

# ZUŻYCIE ZASOBÓW ZŁÓŻ SIARKI PODCZAS EKSPLOATACJI METODĄ PODZIEMNEGO WYTAPIANIA

## CONSUMING RESOURCES OF SULPHUR DEPOSITS MINED BY UNDERGROUND MELTING

Jerzy Górecki, Edyta Sermet – AGH Akademia Górniczo-Hutnicza

Zasoby wydobyte ze złoża i nieuniknione straty stanowią łącznie zasoby zużyte. W przypadku eksploatacji otworowej złóż siarki przeciętne wydobycie zasobów przemysłowych wynosi około 60%. Wynika ono ze współczynnika wytapialności siarki z rudy (rzadko >70%), udziału partii wytopionej w profilu serii złożowej (nie większego niż 90%) i stopnia pokrycia obszaru eksploatacji przez strefę wytopu (najczęściej około 90%). Wytapialność siarki zależy głównie od udziału dominujących typów rudy w profilu złoża. Pozostałe czynniki działają w stopniu zależnym od przyjętej technologii podziemnego wytapiania (sposobu uzbrojenia i gęstości sieci otworów eksploatacyjnych, podaży wody gorącej, stosowania reeksploatacji).

Z polskich złóż wydobyto do roku 2018 około 135 mln ton siarki, co oznacza zużycie zasobów na poziomie około 200 mln ton. W krajowym bilansie zasobów pozostaje ciągle ponad 500 mln ton siarki w złożach zlikwidowanych kopalń i w złożach niezagospodarowanych..

**Słowa kluczowe:** złoża siarki, eksploatacja otworowa, zużycie zasobów

*Resources extracted from the deposit and inevitable losses constitute consumed resources altogether. In case of the borehole exploitation average degree of Sulphur deposit recovery is about 60%. It results from the ore smeltability (rarely over 70%), participation of the smelted part in the profile of productive series (not bigger than 90%) and degree of covering the area of the use by the zone of smelting (most often about 90%). Ore smeltability depends first of all on the participation of dominating types of ore in the deposit profile. Remaining factors are acting in the rank dependent on the accepted technology of underground melting.*

*To 2018, about 135 million ton of Sulphur were get out of Polish borehole mines what consuming reserves of almost 200 million ton means. In domestic balance of resources constantly above 500 million ton in the deposits of liquidated mines and in undeveloped deposits.*

**Keywords:** sulphur deposits, borehole exploitation, consuming resources

### Wstęp

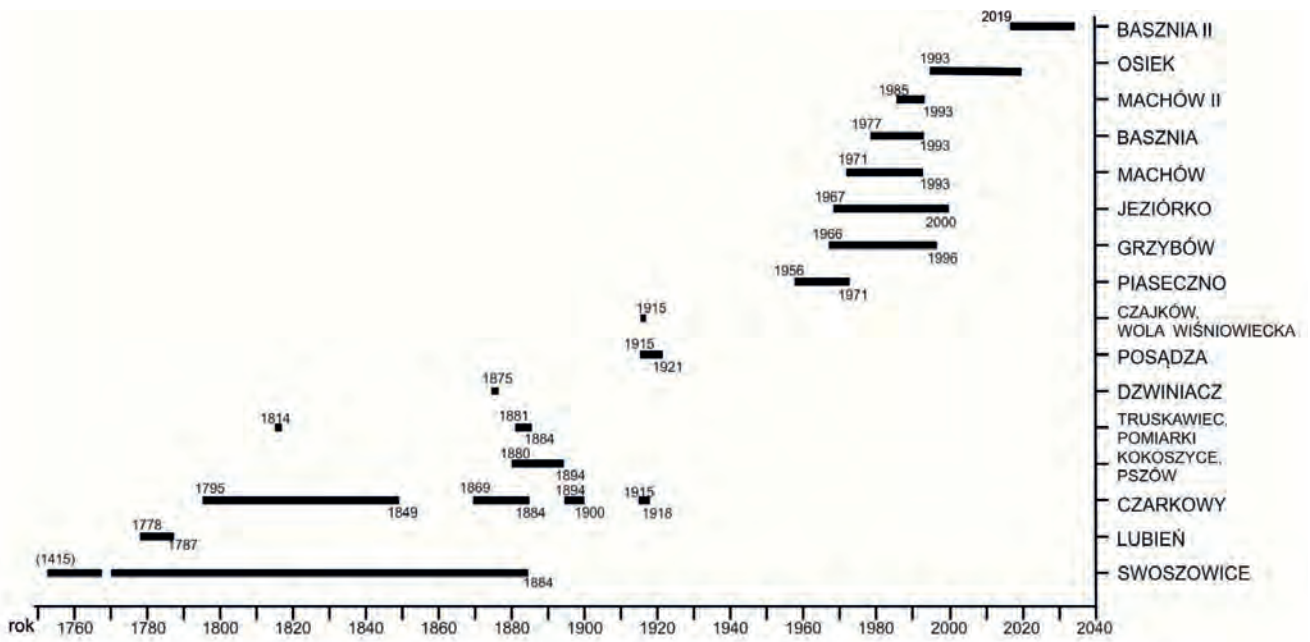
Współczesna historia eksploatacji siarki rodzimej w północnej, brzeżnej części Zapadliska Przedkarpacciego sięga lat 50. i 60. XX wieku. Wydobycie siarki podjęto po odkryciu i udokumentowaniu ogromnych złóż w rejonie Tarnobrzega, Staszowa i Lubaczowa. Najwcześniej – w roku 1958 – rozpoczęto eksploatację odkrywkową złoża Piaseczno, kontynuowaną od roku 1967 na złożu Machów. Rezygnacja z eksploatacji odkrywkowej - z przyczyn ekonomicznych - nastąpiła odpowiednio w roku 1972 i 1992. Pod koniec lat 60. ubiegłego wieku powstały pierwsze kopalnie otworowe Grzybów i Jeziórko, później kopalnia Basznia (od roku 2019 Basznia II) i tzw. Machów II oraz funkcjonująca do dnia dzisiejszego kopalnia Osiek. Eksploatacja złóż siarki metodą podziemnego wytapiania była i pozostaje najbardziej efektywną formą wykorzystania zasobów.

