

Maria TYLKA, Wojciech MAYER, Adam PIESTRZYŃSKI, Wojciech TYLKA

## Zmienność okruszcowania miedziowego w wybranych rejonach kopalni Rudna

Wykonano obliczenia podstawowych parametrów statystycznych zawartości procentowej miedzi i miąższości złoże bilansowego w trzech odmiennie wykształconych rejonach kopalni Rudna. Wyniki porównano z obserwacjami kopalnianymi i mikroskopowymi. Wykazano różnicę ilościową i jakościową parametrów statystycznych, rozkładów zawartości miedzi i charakteru okruszcowania pomiędzy rejonami o typowym wykształceniu złoże a obszarem występowania piaskowca o spoiwie anhydrytowym. Zasugerowano istnienie trzech typów okruszcowania dla rejonu z piaskowcem anhydrytowym.

### WSTĘP

Dotychczasowe badania cechsztyńskich złóż miedzi metodami analizy statystycznej dotyczyły głównie zawartości metalu wykazywanej przez analizy próbek bruzdowych (M. Nieć, 1964; J. Kotlarczyk, M. Nieć, 1976; M. Nieć, F. Zaczek, 1977; B. Romanowska, W. Salski, 1977; M. Górecka, M. Nieć, 1978).

Autorzy artykułu dysponując znaczną ilością wyników badań mineralogicznych złoże Rudna podjęli próbę interpretacji parametrów statystycznych na podstawie charakteru mineralizacji i litologii serii złożowej wybranych rejonów kopalni. Kryteria wyboru przedstawiono w tekście.

Analizę statystyczną oparto na wynikach analiz chemicznych próbek bruzdowych z trzech wybranych rejonów kopalni Rudna, nazwanych umownie R-1, R-2 i R-3 (fig. 1). Wykorzystano także wyniki badań mineralogicznych próbek punktowych, pobranych z wyrobisk górniczych w 120 profilach pionowych, w siatce 200 × 200 m.

Badania zmienności przeprowadzono na podstawie następujących ilości próbek bruzdowych: rejon R-1 – 293, rejon R-2 – 460, rejon R-3 – 307.

Wszystkie obliczenia przeprowadzono dla tzw. warstw umownych. Terminem „warstwa umowna” określono prostopadłościan o miąższości 20 cm w wyrobiskach i 50 cm w „dowiertach”, o pozostałych wymiarach pokrywających się z powierzchnią wybranych rejonów. Zawartość Cu w warstwach umownych obliczono metodą średniej ważonej.

Do określenia zmienności zawartości Cu w złoże bilansowym oraz w poszczególnych odmianach litologicznych rud zastosowano podstawową analizę statystyczną (obliczenie  $\bar{x}$ ,  $S_x$  i  $V_x$  dla miąższości złoże bilansowego i zawartości procentowej miedzi). Łupek został potraktowany jako całość, bez względu na miąższość.

## CHARAKTERYSTYKA REJONÓW BADAŃ

Wybrane rejony złoża (fig. 1) są odmiennie wykształcone. W rejonie R-1 mineralizacja kruszcowa obejmuje piaskowiec, łupkę i dolomit (fig. 3). Jej pionowe rozmieszczenie może być uważane za typowe dla tej części złoża. W rejonie R-2 litologia i pionowe rozmieszczenie okruszcowania są podobne do R-1 (fig. 3), natomiast miąższość złoża w piaskowcu jest wyraźnie mniejsza, czemu towarzyszy pojawianie się czerwonych plam w spągu strefy okruszcowanej. Rejon R-3 charakteryzuje się brakiem łupku, obecnością piaskowca anhydrytowego oraz brakiem złoża bilansowego w znacznej części utworów dolomitowych (fig. 4).

## REJON R-1

Charakteryzuje się on zmiennym kierunkiem rozciągłości oraz zmiennymi kątami upadu. W północno-wschodniej jego części wyróżnić można elewację w utworach piaskowcowych. Z jej obecnością wiąże się brak łupku w tym rejonie. Wyniesienie to przecięte jest uskokiem nożycowym o kierunku NW-SE, zrzućcie 0,7-3,5 m na NE.

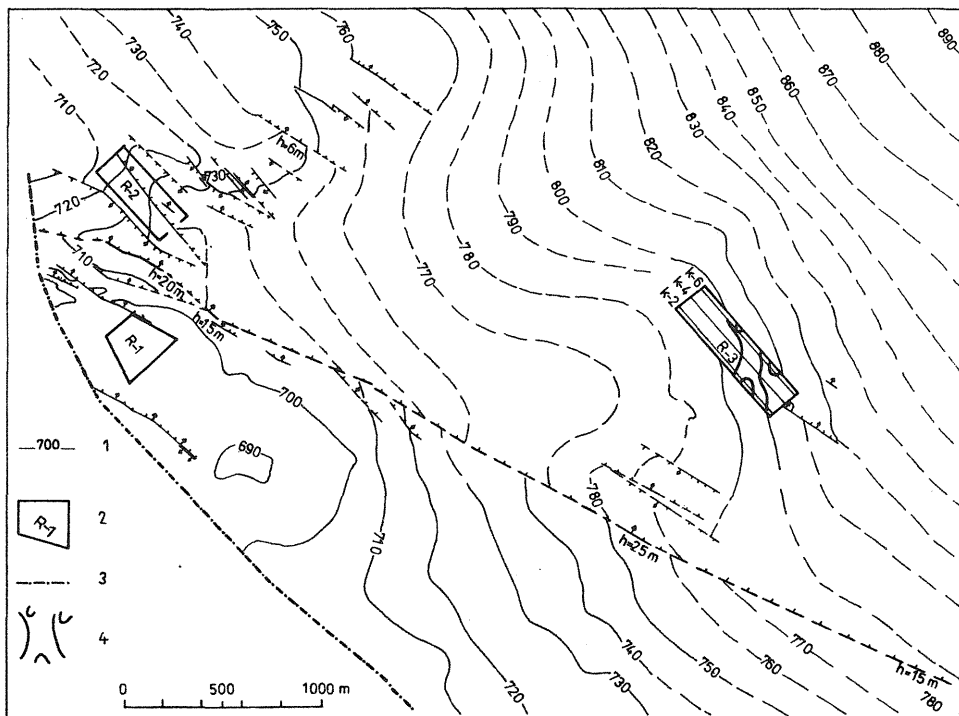


Fig. 1. Ukształtowanie spągu cechsztynu oraz tektonika omawianego obszaru (na podstawie materiałów archiwalnych ZG Rudna)

