

Stefan KOZŁOWSKI, Jadwiga PAWŁOWSKA

## Kruszywo naturalne i skały węglanowe w Polsce na tle ich zmienności

### WSTĘP

W Zakładzie Złóż Surowców Skalnych Instytutu Geologicznego w Warszawie ukończone zostały badania zmienności złóż niektórych surowców skalnych w Polsce. Praca wykonana została przez zespół pracowników Instytutu Geologicznego w składzie: J. Pawłowska (kierownictwo zespołu, założenia programowe, oraz badania złóż kruszywa naturalnego), S. Kozłowski (wapienie, dolomity, bazalty), Z. Kozydra (surowce ilaste) oraz A. Berestka (zaprogramowanie pracy maszyny i obliczenia). Badania oparto na wynikach analiz technologicznych i chemicznych, zawartych w dokumentacjach geologicznych znajdujących się w zbiorach archiwalnych Instytutu Geologicznego i Centralnego Urzędu Geologii. Ogółem przeanalizowano 97 operatów dokumentacyjnych kruszywa naturalnego, 52 — wapieni, 6 — dolomitów, 17 — bazaltów oraz 4 dokumentacje ilów ogniotrwałych. W sumie zestawiono 27 zbiorów generalnych o różnej ilości analiz chemicznych lub technologicznych i zmiennej ilości analizowanych parametrów w zbiorze (tab. 1). Praca omawiająca wszystkie wyniki uzyskane w badaniach tych surowców znajduje się w Archiwum Rękopisów IG. Celem pracy było oszacowanie niektórych etapów prac poszukiwawczych, szczególnie z punktu widzenia optymalnej dokładności badań, wystarczającej, ale i koniecznej dla udokumentowania złoża. Szacunek wymaganej dokładności w rozstawie wyrobisk dla udokumentowania złoża w kat. C<sub>2</sub> i C<sub>1</sub> oparto o wskaźniki zmienności, uzyskane na podstawie wyżej omówionych analiz. Estymatorem wartości była średnia arytmetyczna, bowiem średnia ważona nie zawsze była możliwa do uzyskania, ponadto różnice pomiędzy wskaźnikami zmienności były zazwyczaj bardzo małe, nie dające prawidłowego obrazu zmienności. Podobnie też zastosowanie ogólnego wskaźnika zmienności zacierają znacznie występujące tu różnice, toteż po przeanalizowaniu uzyskanych danych — średnia arytmetyczna wydała się tutaj najbardziej odpowiednia.

W niniejszym artykule nie omawia się wszystkich surowców, które były badane w ramach powyższej pracy, a jedynie kruszywo naturalne

Tabela 1

Liczba analizowanych zbiorów w ramach badań omawianych surowców skalnych w Polsce

Nazwa surowca	Liczba zbiorów generalnych	Liczba analiz w zbiorze				Ogólna liczba analiz
		chemicznych		technologicznych		
		od	do	od	do	
Kruszywo naturalne	12	—	—	51	1626	4673
Wapień	8	38	1439	—	—	2825
Dolomity	2	29	329	—	—	358
Iły ogniotrwałe	2	24	324	—	—	388

oraz wapień występujące na obszarze Polski. Mała ilość uzyskanych analiz dla pozostałych surowców nie pozwala na szersze omówienie wyciągniętych na ich podstawie wniosków. Problemy gęstości sieci rozpoznawczej są dla tych surowców jedynie zasygnalizowane i wymagają pełniejszego udokumentowania.

Ze względu na konieczność wykonania około 300 tys. operacji matematycznych obliczenia wykonane były w Zakładzie Obliczeń Numerycznych UW według programu ustalonego w Instytucie Geologicznym. Obliczenia obejmowały podział na klasy częstotliwości występowania, średnie arytmetyczne dla poszczególnych zbiorów ( $\bar{x}$ ), dyspersję zmiennych losowych (wariancję średniej arytmetycznej, niekiedy średniej ważonej  $S^2$  oraz średnie odchylenie kwadratowe ( $\delta_1$  i  $\delta_2$ )). Końcowym efektem obliczeń były wskaźniki zmienności  $V_1$  i  $V_2$  % odpowiednio dla różnych estymatorów: średniej arytmetycznej i średniej ważonej. Pozostałe obliczenia, takie jak ogólny wskaźnik zmienności  $V_0$ , ilość obserwacji, minimalna gęstość sieci rozpoznawczej itp. wykonane były w Zakładzie Złóż Surowców Skalnych IG.

Stwierdzono, że rozkłady zmiennych losowych najczęściej wykazywały rozkład asymetryczny, o skośności zarówno dodatniej, jak i ujemnej. Ponieważ wszystkie zbiory generalne oparte były na ilości obserwacji większej od 30, toteż obliczając ilość koniecznych obserwacji można było zastosować wzór jak dla normalnego rozkładu:

$$n = \frac{t^2 V^2}{m^2}$$

gdzie:  $n$  — ilość obserwacji,

$t$  — współczynnik ufności dla określonego prawdopodobieństwa  $\alpha$ ,

$m$  — tolerancja w %,

$V$  — wskaźnik zmienności w %.

Do obliczeń przyjęto za R. Krajewskim (1962) prawdopodobieństwo 0,95, a tolerancję w wysokości  $\pm 25\%$  dla kat. C<sub>1</sub> oraz  $\pm 40\%$  dla kat. C<sub>2</sub>. Figura 1 pozwala odczytać konieczną ilość obserwacji geologicznych stosownie do rozpoznanych wskaźników zmienności. Współczynnik ufno-

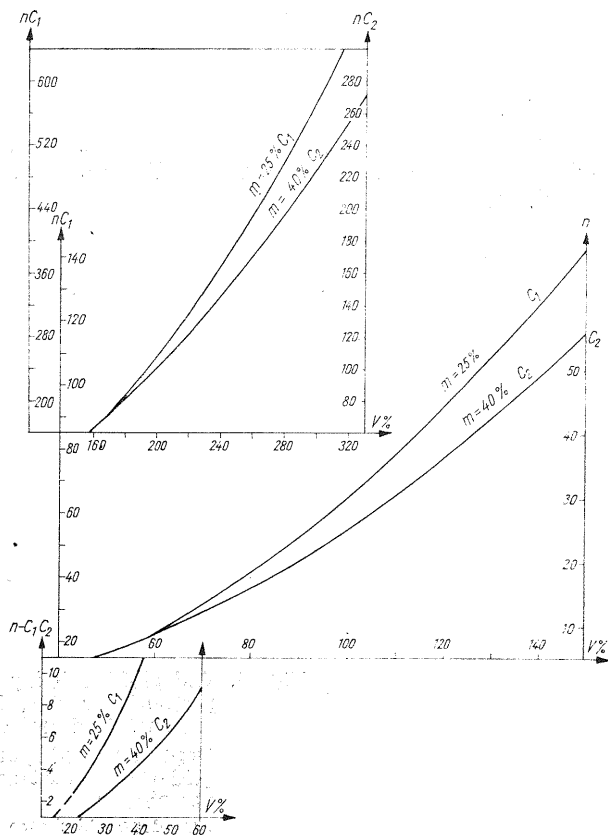


Fig. 1. Wykresy dla określenia optymalnej ilości koniecznych obserwacji  $n$  w zależności od stopnia zmienności oraz kategorii rozpoznania złóż

Graphs for optimum number of necessary observations  $n$  depending on the variability and the category in which the deposit has been recognized

$m$  — tolerancja;  $v$  — wskaźnik zmienności  
 $m$  — risk level;  $v$  — coefficient of variation

ści  $t$  zgodnie ze statystyką Studenta, jak dla rozkładu normalnego i przy prawdopodobieństwie 0,95, wynosi 2, toteż mając obliczoną optymalną ilość koniecznych obserwacji można wyznaczyć minimalną gęstość sieci rozpoznawczej:

$$g = \frac{n}{F}$$

Reprezentacyjny obszar rozpoznania  $F$  przyjęty do rozważań wynosi  $1 \text{ km}^2$ , stąd też  $g = n$  i oznacza ilość punktów obserwacji (np. wierceń) przypadających na  $1 \text{ km}^2$ . Łatwo jest zatem obliczyć odległość między wyrobiskami rozmieszczonymi w równomiernej siatce kwadratowej:

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

gdzie:  $l$  — odstęp między punktami rozpoznania w m.

Wykres (fig. 2) pozwala na odczytanie rozstawu wierceń w sieci kwadratowej w zależności od stwierdzonego wskaźnika zmienności oraz kategorii rozpoznania złoża.

