

ANALIZA ZRÓŻNICOWANIA MINERALIZACJI MIEDZIOWEJ W PIASKOWCACH BIAŁEGO SPĄGOWCA NA OBSZARZE KOPALNI LUBIN

Analysis of the variability of copper mineralization in
Whiteliegendes sandstones in the area of the Lubin Mine

Barbara NAMYSŁOWSKA-WILCZYŃSKA

Instytut Geotechniki, Politechnika Wroclawska
pl. Grunwaldzki 9, 50-377 Wrocław

SPIS TREŚCI

| | |
|--|----|
| Streszczenie | 73 |
| Wstęp | 73 |
| Charakterystyka rejonów badawczych | 75 |
| Pole L-1 | 76 |
| Pole L-2 | 76 |
| Pole L-3 | 76 |
| Zmienność zawartości miedzi w profilu pionowym piaskowców | 77 |
| Badanie rozkładów | 77 |
| Pola L-1 i L-2 | 77 |
| Pole L-3 | 82 |
| Ocena zróżnicowania parametrów statystycznych Pola L-1, L-2 i L-3 | 85 |
| Wyniki badań statystycznych na tle sedimentologiczno-mineralogicznym | 91 |
| Zakończenie | 94 |
| Literatura | 95 |
| Summary | 97 |

STRESZCZENIE. Przedmiotem rozważań w artykule jest zmienność mineralizacji miedziowej w obrębie piaskowców białego spągowca na obszarze złoża rud miedzi w Lubinie. Zagadnienie zróżnicowania zawartości miedzi analizowano zarówno w profilu pionowym miedzionośnej serii piaskowcowej, jak też w jej rozprzestrzenieniu poziomym. Badane profile rudy piaskowcowej reprezentują trzy pola eksploatacyjne kopalni „Lubin”: L-1, L-2 i L-3. Pola te charakteryzują się zróżnicowaną wielkością obszaru i różnorodnym wykształceniem litologicznym serii złożowej.

Podstawowy materiał do badań statystycznych stanowiły oznaczenia zawartości Cu w próbach elementarnych o długości 0,20 m, pochodzących z prób bruzdowych pobranych ze złoża.

Przeprowadzono analizę kształtów rozkładów zawartości Cu, opracowanych dla wytypowanych „warstw” zmineralizowanych piaskowców — tzw. plasterków. Następnie dokonano

oceny zróżnicowania podstawowych statystyk tego parametru (średnich \bar{X} , wariancji S^2 , odchyłeń standardowych S , i współczynników zmienności V). Te obliczenia wykonano dla całego interwału miąższości rudy.

Rezultaty analizy statystycznej przedstawiono na tle danych sedimentologiczno-mineralogicznych, dotyczących piaskowców białego spągowca. Stwierdzona zmienność kształtów histogramów i wartości parametrów statystycznych w profilach pionowych przemawia za descenzyjną genezą mineralizacji piaskowców. Zaznaczające się prawidłowości w rozmieszczeniu mineralizacji miedzią w profilach tych skał odzwiercudniają zjawiska postsedymencyjnego przemieszczania się roztworów kruszczośnych w piaskowcach, wskazując na złożoność procesów ich migracji. W kształtowaniu się obecnej formy złoża oprócz lateralnych przemieszczeń kruszców istotną rolę odgrywały również ruchy pionowe.

WSTĘP

Przegląd dotychczasowych prac poświęconych problematyce zmienności mineralizacji miedziowej w profilu stratygraficznym utworów dolnego

permu na obszarze monokliny przedsudeckiej wykazuje, że przeważnie dotyczyły one pojedynczych, niewielkich bloków złoża rud miedzi.

W rejonie Lubina badania statystyczne, przeprowadzone pod kątem analizy zmienności okruszcowania w profilu pionowym piaskowców białego spągowca, objęły fragment obszaru złożowego o powierzchni ok. 10 ha w pobliżu szybów wschodnich kopalni, gdzie utwory te stanowią podstawowy typ rudy (Nieć, Zaczek 1977). Nieć i Zaczek reprezentują pogląd, że w obrębie serii piaskowcowej występują co najmniej dwa typy mineralizacji miedzią, jeden utożsamiany z okruszcowaniem syngenetycznym i drugi uważany za epigenetyczny, infiltracyjny. Nie wykluczają oni też istnienia trzeciego typu mineralizacji, bogatszego w miedź, sugerując zjawisko nakładania się poszczególnych typów i ich zróżnicowania fazowego w profilu piaskowców.

Analogiczne badania zostały wykonane dla środkowej części obszaru górniczego Polkowic, dla bloku o powierzchni ok. 5 ha (Górecka, Nieć 1978). W tym rejonie analizie statystycznej został poddany dłuższy interwał rudy piaskowcowej (4,40 m). Jej rezultaty potwierdziły złożony i przypuszczalnie wielofazowy charakter mineralizacji. W rejonie Polkowic występuje jednak, zdaniem cytowanych autorów, tylko mineralizacja infiltracyjna.

Stosunkowo najwięcej badań statystycznych przeprowadzono dla kopalni „Rudna” (Tylka *et al.* 1980). Analizowano trzy bloki złoża. Dwa spośród nich odznaczają się typową budową litologiczną serii złożowej (piaskowce, łupki, dolomity). Wykształcenie petrograficzne piaskowców na tych polach nie odbiega od stwierdzonego w osadach białego spągowca w rejonach Lubina i Polkowic. Długość przebadanych profili okruszczonych piaskowców waha się od niespełna 2 do 3 metrów. Trzeci blok wyróżnia się natomiast dużymi miąższościami zmineralizowanych piaskowców, nawet do ok. 20 metrów. Łupki miedzionośne są tutaj nieobecne lub mają zredukowane miąższości do kilku centymetrów. W profilu rudy piaskowcowej na tym polu pojawia się w przedziale głębokości 0,4–4,0 m w pozycji piaskowca białoszarego o spoiwie ilastym – piaskowiec anhydrytowy. Zmienność zawartości miedzi została przebadana w tym rejonie dla najdłuższego profilu, a mianowicie w interwale 4–20 m. Autorzy cytowanej pracy, dotyczącej „Rudnej”, sugerują istnienie trzech typów mineralizacji, co pozostaje w zgodności z przedstawionymi wyżej wynikami wcześniejszych badań, a także rezultatami prac mineralogicznych (Mayer, Salamon 1974). Przypuszczają oni, że pierwszy etap okruszcowania (główna masa mineralizacji) i trzeci,

związany z peryferiami stref piaskowca anhydrytowego, reprezentują ten sam charakter mineralizacji z dominacją siarczków Cu. Etap drugi, charakterystyczny dla strefy anhydrytowej i jej obrzeżenia, różni się od poprzednich typem okruszcowania, które zmienia się z Cu–Fe–S na Fe–Pb–Zn–S wskutek pojawienia się anhydrytu w stropie piaskowców.

Obraz zmienności mineralizacji miedziowej, jaki można odczytać na podstawie rezultatów analizy statystycznej dla różnych bloków złoża, wskazuje wyraźnie, iż nie jest ona genetycznie jednorodna. Niemniej jednak procesy okruszcowania miały odmienny przebieg w rozpatrywanych rejonach Lubina, Polkowic i Rudnej.

Prezentowany artykuł stanowi wybrany fragment pracy doktorskiej autorki pod tytułem „Analiza ilościowa przestrzennej zmienności wybranych parametrów geologicznych osadów dolnego cechsztynu w rejonie kopalni »Lubin«” (1980). Skoncentrowano się w nim na zagadnieniu zróżnicowania zawartości miedzi w profilu pionowym piaskowców białego spągowca. Chodziło o stworzenie możliwie jak najpełniejszego obrazu zmienności mineralizacji w obrębie tych utworów na całym obszarze złożowym Lubina.

Analizowano trzy oddziały wydobywcze, charakteryzujące się zróżnicowaną wielkością obszaru i odmiennym wykształceniem litologicznym serii złożowej (fig. 1, 2). Pole L-1, położone w południowo-wschodnim rejonie kopalni, zajmuje

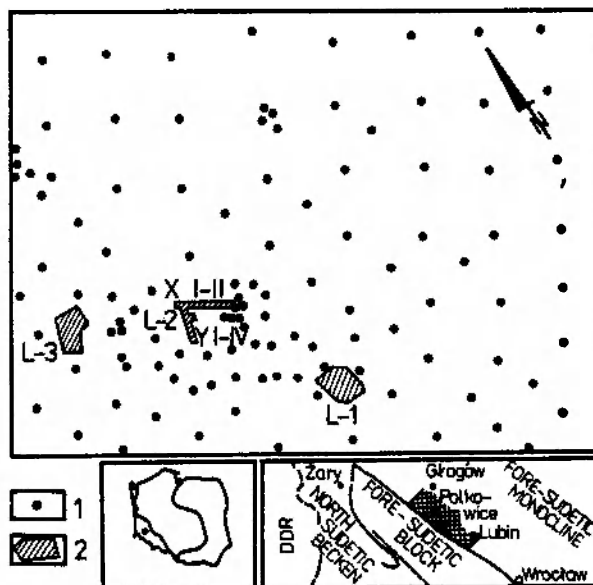


Fig. 1. Mapa sytuacyjna obszaru badań – kopalnia Lubin. 1 – otwory wiertnicze; 2 – badane rejonów górnicze
Situation map of the studied regions of the Lubin Mine. 1 – boreholes; 2 – studied mining regions

prawie całą powierzchnię oddziału L-1, ok. 49 ha. Pole L-2, znajdujące się w środkowej części złoża, reprezentowane jest przez parę pochylni X I–II (o długości ok. 1200 m) i wiązkę czterech upadowych Y I–IV (o długości ok. 900 m). Są to wyrobiska przebiegające mniej więcej prostopadle względem siebie, przy czym chodniki X I–II przebiegają zgodnie z rozciągłością złoża (NW–SE) zaś Y I–IV mają przebieg zgodny z linią upadu (NE–SW). Pole L-3 stanowi zasadniczą część oddziału L-3, leżącego w zachodniej części kopalni. Powierzchnia tego bloku wynosi ok. 42 ha. Przedmiotem rozważań był tutaj tylko rejon pochylni Z:N–S, odgraniczającej oddział od strony zachodniej, gdyż dopiero tam pojawiają się okruszczone bilansowo piaskowce.

Stosowany w kopalni system opróbowania, polegający na rozpoznawaniu złoża za pomocą prób bruzdowych, pobieranych w odstępach poziomych co ok. 15–20 m (składających się z elementarnych odcinków o długości 0,20 m), umożliwił zastosowanie techniki geometrycznego podziału złoża w pionie na tzw. plasterki. Ten sztuczny podział na warstwy umowne – plasterki, wiąże się z wykonywaniem masowych oznaczeń zawartości miedzi w próbach elementarnych piaskowców. Przedmiotem badań była więc populacja prób elementarnych, pochodzących z prób bruzdowych, rozmieszczonych systematycznie co 15 m (L-2 i L-3), i wyselekcjonowanych spośród nich o rozstawie co ok. 60 m (L-1). W przypadku tego ostatniego pola dodatkowo uwzględniono próbkę, utworzoną przez bezpośrednie losowanie z populacji prób co 15 m (Namysłowska-Wilczyńska 1980). W obliczeniach wykorzystano

również dane z analiz chemicznych rdzeni wiertniczych z otworów, wykonywanych w tych wyrobiskach w kierunku spągu i stropu, gdzie wysokość była mniejsza od miąższości złoża bilansowego.

Badania statystyczne rozpoczęto od oceny kształtu rozkładów, sporządzonych dla wytypowanych plasterków piaskowców. Przy opisie histogramów uwzględniono terminologię stosowaną w pracach statystycznych (Yule, Kendall 1966; Bobrowski 1980). Decyzja wyboru do badań tylko określonych warstw serii piaskowcowej została podyktowana z jednej strony chęcią objęcia całego interwału okruszczonych piaskowców, nawet z wykroczeniem poza granicę bilansowości złoża, zaś z drugiej strony dużą pracochłonnością obliczeń. Badano jak zmienia się postać rozkładów w zależności od odległości danego plasterka od spągu rudy łupkowej, a więc przy przemieszczaniu się w coraz głębsze partie złoża, w kierunku wygasania mineralizacji. Równolegle z analizą histogramów dokonano oceny zróżnicowania podstawowych statystyk, z tą jednak różnicą, że obliczenia wykonano dla całego profilu rudy. Uwzględnienie wszystkich plasterków pozwala na pełniejsze rozeznanie zmienności okruszczowania w całym profilu. W interpretacji rezultatów analizy statystycznej nawiązywano do dotychczasowych obserwacji kopalnianych i prac mineralogicznych, dotyczących złoża miedzi na monoklinie przedsudeckiej.

Autorka pragnie przekazać bardzo serdeczne podziękowania Panu Profesorowi Januszowi Kotlarczykowi z Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie za przejrzenie pracy i za wniesienie wielu cennych uwag.

CHARAKTERYSTYKA REJONÓW BADAWCZYCH

Grubość strefy okruszczonej bilansowo (0,7% Cu – według kryteriów bilansowości obowiążujących w trakcie opracowywania zebranego materiału) i zasięg występowania poszczególnych poziomów litologicznych złoża miedzi są zróżnicowane w analizowanych rejonach (fig. 1, 2).

W obrębie badanych pól wydobywczych (fig. 1) dostrzega się różne typy profilu litologicznego serii miedzionośnej (Namysłowska-Wilczyńska 1980). Stwierdza się istnienie pięciu odmiennych typów profilu (fig. 2) spośród siedmiu opisanych dla obszarów eksploatacji górniczej Lubina, Polkowice i Rudnej (Romanowska, Salski 1978).

Na polach L-1 i L-2, gdzie obserwuje się najmniejszą zmienność parametrów złożowych

(współczynniki zmienności $V_{Cu} = 20,99\text{--}26,92\%$ oraz $V_m = 21,4\text{--}30,1\%$), przeważa I i II typ profilu złoża. Mamy tutaj do czynienia z dominacją okruszczowania w piaskowcach białego spągowca (fig. 2). Dolomit graniczny i łupki miedzionośne zachowują na ogół ciągłość. Tymczasem skały węglanowe zmineralizowane są w niewielkim stopniu. Średnia miąższość całej serii złożowej (bilansowej) waha się od 4,31 m na polu L-1 do 3,18 m na obszarze X I–II (L-2). Na polu Y I–IV (L-2) natomiast wszystkie serie litologiczne są wykształcone, mimo lokalnych wahań miąższości rudy, w sposób ciągły (typ III). Nadal piaskowce są zasadniczym członem serii złożowej. Średnia jej miąższość wynosi ok. 3,49 m.

Większe zróżnicowanie parametrów złożowych stwierdza się na polu L-3 ($V_{Cu} = 45,36-56,91\%$ i $V_m = 32,70-45,45\%$). Strefę zmineralizowaną tworzą poziomy skał wapienno-dolomitowych i łupków miedzionośnych, wykształcone w sposób ciągły (fig. 2). Jest to IV typ profilu złoża, które na polu L-3 osiąga średnią miąższość 2,26 m. W rejonie pochylni Z:N-S napotyka się V typ profilu. Analogicznie, jak na przyległym obszarze, podstawowa masa okruszcowania związana jest ze skałami węglanowymi i łupkami (fig. 2). Mineralizacja pojawia się tam ponownie w piaskowcach, jednakże wykazują one bardzo zróżnicowaną miąższość. Średnia grubość całej serii bilansowej wynosi ok. 2,86 m.

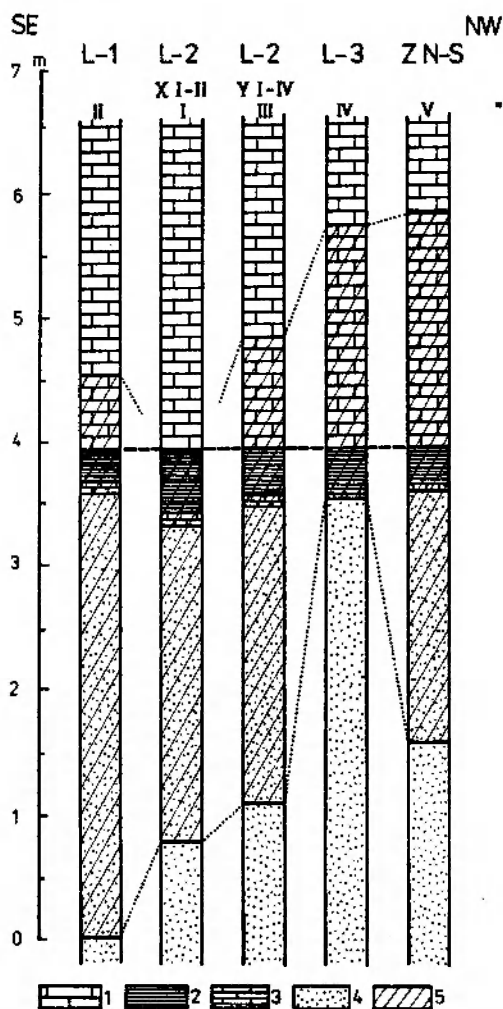


Fig. 2. Pozycja w profilu stratygraficznym dolnego cechsztynu i średnia miąższość miedzionośnej serii złożowej w badanych rejonach kopalni. 1 – wapienie i dolomity; 2 – łupki miedzionośne; 3 – dolomit graniczny; 4 – piaskowce (biały spągowiec); 5 – strefa okruszczowana

The position in stratigraphic profile of the lower Zechstein and the average thickness of copper-bearing deposit series in the studied mining regions. 1 – limestones and dolomites; 2 – copper-bearing shales; 3 – boundary dolomite; 4 – sandstones (Whiteliegendes); 5 – mineralized zone

POLE L-1

Najbardziej równomiernym okruszcowaniem odznaczają się piaskowce. Dla rudy piaskowcowej uzyskano najniższe, w stosunku do pozostałych poziomów złoża, wartości wariancji ($S^2 = 0,09$) i współczynnika zmienności zawartości Cu ($V_{Cu} = 24,19\%$). Charakterystyczną cechą tego rejonu kopalni jest stosunkowo duża ciągłość wykształcenia zmineralizowanych piaskowców, zachowana na ogół dobrze na całym obszarze L-1. Średnia miąższość rudy piaskowcowej wynosi tutaj ok. 4 m, a średnia zawartość Cu osiąga wartość 1,24 $\%$. W wielu miejscach na polu L-1 spotyka się ekstremalne miąższości rudy piaskowcowej, nawet do 10 i 12 metrów. Lokalnie zdarzają się też zupełnie zredukowane grubości rudy, aż do 0,60 m, czy nawet do 0,40 m (wschodnia część L-1). Rzutuje to w znacznym stopniu na wielkość wariancji tego parametru ($S^2 = 1,77$; $V_m = 36,64\%$). Częściej obserwuje się jednakże miąższości rudy wyraźnie zwiększone powyżej średniej.

