



Zeszyty Naukowe

Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią
Polskiej Akademii Nauk

rok 2018, nr 102, s. 129–152

Marek NIEĆ*, Ewa SALAMON**, Justyna AUGUŚCIK**

Zmiany i zużycie zasobów złóż rud cynku i ołowiu w Polsce

Streszczenie: Analiza stanu zasobów i ich wykorzystania w przeszłości pozwala na poznanie czynników kształtujących jego zmiany, ułatwić może ich prognozowanie i ocenę stopnia zabezpieczenia przyszłego zapotrzebowania krajowego na surowce. Znaczenie gospodarcze współcześnie w Polsce jako źródło ołowiu i cynku mają złoża: rud Zn-Pb w obszarze śląsko-krakowskim oraz rud miedzi na monoklinie przedsudeckiej, w których ołów występuje jako metal towarzyszący. Górnictwo rud cynku i ołowiu ma na ziemiach polskich wielowiekową tradycję. Do początków XXI w. w złożach śląsko-krakowskich wydobyto około 25–27 mln ton Zn i 7,5–9 mln ton Pb. Zasoby złóż są systematycznie ewidencjonowane od 1952 r. Do lat osiemdziesiątych XX wieku notowany był ich przyrost. Od 1983 roku zaznacza się stały ich ubytek spowodowany wyczerpywaniem zasobów eksploatowanych złóż. Znaczne zmniejszenie wykazywanych zasobów nastąpiło w latach 1991–1993 r. po zmianie kryteriów bilansowości, oraz w latach 2005–2007 po wprowadzeniu do szacowania zasobów metody „okręgów” zamiast wieloboków. Zasoby przemysłowe, kwalifikowane do wydobycia, zmniejszają się systematycznie w wyniku ich eksploatacji i można przewidywać całkowite ich wyczerpanie do 2022 r. W złożach niezagospodarowanych pozostało jeszcze 3 mln cynku i 1,2 mln ton ołowiu i przewiduje się 4–5 mln ton Zn i około 1 mln ton Pb w zasobach prognostycznych. W udokumentowanych złożach rud miedzi wykazywane jest 1,3–1,7 mln t Pb oraz mln to zasobów szacunkowych. Zasoby złóż niezagospodarowanych wymagają lepszego niż dotychczas rozpoznania, a w przypadku zasobów perspektywicznych ich potwierdzenia. Koniec eksploatacji złóż zagospodarowanych powinien być podstawą dla sprecyzowania polityki państwa odnośnie do przyszłości pokrycia zapotrzebowania krajowego na surowce cynku i ołowiu oraz przyszłości wykorzystania krajowej bazy surowcowej.

Słowa kluczowe: rudy cynku i ołowiu, zasoby, Polska

Variation and utilization of zinc-lead ore resources in Poland

Abstract: The time variation of reported resources of zinc-lead ores allows the factors affecting them to be shown, and may be useful for their future prediction as well as the evaluation of their sufficiency for the supply of both metals. Recently, the Krakow-Silesian MV type deposits and resources of lead in the Lower Silesian copper ores have presented economic value. The lead-zinc ore mining has a long multi century tradition in Poland. Up to the beginning of 21st century about 25–27 mln tons of Zn and 7, 5–9 mln tons of Pb were exhausted from the Krakow-Silesian deposits.

** Prof. dr hab. inż., ** Mgr inż., Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków;
e-mail: seva@min-pan.krakow.pl

The data on mineral resources has been systematically reported in Poland in a standardized uniform manner since 1952. Up to 1982, an increase of resources was noticed due to the exploration of new deposits, despite their exploitation. Since 1983, the decrease of zinc-lead resources has been observed most notably in 1991–1993 years, due to the change of Zn and Pb cut off grades and from 2005–2007, when the polygonal method used for resources evaluation was replaced by the ring of influence (“spotted dog” map method). The estimated ore reserves diminishes constantly due to exploitation and their total exhaustion by the year 2022 may be expected. There are 3 mln tons of Zn, and 1.2 mln tons of Pb additional resources in explored, not exploited deposits, as well as about 4–5 mln tons of Zn and 1 mln ton of Pb prognostic, preliminary estimated resources. There are also 1, 3-1, 7 mln tons of lead resources within the copper ores. The undeveloped deposits needs better exploration, and prognostic resources the confirmation of their existence. The approaching finish of recent Zn-Pb ore mining should provoke the discussion on the future supply of zinc and lead, and the possibility of still undeveloped deposits utilization.

Keywords: zinc-lead ores, resources, Poland

Wprowadzenie

Rychłe wyczerpanie zasobów zagospodarowanych złóż rud cynku i ołowiu w Polsce i istniejąca baza zasobowa złóż niezagospodarowanych stwarzają potrzebę spojrzenia na przyszłość krajowego górnictwa tych rud. Przegląd zmian zasobów w długim okresie czasu dostarcza interesujących informacji odnośnie do czynników wpływających na kształtowanie danych o ich wielkości w przeszłości. Ich przedstawienie na tle historii ich eksploatacji daje pogląd na możliwą skalę zmian oceny zasobów niezagospodarowanych, co ma znaczenie dla kształtowania polityki państwa dotyczącej ich wykorzystania w przyszłości.

Znaczenie gospodarcze współcześnie w Polsce jako źródło ołowiu i cynku mają złoża:

- rud Zn-Pb na obszarze śląsko-krakowskim,
- rud miedzi na monoklinie przedsudeckiej, w których ołów występuje jako metal towarzyszący.

W przeszłości znaczenie miały także rudy ołowiu w Górach Świętokrzyskich, żyłowe w utworach dewonu i impregnacyjne w piaskowcach triasowych (Rubinowski 1960) oraz żyłowe w Sudetach (Krajewski 1960). Obecnie nie mają one znaczenia ze względu na małe rozmiary złóż, chociaż możliwości występowania większych złóż w utworach triasu na obrzeżeniu Gór Świętokrzyskich nie można wykluczyć (Nieć 2010). Wystąpienia rud cynku rejestrowane są też w sąsiedztwie wysadów solnych (Krajewski 1957; Górecka 1985). Są one słabo rozpoznane, ale nie należy się tu raczej spodziewać występowania złóż kwalifikujących się do zagospodarowania, chociaż takiej możliwości także nie można wykluczyć.

W rejonie śląsko-krakowskim występują rudy siarczkowe i tlenkowe Zn-Pb w utworach węglanowych: dolomitach kruszczońskich triasu środkowego oraz częściowo także dolomitach triasu dolnego (retu) i dewońskich. Forma złóż zależy od przyjętych kryteriów bilansowości (Nieć i in. 1976; Blajda 1989). Złoża definiowane przez brzeżną zawartość Zn 1,5–2,0% w dolomitach triasu środkowego mają formę rozległych stratoidalnych ciał rudnych przybierających na peryferii formę gniazdową. W utworach triasu dolnego (retu) i dewonu mają formę gniazdową. Gniazda rud, zwłaszcza bogato okruszczonych, rozmieszczone są strefowo. Złoża tworzą dwa typy rud: siarczkowe (siarczków cynku i ołowiu w towarzystwie markasytu) i tlenkowe (galmanowe).

Przedmiotem eksploatacji są ciała rudne w dolomitach kruszonośnych. Wydobywano także rudy z bogatych gniazd w dolomitach retu w kopalni Bolesław (Nieć i in. 1993). Złóża rud w utworach dewonu nie są górniczo udostępnione.

W złożach rud miedzi na monoklinie przedsudeckiej cynk i ołów występują jako metale towarzyszące. Zawartości ołowiu wynoszą średnio 0,05–0,3%, są to więc zawartości śladowe w porównaniu z wymaganymi w rudach Zn-Pb, ale umożliwiają jego odzysk w procesach przerobczych i hutniczych. Podwyższone zawartości ołowiu do 0,8% stwierdzone są w łupkach miedzionośnych. Wyższe jego koncentracje do 1–1,5% pojawiają się powyżej stropu złoża rud miedzi, ale w sposób nieregularny i nie są przedmiotem eksploatacji. Zawartości cynku w rudzie miedzi wynoszą średnio od 0,0 do 0,04%, a w koncentratkach dochodzą do 0,5%. Są one zbyt niskie dla jego odzysku w procesach technologicznych.

Zasoby złóż rud Zn-Pb są systematycznie ewidencjonowane od 1952 r. Ich stan i gospodarka nimi były wcześniej kilkakrotnie przedmiotem analiz (Przeniosło i in. 1991; Paulo 1992, 2005; Nieć i in. 2006; Wnuk i in. 2007; Paulo i Wnuk 2012, 2015). W obecnym opracowaniu rozpatrujemy okres od 1960 do 2016 roku. Pominięto lata wcześniejsze, gdyż wówczas systematycznie wprowadzane były do bilansu zasoby wcześniej znanych złóż, a zatem w sposób oczywisty następował ich stały przyrost. Dalszy przyrost zasobów następował przede wszystkim w wyniku odkryć i rozpoznawania nowych złóż oraz lepszego rozpoznawania złóż już znanych.

1. Przeszłość wykorzystania rud cynku i ołowiu

Górnictwo rud cynku i ołowiu na ziemiach polskich ma długą tradycję. Złóża śląsko-krakowskie były jednym z ważniejszych ośrodków produkcji obu metali mimo trudnych warunków wydobywania spowodowanych gniazdowym występowaniem bogatych rud i zawodnieniem złóż. Pomimo dużego znaczenia gospodarczego negatywny wpływ eksploatacji na środowisko powoduje, że nie spotyka się ono ze społeczną akceptacją. Już w XVI w. zwracano uwagę, że „...więc się tego ludzie strzegą niżby to promować mieli. A snadź i srodze zakazują i bronią szukania i choćby się co gdzie okazało...”. Sygnalizowano też trudne warunki eksploatacji i ryzyko niepowodzeń: „A do gór potrzeba człowieka nietęskliwego, dobrej nadzieje, a miecha pieniędzy sporego” (Rewizja górna ilkuska 1564; Małecki 1964).

Stan początkowy zasobów złóż rud Zn-Pb w Polsce jest trudny do ustalenia ze względu na wielowiekową ich eksploatację, której skala nie była systematycznie notowana, jak również z uwagi na zmiany wymagań odnośnie do jakości eksploatowanych rud. Znaleźiska archeologiczne ozdób ołowianych pozwalają przypuszczać, że początek wykorzystania złóż mógł mieć miejsce już w okresie kultury łużyckiej około 500 lat p.n.e. (Szydłowska 1988; Dąbrowski 2009). Pierwsza historyczna informacja pochodzi z 1136 r. (Molenda 1963). Do XIX wieku na rozległym obszarze prowadzona była w wielu miejscach eksploatacja płytko położonych rud utlenionych, często niewielkich gniazd rudnych. O wielkości wydobywania do początków XIX w. można wnioskować tylko na podstawie ułamkowych danych o produkcji lub sprzedaży ołowiu (Molenda 1963, 1972, 2001), a od XVI w. o wydobywaniu galmanu (wykorzystywanego bezpośrednio w produkcji mosiądzu metodą dyfuzyjną).

