

MOŻLIWOŚCI EKSPLOATACJI ZŁÓŻ BLOCZNYCH Z ZASTOSOWANIEM NOWEJ METODY URABIANIA O OGRANICZONYM ODDZIAŁYWANIU ŚRODOWISKOWYM

POSSIBILITIES OF EXPLOITATION OF DIMENSION STONES USING NEW MINING METHOD WITH LIMITED ENVIRONMENTAL IMPACT

Magdalena Mania, Szymon Modrzejewski - Poltegor-Instytut IGO, Wrocław

Wykorzystując nowoczesne metody dokumentacyjno-wizualizacyjne przedstawiono możliwości aplikacji nowej metody urabiania bloków skalnych. Prezentowany sposób pozwala na racjonalne wykorzystanie zasobów oraz na ochronę boczności złóż. Przedstawiono złoża i ich zasoby, w których będzie mogła być zastosowana prezentowana metoda.

Słowa kluczowe: dokumentowanie złóż, urabianie bloków, ochrona zasobów złóż bocznych

New methods of blocks separating have been presented in the paper. Possibilities and conditions of new mining method implementation have been discussed. Presented method enables rational usage of resources and gives the possibility to preserve deposits. Deposits in which presented method can be used have been indicated.

Key words: records of deposits, separating blocks, preservation of dimension stone resources

Wprowadzenie

W polskim górnictwie surowców skalnych jednym z pojawiających się w ostatnim okresie problemów jest klasyfikacja złóż surowców skalnych pod kątem przydatności do produkcji kruszyw lub bloków, ponieważ stosowane dla poszczególnych rodzajów produktów technologie wzajemnie się wykluczają. Stąd konieczność wykorzystania na etapie dokumentowania bardziej precyzyjnych metod rozpoznania budowy geologicznej złóż popartych stosownymi badaniami.

Racjonalne eksploatowanie i wykorzystanie surowców

skalnych wymaga przede wszystkim dokładnej identyfikacji budowy geologiczno-tektonicznej, szczególnie w przypadku złóż bocznych [2]. Brak stosowania odpowiedniej metodyki oceny ich boczności, na etapie dokumentowania, skutkuje podjęciem eksploatacji partii bocznych na kruszywa, powodując tym samym zmniejszenie naturalnej boczności w strefach przyeksploatacyjnych. Boczność stanowi istotny parametr określający jakość kopalni w złożach kamieni budowlanych, gdyż jest podstawą właściwego ich wykorzystania poprzez zastosowanie odpowiednich metod eksploatacji [8]. Jest to istotne w projektowaniu wykorzystania złoża w szczególności w sy-

Tab.1. Klasyfikacja boczności górotworu pod względem szczelinowości [6]

Tab. 1. Dimension stone deposit classification determined by frequency of joints [6]

Kategoria	Szczelinowość (boczność górotworu)	Średnia odległość między szczelinami [m]	Szczelinowość właściwa [m ⁻¹]	Zawartość brył [%]			Akustyczny wskaźnik szczelinowości
				+0,3m	+0,7m	+1,0m	
I	Bardzo gęstoszczelinowaty (drobnoboczny)	<0,1	>10	<10	0	-	0-0,1
II	Gęstoszczelinowaty (średnioboczny)	0,1-0,5	2-10	10-70	<30	<10	0,1-0,25
III	Średnioszczelinowaty (gruboboczny)	0,5-1,0	1-2	70-100	30-80	5-40	0,25-0,40
IV	Małoszczelinowaty (bardzo gruboboczny)	1,0-1,5	1,5-0,65	100	80-100	40-100	0,40-0,60
V	Praktycznie monolityczny	>1,5	>0,65	100	100	100	0,60-1,0

tuacji, gdy może być ono wykorzystane również alternatywnie do produkcji kruszywa łamanego (np. wapienie krystaliczne, sjenity). Jednym z mierników i wskaźników decyzyjnych może tu być szczelinowatość, której kryteria określono w tabeli 1.

Według obecnie stosowanych kryteriów bilansowości dla geologicznego dokumentowania złóż kopalin do produkcji kamienia budowlanego blocznego, jednym z podstawowych parametrów, jest wskaźnik bloczności, który powinien być zawarty między 5%, a 20% (tabela 2).