POLE L-2

Ruda piaskowcowa charakteryzuje się jeszcze większą równomiernością mineralizacji niż na polu L-1, zarówno pod względem zmienności zawartości Cu, jak i miąższości (rejon X I-II). Przejawia się to wyraźnie niższymi wartościami wariancji ($S_{Cu}^2 = 0,06$ i $S_m^2 = 0,49$) i współczynników zmienności ($V_{Cu} = 21\%$ i $V_m = 27\%$) w przypadku obu parametrów. Nieco wyższe wartości tych statystyk, utrzymane na poziomie zbliżonym do pola L-1, otrzymano dla drugiej wiązki z L-2, a mianowicie Y I-IV ($S_{Cu}^2 = 0,16$ i $S_m^2 = 0,61$; $V_{Cu} = 27\%$ i $V_m = 33\%$). Interwał bilansowego okruszcowania piaskowców odpowiada strefie o średniej grubości, wahającej się od 2,38 m (Y I-IV) do 2,55 m (X I-II). Wyższe koncentracje Cu występują na obszarze Y I-IV ($X = 1,47\%$). Mineralizacja piaskowców rejonu X I-II jest niższa ($X = 1,19\%$) i zbliżona do intensywności okruszcowania na polu L-1.

POLE L-3

Wysokie wartości wariancji i współczynnika zmienności miąższości, jakie otrzymano dla serii piaskowcowej z rejonu Z:N-S ($S_m^2 = 2,21$ i $V_m = 71\%$), wskazują na nieciągły charakter jej rozprzestrzenienia w zachodniej części kopalni. Zmienność miąższości rudy piaskowcowej osiąga na obszarze pochylni znaczne rozmiary, nawet na

bardzo krótkich odległościach. Na niektórych odcińkach spotyka się okruszcowanie obejmujące rozległe, kilkumetrowe ławice piaskowców, zaś kilkadziesiąt metrów dalej zaledwie kilkunastocentymetrowe. Średnia miąższość rudy wynosi 2,10 m. W porównaniu z poprzednimi polami mineralizacja piaskowców jest tutaj intensywniejsza i osiąga średnią wartość 1,94%, jednak przy znacznie silniejszym zróżnicowaniu zawartości Cu ($S_{Cu}^2 = 0,55$).

ZMIENNOŚĆ ZAWARTOŚCI MIEDZI W PROFILU PIONOWYM PIASKOWCÓW

Przedmiot zainteresowania stanowiło szczegółowe rozpoznanie zmienności zawartości miedzi w profilu pionowym okruszcowanej serii piaskowcowej. Płaszczyzną odniesienia w rozważaniach była odległość od spągu łupków miedziowych, a więc od rudy łupkowej.

Dla obszarów złoża, gdzie ruda piaskowcowa reprezentuje zasadniczy jego człon, nasuwały się a priori przypuszczenia o istnieniu analogii między kształtami histogramów charakterystycznych dla badanych warstw profili. Dla rejonów natomiast o nieciągłym wykształceniu tego typu rudy mo-

żna było przewidywać, iż obraz postaci rozkładów będzie diametralnie różny. Potwierdziły to całkowicie rezultaty przeprowadzonej analizy statystycznej. Z tego też względu wyniki analizy rozkładów przedstawiono łącznie dla obu rejonów L-1 i L-2, zaś rejon L-3 został omówiony oddzielnie. Charakterystykę zmienności podstawowych statystyk przeprowadzono syntetycznie dla trzech pól L-1, L-2 i L-3. Zdecydowało o tym występowanie prawidłowości w przebiegach rozkładów średniej zawartości Cu, zaznaczających się we wszystkich rozpatrywanych profilach.

BADANIE ROZKŁADÓW

POLA L-1 I L-2

Na polu L-1 występują największe miąższości okruszczonych piaskowców, dlatego badania statystyczne objęły tam najdłuższy interwał ich miąższości (6,80 m). Przedstawiono histogramy zawartości Cu do głębokości 5,60 m (fig. 3a, 3b), pomijając najgłębiej zalegające warstwy rudy, gdyż począwszy od głębokości 5 m przybierają one identyczną postać rozkładu, utrzymującą się aż do spągu złoża.

Idąc od stropu rudy piaskowcowej (plasterek nr 1) do głębokości 3,20 m (plasterek nr 16) obserwuje się rozkłady jednomodalne, zbliżone do symetrycznego bądź umiarkowanie asymetryczne, z mniej lub bardziej zaznaczającą się skośnością dodatnią (fig. 3a). Ta tendencja do asymetrii prawostronnej ujawnia się najwyraźniej w rozkładach plasterków nr 1 (klasy podwyższonych zawartości Cu 4,50–4,79% i 5,10–5,39%) oraz nr 4 i 7. Podwyższenie mineralizacji, występujące szczególnie wyraźnie w warstwie nr 7 (odległość 1,40 m), odzwierciedla się w przesunięciu prawego krańca rozkładu w kierunku klas wyższych zawartości (3,00–4,49%, 4,50–4,79% i 6,00–6,29%). Kolejne histogramy charakterystyczne dla poziomów głębokości 2,60 m (plasterek nr 13) i 3,20 m (plasterek nr 16) reprezentują typ rozkładu prawie symetrycznego. Pojedyncza klasa wysokich zawartości 4,50–4,79%, obecna na

rozkładzie plasterka nr 13, świadczy o lokalnym wzroście okruszcowania na głębokości 2,60 m.

Zmiana typu rozkładów z symetrycznego na obcięty następuje w interwale profilu między 3,80 m a 4,40 m (fig. 3b). W rozkładzie reprezentującym plasterk nr 22 (4,40 m) obok zasadniczej klasy modalnej 0,90–1,19% niewiele mniejszy udział osiąga klasa najniższych koncentracji metalu, 0,00–0,29% (ok. 20%). Charakterystyczne jest, iż ten rozkład ma identyczny przebieg (fig. 3b), co histogram opracowany na podstawie wszystkich prób elementarnych rudy piaskowcowej dla pola L-1 (fig. 5a). Zgodność dotyczy nie tylko kształtu rozkładów, ale również występowania tych samych głównych klas modalnych (0,90–1,19% i 0,00–0,29%).

Kolejna zmiana postaci rozkładów wiąże się z przedziałem głębokościowym 4,40–5,00 m (fig. 3b). Histogramy stają się zdecydowanie asymetryczne, typu J i taki typ rozkładu jednoskrzydłowego utrzymuje się aż do samego spągu rudy. Poczynając od głębokości 4,40 m można zaobserwować przesunięcie klas modalnych zdecydowanie w kierunku niższych wartości. Systematycznie wzrasta udział klasy tła geochemicznego (0,00–0,29%), która w odległości 5,00 m od stropu piaskowców, staje się dominantą.

Na polu L-2 analizą statystyczną objęto krótszy odcinek profilu rudy (3,20 m), ze względu na

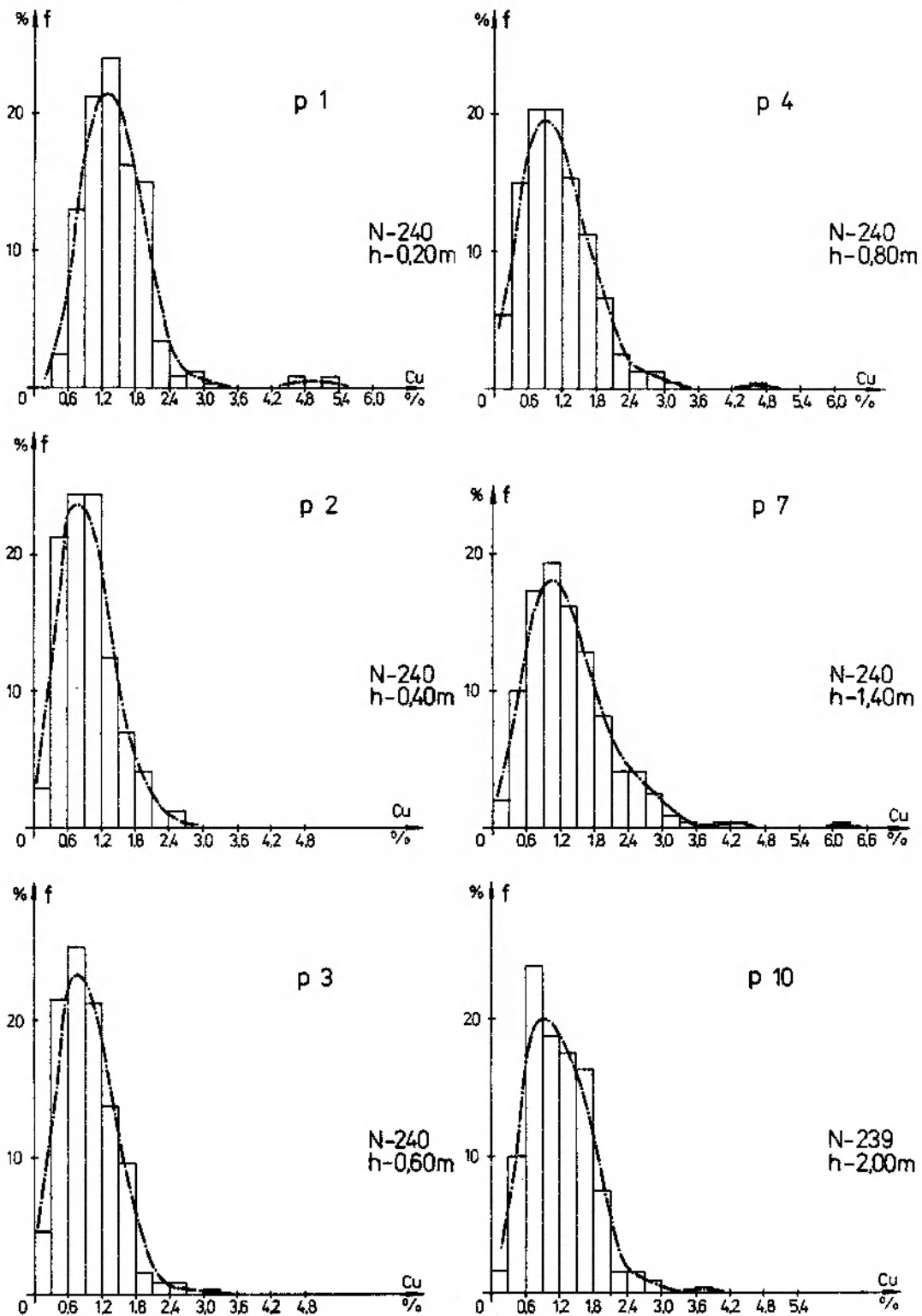


Fig. 3a. Histogramy rozkładów procentowej zawartości Cu dla wybranych warstw rudy piaskowcowej na obszarze L-1 (1-10). f – częstość występowania; p – numer plasterka; h – głębokość; N – liczebność

Histograms showing of distribution of percentage of Cu contents for selected, conventional layers of sandstone ore in the area L-1 (1-10). f – frequency; p – number of layer; h – thickness; N – number of samples

mniejsze miąższości bilansowo okruszczonych piaskowców (fig. 4). Z uwagi na zbliżony charakter zmienności kształtów rozkładów dla dwóch badanych profili X I-II i Y I-IV (Namysłowska-

-Wilczyńska *et al.* 1976) przedstawiono wyniki dotyczące jedynie wiązki X I-II (fig. 4). Analogicznie, jak w przypadku pola L-1, histogramy wykazują skłonność do symetryzacji, przv czym

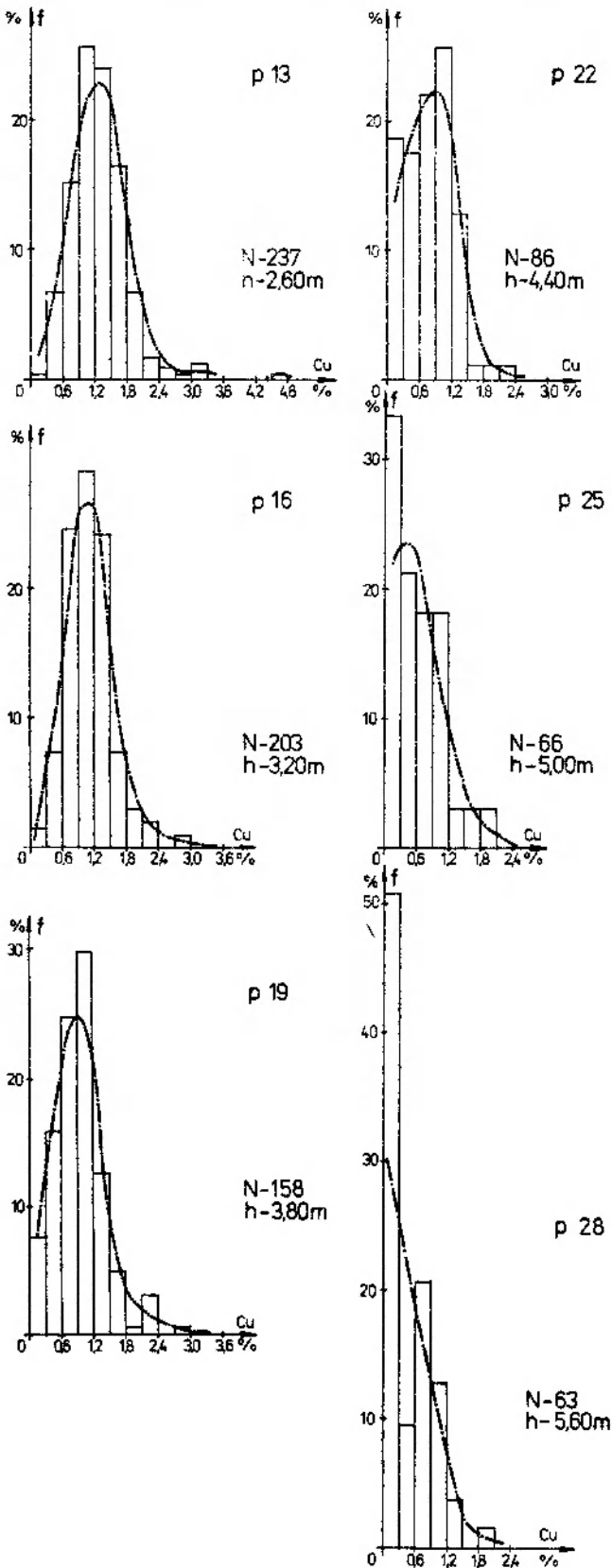


Fig. 3b. Histogramy rozkładów procentowej zawartości Cu dla wybranych warstw rudy piaskowcowej na obszarze L-1 (13-28). Objaśnienia jak na figurze 3a

Histograms showing of distribution of percentage of Cu contents for selected, conventional layers of sandstone ore in the area L-1 (13-28). Explanations as in Figure 3a

dla niektórych plasterków ujawnia się również dodatnia skośność rozkładów, szczególnie dla plasterka nr 7 (1.40 m). Jest ona jednak słabsza niż obserwowano na odpowiadających im histogramach profilu L-1. Również pojedyncze klasy podwyższonych zawartości Cu skupiają tu niższe wartości. W rejonie L-2 zmiana postaci rozkładu z prawie symetrycznego na obcięty zachodzi w płytszych poziomach piaskowców, w interwale 2,00-2,60 m. Ten sam typ rozkładu występuje jeszcze w odległości 3,20 m od stropu tych utworów. Dla profilu X I-II nie otrzymano rozkładów jednoskrzydłowych, obserwowanych dla spągowych partii rudy na obszarach L-1 (fig. 3a, 3b) i L-2 (Y I-IV). W tym ostatnim rejonie rozkłady o kształcie J pojawiają się już w odległości 2,60 m. Systematyczny spadek zawartości Cu poniżej plasterka nr 16 w profilu X I-II (fig. 4) pozwala na przypuszczenia, iż typ jednoskrzydłowy wystąpi na głębokości poniżej ok. 3,20 m. Analiza oscylacji wartości klas histogramów z pola X I-II przynosi podobne spostrzeżenia do poczynionych dla pola L-1. Wyraźne podwyższenie zawartości Cu następuje na głębokości 0,80 m, osiągając maksimum w odległości 1,40 m od spągu łupków. Przejawia się to zarówno zwiększeniem się wartości modalnej, jak też obecnością klas drugorzędnych obejmujących najwyższe zawartości metalu (3,60-3,89‰).

W obu rozpatrywanych rejonach złoża zwraca uwagę wybitnie jednomodalny charakter histogramów, o kształtach zbliżonych do symetrycznego lub z odchyleniami do rozkładu logarytm-normalnego, zaznaczający się prawie w całym badanym interwale. Może to świadczyć o jednofazowej mineralizacji, względnie o dużym stopniu zmieszania różnych faz kruszczońskich, tak iż rozkład wypadkowy staje się jednomodalny, lub o procesie zastępowania się minerałów kruszczowych – metasomatozy kruszczowej (Niśkiewicz 1981). Nie można również wykluczyć możliwości wpływu na kształt rozkładu występowania określonego minerału miedziowego w poszczególnych interwałach głębokościowych, a zatem rodzaju mineralizacji kruszczowej. Za przypuszczeniem o istnieniu wielofazowego procesu mineralizacji przemawia przebieg niektórych rozkładów w odległościach: 4,40 m – plasterka nr 22 (klasy modalne: 0,90-1,10‰ i 0,00-0,29‰ w profilu L-1, fig. 3b) oraz 0,80 m – plasterka nr 4 (0,30-0,59‰ i 0,90-1,19‰) i 2,60 m – plasterka nr 13 (0,60-0,89 i 0,00-0,29‰ w profilu X I-II, fig. 4). W wymienionych warstwach piaskowców możemy mieć do czynienia z dwoma nałożonymi na siebie fazami mineralizacji, różniącymi się średnimi wartościami.

