

PRÓBA USTALENIA OPTYMALNYCH SIATEK WIERCEŃ DLA DOKUMENTOWANIA ZŁÓŻ KRUSZYWA NATURALNEGO

UKD 550.822.72:553.62.042(438)

Przy rozpoznawaniu złóż surowców mineralnych — z zachowaniem najbardziej ekonomicznych metod dokumentowania — podejmowane są liczne próby (2, 4—9) wyznaczania optymalnych siatek wierceń dla różnego rodzaju złóż. W poszukiwaniach tych głównym instrumentem analiz są metody statystyczne.

Badania optymalizacji siatki wierceń na podstawie metod statystycznych prowadzone były m.in. w PG we Wrocławiu dla złóż: ceramiki budowlanej, ceramiki szlachetnej, kruszywa naturalnego i węgla brunatnych. Niniejszy artykuł przedstawia próbę wyznaczenia optymalnych siatek wierceń dla złóż kruszywa naturalnego na podstawie 9 udokumentowanych złóż.

Badania przeprowadzono w kilku etapach:

- 1) określono liczbowo zmienność złóż,
- 2) ustalono matematyczne kryteria podziału złóż na grupy,

- 3) obliczono niezbędną ilość otworów dla rozpoznawania złóż,
- 4) obliczono odległości między otworami dla nowo rozpoznawanych złóż.

Ostatnim etapem opracowania miała być nowa instrukcja zawierająca matematyczne kryteria podziału złóż na grupy wraz z podaniem nowych odległości między otworami. Obecnie obowiązują przepisy zawarte w „Instrukcji w sprawie zasad i sposobu ustalania zasobów złóż kopalin stałych” z 20 XII 1963 r. Dla kruszywa naturalnego (piaski i żwiry) instrukcja podaje następujące odległości między wyrobiskami (w metrach):

Podział złóż grupa złoża	Stopień rozpoznania złoża		
	kat. C ₂	kat. C ₁	kat. B
I	350 — 250	250 — 150	150 — 75
II	250 — 150	150 — 75	75 — 50

ZESTAWIENIE WSPÓLCZYNNIKÓW ZMIENNOŚCI NAJWAŻNIEJSZYCH PARAMETRÓW GEOLOGICZNO — JAKOŚCIOWYCH ZE ZŁOŻA TABASOWEGO

Tabela I

Warianty obliczeń	Liczebność (ilość otworów)	Parametry geologiczno - jakościowe			
		grubość nadkładu	miąższość złoże	zawartość ziarn do 2,5 mm	zawartość ziarn większych od 40 mm
współczynnik zmienności					
W.1. Wszystkie otwory z obszaru złoże bilansowego i pozabilansowego (kat. C ₂)	79	63	33	32	71
W.2. Wszystkie otwory z obszaru złoże bilansowego (kat. C ₂)	70	52	22	28	65
W.3. Wszystkie otwory z obszaru złoże bilansowego i pozabilansowego (kat. C ₁)	169	62	25	29	67
W.4. Wszystkie otwory z obszaru złoże bilansowego (kat. C ₁)	161	57	21	28	66
W.5. Wszystkie otwory z obszaru złoże bilansowego i pozabilansowego (kat. B)	brak wariantu				
W.6. Wszystkie otwory z obszaru złoże bilansowego (kat. B)	72	46	13	22	58
W.7. Otwory złoże bilansowego kat. C ₂ z obszaru złoże bilansowego kat. B	12	45	6	28	58
W.8. Otwory złoże bilansowego kat. C ₁ z obszaru złoże bilansowego kat. B	25	42	10	23	59

Podane maksymalne odległości między wyrobiskami nie mogą być przekroczone. Wartości minimalne mogą być zmniejszone w zależności od lokalnych warunków geologicznych.

