

Marek NIEĆ

MODEL ZMIENNOŚCI ZAWARTOŚCI METALI
W GNIEZDZIE RUDY Zn—Pb w KOPALNI BOLESŁAW
KOŁO OLKUSZA*

(6 fig.)

*A variability model of metal content in the Zn—Pb
ore nest in the Bolesław Mine near Olkusz
(Southern Poland)*

(6 Figs.)

Marek Nieć: A variability model of metal content in the Zn-Pb ore nest in the Bolesław Mine near Olkusz (Southern Poland). *Ann. Soc. Geol. Poloniae*, 53/1—4: 177—186, 1983 Kraków.

Abstract: Spatial trends of Zn-Pb content in the ore nest within Rhaetian dolomites in the Bolesław Mine were investigated. Despite small determination coefficients, a third-order trend revealed NE-SW strike of the zone of the statistically richest mineralization, as well as an increase in mineralization towards the top part of the dolomite. The distribution of ore mineralization seems to be controlled by joints while the influx of mineralization solutions protruded upwards, being hindered by the overlying Gogolin Limestones.

Key words: Zn-Pb ore mineralization, statistics trend hiper surface analysis, Southern Poland.

Marek Nieć: Akademia Górniczo-Hutnicza, Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Poland.

manuscript received: August, 1980

accepted: March, 1982

Treść: Przedstawiono wyniki badań trendów przestrzennych zawartości Zn i Pb w gnieździe rudnym występującym w dolomitach retu w Kopalni Bolesław. Wysłunięto przypuszczenie, że rozmieszczenie okruszcowania jest w pewnym stopniu kontrolowane przez spękania ciosowe oraz że dopływ roztworów mineralizujących następował z dołu, a wapienie gogolińskie działały jak ekran.

* Praca była przedstawiona na Sympozjum w Przybramie w 1976 r. poświęconym metodom matematycznym w geologii: Sympozjum Hornická Příbram ve Vědě a Technice, Matematické metody v geologii.

Złoże rud cynku i ołowiu „Bolesław” koło Olkusza, podobnie jak i inne złoża regionu śląsko-krakowskiego, jest złożem stratoidalnym (stratabound), występującym w środkowotriasowych dolomitach kruszconośnych. Różni się jednakże od pozostałych tym, że mineralizacja o wartości przemysłowej pojawia się w nim również w dolnotriasowych dolomitach retu oddzielonych od dolomitów kruszconośnych praktycznie niezmineralizowanymi wapieniami gogolińskimi (fig. 1).

Zasadniczym elementem geologicznym rejonu Bolesławia jest rów tektoniczny o przebiegu równoleżnikowym, przecięty skośnym zespołem dyslokacji. Stwierdzone punkty występowania mineralizacji w utworach retu znajdują się tak w obrębie tego rowu, jak i w jego skrzydłach (fig. 2). Bliżej poznane jest tylko jedno jej występowanie w rejonie tzw.

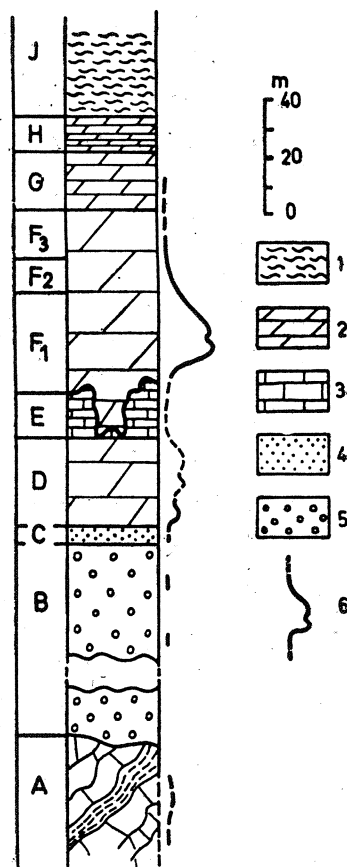


Fig. 1. Profil stratygraficzny utworów w rejonie Bolesławia. 1 — iły i łupki ilaste, 2 — dolomity, 3 — wapienie, 4 — piaskowce, 5 — zlepieńce, 6 — intensywność mineralizacji kruszcowej. A — karbon dolny, B — perm dolny, C — niższy pstry piaskowiec, D — ret, E-H wapień muszlowy: E — wapień gogolińskie, F — dolomity kruszconośne (F₁ — warstwy gorążdziańskie, F₂ — warstwy terebratulowe, F₃ — warstwy karchowickie), G — dolomity diploporowe, H — dolomity tarnowickie, J — kajper

