

*granodioryt, bloczność, skaner laserowy*

Magdalena MANIA\*

## **METODA OCENY BLOCZNOŚCI ZŁOŻA NA PRZYKŁADZIE KOPALNI GRANODIORYTU**

Przeprowadzono badania podzielności ciosowej i bloczności złoża granodiorytu, eksploatowanego na kruszywa i bloki. Uwzględniając budowę geologiczną i tektonikę, określono bloczność poszczególnych części złoża z wykorzystaniem metody skaningu laserowego. Wyniki badań pozwoliły na zaproponowanie poprawy racjonalnego wykorzystania zasobów z uwzględnieniem blocznych partii złoża.

### **1. PRZEDMIOT BADAŃ**

Parametry skały determinują kierunek wykorzystania surowca. Charakter naturalnej podzielności masywu skalnego decyduje o sposobie urabiania kopaliny. Ze względu na niewielkie zasoby złóż blocznych w Polsce oraz stały popyt rynku na surowce tego typu, dąży się do zlokalizowania i ochrony partii blocznych złoża w większości kopalń. Innowacyjna ocena bloczności przy zastosowaniu skanera laserowego powinna być alternatywą dla tradycyjnych metod pomiarów. Podstawą tego działania jest dokładne rozpoznanie budowy geologicznej przedmiotu badań – granitoidów rejonu Niemczy, które charakteryzują się licznymi spękaniem i przerostami zwietrzałej skały. Granitoidy niemieckie nie tworzą masywu, lecz mają formę kilkusetmetrowej rozciągłości intruzywnych żył pokładowych [7].

Materiał skalnych intruzji w rozpatrywanym rejonie jest bardzo zróżnicowany. Występują tu m.in. innymi granity właściwe, monzonity, granodioryty, dioryty oraz gabrodioryty (rys. 1). Granodioryty niemieckie są charakterystyczną pod względem ubarwienia odmianą granitoidów związanych z plutonizmem warwicyjskim.

---

\* Poltegor-Institut, Instytut Górnictwa Odkrywkowego, 51-516 Wrocław, ul. Parkowa 25,  
magdalena.mania@igo.wroc.pl



1 – ważniejsze uskoki, 2 – utwory czwartorzędu, 3 – granitoidy, 4 – serpentyny,  
5 – skały metamorficzne strefy Niemczy (nierozdzielone), 6 – łupki niemczańsko-kamienieckie  
(nierozdzielone), 7 – skały metamorficzne bloku Gór Sowich (nierozdzielone)

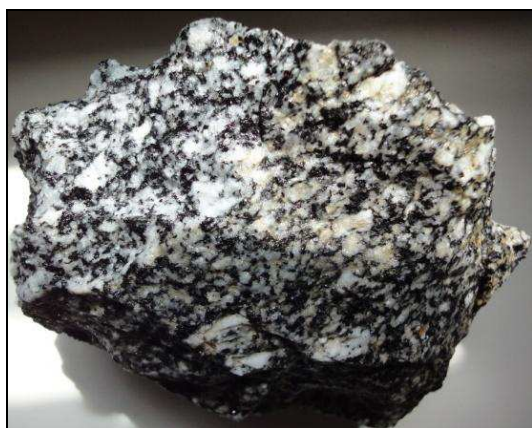
Rys. 1. Szkic geologiczny strefy Niemczy wg M.W. Lorenca [7]

Fig. 1. A geological sketch of Niemcza zone by M.W. Lorenc

Melanokratyczny charakter granitoidów Niemczy, różniących się od innych wystąpień tych skał na obszarze dolnośląskim, spowodował, że w geologii złóż i kamieniarstwie określa się je tradycyjnie mianem sjenitów. Wyróżnia się dwa typy granodiorytów:

- typ średnioziarnisty, porfirowaty, o teksturze kierunkowej, z licznymi ziarnami skalenia potasowego, inadający się do produkcji płyt okładzinowych (rys. 2),
- typ drobnoziarnisty, (czarny) bez tekstur kierunkowych [2] (rys. 3).

Ze względu na walory kolorystyczne i strukturę oba typy skał znajdują zastosowanie jako cenny materiał kamieniarski.