W obszarze śląsko-krakowskim w XV w. produkcja ołowiu wynosiła od 2700 do 11 000 cetnarów rocznie, to jest około 150 do 600 ton (Molenda 1963). Na tej podstawie można oszacować, że od początku eksploatacji, przynajmniej od XII do końca XV w. wydobyto łącznie zapewne nie więcej niż 50–100 tys. ton. Produkcja roczna ołowiu w rejonie olkuskim w XV–XVIII w. wynosiła od kilku do kilkunastu tysięcy cetnarów (Molenda 1963, 1972), to jest od kilkudziesięciu do kilkuset ton rocznie. Podobna była też w rejonie tarnogórskim w XVI w. (Molenda 1972). Eksploatowano przede wszystkim rudy bogate ręcznie sortowane. Łączną produkcję ołowiu w okresie od 1400 do 1800 r. można ocenić na około 500–600 tysięcy ton. Z rud odzyskiwano także pewne ilości srebra, od około 500 do 6500 grzywien rocznie (ok. 100 do 1300 kg). Niepełne dane dla XIX wieku (Popiołek 1965) pozwalają oszacować, że łączne wydobycie ołowiu wynosiło około 600–800 tys. ton, a srebra około 500 tys. kg. Dane odnośnie do wydobycia ołowiu w pierwszej połowie XX wieku (Popiołek 1965; Bohdanowicz 1952) pozwalają oszacować, że wydobyto w tym okresie około 3–3,5 mln ton ołowiu, a w II połowie XX w. do początków XXI w. 3,5 mln ton (wg danych Bilansu zasobów kopalin w Polsce).

Produkcja galmanu datuje się od XVI w. Wynosiła ona od około 500 do 980 ton rocznie i pod koniec XVIII w. zmniejszyła się do 197 ton, w związku ze spadkiem zastosowań mosiądzu na korzyść żelaza (Jaworska-Cygorijni 1989). Łączne wydobycie galmanu do początku XIX w. można oszacować na około 150–170 tys. ton. Eksploatowano wyłącznie rudy bardzo bogate o zawartości ponad 25% Zn, wydobyto zatem nie więcej niż około 40–50 tys. ton cynku. Cynk z rud utlenionych zaczęto pozyskiwać z końcem XVIII wieku. Wydobyte siarczkowych rud cynku podjęto dopiero w drugiej połowie XIX w. W XIX w. wydobyto łącznie około 3,5 mln ton cynku z rud galmanowych i siarczkowych (Jaworska-Cygorijni 1989), o zmniejszającej się zawartości Zn w ciągu stulecia od ok. 24 do ok. 10%. W pierwszej połowie XX w. wydobyto około 12–13 mln ton cynku, a w II połowie XX w., do początków XXI w. – 11 mln ton.

Złóża śląsko-krakowskie były także bazą zasobową w czasach współczesnych kadmu i okresowo siarczków żelaza (markazytu do produkcji kwasu siarkowego) oraz talu odzyskiwanego z markazytu. Złóża te są też potencjalną bazą zasobową germanu i galu. Produktem ubocznym jest dolomit wykorzystywany jako kruszywo naturalne oraz kwas siarkowy uzyskiwany w procesach przeróbki hutniczej rud siarczkowych. Wydobyciu rud ze złóż zawodnionych towarzyszy usuwanie znacznych ilości wody, częściowo wykorzystywanej do celów komunalnych. W szczytowym okresie wydobycia w latach dziewięćdziesiątych XX w. ilość odprowadzanej wody wynosiła do 3,5 m³/tonę wydobytej rudy.

Z występowaniem rud cynku i ołowiu związane są także limonitowe rudy żelaza najczęściej o zawartości Fe 27–45% i 0,4–4,4% Zn i Pb, występujące na wychodniach tych złóż, stanowiące produkt utleniania siarczków żelaza towarzyszących rudom Zn-Pb. Były one w przeszłości, do początków XX w., intensywnie eksploatowane i dostarczyły około 40 mln ton rudy (Białaczewski 1960).

W Górach Świętokrzyskich i Sudetach wydobywanie rud ołowiu prowadzono w wielu miejscach z niewielkich złóż. Ich łączne wydobycie można oszacować na kilka tysięcy ton. W Sudetach w latach 1852–1927 wydobyto około 600 ton rudy ołowiu (Krajewski 1962).

2. Źródła danych o zasobach

Począwszy od 1952 r. stan zasobów kopalin w Polsce w złożach udokumentowanych, jest wykazywany w „Bilansie zasobów złóż kopalin”. Sporządzany jest on przez Państwową Służbę Geologiczną (Państwowy Instytut Geologiczny¹) i publikowany, po akceptacji Ministra do spraw środowiska (do 1985 r. przez Prezesa Centralnego Urzędu Geologii).

Bilans zasobów geologicznych złóż zestawiany jest na podstawie:

- dokumentacji geologicznych złóż opracowywanych od 1954 r. w myśl jednolitych zasad²,
- dodatków do dokumentacji geologicznych złóż aktualizujących stan udokumentowanych zasobów po zasadniczych ich zmianach (np. w wyniku zmiany kryteriów bilansowości, zmiany interpretacji budowy złoża lub zmiany jego granic),
- operatów ewidencyjnych zasobów sporządzanych co roku i przedstawiających zmiany zasobów w wyniku eksploatacji złoża: wydobycia kopaliny oraz lepszego rozpoznania w czynnych zakładach górniczych.

Wykazywane w „Bilansie zasobów...” zasoby przemysłowe są przedstawiane na podstawie Projektów zagospodarowania złóż (PZZ) i korygowane co roku na podstawie operatów ewidencyjnych zasobów. Zasoby są wykazywane wg stanu na dzień 31 grudnia każdego roku.

W „Bilansie zasobów...” początkowo wykazywane były odrębnie zasoby udokumentowane w kategoriach C₂, C₁ oraz łącznie A+B. Obecnie wykazywane są odrębnie zasoby łącznie w kategoriach A+B+C₁ oraz w kategorii C₂. Od 2010 r. wykazywane są także zasoby w kategorii D (prognostyczne), łącznie z udokumentowanymi w kategorii C₂. We wszystkich kategoriach wyróżniane są zasoby:

- „bilansowe”, których eksploatacja jest uważana za możliwą,
- „pozabilansowe”, których eksploatacja jest aktualnie niemożliwa, ale oczekuje się, że może stać możliwa w przyszłości,
- „przemysłowe” przewidziane do eksploatacji w aktualnych warunkach określonych przez projekty zagospodarowania złóż.

Niezależnie od „Bilansu zasobów...” udokumentowanych, okresowo sporządzane są i publikowane bilanse niedokumentowanych zasobów prognostycznych w kategorii D₁ (zbadanych w stopniu nieodpowiadającym kategorii C₂, nieuwjętych w „Bilansie zasobów...”) oraz perspektywicznych (przypuszczalnych, hipotetycznych w kategorii D₂).

¹ Obecnie Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy.

² Formułowane były zarządzeniami Prezesa Centralnego Urzędu Geologii z 1954, 1964 i 1980 r., w załączonych do nich „Instrukcjach w sprawie zasad i sposobu ustalania zasobów złoża kopaliny stałej”, a po 1994 r. w rozporządzeniach Ministra do spraw środowiska, „w sprawie dokumentacji geologicznej złoża” oraz w „Wytycznych...” i „Zasadach dokumentowania złóż kopali stałych” Komisji Zasobów Kopalin, publikowanych w 1991, 1999, i 2002 r. (Żółtowski 1954, 1964; Przepisy... 1968, 1980; Wytyczne... 1991; Zasady... 1999, 2002).

3. Zmiany ewidencjonowanych zasobów i dokładność ich oszacowania

Stan ewidencjonowanych zasobów złóż kopalin podlega stałym zmianom, których przyczyną są:

- rozpoznawanie nowych złóż,
- eksploatacja złóż i związane z nią nieuchronne straty zasobów, których wydobycie staje się niemożliwe,
- eliminacja z bilansu zasobów, których eksploatacja została zakończona po wyczerpaniu zasobów kwalifikujących się do wydobycia,
- zmiany informacji o zasobach w szczególności z tytułu:
 - lepszego rozpoznania złóż,
 - zmian kryteriów definiujących złoża („kryteriów bilansowości”),
 - zmian metodyki szacowania zasobów,
- decyzji administracyjnych dotyczących złóż, np. w związku z likwidacją kopalń.

Zmiany te, w zależności od sposobu ich wprowadzania do bilansu zasobów, ujawniają się bądź systematycznie w wyniku eksploatacji, na podstawie corocznych operatów ewidencyjnych zasobów, bądź skokowo, w dodatkach do dokumentacji geologicznych sporządzanych w przypadku istotnych zmian danych o złożu, w szczególności wykazywanej ilości zasobów (tab. 1).

Często po pierwszym etapie badania złoża i jego wstępnym udokumentowaniu (w kategorii C₂), następuje później ich korekta: zwiększenie lub zmniejszenie w wyniku dalszego, lepszego rozpoznania złoża i jego granic. Istotne znaczenie ma w tym przypadku gęstość sieci rozpoznawczej w stosunku do rozmiarów ciał rudnych i ich rozmieszczenia. Zbyt rzadka sieć otworów rozpoznawczych może powodować bądź zawyżenie zasobów, jeśli odległości między otworami są współmierne z odległościami ciał rudnych (Blajda 2010c), bądź ich zaniżenie, jeśli otwory znajdują się w strefach między tymi ciałami.

Ograniczona dokładność rozpoznania złoża powoduje, że w czasie jego eksploatacji ma miejsce stała korekta stanu zasobów w miarę postępu eksploatacji i coraz lepszego poznawania szczegółów jego budowy i nieraz położenia naturalnych jego granic wcześniej określonego tylko w przybliżeniu.

Duża zmienność zawartości cynku i bardzo duża ołowiu³ (Krajewski 1956; Nieć 1977) powoduje, że możliwy błąd względny oszacowania zasobów poszczególnych złóż lub ich fragmentów może być znaczny. Nawet w złożu rozciętym wyrobiskami górniczymi dochodzi on nawet do ponad $\pm 20\%$ (Mucha 1998), w niższych kategoriach rozpoznania, opartego tylko na wynikach wierceń dokładność oceny parametrów złoża i zasobów jest niższa i błąd ich oceny wyższy nawet do ponad 40%, który jest dopuszczalny w kategorii C₂. Znajduje to wyraz w zmianach zasobów po lepszym rozpoznaniu, w wyniku zmian interpretacji budowy złoża lub zmiany metody szacowania zasobów (tab. 2). Oszacowania zasobów obarczone są zatem znaczną niepewnością. Dużą niepewnością obarczone są zwłaszcza zasoby rud dokumentowane w utworach dewonu, ze względu na prawdopodobne niewielkie ich wymiary poziome i duże w pionie. Błąd oceny globalnych zasobów złóż eksploatowanych,

³ Współczynniki zmienności najczęściej odpowiednio około 60 i 120%.