Wszystkie złoża były dokumentowane w latach 1957-1993 przy zastosowaniu zmieniających się kryteriów bilansowości, różniących się dla złóż eksploatowanych sposobem odkrywko-

wym i otworowym (Nieć i in., 2007). Wielkość początkowych zasobów bilansowych, łącznie z zasobami w filarach ochronnych i wyłączonymi z bilansu zasobami niedostępnymi (np. z powodu już istniejącego zagospodarowania terenu lub z potrzeb ochrony środowiska), wynosiła prawie 984 mln ton. Ze wszystkich złóż wydobyto do roku 2018 około 135 mln ton (prawie 119 mln ton w kopalniach otworowych i ponad 16 mln ton w kopalniach odkrywkowych), w tym niemal 75 mln ton w kopalni Jeziórko, około 26 mln ton w kopalni Grzybów i ponad 15 mln ton w kopalni Osiek (rys. 1).

### Potencjał zasobowy złóż siarki w Polsce – stan aktualny

Sięgające prawie 1 mld ton początkowe zasoby złóż siarki zostały zredukowane do dnia dzisiejszego niemal o połowę – do 503,4 mln ton (tab. 1, Bilans zasobów..., 2018). Zmniejszenie stanu zasobów bilansowych nastąpiło z ogólnie znanych przyczyn, choć poszczególne z nich zadziały w zróżnicowany sposób.



Rys. 1. Historia eksploatacji złóż siarki w Polsce (wg Osmólski, 1983 – uzupełnione)  
Fig. 1. History of sulfur deposits exploitation in Poland (after Osmólski, 1983 - filled)

Znaczącą przyczyną ruchu zasobów było i jest lepsze rozpoznanie złóż. Przykładowo, zasoby oszacowane w kategorii  $C_2$  w złożach Jamnica, Osiek-Baranów Sandomierski-Skopanie i Jeziórko-Grębów zmniejszyły się w kategorii  $C_1$  odpowiednio o 62, 23 i 13% (korekta granic złoża). Niższe od udokumentowanych w kategorii  $C_1$  okazały się także zasoby po rozpoznaniu części złóż otworami eksploatacyjnymi, nawet o 25% (Nieć i in., 2007). Różnice wielkości zasobów wynikały też ze zmiany metod obliczania albo np. z przyjęcia innej wartości gęstości przestrzennej rudy siarkowej.

W ostatnich latach zrezygnowano z prowadzenia w krajowym bilansie zasobów bilansowych w filarach, łącznie około 140 mln ton. Część tych zasobów, przykładowo w filarze ochronnym rzeki Wisły w zagospodarowanym złożu Osiek, może być jednak w przyszłości bezpiecznie eksploatowana.

Co najmniej 60 mln ton skreślono z krajowego bilansu zasobów po zaniechaniu eksploatacji kilku złóż, m.in. w peryferyjnych częściach obszarów złożowych, w sąsiedztwie projektowanych rezerwatów, ujęć wód lub innych ewidentnych przypadków braku możliwości dalszego wydobycia. Najbardziej spektakularną przyczyną ubytku zasobów jest wydobycie wraz z szacowanymi stratami. Pomiar wielkości wydobycia nie budzi wątpliwości i jest obciążony co najwyżej niewielkimi błędami, natomiast rzeczywisty udział strat eksploatacyjnych w całkowitym zużyciu zasobów pozostaje w przypadku eksploatacji otworowej kwestią dyskusyjną. Zwraca uwagę, że w rozważaniach na temat stopnia wykorzystania złóż niedostatecznie podkreśla się, iż wskaźniki wykorzystania zasobów bilansowych lub przemysłowych są obciążone błędem metodycznym z powodu różnic w metodzie i kategorii rozpoznania tych zasobów tj. różnic gęstości sieci rozpoznawczej w kategoriach  $C_2$  i  $C_1$  i w kategorii A+B rozpoznania eksploatacyjnego (Krajewski, 1979).