Tab. 2. Klasyfikacja bloczności geologicznej złóż materiałów kamiennych [8]
Tab. 2. Geological classification of dimension stone deposits [8]

Bloczność		Złóża				
		Skał magmowych i metamorficznych o budowie		piaskowców	Wapieni lekkich, dolomitów	Marmurów, wapieni zbitych
		Prostej (granity)	Złożonej (sjenity, gabra, serpentynity)			
Minimalna wielkość bloków [m ³]		0,40	0,25	0,40	0,3	0,25
Klasa bloczności [% obj.]	mała	<20	<10	<20	<10	<5
	średnia	20-50	10-20	20-50	10-30	5-10
	duża	>50	>20	>50	>30	>10

W bilansie zasobów kopalin w Polsce (stan na 31.12.2011 rok) w części dotyczącej złóż kamieni łamanych i blocznych wyodrębniono 731 złóż o zasobach geologicznych 10 424 969 tys. ton, zasobach przemysłowych 3 372 253 tys. ton oraz wydobyciu 84 577 tys. ton. Dane te nie przedstawiają jednak ile z tych 731 złóż stanowią złoża bloczne. Na podstawie prac własnych [4] i uwzględniając kryteria wg tabeli 1 oszacowano, iż z 731 złóż około 193 złóż jest złożami blocznymi. Na koniec 2011 roku zasoby omawianych złóż blocznych wyniosły ok. 3 175 090 tys. ton w kategorii zasobów bilansowych oraz 1 627 439 tys. ton w kategorii zasobów przemysłowych, natomiast wydobycie nie przekroczyło 26 498 tys. ton.

Jedną z przyczyn nieracjonalnego wykorzystywania tych zasobów jest ich kwalifikacja rodzajowa. Stosowanie materiałów wybuchowych w złożach blocznych przyczynia się do

powstawania nowych płaszczyzn podzielności i zmniejszenia możliwości pozyskania bloków, co w konsekwencji utwierdza eksploatatora o braku możliwości wydobywania bloków z takiego złoża. Dlatego koniecznym jest rozdzielenie w bilansie złóż kamieni łamanych od blocznych. Stąd właściwe udokumentowanie i identyfikacja bloczności złóż w trakcie ich dokumentowania np. przy użyciu nie tylko metod tradycyjnych, ale i nowoczesnych np. skaningu laserowego czy fotogrametrii lub georadaru, mogłoby stanowić pomocne narzędzie przy

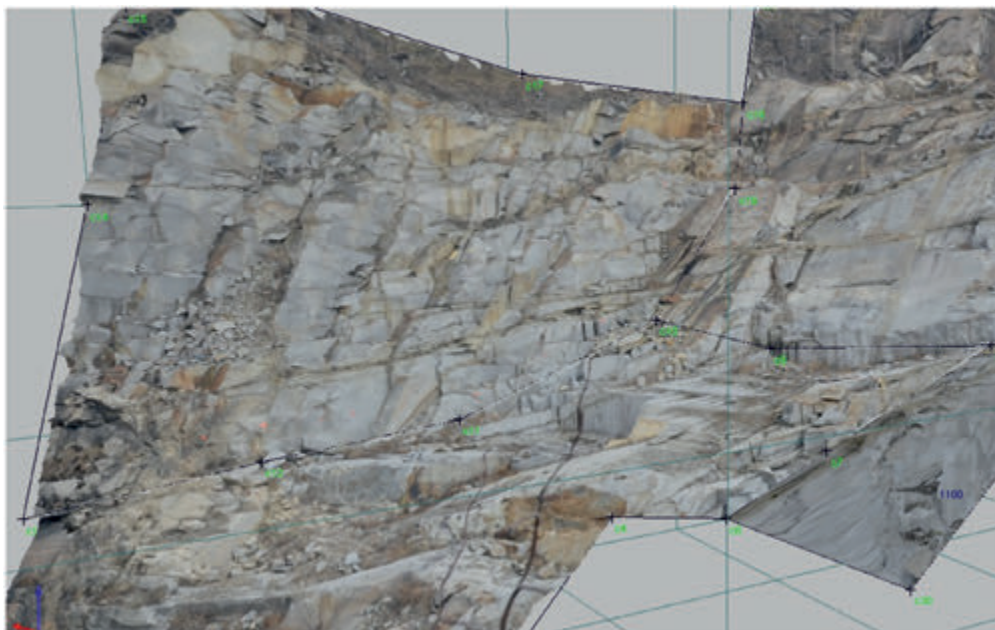
bardziej dokładnym wyodrębnianiu i racjonalnym wykorzystaniu zasobów.