Fig. 1. Stratigraphy of the Bolesław region. 1 — clays and clayey shales, 2 — dolomites, 3 — limestones, 4 — sandstones, 5 — conglomerates, 6 — intensity of ore mineralization. A — Lower Carboniferous, B — Lower Permian, C — Lower Buntersandstein, D — Rhaetian, E-H Muschelkalk: E — Gogolin Limestones, F — ore-bearing dolomites (F₁ — Gorądzkie Beds, F₂ — Terebratula Beds, F₃ — Karchowice Beds), G — Diplopora Dolomites, H — Tarnowice Dolomites, J — Keuper

szybu 71, (C na fig. 2) eksploatowane z przerwami od około 50 lat (Kuźniar 1930). Występujące tutaj ciała rudne tworzą brekcje dolomitu zlepione sfalerytem, brunckitem, galeną i markasytem oraz dolomity intensywnie zastępowane przez sfaleryt i galenę występujące w towarzystwie markasytu. Na jego peryferii występuje intensywna mineralizacja markasytowa, a w otaczających dolomitach rozproszona mineralizacja barytowa, w postaci impregnacji, nieciągłych żyłek i nieregularnych gniazdek. W dolomitach otaczających zasadnicze ciało rudne obserwowano też występowanie intensywnej rozproszonej mineralizacji kruszcowej w niektórych warstwach. Szczególnie podatne na mineralizację są zwłaszcza brekcje ławicowe pojawiające się w obrębie dolomitów marglistych w dolnej części profilu utworów retu (Nieć 1979).

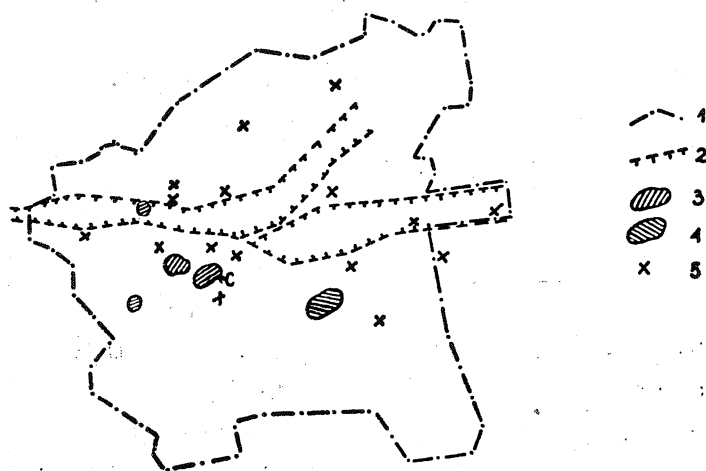


Fig. 2. Rozmieszczenie znanych wystąpień mineralizacji kruszcowej w utworach retu na obszarze kopalni Bolesław. 1 — granice kopalni, 2 — dyslokacje ograniczające rów Bolesławia, 3 — eksploatowane gniazda rudne (C — gniazdo szybu 71), 4 — gniazda stwierdzone otworami wiertniczymi lub wyrobiskami górniczymi, 5 — wystąpienia mineralizacji stwierdzone w pojedynczych otworach

Fig. 2. Distribution of ore mineralization occurrences in the Rhaetian deposits of the Bolesław mine. 1 — mine boundary, 2 — faults bounding the Bolesław Graben, 3 — ore nests mined C — ore nest studied, 4 — ore nests explored, 5 — mineralization occurrences recorded in individual boreholes

Dotychczas niezupełnie jasne są warunki występowania mineralizacji w utworach retu, prawidłowości jej rozprzestrzenienia oraz stosunek do zasadniczego złoża w dolomitach kruszconośnych. W celu wyjaśnienia prawidłowości rozprzestrzenienia mineralizacji w utworach retu przeprowadzono badania nad zmiennością zawartości cynku i ołowiu w ciele rudnym szybu 71.