Do pierwszej grupy zalicza się złoże o prostej budowie geologicznej, w których miąższość serii złożowej znacznie przekracza granice przyjętej bilansowości i o równomiernej jakości surowca. Do drugiej grupy zalicza się złoże o zróżnicowanej budowie geologicznej i miąższości serii złożowej będącej na granicy przyjętej bilansowości oraz o nierównej zawartości surowca w złożu. Podane w instrukcji odległości między wyrobiskami (otworami) oraz nieprecyzyjne zasady podziału złóż na grupy nie były oparte na kryteriach matematycznych.

PRZYGOTOWANIE DO OBLICZEŃ ZEBRANEGO MATERIAŁU

Z 294 udokumentowanych złóż kruszywa naturalnego do badań statystycznych wytypowano 9. Dwa z nich (A, B) były złożami tarasowymi, a siedem (C-I) — złożami wodnolodowcowymi. Wśród tych ostatnich 1 reprezentuje oz, a pozostałe — stożki sandrowe.

Z kryteriów bilansowości wybrano najważniejsze parametry jakościowe: grubość nadkładu, miąższość złoże, zawartość ziarn do 2,5 mm i zawartość ziarn większych od 40 mm. Wszystkie badane statystycznie złoże były rozpatrywane jako populacja punktów złoże. Każdy punkt złoże pokrywał się z lokalizacją odwierconego otworu. Punkt złoże reprezentował odcinek pionowy, rzutowany na płaszczyznę poziomą, zawarty między stropem a spągłem złoże lub serii złożowej. Każdy punkt złoże badano statystycznie pod względem wymienionych parametrów złożowych i stopniem poznania (kat. C₂, C₁ i B).

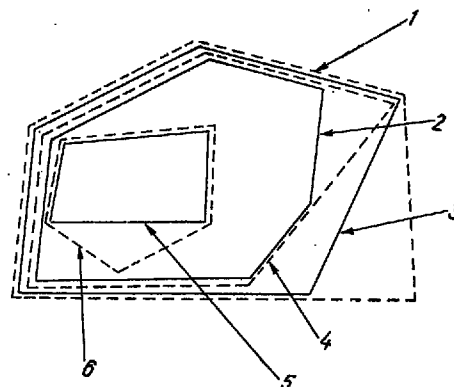
Dla każdego złoże opracowano wiele wariantów obliczeń (ryc.) które obejmowały:

W. 1. — wszystkie otwory z obszaru złoże bilansowego i złoże pozabilansowego rozwierconego w kat. C₂.

W. 2. — wszystkie otwory z obszaru złoże bilansowego rozwierconego w kat. C₂.

W. 3. — wszystkie otwory z obszaru złoże bilansowego i złoże pozabilansowego rozwierconego w kat. C₁.

W. 4. — wszystkie otwory z obszaru złoże bilansowego rozwierconego w kat. C₁.



Schemat opracowania wariantów obliczeń dla każdego z badanych złóż kruszywa naturalnego.

1 — obszar serii złożowej rozwiercony w kat. C₂, 2 — w C₁, 3 — w C₂, 4 — w C₁, 5 — w B, 6 — w B.

Scheme of elaboration of variants of calculations for every natural aggregate deposit studied.

Areas of deposit series drilled according to the requirements of categories: 1 — C₂, 2 — C₁, 3 — C₂, 4 — C₁, 5 — B, and 6 — B.

W. 5. — wszystkie otwory z obszaru złoże bilansowego i złoże pozabilansowego rozwierconego w kat. B.

W. 6. — wszystkie otwory z obszaru złoże bilansowego rozwierconego w kat. B.

W. 7. — otwory złoże bilansowego rozwierconego w kat. C₂ z obszaru złoże bilansowego rozwierconego w kat. B.

W. 8. — otwory złoże bilansowego rozwierconego w kat. C₁ z obszaru złoże bilansowego rozwierconego w kat. B.

Opracowanie wymienionych wariantów obliczeń dla każdego z badanych złóż miało na celu:

1) określenie zmienności złoże w kolejnych etapach rozwiercenia (kat. C₂, C₁, B):

- a) w obrębie różnych obszarów,
- b) w obrębie określonego obszaru;

2) określenie zmienności między obszarem złoże bilansowego i pozabilansowego w kolejnych etapach rozpoznania.