### Straty w zasobach, wykorzystanie złoża

Wraz z podjęciem wydobycia siarki metodą podziemnego wytopiania rozpoczęto badania na temat wykorzystania złoża

Tab. 1. Zasoby siarki rodzimej\*, \*\*) według stanu na 31.12.2017 r. (wg Bilans zasobów...2018)

Tab. 1. Native sulphur resources in mln ton (at 31.12.2017)

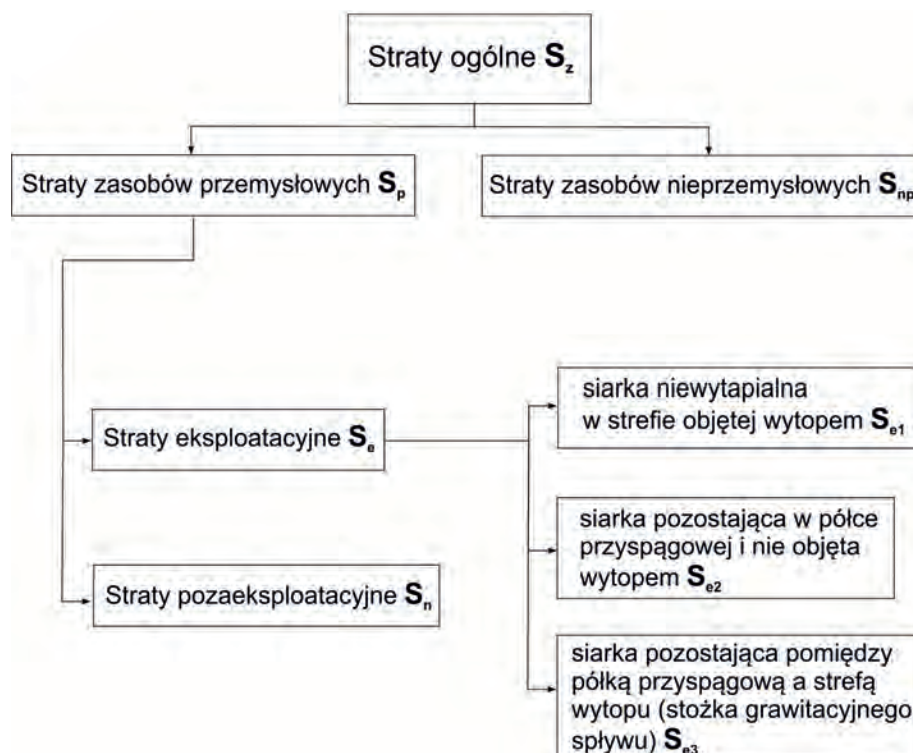
Złoża	Liczba złóż	Zasoby bilansowe [mln ton]			
		A+B	$C_1$	$C_2$	Razem
Zagospodarowane	1	1,1	16,7	-	17,8
Niezagospodarowane	8	1,3	205,9	55,5	262,7
Zaniechane	6	26,2	195,8	0,9	222,9
Razem	15	28,6	418,4	56,4	503,4

\*) bez zasobów siarki towarzyszącej złożom ropy naftowej i gazu ziemnego  
\*\*) bez 35,8 mln ton zasobów pozabilansowych

podczas eksploatacji otworowej. Pierwsze doświadczenia z końca lat 60. ubiegłego wieku wskazywały na znaczne zróżnicowanie efektów prac wydobywczych w zależności od budowy wewnętrznej i geologiczno-górnictwowych warunków eksploatacji poszczególnych złóż i ich części. Prace badawcze prowadzono głównie w Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie i w Ośrodku Badawczo-Rozwojowym Przemysłu Siarkowego „Siarkopol” w Machowie koło Tarnobrzega, w ścisłej współpracy ze służbami geologicznymi i technologicznymi kopalniach „Jeziórko” i „Grzybów”. Po raz pierwszy czynniki składające się na wykorzystanie złoża wyróżnił R. Krajewski (1970), a były to:

- wytapialność rudy,
- udział partii wytopionej złoża w jego profilu pionowym,
- stosunek obszaru, na którym nastąpił wytop siarki do obszaru objętego eksploatacją.

Równocześnie prowadzono analizy warunków geologiczno-górnictwowych i ich wpływu na przebieg wytopiania złoża (Górecki, Nieć, 1971). Podkreślano dużą zmienność miąższości złóż (od kilku do ponad 30m), zróżnicowanie typów litologicznych rudy i jej osiarkowania (od 0 do około 60%), zmienną porowatość (od około 0,5 do ponad 30%) i związane z tym różnice w gęstości przestrzennej rudy (nawet od 1,6 do 2,6 t/m<sup>3</sup>). Bogatą literaturę przedmiotu badań z lat 70., 80. i 90.



Rys. 2. Podział strat w zasobach siarki stosowany w kopalniach otworowych (Górecki i in., 1982)  
 Fig. 2. Distribution of losses in sulfur resources used in borehole mining (after Górecki i in., 1982)

ubiegłego wieku przedstawionym w pracach Niecia (1976, 1977) oraz i Ślizowskiego i in. (2000).

W praktyce zagospodarowania złóż siarki eksploatowanych metodą otworową poświęca się do dnia dzisiejszego dużo uwagi zasadom i sposobowi obliczania i ewidencjonowania strat, zgodnie z przepisami prawa geologicznego i górniczego (Dz.U. 2019 poz. 868, Dz.U.2012. poz. 511, Dz. U.2015 poz. 1941). Straty w zasobach złoża, albo ściślej zasoby tracone (Nieć, 1982) – to część zasobów niewydobytych ze złoża. Powstają jako nieunikniony ubytek zasobów w trakcie eksploatacji wszystkich typów złóż i każdym sposobem – podziemnym, odkrywkowym lub otworowym. Określa się je więc jako różnicę między zasobami, a uzyskanym wydobyciem.