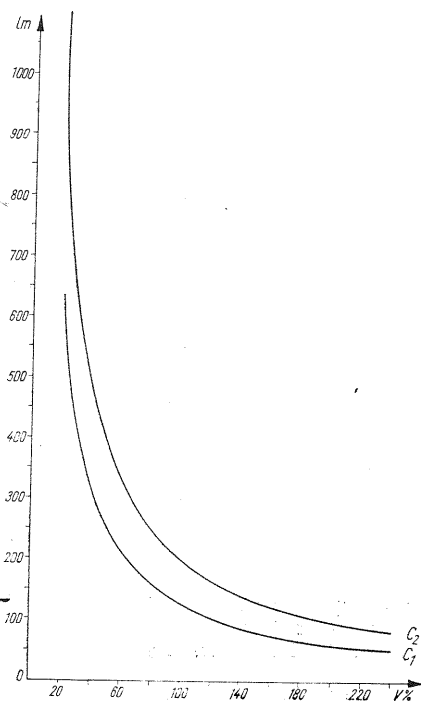


Fig. 2. Odległość między punktami rozpoznania w sieci kwadratowej w zależności od zmienności złóż

Dependence of spacing in a square grid of observations on the deposits variability

prawdopodobieństwo = 0,95; tolerancja =  $\pm 40\%$  dla kat.  $C_2$  oraz  $\pm 25\%$  dla kat  $C_1$ ;  $l$ m — odstęp między punktami rozpoznania w metrach

probability = 0,95; risk level =  $\pm 40\%$  for cat.  $C_2$  and  $\pm 25\%$  for cat.  $C_1$ ;  $l$ m — spacing between observations in meters

Wartość  $\frac{F}{n}$  przedstawia elementarne pole rozpoznania, tzn. obszar, na którym średnia wartość rozpoznawanych parametrów jest zagwarantowana dla prawdopodobieństwem 0,95 oraz dokładnością  $\pm 40\%$  dla kat.  $C_2$  i  $\pm 25\%$  dla kat.  $C_1$ .

Wykresy przedstawione na fig. 1—2 obejmują tylko najniższe kategorie rozpoznania  $C_2$  i  $C_1$ , są one bowiem — z jednej strony — wystarczające dla rozwiązania zadania postawionego na wstępie niniejszej pracy, z drugiej zaś — zebrany materiał statystyczny nie pozwala na wyciąganie dalej sięgających wniosków. Inwestycyjne etapy rozpoznawania złóż wymagają konkretnych obiektów rozważań i w tych przypadkach statystyka matematyczna może przynieść nieporównanie większe usługi, pod warunkiem prawidłowego jej stosowania. Wymaga to jednak wydatnego rozszerzenia zakresu studiów, co na obecnym etapie badań nie wydaje się konieczne.

Przeprowadzone badania wykazały konieczność znacznie szerszego stosowania metod matematycznych przy badaniu złóż surowców skalnych. Rozważania te przynoszą również ważne ustalenia dla racjonalnego użytkowania danej kopaliny (Cz. Peszat, 1973; J. Piątkowski, 1969).

### KRUSZYWO NATURALNE

Kruszywo jest jednym z najbardziej pospolitych i masowo występujących surowców. Jeżeli weźmiemy pod uwagę tylko kruszywo budowlane, to można je podzielić na kilka różnych grup: pod względem grubości ziarn, jego jakości, a także zastosowania. Można tu mówić o piaskach budowlanych, piaskach sylikatowych, żwirach, pospółce itp. Do badań statystycznych wybrano tylko pospółkę, te bowiem złoża piaszczysto-żwirowe spotyka się w naturalnych warunkach najczęściej. Zbiory generalne grupowane były według typów genetycznych i stratygraficznych.

Zgodnie z podziałem genetycznym wyróżniono 4 grupy złóż, a to: złoża morenowe, utwory fluwioglacjalne, złoża tarasów rzecznych oraz złoża rzek sudeckich i karpackich.

Do analizy przyjęto w zasadzie złoża czwartorzędowe, jedynie w złożach obszaru sudeckiego, gdzie analizowane są złoża współczesne tarasów rzecznych, mogą częściowo uczestniczyć starsze tarasy kopalne. Wobec jednorodności nagromadzonego materiału tak w tarasach współczesnych jak i kopalnych wyróżnienie tych ostatnich nie było możliwe. W obrębie złóż morenowych mieszczą się wszystkie formy osadów lodowcowych: moreny czołowej, osady akumulacji dennolodowcowej oraz wodnolodowcowej i to zarówno w strefie transgresji lodowca, jak też recesji frontalnej. Z uwagi na rodzaj transportu materiału oraz procesów osadzania i późniejszych przemian złoża morenowe charakteryzują się wyjątkowo dużą zmiennością pod względem wielkości okruchów, a także ilości materiału gliniastego. Są to jedne z najbardziej zmiennych złóż — zarówno w formie, jak w budowie geologicznej. Moreny tworzą zazwyczaj wyniesienia lub ciągi wzniesień, gdzie kruszywo, szczególnie grubsze tworzy czapy, pagórki, nieregularne soczewy itp. Często są one dodatkowo zaburzone gla-citektonicznie, przemieszane ze starszymi utworami porwanymi z podłoża. Równie zmienny jest skład petrograficzny okruchów: wśród nich z reguły najliczniejszą grupę stanowią okruchy, otoczaki i głązy skał skandynawskich, jakkolwiek są całe duże obszary, gdzie wskutek denudacji skał podłoża — przewagę wśród okruchów zyskuje materiał lokalny. Mimo trudności zarówno w dokumentowaniu, jak też w późniejszej eksploatacji tych złóż — utwory morenowe stanowią w niektórych województwach główną bazę zasobową kruszywa grubego.

Drugą grupę równie ważnych zasobów utworów polodowcowych stanowią tak zwane utwory fluwioglacjalne, które według oficjalnej klasyfikacji J. E. Mojskiego i E. Rühlego (1965) nazywane są utworami rzeczno-lodowcowymi. W grupę złóż fluwioglacjalnych wchodzi oprócz sandrów także ozy i kemy. Formują one różnego rodzaju stożki i wały, które utworzone zostały przez wody wypływające spod lodowca. Formy te występują częściowo w pobliżu lub na przedpolu moren, toteż wyróżnienie ich napotyka często na duże trudności. Niekiedy łączą się z nimi utwory wodnolodowcowe, powstałe w wyniku mieszania się wód wypływających spod lodowców i wód rzecznych, które pozostawiły po sobie głębokie pradoliny.

Niektóre odcinki pradolin wykorzystywane są przez dzisiejsze rzeki i tu usypywane w tarasy współczesne, a takie złoża zaliczane są w niniejszym opracowaniu do złóż tarasów rzecznych.

W złożach zaliczonych do obszarów rzecznych regionu sudeckiego i karpackiego mogą niekiedy występować utwory tarasów starszych, a częściowo także utwory rozmaitych form lodowcowych zlodowacenia południowopolskiego. Wśród tych utworów zdarzają się także przypadki złóż o dobrze wyselekcjonowanym ziarnie i mało zmiennej miąższości. Dominuje ilość okruchów pochodzących ze skał lokalnych, w nielicznych tylko przypadkach mogą wśród nich występować otoczaki skał północnych. Lodowiec wdzierał się bowiem obniżeniami i dolinami dość daleko w obręb pasm górskich. Są to złoża najbogatsze w kruszywo grube o dużych zasobach, a ilość udokumentowanych zasobów kruszywa grubego tylko w pięciu województwach południowych wynosi około 65% bazy zasobowej kruszywa. Niektóre obszary tych regionów mają być w dalszym ciągu dokumentowane, toteż ustalenie prawidłowości ich występowania ma duże znaczenie dla dalszych prac poszukiwawczych.

Zaliczanie złóż do poszczególnych jednostek stratygraficznych oparte zostało o stwierdzenia autorów poszczególnych dokumentacji i opracowań, przyjętych do analizy statystycznej. Analizowane były złoża utworzone w

Tabela 2

## Zbiory statystyczne złóż kruszywa naturalnego w Polsce

Nr zbioru	Wiek i geneza złóż			Liczba analizowanych złóż	Liczba analiz w zbiorze
	Zlodowacenie	Faza lub stadiał	Typ genetyczny złóża		
1	północno-polskie	faza pomorska	morena	7	266
2			fluwioglacjał	3	134
3		faza poznańsko-dobrzyńska	morena	2	57
4			fluwioglacjał	7	322
5			tarasy	6	499
6			morena	1	51
7			fluwioglacjał	3	67
8	środkowo-polskie	stadiał północnomazowiecki	morena	11	545
9			fluwioglacjał	5	310
10		stadiał mazowiecko-podlaski	fluwioglacjał	7	319
11		obszary rzek sudeckich	tarasy kopalne i współczesne	29	1626
12					
Razem				97	4673

wyniku działania zlodowacenia środkowopolskiego, w którym wyróżnia się stadiały: mazowiecko-podlaski, północnomazowiecki, oraz zlodowacenia północnopolskiego, a w tym fazy: leszczyńska, poznańsko-dobrzyńska i pomorska.

Numery zbiorów oraz ich zaliczenie do jednej z grup stratygraficznych i genetycznych jest przedstawione w tabeli 2. Numery zbiorów wykazane w tej tabeli są później użyte w dalszej części tekstu w tabelach i na figurach.

### ZMIENNOŚĆ UZIARNIENIA KRUSZYWA

Do analizy zmienności w poszczególnych grupach złożowych przyjęto udział frakcji w próbkach, wyrażony w procentach wagowych. W opracowaniu nie uwzględniono zmienności w miąższościach złóż, ani też stosunku grubości nadkładu do miąższości złoża, bowiem nie zawsze pokład żwirowo-piaszczysty był przewiercony do rzeczywistego spągu złoża.