Rys. 2. Typ średnioziarnisty  
Fig. 2. Medium-grained rock type



Rys. 3. Typ drobnoziarnisty  
Fig. 3. Fine-grained rock type

## 2. METODYKA BADAŃ

W rejonie badań występuje skomplikowany układ spękań ciosowych spotęgowany udziałem spękań wietrzeniowych i odprężeniowych. Roboty strzałowe prowadzone metodą długich otworów z użyciem bryzantycznych MW typu amonitu czy dynamitu zwiększyły szczelinowatość złoża.

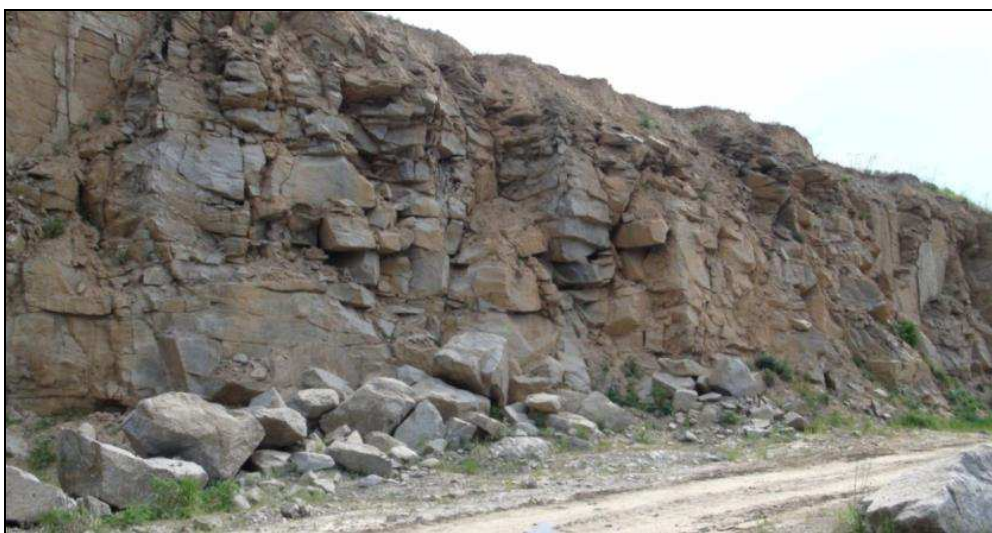
Syntektoniczne granitoidy niemczańskie, występujące w strefie dyslokacyjnej Niemczy, tworzą ciało plutoniczne przebiegające w kierunku NNE–SSW między Kiełtinem a Przerzeczynem i rozgałęziające się ku S i SW na szereg zgodnych z foliacją żył. Naturalne zespoły spękań ciosowych, które są charakterystyczne dla granitoidów niemczańskich pełnią bardzo istotną rolę przy eksploatacji granitoidów. Cecha ta powoduje, że granit można wydobywać w postaci prostopadłościennych bloków. Jednakże często nawet przy obróbce wydobytych największych bloków wymiarowych, a prawie zawsze przy wykorzystaniu bloków niewymiarowych („kęsów”) ujawniają się nowe spękania, które dyskwalifikujące je do produkcji wielkogabarytowych elementów foremnych. W granitoidach niemczańskich wyróżnić można cztery zespoły spękań ciosowych: podłużne  $S$  – w przybliżeniu równoległe do generalnego kierunku strukturalnego na badanym obszarze, poprzeczne  $Q$  – prawie prostopadłe do podłużnych, spękania pokładowe  $L$  – ułożone w przybliżeniu równoległe do powierzchni terenu, diagonalne  $D$  – ukośne względem generalnego kierunku strukturalnego.

Występujące w złożu spękania diagonalne są niekorzystne do pozyskiwania bloków. Jedyne spękania tworzące układ trzech wzajemnie prostopadłych płaszczyzn podzielności są odpowiednie w eksploatacji partii blocznych.

Granodioryt średnioziarnisty odznacza się wysoką jakością do produkcji różnych asortymentów kruszyw, a coraz trudniej otrzymuje się z niego surowiec bloczny. Wynika to z aktualnego stanu udostępnienia złoża i stosowanej techniki eksploatacji [2].