Gniazdo szybu 71 jest udostępnione wyrobiskami górniczymi na kilku poziomach. Umożliwia to prześledzenie zmienności mineralizacji w przestrzeni trójwymiarowej. Badania zmienności oparto na wynikach analiz próbek brzdowych pobieranych w trakcie bieżącego opróbowania złoża.

Bruzdy orientowane są pionowo i pobierane na całą wysokość chodnika prowadzonego w złożu, wynoszącą około 2,5 m. Dane o ilości pobranych prób zestawiono w tab. 1.

Tabela 1 — Table 1

Ilość prób pobranych do badań
Number of samples

Poziom Level	Ilość pobranych prób Number of samples	
	Zn	Pb
230	5	5
246	126	118
255	74	74
260	149	135
264	150	149
268	75	74
Razem Total	579	555

Wzdłuż każdego chodnika próby pobierane były równomiernie, co około 5 m, naprzemianlegle na obu ociosach.

W tabeli 2 zestawiono podstawowe parametry statystyczne charakteryzujące zmienność mineralizacji Zn i Pb w obrębie całego gniazda i na przykładowo wybranym poziomie 246.

Tabela 2 — Table 2

Zmienność mineralizacji Zn i Pb w gnieździe szybu 71 (zawartość Zn i Pb w jednostkach umownych)

Variability of the Zn-Pb mineralization in the nest of the shaft 71 (Zn-Pb contents in standard units)

Badany obszar investigated area	Parametr parameter	N	\bar{X}	s	V %
całe gniazdo total ore body	Zn	579	753	730	96,9
	Pb	555	225	432	192,0
poziom 246 246 level	Zn	126	710	623	87,7
	Pb	126	200	377	188,5

N — ilość próbek, \bar{X} — wartość średnia, s — odchylenie kwadratowe, V — współczynnik zmienności

N — number of samples, \bar{X} — arithmetical mean, s — standard deviation, V — variation coefficient

Wysokie współczynniki zmienności pozwalają uznać mineralizację za bardzo zmienną. Zmienność zawartości obu metali jest zarazem wyższa od przeciętnie rejestrowanej w złożu w dolomitach kruszonośnych (Nieć 1977). Między zawartościami Zn i Pb istnieje niezbyt wyraźna korelacja. Przykładowo współczynnik korelacji obliczony na podstawie próbek pobranych na poziomie 246 wynosi $r = 0,61$, a równanie prostej regresji ma postać: $Pb = 0,37 Zn + 0,36$

Badania przestrzennego zróżnicowania mineralizacji przeprowadzono przy zastosowaniu analizy trendów hiperpowierzchni* w przestrzeni trójwymiarowej, stosując metodykę zaproponowaną przez Harbougha (1964). Aproksymację wartości obserwowanych przeprowadzono wielomianami pierwszego, drugiego i trzeciego stopnia w postaci

$$p = \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^m \sum_{k=0}^m a_{ijk} x^i y^j z^k$$

$$i + j + k \leq m$$

gdzie: p — aproksymowana zawartość Zn lub Pb; x, y, z — współrzędne punktu, w którym została pobrana próba; Z_a z przyjmowano rzędną danego poziomu; m — stopień wielomianu aproksymującego.

Obliczenia funkcji aproksymujących wykonano w oparciu o program opracowany przez Harbougha i adaptowany przez mgr M. Dolik na maszynie ODRA 1305 w Centrum Maszyn Matematycznych Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.

W tabeli 3 zestawiono podstawowe dane charakteryzujące wyniki analizy trendów.

Tabela 3 — Table 3

Analiza trendów zawartości Zn i Pb w gnieździe szybu 71
Trend analysis of the Zn-Pb content in the ore body of the shaft 71

Parametr variable	Zn			Pb		
	$\eta^0/\%$	F	Fkr.	$\eta^0/\%$	F	Fkr.
stopień wielomianu aproksymującego polynomial's order			0,05			0,05
1	1,63	3,91	2,64	1,59	2,89	2,64
2	5,48	3,87	2,14	4,28	2,56	2,14
3	10,26	10,14	2,64	7,40	6,11	2,64

$\eta^0/\%$ — współczynnik determinacji, F — statystyka Snedecora

$\eta^0/\%$ — determination coefficient, F — Snedecor test

* W dalszym ciągu będzie ona nazywana analizą trendów.