Relief of the base of the Zechstein and the tectonics of the studied area (after unpublished mine reports)

1 - izolinie spągu cechsztynu; 2 - badane rejony; 3 - granica obszaru górniczego; 4 - granice stref anhydrytowych

1 - isolines of base of Zechstein; 2 - studied regions; 3 - boundary of mining area; 4 - boundaries of anhydrite zones

Analizę podstawowych parametrów statystycznych wyróżnionych trzech typów litologicznych rudy przedstawiono na przykładzie zmienności złoża w rejonie R-1 (tab. 1). Najwyższą zawartość miedzi stwierdzono w łupku miedzionośnym. W piaskowcu zawartość Cu jest znacznie wyższa niż w skałach węglanowych. Znacznie różnią się także wartości współczynnika zmienności  $V_x$  dla tych typów rud. Piaskowiec wykazuje dużą zmienność zarówno miąższości, jak i zawartości Cu. Dla utworów węglanowych zmienności te są umiarkowane. W łupku zawartość Cu zmienia się w sposób umiarkowany, a miąższość – znacznie. Charakterystyczne dla tego rejonu są większe wartości  $V_x$  dla miąższości niż dla koncentracji Cu. Odnosi się to do wszystkich typów litologicznych rudy.

Bardziej szczegółowych informacji o zmienności poszczególnych odmian litologicznych rudy dostarczają wartości  $\bar{x}$ ,  $S_x$  i  $V_x$  obliczone dla warstw umownych o miąższości 0,20 m dla wszystkich typów rudy (tab. 1 i fig. 2a).

Wyniki badań piaskowca nie mogą być jednoznacznie interpretowane, szczególnie na większych głębokościach (licząc od jego stropu). Ma to związek z bardzo dużą zmiennością zarówno miąższości złoża bilansowego, jak i zawartości Cu. Dowodem tego są znaczne wartości współczynnika zmienności w poszczególnych warstwach umownych (powyżej 100%, a nawet do 160%). Charakterystyczne jest silne okruszcowanie (ponad 6% Cu) pierwszej warstwy umownej oraz stosunkowo niewielki współczynnik zmienności zawartości miedzi. Wiąże się to z powszechnym na danym obszarze silnym wzbogaceniem stropu piaskowca w miedź. Poniżej następuje spadek średniej zawartości metalu (do około 3%). Współczynnik zmienności w tej części profilu wzrasta, wykazując jednocześnie duże zróżnicowanie wartości. Fakt ten tłumaczyć można obecnością lokalnych koncentracji siarczków (punktowo do 30% Cu) w niektórych warstwach umownych, a także nierównomiernym rozmieszczeniem lamin kruszczowych w piaskowcu.

W dolomicie zaznacza się wyraźny i systematyczny spadek średniej zawartości Cu od 3,5 do 0,7% czemu odpowiada wzrost  $V_x$  aż do 110% przy granicy złoża bilansowego. W równomiernie okruszczowanej, ilastej odmianie utworów węglanowych zaznacza się wyraźny spadek wartości  $V_x$ . Krzywe  $S_x$  oraz  $\bar{x}$  są tu zbliżone.

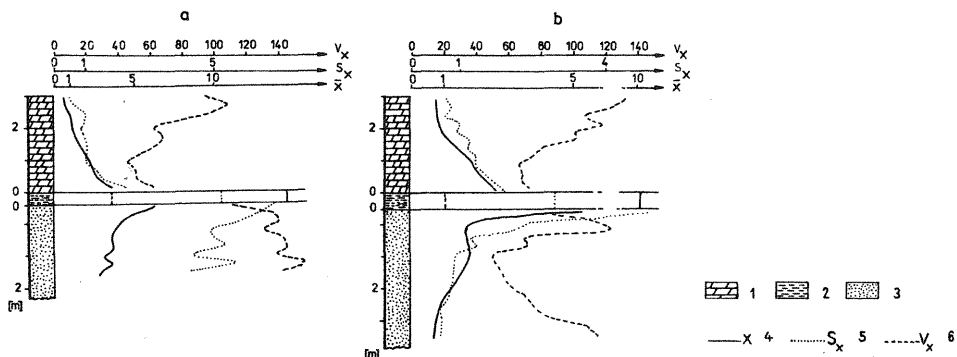


Fig. 2. Wykresy zmienności  $\bar{x}$ ,  $S_x$ ,  $V_x$  w pionie obliczone w poszczególnych warstwach umownych dla rejonu R-1 (a) oraz rejonu R-2 (b)

Graph of variability of  $\bar{x}$ ,  $S_x$ ,  $V_x$  in the vertical profile, calculated for individual conventional layers for the areas R-1 (a) and R-2 (b)

1 – dolomit; 2 – łupek; 3 – piaskowiec; 4 – średnia ważona w % wagowych; 5 – odchylenia standardowe; 6 – współczynnik zmienności w %

1 – dolomite; 2 – shale; 3 – sandstone; 4 – weighted mean in weight per cents; 5 – standard deviation; 6 – variability coefficient in per cents

Tabela 1

## Zestawienie podstawowych parametrów statystycznych dla poszczególnych typów rudy w rejonie R-1

Typ litologiczny rudy	$\bar{x}$	$S_x$	$V_x$	$n$
Dolomit % Cu	2,22	0,66	29,73	292
(m)	1,91	0,73	38,42	
Łupek % Cu	14,44	5,21	36,08	292
(m)	0,31	0,18	58,06	
Piaskowiec % Cu	3,71	2,68	72,33	266
(m)	2,56	2,53	98,98	

Uwagi:  $\bar{x}$  – średnia ważona;  $S_x$  – odchylenie standardowe;  $V_x$  – współczynnik zmienności w %;  $n$  – liczebność.

## REJON R-2

Rejon ten jest zaburzony tektonicznie. System równoległych uskoków o kierunku NW–SE i zmiennym upadzie powoduje zmiany kierunku rozciągłości warstw i kąta upadu. Uskoki te, najczęściej typu nożycowego i łamanego, o zrzutach od kilkudziesięciu centymetrów do kilku metrów, tworzą system zrzębów i rowów (fig. 1).

