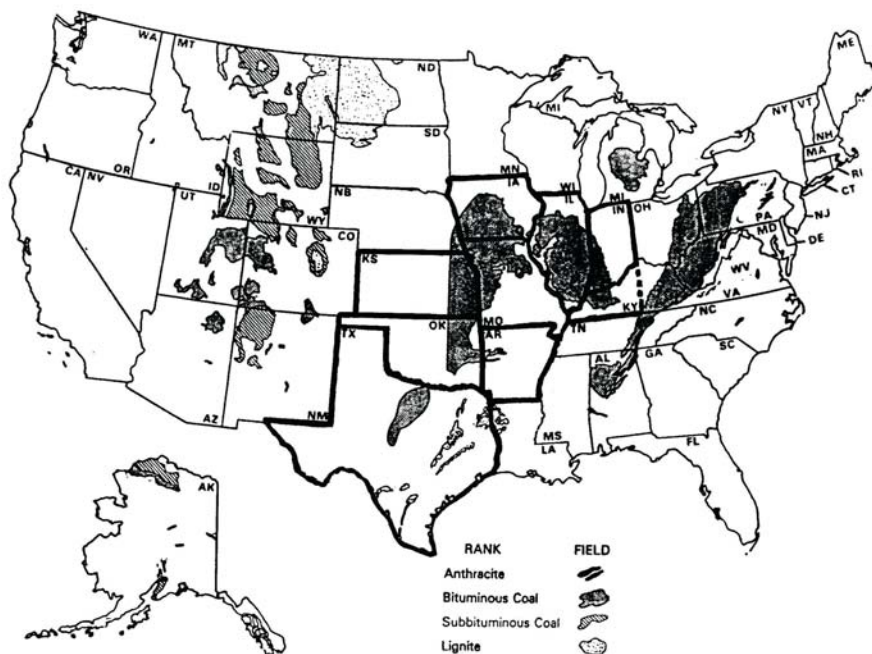


Rys. 1. Położenie geologiczne karbońskich zagłębi węglowych w Polsce (wg [5], zmodyfikowany)
 1 – utwory niewęglonośne o nieokreślonej facji, 2 – utwory fliszowe, częściowo pokryte przez kontynentalne osady niewęglonośne, 3 – utwory głównie węglanowe, 4 – utwory paraliczno-morskie, 5 – węglonośne utwory paraliczne, 6 – kontynentalne formacje węglonośne, 7 – granica platformy wschodnioeuropejskiej, 8 – izolinie głębokości położenia stropu utworów karbonu
 Źródło: [6]

Fig. 1. Location of geological carbon coal basins in Poland (by [5], modified)

Szacuje się, że ogólne zasoby bilansowe węgla w tym kraju wynoszą 265 mld ton, co przy założeniu eksploatacji na obecnym poziomie powinno wystarczyć na 285 lat.

Złóża węgla zlokalizowane są na terenie 38 stanów. Najwięcej w stanie Montana – 120 mld ton. Duże zasoby węgla występują też w stanach: Illinois, Wyoming, Kentucky, West Virginia, Pennsylvania, Ohio, Colorado, Texas i Indiana (rys. 2). Węgla z regionu zachodniego charakteryzują się mniejszą zawartością siarki niż te ze wschodniej części. Złóża węgla należą głównie do rządów federalnych. Na zachodzie właścicielem 60% złóż jest rząd federalny, a kolejne 20% znajduje się pod jego kontrolą. Kompanie węglowe chcące eksploatować złóża węgla muszą je dzierżawić od rządów federalnych.



Rys. 2. Złoże węgla w USA
Źródło: [2]

Fig. 2. Coal deposits in the USA

Wydobycie węgla prowadzone jest w 27 stanach, głównie wschodnich. Eksploatacja odbywa się tam przede wszystkim metodą podziemną. Jednakże produkcja w zachodnich stanach zwiększa się systematycznie od 1968 roku i stanowi obecnie 45% krajowej produkcji całkowitej. Najwięcej węgla wydobywa się w stanach: Wyoming, Kentucky, West Virginia, Pennsylvania i Texas [4]. W tabeli 1 przedstawiono produkcję węgla w USA w latach 1978–2004. Rok 1978 jest pierwszym dostępnym rokiem, który uwzględnia podział na różne typy węgla [3].