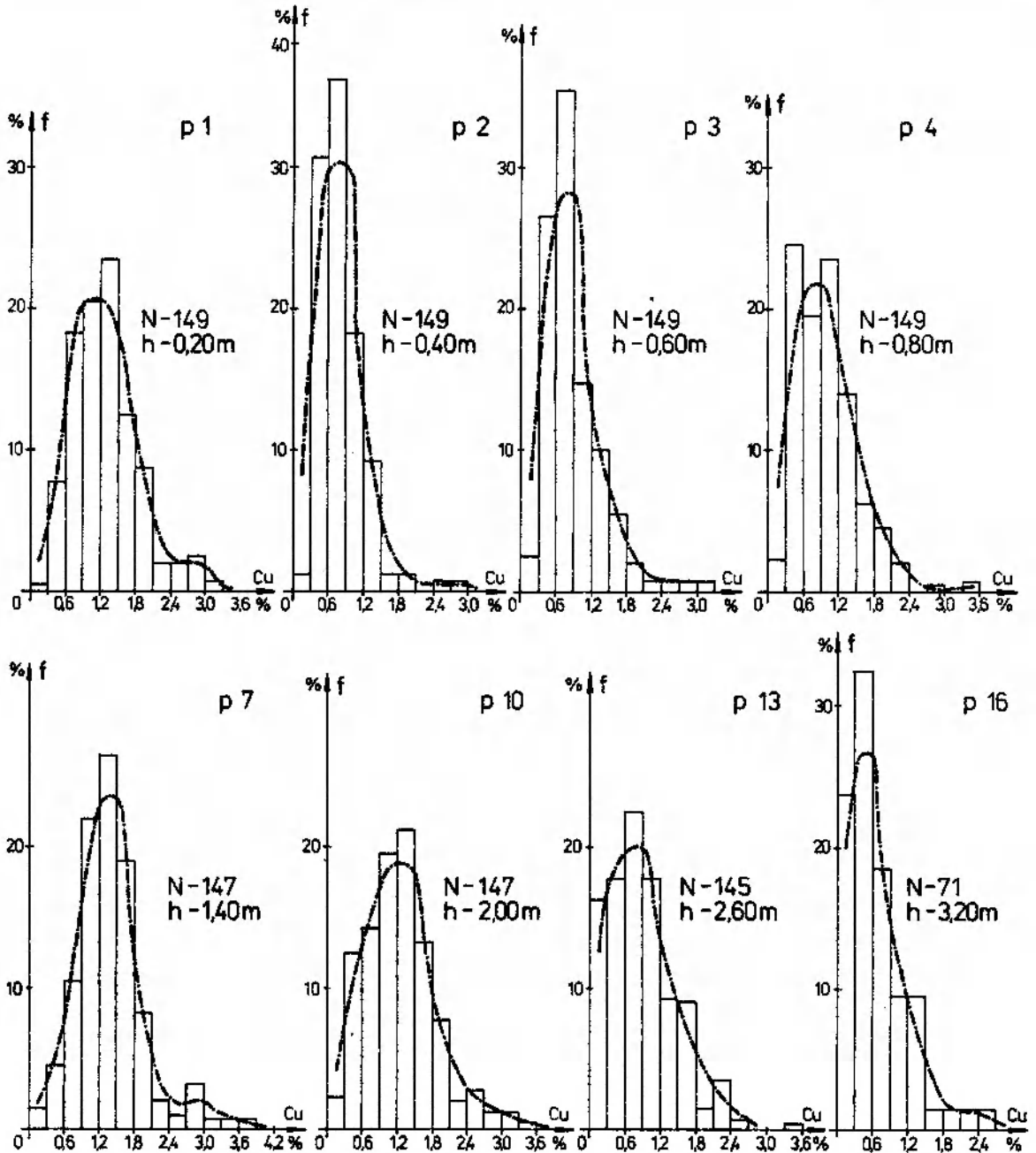


Fig. 4. Histogramy rozkładu procentowej zawartości Cu dla wybranych warstw umownych rudy piaskowcowej na obszarze L-2 (X I-II). Objasnienia jak na figurze 3a

Histograms showing of distribution of percentage of Cu contents for selected, conventional layers of sandstone ore in the area L-2 (X I-II). Explanations as in Figure 3a

Przeprowadzona analiza wszystkich rozkładów zawartości Cu opracowanych dla profili L-1 i L-2 pozwala stwierdzić, że mineralizacja piaskowców białego spągowca nie jest genetycznie jednorodna. Autorka skłania się do sugestii, że w obrębie tych utworów mogły istnieć trzy fazy okruszcowania. Za wstępny etap mineralizacji, stanowiący niejako tło geochemiczne, na którym rozwija się okruszcowanie kolejnych faz, można

by uznać przedział najniższych zawartości, od 0,00–0,59‰. Podstawowa faza miedzionośna, decydująca o powstaniu złoża w obrębie piaskowców, odpowiadałaby przedziałowi 0,60–2,39‰. Końcowe stadium mineralizacji jest związane z doprowadzeniem bogatszych roztworów kruszców (klasy 2,40–6,29‰ i 2,40–3,89‰). Podane granice przedziałów dotyczą w pierwszym przypadku pola L-1, zaś w drugim – pola L-2. W

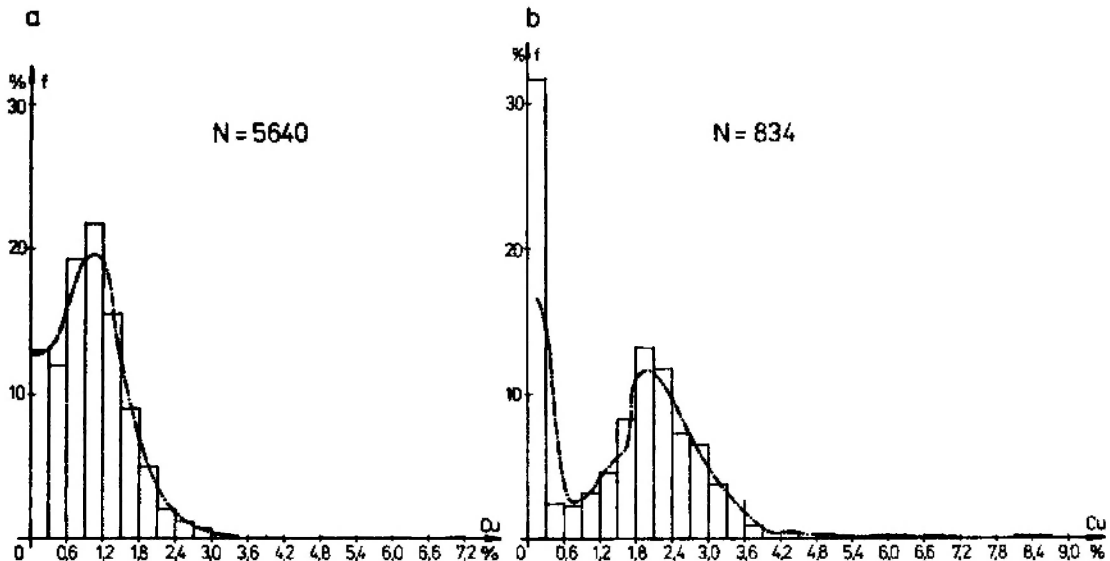


Fig. 5. Histogramy rozkładów procentowej zawartości Cu w rudzie piaskowcowej (próby elementarne) dla obszarów L-1 (fig. 5a) i L-3 (Z:N-S, fig. 5b). N – liczebność; f – częstość występowania

Histograms showing of distribution of percentage of Cu contents in sandstone ore (elementary samples) for the areas L-1 (fig. 5a) and L-3 (Z:N-S, fig. 5b). f – frequency; N – number of samples

tym ostatnim rejonie koncentracje kruszców osiągają znacznie niższe zawartości Cu. Najwyższe zawartości Cu występują tylko na określonych poziomach głębokościowych. Na L-1 są to warstwy: nr 1 (klasy 4,50–4,79‰ i 5,10–5,39‰), nr 4 (4,50–4,79‰), nr 7 (3,90–4,49‰ i 6,00–6,29‰) i nr 13 (4,50–4,79‰), a więc w odległościach 0,80, 1,40 i 2,60 m od stropu piaskowców. Na L-2 natomiast są one charakterystyczne dla warstwy nr 7 (3,60–3,89‰), 1,40 m od kontaktu z łupkami.

Analizując cały pionowy profil rudy piaskowcowej można stwierdzić, że podstawowa faza mineralizacji dominuje do ok. 4,00 m od spągu rudy łupkowej na polu L-1 i do ok. 2,30 m na polu L-2. Począwszy od głębokości ok. 4,70 m na L-1 i od ok. 2,60 m na L-2, zaczyna przeważać zdecydowanie klasa tła geochemicznego.

Słuszność rozumowania o przypuszczalnym nakładaniu się kolejnych faz kruszczońskich na tło potwierdza dobitnie obraz zbiorczego rozkładu zawartości Cu dla wszystkich próbek elementarnych rudy piaskowcowej pola L-1 przy uwzględnieniu liczebności $N = 5640$ (fig. 5a). Obok wyraźnej przewagi klasy modalnej skupiającej zawartości 0,60–2,39‰, duży udział ma także przedział 0,00–0,59‰.

Próba porównania rezultatów analizy statystycznej dla rejonu L-1 z wcześniejszymi badaniami zróżnicowania okruszczenia miedziowego w piaskowcach na obszarze szybu wschodniego (Nieć, Zaczek 1977) umożliwia stwierdzenie dużej

zbieżności wyników. Dotyczy ona zarówno dominującej postaci rozkładu (jednomodalny, podobny do symetrycznego), jak i genezy mineralizacji w aspekcie niejednorodności w obrębie osadów białego spągowca. Wydaje się, iż przyjęcie jako wyjściowej w rozważaniach przez Niecia i Zaczka (1977) mniejszej długości bruzdy elementarnej (0,10 m) niż przyjęta przez autorkę (0,20 m) może znajdować swoje odzwierciedlenie w obserwowanych kształtach histogramów dla rejonu szybowego. W porównaniu z rozkładami profilu L-1 wyraźniej obrazują one istnienie niejednorodności genetycznej mineralizacji (obok rozkładów jednomodalnych, także wielomodalny i dwumodalny). Histogramy uzyskane dla interwału profilu 0,00–1,70 m z L-1 nie ujawniają tak wyraźnie zróżnicowania mód, nawet w odniesieniu do strefy podwyższonej mineralizacji. Należy podkreślić, że obejmuje ona ten sam odcinek profilu 1,00–1,40 m w przypadku obu porównywanych pól złożowych, raz zaznaczając się w postaci wyraźniejszej skośności dodatniej rozkładów (L-1), a drugi raz – dwumodalnym ich przebiegiem (szyb wschodni). Bardziej szczegółową korelację wyników utrudnia fakt, iż przytaczani wyżej badacze objęli obliczeniami stosunkowo krótki profil rudy (ok. 1,7 m).

Interesujące wyniki przynosi porównanie z histogramami wyznaczonymi dla jednego z pól kopalni „Rudna” (Tylka *et al.* 1980). Nietypowość wykształcenia górnej części białego spągowca (piaskowce o spoiwie anhydrytowym), a także

uwzględnienie w rozważaniach innej miąższości warstwy umownej (0,5 m) niż w przypadku profili lubińskich uniemożliwia bezpośrednią korelację postaci rozkładów dla tych samych poziomów piaskowca.

Rozkłady, reprezentatywne dla wspomnianego wyżej bloku na obszarze „Rudnej”, stają się porównywalne z histogramami pól L-1 i L-2 dopiero w odległości ok. 4,20 m od stropu rudy piaskowcowej, w miejscu, w którym rozpoczyna się strefa bilansowa złoża. Wzrost zawartości Cu na odcinku profilu 4–12 m (niekiedy 4–15 m) wiąże się z pojawieniem w tym interwale „normalnego” piaskowca miedzionośnego. Wykształcenie litologiczne tej części profilu rudy (piaskowiec białoszary o spoiwie ilastym) nie odbiega od stwierdzonego w południowo-wschodnim i środkowym rejonie kopalni „Lubin”. Podobnie jak w profilach L-1 i L-2 dostrzega się wyraźną tendencję do symetryzacji rozkładu, który na głębokości ok. 7,2 m od stropu staje się prawie symetryczny. Taki typ rozkładu jest zatem charakterystyczny dla równomiernie okruszczonych partii piaskowców. Podobieństwo z rejonami L-1 i L-2 zaznacza się także dla spągowych części profilu pola Rudnej, gdzie okruszczowanie miedzią wygasa do poziomu tła (interwał 14,70–15,20 m). Rozkłady są jednoskrzydłowe typu gamma (Yule, Kendall 1966).

POLE L-3

Diametralnie odmienny obraz kształtów rozkładów uzyskano dla profilu piaskowców pochodzących z obszaru granicznego kopalni „Lubin” i „Polkowice” – L-3 (fig. 6). Przede wszystkim brak jest rozkładów jednomodalnych, które były charakterystyczną cechą zmienności mineralizacji w południowo-wschodniej i środkowej części „Lubina”, natomiast pojawiają się rozkłady złożone. Stropowe warstwy rudy (plasterki nr 1 i 2) odznaczają się rozkładami wielomodalnymi. Histogramy następnych warstw (nr 3 i 4) przybierają kształt dwumodalny, przy czym w przedziale od 1,40 aż do 3,20 m włącznie stają się trójmodalne. W przeciwieństwie do bloków L-1 i L-2, gdzie wzrost zawartości Cu w interwale profilu 1,00–1,40 m przejawia się w postaci wyraźniejszej

skośności dodatniej rozkładu, w profilu chodnika Z:N–S (L-3) podwyższenie mineralizacji zaznacza się dodatkowym, oddzielnym maksimum. Obserwuje się je w dalszej odległości od stropu piaskowców niż na L-1 i L-2 (interwał 1,40–2,00 m). Klasa wyższych koncentracji metalu (3,00–3,29%) osiąga udział procentowy niewiele niższy od mody dominującej, zaś rozkład jest trójmodalny. Poniżej głębokości ok. 3,80 m aż do spągu rudy mamy do czynienia ponownie z dwumodalnym przebiegiem krzywej rozkładu (fig. 6). W przeanalizowanych histogramach L-3 klasę modalną o największym udziale stanowi przedział 0,00–0,29%.

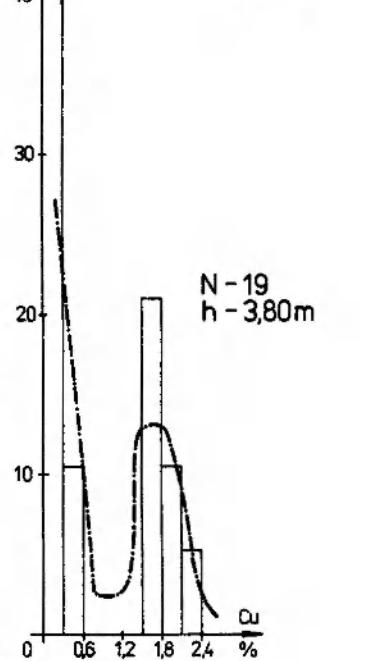
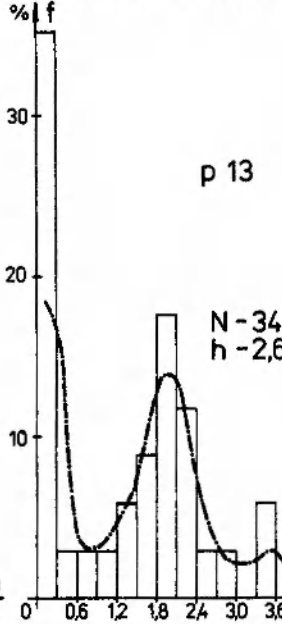
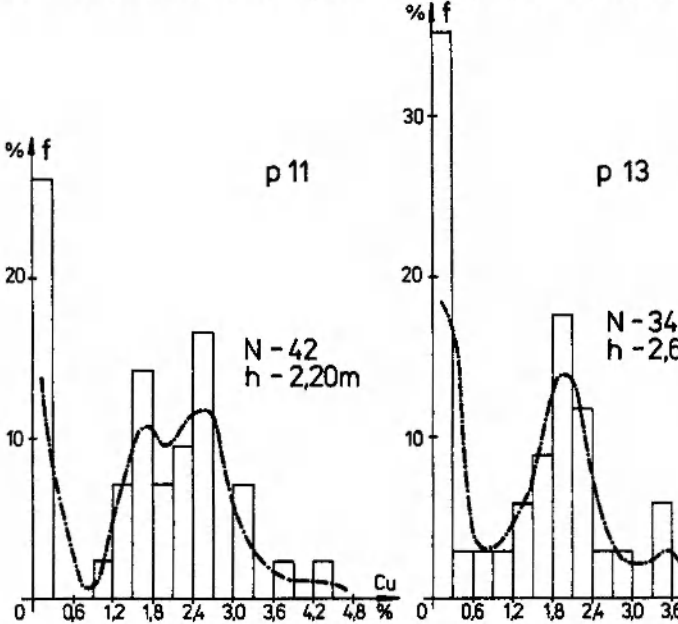
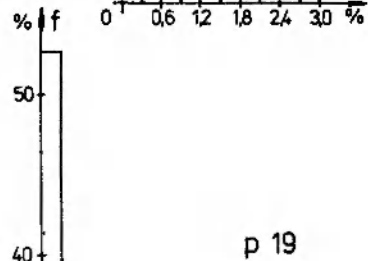
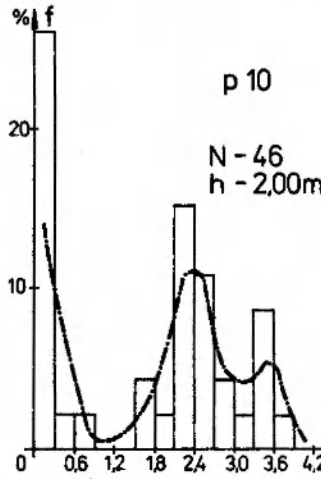
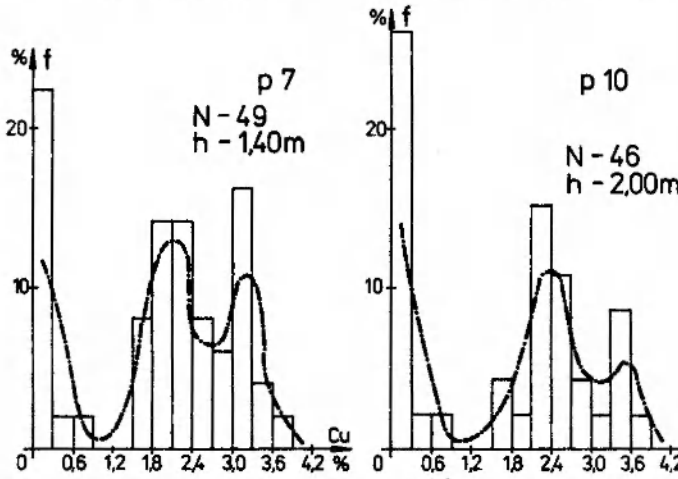
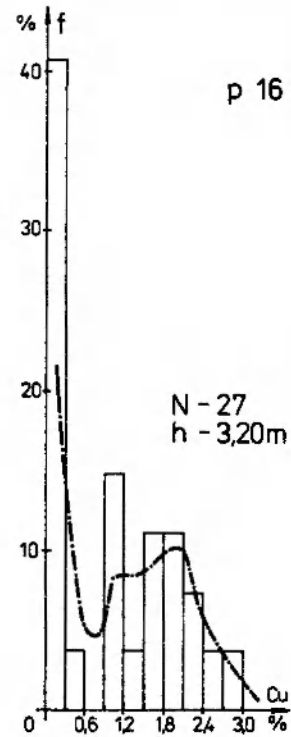
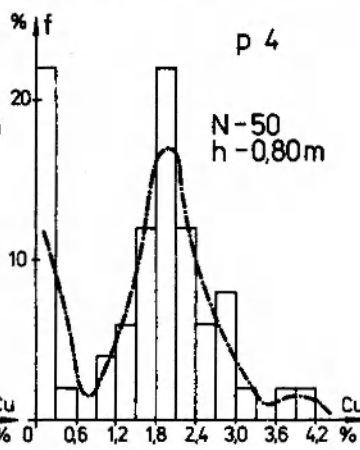
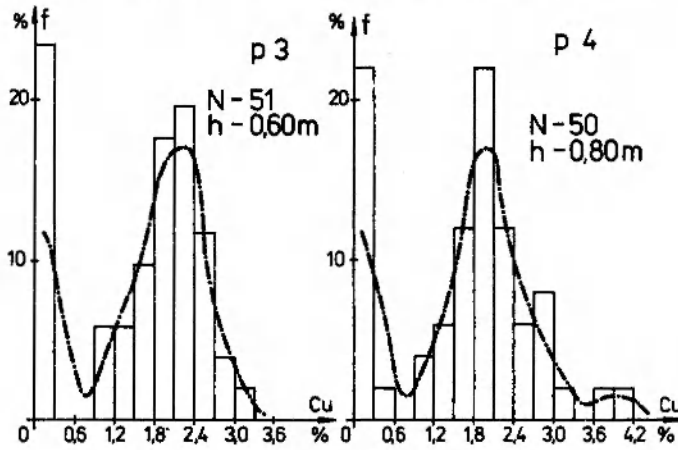
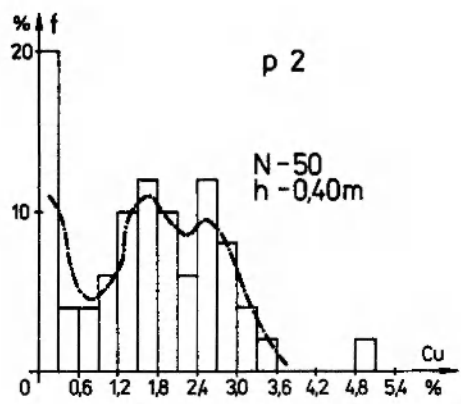
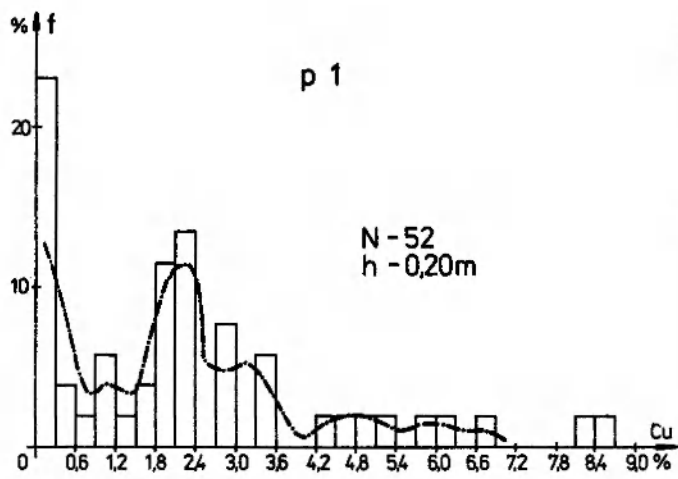
Charakterystyczne jest, iż niskie zawartości Cu, skupione na rozkładach obok siebie, tworzą oddzielną grupę 0,00–0,59%. Począwszy od plasterka nr 3 (0,60 m) aż do nr 16 (3,20 m) można dostrzec na ogół brak pełnej reprezentacji klas pośrednich między niskimi i wysokimi koncentracjami. Drugą grupą zawartości Cu, ujawniającą się bardzo wyraźnie, jest przedział zawarty w granicach 0,90–3,59%. Trzecia grupa jest związana z zawartościami powyżej 3,60%; osiąga punktowo maksymalną wartość 8,69%. Najlepiej obrazują to histogramy następujących plasterków: nr 1 (4,20–8,69%), nr 2 (4,80–5,09%), nr 4 (3,60–4,19%) i nr 11 (3,60–4,49%). Także ta grupa izolowana jest od poprzedniej przerwą w obsadzeniu niektórych klas częstości.