Z przeprowadzonych badań wynika, że zmienność kierunkowa zawartości obu metali opisana przez trend zaznacza się bardzo słabo. Współczynniki determinacji dochodzą zaledwie do 10%. Zmienność kierunkowa zawartości ołowiu jest słabiej zaznaczona niż cynku. Wynika to z większej obserwowanej zmienności ogólnej zawartości ołowiu. Mimo bardzo niskich współczynników determinacji test F wykazuje istotność trendu na poziomie istotności 0,05. Można więc przyjąć z prawdopodobieństwem 95%, że zmienność kierunkowa istnieje, jednakże jest ona bardzo słabo zaznaczona. Dominujące jest losowe zróżnicowanie zawartości obu metali.

Można zatem przypuszczać, że o intensywności mineralizacji decydowało szereg czynników działających niezależnie. Jest to zrozumiałe, mineralizacja bowiem była tu kilkietapowa (Nieć 1979) i okruszcowanie dolomitów następowało tak na drodze metasomatycznego ich zastępowania, jak i wypełniania pustych przestrzeni powstałych w wyniku krasu hydrotermalnego. Okruszcowaniem objęte zostały też skały o zróżnicowanym wykształceniu litologicznym.

Hiperpowierzchnie trendu trzeciego stopnia, dla których uzyskano najwyższe współczynniki determinacji, ujawniają ciekawe prawidłowości zróżnicowania mineralizacji w badanym gnieździe. Ilustrują je blokdiagramy przedstawione na fig. 3 i 4.

Układ hiperpowierzchni trendu zawartości Zn jest zbliżony do układu powierzchni zawartości Pb. Podobny układ mają również nie przedstawione na rysunkach pola odchyłek dodatnich i ujemnych od trendu. Potwierdza to istnienie korelacji między zawartościami obu metali.

Strefa statystycznie najintensywniejszej mineralizacji ma postać słupa o poziomym przekroju elipsoidalnym, lekko pochylonego ku SW. Osi dłuższe elips wyznaczonych przez przecięcie hiperpowierzchni trendu z poszczególnymi poziomami mają orientację zbliżoną do kierunku SW—NE. Warto zauważyć, że podobne kierunki mają też spękania ciosowe obserwowane w dolomitach retu (Górecki 1977, fig. 6). Można by więc na tej podstawie twierdzić, że rozmieszczenie mineralizacji jest w pewnym stopniu uzależnione od tektoniki spękaniaowej.

W przekroju pionowym prowadzonym w kierunku N—S widać, że strefa najintensywniejszej mineralizacji Zn ma postać „Klepsydrokształtną” (fig. 5). Obszar jej występowania zwiększa się zarówno ku spągowi, jak i ku stropowi, przy czym wzrost ten w kierunku stropu jest bardziej wyraźny. Obraz ten sugeruje, że dopływ roztworów mineralizujących mógł następować z dołu, z przedtriasowego podłoża. Na najwyższym badanym poziomie strefa najbogatszej mineralizacji wykazuje tendencję do poziomego rozprzestrzenienia się. Uzyskany obraz jest zgodny z obserwacjami wykonanymi bezpośrednio w wyrobiskach kopalnianych. Stwierdzono bowiem, że w niektórych warstwach (np. ławicowych brekcjach występujących wśród dolomitów retu) mineralizacja typu impreg-