TABELA 1. Dokumentowane złoża rud cynku i ołowiu
 TABLE 1. Registered zinc-lead ore deposits

Rok	Dokumentowane złoża	Zmiany***	Zakończenie eksploatacji	Uwagi
1	2	3	4	5
1952	Galmiany k. Jaworzna**		1958	
	Matylda**		1972	znane przed 1939 r.
1953	Bolesław*	1978, 1981, 1984, 1993, 1997	1996	znane przed 1939 r., po 1997 r. pozabilansowe
	Trzebieionka (Balin-Trzebieionka)**	1961, 1972, 1978, 1992, 1999, 2001, 2009	2009	w 1961 r. połączone ze złożem Balinem
	Jaworzno			znane przed 1939 r., uznane za pozabilansowe
1954	Nowy Dwór**		1977	znane przed 1939 r.
	Bołko-Waryński**		1979	znane przed 1939 r.
	Orzeł Biały**	1972, 1977, 1990	1989	znane przed 1939 r.
1955	Balin**	1961		połączone ze złożem Trzebieionka
	Marchlewski**		1982	znane przed 1939 r.
1959	Olkusz*	1977, 1980, 1982, 1992, 1999, 2000		eksploatowane
	Pomorzany*	1963, 1969, 1975, 1978, 1988, 1992		eksploatowane
	Krzykawa-Laski	1971, 1979, 1992, 1996		
1960	Laski	1971, 1980, 2006		
	Bibiela-Kalety	1986		uznane za pozabilansowe
	Miotek-Zielona			uznane za pozabilansowe
1964	Sikoraka	1971, 1977, 2006		
	Kluce	1971, 1992, 2001		pomniejszone o obszar złoża Kluce I w 2001 r.
1965	Poręba	2007		
	Chechło	1977, 2007		
1968	Zawiercie	1970	1975, 1993, 2008, 2013	znaczna część włączona w obszar złoża Zawiercie III
	Zawiercie II	1990, 1994, 2008, 2013		włączone do obszaru złoża Zawiercie III w 2014 r.

TABELA 1. cd.

TABLE 1. cont.

1	2	3	4	5
1971	Jaroszowiec-Pazurek	1987, 2007		
1972	Gołuchowice	1989, 2008, 2010		
1977	Dąbrówka Wielka	1980, 1990		uznane za pozabilansowe
1981	Rodaki-Rokitno Szlacheckie	2007		
1981	Marciszów	2008		
2001	Klucze I			eksploatowane
2014	Zawiercie III			łącznie z obszarem złoża Zawiercie II i częścią Zawiercie I

* Złoże eksploatowane.

** Złoże wyeksploatowane, skreślone z bilansu zasobów.

*** Zmiana po lepszym rozpoznaniu lub zmianie kryteriów bilansowości (podawane daty mogą być różne dla stanu zasobów według daty opracowania dodatku do dokumentacji albo daty jej zatwierdzenia).

dobrze rozpoznanych, jest jednak niewielki, gdyż ich ocena oparta jest na licznych danych (Paulo i Wnuk 2015). Ponadto w początkowym okresie dokumentowania zasoby były oceniane zwykle z dużą ostrożnością, co pokazuje historia eksploatacji złoża Pomorzany (Paulo i Wnuk 2015). Notowany zatem bywa „przyrost” zasobów w stosunku do początkowo oszacowanych.

TABELA 2. Zmiany stanu zasobów złoża Zawiercie I (na podstawie bilansów zasobów i niepublikowanych opracowań)

TABLE 2. Zawiercie I ore deposit resources variation (published and unpublished data)

Rodzaj zasobów	Stan zasobów [mln ton]				
	obliczane metodą wieloboków				obliczane metodą „okręgów”
	rozpoznane w kategorii C1	po wykonaniu dodatkowych otworów*	przeliczone po zmianie kryteriów bilansowości w 1992 r.*	przeliczone po zmianie kryteriów bilansowości i wykonaniu dodatkowych otworów*	
Ruda	34,5	26,1	16,3	24,7	17,01
Cynk	1,694	1,196	0,979	1,054	0,987
Ołów	0,681	0,439	0,413	0,390	0,394

* Niewykazywane w „Bilansie zasobów złóż kopalni w Polsce”.

Dane pochodzące z początkowego okresu dokumentowania złóż, do lat siedemdziesiątych XX w. obarczone są dodatkowo niepewnością spowodowaną niskim uzyskiem rdzeni w otworach rozpoznawczych, rekompensowanym, w myśl określonych zasad, uzupełniająca oceną zawartości metali w zwiercinach (Instrukcja...1965; Takuski i Szymański 1977). Powodowało to też błędy lokalizacji zasobów w pionie (Krajewski i in. 1979). O wielkości wykazywanych zasobów decyduje także metoda ich szacowania (Badera i Kwiecień 2006) i różnice mogą być znaczne w przypadku złóż gniazdowych (Blajda 2009), z powodu trudności określenia ich granic. Na etapie dokumentowania przyjmuje się w sposób umowny obszar przypisany wykazywanym zasobom (wyznaczany metodą wieloboków lub okręgów). Właściwe położenie granic złoża, w szczególności granic gniazd rudnych, możliwe jest dopiero po udostępnieniu wyrobiskami górniczymi (Nieć 2002; Paulo i Wnuk 2012). Lepsze rozpoznanie, po udostępnieniu złoża wyrobiskami górniczymi, powodowało zwykle przyrost wykazywanych zasobów (Krajewski i in. 1979; Paulo i Wnuk 2015).

Stosowane w Polsce kryteria dla dokumentowania złóż (kryteria bilansowości) podlegały zmianom w czasie (tab. 3a, b). Zmiany przyjmowanej brzeżnej zawartości metali wyznaczającej granice złoża powodują wyraźne zmiany granic złoża (rys. 1) i co zatem idzie – zasobów (Nieć i in. 1976; Blajda 1988). Przykład zmian wielkości zasobów szacowanych na podstawie kryteriów z 1975 i 1992 r. ilustruje skalę różnic wykazywanego ich stanu (tab. 4).

Skutkiem obniżenia wartości kryterium brzeżnej zawartości Zn i Pb w 1975 r. było powiększenie wykazywanych zasobów bilansowych, przez zaliczenie do nich rud uboż-

TABELA 3a. Kryteria bilansowości złóż rud Zn-Pb obowiązujące w różnych okresach czasu w Polsce

TABLE 3a. Criteria defining potentially economic zinc-lead ore deposits used in Poland in the varied time periods

Parametr	Jednostka	Wartości kryterialne					
		1952	1961	1969	1975	1992	2011
Maksymalna głębokość spągu złoża	m	500	300	500	1000	500	500
Minimalne zasoby rudy	mln ton	–	–	–	40	–	–
Minimalna miąższość złoża	m	0,5	–	1,5	2,0	–	–
Maksymalna grubość przerostów płonnych w złożu	m	–	–	0,7	1,0	–	–
Brzeźna zawartość Zn w rudzie siarczkowej***	%	–	2,5	2,0–3,0*	1,5–2,0*	–	–
Brzeźna zawartość Zn w rudzie tlenkowej	%	–	2,5	3,0–4,0*	3,0–4,0*	**	5,0
Brzeźna zawartość Zn+Pb w formie siarczkowej w rudzie (niezależnie od stopnia jej utlenienia)	%	–	–	–	–	2,0	2,0
Średnia zawartość Zn w rudzie siarczkowej	%	4,0	4,0	3,5–5,5*	2,5–4,0*	–	–
Średnia zawartość Zn w rudzie tlenkowej (> 50% Zn utlenionego)	%	4,0	4,0	5,0–6,5*	5,0–6,5*	**	5,0
Brzeźna zawartość Pb w rudzie ołowiowej****	%	–	2,0	2,0–3,5*	2,0–2,5*	–	–
Średnia zawartość Pb w rudzie ołowiowej	%	2,0	4,5	4,0–6,5*	3,0–4,5*	–	–
Średnia zawartość Zn+Pb w formie siarczkowej w profilu złoża wraz z przerostami płonnymi (niezależnie od stopnia jej utlenienia)	%	–	–	–	–	2,0	2,0
Maksymalny stopień utlenienia rudy	%	–	–	–	–	35	–
Minimalna zasobność złoża siarczkowego Zn	kg/m ²	–	75	–	–	–	–
Minimalna zasobność złoża tlenkowego Zn	kg/m ²	–	75	–	–	–	–
Minimalna zasobność złoża tlenkowego Zn	m%	–	–	–	–	–	10
Minimalna zasobność złoża Pb	kg/m ²	–	60	–	–	–	–
Minimalna zasobność złoża siarczków Zn+Pb	m%	–	–	–	–	7	5

* W zależności od głębokości, sposobu eksploatacji i wielkości zasobów.

** Rudy tlenkowe uznane za pozabilansowe.

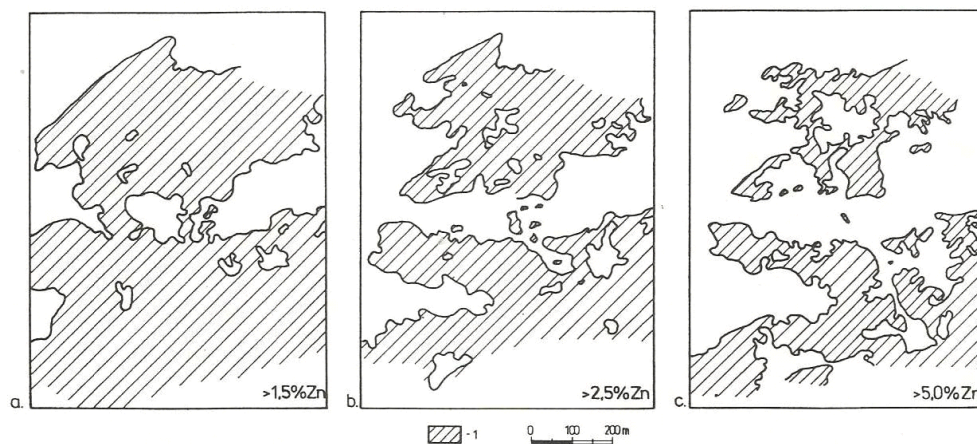
*** Co najmniej 65% Zn w formie siarczkowej.