Wymienione trzy populacje zawartości Cu znajdują swoje potwierdzenie na zbiorczym rozkładzie, sporządzonym dla wszystkich próbek elementarnych rudy piaskowcowej Z:N–S, przy liczebności $N = 834$ (fig. 5b). Jest to typ histogramu złożonego jak gdyby z dwóch rozkładów asymetrycznych: jednego o kształcie J (niskie okruszczowanie), odpowiadającego początkowemu aktowi okruszczowania (niskie okruszczowanie), i drugiego – silnie skośnego dodatnio, stanowiącego wypadkową mineralizacji podstawowej i lokalnych wzbogaceń w kruszce (wyższe okruszczowanie).

Nawiązując do typów mineralizacji, wyróżnionych w obrębie piaskowców na polach L-1 i L-2, można zauważyć w odniesieniu do histogramów profilu L-3, że przedział zawartości 0,00–0,59% odpowiadałby wstępnemu procesowi mineralizacji

Fig. 6. Histogramy rozkładu procentowej zawartości Cu dla wybranych warstw umownych rudy piaskowcowej na obszarze L-3 (Z:N–S). Objasnienia jak na figurze 3a

Histograms showing of distribution of percentage of Cu contents for selected, conventional layers of sandstones ore in the area L-3 (Z:N S). Explanations as in Figure 3a



– tłu geochemicznemu. Następną grupą 0,90–3,59‰ lub 0,60–3,59‰ reprezentowałyby zasadniczy etap wytrącania się siarczków Cu, zaś koncentracje powyżej 3,60‰ byłyby związane z doprowadzeniem bogatszych roztworów miedzionośnych. Analiza kształtów rozkładów i oscylacji ich klas modalnych dla profilu pochylni Z:N–S wskazuje jednoznacznie na niejednorodny, wyspowy charakter mineralizacji piaskowców. Przebiegi krzywych rozkładów są odzwierciedleniem dużej złożoności procesów okruszczujących w tej części obszaru złożowego.

Górecka i Nieć (1978), którzy wykonali podobne badania statystyczne dla środkowego rejonu kopalni „Polkowice”, reprezentują pogląd, że mineralizacja piaskowców ma charakter infiltracyjny. Obraz zróżnicowania postaci rozkładów (wielomodalne, jednoskrzydłowe) w profilu tych osadów świadczy, zdaniem tych autorów, o wielofazowym przebiegu okruszczowania. Można zatem mówić o wyraźnej analogii wyników uzyskanych dla zachodniej części „Lubina”. Pewna różnica polega na tym, że w profilu reprezentującym „Polkowice” wielomodalność rozkładów związana jest ze znacznie krótszym odcinkiem (ok. 1,40 m) niż w profilu L-3, gdzie obserwuje się ją w interwale o długości ok. 3,50 m (fig. 6).

Nietypowość procesów złożotwórczych na obszarze L-3 w stosunku do L-1 i L-2 wyraża się przede wszystkim w silnej dominacji klasy modalnej tła geochemicznego, poczynając już od stropowych warstw, mimo przecież bliskiego sąsiedztwa łupków miedzionośnych.

Poszukując wyjaśnienia złożonego typu rozkładów dla profilu L-3, nie można oprzeć się przekonaniu, iż mają one podobne przebiegi do obserwowanych w opisywanym już wcześniej bloku na obszarze „Rudnej” w stropowych warstwach rudy (Tylka *et al.* 1980). W profilu tego bloku zamiast piaskowca białoszarego o spoiwie ilastym pojawia się strefa piaskowca o anhydrytowym lub ilasto-anhydrytowym lepiszczu, odznaczająca się zanikającym okruszczowaniem miedzi. Występowanie tej strefy (odcinek o długości ok. 3,7 m) powoduje istnienie w obrębie złoża partii rudy płonnej i wpływa wyraźnie na jakość uzyskanych rozkładów, które są jednoskrzydłowe lub asymetryczne. Ich przebiegi odzwierciedlają duże zróżnicowanie zawartości Cu w próbkach

elementarnych, przy przewodzie próbek o małej zawartości, poniżej 1,5‰. Związane jest to z różnym zasięgiem spoiwa anhydrytowego na poszczególnych poziomach piaskowców, a także ze wzbogaceniem w siarczki stref przyległych do piaskowca anhydrytowego, o bardzo nieregularnym przebiegu.

Wyniki analizy statystycznej dla rejonu „Rudnej”, rozpatrywane na tle danych litologicznych, pozwalają na sugestie, iż obraz postaci rozkładów, otrzymany dla zachodniego „Lubina”, może mieć pewne powiązanie ze składem petrograficznym skał. Wielomodalny charakter histogramów może być spowodowany występowaniem spoiwa anhydrytowego lub gipsowego. Duże dysproporcje między udziałami procentowymi klas modalnych rozkładów, szczególnie dla warstw stropowych, przy znacznej przewodzie klasy niskich zawartości, mogą wskazywać na jeszcze bardziej nieregularne rozprzestrzenienie tutaj piaskowca anhydrytowego niż w przypadku bloku „Rudnej”. Do takiego wnioskowania prowadzą także badania mineralogiczne piaskowców wykonane dla szybów zachodnich „Lubina”, które stwierdziły w ich obrębie obecność gipsu w dużych ilościach (Jarosz 1970). Również geolodzy kopalniani dokumentują obecność odmiany piaskowca anhydrytowego w niektórych rejonach eksploatacyjnych Lubina, Polkowic, Rudnej i Sieroszowic, a zatem na całym obszarze LGOM-u (Masłowski *et al.* 1984). Piaskowiec ten tworzy w wyrobiskach nieciągłe horyzonty o długości do 300 m i miąższości do 5 m, w których zawartość Cu wynosi zaledwie od 0,1 do 0,3‰. Pokrywa się to z obserwacjami, poczynionymi dla opisanego wyżej bloku „Rudnej”, stwierdzającymi płonny charakter rudy piaskowcowej o spoiwie anhydrytowym. Badania piaskowców w okolicach Sieroszowic i Polkowic (Tomaszewski 1978) stwierdzają w ich stropie spoiwo gipsowe względnie węglanowo-gipsowe.

Uzyskane rezultaty analizy statystycznej w powiązaniu z badaniami geologicznymi, jak się wydaje, dowodzą przenikania roztworów z serii anhydrytowej, zalegającej nad skałami węglanowymi, do piaskowców. Rejon pochylni Z:N–S stanowi ciekawy przykład odmiennego rozmieszczenia mineralizacji w obrębie białego spągowca niż w przypadku pól L-1 i L-2.

OCENA ZRÓŻNICOWANIA PARAMETRÓW STATYSTYCZNYCH. POLA L-1, L-2 I L-3

Rezultaty obliczeń podstawowych statystyk zawartości Cu w badanych warstwach piaskowców wskazują na podobną tendencję w zróżnicowaniu ich wartości w analizowanych profilach (fig. 7, 8, 9). Prawidłowość w rozmieszczeniu mineralizacji miedzią zaznacza się na wszystkich rozpatrywanych polach, mimo różnego ich poło-

żenia geograficznego, a także niezależnie od charakteru badanej populacji prób i przyjętej w obliczeniach sieci opróbowania.

Śledząc zachowanie się wartości średniej w pionowych profilach rudy można dostrzec, że wszędzie maksimum zawartości Cu przypada na stropową warstwę — plasterk nr 1 (fig. 3a, 4, 6—

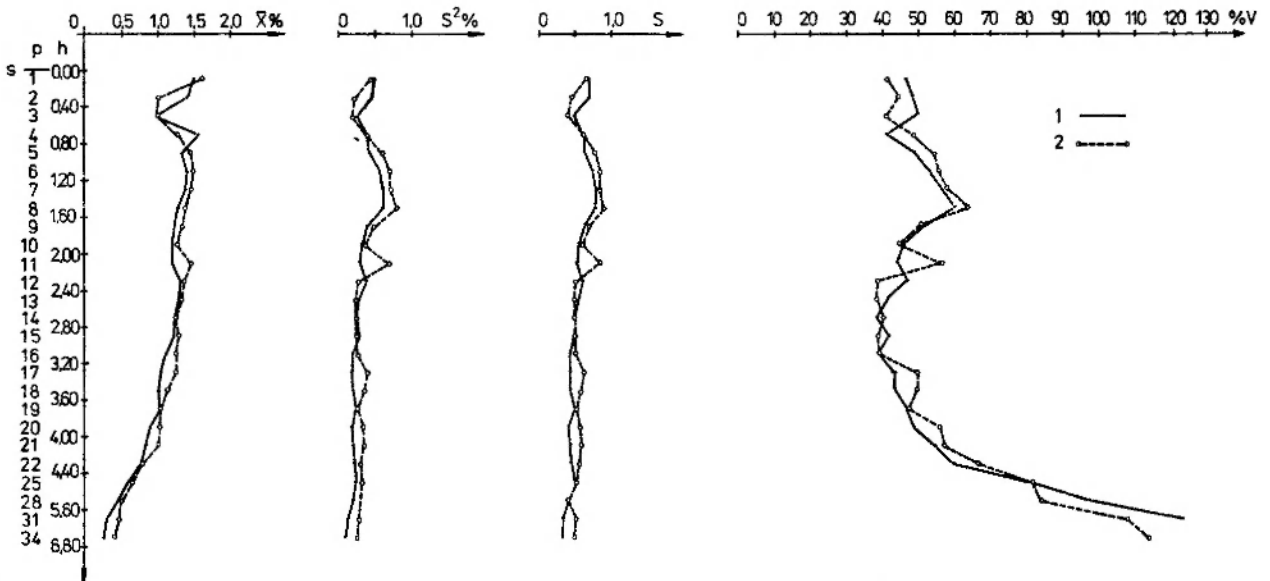


Fig. 7. Wykresy zmienności podstawowych parametrów statystycznych zawartości Cu (\bar{X} , S^2 , S , V) w pionowym profilu rudy piaskowcowej na obszarze L-1. 1 — próby systematyczne; 2 — próbka wylosowana. p — numer plasterka; h — głębokość; s — poziom łupków miedzionośnych

Graphs of variability of basic statistical parameters of Cu contents (\bar{X} , S^2 , S and V) in the vertical profile of sandstone ore in the area L-1. 1 — systematical sampling; 2 — random sampling. p — number of layer; h — thickness; s — level of copper-bearing shales

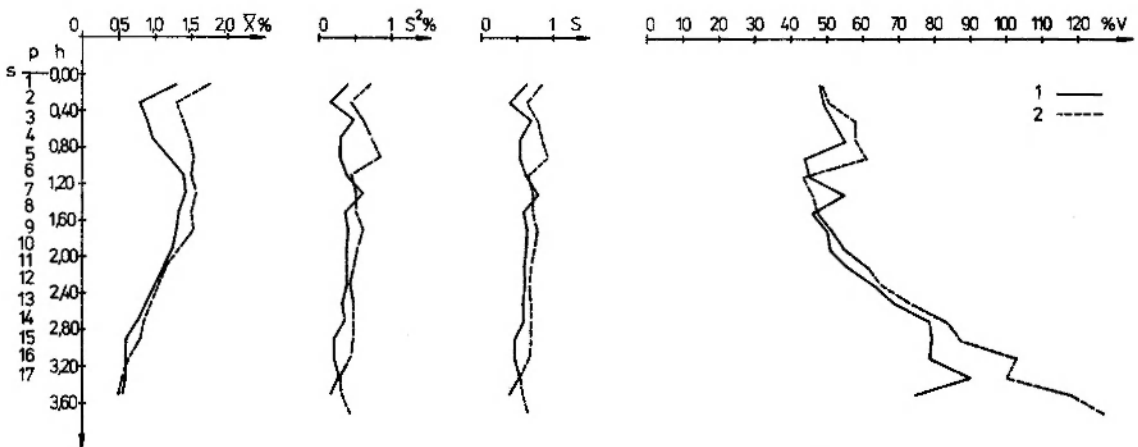


Fig. 8. Wykresy zmienności podstawowych parametrów statystycznych zawartości Cu (\bar{X} , S^2 , S i V) w pionowym profilu rudy piaskowcowej na obszarze L-2 (X I-II i Y I-IV). 1 — próby systematyczne (X I-II); 2 — próby systematyczne (Y I-IV). Pozostałe objaśnienia jak na figurze 7

Graphs of variability of basic statistical parameters of Cu contents (\bar{X} , S^2 , S and V) in the vertical profile of sandstone ore in the area L-2 (X I-II and Y I-IV). 1 — systematical sampling (X I-II); 2 — systematical sampling (Y I-IV). Other explanations as in Figure 7

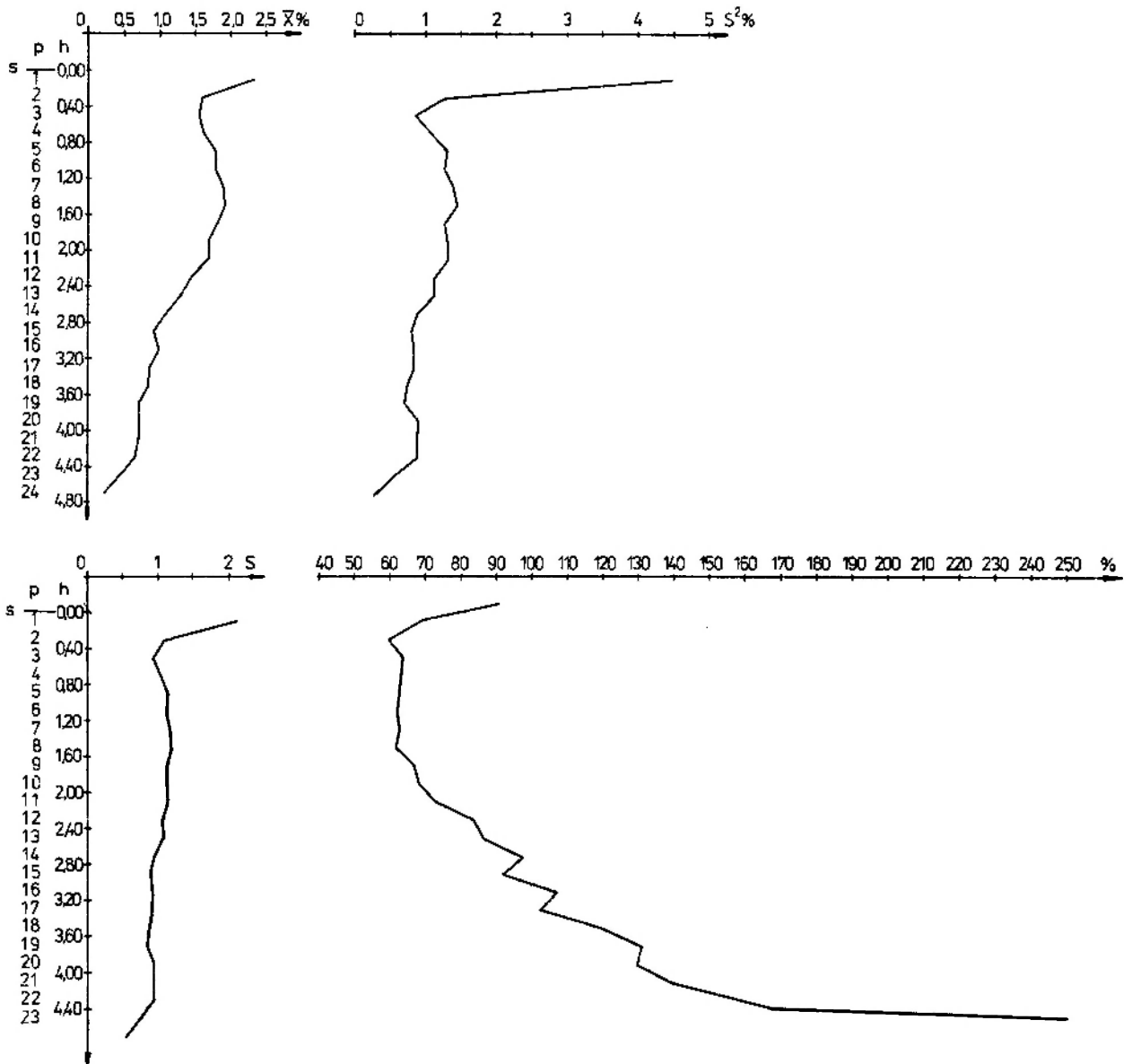


Fig. 9. Wykresy zmienności podstawowych parametrów statystycznych zawartości Cu (\bar{X} , S^2 , S i V) w pionowym profilu rudy piaskowcowej na obszarze L-3 (Z:N-S). Próby systematyczne. Objaśnienia jak na figurze 7

Graphs of variability of basic statistical parameters of Cu contents (\bar{X} , S^2 , S and V) in the vertical profile of sandstone ore in the area L-3 (Z:N-S). Systematical sampling. Explanations as in Figure 7

-9). Jest to jasnoszary piaskowiec, charakteryzujący się szerokim rozprzestrzeniem na obszarze złożowym Lubin-Polkowice-Rudna (Jarosz 1966, 1968, 1969, 1970; Jerzykiewicz *et al.* 1976; Mayer, Salamon 1974). Miąższość tej warstwy waha się od ok. 0,06-0,26 m, przy czym najczęściej jest zawarta w zakresie 0,06-0,18 m.