Ogólny rozkład okruszcowania w pionie jest zbliżony do rozmieszczenia siarczaków w rejonie R-1. Wysokie koncentracje Cu występują w łupku, natomiast w piaskowcu i dolomicie zaznacza się spadek zawartości miedzi (tab. 2). Miąższość

Tabela 2

## Zestawienie podstawowych parametrów statystycznych dla poszczególnych typów rudy w rejonie R-2

Typ litologiczny rudy	$\bar{x}$	$S_x$	$V_x$	$n$
Dolomit % Cu	2,18	0,90	44,03	403
(m)	1,60	0,96	47,50	
Łupek % Cu	10,36	2,97	28,67	458
(m)	0,41	0,09	21,95	
Piaskowiec % Cu	2,42	1,35	55,78	437
(m)	1,89	0,90	47,62	

Uwagi jak przy tab. 1

i zawartość Cu w piaskowcu jest nieznacznie większa od obserwowanej w skałach węglanowych. Również wartości  $V_x$  dla tych odmian litologicznych są podobne. Łupek wykazuje umiarkowaną zmienność zarówno miąższości, jak i zawartości Cu. Współczynnik zmienności miąższości jest mniejszy (dla piaskowca i łupku) lub nieznacznie większy (dla dolomitu) od współczynnika zmienności zawartości Cu. Wyniki obliczeń  $\bar{x}$ ,  $S_x$  i  $V_x$  przedstawiono na fig. 2b. W przypadku piaskowca pierwsza warstwa umowna jest okruszczona silnie, a jej współczynnik zmienności zawartości Cu jest niewielki. Ku dołowi następuje spadek zawartości Cu i wzrost współczynnika zmienności (do 120%). Jest to wynikiem różnej intensywności okruszczowania stropu piaskowca minerałami Cu (głównie chalkozynem). Od

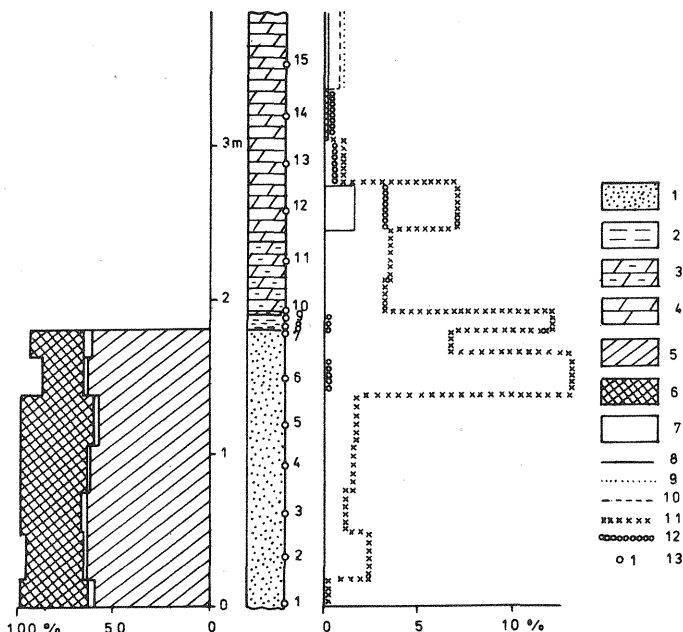


Fig. 3. Profil litologiczny złoża miedzi w rejonie R-1, R-2 z rozmieszczeniem minerałów kruszczowych  
Lithological column of copper deposit and distribution of ore minerals in the areas R-1 and R-2

1 – piaskowiec; 2 – łupek; 3 – dolomit ilasty; 4 – dolomit; 5 – kwarc; 6 – minerały ilaste; 7 – węglany;  
8 – piryty i markazyty; 9 – galena; 10 – sfaleryt; 11 – chalkozyn i digenit; 12 – bornit; 13 – próbki mineralo-  
giczne

1 – sandstone; 2 – shale; 3 – clay dolomite; 4 – dolomite; 5 – quartz; 6 – clay minerals; 7 – carbonates;  
8 – pyrite and marcasite; 9 – galena; 10 – sphalerite; 11 – chalcocite and digenite; 12 – bornite; 13 – mi-  
neralogical samples

głębokości około 0,80 m następuje nieznaczny wzrost wartości  $\bar{x}$  i spadek wartości  $V_x$  do 50%. Ma to związek z pojawieniem się lamin siarczkowych. W rejonie R-2 występują one dość równomiernie na całym obszarze i na jednakowej głębokości. Poniżej piaskowca laminowanego następuje systematyczny spadek zawartości Cu oraz odpowiadający mu wzrost współczynnika zmienności, co wiąże się z zanikiem mineralizacji chalkozynowo-digenitowej oraz z pojawieniem się w wielu miejscach w wyrobiskach górniczych czerwonych plam i lamin, charakterystycznych dla środowiska utleniającego.

### REJON R-3

Rejon ten wytypowano do badań ze względu na znaczną zmienność litologiczną piaskowca. W pozycji piaskowca białożarego o spoiwie ilastym pojawia się tam piaskowiec o spoiwie anhydrytowym. Ten ostatni charakteryzuje się zanikającym okruszcowaniem minerałami miedzi. Profil pionowy piaskowca anhydrytowego z rozmieszczeniem minerałów przedstawia fig. 4. Makroskopowo wydzielić można typowy piaskowiec anhydrytowy barwy jasnoszarej, twardy oraz piaskowiec o spoiwie ilasto-anhydrytowym, cechujący się plamistymi skupieniami anhydrytu o barwie białożarej, odróżniającymi się od ciemniejszego tła piaskowca ilastego. Strefa brzeżna piaskowca anhydrytowego posiada przewagę spoiwa ilastego nad

Tabela 3

## Zestawienie podstawowych parametrów statystycznych dla rudy z rejonu R-3

Typ litologiczny rudy	Komora	$\bar{x}$	$S_x$	$V_x$	$n$
Piaskowiec % Cu	K-2	1,86	0,51	27,4	47
	K-4	1,77	0,50	28,2	47
	K-6	1,87	0,55	29,4	47