Po okresie wieloletnich badań i szczegółowej analizy stanu eksploatacji otworowej opracowano w roku 1982 w Zakładzie Geologii Kopalnianej IHiGI AGH projekt instrukcji obliczania strat i ustalania normatywów strat dla kopalń otworowych siarki (Górecki i in., 1982). Projekt ten został w całości wykorzystany i wszedł w życie w charakterze obowiązującej instrukcji obliczania strat jako Rozdział VI Załącznika do Zarządzenia nr 23 Ministra Przemysłu Chemicznego i Lekkiego z dnia 24 lipca 1984 roku w sprawie zasad i sposobu ustalania strat w zasobach złóż kopalni stałych eksploatowanych w zakładach górniczych podległych Ministrowi Przemysłu Chemicznego i Lekkiego oraz normatywów w tym zakresie (Zasady i sposób..., 1984). Wprowadzone zasady były realizowane w praktyce we wszystkich kopalniach otworowych siarki, które funkcjonowały w latach 80. ubiegłego wieku i później. W latach 90. nastąpiła zasadnicza zmiana regulacji prawa geologicznego i górniczego, między innymi zrezygnowano formalnie z ustalania normatywów strat, a prowadzenie szczegółowej kontroli przyczyn powstawania strat różnej wielkości utraciło na znaczeniu.

Pierwszą klasyfikację strat złożowych związanych z eksploatacją siarki metodą podziemnego wytapiania przedstawili J. Maciaszek, J. Szewczyk i M. Nieć (1979). Podział strat w zasobach

siarki, przyjęty do stosowania w kopalniach otworowych, przedstawiono na rysunku 2.

Spośród wyróżnionych najważniejsze są straty w zasobach przemysłowych ( $S_p$ ) będące różnicą między zatwierdzonymi zasobami przemysłowymi i wielkością produkcji finalnej. Ich zasadniczą część stanowią straty eksploatacyjne ( $S_e$ ), których wielkość zależy od wytapialności siarki w poszczególnych typach rudy o różnym osiarkowaniu i czynników technologicznych takich jak: wielkość „półki przyspągowej” poniżej posadowienia rur kolumny siarkowej, gęstość sieci otworów eksploatacyjnych (rozstawu tych otworów) i stopień wygrzania złoża decydującego o pokryciu obszaru objętego eksploatacją przez obszar wytopu. Straty pozaeksploatacyjne ( $S_n$ ) mają – w przeciwieństwie do eksploatacji odkrywkowej – znaczenie marginalne.

Straty oblicza się dla całego złoża lub jego części, na której zakończono eksploatację. W fazie eksploatacji zasadniczej rozliczenie strat przeprowadza się w okresach rocznych dla partii złoża przypisanej wszystkim wyłączonym z eksploatacji stacjom AKP (Aparatury Kontrolno-Pomiarowej). Na obszarach poddanych reeksploatacji dokonuje się korekty strat ustalonych podczas eksploatacji zasadniczej przez pomniejszenie tych strat o ilość wydobytej siarki. Sumę strat eksploatacyjnych sugerowano zwiększyć o 1% z uwagi na straty w zasobach wydobytych powstałe w trakcie transportu (siarka pozostawiona w rurociągach technicznych).

W cytowanym Zarządzeniu Ministra PChIL (1984) określono przejściowo normatywy strat eksploatacyjnych dla złóż dwóch największych kopalń otworowych – 42% dla złoża Jeziórko i 46% dla złoża Grzybów. Były one potwierdzane albo korygowane w ramach analizy stanu gospodarki złożem.

W kopalniach otworowych prowadzono dokumentację normatywów strat według zasad i specjalnych nomogramów obliczeniowych opracowanych w AGH (Górecki [red.], 1982).

Z uwagi na silną zależność wiążącą wytapialność siarki



Tab. 2. Charakterystyka typów litologicznych rudy siarkowej (wg Nieć [red.], 1978)  
 Tab. 2. Characteristics of lithological types of sulphur ore (after Nieć [red.], 1978)

Symbol		Typ rudy Opis	Średnia wytapialność [%]	Średnia zawartość siarki [%]
I	A	<b>Wapienny</b> wapienie siarkonośne, zwarte, kawerniste ze smugami krystalicznego kalcytu, siarka drobnokrystaliczna(woskowa) i grubokrystaliczna w formie smug;  wapienie zwarte, kawerniste z siarką grubokrystaliczną (w druzach) i drobnokrystaliczną (woskową) w formie druz, smug i gniazdek, żyłek i plam	70	33
	B	wapienie zwarte, małoporowate, niekawerniste lub mało kawerniste, siarka w formie drobnorozproszonej (impregnacja); wapienie lub margle jasne, bardzo słabo zwarte, rozsypliwie, bardzo porowate, siarka drobnokrystaliczna (pylasta) w formie gniazdek i plam	23	25
II		<b>Marglisty i wapienny z przerostami łu</b> margle słabozwarte, siarka drobnokrystaliczna (woskowa), bardzo drobnokrystaliczna, rozsypliwa (pylasta) w formie gniazdek lub gronek, wapienie siarkonośne, zwarte, mało kawerniste z nieregularnymi przerostami łu, siarka tworzy gniazdko lub żyłki (woskowa) brekcje wapienne	48	23
III		<b>Ilasty</b> iły margliste, siarka w formie gniazdek i impregnacji, iły margliste z okruskami wapieni siarkonośnych lub brekcje ilasto-marglisto-wapienne	15	10

$\eta_w$  z typami litologicznymi rudy, przyjęto ustalać normatywy strat w ścisłym związku z udziałem poszczególnych typów rudy w rozpatrywanym obszarze. Wykorzystano klasyfikację typów rudy autorstwa M. Niecia (Nieć [red.], 1978) przedstawioną w tabeli 2.