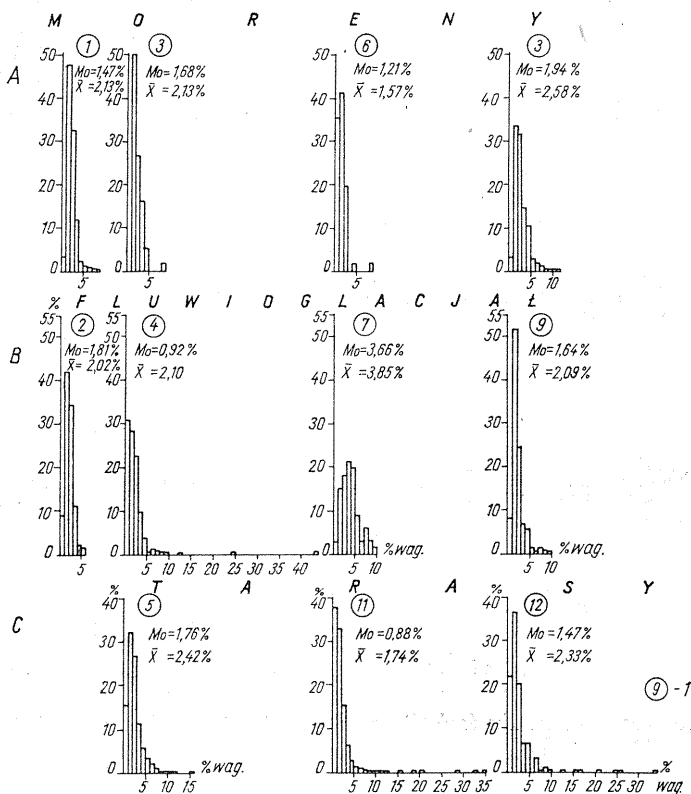


Fig. 3. Histogramy rozkładu pyłów mineralnych w złożach kruszywa naturalnego w Polsce

Histograms of distribution of rock flour in Polish natural broken stone deposits

A — utwory morenowe; B — utwory fluwioglacjalne; C — utwory tarasów; 1 — numery zbiorów  
A — moraine deposits; B — fluvioglacial deposits; C — terrace deposits; 1 — population numbers

Histogramy rozkładu zawartości frakcji ilastej (pyłów mineralnych) w analizowanych zbiorach (fig. 3) wykazują skośność ujemną, a niekiedy średnia zawartość tej frakcji przekracza więcej niż dwukrotnie wartości modalne (zbiór 4 i 11). W przypadku pyłów mineralnych jest to oczywiście cecha dodatnia, niemniej wymaga to od producentów szczególnej uwagi i opracowania odpowiednio elastycznej technologii przeróbki lub też selektywnej eksploatacji. W złożach morenowych wszystkie wartości modalne nie przekraczają 20‰, podobnie też w złożach tarasów rzecznych, gdzie zbiór 11 wykazuje ten współczynnik nawet dużo niższy. Najbardziej zmienne pod tym względem są złoża fluwioglacjalne, w których zbiór 4 wykazuje wartość modalną 0,92‰, a zbiór 7 = 3,66‰.

Rozkład frakcji piaszczystej w poszczególnych zbiorach nie układa się już tak regularnie jak w przypadku krzywych rozkładu frakcji ilastej. Analizując histogramy procentowej zawartości frakcji piaszczystej bądź to w układzie genetycznym, bądź też wiekowym widać dużą zmienność rozkładu (fig. 4). W złożach morenowych zbiór 1 wykazuje nieznaczne odchylenia od rozkładu normalnego w kierunku skośności ujemnej, dwa następne zbiory 3 i 6 wykazują wyraźną skośność dodatnią, a ostatni zbiór 8, reprezentujący złoża morenowe najstarszego stadiu północnomazowieckiego, zdecydowaną skośność ujemną, o wyjątkowo dużej asymetrii rozkładu.

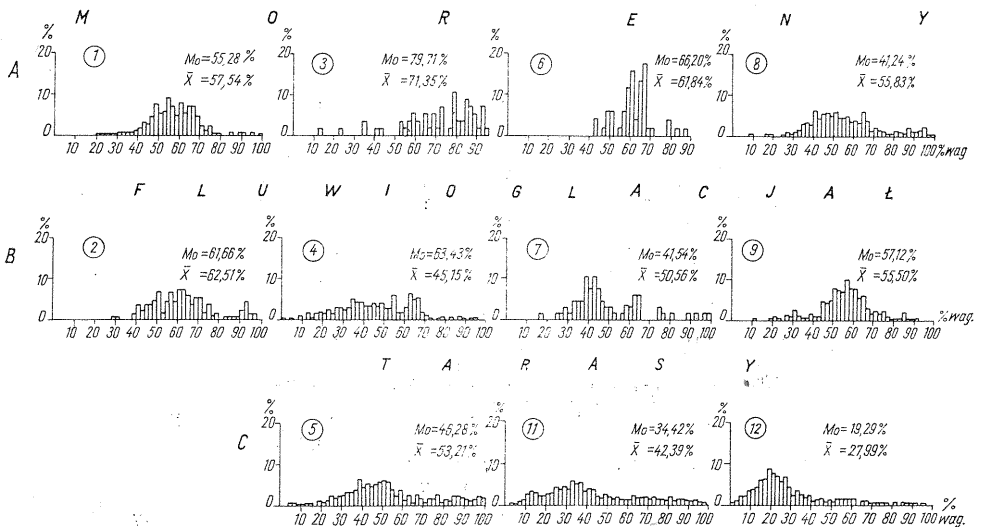


Fig. 4. Histogramy rozkładu frakcji piaszczystej 0,05—2,00 mm w złożach kruszywa naturalnego w Polsce

Histograms of distribution of sand-size fraction 0.05—2.00 mm in Polish natural broken stone deposits

Objaśnienia jak na fig. 3

Explanations see Fig. 3

W złożach fluwioglacjalnych sytuacja jest podobna. Dwa zbiory generalne 2 i 9 zbliżają się rozkładem do normalnego z lekką asymetrią ujemną, następny — nr 7 wykazuje skośność ujemną, a ostatni zbiór — nr 4 — znów dodatnią. Wszystkie zbiory złóż zaliczonych do tarasów rzecznych



mają rozkład procentowej zawartości frakcji zdecydowanie ujemny. Te same zbiory analizowane w rozkładzie wiekowym też nie dają jednoznacznej odpowiedzi. Jedynie złoża morenowe i fluwioglacjalne stadiu pomorskiego (zbiory 1 i 2) oraz fazy poznańsko-dobrzyńskiej wykazują rozkłady frakcji zbliżone. W pierwszym przypadku histogramy wykazują rozkład zbliżony do normalnego z lekką asymetrią ujemną, w drugim zaś — obydwie zbiory mają skośność dodatnią. Jeśli idzie o przydatność gospodarczą tych złóż to oczywiście korzystniejsze są złoża, w których rozkład procentowej zawartości frakcji piaszczystej wykazuje skośność ujemną. Większość rozkładów jest jednomodalna, niemniej w niektórych z nich, szczególnie w obrębie złóż fluwioglacjalnych, zaznacza się tendencja do dwumodalności (zbiór 2 i 7). Rozkład taki jest z punktu widzenia genetycznego uzasadniony różnorodnością procesów sedymentacyjnych. Mieszanie się wód o różnej lub okresowo zmiennej sile nośnej sprzyjało transportowi raz grubszych, innym razem drobniejszych frakcji i odpowiednio zmiennej depozycji tych osadów.

Rozkład procentowej zawartości frakcji gładzikowo-gładzowej (nadziarno) wykazuje wyraźną skośność ujemną krzywej rozkładu (fig. 5). Obliczenia dominanty  $M_0$  oraz średniej arytmetycznej  $\bar{x}$  dla poszczególnych zbiorów wykazują wyraźne przesunięcie średniej arytmetycznej w stosunku do wartości modalnej, niekiedy więcej niż dwukrotnie. Jedynie zbiory 6 i 12

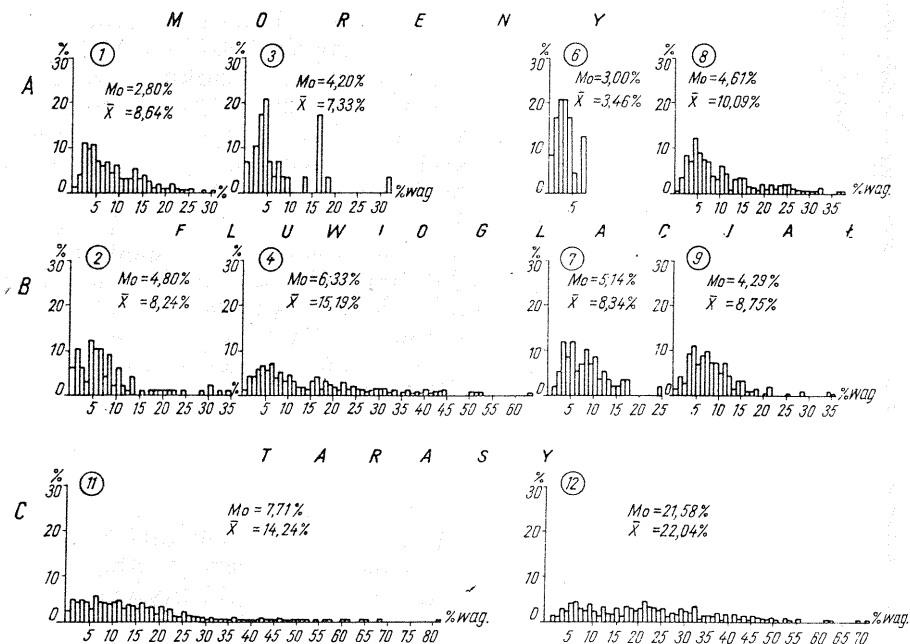


Fig. 5. Histogramy rozkładu frakcji  $> 40$  mm (nadziarno) w złożach kruszywa naturalnego w Polsce