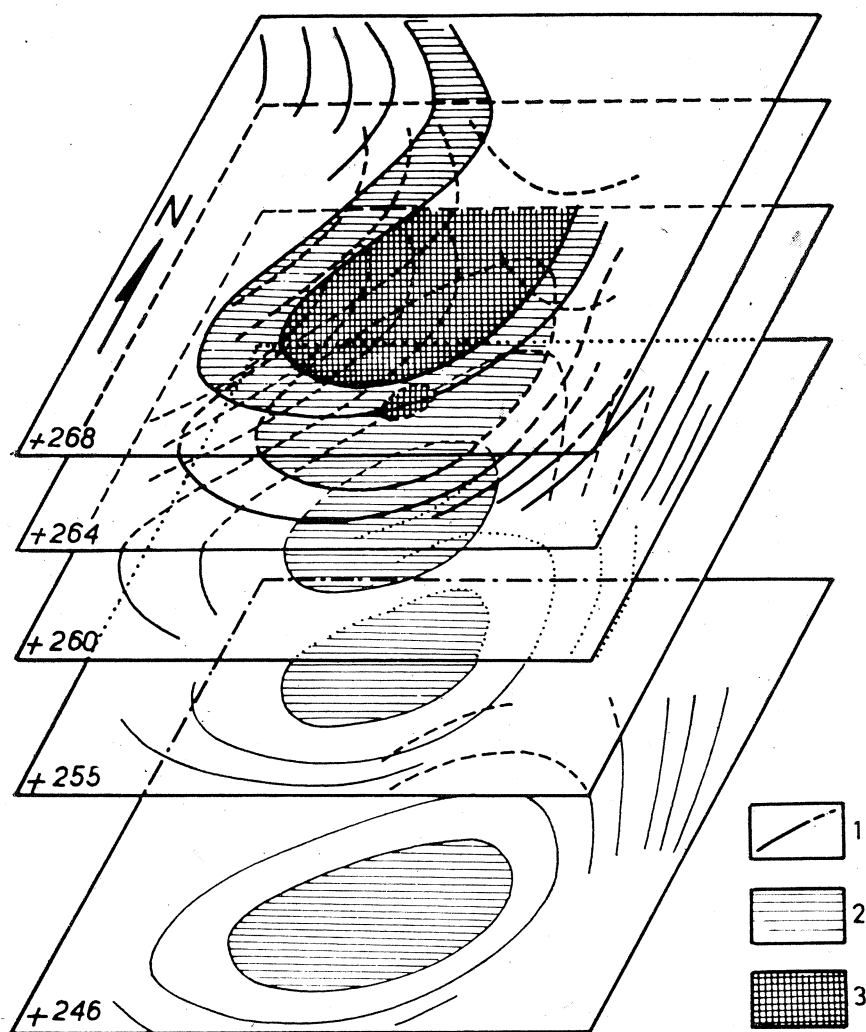


Fig. 3. Blokdiagram hiperpowierzchni trendu zawartości Zn w gnieździe szybu 71. Aproxymacja wielomianem trzeciego stopnia. 1 — ślady izopowierzchni trendowych na poszczególnych poziomach, 2, 3 — obszar największych wartości funkcji opisującej trend

Fig. 3. Block-diagram of the trend hiper-surface of the Zn-content in the nest of the shaft 71. Approximation by a polynomial of the third order. 1 — traces of trend isosurfaces on particular levels, 2, 3 — areas of maximum values of the function describing the trend

nacyjnego może pojawiać się nawet w znacznej odległości od zasadniczego gniazda rudnego. Można ponadto przypuszczać, że duże koncentracje metali i szerokie poziome rozprzestrzenianie się mineralizacji na najwyższych poziomach związane jest z ekranowaniem mineralizacji przez leżące wyżej słabo przepuszczalne wapienie gogolińskie. W ich obrębie wg danych Kuźniara (1930) i Niedzielskiego (1979) złożę kończyło się ślepo.

Interesująco przedstawia się porównanie wyników analizy trendów z obserwowanym rozmieszczeniem znanych miejsc występowania mineralizacji w utworach retu.

Kierunek NE—SW, wyznaczony przez jedną z osi strefy maksymalnej koncentracji na poziomych przekrojach hiperpowierzchni trendu, pokry-