Nowoczesne narzędzia wspomagające dokumentowanie złóż

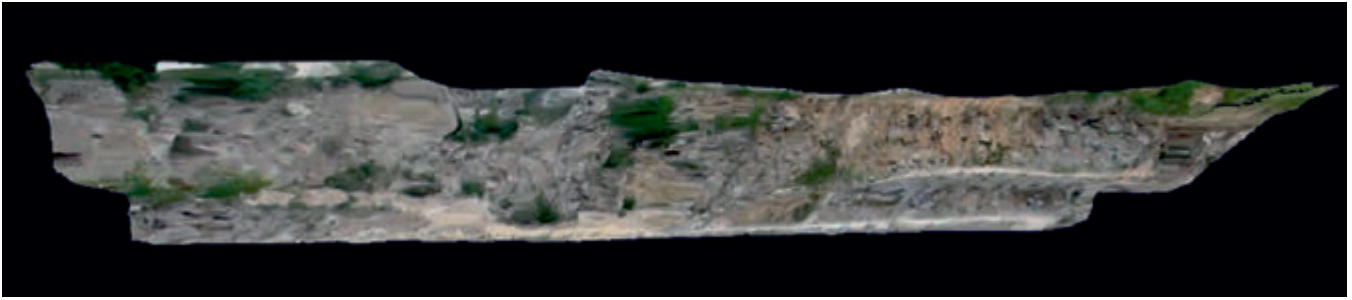
Przykład fotogrametrycznej metody dokumentowania bloczności złoża z odtworzeniem kształtów, rozmiarów oraz wzajemnego położenia elementów blocznych calizny przedstawiono na fotografii 1.

Prezentowany model fotogrametryczny skonfigurowany został ze stereogramów- sparowanych fotogramów obiektu, w programie Image Master. Jakość zdjęcia decyduje o zakresie informacji, które później mogą być wykorzystane przy dokumentowaniu złóż.

W przypadku zastosowania skanera laserowego otrzymu-



Fot. 1. Kopalnia Granitu Strzelin- zdjęcia ściany północno – wschodniej wyrobiska Strzelin I
Fot. 1. Strzelin's granite mine - photo of north-east wall Strzelin I of excavation

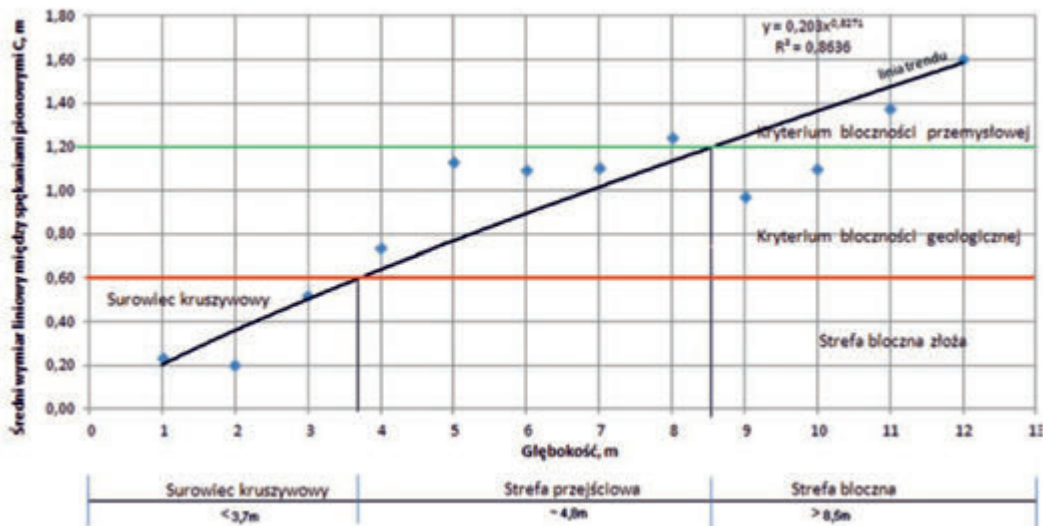


Fot. 2. Kopalnia Koşmin widok na ścianę eksploatacji w formie modelu numerycznego z teksturą
Fot. 2. Koşmin Mine- view on the eastern side wall- numerical model with a texture

jemy model numeryczny z teksturą złoŝa, co z kolei umoŝliwia odpowiedni dobór technologicznych parametrów urabiania na kruszywo, nie niszcząc przy tym partii blocznej (fot. 2) [3].