Uwagi jak przy tab. 1

anhydrytowym. Węglany i baryt występują w spoiwie sporadycznie. Dokładny opis petrograficzny i litologiczny piaskowca anhydrytowego dają J. Jarosz i M. Zaleska (1977). Oprócz różnicy w rodzaju spoiwa w stosunku do „normalnego” piaskowca miedzionośnego stwierdza się zmiany typu mineralizacji Cu-S na Cu-Fe-S. W typowym piaskowcu o spoiwie anhydrytowym występują głównie siarczki żelaza – piryt i markasyt, podrzędnie – galena, digenit, chalkozyn i chalkopiryt (fig. 4). Sporadycznie występuje sfaleryt i kowelin. W piaskowcu plamistym o spoiwie ilastym występują: chalkozyn, digenit, bornit i kowelin w przewodzie nad pirytem, chalkopirytem i markasytem. Obserwuje się wyraźną zależność okruszczenia od składu petrograficznego skał. W miarę wzrostu zawartości anhydrytu w piaskowcu minerały kruszczowe stają się coraz zasobniejsze w żelazo i ołów.

W strefie piaskowców o spoiwie siarczanowym łupek zanika, zaś wyżej leżące utwory węglanowe są płonne. Strop piaskowca tej strefy stanowi kilkucentymetrowa warstewka piaskowca lingulowego o spoiwie kalcytowym i dolomitowym. Miejscami ponad nim występuje dolomit glonowy (J. Jarosz, M. Zaleska, 1977). Piaskowiec o spoiwie anhydrytowym tworzy formy gniazdowe.

Rozprzestrzenienie piaskowca o spoiwie anhydrytowym przedstawiono na planie (fig. 1) oraz w przekroju pionowym (fig. 5). Obserwacje mikroskopowe pozwalają przyjąć zawartość minerałów kruszczowych, odpowiadającą w przybliżeniu zawartości 0,7% Cu, jako granicę stref anhydrytowych. Z przekroju pionowego wynika, że w miejscach występowania piaskowca o spoiwie anhydrytowym okruszczenie miedzi występuje głębiej, od 4–5 m poniżej stropu piaskowca (fig. 5).

Złoże miedzi w rejonie występowania piaskowca o spoiwie anhydrytowym ma nietypowe wykształcenie, charakteryzuje się ono: a – dużymi bilansowymi miąższościami okruszczonych piaskowców; b – brakiem łupku miedzionośnego lub redukcją jego miąższości do kilku centymetrów (fig. 5); c – występowaniem warstwy dolomitu piaszczystego; d – brakiem dolomitu ilastego; e – niewielką miąższością dolomitu smugowanego.

Strefa piaskowca o spoiwie anhydrytowym nie wpływa wyraźnie na wartości podstawowych parametrów statystycznych  $\bar{x}$ ,  $S_x$  i  $V_x$  (tab. 3). Należy to tłumaczyć małą jej miąższością w stosunku do całej miąższości złoża – 80% próbek przypada na strefę złożową jednolicie okruszczoną, ze współczynnikiem zmienności nie przekraczającym 50%.

Wykresy podstawowych parametrów statystycznych obliczonych w pionie dla wyrobisk K-2, K-4 i K-6 w systemie „warstw umownych” wykazują jednakową tendencję zmienności zawartości miedzi, odchylenia standardowego i współczynnika zmienności (fig. 6a, b, c). Pierwsza warstwa umowna, licząc od stropu, ma wysoką zawartość miedzi, około 2,5%, oraz duże wartości odchylenia standardowego i współczynnika zmienności (fig. 6b, c). Wyjatek stanowi wyrobisko K-2 (fig. 6a), gdzie  $\bar{x}$  wynosi około 1,5% Cu. Jest to związane z występowaniem piaskowca anhydrytowego, a więc z przewagą próbek o małej zawartości miedzi. Wysokie

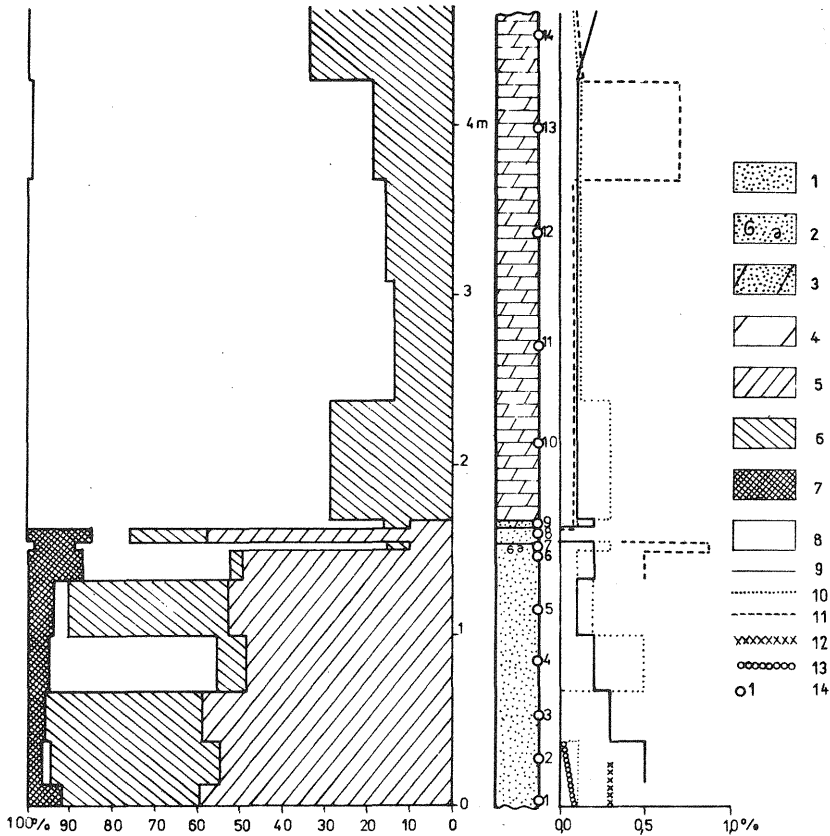


Fig. 4. Rozkład minerałów w profilu pionowym strefy tzw. piaskowca anhydrytowego w rejonie R-3

Distribution of minerals in the vertical profile of anhydrite sandstone zone in the area R-3