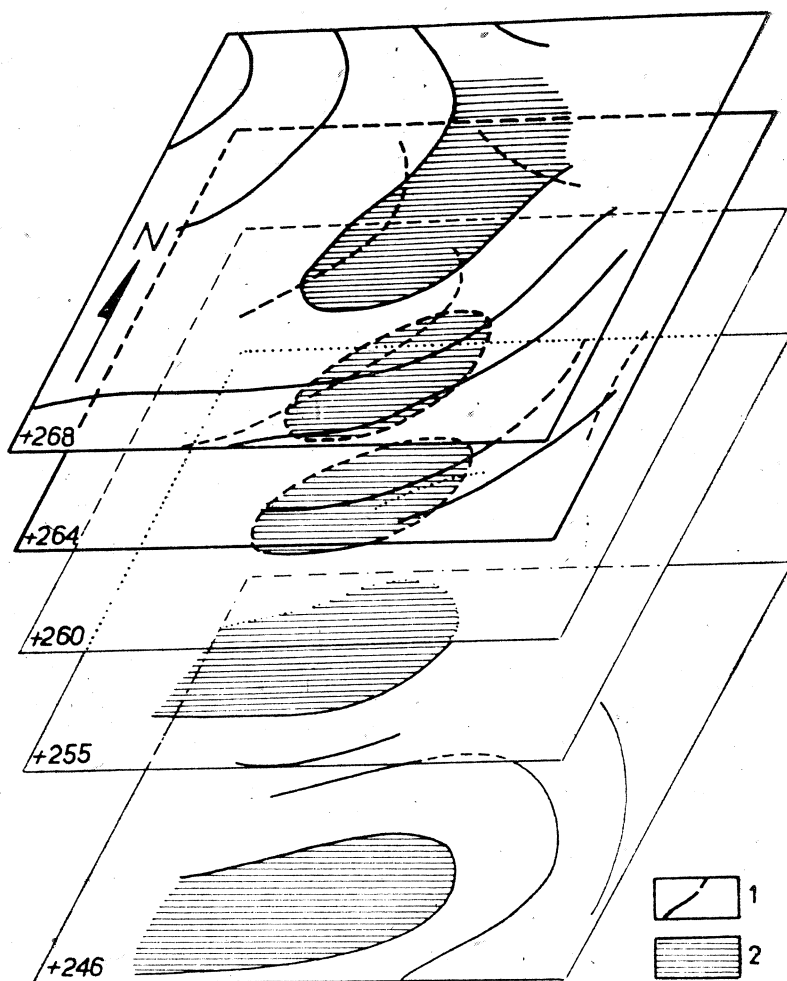


Fig. 4. Blokdiagram hiperpowierzchni trendu zawartości Pb w gnieździe szybu 71. Aproxymacja wielomianem trzeciego stopnia. Objasnienia jak na Fig. 3.

Fig. 4. Block-diagram of the trend hiper-surface of the Pb-content in the nest of the shaft 71. Approximation by a polynomial of the third order. For explanations — see Fig. 3

wa się z kierunkiem skośnej strefy dyslokacyjnej przecinającej rów Bolesławia (fig. 2). W obrębie tej strefy znajduje się jeden punkt występowania mineralizacji stwierdzony otworem wiertniczym, a na jej przedłużeniu ciało rudne szybu 71 oraz mineralizacja w utworach retu stwierdzona otworami wiertniczymi w dwu rejonach. Z kolei wzdłuż kierunku NW—SE, również zbliżonego do orientacji spękań ciosowych i wyznaczonego przez krótszą oś strefy koncentracji mineralizacji w ciele rudnym szybu 71, stwierdzono także mineralizację w kilku rejonach. Wydaje się więc, że mineralizacja kruszcowa w utworach retu występuje w strefach o kierunkach SW—NE i NW—SE i tworzy izolowane ciała rudne, być może, na przecięciu odpowiednich stref. Strefy te mają zapewne jakieś założenia tektoniczne, ale na podstawie dotychczas przeprowadzonych obserwacji nie udało się prześledzić żadnych zaburzeń, z którymi można by badaną mineralizację wiązać bezpośrednio. Dotychczas obserwowane uskoki są młodsze od mineralizacji (porudne), a spękania ciosowe są, na