Wzorce do określenia średniej wytapialności siarki opracowano w oparciu o wzajemny udział dwóch dominujących typów rudy w profilu złoża (rys. 3).

Nomogramy do ustalania wskaźników procentowych strat eksploacyjnych Wse przedstawia rysunek 4. Mogą one być stosowane nadal przy rozliczaniu zasobów i analizach gospodarki złożem w czynnych kopalniach otworowych siarki – KS „Osiek” i rozpoczynającej w 2019 roku działalność kopalni „Basznia II”.

Miarą efektywności otworowej eksploatacji złoża siarki jest współczynnik wykorzystania złoża, określanej jako stosunek wydobycia do zasobów. Specyfika eksploatacji metodą podziemnego wytapiania wymaga jednak wyraźnego wskazania do jakich zasobów odnosi się uzyskane wydobycie i z jakiego obszaru porównuje się zasoby i produkcję siarki. Rozróżnia się zatem współczynnik wykorzystania zasobów bilansowych (złoża bilansowego) i współczynnik wykorzystania zasobów przemysłowych. Z punktu widzenia ochrony zasobów w obszarach złożowych i zarazem trwałości ich użytkowania ważny jest ten pierwszy. Dane o wykorzystaniu zasobów przemysłowych ważne są dla oceny poprawności gospodarki złożem w granicach określonych w projekcie zagospodarowania złoża. W trakcie eksploatacji istotne jest także porównanie wielkości uzyskanej produkcji z zasobami operatywnymi, tj. spodziewanymi do wydobycia po przyjęciu przewidywanych (normatywnych) strat w zasobach przemysłowych. Problem oceny rzeczywistego wykorzystania złoża i etapów tej oceny został omówiony w pracy Maciaszek i in. (1979).

Trzeba podkreślić, że bardzo wysokie wykorzystanie

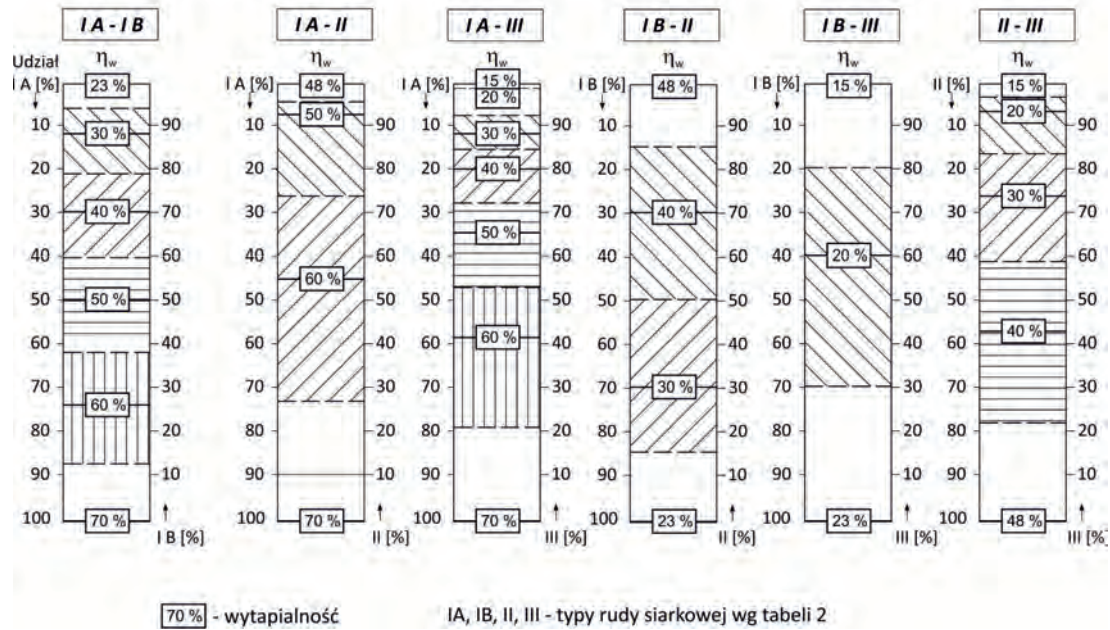
złoża w grupie otworów podłączonych do jednej stacji AKP może świadczyć nie tylko o wzajemnym oddziaływaniu na siebie otworów i szcerpaniu siarki spoza obszaru złoża przypisanemu grupie otworów lub pojedynczym otworom. Możliwe jest także - z różnych powodów - szcerpywanie siarki poniżej tzw. stożka wytopu i górnej krawędzi filtra siarkowego, nie wyklucza się też wpływu dokładności oszacowania zasobów w kategorii A+B ( $\pm 10-20\%$ ). Tę dużą zmienność wykorzystania zasobów przypisanych poszczególnym otworom lub stacjom AKP obserwowano we wszystkich wcześniej działających kopalniach otworowych i aktualnie w kopalni Osiek.