1 - piaskowiec; 2 - piaskowiec lingulowy; 3 - dolomit piaszczysty; 4 - dolomit; 5 - kwarc; 6 - anhydryt; 7 - minerały ilaste; 8 - węglany; 9 - piryt i markasyt; 10 - galena; 11 - sfaleryt; 12 - chalkozyn i digenit; 13 - bornit; 14 - próbki mineralogiczne

1 - sandstone; 2 - Lingula sandstone; 3 - sandy dolomite; 4 - dolomite; 5 - quartz; 6 - anhydrite; 7 - clay minerals; 8 - carbonates; 9 - pyrite and marcasite; 10 - galena; 11 - sphalerite; 12 - chalcocite and digenite; 13 - bornite; 14 - mineralogical samples

wartości odchylenia standardowego i współczynnika zmienności dla wyrobisk K-4 i K-6 (fig. 6b, c) świadczą o zróżnicowaniu zawartości miedzi w poszczególnych próbkach. Związane to jest ze wzbogaceniem w siarczki stref przyległych do piaskowca o spoiwie anhydrytowym (fig. 5). Strefy te mają bardzo nieregularny przebieg.

W interwale od jednego do czterech metrów – licząc od stropu piaskowca – zauważa się spadek zawartości miedzi wraz ze zmniejszaniem się pozostałych parametrów –  $S_x$  i  $V_x$ . Spowodowane to jest obecnością piaskowca anhydrytowego i jego stref przejściowych, a co się z tym wiąże – występowaniem stref pozabilansowych w obrębie złoża (fig. 5). Odmiennie przedstawia się to w profilu wyrobiska K-2, co spowodowane jest różnym zasięgiem piaskowca anhydrytowego w zależności od przekroju.

Rozprzestrzenienie spoiwa anhydrytowego i jego wpływ na okruszczowanie ilustruje fig. 4. Najsilniej zaznacza się ten wpływ w interwale 1–4 m poniżej stropu

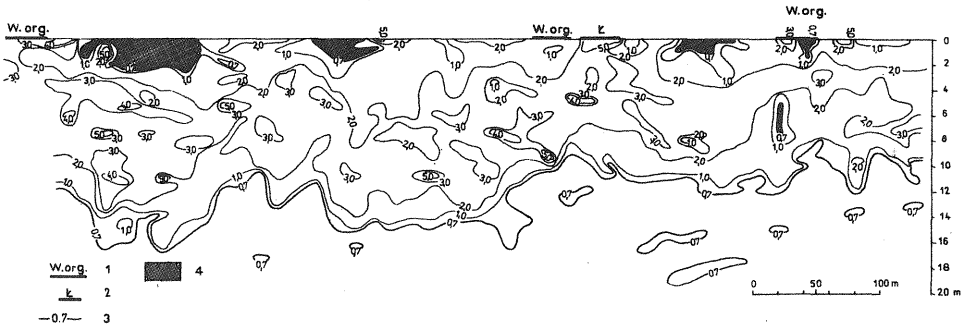


Fig. 5. Zawartość miedzi w profilu pionowym – komora K-6

Copper content in the vertical profile, bord K-6

1 – wapień organogeniczny; 2 – łupek; 3 – izolinie zawartości miedzi w % wagowych; 4 – piaskowiec o spoiwie anhydrytowym

1 – organogenic limestone; 2 – shale; 3 – isolines of copper content in per cents; 4 – sandstone with anhydrite cement

piaskowca. W przedziale głębokości 4–12 m (niekiedy 15 m) obserwuje się wyraźny wzrost wartości  $\bar{x}$  i spadek  $S_x$  i  $V_x$ . Jest to strefa bilansowa złoża i zmienność jej jest najmniejsza przy wyższych zawartościach miedzi. W miejscu, gdzie kończy się złożo bilansowe, rosną szybko wartości  $V_x$ .

Dla rejonu R-3 wyznaczono rozkład zawartości miedzi w poszczególnych warstwach umownych. Histogramy przedstawiono na fig. 7. Na histogramach a–g (do głębokości 3,2 m) wyraźnie zaznacza się wpływ dużej ilości próbek o zawartości Cu poniżej 1,5% na jakość rozkładu, co jest związane z zasięgiem spoiwa anhydrytowego występującego na tych poziomach (fig. 5). Na podstawie obserwacji mikroskopowych i rozkładów zawartości Cu w poszczególnych warstwach można

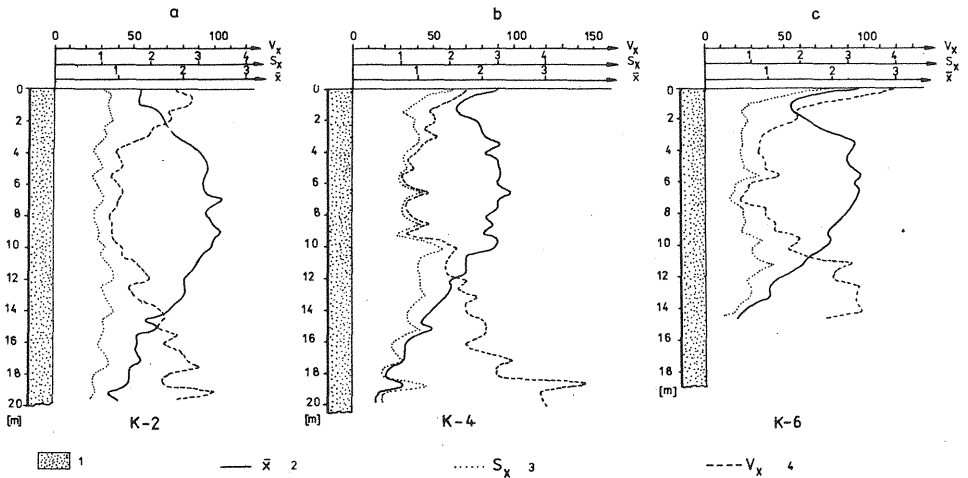


Fig. 6. Wykresy zmienności  $\bar{x}$ ,  $S_x$ ,  $V_x$  w pionie obliczone w poszczególnych warstwach umownych dla rejonu R-3