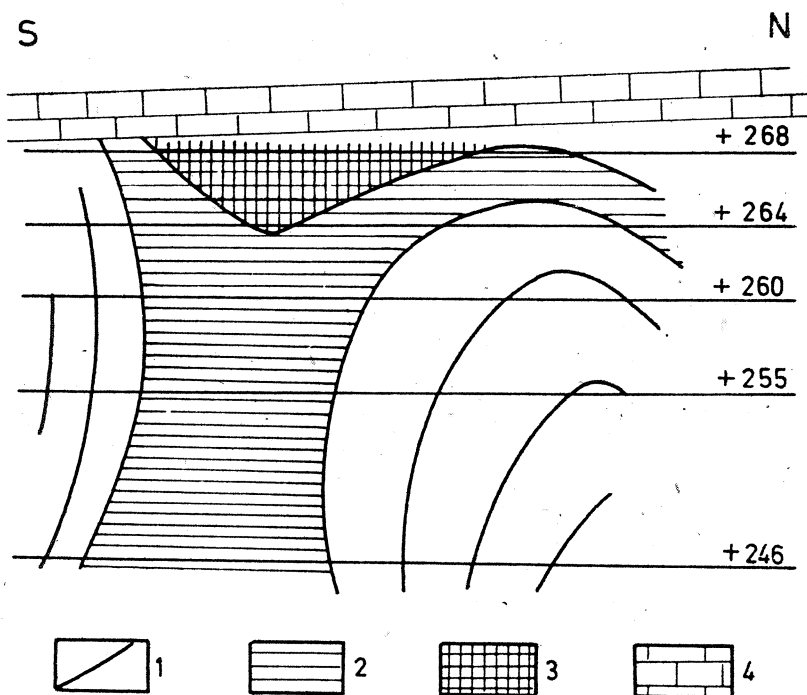


Fig. 5. Przekrój przez hiperpowierzchnię trendu trzeciego stopnia zawartości Zn w gnieździe szybu 71. 1 — ślady izopowierzchni trendu na płaszczyźnie pionowej przekroju, 2, 3 — obszar największych wartości funkcji opisującej trend, 4 — wapienie gogolińskie

Fig. 5. Cross-section of the third order trend hiper-surface of the Zn-content in the nest of the shaft 71. 1 — traces of trend iso-surfaces on the vertical section, 2, 3 — area of maximum values of the function describing the trend, 4 — Gogolin Limestones

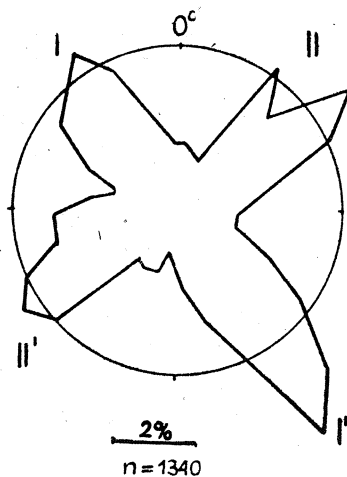


Fig. 6. Róża spękań dolomitów retu (według Góreckiego 1977)

Fig. 6. Rose-diagram of joints in the Rhaetian dolomites (according to Górecki 1977)

ogół, nie zmineralizowane. W obrębie bogatych ciał rudnych ewentualne drogi migracji roztworów mineralizujących zostały już zatarte przez okruszcowanie. Sposób występowania znanych ciał rudnych i rejonów, w których stwierdzono mineralizację, sugeruje ich ekwidystantne rozmieszczenie.

Analiza trendów hiperpowierzchni nie wyjaśnia, co prawda, prawidłowości rozmieszczenia mineralizacji, dostarcza jednak danych do stworzenia hipotezy rozmieszczenia mineralizacji w utworach retu, którą można kierować się przy prowadzeniu dalszych prac poszukiwawczych (Nieć 1979).

WYKAZ LITERATURY — REFERENCES

- Górecki J. (1977), Orientacja przestrzenna i wykształcenie spękań w utworach triasowych kopalni Bolesław k. Olkusza. *Prz. Geol.* 11: 556—558. Warszawa.
- Harbough J. (1964), Computer Method for Four Variable Trend Analysis Illustrated by Study of Oil Gravity Variations in Souteastern Kansas. *Kansas Geol. Survey Bull.* 171.
- Kuźniar C. (1930), Złoże cynku i ołowiu na kopalni Ullisses. *Pos. Nauk. PIG*, 28. Warszawa.
- Nieć M. (1977), Zmienność śląsko-krakowskich złóż rud cynku i ołowiu. *Rudy i Metale Nieżelazne* 22(3): 142—147. Warszawa.
- Nieć M. (1979), Prawidłowości występowania rud Zn-Pb w utworach retowych Bolesławia. *Rudy i Metale Nieżelazne* 24(10): 502—506. Warszawa.
- Niedzielski B. (1979), Historia i perspektywy eksploatacji rud Zn-Pb w utworach retu kopalni Bolesław. *Rudy i Metale Nieżelazne* 24(11). Warszawa.