Histograms of distribution of fraction larger than 40 mm in the Polish natural broken stone deposits

Objaśnienia jak na fig. 3

Explanations see Fig. 3

Tabela 3

Zestawienie wskaźników zmienności  $V_1$  % (estymator — średnia arytmetyczna) dla złóż kruszywa naturalnego w Polsce

Fracja w mm	Nazwa i numer zbioru														
	Złóża morenowe						Złóża fluwioglacjalne						Złóża tarasów		
	1	3	6	8	2	4	7	9	10	5	11	12			
0,00—0,05	47,72	55,40	74,78	58,19	45,2	146,3	51,10	63,12	52,47	72,23	125,4				
0,05—2,00	21,88	25,43	14,44	28,98	23,9	37,8	34,43	23,92	34,25	38,24	62,16				
2,00—5,00	46,33	62,21	30,55	45,73	43,93	42,47	38,64	61,33	57,08	51,11	85,55				
5,00—10,00	32,55	74,97	36,66	44,98	46,24	36,97	43,63	39,78	48,82	—	56,24				
10,00—40,0	43,33	86,34	39,32	48,97	46,33	45,84	43,80	43,62	57,15	—	48,23				
> 40,0	70,30	92,21	57,75	75,09	89,94	81,81	55,30	66,58	73,46	—	79,05				
ziarna słabe	43,13	158,6	42,44	56,92	52,78	73,72	43,63	43,54	114,4	—	56,50				
												74,11			

mają rozkład zbliżony do normalnego. Zbiór 3 ze względu na niewielką ilość oznaczeń tej frakcji wykazuje wyraźny rozkład wielomodalny, ponadto niektóre z pozostałych zbiorów mają rozkład dwumodalny. Trudno jest wypowiedzieć się co do wartości merytorycznej tych rozkładów ze względu na duże luki w ciągłości oznaczeń. Różna wartość średnich arytmetycznych wynikających z analizy sprawiła, iż głównym, niezależnym kryterium porównawczym był wskaźnik zmienności, oparty na średniej arytmetycznej (tab. 3 oraz fig. 6).

Analizując wskaźniki zmienności głównych parametrów złożowych widać, że najwyższe wskaźniki zmienności notuje się w występowaniu frakcji pyłów mineralnych (0,00—0,05 mm) w złożach fluwioglacjalnych fazy poznańsko-dobrzyńskiej (zbiór 4) oraz w złożach tarasów rzek sudeckich i karpaccich (zbiory 11 i 12). W pierwszym przypadku wynosi on 146,3%, w drugim 125,4%. Stosunkowo wysokie wskaźniki zmienności wykazała również frakcja ziarn słabych i zwiertzałych w zbiorze 3 — 158,6%, co jednak nie może być w pełni miarodajne ze względu na brak dostatecznej ilości analiz tego składnika. Najniższą zmienność 14,44% zanotowano dla frakcji 0,05—2,00 mm w złożach morenowych fazy leszczyńskiej. Można więc powiedzieć, że wskaźniki zmienności złóż kruszywa naturalnego w Polsce charakteryzują się wartościami od 14,44% do 146,3%, przy czym najczęściej zawierają się one w granicach od 40 do 80%. Wskaźniki ogólne wykazały, wbrew przewidywaniom i subiektywnej ocenie makroskopowej, że najwyższą zmiennością charakteryzują się złoża tarasów rzecznych, a najniższą — złoża morenowe (fig. 6).

Stwierdzenie dotyczące najwyższych wskaźników zmienności dla ilastej frakcji ma w rozpoznawaniu

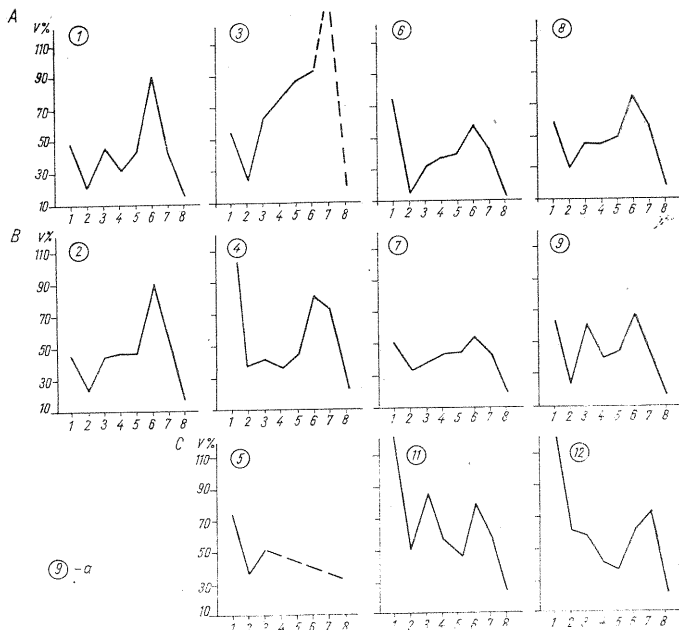


Fig. 6. Wskaźniki zmienności złóż kruszywa naturalnego w Polsce obliczone w stosunku do średniej arytmetycznej

Coefficients of variation of Polish natural broken stone deposits calculated relatively to the arithmetic mean

1 —  $0,0 \div 0,05$  mm; 2 —  $0,05 \div 2,0$  mm; 3 —  $2,0 \div 5,0$  mm;  
4 —  $5,0 \div 10,0$  mm; 5 —  $10,0 \div 40,0$  mm; 6 —  $> 40,0$  mm; 7 —  
ziarna słabe; 8 — wskaźnik ogólny; pozostałe objaśnienia  
jak na fig. 3

1 —  $0,0 \div 0,05$  mm; 2 —  $0,05 \div 2,0$  mm; 3 —  $2,0 \div 5,0$  mm;  
4 —  $5,0 \div 10,0$  mm; 5 —  $10,0 \div 40,0$  mm; 6 —  $> 40,0$  mm; 7 —  
weak grains; 8 — general index; remaining explanations  
see Fig. 3

złóż kruszywa naturalnego kapitalne znaczenie, bowiem ta frakcja jest zawsze przedmiotem analizy niezależnie od przeznaczenia surowca.

Ma ona istotne znaczenie w produkcji mieszanek i to zarówno w budownictwie, jak też w budowie dróg lub innych przemysłach, rzutując w sposób zasadniczy na technologię przeróbki. Jednocześnie — jak to wiadać na wykresach fig. 6 — drugim takim składnikiem o wysokiej zmienności jest zawartość frakcji  $> 40$  mm. W analizach tego składnika notowane były niekiedy duże luki, ponieważ jednak we wszystkich zbiorach wykres wskaźników zmienności dla frakcji oznaczonej numerem 6 zajmuje z reguły najwyższe położenie, nie można tego faktu nie brać pod uwagę. W praktyce oznacza to, że przy wyznaczaniu ilości koniecznych obserwacji dla złoża oraz ustalaniu gęstości sieci rozpoznawczej należy przede wszystkim ustalić wskaźnik zmienności oparty przynajmniej o jeden z tych składników, wówczas bowiem uzyskamy gwarancję prawidłowego rozpoznania złoża, a ilość punktów rozpoznawczych będzie dostosowana do składników o największej zmienności. Wychodząc zatem z tego założenia w dalszych rozważaniach nie bierze się pod uwagę ogólnych

wskaźników  $V_0$  ‰. Są one bowiem bardzo niskie (od 11,03 do 31,81‰), toteż obliczanie na ich podstawie ilości obserwacji przy przyjętej tolerancji dokładności przekraczałoby realność obliczeń.

#### GĘSTOŚĆ SIECI ROZPOZNAWCZEJ DLA ZŁÓŻ KRUSZYWA

Rozpoznanie złóż kruszywa naturalnego ze względu na skomplikowaną formę, często niewielkie rozmiary oraz zmienność frakcji wymaga stosowania większej ilości obserwacji niż przy złożach jednorodnych i dużych, takich jak np. węgiel kamienny czy siarka. Zastosowanie zatem siatki wyrobisk o zbyt dużym zestawie może prowadzić do całkowitego pominięcia złoża lub niedostatecznego rozpoznania rodzaju i jakości, a to rzutować będzie na ekonomikę technologii i jakość finalnego produktu. Instrukcja Prezesa Centralnego Urzędu Geologii z 20 grudnia 1963 r. stawia złoża kruszywa naturalnego w rzędzie złóż o najwyższych wymaganiach pod względem gęstości sieci.