3. Występowanie rtęci w polskich węglach

Określenie zawartości rtęci w Polskich węglach jest dość trudne, gdyż nie prowadzi się systematycznych badań w tym zakresie. Aby uzmysłowić sobie przedziały zawartości rtęci w węglu z niektórych kopalń warto sięgnąć do badań I. Bojakowskiej i G. Sokołowskiej z 2001 roku [1] zebrane w tabeli 2. Dane te przedstawiają wyniki badań 150 próbek węgla z 14 kopalń. Niektóre kopalnie zostały już zlikwidowane, niemniej jednak złoże, nieopłacalne z ekonomicznego punktu widzenia do eksploatacji pozostały, dlatego dane te pozostawiono w tabeli.

TABELA 1. Produkcja węgla w USA w latach 1978–2004 [mln ton]

TABLE 1. Coal production in the USA in the years 1978–2004 [mln ton]

Rok	Węgiel koksowy	Węgiel energetyczny	Węgiel brunatny
1978	92,20	484,60	31,16
1980	117,72	592,46	42,78
1990	93,26	760,40	79,92
1995	77,18	781,46	78,47
2000	55,07	840,12	80,51
2001	44,88	906,32	72,61
2002	38,79	879,12	74,81
2003	40,01	853,92	78,35
2004	44,62	887,91	75,79

Źródło: [3]

TABELA 2. Zawartość rtęci w węglu kamiennym w Polsce

TABLE 2. Mercury content in hard coal in Poland

Zagłębie	Kopalnia	Średnia zawartość Hg (ppb)	Zakres zawartości Hg (ppb)
GZW	Janina	66	18–198
	Silesia	49	6–113
	Siersza	132	18–339
	Jaworzno	106	7–324
	Krupiński	13	5–21
	Brzeszcze	73	11–518
	Halemba	113	1–758
	Jas – Mos	37	5–123
	Anna	20	1–83
	Marcel	29	10–113
	Gliwice	53	4–139
Razem	60	1–758	
DZW	Nowa Ruda	399	81–967
LZW	Bogdanka	105	18–561
Węgiel kamienny (razem)		85	1–967

Źródło: [1]

Dane w tabeli 2 dotyczą węgla kamiennego z wybranych kopalń. Jeśli chodzi o węgiel brunatny, to zawartość rtęci dla poszczególnych złóż przedstawiono w tabeli 3.

TABELA 3. Zawartość rtęci w węglu brunatnym w Polsce

TABLE 3. Mercury content in brown coal in Poland

Złoże	Średnia zawartość Hg (ppb)	Zakres zawartości Hg (ppb)
Adamów	401	81–947
Koźmin	216	85–412
Kazimierz	202	104–343
Lubstów	199	169–268
Bełchatów	416*	111–1 030
Turów (razem)	225*	105–953
Turów pokład III	173	171–174
Turów pokład II	192	105–364
Turów pokład I	271	145–953
Węgiel brunatny (razem)	322	81–1030