Wykorzystując pomiary skaningowe i fotogrametryczne, w celu wyodrębnienia partii blocznych oraz dostosowania techniki urabiania, można dopracować technologię urabiania złoŝa zapewniając ochronę jego bloczności. Wykorzystanie metody cyfrowej identyfikacji spękań górotworu, może stanowić alternatywę dla pomiarów wykonywanych dotychczas w sposób tradycyjny. Zastosowanie skaningu laserowego oraz nowej metody urabiania złoŝa o ograniczonym oddziaływaniu środowiskowym pozwala na podniesienie efektywności i bezpiecznego prowadzenia wydobywania oraz racjonalnego wykorzystania zasobów. Przykładem może być sposób bieżącego dokumentowania wyrobisk eksploatacyjnych i skojarzona z tym metoda wydzielenia partii blocznych złoŝa wykorzystująca skaning cyfrowy. Dzięki temu możliwym jest dobór technologii urabiania dla poszczególnych partii złoŝa, umoŝliwiający pełne, bezkolizyjne wykorzystanie zasobów (rys. 1).

odspojonych ław, a czasami ich dzielenia. Wykorzystuje się głównie strzelanie otworami krótkimi. Mimo stosowania coraz doskonalszych metod strzelniczych, nie wyeliminowano do tej pory całkowicie metod tradycyjnych odpajania i dzielenia bloków, poprzez klinowanie. Klinowanie może być wykonywane ręcznie lub mechanicznie przy uŝyciu klinów zwykłych bądź rozłupiarki. Znane są sposoby odpajania bloków za pomocą tzw. sznura wodnego oraz materiałów pęczniących. Obecnie coraz częściej stosuje się przecinanie i wycinanie bloków mechanicznie przy uŝyciu np. wrębiarek czy pił linowych. Metody termiczne oraz hydrauliczne strumieniem wody pod wysokim ciśnieniem nie są powszechnie stosowane. Zakres stosowania wymienionych metod w polskich kamieniołomach wynika głównie z ich specyfiki budowy i uwarunkowań geologiczno-tektonicznych oraz podzielności. Stosowanie przedstawionych metod pociąga za sobą niekorzystne skutki przejawiające się przede wszystkim w zmniejszonej „wychodowości” bloków lub ich małej efektywności [5]. Stąd poszukiwania innych bardziej efektywnych sposobów urabiania złoŝ blocznych. Jedną z takich



Rys. 1. Przykład wyznaczania partii blocznej złoŝ
Fig. 1. Example of selection of deposit parts suitable for dimension stones production

Technologie urabiania skał blocznych

Obecnie można wyróżnić kilka metod urabiania skał na bloki: urabianie tradycyjne poprzez rozłupywanie, przecinanie, a także perforowanie (piłą wiertniczą), urabianie materiałem wybuchowym z zastosowaniem prochu strzelniczego lub lontu detonującego, metody kombinowanej oraz materiałów pęczniących. Stosowanie materiałów wybuchowych jest często wykorzystywaną metodą urabiania skał na bloki. Metoda ta polega na wykonywaniu wrębów, odpajania i dzielenia

metod może być zastosowanie gazogeneratora.

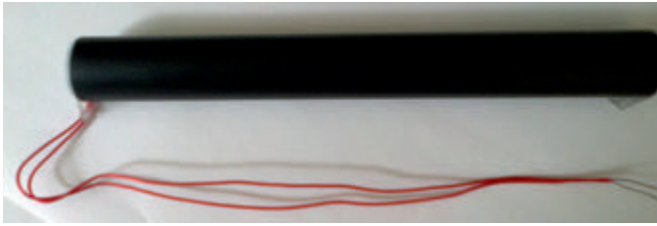
Innowacyjny sposób urabiania złoŝ blocznych

Przeprowadzone badania nad wprowadzeniem nowej, bezinwazyjnej technologii odpajania bloków pozwoliły na opracowanie załoŝenia wykorzystania zjawiska deflagacji dla urabiania złoŝ, a środkiem technicznym mogącym znaleźć szersze zastosowanie jest ładunek urabiający nazywany roboczo „gazogenerator”. Obecnie rozpoczęto badania określające wa-

runki jego aplikacji dla polskich złóż. Praktyczne zastosowanie gazogeneratorów w warunkach polskich wymaga jednak prac dokumentacyjnych identyfikujących system i układ szczelin górotworu, w celu wyodrębnienia partii złoża o szczelinowości zapewniającej prawidłową pracę użytych gazów deflagacyjnych. Zapewniają to metody dokumentowania jakości ścian wyrobiska przedstawione wcześniej.

Gazogenerator (fot. 3) stanowi trójskładnikową mieszaninę chemiczną wykorzystującą proces deflagracji tej mieszaniny, a nie jak w technice strzelniczej proces wybuchu. Urządzenia (ładunki) gazogenerujące umieszczone są w otworach podobnie jak w przypadku metod strzałowych (rys. 2).