Tabela II

Zestawienie ekstremalnych wartości współczynników zmienności badanych parametrów z obszaru złoża bilansowego i złoża pozabilansowego ze wszystkich stopni rozpoznania (kat. C₂, C₁, B)

Złóża tarasowe A i B			
Parametry geologiczno-jakościowe	Ekstremalne wartości współczynników zmienności		Różnica między maksymalnymi współczynnikami zmienności z obszaru złoża bilansowego i z obszaru złoża pozabilansowego
	z obszaru złoża bilansowego	z obszaru złoża pozabilansowego	
Grubość nadkładu	21—57	23—63	6
Mięższość złoża	6—22	18—33	11
Zawartość ziarn do 2,5 mm	13—28	13—32	4
Zawartość ziarn większych od 40 mm	44—81	58—77	4

Tabela III

Zestawienie ekstremalnych wartości współczynników zmienności badanych parametrów z obszaru złoża bilansowego i złoża pozabilansowego ze wszystkich stopni rozpoznania (kat. C₂, C₁, B)

Złóża wodnolodowcowe C, D, E, F, G, H, I			
Parametry geologiczno-jakościowe	Ekstremalne wartości współczynników zmienności		Różnica między maksymalnymi współczynnikami zmienności z obszaru złoża bilansowego i złoża pozabilansowego
	z obszaru złoża bilansowego	z obszaru złoża pozabilansowego	
Grubość nadkładu	44—101	54—106	5
Mięższość złoża	22—53	31—115	62
Zawartość ziarn do 2,5 mm	9—25	10—33	8
Zawartość ziarn większych od 40 mm	41—475* 41—117**	41—420* 41—134**	55* 17**

* Tak duże współczynniki zmienności ziarn większych od 40 mm stwierdzono tylko w dwu złożach wodnolodowcowych. Duża wartość współczynnika związana jest z lokalnym wystąpieniem tej frakcji uziarnienia w obrębie złóż.
** Współczynnik zmienności zawartości ziarn większych od 40 mm z pięciu złóż wodnolodowcowych.

OBLICZENIA WIELKOŚCI STATYSTYCZNYCH

Wybór wariantów obliczeń ze zbioru danych wyjściowych i wszystkie obliczenia wielkości statystycznych wykonano na e.m.c. Odra 1204 za pośrednictwem programu opracowanego w języku algol 1204 przez J. Pelc w Ośrodku Obliczeniowym PPG.

Program dla każdego ze złóż w obrębie każdego wariantu i parametru dał następujące wartości statystyczne: liczebność, średnią arytmetyczną, wariancję, odchylenie standardowe, współczynnik zmienności, szeregi rozdzielnice, współczynniki korelacji wg wzoru Pearsona. Ponadto program sprawdził zgodność rozkładu empirycznego z rozkładem normalnym.

Obliczone przez e.m.c. współczynniki zmienności parametrów geologiczno-jakościowych dla każdego z badanych złóż zestawiono w tabeli (tab. I). Ekstremalne wartości współczynników zmienności badanych parametrów zestawiono w tabelach II i III.

Z zestawienia obliczonych współczynników zmienności wynika, że naibardziej zmiennym parametrem w przebadanych złożach kruszywa naturalnego jest zawartość ziarn większych od 40 mm oraz grubość nadkładu. Zawartość ziarn do 2,5 mm oraz mięższość złoża wykazują najmniejsze wartości współczynników zmienności. Największą zmienność między obszarem złoża bilansowego a obszarem złoża pozabilansowego wykazuje mięższość złoża. W złożach tarasowych różnica między maksymalnymi współczynnikami zmienności mięższości złoża z obszaru złoża bilansowego i złoża pozabilansowego wynosi 11, a dla złóż wodnolodowcowych aż 62 (tab. II i III). Różnica współczynników zmienności pozostałych parametrów z obszaru złoża bilansowego i obszaru złoża pozabilansowego jest niewielka i nie przekracza 17.

Dla złóż tarasowych obliczono współczynniki korelacji między badanymi parametrami złożowymi.