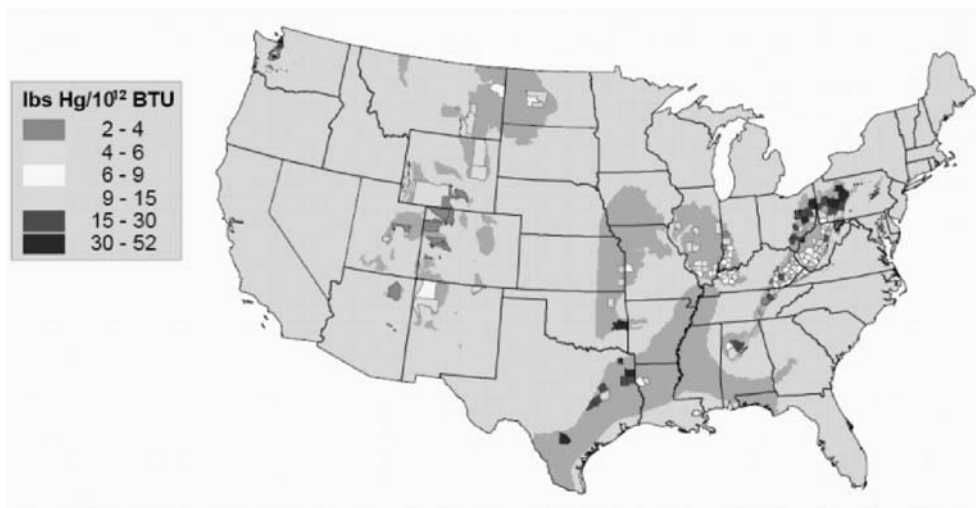
* Średnia ważona.

Źródło: [1]

Najwyższa maksymalna zawartość rtęci dla węgla kamiennego ma miejsce w nieczynnej już kopalni Nowa Ruda (967 ppb), a następnie w kopalni Halemba (758 ppb) i kopalni Bogdanka (561 ppb), a także kopalni Brzeszcze (518 ppb). Oprócz kopalni Nowa Ruda pozostałe trzy kopalnie funkcjonują nadal. W przypadku złóż węgla brunatnego najwyższą zawartość rtęci zaobserwowano w kopalni Bełchatów (1030 ppb), następnie w kopalni Turów (953 ppb) i kopalni Adamów (947 ppb).

4. Występowanie rtęci w węglach amerykańskich

Na rysunku 3 przedstawiono regiony występowania rtęci w węglu w Stanach Zjednoczonych i – co się z tym wiąże – regiony potencjalnej emisji. Różnymi odcieniami szarości zaznaczono regiony o różnej zawartości rtęci (w lbs Hg/10¹² Btu). Dane dla poszczególnych stanów USA przedstawiono w tabeli 4. Wyniki potencjalnej emisji rtęci przeliczono na ppb. Podano średnią ważoną zawartość rtęci w poszczególnych stanach oraz zakres zawartości rtęci będący skrajnymi wartościami średnich zawartości rtęci dla poszczególnych okręgów administracyjnych w danym stanie. W stanach Arizona, Kansas, Missouri i Washington



Rys. 3. Zmienność geograficzna występowania rtęci w węglu i miejsca potencjalnej emisji
 Źródło: [8]

Fig. 3. Geographic variation of mercury occurrence in U.S. coal and places of potential emissions

TABELA 4. Zmienność geograficzna występowania rtęci w węglu i potencjalna emisja rtęci w USA

TABLE 4. Geographic variation of mercury occurrence in U.S. coal and potential emission of mercury in the USA

Stan	Średnia zawartość Hg (ppb)	Zakres zawartości Hg (ppb)
1	2	3
Alabama	165	68–267
Arizona	38	38
Colorado	39	31–60
Illinois	89	54–193
Indiana	83	52–82
Kansas	125	125
Kentucky	92	52–218
Luisiana	84	59–93
Maryland	202	200–202
Missouri	99	99
Montana	88	52–92
New Mexico	78	55–88

1	2	3
North Dakota	93	74–121
Ohio	211	126–482
Oklahoma	443	75–682
Pennsylvania	195	113–483
Tennessee	111	50–274
Texas	251	141–401
Utah	53	46–58
Virginia	81	60–95
Washington	67	67
West Virginia	107	60–252
Wyoming	67	27 – 69

Źródło: [8]

podano jedną wartość, gdyż węgiel występuje tam tylko w jednym okręgu administracyjnym więc podano średnią dla tego okręgu. Ogółem przebadano ponad 26 tys. próbek ze 172 okręgów administracyjnych znajdujących się w 23 stanach. Najniższa zawartość rtęci występuje w stanie Wyoming i wynosi 27 ppb, a najwyższa w stanie Oklahoma – 682 ppb. W tym ostatnim można również zaobserwować największą rozpiętość zawartości rtęci wynoszącą aż 608 ppb. Jest to stosunkowo dużo w porównaniu z innymi stanami. Niemniej jednak w Polsce te różnice są jeszcze większe. Na przykład dla byłej kopalni Nowa Ruda wartość ta wynosi 886 ppb, a dla funkcjonującej nadal kopalni Halemba – 757 ppb. Dla węgla brunatnego z kopalni Bełchatów przedział zmienności wynosi 919 ppb.

