

## Innowacyjny system zraszania dla wyrobisk ścianowych

dr inż. Dominik Bałaga  
mgr inż. Michał Siegmund  
dr inż. Dariusz Prostański  
dr inż. Marek Kalita  
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

### Streszczenie:

W artykule przedstawiono innowacyjny system zraszania typu KOMAG, przeznaczony do ograniczania zapylenia generowanego podczas urabiania kombajnami w systemach ścianowych. Zaprezentowano jego budowę, parametry pracy oraz zasadę działania. Omówiono wyniki badań jego skuteczności działania przeprowadzonych w warunkach rzeczywistych.

### Abstract:

Innovative spraying system of KOMAG type, designed for reduction of airborne dust generated during longwall shearer operation in longwall panel is presented. Design of the spraying system, its operational parameters and principle of operation are described. The effectiveness of its operation in real conditions is discussed.

Słowa kluczowe: górnictwo, zagrożenia naturalne, zapylenie, zraszanie powietrzno-wodne

Keywords: mining industry, natural hazards, airborne dust, air-and-water spraying

## 1. Wprowadzenie

Zapylenie powietrza w górnictwie węgla kamiennego stanowi jedno z podstawowych zagrożeń mogących skutkować:

- ☐ katastrofą górnictw, spowodowaną wybuchem pyłu węglowego,
- ☐ chorobą zawodową (pylica płuc), wskutek ekspozycji organizmów ludzkich na długoterminowe działania pyłu (zwłaszcza krzemionki).

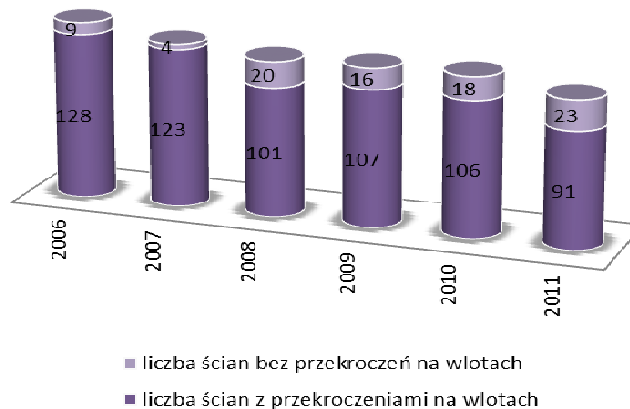
Stosowane w kombajnach ścianowych instalacje zraszające mają na celu ograniczenie zapylenia w miejscu pracy operatorów kombajnu oraz operatorów sekcji obudowy zmechanizowanej. Wyniki badań wykazują, że stężenia zapylenia mierzone na wylocie z wyrobiska ścianowego oraz w wyrobiskach przyległych osiągają znaczne wartości, niejednokrotnie przekraczające najwyższe dopuszczalne wartości stężenia (NDS) [5].

Również pylica płuc w górnictwie węgla kamiennego jest ciągle niepokojącym zjawiskiem, co potwierdzają dane Wyższego Urzędu Górniczego [4] (rys. 1.).



Rys. 1. Liczba stwierdzonych przypadków pylicy u czynnych zawodowo i byłych pracowników kopalń węgla kamiennego w latach 2011-2015 [4]

Fakt przekraczania dopuszczalnego stężenia zapylenia w wyrobiskach chodnikowych, doprowadzających powietrze do wyrobisk ścianowych powoduje, że już na wlotach ścian występuje jego wysoki poziom (rys. 2).



Rys. 2. Liczba ścian, w których występuje przekroczenie dopuszczalnych wartości pyłów szkodliwych na ich wlotach [5]