Na obszarze złożowym „Lubina” piaskowiec jasnoszary odznacza się dwojakim wykształceniem. W południowo-wschodniej (L-1) i środkowej części (L-2) kopalni w tej warstwie występuje obfite spoiwo kalcytowe, głównie typu kontaktowego, i w samym stropie pojedyncze, ciemnoszare

laminy ilaste. Warstwa ta ma wyraźnie zaznaczony strop i spąg. Spotyka się tutaj faunę lingulową. Z prac mineralogiczno-petrograficznych (Jarosz 1968, 1969, 1970; Mayer, Salamon 1974) wynika, iż rozbieżności w okruszcowaniu tej warstwy są znaczne. Mogą one być wywołane obecnością licznych lamin, smug i domieszek ilastych, a także dużej ilości spoiwa dolomitowego, które wpływa na obniżenie zawartości Cu. Silne wzbogacenie stropowej części piaskowca w siarczki Cu Jarosz wiąże z określonym wykształceniem litologicznym, a mianowicie ze strukturą psamitową (grubsze ziarno) i przewagą spoiwa kalcytowego.

W pobliżu szybu wschodniego, a niekiedy szybów głównych, w stropie rudy występują warstewki o grubości od kilku mm do kilku cm, bardzo silnie impregnowane przez siarczki Cu, które stanowią niemal całkowite jego spoiwo.

Rezultaty badań statystycznych bloków złożowych L-1 i L-2, położonych w dalszej odległości od szybów, potwierdzają w pełni wcześniejsze obserwacje mikroskopowe Jarosza, dotyczące mineralizacji piaskowców. Okruszczowanie warstwy stropowej jest zróżnicowane, średnia wartość waha się od 1,61‰ na polu L-1 (tab. 1, 2; fig. 7) do 1,76‰ na polu L-2:Y 1-IV (fig. 8; tab. 4). Najniższą średnią zawartość Cu – 1,31‰, uzyskano dla warstwy nr 1 z profilu L-2 X I-II (tab. 3; fig. 8). Obserwowane wahania średnich są przypuszczalnie odzwierciedleniem zmian litologii stropu.

W rejonie szybów zachodnich warstwa piaskowca jasnoszarego tworzy stopniowe przejścia w kierunku stropu w silnie piaszczysty dolomit, a

następnie w dolomit. Miejsce fauny lingulowej zajmuje małżowa. Dominuje spoiwo dolomitowe typu podstawowego, obok którego występują minerały ilaste. W chodniku Z:N-S (L-3), położonym w dość znacznej odległości od szybów, w odróżnieniu od L-1 i L-2 często zachodzą przyładki wyklinowania się rudy łupkowej, a wówczas przejście piaskowca w dolomit jest ciągłe. Najwyższa średnia – 2,33‰ (tab. 5; fig. 9) dla stropu piaskowca być może świadczy o lokalnym występowaniu spoiwa kalcytowego bądź licznych lamin ilastych.

Stropowa warstwa osadów białego spągowca określona jest przez Jarosza (1968, 1969, 1970) jako pierwszy pokład piaskowca intensywniej okruszczowanego. Takim właśnie mianem Jarosz określał poziomy intensywniej zmineralizowane bilansowo, jeśli oddzielał je płonny bądź słabiej okruszczowany piaskowiec. Dla wyróżnienia warstw o podwyższonej koncentracji Cu autorka również wprowadza to określenie.

Tabela 1. Zmienność podstawowych statystyk w profilu pionowym rudy piaskowcowej na polu L-1: próby co 60 m

Variability of basic statistics in vertical profile of sandstone ore in L-1 area; sampling at every 60 m

| Numer plasterka Number of layer | Miąższość Thickness [m] | Liczebność Frequency n | Zawartość Cu [‰] Copper content | | | |
|------------------------------------|----------------------------|------------------------------|------------------------------------|----------------|------|--------|
| | | | X | S ² | S | V |
| 1 | 0,20 | 240 | 1,51 | 0,49 | 0,70 | 46,36 |
| 2 | 0,40 | 240 | 1,42 | 0,46 | 0,69 | 48,59 |
| 3 | 0,60 | 240 | 0,96 | 0,23 | 0,48 | 50,00 |
| 4 | 0,80 | 240 | 1,54 | 0,40 | 0,63 | 40,91 |
| 5 | 1,00 | 238 | 1,34 | 0,43 | 0,66 | 49,25 |
| 6 | 1,20 | 239 | 1,42 | 0,58 | 0,76 | 53,52 |
| 7 | 1,40 | 240 | 1,40 | 0,62 | 0,79 | 56,43 |
| 8 | 1,60 | 240 | 1,30 | 0,63 | 0,79 | 60,77 |
| 9 | 1,80 | 240 | 1,24 | 0,41 | 0,64 | 51,61 |
| 10 | 2,00 | 239 | 1,23 | 0,33 | 0,57 | 46,34 |
| 11 | 2,20 | 239 | 1,23 | 0,30 | 0,55 | 44,72 |
| 12 | 2,40 | 238 | 1,33 | 0,40 | 0,63 | 47,37 |
| 13 | 2,60 | 238 | 1,31 | 0,30 | 0,55 | 41,98 |
| 14 | 2,80 | 231 | 1,26 | 0,24 | 0,49 | 38,89 |
| 15 | 3,00 | 217 | 1,23 | 0,28 | 0,52 | 42,28 |
| 16 | 3,20 | 202 | 1,13 | 0,19 | 0,44 | 38,94 |
| 17 | 3,40 | 195 | 1,06 | 0,21 | 0,46 | 43,40 |
| 18 | 3,60 | 172 | 1,03 | 0,20 | 0,45 | 43,69 |
| 19 | 3,80 | 138 | 1,04 | 0,24 | 0,49 | 47,12 |
| 20 | 4,00 | 127 | 0,88 | 0,19 | 0,43 | 48,86 |
| 21 | 4,20 | 105 | 0,84 | 0,21 | 0,46 | 54,76 |
| 22 | 4,40 | 86 | 0,78 | 0,22 | 0,47 | 60,26 |
| 25 | 5,00 | 67 | 0,61 | 0,25 | 0,50 | 81,97 |
| 28 | 5,60 | 63 | 0,47 | 0,21 | 0,46 | 97,87 |
| 31 | 6,20 | 49 | 0,29 | 0,13 | 0,36 | 124,14 |
| 34 | 6,80 | 40 | 0,24 | 0,11 | 0,34 | 141,67 |

Tabela 2. Zmienność podstawowych statystyk w profilu pionowym rudy piaskowcowej na polu L-1 – próby wylosowane

Variability of basic statistics in vertical profile of sandstone ore in L-1 area – random sampling

| Numer plasterka Number of layer | Miąższość Thickness [m] | Liczebność Frequency n | Zawartość Cu [‰] Copper content | | | |
|------------------------------------|----------------------------|------------------------------|------------------------------------|----------------|------|--------|
| | | | X | S ² | S | V |
| 1 | 0,20 | 113 | 1,61 | 0,43 | 0,66 | 40,99 |
| 2 | 0,40 | 114 | 1,01 | 0,20 | 0,45 | 44,55 |
| 3 | 0,60 | 114 | 1,00 | 0,17 | 0,41 | 41,00 |
| 4 | 0,80 | 114 | 1,27 | 0,38 | 0,62 | 48,82 |
| 5 | 1,00 | 114 | 1,44 | 0,61 | 0,78 | 54,17 |
| 6 | 1,20 | 114 | 1,50 | 0,71 | 0,84 | 56,00 |
| 7 | 1,40 | 113 | 1,47 | 0,72 | 0,85 | 57,82 |
| 8 | 1,60 | 113 | 1,39 | 0,80 | 0,89 | 64,03 |
| 9 | 1,80 | 113 | 1,35 | 0,48 | 0,69 | 51,11 |
| 10 | 2,00 | 113 | 1,28 | 0,34 | 0,58 | 45,31 |
| 11 | 2,20 | 113 | 1,48 | 0,70 | 0,84 | 56,76 |
| 12 | 2,40 | 112 | 1,38 | 0,28 | 0,53 | 38,41 |
| 13 | 2,60 | 111 | 1,32 | 0,26 | 0,51 | 38,64 |
| 14 | 2,80 | 108 | 1,26 | 0,26 | 0,51 | 40,48 |
| 15 | 3,00 | 107 | 1,30 | 0,26 | 0,51 | 39,23 |
| 16 | 3,20 | 103 | 1,25 | 0,25 | 0,50 | 39,68 |
| 17 | 3,40 | 100 | 1,25 | 0,38 | 0,62 | 49,60 |
| 18 | 3,60 | 89 | 1,16 | 0,34 | 0,58 | 50,00 |
| 19 | 3,80 | 81 | 1,06 | 0,25 | 0,50 | 47,17 |
| 20 | 4,00 | 71 | 1,04 | 0,33 | 0,58 | 55,77 |
| 21 | 4,20 | 58 | 1,02 | 0,34 | 0,58 | 56,86 |
| 22 | 4,40 | 49 | 0,81 | 0,29 | 0,54 | 66,67 |
| 25 | 5,00 | 42 | 0,65 | 0,28 | 0,53 | 81,54 |
| 28 | 5,60 | 37 | 0,51 | 0,19 | 0,43 | 84,31 |
| 31 | 6,20 | 32 | 0,48 | 0,27 | 0,52 | 108,33 |
| 34 | 6,80 | 28 | 0,43 | 0,24 | 0,49 | 113,95 |

Tabela 3. Zmienność podstawowych statystyk w profilu pionowym rudy piaskowcowej na polu L-2 (X I-II) – próby co 15–20 m

Variability of basic statistics in vertical profile of sandstone ore in L-2 are (X I-II) – sampling at every 15–20 m

| Numer plasterka Number of layer | Miąższość Thickness [m] | Liczebność Fre- quency n | Zawartość Cu [‰] Copper content | | | |
|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-------|------|-------|
| | | | \bar{X} | S^2 | S | V |
| 1 | 0,20 | 150 | 1,31 | 0,40 | 0,63 | 48,09 |
| 2 | 0,40 | 150 | 0,79 | 0,15 | 0,39 | 49,37 |
| 3 | 0,60 | 150 | 0,91 | 0,48 | 0,70 | 76,92 |
| 4 | 0,80 | 149 | 0,98 | 0,29 | 0,54 | 55,10 |
| 5 | 1,00 | 148 | 1,21 | 0,29 | 0,54 | 44,63 |
| 6 | 1,20 | 148 | 1,39 | 0,40 | 0,63 | 45,32 |
| 7 | 1,40 | 148 | 1,43 | 0,62 | 0,79 | 55,24 |
| 8 | 1,60 | 147 | 1,33 | 0,38 | 0,61 | 45,86 |
| 9 | 1,80 | 147 | 1,31 | 0,43 | 0,66 | 50,38 |
| 10 | 2,00 | 147 | 1,25 | 0,40 | 0,64 | 51,20 |
| 11 | 2,20 | 147 | 1,12 | 0,40 | 0,63 | 56,25 |
| 12 | 2,40 | 147 | 0,99 | 0,39 | 0,63 | 63,64 |
| 13 | 2,60 | 146 | 0,87 | 0,36 | 0,60 | 68,97 |
| 14 | 2,80 | 132 | 0,77 | 0,37 | 0,61 | 79,22 |
| 15 | 3,00 | 114 | 0,59 | 0,22 | 0,47 | 79,66 |
| 16 | 3,20 | 70 | 0,61 | 0,23 | 0,48 | 78,69 |
| 17 | 3,40 | 42 | 0,60 | 0,29 | 0,54 | 90,00 |
| 18 | 3,60 | 28 | 0,55 | 0,17 | 0,41 | 74,55 |

Tabela 4. Zmienność podstawowych statystyk w profilu pionowym rudy piaskowcowej na polu L-2 (Y I-IV) – próby co 15–20 m

Variability of basic statistics in vertical profile of sandstone ore in L-2 area (Y I-IV) – sampling at every 15–20 m

| Numer plasterka Number of layer | Miąższość Thickness [m] | Liczebność Fre- quency n | Zawartość Cu [‰] Copper content | | | |
|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-------|------|--------|
| | | | \bar{X} | S^2 | S | V |
| 1 | 0,20 | 225 | 1,76 | 0,72 | 0,85 | 48,30 |
| 2 | 0,40 | 225 | 1,31 | 0,44 | 0,66 | 50,38 |
| 3 | 0,60 | 224 | 1,38 | 0,63 | 0,80 | 57,97 |
| 4 | 0,80 | 224 | 1,47 | 0,73 | 0,85 | 57,82 |
| 5 | 1,00 | 224 | 1,53 | 0,86 | 0,93 | 60,78 |
| 6 | 1,20 | 224 | 1,51 | 0,44 | 0,66 | 43,71 |
| 7 | 1,40 | 222 | 1,57 | 0,52 | 0,72 | 45,86 |
| 8 | 1,60 | 220 | 1,51 | 0,52 | 0,72 | 47,68 |
| 9 | 1,80 | 214 | 1,53 | 0,63 | 0,79 | 51,63 |
| 10 | 2,00 | 203 | 1,35 | 0,55 | 0,74 | 54,81 |
| 11 | 2,20 | 192 | 1,14 | 0,49 | 0,70 | 61,40 |
| 12 | 2,40 | 173 | 1,05 | 0,46 | 0,68 | 64,76 |
| 13 | 2,60 | 161 | 0,95 | 0,49 | 0,70 | 73,68 |
| 14 | 2,80 | 142 | 0,85 | 0,50 | 0,71 | 83,53 |
| 15 | 3,00 | 124 | 0,80 | 0,49 | 0,70 | 87,50 |
| 16 | 3,20 | 104 | 0,66 | 0,46 | 0,68 | 103,03 |
| 17 | 3,40 | 85 | 0,55 | 0,30 | 0,55 | 100,00 |
| 18 | 3,60 | 66 | 0,49 | 0,33 | 0,58 | 118,37 |
| 19 | 3,80 | 55 | 0,52 | 0,44 | 0,66 | 126,92 |

Tabela 5. Zmienność podstawowych statystyk w profilu pionowym rudy piaskowcowej na polu L-3 (Z:N-S) – próby co 15–20 m

Variability of basic statistics in vertical profile of sandstone ore in L-3 area (Z:N-S) – sampling at every 15–20 m

| Numer plasterka Number of layer | Miąższość Thickness [m] | Liczebność Fre- quency n | Zawartość Cu [‰] Copper content | | | |
|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-------|------|--------|
| | | | \bar{X} | S^2 | S | V |
| 1 | 0,20 | 52 | 2,33 | 4,45 | 2,11 | 90,56 |
| 2 | 0,40 | 50 | 1,61 | 1,22 | 1,11 | 68,94 |
| 3 | 0,60 | 51 | 1,56 | 0,87 | 0,93 | 59,62 |
| 4 | 0,80 | 50 | 1,63 | 1,09 | 1,04 | 63,80 |
| 5 | 1,00 | 49 | 1,81 | 1,29 | 1,14 | 62,98 |
| 6 | 1,20 | 49 | 1,80 | 1,27 | 1,13 | 62,78 |
| 7 | 1,40 | 49 | 1,89 | 1,39 | 1,18 | 62,43 |
| 8 | 1,60 | 48 | 1,92 | 1,45 | 1,21 | 63,02 |
| 9 | 1,80 | 46 | 1,82 | 1,28 | 1,13 | 62,09 |
| 10 | 2,00 | 46 | 1,71 | 1,32 | 1,15 | 67,25 |
| 11 | 2,20 | 42 | 1,69 | 1,33 | 1,16 | 68,64 |
| 12 | 2,40 | 39 | 1,46 | 1,15 | 1,07 | 73,29 |
| 13 | 2,60 | 34 | 1,29 | 1,16 | 1,08 | 83,72 |
| 14 | 2,80 | 30 | 1,10 | 0,91 | 0,95 | 86,36 |
| 15 | 3,00 | 32 | 0,93 | 0,83 | 0,91 | 97,85 |
| 16 | 3,20 | 27 | 1,01 | 0,86 | 0,93 | 92,08 |
| 17 | 3,40 | 24 | 0,87 | 0,86 | 0,93 | 106,90 |
| 18 | 3,60 | 23 | 0,85 | 0,76 | 0,87 | 102,35 |
| 19 | 3,80 | 19 | 0,72 | 0,73 | 0,86 | 119,44 |
| 20 | 4,00 | 19 | 0,73 | 0,92 | 0,96 | 131,51 |
| 21 | 4,20 | 18 | 0,73 | 0,91 | 0,95 | 130,14 |
| 22 | 4,40 | 15 | 0,68 | 0,90 | 0,95 | 139,71 |
| 23 | 4,60 | 12 | 0,46 | 0,59 | 0,77 | 167,39 |
| 24 | 4,80 | 10 | 0,22 | 0,30 | 0,55 | 250,00 |

Poniżej stropu rudy następuje wyraźny spadek średniej zawartości metalu, a następnie stopniowy wzrost aż do wystąpienia nasilenia mineralizacji. Odcinek profilu rudy z zaznaczającym się początkowo okresem spadku średniej (0,40–0,60 m), a później systematycznym jej wzrostem do osiągnięcia maksimum (0,80–1,80 m) odpowiada warstwie piaskowca białoszarego (Jarosz 1966, 1968, 1969, 1970). W stropowej części tej odmiany (0,30 m) występuje obfite spoiwo kalcytowe o charakterze podstawowym, które poniżej staje się ubogie, typu porowego, złożone głównie z minerałów ilastych. W zachodnim rejonie kopalni stwierdzono ponadto gips, obecny w dużych ilościach. Na obszarze „Lubina” piaskowiec białoszary stanowi zasadniczą masę rudy piaskowcowej (75,0–90,0‰). Maksymalny spadek średniej w obrębie piaskowca białoszarego w stosunku do okruszczenia stropu sięga ok. 0,5‰ w przypadku bloków L-1 i L-2 i ok. 0,7‰, w odniesieniu do L-3.