Korelacja występuje pomiędzy grubością nadkładu a mięższością złoża. Współczynnik korelacji wynosi — 0,70. Pozostałe parametry nie wykazują korelacji. Rozkłady parametrów geologiczno-jakościowych w badanych złożach przeważnie wykazują zgodność z rozkładem normalnym.

Na podstawie obliczonych współczynników zmienności ustalono dwie grupy złóż: do grupy I zaliczono złoża kruszywa naturalnego, w których wymienione współczynniki zmienności nie przekraczają wartości 85%; do II grupy zaliczono złoża, w których współczynniki te nie przekraczają wartości 135%. Do I grupy należą złoża tarasowe oraz złoża reprezentowane przez oz, a do II grupy pozostałe złoża wodnolodowcowe, które są utworzone z połączonych stożków sandrowych.

OBLICZENIE NIEZBĘDNEJ ILOŚCI OTWORÓW

Obliczone współczynniki zmienności parametrów złożowych wykorzystano do obliczenia niezbędnej ilości otworów dla nowo dokumentowanych złóż kruszywa naturalnego. Niezbędną ilość otworów obliczono na podstawie wzoru:

$$n = \frac{t^2 \cdot V^2}{sw^2}$$

gdzie:

- n — niezbędna ilość otworów,
- t — współczynnik ufności dla gwarancji 0,95,
- V — maksymalny współczynnik zmienności (dla złóż tarasowych przyjęto 85, dla wodnolodowcowych — 135),
- sw — dokładność względna parametrów złożowych (dla kat C₂ — przyjęto ±40%, dla kat. C₁ — ±30%, dla kat. B — ±20%).

Po obliczeniu niezbędnej ilości otworów wg wyżej podanego wzoru otrzymano:

Tabela IV

Kategoria rozpoznania	Odwiercona ilość otworów w złożach tarasowych (od—do)	Odwiercona ilość otworów w złożach wodnolodowcowych (od—do)	Obliczona niezbędna ilość otworów	
			dla złóż tarasowych	dla złóż wodnolodowcowych
Kat. C ₂	51—79	30—82	18	45
Kat. C ₁	93—169	59—112	31	81
Kat. B	41—72	34—86	72	182

Dla złóż tarasowych dla złóż wodnolodowcowych

18 otworów	kat. C ₂	45 otworów,
32 otwory	kat. C ₁	81 otworów
72 otwory	kat. B	182 otwory

W tabeli IV zestawiono odwierconą w badanych złożach ilość otworów i obliczoną niezbędną ilość otworów. Z zestawienia wynika, że obliczona ilość otworów, jest znacznie mniejsza od odwierconej ilości. Badane złoża zostały rozpoznane wierceńmi ze zbyt dużą dokładnością. Wyjątek stanowią złoża wodnolodowcowe rozwiercone w kat. B; odwiercono za mało otworów; a więc rozpoznano je ze zbyt małą dokładnością.

OBLICZENIE ODLEGŁOŚCI MIĘDZY OTWORAMI

W celu obliczenia odległości między wyrobiskami (otworami) ustalono powierzchnie elementarne dla złóż tarasowych i wodnolodowcowych. Jako powierzchnie elementarne przyjęto zaokrąglone średnie powierzchnie badanych typów złóż:

dla złóż tarasowych	dla złóż wodnolodowcowych
3 200 000 m ²	w kat. C ₂ 1 000 000 m ²
1 600 000 m ²	w kat. C ₁ 500 000 m ²
800 000 m ²	w kat. B 250 000 m ²

Odległości między otworami przy założeniu kwadratowej sieci obliczono wg wzoru:

$$l = \sqrt{\frac{F}{n}}$$

gdzie:

l — odległość między otworami,
 F — powierzchnia elementarna,
 n — niezbędna ilość otworów.

Obliczone odległości po zaokrągleniu wynoszą:

dla złóż tarasowych	dla złóż wodnolodowcowych
420 m	kat. C ₂ 160 m
210 m	kat. C ₁ 80 m
105 m	kat. B 40 m

UWAGI KRYTYCZNE I PROPOZYCJE

1. W opracowaniu nie badano kierunkowej zmienności złóż; w związku z tym nie opracowano optymalnego kształtu sieci rozpoznawczej.