**** Pb > Zn.

TABELA 3b. Kryteria zasobów pozabilansowych

TABLE 3b. Criteria of sub-economic resources

Parametr	Jednostka	Wartości kryterialne				
		1961	1969	1975	1992	2011
Minimalna miąższość złoża	m	–	1,5	2,0	–	nie są określone
Brzeźna zawartość Zn w rudzie siarczkowej	%	1,5	1,5	1,2	–	
Brzeźna zawartość Zn w rudzie tlenkowej	%	1,5	1,5	2,0	–	
Brzeźna zawartość Pb w rudzie	%	1,5	1,5	1,5	–	
Średnia zawartość Zn w rudzie siarczkowej	%	2,0	2,0	–	–	
Średnia zawartość Zn w rudzie tlenkowej	%	2,0	2,5	–	–	
Średnia zawartość Pb w rudzie	%	2,0	2,5	–	–	
Brzeźna zawartość Zn+Pb w formie siarczkowej w rudzie (nie zależnie od stopnia jej utlenienia)	%	–	–	–	2,0	
Średnia zawartość Zn+Pb w formie siarczkowej w profilu złoża wraz z przerostami płonnymi (niezależnie od stopnia utlenienia)	%	–	–	–	2,0	
Minimalna zasobność złoża	kg/m ²	45	–	–	–	
Minimalna zasobność złoża siarczków Zn+Pb	m%	–	–	–	5	



Rys. 1. Zmiany granic złoża w zależności od brzeźnej zawartości cynku w rudzie (fragment złoża kop. Bolesław (Nieć i in. 1976))

Fig. 1. The boundaries of ore bodies in relation to the cut off zinc content

szych. Analiza stosowania tych kryteriów (Szuwarzyński 1988; Nieć i in. 1992) spowodowała ich zaostrenie w 1992 r. i wykazywane zasoby bilansowe zostały znacznie pomniejszone. Znaczną część zasobów dokumentowanych początkowo jako bilansowe tworzyły rudy utlenione. Wykorzystywane były przy zastosowaniu energochłonnego procesu obróbki

TABELA 4. Zmiana zasobów wybranych złóż rud Zn-Pb w wyniku przeliczenia po zmianie kryteriów bilansowości w 1992 r. (na podstawie niepublikowanych materiałów mgr. inż. S. Kurka w Przedsiębiorstwie Geologicznym w Krakowie)

TABLE 4. Change of resources of selected zinc-lead ore deposits after the change of cut off criteria in 1992 year (unpublished data of S. Kurek, Geological Enterprise in Kraków)

Złoże	Kategoria rozpoznania	Zasoby bilansowe [mln t]					
		przed zmianą kryteriów bilansowości po zmianie kryteriów bilansowości				%	
		ruda		cynk		ołów	
Pomorzany	A+B+C1	62,222* 58,264	(6,3)	2,642 2,524	(4,5)	0,745 0,730	(2,1)
Krzykawa	A+B+C1	12,200 3,580	(71,0)	0,369 0,148	(60,0)	0,590 0,250	(51,0)
Laski	B+C1	11,150 4,867	(66,0)	0,341 0,190	(44,3)	0,058 0,024	(58,6)
Sikorka	C1	3,731 3,214	(14,0)	0,163 0,154	(5,6)	0,157 0,139	(10,8)
Zawiercie I	C1	34,459 16,337	(53,6)	1,694 0,979	(42,3)	0,681 0,413	(39,4)
Rodaki-Rokitno Szlacheckie	C2	30,869 10,954	(64,6)	1,040 0,517	(50,3)	0,288 0,145	(49,7)

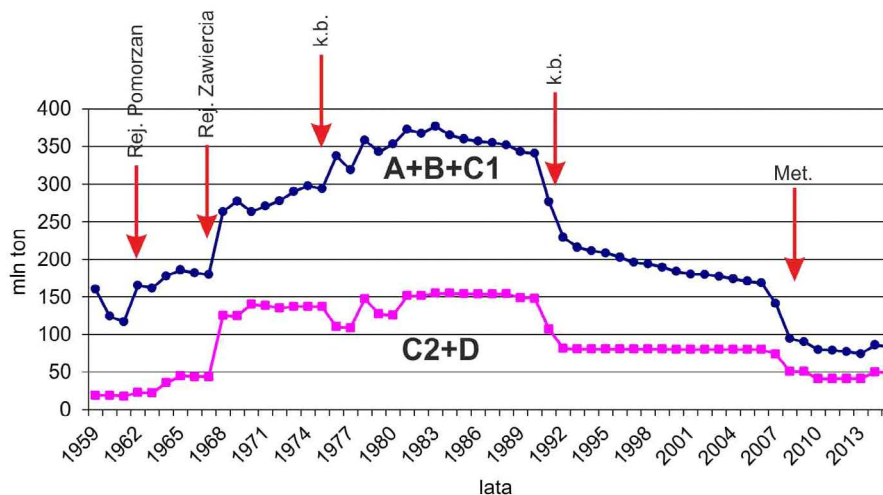
* Łącznie z zasobami zużytymi (wydobytymi i straconymi).

ogniowej. Stawiane przy tym wysokie wymagania dotyczące zawartości Zn w rudzie, która nie może być niższa niż 8%, powodują, że stwierdzone rudy utlenione niespełniające tych wymagań, nie kwalifikują się do wykorzystania. Zostały one praktycznie wyeliminowane z bilansu w 1992 roku.

4. Zmiany ewidencjonowanych zasobów w okresie wieloletnim

Przedstawione wyżej czynniki wpływające na wielkość szacowanych zasobów złóż rud Zn-Pb powodują, że wykazywana w bilansie ich wielkość podlegała w okresie wieloletnim znacznym zmianom (rys. 2).

Do początku lat osiemdziesiątych XX w. zaznaczały się przede wszystkim przyrosty zasobów związane z dokumentowaniem kolejnych złóż, niewielkie zmiany spowodowane zmianami kryteriów bilansowości oraz ubytki spowodowane eksploatacją. Od 1983 r. zaznacza się stały ubytek zasobów spowodowany wyczerpywaniem zasobów eksploatowanych złóż (rys. 2). Znaczne zmniejszenie wykazywanych zasobów nastąpiło w latach 1991–1993 (rys. 2, 3) spowodowane weryfikacją ich stanu po zmianie kryteriów bilansowości, w szczególności uznaniu większości rud utlenionych za pozabilansowe, oraz skreślenia z bilansu złóż rejonu bytomskiego uznanych za wyeksploatowane i zakwalifikowanie pozostałych zasobów do pozabilansowych. Ponowne bardzo wyraźne zmniejszenie zasobów miało miej-



Rys. 2. Zmiany zasobów bilansowych złóż rud Zn-Pb w obszarze śląsko-krakowskim
k.b. – zmiana kryteriów bilansowości, Met. – zmiana metodyki szacowania zasobów

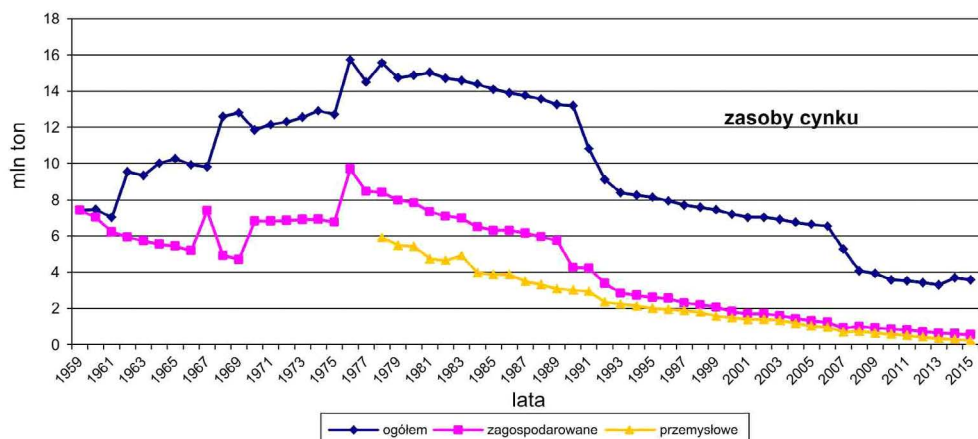
Fig. 2. Variation of potentially economic resources of Silesian-Krakow Zn-Pb ore deposits
k.b. – change of cut off criteria, Met. – change of resources evaluation method

sce w latach 2007–2008 w wyniku zmiany metodyki ich szacowania. Gniazdowa forma znacznej części złóż powodowała, że stosowana długi czas do szacowania zasobów metoda wieloboków budziła zastrzeżenia. Zaproponowane zostało szacowanie i klasyfikacja zasobów „metodą okręgów” wyznaczanych w złożach nieeksploatowanych wokół każdego pozytywnego otworu rozpoznawczego. Spowodowało to znaczne zmniejszenie powierzchni obszarów złożowych (Blajda 2009). Konsekwencją było zmniejszenie wykazywanych zasobów rud w złożach niezagospodarowanych z 181,752 do 66,444 mln ton, to jest aż o 70% z równoczesnym obniżeniem kategorii rozpoznania znacznej ich części do kategorii D (Blajda 2009).

W 2014 r. zaznaczył się niewielki przyrost zasobów, mimo że nie dokumentowano nowych złóż. Związany był on z zaliczeniem do zasobów bilansowych zasobów rudy ubogiej, wcześniej kwalifikowanej jako pozabilansowa oraz udostępnianiem gniazd rudy wykrywanych dopiero w wyniku wykonania robót górniczych.

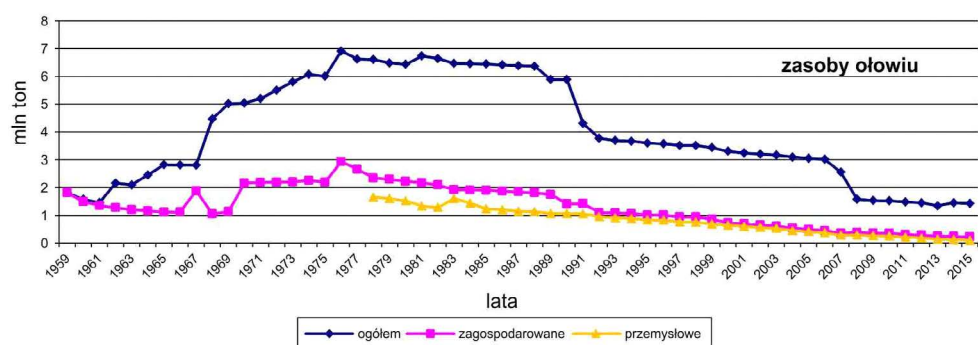
Zmiany zasobów cynku i ołowiu w przybliżeniu odzwierciedlają zmiany zasobów rudy (rys. 3a, b). W złożach zagospodarowanych znajduje się tylko niewielka część całkowitej ilości zasobów wykazywanych w złożach udokumentowanych (rys. 3a, b). Począwszy od 1977 r. zmniejszają się one systematycznie w wyniku eksploatacji.