### 3. BADANIA PODZIELNOŚCI CIOSOWEJ I BLOCZNOŚCI METODĄ TRADYCYJNĄ

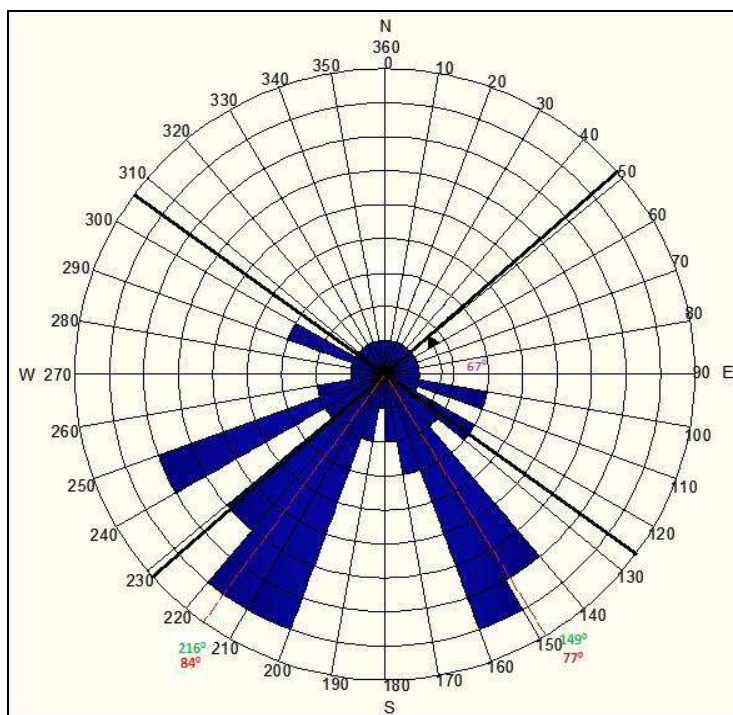
Ocena bloczności złóż opiera się na badaniach szczelinowatości występującej w danej skale. Górniczą miarą bloczności jest ilość uzyskanego materiału blocznego w stosunku do ilości wydobytej kopaliny, natomiast geologiczną miarą bloczności jest zawartość materiału blocznego w całym złożu. W wybranym kamieniołomie granitoidów niemczańskich wykonano pomiary powierzchni ciosowych na wybranych ociosach (rys. 4).



Rys. 4. Ściana wschodnia badanego kamieniołomu  
Fig. 4. Eastern wall of examined quarry

Powierzchnie te zostały scharakteryzowane pomiarami azymutów i wielkości kąta zapadu. W celu wyznaczenia dominujących zespołów ciosowych, wykonano 70 pomiarów kompasem geologicznym typu Freiberg.

Wyniki tych pomiarów posłużyły do przeprowadzenia analizy statystyczno-graficznej, dla potrzeb której wykonano zbiorczą różę spękań (rys. 5). Zbyt mała liczba pomiarów (trudna dostępność ociosów) nie pozwoliła na wykonanie zestawień, odrębnie dla każdej ściany.



Rys. 5. Róża spękań

Fig. 5. A radial diagram of rock fissuring

Otrzymany obraz pokazuje, że w wyrobisku mamy do czynienia z dwoma dominującymi zespołami podzielności spękania. Dla kierunku NW–SE zapadającego ku SW, średni azymut zapadu wynosi  $216^\circ$  natomiast średni kąt zapadu osiąga wartość  $84^\circ$ . Dla kierunku SW–NE zapadającego ku SE, średni azymut wynosi  $149^\circ$ , natomiast średni kąt zapadu osiąga wartość  $77^\circ$ . Te dwa główne zespoły spękań przecinają się pod kątem  $67^\circ$ . Trzeci zaś, podrzędny zespół o średnim azymucie około  $245^\circ$  reprezentuje spękania diagonalne. Interpretując ten obraz nasuwa się wniosek, że kierunek postępu eksploatacji powinien być prowadzony prostopadle do dwusiecznej kąta, pod którym przecinają się dominujące zespoły spękań, a więc w kierunku południowym o azymucie wynoszącym ok.  $183^\circ$ .