Tabela 4

Gęstość sieci rozpoznawczej i elementarny obszar rozpoznania w zależności od zmienności złóż kruszywa naturalnego w Polsce

Faza lub stadiał	Reprezentat. wskaźnik zmienności $V$ ‰ od—do	Liczba obserwacji $n$		Odległość między obserwacjami $m$		Elementarne pole rozpoznania w tys. $m^2$	
		$C_2$	$C_1$	$C_2$	$C_1$	$C_2$	$C_1$
Faza pomorska i poznańsko-dobrzyńska	75	14	36	265	165	71	27
	do 145	52	134	140	85	19	7
Faza leszczyńska, stadiał północno-mazowiecki i mazowiecko-podlaski	55	75	19	365	225	133	51
	do 75	14	36	265	165	71	27
Obszar tarasów rzek sudeckich i karpaccich	125	39	100	160	100	25	7

Uzyskane w ramach niniejszych badań wskaźniki zmienności potwierdzają konieczność takiej ostrożności. Rozstaw wierceń w siatce kwadratowej oraz inne parametry rozpoznania na podstawie wskaźników zmienności są przedstawione w tab. 4. Odległość między wyrobiskami pokrywa się na ogół z wymaganiami przedstawionymi w wyżej cytowanym Zarządzeniu Prezesa Centralnego Urzędu Geologii (tab. 5).

Z porównania poszczególnych odległości w różnych strefach i grupach złóż (tab. 4 i 5) wynika, że jedynie złoża należące do fazy leszczyńskiej, północnomazowieckiej i mazowiecko-podlaskiej można ze względu na zmienność zaliczyć do I grupy złóż. Wyznaczone na podstawie wskaźników zmienności odległości między obserwacjami zbliżone są do tych wartości. Inne złoża odpowiadają ze względu na wymaganą odległość między obserwacjami — II grupie złóż według „białej książeczki”, a jedynie przy

Tabela 5

Zagęszczenie wyrobisk dla kruszywa naturalnego zgodnie z Zarządzeniem Prezesa CUG z dnia 20. XII. 1963 r.

Nazwa surowca	Grupa złoże	Odległość w metrach między wyrobiskami	
		C <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>
Kruszywo naturalne:	I	350—250	250—150
piaski, pospółki i żwir	II	250—150	150—75

badaniach złóż kruszywa w tarasach rzek południowych należy stosować w pracach rozpoznawczych dolną granicę odległości w metrach. Należy jednak podkreślić, że istnieją małe złoże kruszywa naturalnego o bardzo zmiennej budowie. Dla tego typu złóż konieczne jest wprowadzenie III-ciej grupy złóż. Złoże tego typu winny być rozwiercane w siatce o boku nie większym niż 100 m.

## WAPIENIE

W składzie skał osadowych poważny udział biorą skały węglanowe. Przeprowadzone zostały szacunki udziału skał węglanowych w skałach osadowych — licząc od środkowego paleozoiku: dla obszaru platformy wschodnioeuropejskiej, Chin i Ameryki Północnej oceniono ich udział w granicach 44—55% (E. Czajor, J. Czermiński, 1960). Skały węglanowe występują głównie w osadach utworzonych przez morze epikontynentalne, w znacznie mniejszym stopniu związane są z osadami geosynklinalnymi.

Rozpatrując profil pionowy skał osadowych w Polsce wyróżnić możemy szereg megacykli zawierających skały węglanowe. Na podstawie badań E. Czajor i J. Czermińskiego (1960) określony został stosunek osadów chemicznych i organogenicznych do osadów okrucichowych i ilastych w Polsce. Skały węglanowe tworzą szereg megacykli powtarzających się rytmicznie w: kambrze, ordowiku, dewonie, częściowo karbonie i permie, triasie, jurze, kredzie i trzeciorzędzie. Bliższa charakterystyka profili litologicznych dla wybranych jednostek geologicznych w Polsce przedstawiona została w *Tablicy litologiczno-stratygraficznej Polski* (S. Cieśliński, J. Czermiński, S. Kozłowski, M. Pajchłowa, W. Ryka, 1969). Na materiale zawartym w wymienionej tablicy przedstawiony został schemat występowania ogniw skał węglanowych w Polsce (fig. 7). W schemacie tym zaznaczone zostały m. in. te partie ogniw skał węglanowych, które posiadają znaczenie gospodarcze i które zostały wzięte pod uwagę w niniejszym artykule.

Przy rozważaniu zmienności skał węglanowych w oparciu o dokumentację geologiczną konieczne jest podkreślenie pewnych ogólnych założeń. Przyjmujemy, że złoże wapieni tworzą pokładowe, jednorodnie bloki zbliżone do „płyty”. Badamy zmienność jedynie w obrębie tych „płyt” rozpoznanych przy dokumentowaniu złóż. Zakładamy ciągłość zmienności poszczególnych składników chemicznych. W artykule nie bierzemy pod uwagę takich zjawisk jak: tektonika, kras, wymycia czy gwałtowne zmiany

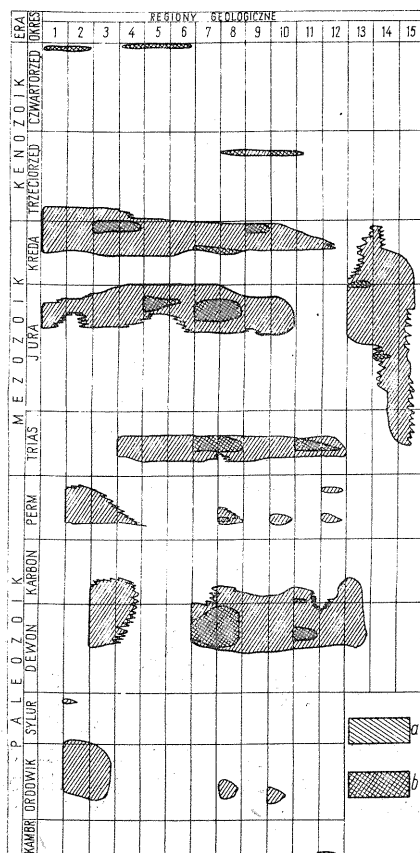


Fig. 7. Występowanie serii węglanowych w profilu litologiczno-stratygraficznym

Occurrence of carbonate series in the lithological-stratigraphic sequence

regiony geologiczne: 1 — wyniesienie mazursko-suwałskie, 2 — obniżenie nadbałtyckie, 3 — obniżenie podlaskie i wyniesienie Sławatycz, 4 — niecka brzeźna, 5 — wał pomorsko-kujawski, 6 — niecka szczecińsko-mogileńsko-lódzka, 7 — monoklina przedsudecka i śląsko-krakowska, 8 — Góry Świętokrzyskie, 9 — zapadlisko przedkarpackie, 10 — zapadlisko górnośląskie, 11 — Dolny Śląsk (Sudety), 13 — Karpaty fliszowe, 14 — Pieniny, 15 Tatry, Podhale; a — seria węglanowa; b — seria węglanowa wykorzystywana dla potrzeb przemysłowych

geological region: 1 — Mazury-Suwałki elevation, 2 — Peribaltic depression, 3 — Podlasie depression and Sławatycze elevation, 4 — Marginal trough, 5 — Pomorze-Kujawy swell, 6 — Szczecin-Mogilno-Lódź trough, 7 — Fore-Sudetic and Silesia-Cracow monocline, 8 — Świętokrzyskie mountains, 9 — Miechów trough, 10 — Carpathian fore-deep, 11 — Upper Silesia basin, 12 — Lower Silesia (Sudetes mountains), 13 — Flysch Carpathians, 14 — Pieniny mountains, 15 — Tatra mountains, Podhale; a — carbonate series; b — carbonate series utilized for industrial purposes

facjalne. Zjawiska te odgrywają bardzo poważną rolę przy wstępnym etapie poszukiwań, zmierzającym dopiero do określenia stosunkowo jednorodnych elementów, dla których wykonywane są dokumentacje geologiczne.

W ramach obecnie przeprowadzonej analizy statystycznej ogółem opracowano 8 zbiorów generalnych wapieni (tab. 6). Równowiekowe zbiory jurajskie i dewońskie podzielone zostały na dwa odrębne, ponieważ były one początkowo obliczane oddzielnie dla  $Al_2O_3$  i  $Fe_2O_3$  oraz oddzielnie dla  $R_2O_3$ . W niniejszym artykule dalsze wnioski omówiono tylko na podstawie zawartości  $R_2O_3$ .

Wapień kambryjskie występują na Dolnym Śląsku w okolicy Wojcieszowa. H. Teisseyre (1967) dzieli je na trzy piętra litologiczne, przy czym wszystkie wykazują silny stopień zaangażowania tektonicznego. Na skutek silnego przekryształizowania są one często nazywane marmurami. Używane są głównie w produkcji wapna palonego, mączek wapiennych, a niektóre odmiany również w przemyśle ceramicznym. Do analizy przyjęto wapień wojcieszowski ze złóż Połom i Miłek.

Dewońskie utwory węglanowe występują w Górach Świętokrzyskich, na obszarze śląsko-krakowskim i w Sudetach. Największa ich baza znajduje się w Górach Świętokrzyskich. Są to głównie wapień żyweckie, po-

Tabela 6  
Zbiory statystyczne złóż wapieni w Polsce

Nr zbioru	Podział stratygraficzny		Liczba analizowanych złóż	Liczba analiz w zbiorze
	Okres	Epoka		
1	Trzeciorzęd	miocen	2	77
2	Jura	malm	19	1439
3	Jura	malm	4	64
4	Trias	wapień muszłowy	8	418
5	Karbon	wapień węglowy	2	192
6	Dewon	dewon środkowy	11	515
7	Dewon		4	82
8	Kambr	wapienie wojcieszowskie	2	38
Razem			52	2825

chodzenia organogenicznego, sporadycznie tylko frańskie. Wapienie zwykle są zazwyczaj drobnokrystaliczne, niekiedy krypto- i grubokrystaliczne, w różnym stopniu użyłone kalcytem. Tworzą one kompleks skalny zapadający pod kątem do 30°, niekiedy tylko w strefach silnie zaburzonych tektonicznie upady dochodzą do 80°. Wapienie te są szeroko stosowane w produkcji wapna, kamienia łamanego i kruszywa, okładzin budowlanych oraz w przemyśle chemicznym, cementowym, cukrowniczym i rolnictwie. Produkcja wapieni świętokrzyskich jest sukcesywnie rozwijana, toteż analiza statystyczna ich zmienności może znacznie rzutować na ekonomikę dalszych prac poszukiwawczych.