W kopalni „Jeziórko”, na polu I w otworach A-40 i B-38 osiągnięto skrajnie wysoki stopień wykorzystania zasobów bilansowych przypisanych tym otworom – odpowiednio 834% i 710%, przy równoczesnej bardzo niskiej (lub całkowitym braku) produkcji z otworów sąsiednich (Cepryńska K., 1975). Stopień wykorzystania złoża w granicach pola I wyniósł po zakończonej całkowicie eksploatacji 0,66, a w poszczególnych blokach obliczeniowych – od 0,0 do 1,22. Rozkład współczynników wykorzystania złoża w 210 otworach na tym polu przedstawia się następująco:

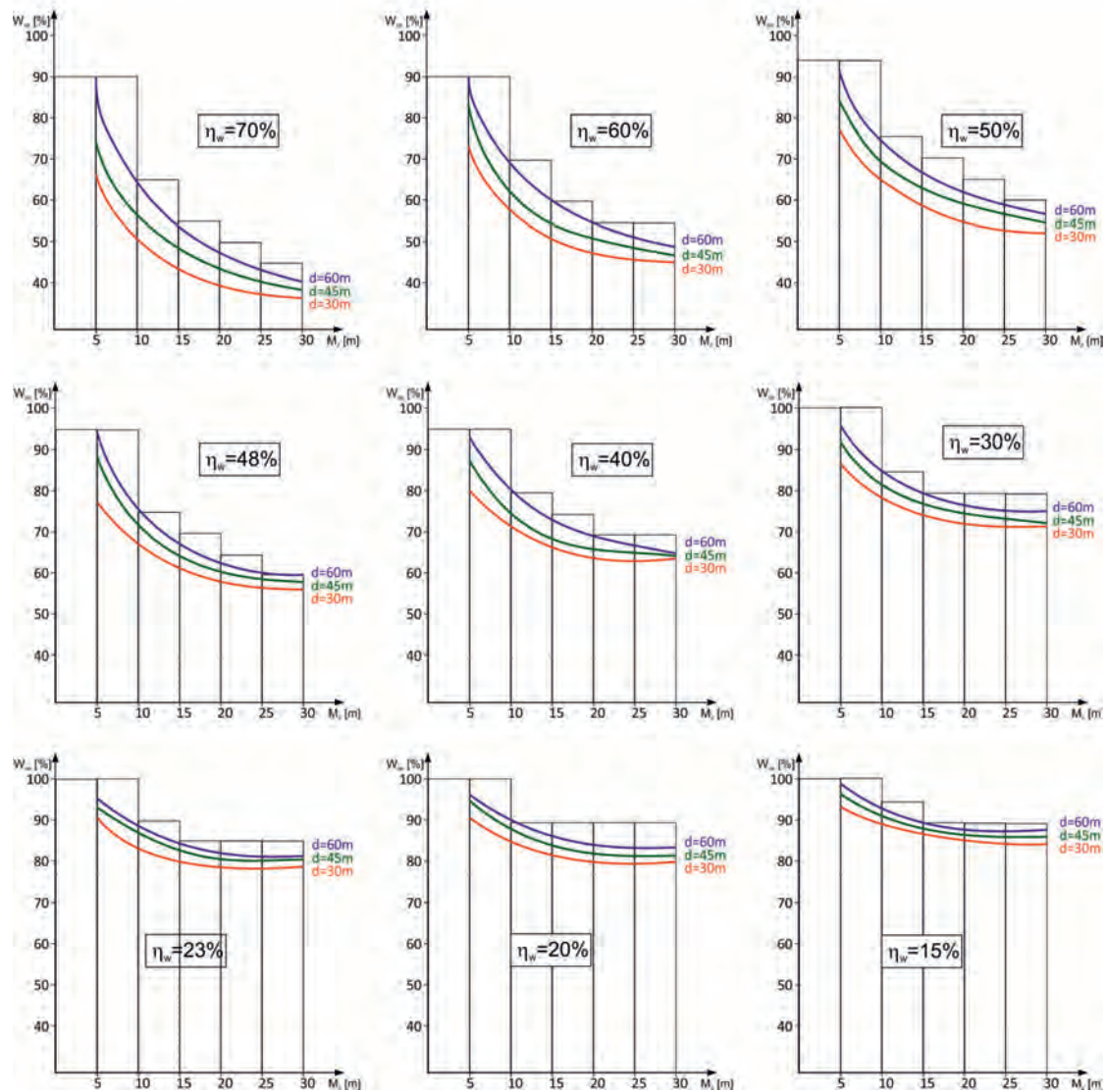
- 0% do 10% - 92 otwory,
- 11% do 30% - 39 otworów,
- 31% do 50% - 11 otworów,
- 51% do 70% - 13 otworów,
- 71% do 100% - 14 otworów,
- 101% do 300% - 28 otworów,
- powyżej 300% - 13 otworów,

z czego wynika, że w około 150 otworach (ponad 2/3 ogólnej liczby otworów) wykorzystanie zasobów było mniejsze od przeciętnego.