Zasoby przemysłowe, kwalifikowane do wydobycia, ewidencjonowane od 1979 r. stanowiły do 2006 r. 70–85% zasobów złóż zagospodarowanych i od tego roku zmniejszają się systematycznie (rys. 4). Można przewidywać całkowite ich wyczerpanie do 2022 r. Decyduje o tym tempo ich ubytku w wyniku eksploatacji (wydobycia i strat z tym związanych).



Rys. 3a. Zmiany zasobów cynku

Fig. 3a. Variation of reported zinc resources

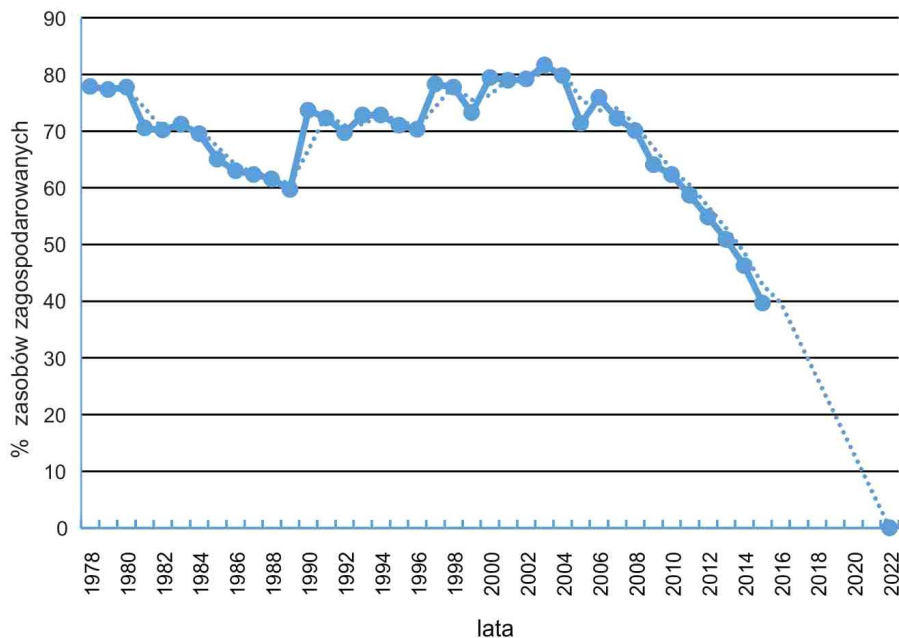


Rys. 3b. Zmiany zasobów ołowiu

Fig. 3b. Variation of reported lead resources

Perspektywy wydobywania rud (i wystarczalność zasobów) zależą od cen metali, które zmieniają się w szerokich granicach, oraz od kursu walut. Na początku XXI w. niskie ceny cynku i ołowiu powodowały ocenę, że zasoby złóż zagospodarowanych umożliwią ich eksploatację tylko do 2010 r. (Ochab 2002). Wzrost cen metali spowodował jednak dalszą możliwość wydobywania rud uboższych oraz zagospodarowanie fragmentów złóż przyległych do już eksploatowanych (złóża Klucze I koło złóża Pomorzany).

Wydobywanie rud Zn-Pb (rys. 5, 6) rosło do 1980 r. w ślad za przyrostem zasobów, szczególnie po 1969 r. po podjęciu eksploatacji złóża Olkusz (w 1967 r.) i Pomorzany (w 1974 r.). W latach 1979–2004 miała miejsce względna stabilizacja wydobywania około 4,7–5,2 mln ton rocznie, a w latach późniejszy jego spadek szczególnie wyraźny w 2009 r., do obecnego poziomu około 2,2–2,4 mln ton rocznie i utrzymuje się dzięki wykorzystywaniu rud uboższych.



Rys. 4. Udział zasobów przemysłowych w zagospodarowanych złożach rud Zn-Pb

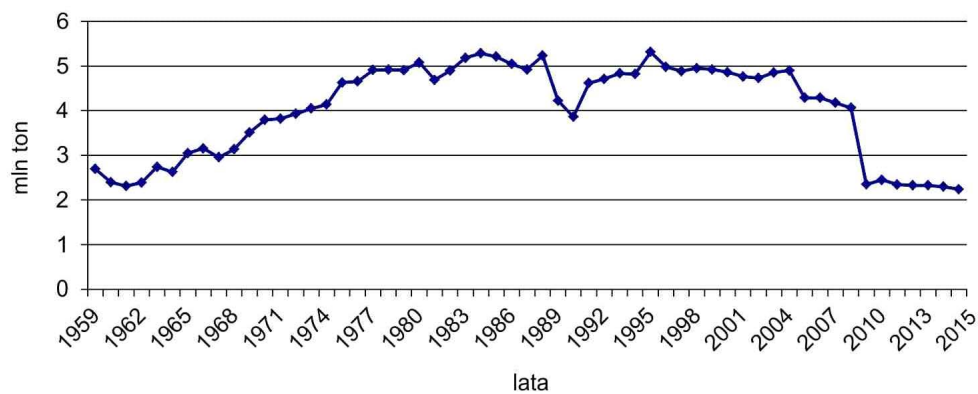
Fig. 4. Ore reserves – resources ratio in exploited Zn-Pb ore deposits

Wydobyciu towarzyszą straty zasobów przemysłowych, które są zróżnicowane w zależności od systemu eksploatacji i miąższości złoża i wynosiły w różnych rejonach złóż od kilku do ponad 20% (Dziura i Zapotocki 1979), a łącznie od kilku do kilkunastu procent (Radwanek-Bąk i in. 1988; Przeniosło in. 1991; Paulo i Wnuk 2015). Wykorzystanie zasobów przemysłowych cynku i ołowiu oceniane w latach osiemdziesiątych XX w. wynosiło około 90% (Przeniosło i in. 1991). Wydobywaniu rud towarzyszą także straty pozaeksploatacyjne, w szczególności zasobów nieprzemysłowych. Ujawniają się one szczególnie w końcowych okresach eksploatacji, gdy wydobywanie zasobów nieprzemysłowych staje się niemożliwe⁴).

Wielkość wydobywania rud nie jest też adekwatna ubytkowi ich zasobów z tego tytułu, gdyż dotyczy zasobów eksploatacyjnych, które obejmują również wydobyte wraz z rudą zasoby zubożających skał otaczających.

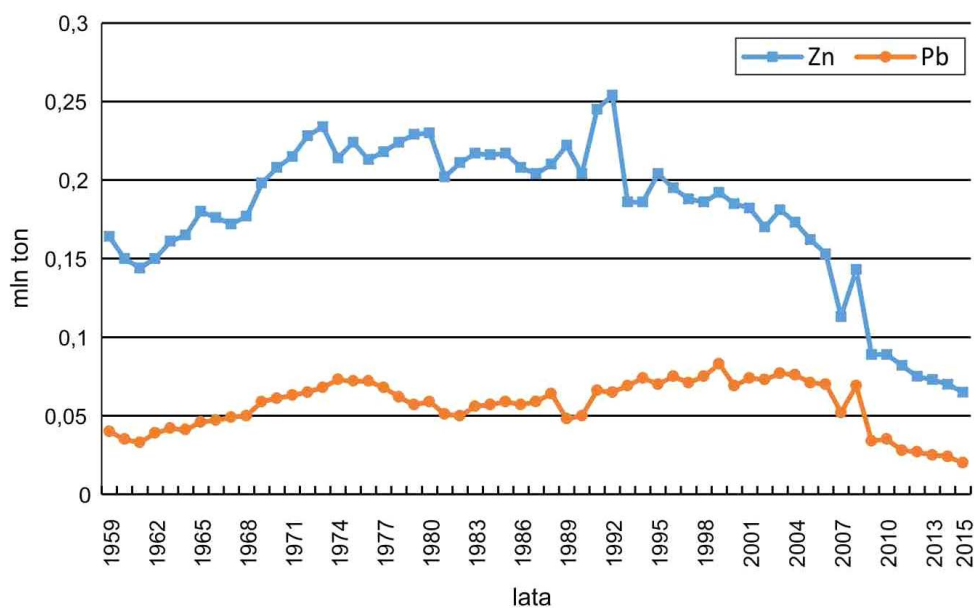
Zawartość cynku w rudzie w zasobach zagospodarowanych zmniejszała się od początkowo około 6% (łącznie w rudach tlenkowych i siarczkowych) do obecnie około 4% tylko w rudzie siarczkowej, a ołowiu wahała się w granicach 1,2–1,7% (najczęściej 1,5–1,6%). W rudzie wydobywanej zawartość cynku zmniejszała się od około 6 do około 2,9–3,0%, a ołowiu z 1,4–1,6 do 0,9–1,0% (rys. 7). Zagospodarowywane były zatem stopniowo rudy

⁴ W rejonie olkuskim do 1999 r. wydobyto łącznie około 85 mln ton rudy zawierającej 4,2 mln ton Zn i 1,5 mln ton Pb. Ubytek zasobów, łącznie ze stratami, wynosił około 110 mln ton. Straty całkowite stanowiły zatem 22,7% zasobów zużytych.