2. Nie uwzględniono kosztów wierceń w kolejnych etapach rozpoznania; nie jest więc znana teoretyczna górna granica ilości otworów, która byłaby ekonomicznie opłacalna.

3. Przy obliczaniu niezbędnej ilości otworów nie uwzględniono otworów negatywnych, które są wiercone w określonej kategorii rozpoznania, a nie tra-

fiają w serię złożową. Obliczona niezbędna ilość odnosi się tylko do rozpoznania serii złożowej.

4. W opracowaniu przyjęto dokładność względną wyznaczenia parametrów złożowych dla kat. C₂ ±40%, dla kat. C₁ ±30% i dla kat. B ±20%. Należałoby ustalić na podstawie udokumentowanych i eksploatowanych złóż, z jaką dokładnością zostały one udokumentowane i czy jest ona optymalna. Dopiero w oparciu o taką analizę można potwierdzić lub zanegować przyjęte w opracowaniu dokładności.

5. W opracowaniu przebadano statystycznie 9 złóż z 294 udokumentowanych. Proponuje się dalsze prowadzenie badań zmienności złóż kruszywa naturalnego.

6. W opracowaniu ustalenia optymalnej sieci wierceń dla złóż kruszywa naturalnego wykorzystano tylko jedną metodą matematyczną nie uwzględniając innych metod optymalizacji. Pożądane byłoby aby na podstawie tych badań opracować kilka metod optymalizacji sieci rozpoznawczej dla złóż kruszywa naturalnego.

LITERATURA

- Górecki J., Nieć M. — Rozpoznanie złóż siarki dla prognozowania eksploatacji metodą podziemnego wytopienia. Zesz. nauk. AGH, 1972, z. 13.
- Krzyśków M. — Optymalne siatki wierceń dla złóż surowca kaolinowego ceramiki szlachetnej. PG we Wrocławiu, 1972.
- Miszewski K. — Ustalenie optymalnych siatek wierceń dla dokumentowania złóż kruszywa naturalnego. Ibidem.
- Musiał T. — Zmienność złóż pospółki akumulacji wodnolodowcowej. Techn. Poszuk. 1966, z. 18.
- Nieć M. — Metodyka rozpoznawania złóż siarki dla potrzeb eksploatacji metodą podziemnego wytopienia (maszynopis). 1973.
- Łuciuk J. — Optymalne siatki wierceń dla złóż surowca ilastego ceramiki budowlanej. PG we Wrocławiu. 1973.
- Piątkowski J. — Elementarne metody statystyczne w rozpoznawaniu złóż kopalin stałych. Skrypty uczeln. AGH, nr 247, wyd. II. Kraków, 1971.
- Sztelak J., Iwaszkiewicz T., Jaroń L., Kondratowicz A. — Projekt zmiany sieci otworów wiertniczych przy rozpoznawaniu złóż węgla brunatnego. Ibidem.
- Zubrzycki S., Wawrzynek J. — Stan i ocena zastosowania metod matematycznych w geologii światowej wraz z wnioskami w sprawie możliwości zastosowania ich w Polsce. Z badań ekonomicznych w geologii. Wyd. Geol., 1970, z. 3.

SUMMARY

Attempts to find the most economical methods of determination of borehole network, recently made in mining geology, include attempts to establish optimal borehole networks for particular types of deposits. The analyses are usually based on statistical methods. The paper presents an attempt to establish optimal borehole networks in the case of natural aggregate deposits. The study is based on data concerning 9 well-recognized deposits.

РЕЗЮМЕ

При разведке месторождений полезных ископаемых ведутся исследования с целью определения наиболее экономной, оптимальной сетки буровых скважин по месторождениям разного типа.

В статье представлена попытка определения оптимальной сетки разведочных скважин по месторождениям щебня, основывающаяся на данных разведки 9 месторождений.