Podsumowanie

Rtęć jest jednym z pierwiastków występujących w sposób naturalny w pokładach węgla. Jej zawartość zmienia się w szerokich granicach. W Polsce średnia zawartość rtęci w węglu kamiennym wynosi 50–150 ppb, a w węglu brunatnym 120–370 ppb. Natomiast zawartość rtęci w węglach amerykańskich waha się w granicach od około 30–670 ppb, przy czym średnia zawartość dla węgla kamiennego wynosi 70 ppb, a dla węgla brunatnego 118 ppb. Największa ilość rtęci występuje w połączeniu z siarką pirytową, dlatego można ją usunąć w procesach wzbogacania węgla w zakładzie przerobczym. Zaawansowane techniki wzbogacania węgla pozwalają zmniejszyć udział rtęci w węglu nawet o 30–60%, jednak ich stosowanie wymaga wysokich nakładów finansowych. Duża ilość rtęci występuje też w łupkach węglowych i bitumicznych. Rtęć uwalniana jest do środowiska głównie podczas

procesów spalania węgla w elektrowniach i elektrociepłowniach oraz w procesach produkcji chloru metodą rtęciową i produkcji cementu.

Podsumowując należy stwierdzić, że w Polsce – jak do tej pory – przeprowadzono zbyt mało badań aby można było wyciągać daleko idące wnioski. Należy spodziewać się, że wymogi ochrony środowiska spowodują intensyfikację prac w tym zakresie i podjęcie odpowiednich kroków w celu przeciwdziałania szkodliwej emisji.

Literatura

- [1] BOJAKOWSKA I., SOKOŁOWSKA G., 2001 — Rtęć w kopalinach wydobywanych w Polsce jako potencjalne źródło zanieczyszczeń środowiska. Biuletyn PIG 394, s. 5–54.
- [2] CAVALLARO J.A., DEURBROUCK A.W., KILLMEYER R.P., FUCHS W., 1991 — Sulfur and Ash Reduction Potential and Selected Chemical and Physical Properties of United States Coals. Volume II – Central Region. United States Department of Energy Pittsburgh Energy Technology Center Pittsburgh, PA 15236-0940.
- [3] Coal information, 2005 – IEA Statistics.
- [4] <http://lsa.colorado.edu>
- [5] KOTAS A., PORZYCKI J., 1984 — Pozycja geologiczna i główne cechy karbońskich zagłębi węglowych Polski. Przeg. Geol. nr 5.
- [6] NIEĆ M., 1996 — Złóża węgla kamiennego i antracytu [W:] Surowce mineralne Polski. Surowce energetyczne. Węgiel brunatny. Węgiel kamienny. Praca pod red. R. Neya. Wyd. Centrum PPGSMiE PAN, Kraków.
- [7] Ochrona Środowiska 2003. Informacje i Opracowania Statystyczne. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- [8] QUICK J.C., TABET D., WAKEFIELD S., BON R., 2005 — Geographic Variation and Emission Potential of Mercury, Chlorine, and Sulfur in U.S. Coal (<http://geology.utah.gov>)

Tadeusz OLKUSKI

Comparison of mercury content in polish and U.S. coals

Abstract

Mercury emission is one of the most dangerous problems concerning coal burning. Mercury level in the atmosphere mainly depend on human activity. Coal production increase this level because mercury exist in each coal, usually in trace amounts, and during the burning processes release to the atmosphere. This article presents mercury content in Polish and in US coals as potential source of mercury emission.

KEY WORDS: mercury, hard coal, brown coal