Odspojenie monolitu od masywu skalnego przy użyciu urządzenia gazogenerującego, polega na stopniowym wytwa-



Fot. 3. Urządzenie gazogenerujące
Fot. 3. Gasgenerator

rzaniu mieszaniny gazowej, której ciśnienie stopniowo wzrasta, aż do zdefektowania struktury skalnej i powstania pęknięcia oddzielającego urabiający blok lub ławę od calizny skalnej. Prędkość narastania ciśnienia urabiającego, powstającego w wyniku procesu deflagacji, skorelowana z procesem odspajania bloku, nie powoduje wzrostu naprężeń powodujących niszczenie wewnętrznej struktury bloku ponieważ poprzez system otworów wymuszana jest płaszczyna oddzielenia (fot. 4), a z chwilą pęknięcia płaszczyny odspojenia wytworzony szczelinami nadmiar gazów z gazogeneratora zostaje uwolniony. Określenie parametrów roboczych gazogeneratora oraz zasady jego stosowania są obecnie przedmiotem prac badawczych prowadzonych między innymi w Poltegor-Instytut. Schemat stosowania przedstawiono na rysunku 2, a efekt stosowania na fotografii 4.

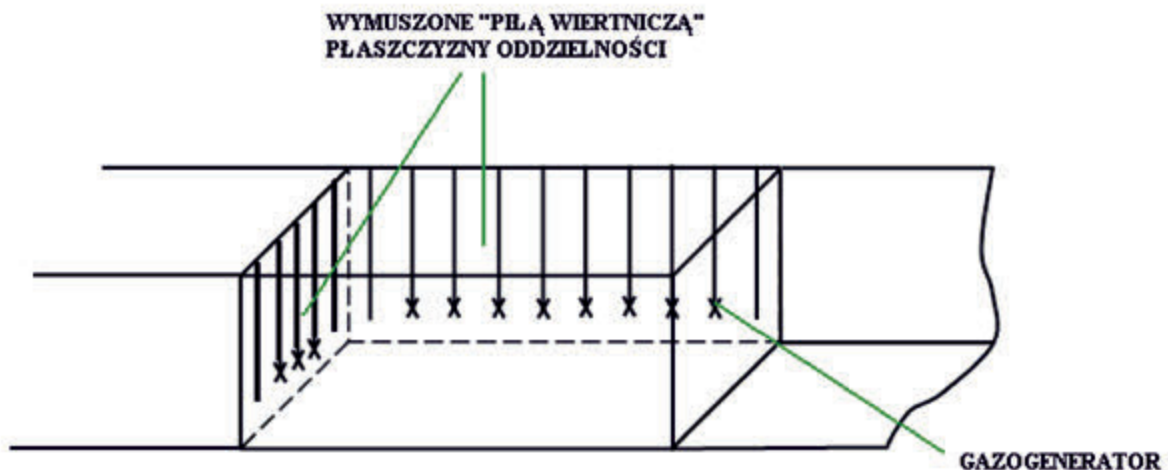
Ciśnienie uzyskiwane z urządzeń gazogenerujących osiąga mniejsze wartości niż przy obecnie znanych technologiach, co



Fot. 4. Monolit odspojony od masywu skalnego
Fot. 4. Block of natural stone separated from rock mass

przekłada się na zmniejszenie strefy spękań, mniejszy rozrzut odłamków i znacznie słabsze działanie fal parasejsmicznych wywołujących naprężenia górotworu i emisji drgań. Proces odspojenia przy użyciu gazogeneratora przedstawiono na fotografii 5.

Opisywany gazogenerator jest przyjazny dla środowiska. W odróżnieniu od prochu strzelniczego, nie emituje szkodliwych oddziaływań środowiskowych w postaci drgań sejsmicznych, podmuchu i rozrutu. Za stosowaniem środków gazogenerujących w kopalniach przemawia także to, iż są to materiały charakteryzujące się niskimi kosztami wytwarzania. Z przeprowadzonego rozpoznania wynika, że nowy produkt będzie tańszy o ok. 13-19% w porównaniu do alternatywnych rozwiązań takich jak proch czy lont detonujący. Wprowadzenie nowoczesnej metody urabiania skał blocznych przy użyciu gazogeneratora pozwoli na lepsze i bardziej racjonalne wykorzystanie zasobów. Umożliwi także zwiększenie zasięgu eksploatacji (wydobycie z filarów ochronnych) i poprawi efektywność wydobycia z eliminacją potencjalnych szkód.