Wspomniane nasilenie mineralizacji, pojawiające się w określonej odległości od kontaktu stropu piaskowców i spągu łupków, obejmuje warstwę o miąższości wahającej się od 0,40–0,80 m. Charakterystyczne jest występowanie kilku maksimum zawartości Cu w jej obrębie (2–3 podwyższone średnie). Na polu L-1 podwyższenie zawartości Cu (1,44–1,50%) uwidacznia się ok. 1,00 m od stropu piaskowca i utrzymuje się do głębokości 1,40 m (tab. 1, 2; fig. 7). W rejonie L-2 X I–II wzrost ten (1,39–1,43%) związany jest z warstwą o mniejszej miąższości i zaznacza się w podobnym interwale jak na L-1 (tab. 3; fig. 8). Najgłębiej wzrost intensywności zawartości Cu obserwuje się na obszarach L-2:Y I–IV (1,51–1,57%) i L-3:Z:N–S (1,89–1,92%), gdyż w interwałach 1,00–1,80 m i 1,40–1,80 m (tab. 4, 5; fig. 8, 9). W porównaniu ze stropem średnie uzyskane dla tej warstwy osiągają dużo niższe wartości (z wyjątkiem X I–II).

Dane dotyczące głębokości występowania podwyższonych koncentracji Cu, stwierdzone w profilach L-1, L-2 i L-3, są zbliżone do wyników badań innych bloków złoża (Nieć, Zaczek 1977; Tylka *et al.* 1980). Tam, gdzie ruda piaskowcowa ma typowe wykształcenie litologiczne (wschodni Lubin oraz R-1 i R-2 – Rudna), wzrost zawartości Cu rozpoczyna się w odległości 0,80 lub 1,00 m od jej stropu, osiągając maksymalną wartość na odcinku profilu 1,3–1,7 m. Ta korelacja rezultatów wskazuje, że laminy kruszcowe występują na jednakowej głębokości, rozmieszczone dość równomiernie na całym obszarze złożowym. Od tej prawidłowości odbiega trzeci blok, badany na obszarze Rudnej, R-3. Ze względu na nietypowe wykształcenie litologiczne rudy (piaskowiec anhydrotowy), która charakteryzuje się dużymi bilansowymi miąższościami, mineralizacja schodzi głębiej, 4–5 m poniżej stropu piaskowców. W związku z tym wspomniane nasilenie obserwowane jest dopiero w przedziałach 8–10 i 6–8 m.

Prace mineralogiczno-petrograficzne, które objęły bloki złoża znajdujące się w bezpośrednim sąsiedztwie szybów „Lubina” (Jarosz 1968, 1969, 1970; Namysłowska 1972; Jerzykiewicz *et al.* 1976), wskazują, że drugie maksimum zawartości Cu związane jest z występowaniem warstwy piaskowca laminowanego. Reprezentuje ona drugi pokład piaskowca o podwyższonej mineralizacji. Z dotychczasowych obserwacji kopalnianych wynika, że miąższość piaskowca laminowanego waha się w zakresie 0,06–0,35 m, przy czym najczęściej jest to warstwa o grubości 0,10–0,28 m.

Tymczasem na podstawie analizy statysty-

cznej można by wnosić, iż w niektórych rejonach (L-2:Y I–IV, Z:N–S) miąższość tej odmiany rudy piaskowcowej może osiągać 0,60 m, a nawet 0,80 m. Pozostaje to w zgodności ze spostrzeżeniami Mayera i Salamona (1974), poczynionymi na obszarze „Rudnej”. Podają oni, że piaskowiec pasiasty (tak określają odmianę laminowaną) ma grubość zawierającą się w granicach 0,5–0,7 m.

Z badań mineralogicznych wynika, że piaskowiec laminowany złożony jest ze wzajemnie prze-warstwiających się równoległych lamin, smug i pasm ciemnoszarych, po zwiertzeniu charakteryzujących się barwą zieloną (Jarosz 1970; Namysłowska 1972; Mayer, Salamon 1974). Są one silnie okruszcowane siarczkami Cu. Obok tych lamin obecne są też laminy białoszare o słabszej mineralizacji. Miąższość lamin ciemnoszarych wynosi 4–20 mm, a miejscami nawet 50 mm, zaś ich liczba waha się od 3 do 18. Istotną cechą ułożenia tych lamin jest ostre zarysowanie granic spągowych, a w stropie stopniowe przejście w piaskowiec białoszary. Najczęściej w spągowej części opisywanej warstwy laminy są najintensywniej okruszcowane, a w kierunku stropu natężenie mineralizacji zmniejsza się. Zatem występowaniem laminowanej tekstury kruszców w obrębie tej warstwy można wyjaśnić istotne zróżnicowanie wartości średnich (na przemian wyższych i niższych), zaznaczające się w sąsiednich plasterkach – L-1 (tab. 1, 2; fig. 7).

Poniżej warstwy laminowanej we wszystkich profilach zauważa się wyraźne zmniejszenie się wartości średniej, natomiast w kierunku stropu tej odmiany spadek jest łagodniejszy (tab. 1–5). Rezultaty obliczeń statystycznych dobrze zatem zgadzają się z obserwacjami kopalnianymi ostro zarysowanej powierzchni spągowej piaskowca laminowanego i jego stopniowego kontaktu z piaskowcem białoszarym w stropie.

W miarę posuwania się ku spągowi rudy na wszystkich polach oprócz L-1 zachodzi systematyczny spadek okruszcowania aż do zaniku (tab. 3, 4, 5; fig. 7, 8, 9). W rejonie L-2 granica bilansowości rudy znajduje się ok. 3 m od jej stropu (tab. 3, 4; fig. 8). Większe miąższości okruszczonych bilansowo piaskowców spotyka się na obszarze L-3 w pochylni Z:N–S (interw. 4,10–4,20 m) (tab. 5; fig. 9). Na polu L-1 zanik mineralizacji bilansowej następuje jeszcze głębiej, gdyż na odcinku 4,40–5,00 m (tab. 1, 2; fig. 7), z tą jednak różnicą, że w odległości ok. 2,20–2,60 m od stropu rudy (1 m od drugiego pokładu podwyższonej koncentracji Cu) pojawia się następne nasilenie jej zawartości. Jest to przypuszczalnie

trzeci pokład piaskowca o intensywniejszej mineralizacji ($X:1,31-1,33\%$), którego istnienie stwierdzono tylko w sąsiedztwie szybów głównych „Lubina” (Jarosz 1968). Pokład ten związany jest z warstwą o miąższości ok. 0,34 m, cechującą się obecnością pojedynczych poziomych lamin ilastych oraz wkładek piaskowca aleurytowego. W jej obrębie występowały nieliczne laminy, silnie wzbogacone w bornit.

Okazuje się, że obserwacje Jarosza potwierdzają obliczenia statystyczne wykonane dla wschodniego rejonu (L-1). Wskazują one, że kolejne oscylacje okruszczenia obejmują tu odcinek profilu o długości 0,40 m. Pojawienie się w profilu L-1 trzeciego pokładu silniej zmineralizowanego świadczy o szerszym jego zasięgu na obszarze złoża lubińskiego, niż wynikałoby to z badań przytaczanego wyżej autora.

Analizując zachowanie się pozostałych statystyk w rozważanych profilach można stwierdzić w odniesieniu do wariacji i odchylenia standardowego, że naśladują zazwyczaj zróżnicowanie średniej. Dla plasterków, które odznaczają się wyższymi średnimi (warstwy stropowe i laminowane), jednocześnie uzyskuje się zwiększone wartości tych parametrów (fig. 7, 8, 9). Pewne odchylenia od tej prawidłowości występują na obszarze L-2 Y I-IV (fig. 8). Spowodowane są one gwałtownymi zmianami wartości wariacji, jej wzrostem bądź zmniejszeniem się na odcinku profilu odpowiadającym warstwie laminowanej (1,00–1,80 m), niewspółmiernymi do zmian intensywności okruszczenia.

Największą zmienność zawartości Cu wykazują warstwy stropowe, a w przypadku profilu pochylni Z:N-S (fig. 9) również warstwa laminowana. Otrzymane wariacje wahają się od 4,45 dla stropowych partii do 1,45 na głębokości 1,60 m. Najmniejsze zróżnicowanie zawartości Cu w obrębie rozważanych warstw dostrzega się na polach L-1 i L-2 X I-II (wariacje 0,40–0,43 dla warstw stropowych i 0,62–0,71 dla laminowanych, tab. 1, 2, 3). W rejonach L-2 (Y I-IV) i L-3 (Z:N-S) większą zmienność mineralizacji przy istniejącym równocześnie silnym jej natężeniu wykazują natomiast partie stropowe.

Istotne różnice w stopniu zmineralizowania poszczególnych warstw piaskowców odzwierciedlają różnego typu tekstury minerałów kruszczowych (Mayer, Salamon 1974; Namysłowska 1972). Nagromadzenie w obrębie warstwy stropowej ziarn kruszców w formie poziomych smug o grubości 1–3 mm i długości 10 mm (tekstura

smugowa), bądź równoległych warstewek, nieciągłych lub powyginanych (warstwowa) jest przyczyną nierównomierności okruszczenia (wysoka wariacja). Występowanie tekstury cementacyjnej (spoiwo kruszczowe o charakterze wypełniającym lub podstawowym) wpływa na zmniejszenie się zróżnicowania zawartości Cu. Zmienność w strefie lamin w obrębie piaskowca białoszarego wynika z istnienia tekstur plamistej (izolowane ziarna kruszczowe lub plamkowate, ciemnoszare skupienia kruszców o $\varnothing 1-5$ mm) i laminacyjnej (siarczki Cu jako spoiwo ciemnoszarych lamin). Nierównomierny rozkład kruszców w obrębie warstwy laminowanej powoduje duże wahania średnich i wariacji dla tego odcinka profilu.

Zmiany współczynników zmienności wzdłuż całego profilu miedzionośnej serii piaskowcowej naśladują wahania średnich i wariacji (tab. 1–5; fig. 7–9). Obserwuje się, że najwyższe współczynniki V_{Cu} dla warstw stropowych i laminowanych uzyskuje się wówczas, gdy intensywność mineralizacji jest silna, a jednocześnie istnieją znaczne rozpiętości zawartości Cu w próbkach elementarnych. Przykładami mogą być warstwy: stropowa w rejonie pochylni Z:N-S — $V_{Cu} \sim 91\%$ (tab. 5; fig. 9) i laminowana z profili reprezentujących L-1 i L-2 (X I-II), dla której V_{Cu} waha się w granicach 55–58% (tab. 1, 2, 3; fig. 7, 8). Najmniejsze wartości V_{Cu} charakterystyczne są dla warstw bogato okruszczonych, o niewielkich wahaniami zawartości metalu. Najniższy V_{Cu} uzyskano dla piaskowca stropowego z pola L-1 — ok. 41% (tab. 1, 2; fig. 7).

Gwałtowne zmiany intensywności mineralizacji, często obserwowane nawet w bezpośrednio sąsiadujących warstwach, wywołują oscylacje wartości współczynników V_{Cu} . Za strefą tych oscylacji, sięgającą głębokości zalegania piaskowca laminowanego, następuje systematyczny wzrost wartości V_{Cu} . Na polu L-1 w odległości 5 m od stropu piaskowców, gdzie średnia spada poniżej 0,7%, V_{Cu} osiąga już wartość 81,5% (tab. 1, 2; fig. 7). W profilu L-2 ze spadkiem mineralizacji poniżej 0,7% (interw. 2,80–3,00 m), związane są współczynniki wahające się w granicach 79,22–103,03%. Natomiast w profilu L-3 dla poziomu odpowiadającego granicy bilansowości rudy (interw. 4,20–4,40 m) V_{Cu} wynosi 139,71%. Wzrost wartości współczynników zmienności, zachodzący w kierunku spągu badanych profili, wiąże się z wygasaniem mineralizacji miedziowej do poziomu tła geochemicznego.

WYNIKI BADAŃ STATYSTYCZNYCH NA TLE SEDYMENTOLOGICZNO-MINERALOGICZNYM

Obserwowane prawidłowości w profilu pionowym piaskowców białego spągowca, polegające na zmianach kształtu rozkładów i wartości parametrów statystycznych zawartości miedzi w pewnej odległości od spągu łupków miedzionośnych, można interpretować w różny sposób. Mogą one wiązać się z systematycznym spadkiem okruszczenia w kierunku spągu piaskowców, przy prze-wadze określonego typu mineralizacji w poszczegól-nych interwałach profilu rudy. Zmienność mi-neralizacji może być też rozważana na tle istniejącej dwudzielności utworów białego spągowca, opisywanej przez autorów najnowszych prac na temat ich genezy i sedymentacji (Jerzykiewicz *et al.* 1976; Nemeč *et al.* 1977; Nemeč *et al.* 1977 i 1978; Nemeč, Adrabiński 1979).

Jerzykiewicz i inni (1976) uważają, że piaskowce białego spągowca stanowią transgresywne osady płytkiego, epikontynentalnego morza cechsztyńskiego. Analiza struktur sedymentacyjnych i ich orientacji oraz badania petrograficzne i teksturalne tych utworów, przeprowadzone w niektórych rejonach eksploatacyjnych „Lubina” i „Polkowic”, pozwoliły cytowanym wyżej autorom na wydzielenie dwóch typów osadów.

Dolna część białego spągowca (α) reprezentowana jest przez jasnoszare drobnoziarniste piaskowce z wielkoskalowym warstwowaniem przekątnym, tabularnym, odznaczające się dobrym wysortowaniem. Łączą się one w spągu stopniową zmianą barwy osadu z analogicznie wykształconymi czerwonymi piaskowcami o niewątpliwej eolicznej genezie. Z przeprowadzonych badań wynika, że typ α zalega na głębokości poniżej 3 m od kontaktu stropu piaskowców i spągu łupków. Miąższość osadów typu α szacowana jest na ok. 4,8 m.

Górna część białego spągowca (β) ma wiele cech osadu powstałego w wodnym ośrodku depozycyjnym. Występują tu piaskowce o ciemnoszarej i jasnoszarej barwie, z laminami ciemnoszarych mułowców, osiągającymi grubość od kilku mm do 3 cm. Utwory te cechują się różnorodnymi strukturami sedymentacyjnymi o wodnej genezie, przede wszystkim obecnością ripplemarków oraz występowaniem różnego rodzaju warstwowania. Jest to zespół warstw piaskowców, leżących bezpośrednio pod rudą łupkową, a więc reprezentujących stropową część białego spągowca. Miąższość osadów typu β ocenia się na ok. 2,5 m.

Analogiczne rezultaty przynoszą prace Nemečów, Porębskiego i Soleckiego (1977, 1978). Na podstawie badań sedymentacyjnych, zróżnicowania teksturalnego, genezy barwy i analizy frakcji minerałów ciężkich, wyróżnili oni w obrębie białego spągowca również dwa typy osadów. Górna część profilu białego spągowca (typ β) stanowi, zdaniem przytaczanych badaczy, transgresywne, płytkomorskie piaski cechsztyńskie, utworzone wskutek redepozycji osadów wydmych (cechy teksturalne). Dolny człon profilu (typ α) interpretowany jest jako osady eoliczne (wydm nadmorskich) stanowiące kontynuację dolnopermskiej sedymentacji eolicznej.

Podobne wyniki do uzyskanych na podstawie badań sedymentologicznych dało zastosowanie statystycznej metody analizy grup (Nemeč, Adrabiński 1979). Przeprowadzone testowanie hipotezy o poligenicznej genezie piaskowców białego spągowca pozwoliło na wydzielenie dwóch odrębnych i środowiskowo spójnych grup w obrębie tych utworów.

Przedstawione w artykule rezultaty badań statystycznych obszaru złożowego Lubina pokrywają się z ustalonymi relacjami sedymentologicznymi, potwierdzając dwudzielność tych osadów. Dotyczy to przede wszystkim rejonów, w których występuje piaskowcowy typ serii miedzionośnej (L-1 i L-2).

W górnej części profilu rudy piaskowcowej na polu L-1 (fig. 3a, 3b) do głębokości ok. 3,80 m obserwuje się histogramy mniej lub bardziej zbliżone do rozkładu symetrycznego. Dla dolnej części charakterystyczne są rozkłady asymetryczne i jednoskrzydłowe (przedział 3,80–6,80 m). W rejonie L-2 (fig. 4) zmiana typu rozkładu z prawie symetrycznego na asymetryczny lub jednoskrzydłowy następuje w płytszych poziomach piaskowców już w odległości 2,00–2,60 m.

Z przeprowadzonej analizy histogramów wynikałoby, iż podstawowy etap okruszczenia objął głównie płytkomorski człon piaskowców białego spągowca, co obrazuje wyraźna tendencja do symetryzacji rozkładów, zaznaczająca się wzdłuż określonego interwału profilu. Zatem symetryczny charakter rozkładów zawartości Cu, utrzymujący się w obrębie strefy bilansowej, mógłby być ewentualnie pomocny w identyfikacji zespołu warstw typu β . Miąższość piaskowców typu β , oszacowana na podstawie powtarzających się

prawidłowości zmian charakteru histogramów, wynosiłaby więc od ok. 4,00 m w południowo-wschodnim rejonie (L-1) do ok. 2,30 m w środkowej części kopalni (L-2).

Zupełnie inny obraz zmienności histogramów, obserwowany dla obszaru dominacji węglanowego typu złoża (L-3), stwarza trudności w interpretacji wyników i nawiązaniu ich do badań sedymentologicznych. Złożony typ rozkładów przy ujawniającej się wyraźnie klasie modalnej tła od pierwszej (0,20 m) po ostatnią badaną warstwę (4,40 m) świadczy o istnieniu płonnych partii rudy, zupełnie nie tkniętych mineralizacją, wzdłuż całego profilu. Dotyczy to również warstwy laminowanej. Reprezentatywne dla niej, trójmodalne histogramy odznaczają się nie zmniejszającym się udziałem procentowym klasy najniższych zawartości Cu.

Paralelizując profile rudy piaskowcowej z rejonów L-1, L-2 i L-3 dostrzega się też, mimo istotnych różnic w kształtach i modalności rozkładów, pewną zbieżność tendencji zmian ich postaci. Rozkłady wielomodalne, charakterystyczne dla profilu L-3 są złożone jak gdyby z dwóch typów: jednoskrzydłowego i prawie symetrycznego (interwał 0,60–0,80 m). Ta tendencja do symetryzacji drugiego rozkładu, przypominająca obraz zmienności na polach L-1 i L-2, wskazuje, iż jest to stosunkowo najbardziej równomiernie okruszczowana strefa w całym profilu. W zmianie typu rozkładu z trójmodalnego na dwumodalny, składający się z dwóch jednoskrzydłowych (w przedziale 3,20–3,80 m), można dopatrzeć się pewnej analogii do postaci histogramów charakterystycznych dla spągu okruszczowanych piaskowców L-1. Taki sam typ rozkładu otrzymano także dla jeszcze głębszych partii piaskowców L-3 w odległości 4,40 m od ich stropu.