Doskonalenie technologii eksploatacji otworowej w czynnej kopalni „Osiek”, zwłaszcza w zakresie odpręża-



Rys. 3. Wzorce do określania średniej wytopalności siarki w złożu (wg „Zasady i sposób...”, 1984)  
 Fig. 3. Patterns for determining the average sulfur melting (after „Zasady i sposób...”, 1984)



Rys. 4. Nomogramy do ustalania wielkości normatywnych wskaźników procentowych strat eksploatacyjnych  $W_{sc}$  (wg „Zasady i sposób...”, 1984)  
 Fig. 4. Nomograms for determining the normative values of percentages of mining losses  $W_{sc}$  (after „Zasady i sposób...”, 1984)

nia złoża, stosowania zamkniętego obiegu wód złożowych, zmniejszenia zużycia wody technologicznej na tonę wydobytej siarki itd. oraz spadek stopnia awaryjności otworów, ogranicza obszarowe zróżnicowanie współczynnika wykorzystania złoża. Jednak z uwagi na podobieństwo warunków złożowych daje przeciętne wykorzystanie złoża w części o zakończonej eksploatacji, porównywalne z innymi złożami.

Już R. Krajewski (1970) uważał, że ogólny stopień wykorzystania polskich złóż siarki eksploatowanych otworowo nie powinien być mniejszy niż 0,5 (50%) przy założeniu wytapialności rudy od 0,6–0,7, udziału partii wytopionej w profilu 0,8–0,9 i stopnia pokrycia obszaru eksploatacji przez strefę wytopu 0,9. Wyższe wykorzystanie na poziomie 60–75% możliwe jest w przypadku wyjątkowo sprzyjających warunków złożowych i stosowaniu na maksymalną skalę eksploatacji dwufazowej (uzupełniającej, reeksploatacji).

### Zużycie zasobów

Zużycie zasobów było pojęciem rzadziej omawianym w bieżących analizach gospodarki złożem. Jest natomiast istotnym elementem oceny bazy zasobowej niewyekspluatowanych części złóż w kopalniach zlikwidowanych i złóż do tej pory niezagospodarowanych. Wiąże się to z problematyką ochrony złóż i ich waloryzacji z punktu widzenia możliwości eksploatacji w przyszłości.

Według M. Niecia (2012) zasoby wydobyte i stracone stanowią łącznie zasoby zużyte. Zmniejszenie stanu udokumentowanych zasobów bilansowych poprzez odpisanie ich części z krajowego bilansu zasobów wynika więc z dokonanego wydobycia, występowania nieuniknionych strat i stwierdzenia niemożności dalszego wykorzystania ze względu na trudne warunki eksploatacji. Mało prawdopodobne lub wręcz niemożliwe jest późniejsze wydobycie zasobów pozostawionych w formie strat lub uznanych za niezdatne do eksploatacji.

Struktura zużycia zasobów w zlikwidowanych kopalniach otworowych siarki była zróżnicowana. Najwyższe wykorzystanie zasobów objętych eksploatacją, tj. przemysłowych – 0,74 – uzyskano w kopalni „Grzybów”. W wyniku bardzo intensywnej, dwufazowej eksploatacji, w granicach złoża pozostały tylko niewielkie i mało atrakcyjne, peryferyjne partie złoża bilansowego (około 1,3 mln ton). Zasoby zużyte oszacowano na około 35,7 mln ton (Nieć i in., 2007).

Największa na świecie kopalnia otworowa „Jeziórko” (lata 1967/68 – 2001), w której wydobycie roczne sięgało nawet 3,3 mln ton (rok 1980) zużyła łącznie 126,9 mln ton zasobów przy wydobyciu 74,9 mln ton, co oznacza średnie wykorzystanie zasobów eksploatowanych w wysokości 0,59. Po korektach bilansu zasobów i eliminacji części zasobów

z powodu trwałych ograniczeń środowiskowych, w północno-zachodniej i wschodniej części złoża (zdecydowanie uboższej) pozostało 87,1 mln ton zasobów bilansowych. Kopalnie „Machów II” i „Basznia” zakończyły działalność, przy bardzo niskim wykorzystaniu zasobów przemysłowych. Obydwie miały głównie charakter kopalń doświadczalnych – pierwsza funkcjonowała na przedpolu kopalni odkrywkowej w Machowie, druga na złożu trudnym do eksploatacji wyróżniającym się małą przepuszczalnością, niską wytapialnością i tektoniką uskokową.

Kopalnia „Osiek” prowadzi nadal eksploatację, wobec czego rozliczenie zasobów zużytych ma charakter przejściowy. W projekcie zagospodarowania złoża założono, że zasoby operatywne wynoszą 0,6 zasobów przemysłowych. Dotychczasowa praktyka eksploatacji wskazuje na możliwość wykorzystania zasobów eksploatowanych w nieco większym stopniu. Szacuje się, że dotychczasowe zużycie zasobów (wydobycie i szacowane straty) wyniosło około 25 mln ton.

Zasoby zużyte w wyniku eksploatacji we wszystkich kopalniach otworowych siarki szacuje się dziś na około 198 mln ton.