Rys. 2. Zasada odspajania bloków gazogeneratorem
Fig. 2. The rule of gasgenerator operation



Fot. 5. Moment odspajania monolitu od calizny przy użyciu gazogeneratora
Fot. 5. Moment of block separation from rock mass using gasgenerator

Dominujące znaczenie w tym przypadku ma emisja drgań parasejsmicznych, które przy innowacyjnej metodzie są znacznie ograniczone.

Możliwości aplikacyjne gazogeneratorów do polskich warunków

Dotychczasowe doświadczenia pokazują, że niewłaściwy dobór sposobu eksploatacji, a zwłaszcza nieumiejętne stosowanie technik strzelniczych w złożach blocznych doprowadził do strat eksploatacyjnych. Zasoby niektórych unikatowych złóż uległy bezpowrotnemu zniszczeniu, a ponadto w kilku złożach pogorszeniu uległy parametry fizyczno-techniczne kopaliny, która mogłaby być jeszcze eksploatowana na bloki. W ostatnich latach wydobycie kamieni dekoracyjnych i architektonicznych pozyskiwanych w formie bloków wyraźnie wzrosło. Baza surowcowa naszego kraju pozwala na eksploatację ciekawych pod względem jakościowym i kolorystycznym wielu złóż blocznych. Znajdują się wśród nich złoża piaskowców, wapieni, granitów oraz sjenitów. Jednakże zasoby niektórych z nich nie są w stanie pokryć zapotrzebowania kraju, dotyczy to w szczególności marmurów, czy nawet kolorowych skał magmowych.[7]

Złoża bloczne nadające się do urabiania przy użyciu gazogenerators znajdują się w 8. województwach: dolnośląskim, łódzkim, małopolskim, mazowieckim, opolskim, podkarpackim, śląskim i świętokrzyskim (tab. 3) [1].

Szczególne miejsce zajmuje województwo dolnośląskie, które posiada największą liczbę złóż blocznych (67,36 %) oraz największe zasoby (2 471 370 tys. ton zasobów geologicznych bilansowych i 1 393 515 tys. ton zasobów przemysłowych) w

porównaniu z pozostałymi województwami. Dlatego też udział w wydobyciu skał blocznych w tej części Polski jest największy i wynosi 55,98% (rys. 3).

Na Dolnym Śląsku 98 złóż to skały osadowe, 71 – skały magmowe, a 24 to skały metamorficznych. Mimo tak dużej liczby złóż skał osadowych, to właśnie skały magmowe odznaczają się największym wydobyciem wynoszącym 13 005 tys. ton i stanowiącym 49,08% wydobycia wszystkich skał. Według stanu na 31.12.2011 roku zasoby skał magmowych wyniosły odpowiednio: 1 759 299 tys. ton w kategorii bilansowych oraz 988 005 tys. ton w kategorii przemysłowych.

Uwzględniając możliwości aplikacyjne nowej metody (gazogenerators) dokonano podziału polskich złóż blocznych na 3 grupy:

- możliwe do wprowadzenia technologii urabiania za pomocą gazogenerators,
- możliwe do wznowienia lub rozwinięcia eksploatacji przy użyciu gazogenerators,
- położone w terenie prawnie chronionym, gdzie eksploatacja jest mało prawdopodobna.

W wyniku przeprowadzonego rozpoznania oszacowano wielkość zasobów krajowych złóż blocznych z uwzględnieniem ich uwarunkowań eksploatacyjnych, w których do urabiania możliwym będzie zastosowanie ładunków gazogenerujących (tab. 3). Wdrożenie przedmiotowej metody uwarunkowane będzie wykonaniem badań adaptacyjnych. Szacuje się, że dzięki temu ulegnie zwiększeniu baza zasobów przemysłowych o ok.20%. Przepuszczalną strukturę maksymalnych możliwości aplikacji nowej metody przedstawiono na rysunku 4.

W każdej z grup znajdują się złoża skał zarówno magmowych, osadowych jak i metamorficznych. Do skał magmowych,

Tab. 3. Zestawienie potencjalnych zasobów złóż, w których możliwym będzie wdrożenie nowej metody urabiania bloków
 Tab. 3. List of deposits where a new method of mining can be implemented