W złożu granodiorytu występuje układ trzech niemal prostopadłych do siebie zespołów spękań: *S*, *Q* i *L*. Taśmą pomiarową wyznaczono odległości pomiędzy płaszczyznami podzielności. Pomiary wykonano w kilku profilach dla podzielności pokładowej i kilku poziomych dla podzielności stromo zapadającej. Wyniki pomiarów tych odległości zestawiono w tabeli 1. Tabela zawiera klasy wielkości bloków, objętości i częstości występowania spękań wzdłuż trzech głównych kierunków oraz objętości i uzysk bloków z całego wyrobiska. Na podstawie tych danych wykreślono krzywe częstości spękań (rys. 6), obrazujące rozkład natężenia spękań dla każdego z kierunków [1].

Tabela 1

## Wyniki pomiarów liniowej gęstości spękań

Klasa [cm]	Płaszczyzna podzielnosci A (pozioma), B (pionowa) i C (pionowa)								
	liczba pomiarów			procent ilościowy [%]			objętość całkowita [m <sup>3</sup> ]		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
0–50	28	2	26	11,91	2,47	20,31	0,44	0,03	0,40
50–100	113	23	80	48,09	28,40	62,50	47,67	9,70	33,75
100–150	64	31	12	27,23	38,27	9,38	125,00	60,54	23,43
150–200	23	17	7	9,79	20,99	5,47	123,26	91,10	37,51
200–250	3	7	3	1,28	8,64	2,34	34,17	79,73	34,17
250–300	4	1	0	1,70	1,23	0,00	83,18	20,79	0,00
300–350	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Σ	235	81	128	100	100	100	413,72	261,89	129,26

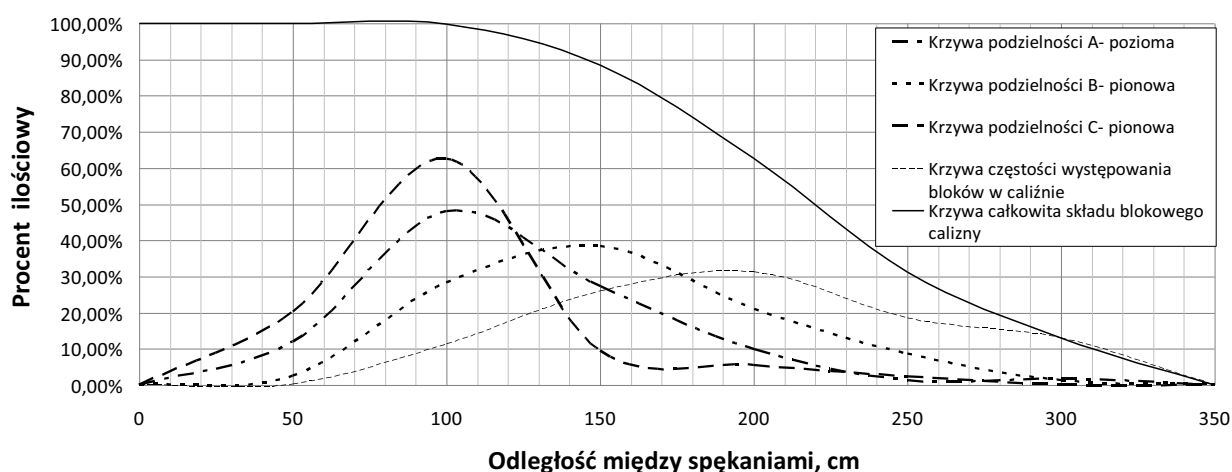
Na podstawie wyników wg tabeli 1 ustalono średni oraz maksymalny wymiar bloków wyszczególniony w tabeli 2

Tabela 2

## Określenie wielkości bloków [cm]

Wymiary bloków	<i>a</i> – długość	<i>b</i> – szerokość	<i>c</i> – wysokość
średni	98	130	77
maksymalny	290	280	240

Średnia objętość pozyskiwanych bloków wynosi  $0,98 \text{ m} \times 1,3 \text{ m} \times 0,77 \text{ m} = 0,98 \text{ m}^3$ .