Graphs of variability of  $\bar{x}$ ,  $S_x$  and  $V_x$  in the vertical profile, calculated for individual conventional layers for the area R-3

a – komora K-2; b – komora K-4; c – komora K-6; 1 – piaskowiec; 2 – średnia ważona w % wagowych; 3 – odchylenia standardowe; 4 – współczynnik zmienności w %

a – bord K-2; b – bord K-4; c – bord K-6; 1 – sandstone; 2 – arithmetic mean in weight per cents; 3 – standard deviation; 4 – variability coefficient in per cents



sugerować istnienie trzech typów mineralizacji: pierwszy mieściłby się w granicach 0,7–3,5% Cu i na ten typ przypadałaby główna część okruszcowania; drugi, związany z wartościami poniżej 0,7% Cu, charakterystyczny byłby dla strefy anhydrytowej i jej obrzeżenia; trzeci, związany z koncentracjami powyżej 3,5% Cu, charakteryzowałby strefy otaczające „ciała” anhydrytowe. Istnienia kilku etapów okruszcowania na podstawie badań mineralogicznych dowodzą W. Mayer i W. Salamon (1974) oraz M. Nieć i F. Zaczek (1977) na podstawie analizy statystycznej. Na głębokości 7,2 m rozkład jest zbliżony do normalnego (fig. 7j i fig. 8j), co odpowiadałoby pierwszemu, głównemu etapowi mineralizacji. Jest on charakterystyczny dla bilansowych części złoża. Histogramy wykonane dla spągu złoża (fig. 7k, l) są zbliżone do rozkładu gamma i obrazują wygasanie okruszcowania miedzi do poziomu tła.

## ZRÓŻNICOWANIE MINERALIZACJI W PROFILU SERII ZŁOŻOWEJ

### PIASKOWIEC

Obszary R-1 i R-2 są podobne, będą więc omówione łącznie, a rejon R-3, na którym stwierdzono występowanie piaskowca o spoiwie anhydrytowym omówiony został dokładniej przy analizowaniu wyników obliczeń statystycznych. Mimo występujących dużych różnic w litologii i rozmieszczeniu okruszcowania obserwuje się pewne prawidłowości w przebiegu krzywych  $\bar{x}$ ,  $S_x$  i  $V_x$  dla piaskowca we wszystkich trzech obszarach. Strop piaskowca jest bogato okruszczony chalkozynem, maksymalnie do głębokości 0,4 m. Wyjątkiem jest profil wyrobiska K-2 (fig. 6a). Średnia zawartość miedzi jest tu wyraźnie mniejsza w związku z występowaniem piaskowca o spoiwie anhydrytowym.

Wysoki współczynnik zmienności 70–120% wskazuje na duże zmiany w okruszcowaniu stropu piaskowca. Dla rejonu R-1 i R-2 maksimum okruszcowania przypada na różnych głębokościach w interwale 0,0–0,4 m, co ma związek z litologią piaskowca, ze składem mineralnym materiału cementującego i lokalną przewagą spoiwa węglanowego nad ilastym. W rejonie R-3 w stropie piaskowca występują bardzo duże rozpiętości zawartości miedzi: od 0 do 15%. Jest to prawdopodobnie związane z istnieniem trzech typów okruszcowania.

W interwale głębokości 0,4–0,8 m dla R-1 i R-2 zaznacza się wyraźny spadek wartości średnich Cu, a wzrost  $V_x$  do 140%. Na obszarze rejonu R-3 widoczne jest to w interwale 0,4–4,0 m, to jest w granicach występowania spoiwa anhydrytowego w piaskowcu. Do głębokości około 12 m na obszarze R-3 wartości  $V_x$  generalnie maleją i nie przekraczają 50%, natomiast  $\bar{x}$  stabilizuje się na poziomie 2–3%.

Spąg złoża przedstawia się jednakowo dla wszystkich rejonów. Zawartość miedzi maleje poniżej 0,7%, a współczynnik zmienności rośnie, osiągając wartości powyżej 100%.

### ŁUPEK

Łupek występuje we wszystkich rejonach. Na obszarze rejonów R-1 i R-2 miąższość jego waha się w granicach 0,1–0,7 m, średnio = 0,35 m. W rejonie R-3 zalega płatami. W miejscu występowania piaskowca o spoiwie anhydrytowym stwierdzono znikome miąższości tej skały w postaci warstewki o grubości do 1 cm. Łupek występuje w trzech odmianach litologicznych:

1 – ilasto-organiczny – występuje przeważnie w spągu warstwy łupkowej, miąższość do 10 cm; nie jest notowany na całym obszarze;