Województwo	Liczba złóż	Zasoby geologiczne	Zasoby przemysłowe	Wydobycie
dolnośląskie	130	2 471 370	1 393 515	14 834
złóża E	75	1 752 248	1 296 905	14 834
złóża T	14	106 100	54 898	-
złóża P	1	78 228	-	-
złóża R	27	388 096	24 798	-
złóża Z	13	146 698	16 914	-
złóża M	-	-	-	-
łódzkie	9	32 234	7 849	816
złóża E	8	32 112	7 849	816
złóża T	-	-	-	-
złóża P	-	-	-	-
złóża R	1	122	-	-
złóża Z	-	-	-	-
złóża M	-	-	-	-
małopolskie	5	148 870	68 832	1 592
złóża E	2	124 642	68 788	1 592
złóża T	1	386	44	-
złóża P	-	-	-	-
złóża R	-	-	-	-
złóża Z	2	23 842	-	-
złóża M	-	-	-	-
mazowieckie	7	3 635	2 559	18
złóża E	6	3 200	2 124	18
złóża T	1	435	435	-
złóża P	-	-	-	-
złóża R	-	-	-	-
złóża Z	-	-	-	-
złóża M	-	-	-	-
opolskie	3	28 362	10 358	2
złóża E	2	18 636	10 358	2
złóża T	-	-	-	-
złóża P	-	-	-	-
złóża R	1	9 726	-	-
złóża Z	-	-	-	-
złóża M	-	-	-	-
podkarpackie	1	76	76	1
złóża E	1	76	76	1
złóża T	-	-	-	-
złóża P	-	-	-	-
złóża R	-	-	-	-
złóża Z	-	-	-	-
złóża M	-	-	-	-

Województwo	Liczba złóż	Zasoby geologiczne	Zasoby przemysłowe	Wydobycie
śląskie	8	65 081	14 386	318
złóża E	2	42 940	11 519	318
złóża T	5	4 466	2 867	-
złóża P	1	17 675	-	-
złóża R	-	-	-	-
złóża Z	-	-	-	-
złóża M	-	-	-	-
świętokrzyskie	30	425 462	129 864	8 917
złóża E	17	272 189	119 002	8 917
złóża T	3	9 997	7 436	-
złóża P	3	48 653	-	-
złóża R	4	83 463	3 426	-
złóża Z	3	11 160	-	-
złóża M	-	-	-	-

Objaśnienia:

Złóża E-eksploatowane

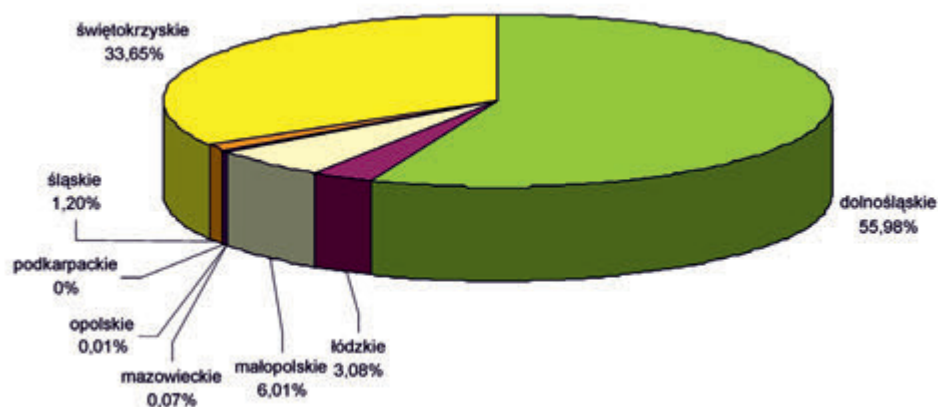
Złóża T- złóżo zagospodarowane, eksploatowane okresowo

Złóża P- złóżo o zasobach rozpoznanych wstępnie (w kat. C₂+D)

Złóża R- złóżo o zasobach rozpoznanych szczegółowo (w kat. A+B+C₁)

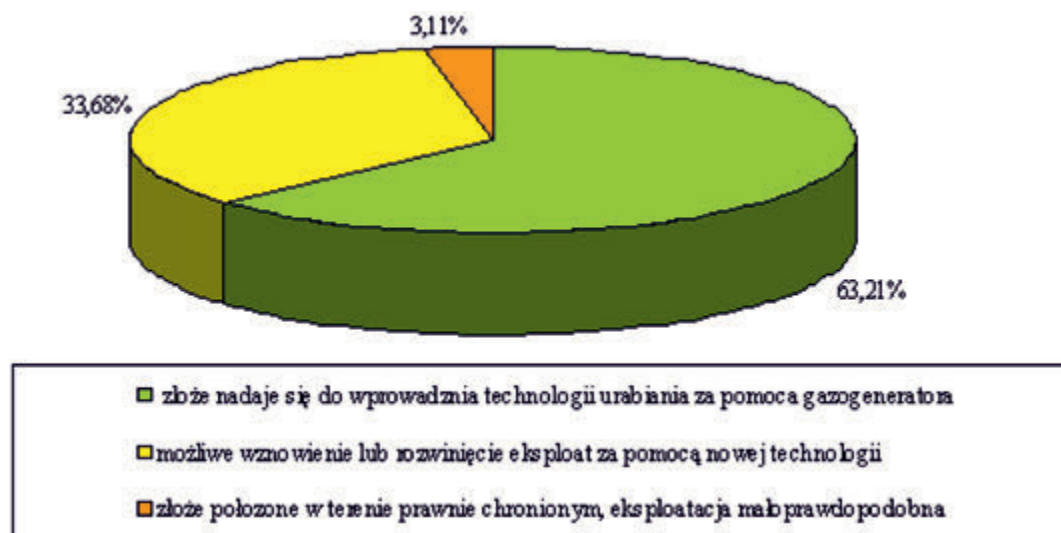
Złóżo Z- złóżo, z którego wydobyć zostało zaniechane