Niedostatek badań mineralogiczno-petrograficznych, które dotyczyłyby bezpośrednio bloków złoża L-1, L-2 i L-3 leżących w dalszej odległości od szybów, utrudnia w dużym stopniu interpretację zmian kształtu rozkładów. Można ją przeprowadzić jedynie na podstawie ekstrapolacji takich badań wykonanych w pobliżu wschodnich i głównych szybów „Lubina” (Jarosz 1968, 1969, 1970; Namysłowska 1972; Niškiewicz 1981).

Wyniki prac mineralogicznych dotyczących złoża lubińskiego wskazują na strefowe rozmieszczenie mineralizacji kruszczowej w profilu pionowym piaskowców.

Uwzględnienie istniejących danych mineralogicznych w analizie zmienności postaci rozkładów i oscylacji ich klas modalnych pozwala na przed-

stawienie następującej charakterystyki zróżnicowania mineralizacji w profilach rejonów L-1, L-2 i L-3.

Na polu L-1 w stropowej warstwie rudy dominuje okruszczowanie złożone z bornitu i chalkozynu. Na obecność tego ostatniego minerału wskazują klasy drugorzędne rozkładu, skupiające wysokie zawartości metalu. Mineralizacja bornitowo-chalkozynowa przechodzi niżej w obrębie piaskowca białoszarego (głęb. 0,40 m) w bornitową, a następnie w bornitowo-chalkopirytową (0,60–0,80 m). Warstwa laminowana odznacza się ponownie dominacją okruszczowania bornitowego, jednak we współwystępowaniu z chalkozynem czy digenitem, co przejawia się zaznaczeniem na histogramie klas podwyższonych koncentracji Cu i znacznym udziałem klasy 1,50–1,79‰. Poniżej tej warstwy do głębokości 4,40 m mineralizacja ma charakter bornitowy. Na odcinku 4,40–5,00 m, gdzie zachodzi wyraźna zmiana typu rozkładu z asymetrycznego na jednoskrzydłowy, połączona zarazem z gwałtownym zmniejszeniem się wartości modalnej, rolę bornitu może przejmować chalkopiryt. Spośród głównych kruszców miedzi jest to siarczek zawierający najmniejszy procent tego metalu.

Z prac dokumentujących południowo-wschodnią część złoża wynika, iż istnieje duża zmienność składu jakościowego minerałów kruszczowych, nawet na niewielkich odległościach, zarówno w poziomie, jak i w pionie serii miedzionośnej. Powoduje to znaczne wahania zawartości Cu, która przy przejściu okruszczowania bornitowego w chalkopirytowe maleje aż do ok. 50‰ (Jarosz 1970). W rejonie szybu wschodniego stwierdzono przewagę mineralizacji bornitowej. Tylko miejscami występował chalkopiryt. Analiza szlifów okruchowych różnych frakcji rudy piaskowcowej dla próbek pochodzących również z obszaru szybowego wykazała duży udział bornitu i chalkopiryty, a także pokazała ilość kowelinu (Namysłowska 1972). Występowanie bornitu związane jest z grubszymi frakcjami (0,6–0,43 mm), zaś chalkopiryt przeważa w przypadku drobniejszych frakcji (0,385–0,3 mm). Opisy szlifów dobrze więc korelują z obrazem zmienności rozkładów w profilu L-1.

Wyniki badań mineralogicznych, wykonanych w środkowej części złoża lubińskiego (Niškiewicz 1981), wskazują jednoznacznie na występowanie w interwale profilu 0,7–1,0 m chalkopiryty. Pozostałe minerały, bornit i chalkozyn, zostały stwierdzone w ilościach podrzędnych. Rezultaty te potwierdzają całkowicie prace Jarosza (1970), wyko-

nane dla obszaru szybów głównych. W prawie całym profilu (z wyjątkiem stropu piaskowców) stwierdzony został właśnie chalkopiryt jako przeważający minerał. W tym rejonie przeważnie dominuje okruszcowanie złożone z bornitu i chalkopiryty. W mniejszej ilości spotykany jest kowelin, pojawiający się zresztą tylko w obrębie niektórych stref.

Zbliżoną charakterystykę zmienności mineralogicznej rudy dają także badania szlifów okruszkowych dla różnych frakcji piaskowców ze środkowego rejonu kopalni (Namysłowska 1972). Wykazały one chalkopirytowo-bornitową mineralizację. Chalkopiryt dominuje we wszystkich frakcjach. Występuje też kowelin, ale jest go znacznie mniej.

Zasadniczym kruszcem Cu w interwale 0,20–0,80 m rozpatrywanych profili L-2 jest chalkopiryt. Z chalkopirytem może ewentualnie współwystępować bornit bądź chalkozyn. Za takim ujęciem przemawia gwałtowne cofnięcie się wartości modalnej rozkładu przy przejściu z warstwy stropowej do niżejległej (fig. 4). Wzrost zawartości Cu w warstwie laminowanej (głęb. 1,40 i 2,00 m) odzwierciedlony jest na rozkładzie osiągnięciem wartości klasy modalnej równorzędnej do wartości mody histogramu, charakterystycznego dla partii stropowej. Może to świadczyć o zmianie dotychczas panującej mineralizacji na bornitowo-chalkopirytową, co dokumentują rezultaty wcześniejszych prac (Jarosz 1970; Namysłowska 1972) na obszarze szybów głównych. Pojawienie się obciętych rozkładów w interwale 2,00–2,60 m, pociągające za sobą znaczne obniżenie wartości modalnej, sugeruje, iż poniżej piaskowca laminowanego ponownie chalkopiryt może stanowić główny siarczek Cu.

Najwięcej trudności przysparza analiza rezultatów dla rejonu pochylni Z:N–S (L-3). Nakładają się na to dwie przyczyny. Przede wszystkim brak jest prac mineralogicznych, związanych bezpośrednio z tym obszarem, a kształty rozkładów zupełnie odbiegają od uzyskanych dla L-1 i L-2. Dane dotyczące obszaru podszybia w zachodnim „Lubinie” (Jarosz 1970) wskazują na obecność nielicznych ziarn chalkopiryty w obrębie prawie płonnych warstw jasnoszarego i białoszarego piaskowca. Duża odległość pochylni od szybów zachodnich uniemożliwia wykorzystanie tych skąpych informacji do przeprowadzenia charakterystyki zmienności mineralizacji. Za bardziej przydatne w tym względzie można uznać badania kruszców, wykonane dla obszaru wschodnich „Polkowic” (Niśkiewicz 1981). Litologiczne

wykształcenie złoże w tym rejonie jest podobne jak w chodniku Z:N–S, a ponadto obszary te dzieli mniejsza odległość. W górnej części profilu (0,40 m) rudy piaskowcowej na obszarze „Polkowic” stwierdzono głównie chalkozyn, trochę kowelinu oraz małe ilości chalkopiryty. Obserwowane dla profilu L-3 wysokie koncentracje zawartości Cu, tworzące oddzielne maksima na rozkładach o najwyższych wartościach klas modalnych (fig. 6), w porównaniu z L-1 i L-2, sugerują, że do głębokości 2,20 m może przeważać chalkozyn. Jest to najbardziej miedzionośny minerał. W głębszych partiach rudy mogą pojawić się minerały mniej zasobne w miedź, jak chalkopiryt czy piryt.

Za przedstawionym wyżej ujęciem następstwa typów mineralizacji w profilach L-1, L-2, L-3 (prawidłowości występowania chalkopiryty względnie piryty w głębszych poziomach rudy) przemawia również obecność pojedynczych drobnych ziarn tych minerałów w obrębie niżej zalegających piaskowców czerwono-brunatnych (Jarosz 1970).

Za interesujące uznać należy wyniki badań dla obszaru „Rudnej”. Typy rozkładów, jakie otrzymano dla strefy piaskowca anhydrytowego (jednoskrzydłowe ale wielomodalne), dobrze korespondują ze stwierdzoną tam mineralizacją. Piryt i markasyt przeważają nad digenitem, chalkozynem i chalkopirytem, co może rzutować na kształt histogramów. Zdarza się, iż chalkozyn występuje w całym profilu do głębokości 2,50 m, jak na obszarze szybów głównych. Podwyższenie zawartości Cu w obrębie odmiany laminowanej związane jest z obecnością takich minerałów, jak chalkozyn, digenit, bornit i kowelin, które dominują nad pozostałymi kruszcami. W zależności od położenia danego pola kopalnianego przewagę osiąga raz chalkozyn czy digenit, a innym razem – bornit, gdyż kowelin występuje równomiernie wzdłuż całego profilu rudy. Te różnice w charakterze mineralizacji warstwy laminowanej między rozważanymi rejonami dobrze ujawniają przebiegi rozkładów reprezentatywnych dla tej odmiany z widocznymi oscylacjami klas modalnych.

Badania mineralizacji kruszczowej piaskowców, obejmujące w sumie dwadzieścia profili serii złożowej z rejonów „Lubina”, „Polkowic” i „Rudnej” (Namysłowska 1972; Niśkiewicz 1981), wykazały jeszcze inną jej cechę. W rozpatrywanych profilach, bez względu na odległość od stropu piaskowców, w poszczególnych warstwach dominuje zawsze tylko jeden minerał kruszczowy. Takie

wyniki mogą być jedynie pozornie skorelowane z jednomodalnymi rozkładami profili L-1 i L-2. Wskazują, iż zaznaczającą się niekiedy wielomodalność histogramów (L-3, wschodnie „Polkowi-

ce”) należy wiązać nie tyle ze zróżnicowaniem mineralogicznym rudy, ile ze skomplikowanym przebiegiem procesów złożotwórczych na tych obszarach.

ZAKOŃCZENIE

Przedstawiając we wcześniejszej pracy matematyczny model zmienności złoża rud miedzi na obszarze kopalń „Lubin” i „Polkowice” (Kotlarczyk, Nieć, Wilczyńska 1981), autorzy na tle rezultatów uzyskanych z analizy statystycznej wyprowadzają także wnioski genetyczne. Reprezentowany jest pogląd, że proces formowania się złoża przedsudeckiego był wielofazowy i zróżnicowany w poszczególnych częściach rozpatrywanego obszaru.

Wyniki szczegółowych badań sedymentologicznych piaskowców białego spągowca, przeprowadzonych na polach złożowych kopalń Lubina i Polkowic (Jerzykiewicz *et al.* 1976) wykluczają możliwość uznania złoża w piaskowcach za syngenetyczne. Opowiadają się oni za wtórnym, związanym z infiltracją w skonsolidowany osad, pochodzeniem złoża, które utworzyło się w późniejszych etapach diagenetyki wskutek nagromadzenia substancji rudnej. Powszechnie obserwowane na ociosach kopalń przebiegające poziomo smugi minerałów rudnych (siarczkowe warstwowanie diagenetyczne naśladujące często warstwowanie frakcjonalne) wykazywały przebieg niezależny od pierwotnych struktur sedymentacyjnych. Czasami zaznaczała się niezgodność między przebiegającymi poziomo wtórnymi strukturami kruszcowymi i pierwotnym pochyleniem lamin mułowców, a niekiedy przypadki naśladowania przebiegu poziomej laminacji przez smugi siarczkowe. Świadczy to, zdaniem cytowanych wyżej autorów, o złożoności procesów migracji roztworów metalonośnych. Obraz wyłaniający się z badań sedymentologicznych całkowicie potwierdzają obserwacje mikroskopowe. Wynika z nich, iż siarczki Cu mają charakter wypierający i rozwijają się na koszt wcześniej powstałych spoiw ilastych i błonkowych. Ponadto stwierdzono występowanie pseudomorfoz siarczków po dolomicie i korozję ziarn kwarcu przez minerały miedziowe.

Na tle dostarczonych przez Jerzykiewicza *et al.* (1976) przekonujących dowodów na postsedymentacyjne przemieszczanie się roztworów kruszconośnych w piaskowcach należałoby zatem rozważyć, w jakim stopniu rezultaty analizy statystycznej, przeprowadzonej przez autorkę, odwzorowują taki właśnie model genezy.

Nie zagłębiając się w szczegółowe rozważania, czy powstanie podstawowej części okruszcowania w obrębie serii piaskowcowej jest wynikiem przemian zachodzących w czasie diagenetyki i następujących potem procesów katagenetyczno-epigenetycznych czy też jedynie epigenetyki (czego badania statystyczne nie rozstrzygają), można jednak sformułować pewne wnioski genetyczne.

Otóż zróżnicowanie postaci histogramów rozkładu zawartości Cu, a także wartości parametrów statystycznych przemawia za uznaniem descenzyjnego pochodzenia mineralizacji w piaskowcach. Nierównomierne rozmieszczenie mineralizacji w badanych profilach serii piaskowcowej, a także w poziomie (nawet dla warstw znajdujących się w jednakowej odległości od łupków) powinno się identyfikować ze zjawiskami postsedymentacyjnej migracji kruszców, zawierającej składową poziomą i pionową.

O wtórnym pochodzeniu struktur kruszców Cu w piaskowcach świadczyłyby następujące cechy złoża:

- zmienny zasięg mineralizacji w profilu pionowym rudy piaskowcowej, charakterystyczna geometria spągowej powierzchni rudy – skokowe zmiany jej miąższości na krótkim dystansie (nawet 15 m), stwierdzone we wszystkich badanych rejonach, szczególnie wyraźne na obszarze pochylni Z:N-S;

- występowanie oscylacji intensywności zawartości Cu w profilu pionowym, związanych z określonymi odmianami litologicznymi rudy piaskowcowej (piaskowiec jasnoszary, białoszary, laminowany). Podwyższenia zawartości Cu (dwa lub trzy pokłady piaskowca silnie okruszczonego) zostały stwierdzone we wszystkich rozważanych profilach. Głębokość występowania nasilenia mineralizacji jest zbliżona na tych obszarach, gdzie piaskowce stanowią podstawową rudę (L-1 i L-2), zaś nieco głębiej pojawiają się one tam, gdzie mineralizacja osadów jest wyspowa (L-3). Obecność intensywniej okruszczonych warstw można powiązać ze wspomnianym wyżej siarczkowym warstwowaniem diagenetycznym, charakterystycznym dla piaskowca laminowanego;

- istotna korelacja dodatnia między zawartością Cu a miąższością (wzrost zawartości Cu

towarzyszący zwiększaniu się miąższości rudy piaskowcowej; w niektórych rejonach np. L-3 współczynniki korelacji r osiągają wartość 0,6) (Namysłowska-Wilczyńska 1980).

Otrzymane wyniki badań statystycznych zdają się dowodzić istotnej roli pionowych przemieszczeń roztworów metalonośnych w uformowaniu obecnej postaci złoża w obrębie piaskowców. Towarzyszyły one przemieszczeniom lateralnym kruszców.

Na poparcie tezy o przenikaniu wód kruszczo- nośnych również przy założeniu ruchów pionowych warto przytoczyć niektóre interesujące wyniki badania średnich zawartości Cu dla różnych składowych serii złożowej (Namysłowska-Wilczyńska 1980).

Okazuje się, że w rejonach występowania piaskowcowej serii miedzionośnej (L-1 i L-2), mineralizacja w dolomicie granicznym jest wyraźnie zaznaczona i pozostaje w ścisłym związku z okruszczowaniem łupków. Im jest ono intensywniejsze, tym wyższe średnie uzyskuje się dla dolomitu granicznego, a także stropu piaskowca (L-2:Y I-IV). We wszystkich stropowych warstwach piaskowca występują niższe koncentracje Cu niż w wyżej zalegającym dolomicie. Znamienne jest

znacznie niższe okruszczowanie w skalach węglanowych na obszarze L-2 w porównaniu z dolomitem granicznym i piaskowcem stropowym, mimo iż zmineralizowane węglany mają grubość ok. 1 m. Te fakty świadczyłyby więc o ekranizującej roli dolomitu granicznego.

Tymczasem w rejonach, gdzie dominuje węglanowy typ złoża (L-3), mineralizacja dolomitu granicznego jest bardzo słaba, mimo iż w łupkach występują znacznie wyższe zawartości Cu niż na innych polach kopalnianych. Interesujące jest jednak to, że intensywność okruszczowania w niżejległych stropowych warstwach piaskowców osiąga dużo wyższe wartości średnich w porównaniu z dolomitem. W tym przypadku warstwa ta nie pełni roli ekranu dla infiltrujących z góry roztworów kruszczo- nośnych.

Takie rezultaty analizy statystycznej wskazują na powiązania genetyczne między poszczególnymi poziomami litologicznymi złoża rud miedzi.

Reasumując można stwierdzić, że wykryte elementy zróżnicowania mineralizacji w piaskowcach są bardziej zgodne z II modelem genezy złoża (późna diagenезa, epigenезa), przedstawionym w pracy Kotlarczyka *et al.* (1981).

LITERATURA

- BOBROWSKI D., 1980: *Probabilistyka w zastosowaniach technicznych*. WNT, Warszawa.
- GÓRECKA M., NIEĆ M., 1978: Zmienność mineralizacji miedziowej w profilu złoża w Polkowicach. *Prz. Geol.*, nr 7.
- JAROSZ J., 1966: *Wstępne opracowanie rozmieszczenia mineralów rudnych oraz pierwiastków towarzyszących i rzadkich w pionowym profilu złoża miedzi w rejonie szybu wschodniego kopalni Lubin*. ZBiD przy KGHM, Lubin, praca niepublikowana.
- 1968: *Badania nad poziomym i pionowym rozmieszczeniem mineralów rudnych rejonu szybów głównych kopalni Lubin*. ZBiD przy KGHM, Lubin, praca niepublikowana.
- 1969: *Charakterystyka litologiczno-mineralogiczna złoża miedzi kopalni Lubin i wnioski dla eksploatacji górniczej*. ZBiD przy KGHM, Lubin, praca niepublikowana.
- 1970: *Mineralizacja piaskowców białego spągowca w kopalni Lubin*. ZBiD przy KGHM, Lubin, praca niepublikowana.
- JERZYKIEWICZ T., KIJEWSKI P., MROCZKOWSKI J., TEISSEYRE A. K., 1976: Geneza osadów białego spągowca monokliny przedsudeckiej. *Geol. Sudetica*, vol. 11, nr 1.
- KOTLARCZYK J., NIEĆ M., WILCZYŃSKA-NAMYSŁOWSKA B., 1981: Model zmienności złoża rud miedzi Lubin-Polkowice i problemy jego genezy. *Pr. Geol. PAN*, nr 123.
- MASŁOWSKI W., BIELA L., MOCHYŁA J., FLAK H., 1984: Gospodarka skałą płonną w kopalniach LGOM. Konferencja naukowo-techniczna „Racjonalna gospodarka i ochrona zasobów surowców towarzyszących”, Lubin.
- MAYER W., SALAMON W., 1974: Wykształcenie i mineralizacja piaskowców białego spągowca w rejonie Rudnej. *Rudy i Met. Nieżel.*, 19, nr 6.
- NAMYSŁOWSKA B., 1972: Charakterystyka mineralogiczno-petrograficzna utworów dolnego cechsztynu rejonu kopalni Lubin. *Pr. Nauk. Inst. Geotech. PWr*, nr 11, Konferencje, nr 2.
- NAMYSŁOWSKA-WILCZYŃSKA B., 1980: Analiza ilościowa przestrzennej zmienności wybranych parametrów geologicznych osadów dolnego cechsztynu w rejonie kopalni Lubin. Praca doktorska. *Rap. Ser. PRE* nr 112, Inst. Geotech. PWr.
- NAMYSŁOWSKA-WILCZYŃSKA B., MYSZKA M., SŁOMKA E., SŁOMKA T., 1976: Zmienność złoża rud miedzi Lubin. Podtemat IV. *Rap. Inst. Geologii i Surowców Mineralnych AGH w Krakowie*.
- NEMEC W., ADRABIŃSKI A., 1979: Zastosowanie analizy grup do testowania hipotez sedimentologicznych na przykładzie piaskowców białego spągowca (perm monokliny przedsudeckiej). *Prz. Geol.-Miner. VII. Acta Univ. Wratisl.* nr 407, Warszawa-Wrocław.
- NEMEC H., SOLECKI A., NEMEC W., 1977: O dwudzielności piaskowców białego spągowca w środkowej części monokliny przedsudeckiej w świetle wyników analizy dyskryminacyjnej składu ich frakcji ciężkiej. *Prz. Geol.*, nr 2.
- NEMEC H., NEMEC W., PORĘBSKI S. J., 1977 i 1978:

- Przejście od sedimentacji kontynentalnej do płytkomorskiej w obrębie białego spągowca (perm monokliny przedsudeckiej). *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, vol. 47 i 48.
- NIEĆ M., ZACZEK F., 1977: Zmienność mineralizacji w profilu złoża Lubin. *Zesz. Nauk. AGH w Krakowie, Geologia*, t: II, z. 4.
- NIŚKIEWICZ J., 1981: Zjawiska metasomatozy w cechsztyńskich złożach rud miedzi Dolnego Śląska. *Geol. Sudetica*, vol. 14, nr 2.
- ROMANOWSKA B., SALSKI W., 1978: Opróbowanie złoża rud miedzi monokliny przedsudeckiej. *Prz. Geol.*, nr 4.
- TOMASZEWSKI J. B., 1978: Budowa geologiczna okolic Lubina i Sieroszowic (Dolny Śląsk). *Geol. Sudetica*, vol. 13, nr 2.
- TYLKA M., MAYER W., PIETRZYŃSKI A., TYLKA W., 1980: Zmienność okruszczenia miedziowego w wybranych rejonach kopalni Rudna. *Kwart. Geol.*, t. 24, nr 2.
- YULE G. U., KENDALL M. G., 1966: *Wstęp do teorii statystyki*. PWN, Warszawa.