Tego samego wieku są czarne „marmury dębnickie” z obszaru śląsko-krakowskiego, używane głównie w budownictwie. Złoże Dębnik II z tego samego obszaru jest analizowane w niniejszym opracowaniu w ramach 6 zbioru generalnego.

W obrębie grzbietu dębnickiego występują tzw. wapienie węglowe w warstwach przejściowych dewonu — karbonu w Czatkowicach. Niekiedy przechodzą one bez zmian litologicznych w utwory turneju. Wapienie te są stosowane również w przemyśle materiałów budowlanych i chemicznych oraz jako topniki wielkopiecowe. Niektóre odmiany wapieni są wtórnie zdolomityzowane lub zsylikowane.

Duże znaczenie gospodarcze mają wapienie triasowe z obszaru śląsko-krakowskiego, gdzie eksploatowane są na dużą skalę i gdzie znajdują się zakłady przeróbcze. Skały te są również znane i eksploatowane na mniejszą skalę na obrzeżeniu Gór Świętokrzyskich. W obszarze śląsko-krakowskim są eksploatowane głównie warstwy gorażdzańskie z dolnego wapienia muszłowego, a szczególnie poszukiwana jest odmiana krystaliczna używana w przemyśle hutniczym, chemicznym, cukrowniczym oraz w górnictwie. Wapienie z tego obszaru, jak też wapienie triasowe z obrzeżenia

Gór Świętokrzyskich stosowane są jako kamień budowlany oraz w drogownictwie.

Wapień jurajski mają duże znaczenie gospodarcze. Tworzą one duże wychodnie w obrzeżeniu Gór Świętokrzyskich, na obszarze Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej oraz w kilku punktach wału kujawsko-pomorskiego. Eksploatowane są głównie wapień malmu (raurak — oksford). Występują w różnych odmianach genetycznych, w postaci wapieni skalistych, ławicowych, płytowych, detrytycznych i rafowych, często z krzemieniami lub przeławiczeniami marglistymi. Charakteryzują się dużym zróżnicowaniem własności fizycznych i stosunkowo niewielką zmiennością własności chemicznych, dlatego też stosowane są w licznych gałęziach przemysłu. Zbiory statystyczne (tab. 6) obejmują wszystkie typy tych skał z różnych obszarów Polski, głównie jednak z obrzeżenia Gór Świętokrzyskich i jury krakowsko-wieluńskiej.

Analizowane wapień trzeciorzędowe (torton — sarmat) pochodzą z okolic Pińczowa i eksploatowane są głównie jako kamień budowlany i drogowy. Są to wapień litotamniowe i serpulowe, które ze względu na niską wytrzymałość nie są stosowane do wypalania wapna, są natomiast dostatecznie miękkie i dają się łatwo obrabiać, toteż znane są jako materiał rzeźbiarski.

#### ZMIENNOŚĆ WŁASNOŚCI CHEMICZNYCH WAPIENI

Analizę zmienności wapieni oparto na czterech podstawowych składnikach chemicznych: CaO, MgO, R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> i SiO<sub>2</sub>, wyrażonych w procentach wagowych. Minimalna średnia zawartość tlenu wapnia określona jest w normach brązowych różnych przemysłów. Podstawowym surowcem jest wapień o zawartości od 45,94% CaO stosowany w przemyśle cementowym (BN-63/6711—01) aż do 54,43% CaO — w przemyśle wapienniczym (BN — 62/6715—04). Z surowca wykazującego mniej niż 45,94% CaO produkowane jest wapno rolnicze palone. Najczęściej wymagana średnia zawartość CaO wynosi zgodnie z normami od 52 do 54%. Dopuszczalna maksymalna zawartość MgO wynosi stosownie do norm — od najniższej 0,29%, wymaganej w produkcji wapna palonego w przemyśle wapienniczym, do 3,11%, wymaganej w produkcji wapna niegaszonego do celów

Tabela 7

Zestawienie wartości średniej arytmetycznej oraz wartości modalnych dla zbiorów statystycznych złóż wapieni w Polsce (w % wag.)

Nr zbioru	Nazwa zbioru	CaO		MgO		R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		SiO <sub>2</sub>	
		$\bar{x}$	Mo	$\bar{x}$	Mo	$\bar{x}$	Mo	$\bar{x}$	Mo
1	Trzeciorzęd	50,11	51,08	1,11	0,56	2,40	1,57	5,30	3,07
2	Jura	51,36	53,57	0,99	0,56	1,18	0,53	4,71	2,16
3	Jura	52,89	53,45	0,70	0,67	0,80	0,54	2,97	1,02
4	Trias	50,96	54,04	1,84	0,57	1,66	1,17	3,38	0,86
5	Karbon	52,18	54,60	1,59	0,54	0,71	0,52	2,01	0,59
6	Dewon	53,32	54,62	0,77	0,51	1,07	0,51	1,37	0,57
7	Dewon	52,68	54,27	1,07	0,55	0,86	0,59	2,08	0,85
8	Kambr	51,48	54,17	1,36	0,58	0,86	0,51	4,40	1,57



budowlanych. Dla większości surowców wapiennych zawartość MgO nie powinna przekraczać 1<sup>0</sup>/o.

Zestawienie średnich arytmetycznych dla omawianych parametrów chemicznych wapieni jest przedstawione w tab. 7. Porównując średnią zawartość CaO przedstawioną w tabeli z wymaganiami norm widać, że jedynie wapień jurajskie analizowane w ramach zbioru 3 oraz wapień karbońskie i dewońskie wykazują średnią zawartość tego składnika powyżej wymaganej (52<sup>0</sup>/o), co mogłoby kwalifikować je do produkcji wyższych asortymentów. Żaden ze zbiorów nie wykazał natomiast minimalnej zawartości MgO poniżej najniższej dopuszczalnej granicy wymaganej normami branżowymi.

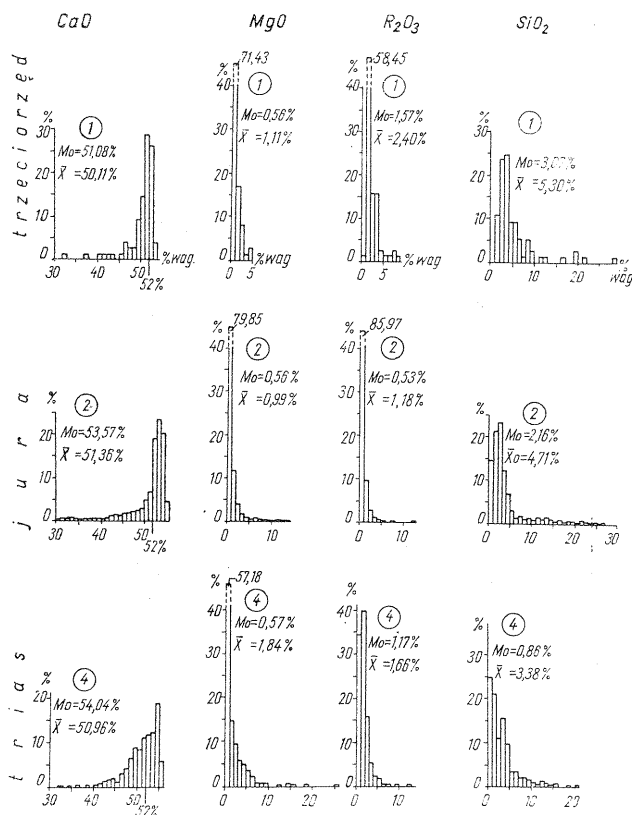


Fig. 8. Histogramy rozkładu zawartości CaO, MgO, R<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> w wapieniach (trzeciorzęd, jura, trias)

Histograms of distribution of CaO, MgO, R<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> contents in limestones (Tertiary, Jurassic, Triassic)

Porównanie średnich arytmetycznych  $\bar{x}$  z wartością modalną rozkładów  $M_o$  (tab. 7) wykazuje asymetryczność wszystkich rozkładów. Widać to również na histogramach rozkładu zawartości podstawowych składników chemicznych wapieni (fig. 8 i 9). W przypadku CaO wszystkie histo-

gramy wykazują skośność ujemną rozkładów, pozostałe natomiast — skośność dodatnią. Żaden ze zbiorów nie wykazuje rozkładu normalnego, a skośność jest zazwyczaj wysoka, co w przypadku szacowania tych wapieni z punktu widzenia ich przydatności surowcowej jest zjawiskiem korzystnym.