Rys. 5. Wydobycie rudy cynkowo-olowiowej

Fig. 5. Production of zinc-lead ore

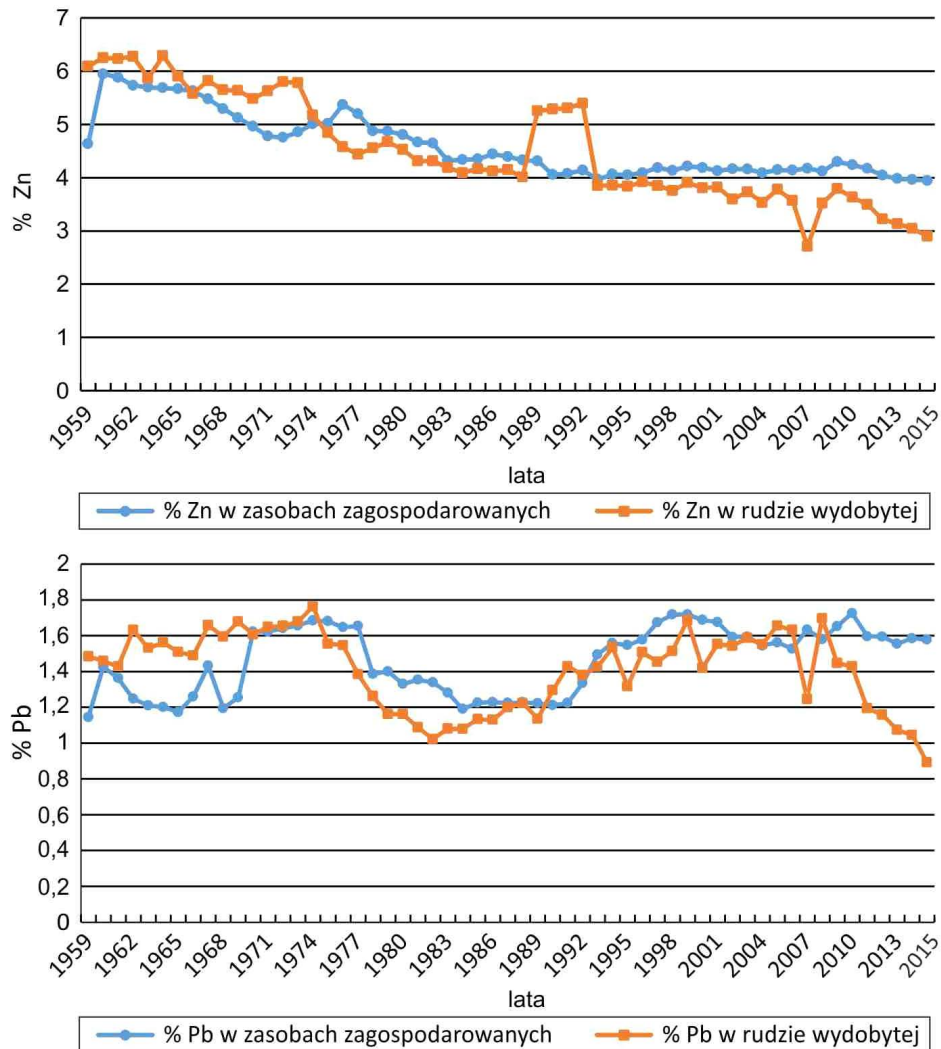


Rys. 6. Wydobycie cynku i ołowiu (w rudzie)

Fig. 6. Zinc and lead production (contained in ore)

uboższe. W wydobyciu większy udział mają zatem obecnie także rudy uboższe. Na zawartość metali w urobku ma też zubożenie, które wynosi kilka do kilkunastu procent. Nie wpływa to jednak w sposób istotny na wielkość wydobycia metali.

Do 1975 r. wykazywana była znaczna i rosnąca ilość zasobów jako pozabilansowe (rys. 8, 9). Ich ilość była porównywalna z ilością zasobów bilansowych. Po tym roku następuje stopniowe ich zmniejszanie się w związku z zaostreniem kryteriów ich wydzielania, oraz z eli-

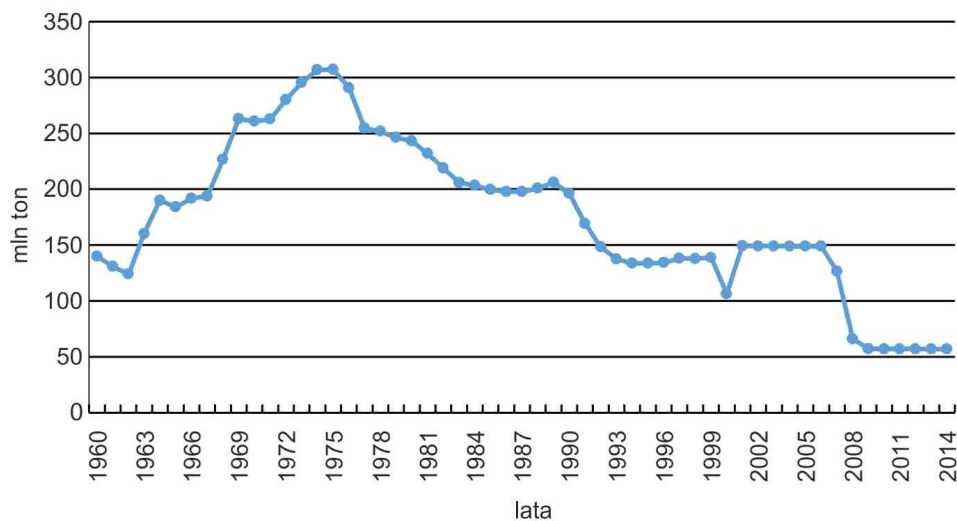


Rys. 7. Zawartość Zn i Pb w rudzie w złożach zagospodarowanych i rudzie wydobytej

Fig. 7. Zinc and lead content in exhausted ore

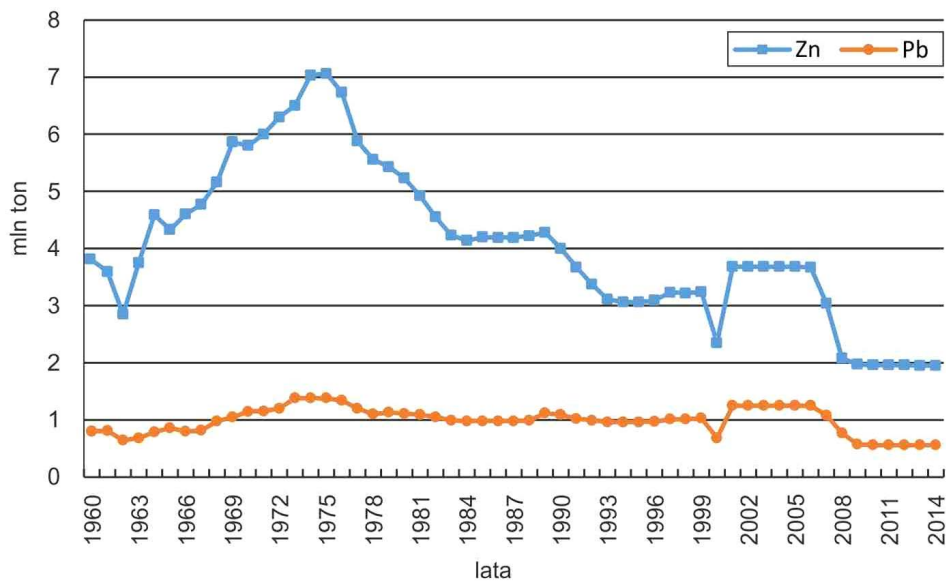
minacją z bilansu tych zasobów, które znalazły się w obszarach wyeksploatowanych części złóż⁵. Obecnie wynoszą one 57,6 mln ton rudy zawierającej 2,04 mln ton Zn i 0,65 mln ton Pb. Około 70% tych zasobów wykazywane jest w złożach, których eksploatacji zaniechano.

⁵ W „Bilansie zasobów złóż kopalni w Polsce w 2015 r.” (i latach następnych) wykazano ogromny przyrost zasobów pozabilansowych spowodowany błędnym podaniem, że zasoby złoża Jaworzno (wcześniej nie wykazywane) wynoszą 363 193 tys. ton. W dokumentacji geologicznej złoża zasoby podane są tylko w tonach i wynoszą 363 193 ton rudy, to jest 363,1 tys. ton. Odpowiednio wymagają korekty pozabilansowe zasoby cynku i ołowiu.



Rys. 8. Zasoby pozabilansowe rud Zn-Pb

Fig. 8. Subeconomic Zn-Pb ore resources



Rys. 9. Zasoby pozabilansowe Zn i Pb

Fig. 9. Subeconomic zinc and lead resources

Zawartości Zn i Pb w rudzie w zasobach pozabilansowych wynoszą przeciętnie odpowiednio 2–3% i około 0,9%. Są to zatem przede wszystkim rudy ubogie.

5. Zasoby złóż niezagospodarowanych

Historia zmian zasobów wskazuje na potrzebę ostrożnego spojrzenia na wielkość zasobów złóż niezagospodarowanych. Zasoby tych złóż oszacowane po weryfikacji w 2008 r. wynosiły łącznie 64,44 mln ton, w tym 61,8 mln ton w podstawowym poziomie dolomitu kruszczonego, 3,2 mln ton w pozostałych poziomach w jego obrębie i w dolomitach retu oraz 1,44 mln ton w utworach dewonu (Blajda 2009). Oszacowane w 2016 r. ich zasoby wynoszą około 69,9 mln t rudy, 3 mln t Zn i 1,2 mln t Pb (tab. 5), w tym około 70% w dwóch złożach (Gołuchowice i Zawiercie III, odpowiednio 16,9 i 32,2 mln ton rudy, 0,36 i 1,58 mln ton Zn, oraz 0,15 i 0,57 mln ton Pb).

TABELA 5. Zasoby śląsko-krakowskich złóż rud cynku i ołowiu (stan na koniec 2016 r.)

TABLE 5. Resources of Silesian-Krakow zinc and lead ores deposits (by the end of 2016)

Rodzaj zasobów	Złoża	Zasoby [mln ton]		
		rudy	cynku	ołowiu
Zużyte		(~500–600)***	25–27	7,5–9
Bilansowe*	zagospodarowane	15,11	0,63	0,24
	niezagospodarowane	69,88	3,02	1,20
	zaniechane	–	–	–
Pozabilansowe*	zagospodarowane	7,06	0,24	0,13
	niezagospodarowane	9,43	0,41	0,15
	zaniechane	41,13	1,39	0,37
Prognostyczne**		111,7–118,7 (51 rud tlenkowych)	~4–5	~1
Perspektywiczne**	4 obszary	??		
Zwały i osadniki**		9,6	0,45	0,09

* Bilans zasobów złóż kopalni w Polsce wg stanu na 31.12.2016.

** Bilans zasobów perspektywicznych zasobów kopalni Polski (Wołkowicz i in. 2011).

*** Określenie bardzo przybliżone ze względu na zmieniające się zawartości Zn i Pb w wydobywanej rudzie oraz straty eksploatacyjne i pozaeksploatacyjne.

Historia dokumentowania złóż i doświadczenia kopalni Pomorzany (Paulo i Wnuk 2015) pokazują, że zasoby złóż niezagospodarowanych mogą być większe niż wykazywane. Pokazuje to też historia dokumentowania złóż Zawiercie (tab. 6). Należy jednakże zwrócić uwagę, że w złożach niezagospodarowanych dominującą jest gniazdowa forma występowania rud (Kurek 1988; Blajda i Retman 2006; Blajda i in. 2006; Blajda 2010b), co może znaleźć wyraz w lokalnie dużych zmianach wykazywanych zasobów. Część tych zasobów, występująca w utworach dewonu, jest słabo rozpoznana tylko w kategorii D. Na peryferii obszarów udokumentowanych zasobów wykazywane są zasoby przewidywane, prognostyczne (tab. 5). Przewidywane jest też występowanie zasobów perspektywicznych w obszarze na północ od obszaru zawierciańskiego (Mikulski i Strzelska-Smakowska 2013; Wołkowicz i in. 2011). Stwierdzone występowanie mineralizacji w odosobnionych otworach nie dają

podstaw do oszacowania wielkości tych zasobów, nie wskazują jednak na możliwość znacznej ich ilości. Nie mniej niezbędne jest wykonanie dodatkowych badań dla potwierdzenia ich perspektywiczności.