### Podsumowanie

Nieuchronne, przy osiągniętej wielkości wydobycia, zużycie zasobów ograniczyło bazę zasobową polskich złóż siarki rodzimej możliwych do eksploatacji metodą podziemnego wytapiania o prawie 200 mln ton. Zasoby pozostawione z bilansie po dokonanych weryfikacjach i wyłączeniu zasobów ewidentnie niedostępnych (w ilości około 60 mln ton, Nieć i in., 2007), mogą być przedmiotem dalszego zagospodarowania w zróżnicowany sposób – z uwzględnieniem istniejących ograniczeń wynikających z miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego i wymagań ochrony środowiska. Możliwe wydaje się też wykorzystanie niewielkiej części zasobów uwięzionych w filarach ochronnych, po ich likwidacji lub ograniczeniu szerokości (np. w złożu Osiek, w filarze ochronnym rzeki Wisły). Problemem do rozwiązania pozostaje kwestia ochrony zasobów złóż pozostawionych przez likwidowane kopalnie i złóż niezagospodarowanych – sygnalizowana obszernie w odniesieniu do złóż siarki przez M. Niecia i in. (2007). Koniecznym warunkiem skutecznej ochrony złóż jest ich waloryzacja z punktu widzenia możliwości przyszłej eksploatacji na potrzeby krajowe w zmieniających się uwarunkowaniach rynkowych.

*Praca wykonana w ramach badań AGH nr 11.11.140.161 w roku 2019*

### Literatura

- [1] *Bilans zasobów złóż kopalni w Polsce wg stanu na 31.12.2017*, PIG-PIB, Warszawa 2018
- [2] Cepryńska K., 1975 – *Analiza zasad ustalania zasobów w kategorii A i wskaźnika wykorzystania zasobów geologicznych na złożu siarki rodzimej „Jeziórko”*. CUG, Dep. Geol. Gosp., Warszawa
- [3] Górecki J., Nieć M., 1971 – *Analiza warunków geologiczno-górnicznych i ich wpływ na przebieg wytapiania złoża*. Arch. IHiGI AGH, Kraków
- [4] Górecki J., Mucha J., Kokesz Z., 1982 – *Instrukcja obliczania strat i ustalania normatywów strat dla kopalń otworowych siarki (projekt)*. Arch. IHiGI AGH, Kraków



- [5] Krajewski R., 1970 – *Współczynnik wykorzystania zasobów przy otworowej eksploatacji siarki metodą podziemnego wytapiania*. Pr. Nauk. Inst. Pol. Wroc., z. 3, Wrocław
- [6] Krajewski R., 1979 – *W sprawie wskaźników określających stopień wykorzystania złóż kopalni stałych*. Prz. Geol. T. XXVII, nr 2, s. 656-657
- [7] Maciaszek J., Szewczyk J., Nieć M., 1979 - *Propozycja określania zasobów, strat i wykorzystania złóż siarki eksploatowanych metodą podziemnego wytapiania*. Zesz. Nauk. AGH Górnictwo. T. 3, z. 3, s. 273-285
- [8] Nieć M., 1976 – *Stopień wykorzystania złóż siarki przy eksploatacji metodą podziemnego wytapiania (poglądy i obserwacje)*. Zesz. Nauk. AGH. Geologia, t. II, z.1, s. 49-60
- [9] Nieć M., 1977 – *Metodyka rozpoznawania złóż siarki na potrzeby eksploatacji otworowej*. Zesz. Nauk. AGH t.3, z.2, s.7-81
- [10] Nieć M. [red.], 1978 – *Metodyka opróbowania, rozpoznawania i dokumentowania złóż siarki na potrzeby eksploatacji otworowej*. Arch. IHiGI AGH, Kraków
- [11] Nieć M., 1982 – *Geologia kopalniana*. Wyd. Geol., Warszawa
- [12] Nieć M. [opr. i red.], 2012 – *Metodyka dokumentowania złóż kopalni stałych, cz. IV Szacowanie zasobów*. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków
- [13] Nieć M., Ślizowski K., Kawulak M., Lankof L., Salamon E., 2007 – *Kryteria ochrony złóż pozostawianych przez likwidowane kopalnie w warunkach zrównoważonego rozwoju na przykładzie modelowym złóż siarki rodzimej*. Wyd. IGSMiE PAN Kraków
- [14] Osmólski T., 1983 – *Stront w utworach miocenu. Rola nauki w odkryciu i udokumentowaniu złóż siarki oraz wkład kadry badawczo-inżyniersko-technicznej w ich zagospodarowaniu na przestrzeni lat 1953-1983*. Tarnobrzeg
- [15] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 kwietnia 2012 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących projektów zagospodarowania złóż. Dz.U.2012. poz. 511
- [16] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 28 października 2015 r. w sprawie dokumentacji mierniczo-geologicznej Dz. U.2015 poz. 1941
- [17] Ślizowski K., Nieć M., Lankof L., 2000 – *Surowce mineralne Polski. Surowce chemiczne. Siarka*. R. Ney [red.], Wyd. IGSMiE PAN, Kraków
- [18] Ustawa z dnia 9 czerwca 2011r. – *Prawo geologiczne i górnicze*. Tekst jednolity Dz.U. 2019 poz. 868
- [19] *Zasady i sposób ustalania strat w zasobach złóż kopalni stałych eksploatowanych w zakładach górniczych podległych Ministrowi Przemysłu Chemicznego i Lekkiego oraz normatywy w tym zakresie*. Wyd. MPChIL, Warszawa, 1984



z arch. Urząd Miejski w Sandomierzu

Góry Pieprzowe w Sandomierzu