ANALYSIS OF THE VARIABILITY OF COPPER MINERALIZATION IN WHITELIEGENDES SANDSTONES IN THE AREA OF THE LUBIN MINE

Barbara NAMYSŁOWSKA-WILCZYŃSKA

Institute of Geotechnics, Technical University of Wrocław
Pl. Grunwaldzki 9, 50-377 Wrocław

Summary

ABSTRACT. The subject of the considerations in the article is the variability of copper mineralization within the sandstones of Whiteliegendes in the area of the Lubin Mine's Cu ore-deposit. The problems of percentage Cu contents variation, as well in the vertical profiles of copper-bearing sandstone series, as in the horizontal extension of the deposit, were studied.

The analysed profiles of sandstone ore represent three exploited regions of the Lubin mine, L-1, L-2 and L-3. These areas are characterized by different lithological structure of the deposit series and various dimensions of the surface.

Initial material for the statistical analysis was the results of chemical analyses of % Cu contents for elementary segments of the length 0.20 m, derived from the groove-samples, by means of which the deposit has been sampling.

The investigation of frequency distribution shapes of percentage content of copper was carried out for the selected "layers" of sandstone ore, of the length 0.20 m. Also the frequency distributions of % Cu contents for the whole popula-

tions of all elementary samples of mineralized sandstones were investigated. When evaluating the variability of basic statistics values (averages \bar{X} , variances S^2 , standard deviations S , coefficients of variability V) of considered parameter, the whole profile of sandstone ore thickness was taken into calculations. The results of statistical analysis against the background of sedimentologic-mineralogical data concerning the Whiteliegendes sandstones have been presented.

The confirmed variability of histograms shapes and of statistical parameters values in the vertical profiles advocate the descension genesis of mineralization in the sandstones. Occurring regularities in the distribution of mineralization in the profiles of these rocks should be identified with the phenomena of postsedimentation displacement of metalliferous solutions, proving of complication of migration processes. In the formation of present form of the deposit within the Whiteliegendes sandstones, except the lateral displacements of copper-ores, the significant role also played the vertical movements.

INTRODUCTION

The aim of the paper is to provide the possibly fullest picture of the variability of copper sulfides mineralization in Whiteliegendes sandstones which occur in the area of the Lubin Mine. Three mining blocks different as to their surface area dimensions and geographical positions (L-1 – south-eastern region, L-2 – central region, L-3 – western region) have been studied. The chosen deposit fields represent different types of the Cu-ore deposit lithological profile. For the analysis of Cu-content variability in the vertical profiles of sandstone ore, a system of deposit sampling by means of furrow samples consisting of elementary sections of 0.20 m

length was used. A technique of geometric division of the sandstones in the vertical into the so-called slices – conventional layers – was introduced. Statistical studies which included an analysis of distribution forms and an estimation of basic statistics for the particular conventional layers were carried out on the basis of populations of furrow samples spaced systematically at every 15–20 m (L-2, L-3) and on the basis of a sampling net widened to about 60 m (L-1). For field L-1, moreover, a population of samples taken at random, was considered.

CHARACTERIZATION OF THE STUDIED MINE REGIONS

Five different types of the copper-ore deposit lithological profile (fig. 2) (Namysłowska-Wilczyńska 1980) have been found to occur within the boundaries of the analysed mining fields (Fig. 1). The average thickness of the whole copper-bearing deposit series ranges from 4.31 m in field L-1 to 3.18 and 3.49 m in field L-2. It reaches a considerably smaller value, i.e. 2.26 m, in field L-3. In deposit fields L-1 and L-2 mineralization in Whiteliegendes sandstones is dominant. The greatest thicknesses of sandstone (balance) ore are found in the south-eastern region of the mine, where the average of this parameter obtained for field L-1 ranges from 3.63 to 4.06 m depending on the considered population of samples. In the central part of the Lubin deposit (L-2), the zone of sandstones mineralization is associated with a shorter profile

interval of average thickness in the range from 2.38 to 2.55 m. In the two mining fields the sandstone ore is characterized by the greatest uniformity of mineralization, both as to the variability of Cu-content intensity and thickness variability, relative to the other parts of the deposit. In the western part of the mine, the sandstone ore is distributed in a discontinuous manner. Thus, the variability of thickness of this kind of ore is high and the average for region L-3 reaches the value of 2.10 m. In comparison with the previous regions ($\bar{X} = 1.19\text{--}1.48\%$ Cu) the intensity of copper mineralization in the sandstones of inclined drift Z:N-S is higher, reaching the average value of 1.94%, however, there is a strong variation of Cu-content.

ANALYSIS OF CU-CONTENT VARIABILITY IN THE SANDSTONES PROFILE

A STUDY OF THE DISTRIBUTIONS

The subject of the analysis was Cu-content variability within the mineralized sandstone series depending on the distance from the cupriferous shales floor. Statistical studies of mineralization carried out for vertical profiles of sandstone ore (L-1, L-2, L-3) showed a great variability of distribution shapes and values of basic statistics.

When moving from the shale ore floor level in the direction of the sandstone ore floor strata, certain regularities of changes in the behaviour of Cu-content distributions are observed. In the deposit fields with the dominance of the sandstone type of a deposit (L-1, L-2) similar changes in distribution shapes are observed at specified depth levels of the ore (Figs. 3, 4). The representative distributions for the layers deposited nearest to the shales are unimodal, symmetrical but showing a tendency to positive skewness and at a farther distance they assume the form of asymmetric histograms. The deepest strata of sandstones are characterized by one-wing distribution with the lowest Cu-contents (0.00–0.29‰) modal class corresponding to the geochemical background. The observed character of variability of distributions in the vertical profile is rendered very well by the shape of the histogram obtained for the whole population of all elementary samples of field L-1 (Fig. 5). The high percentage of the low metal contents class results in the asymmetry of this distribution. A totally different picture of distribution shapes was obtained for the profile of inclined drift Z:N-S in region L-3 situated at the boundary between the mining areas of Lubin and Polkowice (Fig. 6). The compound type of distribution occurs along the whole analysed interval of sandstones. The roof layers are characterized by multimodal histograms. Farther from the shales, at deeper levels, the histograms assume a two-modal form and then become three-modal. The distributions which represent the floor layers of sandstone ore are again characterized by two-modal shapes. One can observe that the histograms for profile L-3 consist as if of two asymmetric distributions – one being of type J (Yule, Kendall 1966) and constituting the initial act of mineralization (geochemical background) and the other being strongly positively skew. The latter represents a resultant of basic mineralization and increased concentration of copper

sulfides. The picture of distributions for profile L-3 is clearly corroborated by the histogram which represents the population of all elementary samples of sandstone ore in inclined drift Z:N-S (Fig. 5). The observed in the distributions subpopulations of lower and higher Cu-contents are also clearly marked in the distribution shape characteristic for the general population. An analysis of all the Cu-content histograms allows us to state that the mineralization of sandstones of the *Whiteliegendes* is not genetically homogenous. It seems to point to the existence of a multiphase process of mineralization of the sandstone series. This process proceeded differently in different parts of the Lubin deposit area.

The interval of the lowest concentrations of copper, 0.00–0.59‰, can be regarded as the initial stage of mineralization, defined as a geochemical background, onto which successive stages of mineralization were superimposed. The fundamental ore-bearing stage which led to the formation of the deposit within sandstones would correspond to the classes of Cu-content 0.60–2.39‰ (L-1, L-2) and 0.60–3.59‰ (L-3) depending on the situation of a mining field. Penetration of rich copper-bearing solutions into the sandstones which occurred in the final stage of mineralization finds its reflection in the presence of classes of higher Cu-concentrations (2.40–6.29‰ for profiles L-1 and L-2 and 3.60–8.69‰ for profile L-3) in the distributions of the roof layer.

The observed differences in the shapes of histograms can be due to various reasons. The character of the distribution of Cu-content in ore-minerals which determines the form of the distribution function plays a significant role here. The monomodal character of the histograms (near-symmetrical distribution) of profiles L-1 and L-2, sometimes with deviations to normal-logarithmic or one-wing distribution, may indicate that the whole mass of copper is concentrated in one mineral. The observed in shallower ore horizons tendency towards reduction of asymmetry and symmetrization of histograms may be the evidence of one-stage mineralization or it may be the result of superimposition of different geological processes as for example: considerable mixing of ore-bearing stages, ore metasomatism and weathering. The multimodality of the distributions for profile L-3 may be the evidence of dissipation of copper in several minerals or strong alterations of the deposit due to secondary geological processes.

ESTIMATION OF BASIC STATISTICS

The variation of copper compounds mineralization in the horizontal profile of sandstones is different for different mining fields (Tab. 1–5). The results of calculations of basic statistics for particular layers of sandstone ore show regularities in the distribution of mineralization within the ore. The pronounced oscillations in Cu-content are associated with certain lithological types of sandstones. The alternating enrichments and impoverishments of mineralization are characteristic for all the analysed profiles embracing everywhere similar intervals of ore thickness (Figs. 7, 8, 9). The maximum average Cu-content is found in the roof-layer of sandstone ore (slice no. 1) of 0.20 m thickness. The layer is made up of light-gray sandstone which extends widely in the deposit area of Lubin-Polkowice-Rudna.

Mineralization of the roof layer varies in the considered regions being probably a reflection of the changes in its lithological formation (type of binder, presence of silty minerals). The average Cu-content ranges from 1.31‰ for the

layer from profile XI-II in field L-2 (tab. 3) to 2.33‰ for the ore roof in inclined drift Z:N-S in field L-3 (Tab. 5). Jarosz (1968, 1969, 1970) describes the roof layer of *Whiteliegendes* deposits as the first stratum of sandstone with more intensive mineralization.

Renewed intensification of mineralization occurring at a certain distance from the contact between the sandstone roof and the shaly ore floor is found in a layer, the thickness of which ranges from 0.40 to 0.80 m. On the basis of mineralogical-petrographic studies of deposit blocks situated in the direct vicinity of Lubin pit shafts (Jarosz 1968, 1969, 1970; Namysłowska 1972; Jerzykiewicz *et al.* 1976), one can conclude that the renewed increase of average Cu-contents is associated with the occurrence of laminated sandstone. It is a layer consisting of parallel laminas, streaks and dark-grey bands (green after weathering) mutually interbedded which are strongly mineralized with copper sulfides.

In field L-1, a second bed of more intensive mineraliza-

tion ($X = 1.44\text{--}1.50\%$) occurs in the depth interval 1.00–1.40 m (Tab. 1, 2; Fig. 7). In area L-2: XI–II, a second maximum of Cu-content in the sandstones profile becomes pronounced at a similar distance from the contact with shales as in region L-1 (Tab. 3; Fig. 8). In deeper ore horizons, i.e. in intervals 1.00–1.80 m and 1.40–1.80 m, it appears in profiles Y I–IV ($X = 1.51\text{--}1.57\%$) in field L-2 (Tab. 4, Fig. 8) and in Z:N–S ($X = 1.89\text{--}1.92\%$) in field L-3 (Tab. 5; Fig. 9). In all the considered profiles (except L-1) below the laminated variety as far as the floor of sandstone ore, the average value decreases until mineralization disappears. In profile L-1 at the distance of about 1 m from the second stratum of sandstone with increased Cu-concentration, a third bed of sandstone with enriched mineralization ($X = 1.31\text{--}1.33$) appears occupying a section of the profile of 0.40 m length (Tabs 1, 2; Fig. 7). Previously, this horizon had been discovered only in the area of the main shafts of Lubin (Jarosz 1968). The existence of a third bed of strongly mineralized ore in the profile of field L-1 indicates that it has a wider extension in the area of the Lubin deposit. The disappearance of balance mineralization in the sandstones of area L-1 occurs deepest in the interval 4.40–5.00 m (Tabs 1, 2; Fig. 7).

The section of the sandstone ore profile below the roof

layer with a marked decrease of Cu-content followed by its systematic increase until mineralization intensity is reached in the laminated layer and below corresponds to white-gray sandstone (Jarosz 1966, 1968, 1969, 1970).

The remaining statistical parameters mostly follow the variation of the average. Roof layers and in the case of heading Z:N–S (L-3) also the laminated layer are characterized by the greatest variability of mineralization. Abrupt changes of Cu-content intensity, even in adjacent layers, result in oscillations of the values of variability coefficients V_{Cu} . Beyond the zone of these oscillations, which reaches the deposition level of laminated sandstone, the values of V_{Cu} increase systematically in the direction of the floor of the analysed profiles which is associated with the extinction of mineralization to the level of the geochemical background. In the profile of field L-1 at the depth of 5 m, where the average drops below 0.7%, V_{Cu} reaches a value as high as 81.5% (Tabs 1, 2). In profile L-2, the decrease of mineralization below 0.7% (interval 2.80–3.00 m) gives coefficients ranging from 79 to 103% (Tabs 3, 4). In profile L-3, V_{Cu} for the ore balance limit (4.20–4.40 m) is already as high as 140% (Tab. 5).

STATISTICAL STUDIES AGAINST THE BACKGROUND OF SEDIMENTOLOGICAL-MINERALOGICAL WORK

Interpretation of the determined regularities in the variability of Cu-content in vertical profiles L-1, L-2 and L-3 of sandstone ore presents difficulties due to the ambiguous picture of variation of the mineralization. The difficulties may arise because of the systematic drop of mineralization towards the floor of sandstones and they may be associated with the dominance of a certain kind of ore mineralization in particular sections of the ore profile. The observed variability may also be analysed against the background of the existing duality of the Whiteliengendes sandstones described by the investigators of the genesis and sedimentation of these formations (Jerzykiewicz *et al.* 1976; Nemeč *et al.* 1977, 1978; Nemeč, Adrabiński 1979).

The results of statistical studies carried out for fields L-1, L-2 and L-3 of the Lubin Mine coincide with the determined sedimentological relationships thereby confirming the duality of formation of the sandstones. This applies particularly to the profiles of blocks L-1 and L-2, in the area of which these rocks make up the basic segment of the deposit series. An analysis of the histograms leads to the conclusion that the main deposit-formative stage embraced above all the shallow-sea upper part of the Whiteliengendes which is evidenced by the almost symmetrical type of Cu-content distributions being pronounced along a specified interval of the profile. Thus, the

thickness of sandstone layers of type β , estimated on the basis of the changes in distribution shapes which occur in the vertical profile would range from about 4 meters in the south-eastern region (L-1) to above 2 meters in the central part of the mine (L-2).

The picture of changes in distribution shapes and oscillations of their modal classes and that of Cu-content intensity variation in the particular layers of sandstones corresponds well to the results of mineralogical work conducted in the area of Lubin pit shafts with the purpose of investigating the zone distribution of ore mineralization in the vertical profile of this ore (Jarosz 1968, 1969, 1970; Namysłowska 1972; Niškiewicz 1981). There is a great variability of the qualitative composition of the copper minerals both in the perpendicular of the sandstone series and in its horizontal extension which as a result gives great oscillations of the Cu-content (oscillations of modal distributions are found even for adjacent layers). In the deeper parts, minerals of poorer Cu-content occur such as chalcopyrite, pyrite or marcasite. The increased mineralization within the laminated layer is associated with the occurrence of such minerals as chalcocite or bornite. In the roof part of the Whiteliengendes, chalcocite mineralization is dominant and in some areas bornite or mixed mineralization are the dominant ones.

CONCLUSIONS

The results of the statistical analysis of the variability of copper sulphides mineralization in the Whiteliengendes profile for the area of Lubin Mine map a model of the multistage formation of the deposit in the process of postsedimentation displacement of metalliferous solutions. The process of ore migration in sandstones proceeded differently in different parts of the deposit area.

The statistical studies corroborate the picture emerging from the sedimentological and mineralogical-petrographic studies

as to the secondary, associated with infiltration into the consolidated sediment, origin of the sandstones mineralization. The non-uniform distribution of mineralization in the sandstone ore vertical profile manifesting itself in the form of oscillations of Cu-content intensity is associated with specified lithological forms. The statistical analysis showed a considerably wider extension in the Lubin Mine area of the second as well as the third bed of the stronger mineralized sandstone (sulphide diagenetic stratification) than that indicated by the

previous studies (Jarosz 1970). Regularities of diversification and the variable range of the mineralized sandstone zones can be explained by the phenomena of displacement of ores which included both the components – the horizontal and the vertical one. The important role of vertical movements in the deposit forming process which accompanied lateral displacements is made visible also by the significant positive correlation between the thickness and Cu-content of sandstone ore

in some areas ($r = 0.6$) and the results of the studies of average Cu-contents for different lithological horizons of the deposit, supporting the thesis that there are genetic interrelationships between them. Mineralization of the roof sandstone ore layer is closely associated with the mineralization of the higher deposited boundary dolomite and shales (Namysłowska-Wilczyńska 1980).