W rejonie tarnogórskim udokumentowane zostały w 1960 r. i uznane za pozabilansowe dwa złoża Miotek-Zielona i Bibiela-Kalety (w bilansie zasobów wykazywane jest tylko złożo Bibiela-Kalety). Niedoskonałość stosowanej wówczas techniki wiertniczej i niskie uzyski rdzeni, często poniżej 50%, sugerują, że wskazana byłaby weryfikacja wyników ich rozpoznania.

TABELA 6. Zasoby złóż Zawiercie I, II i III

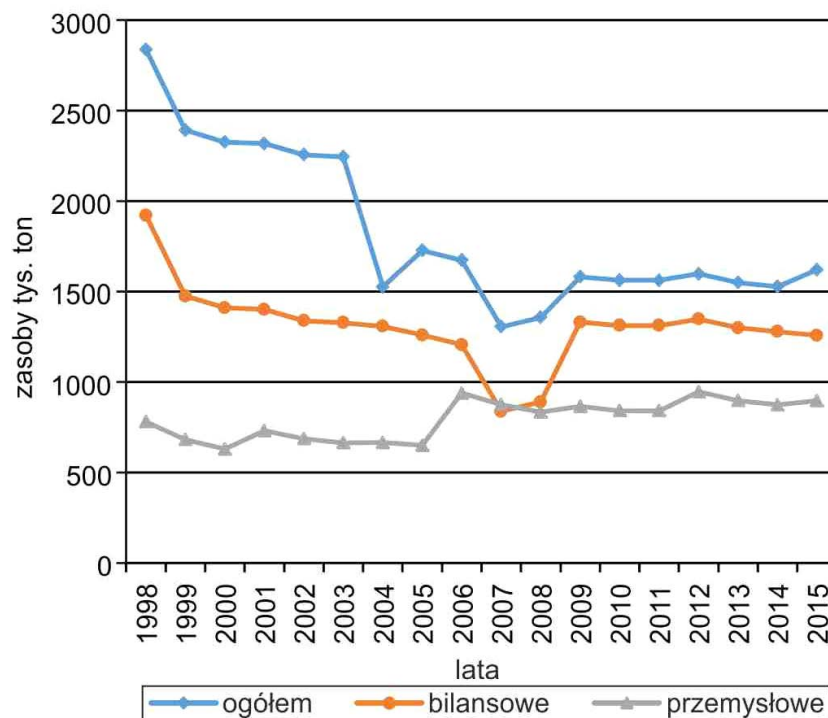
TABLE 6. Ore resources of Zawiercie I, II and III ore deposits

Złożo	Zasoby [tys. ton]					
	w roku 2014	włączone do złoża Zawiercie III	w roku 2015	uwagi		
Zawiercie I	17 008 987 394	-16 670 -972 -376	3 318 15 18	zmiana zasobów po udokumentowaniu złoża Zawiercie III		
Zawiercie II	2 865 200 71	-2 865 -200 -71	-	włączone do złoża Zawiercie III		
Zawiercie III	-	+19 545 +1 172 +447	32 202 1 583 572	przyrost zasobów w wyniku lepszego rozpoznania:	12 657 411 125	

6. Zasoby i wydobycie ołowiu ze złóż miedzi na monoklinie przedsudeckiej

W złożach rud miedzi ołów występuje jako metal towarzyszący, który jest pozyskiwany z koncentratów miedzi w trakcie procesów hutniczych. Jego zasoby są szacowane na podstawie rzadkiej sieci opróbowania (znacznie rzadszej niż w przypadku Cu). Początkowo, do 1993 roku wykazywane były zasoby ołowiu tylko jako niekwalifikowane „szacunkowe”, w znacznej ilości do ponad 7 mln ton. Obecnie w złożach zagospodarowanych zasoby ołowiu wykazywane są jako udokumentowane bilansowe w granicach bilansowych zasobów rud miedzi, a jako szacunkowe, niekwalifikowane w złożach niezagospodarowanych.

Wykazywane zasoby bilansowe wahają się najczęściej w granicach 1,2–1,4 mln ton (rys. 10), w zależności od stanu rozpoznania eksploatacyjnego złoża rud Cu. Wahania te odzwierciedlają dużą zmienność zawartości ołowiu związaną z lokalnymi wzbogaceniami jego zawartości oraz niski stopień jej rozpoznania. W granicach eksploatowanych złóż rud miedzi wykazywane są także zasoby przemysłowe ołowiu w granicach przemysłowych zasobów rud miedzi.



Rys. 10. Zmienność zasobów ołowiu wykazywanych w złożach rud miedzi

Fig. 10. Variation of lead resources reported in the copper ore deposits

W złożach niezagospodarowanych wykazywane są zasoby szacunkowe w ilości 0,25–0,38 mln ton oraz kwalifikowane jako pozabilansowe 0,4 mln ton.

Podsumowanie

Obszar występowania złóż rud cynku i ołowiu w obszarze krakowsko-śląskim należy do dużych w skali światowej. Jego zasoby całkowite, uwzględniając wyeksploatowane, prawdopodobnie stracone, rozpoznane i przewidywane wynosiły około 40 mln ton cynku i około 12 mln ton ołowiu, z czego wydobyto dotychczas około 25–27 mln ton Zn i około 7,5–9 mln ton Pb, to jest około 70% prawdopodobnej całkowitej ich ilości. Pozostałe w złożach udokumentowanych stanowią jeszcze około 15% całkowitej ich początkowej ilości. Około 49,1 mln ton rudy (1,94 mln ton Zn i 0,72 mln ton Pb) występuje w złożach Gołuchowice i Zawiercie III dostatecznie rozpoznanych. Pozostałe zasoby występują w złożach przeważnie gniazdowych, trudnych do eksploatacji oraz w rudach ubogich i utlenionych. Wymagają one lepszego niż dotychczas rozpoznania, a w przypadku zasobów perspektywicznych ich potwierdzenia. Możliwość zagospodarowania nowych złóż jest uwarunkowana ekonomicznie i zależna od przewidywanych cen cynku i ołowiu oraz postępu technologicznego w wy-

korzystaniu rud, w szczególności tlenkowych. Wskazana jest także weryfikacja zasobów rud tlenkowych, gdyż postęp technologii w ich wykorzystaniu może spowodować, że przynajmniej część ich, dawniej uznanych za pozabilansowe lub niewykazywanych w bilansie zasobów, może kwalifikować się do zagospodarowania.

Koniec eksploatacji złóż zagospodarowanych powinien być podstawą dla sprecyzowania polityki państwa odnośnie do przyszłości pokrycia zapotrzebowania krajowego na surowce cynku i ołowiu oraz przyszłość wykorzystania krajowej bazy surowcowej. Wykorzystanie to napotyka bardzo silny opór społeczności lokalnych, ale wymaga to odpowiedzi, czy jest to w interesie ogółu społeczeństwa i państwa, które powinno gwarantować zrównoważony jego rozwój. Ograniczona możliwość wykorzystania krajowych złóż rud cynku, mimo znacznych ich zasobów, powoduje, że cynk może być zaliczony w Polsce do surowców krytycznych (Radwanek-Bąk i in. 2018 w druku). Źródłem ołowiu nadal w przyszłości mogą być złoża rud miedzi, ale wskazane by było bardziej rygorystyczne rozpoznawanie warunków jego występowania i szacowania zasobów z uwzględnieniem jego koncentracji występujących także ponad stropem złoża rud miedzi.

Literatura

- Badera, J. i Kwiecień, D. 2006. Forma i parametry złoża w zależności od sposobu dokumentacji III horyzontu rudnego w złożu cynku i ołowiu Balin-Trzebieńka. *Górn. Odkrywk.* R. 48, nr 1–2, s. 157–160.
- Białaczewski, A. 1960. Limonity górnośląskie. [W:] Krajewski R. red. *Geologia złóż surowców mineralnych Polski. Surowce metaliczne.* Biul. IG, Warszawa, s. 158–165.
- Bilans zasobów złóż kopalni w Polsce, 1954–2017. Warszawa: PIG.
- Blajda, R. 1988. Geologiczno-górnicy obraz złóż rud Zn-Pb rejonu olkuskiego. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management* t. 1, z.1, s. 199–208.
- Blajda, R. 2009. Weryfikacja zasobów złóż niezagospodarowanych obszaru górnośląskiego w świetle nowych zasad ich dokumentowania. *Geologia 2009, Kwartalnik AGH* R. 35, nr 2/1, s. 115–122.
- Blajda, R. 2010a. Zmiany zasobów niezagospodarowanych złóż rud cynku i ołowiu obszaru górnośląskiego na różnych etapach ich dokumentowania. *Rudy i Metale* R. 55, nr 12, s. 831–837.
- Blajda, R. 2010b. Ocena możliwości wykorzystania niezagospodarowanych złóż rud cynku i ołowiu regionu górnośląskiego. *Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energii PAN* 79, s. 111–119.
- Blajda, R. 2010c. Ocena stopnia rozpoznania i bazy zasobów surowcowych niezagospodarowanych złóż rud cynku i ołowiu obszaru górnośląskiego według nowych zasad dokumentowania. *Biul. PIG* 439(2), s. 281–288.
- Blajda, R. i Retman, W. 2006. Przyszłość górnictwa śląsko-krakowskich rud Zn-Pb na początku XXI wieku. *Górn. Odkrywk.* R. 48, nr 1–2, s. 29–34.
- Blajda i in. 2006 – Blajda, R., Nieć, M., Kurek, S. i Przeniosło, S. 2006. Niezagospodarowane złoża rud cynku i ołowiu – ocean bazy zasobowej i możliwości jej zagospodarowania. [W:] *Konf. Możliwości zagospodarowania złóż peryferyjnych rud Zn-Pb.* ZGH Bolesław S.A., s. 45–59.
- Bohdanowicz, K. 1952. Surowce mineralne świata. t I. PIG, *Prace specjalne* nr 3, Warszawa: PIG.
- Dąbrowski, J. 2009. *Polska przed trzema tysiącami lat. Czasy kultury łużyckiej.* Warszawa: Wyd. TRIO.
- Dziura, T. i Zapotocki, A. 1979. Ocena gospodarki złożem rud cynkowo-ołowianych na przykładzie jednej z kopalń nieckiej bytomskiej. *Zesz. Nauk. Polit. Śl.* 601, s. Górnictwo z. 99, s. 169–179.
- Górecka, E. 1985. *Przejawy mineralizacji kruszczowej w utworach górnourajskich struktury Zalesia na Kujawach i ich znaczenie surowcowe.* Warszawa: Wyd. Geol.
- Instrukcja dotycząca zakresu i metodyki badań przydatności kopaliny przy ustalaniu zasobów rud metali nieżelaznych cynkowo-ołowianych i miedzi. Zał. Nr 2 do Zarządzenia nr 52 Ministra Przemysłu Ciężkiego z dn. 11 marca 1965.
- Jaworska-Cygorijni, K. 1989. *Produkcja cynku z rud galmanowych w XIX wieku na ziemiach polskich.* Wrocław: Z. N. im. Ossolińskich.