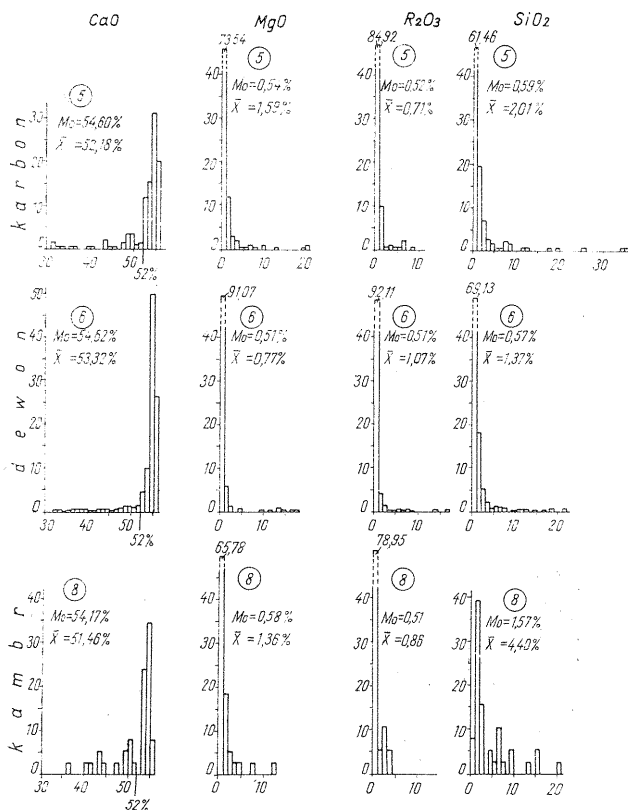


Fig. 9. Histogramy rozkładu zawartości CaO, MgO, R<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> w wapieniach (karbon, dewon, kambry)  
Histograms of distribution of CaO, MgO, R<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> contents in limestones (Carboniferous, Devonian, Cambrian)

Histogramy rozkładu wykazują zazwyczaj jedno maksimum, jedynie w zbiorze wapieni kambryjskich można się dopatrywać dwumodalności i to w rozkładzie podstawowych składników: CaO, MgO i SiO<sub>2</sub>. Zbiór ten obejmuje wapień z okolic Wojcieszowa na Dolnym Śląsku, gdzie jak to już wyżej podkreślono obserwuje się przejawy metamorfizmu. Dwumodalność rozkładu składników inertnych oraz jednomodalność rozkładu R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (składnik ruchliwy — Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) jest zrozumiała w złożach częściowo zmetamorfizowanych, charakteryzujących się obecnością późniejszych intruzji porfirowych oraz przejawami procesów sylikfikacji i dolomityzacji.

Pewna dwumodalność rozkładu zaznacza się również w rozkładzie MgO w wapieniach dewońskich (zbiór 6 i 7). Zmienna zawartość tego składnika jest uwarunkowana wkładkami częściowo zdolomityzowanych wapieni, niekiedy dolomitów oraz lokalną sylikacją. Zbiory te obejmują złoża eiflu i żywetu, gdzie jak wiadomo dolomity spotyka się w profilu litologicznym stosunkowo często.

Zmienność litologiczna utworów dolnego karbonu zaznacza się w wielomodalności rozkładów składników chemicznych, głównie w rozkładzie CaO i SiO<sub>2</sub>. Jest to zupełnie zrozumiałe w świetle różnorodności środowisk sedymentacyjnych, czym charakteryzowały się osady dolnokarbońskie. Podobny rozkład obserwuje się w wapieniach jurajskich i trzeciorzędowych, a szczególnie w rozkładzie krzemionki. Wymagania jakościowe przewidują, że dopuszczalne zawartości krzemionki mogą wynosić 0,7 do 4<sup>0</sup>%. Dla wielu asortymentów wapiennych dopuszczalna zawartość SiO<sub>2</sub> nie może przekraczać 1,2 do 1,5<sup>0</sup>%. Jak widać zatem z analizy przedstawionych materiałów (tab. 7 i fig. 8 i 9), średni urobek nie zawsze spełnia obowiązujące wymagania technologiczne.

Tabela 8

Zestawienie wskaźników zmienności V<sub>1</sub>% (estymator — średnia arytmetyczna) dla złóż wapieni w Polsce

Analizowane parametry	Nazwa i numer zbioru							
	Trzeciorzęd	Jura		Trias	Karbon	Dewon		Kambr
	1	2	3	4	5	6	7	8
CaO	7,32	9,06	4,02	7,69	10,41	9,84	6,20	9,19
MgO	70,45	128,10	33,87	140,70	215,40	221,60	144,30	165,00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	122,90	—	—	—	285,60	—	—
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	107,30	—	—	—	208,60	—	—
R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	61,19	—	105,80	77,85	178,30	—	85,05	103,70
SiO <sub>2</sub>	91,18	134,40	99,26	99,85	230,20	180,80	167,70	106,40
CO <sub>2</sub>	7,85	—	—	—	—	—	—	—
V <sub>0</sub> %	7,09	13,56	6,54	10,25	14,18	11,18	8,94	12,19

Podobne wnioski uzyskano z analizy wskaźników zmienności (tab. 8). Najwyższe wskaźniki wykazuje parametr MgO oraz SiO<sub>2</sub>. Maksymalne wskaźniki zmienności notuje się w złożach karbońskich i dewońskich, co potwierdza znane fakty obecności domieszek krzemionkowych i dolomitycznych w tych seriach wapieni. Wyjątkowo niską zmienność wykazuje natomiast parametr CaO, co przy tym surowcu jest zjawiskiem korzystnym. Parametr ten nie może być jednak jedynym przyjmowanym do rozważań, w których podstawą jest zmienność wapieni. Jak widać domieszki szkodliwe odgrywają w tym przypadku daleko większą rolę.

#### GĘSTOŚĆ SIECI ROZPOZNAWCZEJ DLA ZŁÓŻ WAPIENI

Jak to już wyżej powiedziano najwyższą zmienność wykazuje MgO i SiO<sub>2</sub>. Za najbardziej charakterystyczny wskaźnik można przyjąć parametr SiO<sub>2</sub>. Posługując się wzorami 1—3, omówionymi we wstępie niniejszej-

Tabela 9

Gęstość sieci rozpoznawczej i elementarny obszar rozpoznania w zależności od zmienności złóż wapieni w Polsce

Nazwa zbioru	Reprezentatywny wskaźnik zmienności $V_1\%$	Ilość obserwacji (n)		Odległość między wyrobiskami (m)		Elementarne pole rozpoznania tys. m <sup>2</sup>	
		C <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>
Trzeciorzęd	91	21	53	220	135	47,62	21,28
Jura	134	45	115	150	90	22,22	8,47
Jura	99	25	62	200	125	41,67	16,13
Trias	99	25	62	200	125	41,67	16,13
Karbon	230	130	310	85	55	7,69	2,98
Dewon	180	82	210	110	70	12,50	5,00
Dewon	167	70	174	120	72	14,28	5,75
Kambr	106	28	71	187	115	35,71	14,08

Tabela 10

Zagęszczenie wyrobisk dla wapieni zgodnie z zarządzeniem Prezesa CUG z dnia 20.XII.1963 r.

Nazwa surowca	Grupa złóż	Odległość w metrach między wyrobiskami	
		C <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>
Wapienie dla przemysłu mat. wiążących, hutniczego i chemicznego	I	5-3 wyrobisk na 0,5 km <sup>2</sup>	600—300
	II	600—300	300—150
	III*	300—200	200—100

\* Tylko dla magnezytów

szego artykułu, konieczną ilość obserwacji oraz odległości między wyrobiskami w metrach, przy przyjęciu siatki kwadratowej, przedstawiono w tab. 9. Ponieważ najwyższy wskaźnik zmienności dla SiO<sub>2</sub> zanotowano w grupie złóż karbońskich, złoża te wymagają największego zagęszczenia siatki. Najmniejsze zagęszczenie przewidziane jest dla złóż trzeciorzędowych. To ostatnie stwierdzenie nie odnosi się, oczywiście, do całego profilu litologicznego, a jedynie do dokumentowanych fragmentów wapieni tortońskich. Opierając się jedynie na zmienności SiO<sub>2</sub> trudno jest scharakteryzować wszystkie aspekty związane z gęstością opróbowania i gęstością siatki. Gdyby brać pod uwagę zmienność MgO, to największego zagęszczenia siatki wymagałyby złoża wapieni dewońskich (zbiór 6).

Osobnym zagadnieniem jest oczywiście budowa geologiczna i formy złóż, stosunek ich do nadkładu, co w niniejszej pracy nie zostało uwzględnione.

nione. Gdyby też wziąć pod uwagę ogólny wskaźnik zmienności obliczony ze wszystkich parametrów chemicznych, to odległości te byłyby znacznie wyższe. Podobnie jak w badaniach gęstości siatki przewidzianej dla kruszywa ogólny wskaźnik zmienności  $V_0\%$  jest bardzo niski i tak mało zróżnicowany, że praktycznie metody analizy statystycznej nie dają w tym wypadku konkretnej odpowiedzi co do ilości koniecznych obserwacji i gęstości sieci. Bezpieczniej jest zatem brać pod uwagę najwyższy wskaźnik zmienności, to znaczy wskaźnik dla krzemionki. Przedstawione w tab. 9 odległości między wyrobiskami rozpoznawczymi w siatce kwadratowej wynoszą: dla kat.  $C_2$  — od 85 do 220 m; dla kat.  $C_1$  — od 55 do 135 m.