Rys. 6. Bloczność granodiorytu w rozpatrywanym złożu  
Fig. 6. Granodiorites block separateness in examined deposit

Zbliżony charakter krzywych I, II i III świadczy, że główne zespoły spękań występują w złożu z podobnym natężeniem. Ze średniej częstości spękań wyznaczono krzywą częstości występowania bloków w caliznie (rys. 6). Krzywa ta pozwala przybliżyć w sposób ustalić procentowy wychód poszczególnych klas wielkości bloków. W złożu możemy się spodziewać znacznego udziału bloków o wymiarach ok. 160 cm (9,5%), 190 cm (7,5%), 230 cm (6,5%). Można również wnioskować, że średnie wymiary pozyskiwanych bloków nie przekraczają  $0,98 \times 1,3 \times 0,7$  m. Średnia objętość bloku w 1999 roku wynosiła  $0,83 \text{ m}^3$ , w 2000 roku  $0,93 \text{ m}^3$ . Badania metodami tradycyjnymi wykazały wychód średniego bloku o objętości  $0,98 \text{ m}^3$  w 2011 roku.

Aktualnie ze względu na niewielką liczbę bloków o objętości powyżej  $1 \text{ m}^3$ , dominującym kierunkiem wykorzystania kopaliny będzie produkcja kruszyw. Spodziewany wzrost bloczności złoża z głębokością występowania granodiorytu, spowodować może pozyskiwanie większych bloków.

### 3. METODA CYFROWA

Rozwój metod cyfrowych daje nowe możliwości w technice pomiarowej [4]. Alternatywą dla tradycyjnych pomiarów bloczności złoża może być wykorzystanie skaningu laserowego. W ramach badań posłużono się skanerem laserowym MDL QuarryManPro (rys. 7) [6].

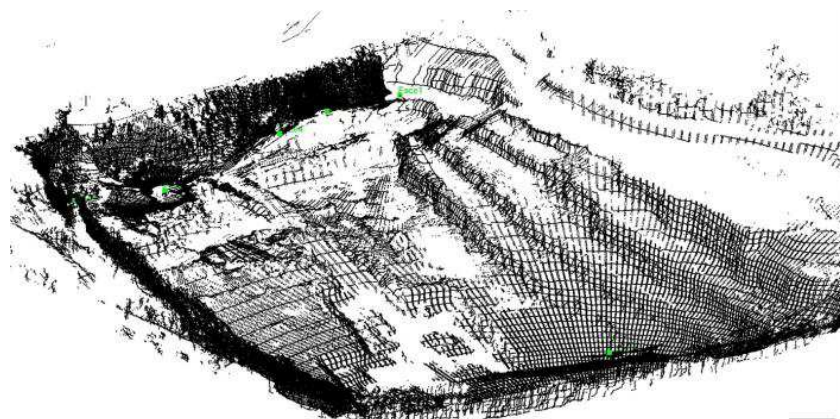


Rys. 7. Skaner laserowy MDL QuarryMan Pro

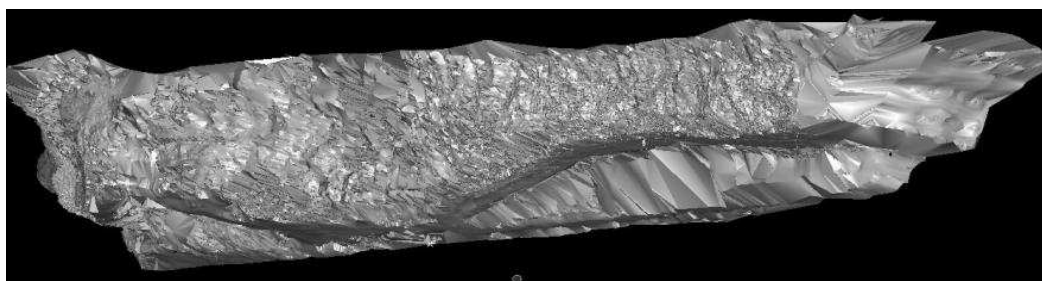
Fig. 7. MDL QuarryMan Pro laser scanner

Po przeskanowaniu wyrobiska uzyskano zbiór 1,3 mln punktów. Każdy z punktów miał przypisane do siebie trzy współrzędne  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , które po nałożeniu i zorientowaniu ich do jednego układu współrzędnych utworzyły trójwymiarowy model wyrobiska (rys. 8). Po sczytaniu z karty pamięci (znajdującej się w skanerze) punktów z wyrobiska, za pomocą programu MDL, przeprowadzono filtrację danych, które powstały po odbiciu wiązki lasera, np. od poruszających się samochodów po skanowanym obsza-