- Krajewski, R. 1956. Z badań nad wskaźnikiem zmienności polskich złóż kruszcowych. *Zesz. Nauk. AGH* nr 9, Geologia 1, z. 1 s. 119–131.
- Krajewski, R. 1957. Okruszcowanie wapieni jurajskich w okolicach Inowrocławia. *Kwart. Geol.* t. 2, z. 2, s. 225–235.
- Krajewski, R. 1960. Żyłowe złoża rud cynku i ołowiu w Sudetach. [W:] *Geologia złóż surowców mineralnych Polski. Surowce metaliczne*. Biul. IG, s. 303–304.
- Krajewski i in. 1979 – Krajewski, R., Nieć, M. i Szuwarzyński, M. 1979. W sprawie nie właściwej interpretacji wyników rozpoznania złoża rud Zn-Pb na podstawie wierceń i wyrobisk górniczych. *CUPRUM* nr 2, s. 13–14.
- Kurek, S. 1988. Prawdopodobieństwo występowania mineralizacji Zn-Pb w utworach młodszego paleozoiku na obrzeżeniu Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. *Przeł. Geol.* R. 36, nr 7, s. 396–401.
- Kurek, T. i Szuwarzyński, M. 1988. Ekonomiczne aspekty strat eksploatacyjnych w kopalniach rud cynku i ołowiu. *I Konf. „Wykorzystanie zasobów złóż w procesie ich eksploatacji”*. Kraków: Wyd. AGH, s. 277–290.
- Małecki, J. (red.) 1964. *Lustracja województwa krakowskiego 1564*. PAN Inst. Historii. Warszawa: Wyd. PWN.
- Mikulski, S. i Strzelska-Smakowska, B. 2013. Obszary perspektywiczne i prognostyczne rud cynku i ołowiu w Górnośląskim Okręgu Rud Zn-Pb. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management* t. 29, z. 2, s. 173–191.
- Mikulski i in. 2010 – Mikulski, S., Malon, A., Tymiński, M., Siekiera, D., Dymowski, W. i Bońda, R. 2010. Weryfikacja zasobów rud cynku i ołowiu w złożach Zawiercie I, Zawiercie II, Gołuchowice, Marciszów (obszar śląsko-krakowski). *Biul. PIG* 439(2), s. 321–332.
- Molenda, D. 1963. Górnictwo kruszcowe na terenie złóż śląsko-krakowskich do połowy XVI w. *Studia i materiały z historii kultury materialnej* t. XV, Studia z dziejów górnictwa i hutnictwa t. VIII, Wrocław: Z. N. im. Ossolińskich.
- Molenda, D. 1972. *Kopalnie rud ołowiu na terenie złóż śląsko-krakowskich w XVI–XVIII w.* Wrocław: Z. N. im. Ossolińskich.
- Molenda, D. 2001. Polski ołów na rynkach Europy środkowej w XIII–XVII wieku. *Studia i materiały z historii kultury materialnej* t. LXIX, Warszawa.
- Mucha, J. 1998. Dekompozycja lokalnej zmienności zawartości metali w górnośląskich złożach Zn-Pb. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management* t. 14, z. 2, s. 29–40.
- Nieć, M. 1977. Zmienność krakowsko-śląskich złóż rud cynku i ołowiu. *Rudy i Metale* R. 22, nr 3, s. 142–147.
- Nieć, M. 2002. Problem dokumentowania granic złóż i jego znaczenie dla gospodarki złożem. *Górn. Odkrywk.* R. 44, nr 2–3, s. 59–62.
- Nieć, M. 2010. Poszukiwanie złóż zakrytych i ukrytych – polska specjalność. Osiągnięcia i perspektywy. *Biul. PIG* 479, s. 271–280.
- Nieć i in. 1993 – Nieć, M., Blajda, R. i Niedzielski, B. 1993. Zinc-lead ore deposits in Lower Triassic (Roethian dolomites at Bolesław mine (Olkusz region, Poland)). *Kwart. Geol. (Geol. Quart.)* t. 37, nr 2, s. 157–174.
- Nieć, M. i Mucha, J. 1981. Straty i zubożenie rud Zn-Pb przy eksploatacji systemem komorowym. *Rudy i Metale* R. 26, nr 2, s. 73–77.
- Nieć i in. 1976 – Nieć, M., Niedzielski, B., Wilk, J. i Blajda, R. 1976. Zmienność i prawidłowość mineralizacji złoża rud cynku kopalni „Bolesław”. *Materiały IV Krajowego Zjazdu Górnictwa Rud*, Olkusz, s. 1–16.
- Nieć i in. 1992 – Nieć, M., Szuwarzyński, M. i Kurek, S. 1992. *Projekt kryteriów bilansowości dla dokumentowania stratoidalnych złóż rud cynku i ołowiu w skałach węglanowych*. Warszawa: MOŚZNiL-KZK.
- Ochab, B. 2002. Uwarunkowania rynkowe a sytuacja gospodarcza ZGH Bolesław. *Biblioteka Szkoły Eksploatacji Podziemnej*, s. wykłady nr 23, Kraków: IGSMiE PAN i AGH.
- Paulo, A. 1992. Ocena użyteczności gospodarczej złóż na przykładzie złóż rud Zn-Pb w Polsce. *Sympozja i Konferencje IGSMiE PAN 5, II Konf. Aktualia i perspektywy gospodarki surowcami mineralnymi*, s. (11), s. 1–31.
- Paulo, A. 2005. Zmiany bazy zasobowej metali nieżelaznych w Polsce w ostatnim 50-leciu. *Rudy i Metale* R. 50, nr 9, s. 485–490.
- Paulo, A. i Wnuk, R. 2012. Złoże rud cynku i ołowiu Pomorzany po 36 latach eksploatacji. Zmienna wizja wystarczalności zasobów. *Rudy i Metale* R. 57, nr 2, s. 67–75.
- Paulo i in. 2014 – Paulo, A., Cieślak, B. i Wnuk, R. 2014. Gospodarka zasobami rud w okresie 40 lat eksploatacji wielkiego złoża rud cynku i ołowiu Pomorzany. [W:] *Konferencja Jubileusz 40-lecia kopalni „Pomorzany”*, s. 14–25.
- Paulo, A. i Wnuk, R. 2015. Kopalnia rud cynku i ołowiu Pomorzany skończyła 40 – lat – jak długo jeszcze wystarczy jej zasobów? *Przeł. Geol.* R. 63, nr 12/2, s. 1483–1490.
- Popiołek, K. 1965. *Górnośląski przemysł górniczo-hutniczy w drugiej połowie XIX wieku*. Katowice: Śląski Instytut Naukowy.

- Przeniosło i in. 1991 – Przeniosło, S., Bąk, B., Radwanek-Bak, B. i Smakowski, T. 1991. *Analiza gospodarki rudami cynku i ołowiu w Polsce, wg stanu na koniec 1990 r.* Warszawa: Wyd. Geol.
- Przepisy o ustalaniu zasobów złóż kopalin stałych. CUG, Warszawa: Wyd. Geol. 1968, 1980.
- Radwanek-Bąk i in. 1988a – Radwanek-Bąk, B., Szuwarzyński, M. i Smakowski, T. 1988a. Analiza przyczyn powstawania strat eksploatacyjnych w kopalni rud Zn-Pb Trzebieńka. *I Konf. „Wykorzystanie zasobów złóż w procesie ich eksploatacji”*. Kraków: Wyd. AGH, s. 291–299.
- Radwanek-Bąk i in. 1988b – Radwanek-Bąk, B., Smakowski, T. i Strzelska-Smakowska, B. 1988b. Wystarczalność krajowych zasobów rud Zn i Cu. *I Konf. „Wykorzystanie zasobów złóż w procesie ich eksploatacji”*. Kraków: Wyd. AGH, s. 301–318
- Radwanek-Bąk i in. 2018 – Radwanek-Bąk, B., Galos, K. i Nieć, M. 2018. Surowce kluczowe, strategiczne i krytyczne dla polskiej gospodarki. *Przeł. Geol.* (w druku).
- Rubinowski, Z. 1960. Złóża rud ołowiu w Górach Świętokrzyskich. [W:] *Geologia złóż surowców mineralnych Polski. Surowce metaliczne*. Biul. IG, s. 304–311.
- Szuwarzyński, M. 1988. Uwagi o kryteriach bilansowości dla złóż rud cynku i ołowiu. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management* t. 4, z. 3, s. 413–431.
- Szuwarzyński, M. 1991. Uwagi o modelu złoża rud cynku i ołowiu. *Rudy i Metale Nieżelazne* R. 36, nr 7, s. 255–258.
- Szydłowska, E. 1988. Zagadnienie eksploatacji ołowiu w kulturze łużyckiej w Polsce. [W:] *Surowce mineralne w pradziejach i we wczesnym średniowieczu Europy Środkowej*. Prace Kom. Archeologicznej PAN nr 6, PAN o. we Wrocławiu, Wrocław: Z. N. im. Ossolińskich, s. 41–52.
- Takuski, S. i Szymański, J. 1977. Badanie zależności wyników rozpoznania geologicznego i górniczego na przykładzie złoża Zn-Pb. *Cuprum* 4, nr 1, s. 3–7.
- Wnuk i in. 2007 – Wnuk, R., Retman, W., Walcz, K., Piątek, G., Adamczyk, Z. i Kubański, W. 2007. Prognoza przyrostu zasobów niektórych złóż siarczkowych rejonu olkuskiego (z uwzględnieniem stanu zasobów rud tlenkowych) w aspekcie ich potencjalnego wykorzystania. [W:] *Górnictwo cynku i ołowiu na początku XXI wieku*. Mat. Konf. ZGH Bolesław S.A. w Bukowniu, s. 2–20.
- Wołkowicz i in. 2011 – Wołkowicz, S., Smakowski, T. i Speczik S. red. 2011. *Bilans perspektywicznych zasobów kopalin Polski*. Warszawa: PIG-PIB.
- Wytyczne dokumentowania złóż kopalin stałych w kategoriach D1 do A. MOŚZNiL, Kom. Zasobów Kopalin, Warszawa 1992.
- Zasady dokumentowania złóż kopalin stałych. Min. Środ., Kom. Zasobów Kopalin, Warszawa 1999, 2002.
- Żółtowski, Z. 1954. *Przepisy o ustalaniu zasobów złóż kopalin*. Warszawa: Wyd. Geol.
- Żółtowski, Z. 1964. *Prawo geologiczne*. Warszawa: Wyd. Geol.