Złóżo M- złóżo skreślone z bilansu zasobów w roku sprawozdawczym



Rys. 3. Procentowy udział wydobyć złóż bocznych w poszczególnych województwach w 2011 roku

Fig. 3. Mining of dimension stones in particular provinces in 2011



Rys. 4. Podział polskich złóż bocznych pod względem możliwości zastosowania gazogeneratora

Fig. 4. Classification of Polish deposits suitable for gas generator application

w których może mieć zastosowanie gazogenerator możemy zaliczyć granity z rejonu Strzegomia, Strzelina, Sobótki oraz Szklarskiej Poręby, Kudowy, Masywu Karkonoszy, a także sjenity ze złoża Kośmin i Przedborowej oraz gabra z Słupca. Urządzenie gazogenerujące może być także wykorzystane w złożach serpentynitu np. Jordanowie Śląskim oraz w złożach marmurów takich jak Bolechowice i Dębnik. W przypadku skał osadowych gazogenerator może znaleźć zastosowanie w piaskowcach w okolicach Bolesławca, w trawertynach (złoże Raciszyn, Zalesiaki) oraz w łupkach kwarcytowo-serycytowych (złoże Jegłowa i Krobica).

Podsumowanie

Jak widać aplikacja przedstawionej metody do warunków polskich złóż umożliwi dodatkowe pozyskiwanie surowców blocznych z ograniczeniem niekorzystnych oddziaływań środowiskowych i pozwoli na efektywne wykorzystanie istniejącej bazy zasobowej. Umożliwi to równocześnie pozyskiwanie surowca ze złóż obecnie nieeksploatowanych. Opracowywana technologia będzie ciekawą i nowoczesną alternatywą dla obecnie stosowanych metod pozyskiwanych bloków, a drogą do jej wdrożenia będzie odpowiednia identyfikacja i udokumentowanie warunków zalegania poszczególnych złóż. Udokumentowanie zasobów złóż blocznych skojarzone z innowacyjną metodą ich urabiania pozwoli na racjonalną gospodarkę zasobową złóż blocznych, szczególnie tych unikatowych w skali kraju (np. trawertyny, serpentynity, sjenity itd).

Literatura

- [1] Bilans zasobów złóż kopalin w Polsce wg stanu na 31 XII 2011 r., Państwowy Instytut Geologiczny - Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa 2012
- [2] Bromowicz J., Karwiecki A., 1982. *Metodyka badań bloczności złóż budowlanych materiałów kamiennych*, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa
- [3] Brych M., Rogosz K. *Wykorzystanie laserowego systemu skanującego w optymalizacji parametrów prowadzenia robót strzałowych*, Instytut górnictwa Politechniki Wrocławskiej, Wrocław
- [4] Grześkowiak A., Mania M., Patla S., Rogosz K., 2013. *Ocena możliwości i warunków urabiania złóż blocznych z zastosowaniem gazogeneratora*, praca niepublikowana, Wrocław
- [5] Kozioł W., Ciepłiński A. *Rozwój innowacyjnych technologii wydobywania i obróbki skał blocznych w Polsce i za granicą*, Górnictwo Odkrywkowe, Wrocław
- [6] Mania M., 2012. *Metoda oceny bloczności złoża na przykładzie kopalni granodiorytu*, Górnictwo Odkrywkowe, Wrocław
- [7] Modrzejewski Sz., Sypniewski Sz. *Roboty strzałowe-zagrożenia i alternatywy*
- [8] Nieć M., 2012. *Metodyka dokumentowania złóż kopalin skalnych*, Wydawnictwo IGSMiE PAN, Kraków



Bulawnik czerwony

fot. A. Różycki