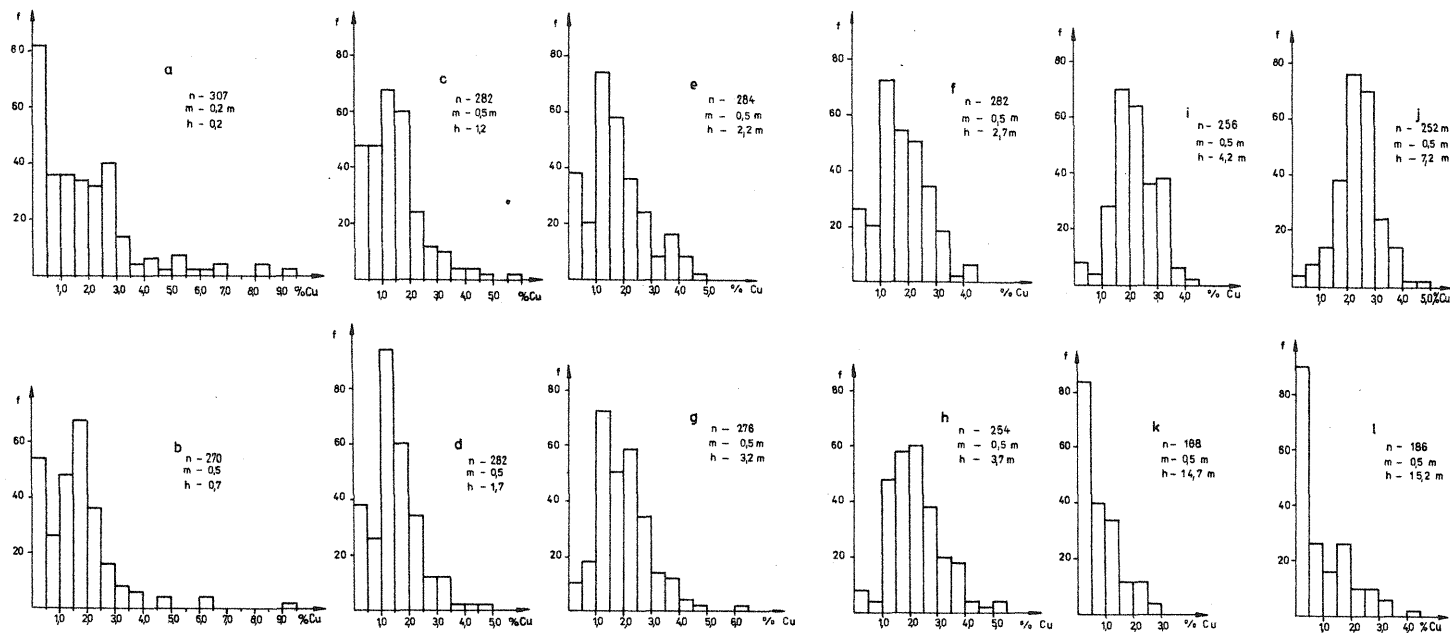


Fig. 7. Rozkłady zawartości miedzi obliczone dla wybranych warstw umownych w rejonie R-3

Distribution of copper content in selected conventional layers in the area R-3

n – liczebność; m – miąższość warstwy umownej, dla której obliczono średnie zawartości miedzi; h – odległość spągu warstwy umownej od stropu piaskowca

n – frequency; m – thickness of conventional layer for which calculations were made; h – distance between the base of conventional layers and top of sandstone layer

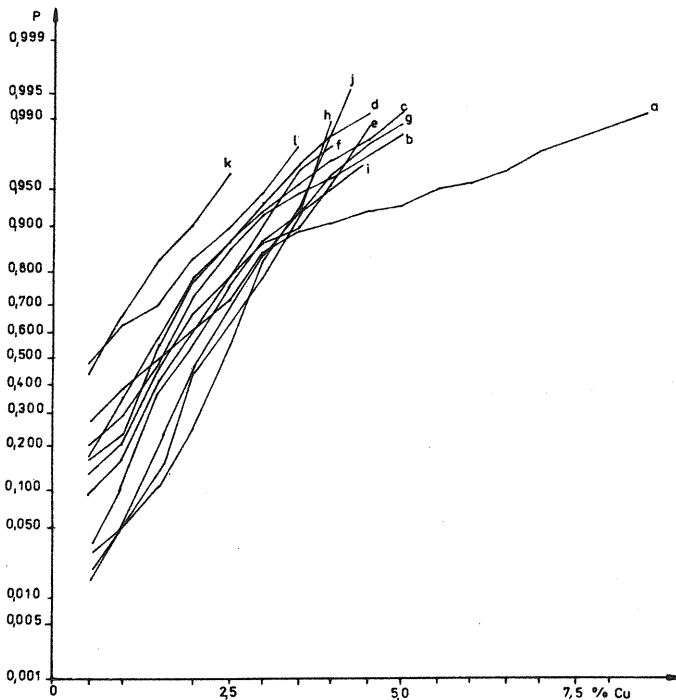


Fig. 8. Wykresy krzywych rozkładu zawartości Cu na siatce probabilistycznej  
Curves of distribution of Cu content on probabilistic net

a, b, ...l – symbole warstw umownych  
a, b, ...l – symbols of conventional layers

2 – ilasto-dolomityczny – przeważa objętościowo na całym obszarze kopalni, miąższość do 40 cm;

3 – dolomityczno-ilasty – posiada ciągłe przejścia do wyżej zalegających utworów węglanowych, miąższość jest bardzo różna, średnio około 40 cm.

Średnie zawartości miedzi w łupku wahają się od 5 do 15%. Z minerałów siarczковых występuje głównie chalkozyn, digenit, bornit, rzadziej djurleit, kowelin, chalkopiryt, piryt, galena i sfaleryt. Miejscami dominują dwa ostatnie siarczki.

Analiza statystyczna wykonana dla całej miąższości łupku wskazuje na małe zmienności parametrów. Współczynnik zmienności miąższości wynosi maksymalnie 58% w rejonie R-1 i 22%, w rejonie R-2. Współczynnik zmienności zawartości procentowej miedzi jest mały i wynosi średnio około 30%.

#### UTWORY WĘGLANOWE

Obejmują one dolomity i wapienie o różnej miąższości. W wyrobiskach górniczych występują trzy warstwy dolomitów (od spągu): ilasta, smugowana i wapnista.

Utwory te są silnie spękane. Szczeliny często wypełnione są gipsem, anhydrytem, kalcylem i barytem, rzadziej siarczkami. W wielu miejscach kopalni występują w dolomitach gniazda anhydrytowo-gipsowe z różowym selenitem (H. Kucha, B. Marcinkowski, 1976) i kalcylem. Duże ilości anhydrytu i gipsu stwierdzono w węglanach w rejonie R-3 (fig. 4). Występują one w postaci różnej wielkości soczewek oraz rozproszonych drobnych ziarn izometrycznych o bezładnym ułożeniu.

W utworach węglanowych dominuje okruszcowanie w formie rozproszonej, rzadziej w postaci żyłek i gniazd. Głównymi minerałami kruszczowymi są chalkozyn, digenit, bornit, chalkopiryt, piryt i kowelin. W miejsce zanikających siarczków miedzi pojawia się galena, sfaleryt, piryt i markasyt (fig. 3). Zmiana taka zachodzi na różnej wysokości w profilu złoża. Na obszarze R-3 przeważa ten drugi typ okruszcowania w całej serii węglanowej. Sporadycznie notowany jest chalkozyn, digenit, kowelin i bornit.

Krzywe  $\bar{x}$ ,  $S_x$  i  $V_x$  mają identyczny przebieg dla rejonów R-1 i R-2. Krzywe średniej zawartości i odchylenia standardowego wykazują tendencję malejącą w kierunku stropu. Współczynnik zmienności do głębokości 0,8 m wykazuje tendencję malejącą, osiągając wartości 40–60%. Związane to jest z występowaniem na tej głębokości dolomitu ilastego z równomiernym, rozproszonym okruszczeniem miedzi. Powyżej 0,8 m zaznacza się wyraźny wzrost  $V_x$ , maksymalnie do 140%. Odpowiada on niskim zawartościom miedzi w tej części profilu złoża.