Odległości te różnią się zasadniczo w stosunku do wymagań ustalonych w Zarządzeniu Prezesa CUG z 1963 r. (tab. 10). Z porównania wynika, że przy dokumentowaniu złóż wapieni należałoby stosować gęściejsze siatki niż dotychczas, nawet w stosunku do grupy III, która zarezerwowana była jedynie dla magnezytów. Jest to więc sygnał wskazujący na konieczność rewizji dotychczasowej metodyki dokumentowania skał węglanowych. Rewizja ta winna iść przede wszystkim w kierunku nowego podziału złóż wapieni na grupy i ramowego ustalenia zagęszczenia siatek dla każdej grupy.

Zakład Złóż Surowców Skalnych  
Instytutu Geologicznego  
Warszawa, ul. Rakowiecka 4  
Nadesłano dnia 4 maja 1974 r.

## PIŚMIENNICTWO

- CIEŚLIŃSKI S., CZERMIŃSKI J., KOZŁOWSKI S., PAJCHŁOWA M., RYKA W. (1969) — Tablica litologiczno-stratygraficzna Polski. Kwart. geol., **13**, p. 268—274, nr 2. Warszawa.
- CZAJOR E., CZERMIŃSKI J. (1960) — Zmienność zawartości wapnia i magnezu w skałach węglanowych na obszarze Polski bez Karpat. Kwart. geol., **4**, p. 459—466, nr 2. Warszawa.
- KRAJEWSKI R. (1962) — Określenie zmienności złoża i stopnia rozpoznania zasobów metodą rachunku statystycznego. Pr. Inst. Geol., **30**, cz. 3. Warszawa.
- MOJSKI J. E., RÜHLE E. (1965) — Atlas geologiczny Polski. Zagadnienia stratygraficzno-facjalne. Z. 12. Czwartorzęd. Inst. Geol. Warszawa.
- PESZAT Cz. (1973) — Własności techniczne piaskowców Gór Świętokrzyskich. Zesz. Nauk. AGH, **378**, Geologia, z. 18. Kraków.
- PIĄTKOWSKI J. (1969) — Elementarne metody statystyczne w rozpoznawaniu złóż kopalin stałych. Skrypt AGH, **143**. Kraków.
- TEISSEYRE H. (1967) — Najważniejsze zagadnienia geologii podstawowej w Górach Kaczawskich. Przew. XL Zjazdu Pol. Tow. Geol. Zgorzelec.

Стефан КОЗЛОВСКИ, Ядвига ПАВЛОВСКА

## ОБЛОМОЧНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И КАРБОНАТНЫЕ ПОРОДЫ В ПОЛЬШЕ И ИХ ИЗМЕНЧИВОСТЬ

### Резюме

Проведены подсчеты и установлен коэффициент изменчивости для месторождений с подсчитанными запасами в категории  $C_2$ ,  $C_1$ . Произведено деление на классы частоты залежания, подсчитаны средние арифметические для отдельных групп ( $\bar{x}$ ), дисперсия нормированных переменных — вариации средней арифметической, иногда средней взвешенной  $S^2$ , а также средняя отклонения. Из квадрата  $\delta_1$  и  $\delta_2$  выводится общий коэффициент изменчивости  $V_0$  и минимальная густота разведочной сетки. На фиг. 1 указано необходимое количество геологических наблюдений, согласно с выясненными коэффициентами изменчивости. На фиг. 2 показана величина поисковой сетки (квадратной) в зависимости от принятого коэффициента изменчивости.

Изучение естественного обломочного материала проведено для основных генетических групп: моренные и флювиогляциальные месторождения, речные равнинные террасы и речные террасы в горах (Карпаты и Судеты).

Ввиду содержания минеральной пыли, наиболее изменчивыми являются флювиогляциальные месторождения (фиг. 3). Гистограммы процентного содержания песчаной фракции представлены на фиг. 4, а валунчико-валунной фракции — на фиг. 5. Наиболее изменчивы месторождения речных террас (фиг. 6), а наименее — моренные.

Из сравнения отдельных расстояний в различных зонах и группах месторождений (таб. 4 и 5) следует, что к I группе можно отнести только месторождения, относящиеся к лещинской, северо-мазовецкой и мазовецко-подлясской фазе, ввиду их изменчивости. Расстояния между пунктами наблюдения, определенные по коэффициентам изменчивости, близки к принятым для I группы. Другие месторождения соответствуют II группе, ввиду требуемого расстояния между пунктами наблюдения. Только при изучении месторождений обломочного сырья в террасах южных рек, следует при разведочных работах принимать нижнюю границу расстояний в метрах. Для наиболее изменчивых месторождений предполагается ввести III группу.

В рамках проведенного в настоящее время статистического анализа рассмотрено в общем 8 генеральных групп известняков (таб. 6). Одновозрастные юрские и девонские группы были разделены на две отдельные, так как они были в начале подсчитаны отдельно по  $Al_2O_3$  и  $Fe_2O_3$ , а также отдельно по  $R_2O_3$ . В данной статье они рассматриваются только по содержанию  $R_2O_3$ . Анализ изменчивости известняков основан на четырех основных химических компонентах:  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $R_2O_3$  и  $SiO_2$ , выраженных в весовых процентах.

Сопоставление средних арифметических по рассматриваемым химическим параметрам известняков показано на таб. 7. Наиболее изменчивы коэффициенты параметра  $MgO$  и  $SiO_2$ . Максимальные коэффициенты изменчивости отмечают в карбонских и девонских месторождениях, что подтверждает известный факт наличия кремнистых и доломитических примесей в этих известняковых сериях. Исключительно низка изменчивость параметра  $CaO$ , что при этом виде сырья является положительным фактом. Этот параметр однако не может быть единственным при рассуждениях, в основе которых лежит изменчивость известняков. Как видно вредные примеси в этом случае играют гораздо большую роль. Наиболее характерным коэффициентом можно считать  $SiO_2$ . Необходимое количество наблюдений и расстояния между выработками в метрах при использовании квадратной сетки, подсчитанное по формулам 1—3, представленным в начале данной статьи, показано в таб. 9.

Из сравнения следует, что при подсчете запасов месторождений известняков следует применять более густую сетку, чем принималось до сих пор, даже для III группы, которая предназначалась только для магнезитов. Следовательно, это является сигналом необходимости пересмотра существовавшей до настоящего времени методики подсчета запасов карбонатных пород. Этот пересмотр должен идти прежде всего в направлении нового деления месторождений известняков на группы и предварительного установления густоты сеток для каждой из них.

Stefan KOZŁOWSKI, Jadwiga PAWŁOWSKA

### POLISH NATURAL BROKEN STONE AND CARBONATE ROCKS AND THEIR VARIABILITY

#### Summary

The coefficient of variation has been calculated for deposits recognized in categories  $C_2$  and  $C_1$ . Data have been grouped into frequency classes, and for various populations the arithmetic mean ( $\bar{x}$ ), dispersion of random variables — variation of mean, sometimes of the weighted mean  $S^2$  and mean deviation have been computed. General coefficient of grid variation  $V_0$  and the minimum spacing of the exploratory grid have been found for square  $\delta_1$  and  $\delta_2$ . The necessary number of observations for the coefficient of variation found can be read from Fig. 1. Fig. 2 gives the spacing of development work (square grid) as a function of the coefficient of variation applied.

Studies have been completed for the main genetic groups of deposits: moraine, fluvio-glacial, stream terraces, and stream terraces in mountain areas (the Carpathian and Sudetes mountains).

As to the rock flour content the greatest variability is noted in fluvio-glacial deposits (Fig. 3). Histograms of the sand-size fraction content are demonstrated in Fig. 4, and of the pebble-cobble fraction content in Fig. 5. The greatest variability has been noted in deposits of stream terraces (Fig. 6) while the moraine deposits show the less variable features.

Sizeable deposits classified into group I (Tabs. 4 and 5) are related solely to the Leszno, North Mazovia, and Mazovia-Podlasie phases. Spacing between observations established on the basis of the coefficient of variation is close to that assumed for group I. As to the required spacing between observations, other deposits fall into group II. Only in the development work in broken stone deposits of the stream terraces in the southern part of the country the lower spacing limit (in meters) should be adopted. For the most variable deposits the introduction of group III is postulated.

The statistical analysis has been completed for 8 groups of limestones (Tab. 6). The analysis of variability of limestones is based on four principal chemical components expressed in percentages by weight: CaO, MgO,  $R_2O_3$ , and  $SiO_2$ .

Mean values for the chemical parameters of limestones are listed in Tab. 7. The highest coefficients of variation are shown by MgO and  $SiO_2$ . The maximum coefficients of variation have been found for the Carboniferous and Devonian

deposits confirming the earlier information on siliceous and dolomitic admixtures in these limestones. The CaO parameter shows an exceptionally low variability, which in this case is a favourable feature. However, this parameter should not be regarded as the only one by which the variability of limestones is expressed. Obviously in this case the detrimental admixtures are much more critical. The SiO<sub>2</sub> parameter seems to be the most characteristic factor. The necessary number of observations and spacing in a square grid, as computed from formulas 1—3 discussed previously, is given in Tab. 9.

It results that spacing closer than that used so far should be adopted for evaluation of limestone deposits. The above applies even to group III which has been reserved for magnesites only. All that points to the necessity of a revision of methods used so far for evaluating the carbonate deposits. Particularly a new division into groups and requirements for spacing between observations for each group should be set up.