rze. Dodatkowo usunięto takie elementy jak drzewa znajdujące się na skanowanej ścianie. Pozostałe punkty niezbędne do utworzenia modelu zostały wyeksportowane do edytowalnego formatu *dxf*. Rozszerzenie *dxf* pozwala opracowywać dalej model w takim programie jak Microstation czy AutoCad. Następnie posiadając chmury punktów model poddano triangulacji. Otrzymano w ten sposób model odpowiadający rzeczywistemu kształtowi skanowanej ściany (rys. 9).



Rys. 8. Trójwymiarowy model wyrobiska po nałożeniu i zorientowaniu punktów pomiarowych  
Fig. 8. A three-dimensional mining excavation model after the imposition and oriented measurement points



Rys. 9. Odzworowanie ściany wyrobiska w postaci modelu numerycznego  
Fig. 9. Numerical model of quarry wall



Rys. 10. Widok ściany wyrobiska w formie modelu numerycznego z teksturą  
Fig. 10. View on the quarry wall – numerical model with a texture



W celu jego sprawdzenia, otrzymany model zestawiono z fotografiami, które wykonano na terenie kopalni (rys. 10). W wyniku tego zabiegu naniesiono teksturę złoży. Dzięki temu możliwe było określenie lokalizacji partii blocznych złoży, ewentualnych wgłębień, nawisów skalnych na ociosach, a przede wszystkim ukazaniu systemu charakterystycznych spękań.

#### 4. WNIOSKI

Racjonalne wykorzystanie surowców skalnych opiera się na dokładnej identyfikacji budowy geologiczno-tektonicznej. Metoda cyfrowa może stanowić alternatywę dla pomiarów wykonywanych w sposób tradycyjny. Zastosowanie skaningu laserowego pozwala na zwiększenie dokładności oceny warunków zalegania i parametrów eksploatacji kopalni. Wykonane badania umożliwiły szczegółowe wyodrębnienie partii złoży spełniających warunki dla przemysłowego wydobycia bloków. Dzięki temu uzyskano możliwość poprawy efektywności gospodarowania zasobami.

Opracowana i przedstawiona metoda stanowi w przypadku występowania zróżnicowanych spękań naturalnych kalizny istotny element optymalizacji wydobycia złoży surowców skalnych.

#### LITERATURA

- [1] BROMOWICZ J., KARWACKI A., *Metodyka badań bloczności złoży budowlanych materiałów kamiennych*, Wyd. Geologiczne, Warszawa 1982.
- [2] CYGAN J., ŚLUSARCZYK S., *Bloczność skał intruzyjnych strefy Niemczy*, Prace Naukowe Instytutu Górniczego PWr., nr 85, Wrocław 1998.
- [3] ŁAPOT W., GOLDSZTEIN J., *Uwagi o spękaniaach ciosowych i częstości występowania bloków w granodiorycie strzeblowskim na podstawie pomiarów zebranych w kamieniołomie Strzeblów I*, Instytut Górniczego PWr., Komunikat nr 80, Wrocław 1974.
- [4] PATLA S., *Zastosowanie skaningu laserowego do wyznaczania objętości zwałowisk i składowisk produktów na przykładzie kopalni Piława Górna*, Prace Naukowe Instytutu Górniczego PWr., nr 125, Wrocław 2009.
- [5] [www.swiat-kamienia.pl](http://www.swiat-kamienia.pl)
- [6] ROGOSZ K., ŚLUSARCZYK S., *Laser na granicy*, Surowce i Maszyny Budowlane, nr 6, 2011.
- [7] LORENC M.W., *Badania metodą Rb-Sr skał intruzyjnych strefy Niemczy (Dolny Śląsk)*, Arch. Miner. t. LI, z. 1, Warszawa 1998.

#### A BLOCK SEPARATENESS EVALUATION METHOD OF THE GRANODIORITES DEPOSIT

The article presents divisibility measurement results of the Niemcza Zone granodiorites. It shows that the laser scanning could be good alternative to determinate rocks block separateness. Results of the research allow to improve the rational use of resources. It also presents that obtaining of block elements is possible.