## WNIOSKI

Badane części obszaru górniczego kopalni Rudna pod względem zmienności mineralizacji miedzianej i miąższości okruszcowania w poszczególnych odmianach litologicznych skał miedzianośnych należą do grupy złóż o umiarkowanej i dużej zmienności. Strop i spąg złoża mają duże i bardzo duże zmienności tych parametrów.

Współczynniki zmienności miąższości i zawartości miedzi dla poszczególnych typów litologicznych rud są niższe lub równe analogicznym parametrom statystycznym dla obszarów górniczych Lubina i Polkowic, obliczonym przez innych autorów (M. Nieć, 1964; J. Kotlarczyk, M. Nieć, 1976; M. Nieć, F. Zaczek, 1977; B. Romanowska, W. Salski, 1977; M. Górecka, M. Nieć, 1978).

W rejonie R-3 złoże występuje wyłącznie w piaskowcu i posiada duże miąższości, do 20 m, średnio 10–12 m. Charakterystyczną cechą dla tego obszaru jest ponadto brak łupku i występowanie piaskowca o spoiwie anhydrytowym. Rozciągłość stref z piaskowcem o spoiwie anhydrytowym jest zbliżona do układu izolacji stropu piaskowca (fig. 1).

Histogramy rozkładu zawartości miedzi, obserwacje mikroskopowe i kopalniane sugerują istnienie trzech etapów mineralizacji dla tego obszaru. Można przypuszczać, że etap pierwszy i trzeci mają ten sam charakter okruszcowania – dominują siarczki miedzi. Drugi etap wyraźnie różni się od dwóch poprzednich, dominuje okruszcowanie typu Fe–Pb–Zn.

Badania mineralogiczne wydają się wskazywać, iż główna masa mineralizacji (I etap) jest wcześniejsza od anhydrytu. Pojawienie się anhydrytu w stropie piaskowca zmienia okruszcowanie Cu–Fe–S na Fe–Pb–Zn–S (II etap). Diagenetyczno-infiltracyjny proces tworzenia się anhydrytu może być związany z dolomitacją wyżej leżących utworów węglanowych. Mineralizacja III etapu jest związana z peryferiami stref piaskowca anhydrytowego. Problem ten jest przedmiotem szczegółowych badań.

## PIŚMIENNICTWO

- GÓRECKA M., NIEĆ M. (1978) – Zmienność mineralizacji miedziowej w profilu złoża w Polkowicach. *Prz. Geol.*, 26, p. 419–423, nr 7. Warszawa.
- JAROSZ J. (1975) – Charakterystyka mineralogiczna złoża w strefie występowania piaskowca anhydrytowego w rejonie szybów głównych kopalni Rudna. *Arch. ZG Rudna. Polkowice*.
- JAROSZ J., ZALESKA M. (1977) – Piaskowiec anhydrytowy w złożu rud miedzi Rudna. *Rudy Met. Nieżel.*, nr 12, p. 664–668. Katowice.
- KOTLARCZYK J., NIEĆ M. (1976) – Opracowanie modelu przestrzennego zmienności złoża Lubin–Polkowice w nawiązaniu do stratygrafii. *Arch. IGiSM AGH. Kraków*.
- KUCHA H., MARCINKOWSKI B. (1976) – Nowe dane o minerałach molibdenu, rtęci i bizmutu ze złóż miedzi na monoklinie przedsudeckiej. *Rudy Met. Nieżel.*, nr 11, p. 420–422. Katowice.
- MAYER W., SALAMON W. (1974) – Wstępne dane o mineralizacji piaskowców białego spągowca na terenie kopalni Rudna. *Rudy Met. Nieżel.*, nr 6, p. 300–305. Katowice.
- NIEĆ M. (1964) – Analiza statystyczna złóż miedzi monokliny przedsudeckiej. *Rudy Met. Nieżel.*, nr 6, p. 300–302. Katowice.
- NIEĆ M., ZACZEK F. (1977) – Zmienność mineralizacji w profilu złoża miedzi w Lubinie. *Zesz. Nauk. AGH, Geologia*, 2, z 3, p. 35–44. Kraków.
- ROMANOWSKA B., SALSKI W. (1977) – Zmienność złoża rud miedzi monokliny przedsudeckiej. *Geologia*, 12, nr 2, p. 49–74. Wrocław.

Мария ТЫЛЬКА, Войцех МАЕР, Адам ПЕСТЖИНЬСКИ, Войцех ТЫЛЬКА

**ИЗМЕНЧИВОСТЬ МЕДНОГО ОРУДЕНЕНИЯ  
В ВЫБРАННЫХ РАЙОНАХ ШАХТЫ РУДНА**

Резюме

В статье представлены результаты изучения изменчивости залегания меди в шахте „Рудна”. Геологический и статистический анализ был проведен по трём выбранным районам шахты, где продуктивные породы имеют различное строение.

Статистические данные подтвердили минералогические исследования. Особенно точно совпадают результаты по району R-3, где залегает так называемый ангидритовый песчаник и пруроченный к нему иной тип оруденения (сульфиды Fe, Zn и Pb, вместо сульфидов Cu). Статистические данные, дополненные наблюдениями по месторождению и изучением под микроскопом, позволяют предполагать наличие в песчаниках трёх типов оруденения.

Maria TYLKA, Wojciech MAYER, Adam PIESTRZYŃSKI, Wojciech TYLKA

**VARIABILITY IN COPPER MINERALIZATION IN SELECTED PARTS  
OF THE RUDNA MINE**

Summary

The paper presents the results of studies on variability of copper content in the deposit of Rudna mine. The geological and statistical analyses comprised three regions of the mining field, differing in development of the host-rocks.

<sup>1</sup> The results of statistical analyses gave further support to those of mineralogical studies. The data are particularly consistent in the case of the region R-3, where occurs so-called "anhydrite sandstone" with a specific type of mineralization (Fe, Zn and Pb sulfides instead of Cu ones). The statistical analyses supported by field and microscopic observations, suggests the existence of three types of mineralization in sandstones.