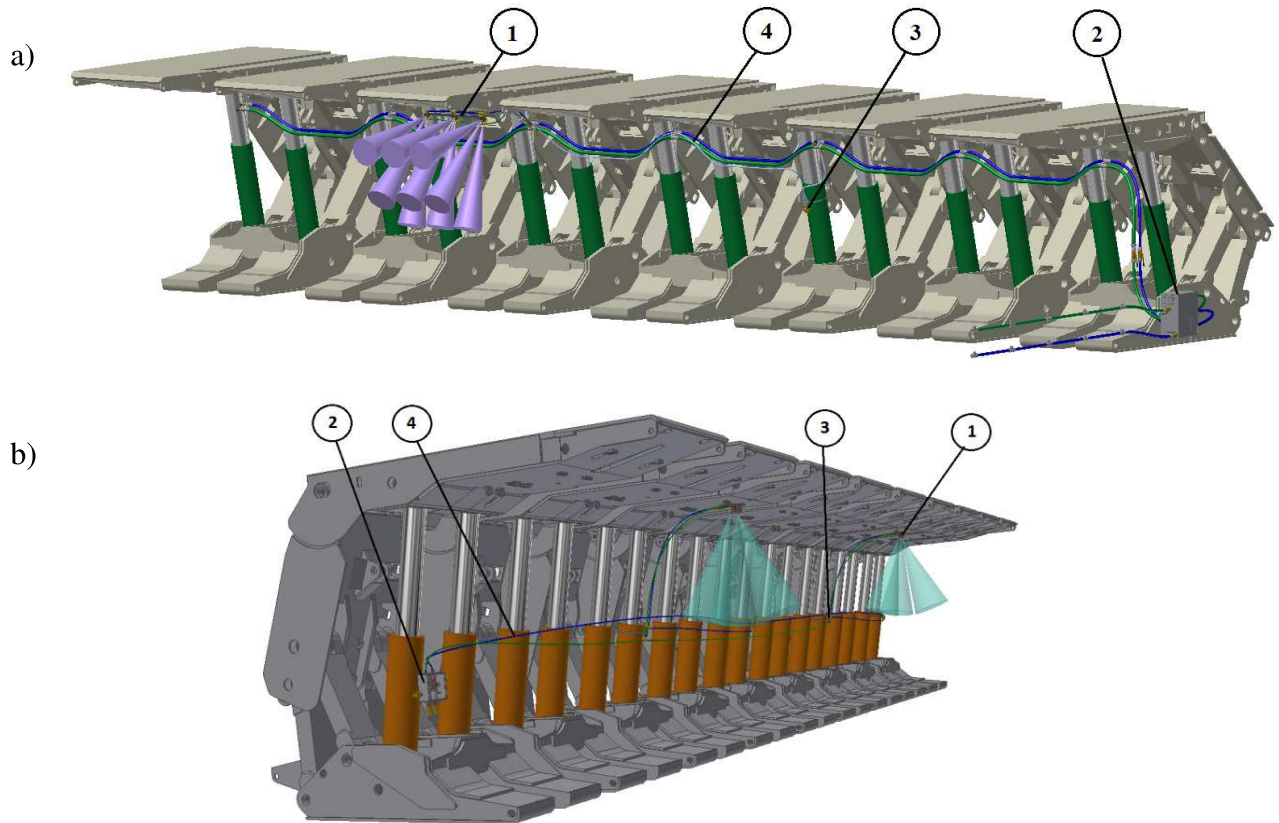
Powyższe zagrożenia są inspiracją do prowadzenia prac badawczych zmierzających do ograniczenia ich skutków. W Instytucie Techniki Górniczej KOMAG realizowane są prace dotyczące wdrożeń innowacyjnych rozwiązań systemów zraszania, mających na celu poprawę komfortu i bezpieczeństwa pracy w wyrobiskach ścianowych oraz w chodnikach nadścianowych (w prądzie zużytego powietrza) [1]. Ich efektem jest powietrzno-wodny system zraszania typu KOMAG [2, 6, 7], charakteryzujący się wysoką skutecznością ograniczania zapylenia oraz niezawodnością działania i energooszczędnością. System może być stosowany w dwóch wariantach, w zależności od miejsca zabudowy. W wariantcie typu KOMAG, system przeznaczony jest do zabudowy w ścianach wysokich, natomiast w wariantcie typu KOMAG-N, dedykowany jest do ścian niskich.

## 2. Budowa systemu

System zraszania powietrzno-wodnego składa się z powtarzalnych baterii zraszających (1), umieszczonych w ścianie na wybranych sekcjach obudowy zmechanizowanej (rys. 3). Główne elementy systemu zraszania to:

1. baterie zraszające,
2. zespół zasilający,
3. elementy sterujące,
4. magistrala zasilająca.

Baterie zraszające montowane są pod stropnicą sekcji obudowy zmechanizowanej i mają za zadanie wytworzenie strumieni powietrzno-wodnych skierowanych w przestrzeń roboczą kombajnu (rys. 4). Bateria składa się z trzech korpusów, montowanych na panelu nośnym. W każdym z korpusów zabudowane są trzy dwuczynnikiowe dysze (dziewięć dysz w baterii zraszającej), do których dostarczana jest woda oraz sprężone powietrze. W przewodzie dostarczającym wodę zainstalowany jest regulator przepływu, utrzymujący wymagane natężenia przepływu. Układ zasilający zapewnia stabilność parametrów dostarczanych mediów oraz ogranicza ich nadmierne zużycie.



Rys. 3. Główne elementy powietrzno-wodnego systemu zraszania: a) typ KOMAG, b) typ KOMAG-N [6, 7]



Rys. 4. Bateria zraszająca powietrzno-wodnego systemu zraszania typu KOMAG zamontowana pod stropnicą sekcji obudowy zmechanizowanej [10]

W systemie typu KOMAG-N zastosowano baterie zraszające zamontowane przegubowo na płycie montażowej, pod stropnicą sekcji obudowy zmechanizowanej (rys. 5). Baterie zraszające dzięki niewielkim gabarytom, które w zależności od ułożenia dysz wynoszą od 35 do 110 mm, przystosowane są do wytwarzania strumieni zraszających w ścianach niskich. Bateria zraszająca wyposażona jest w kolektor zasilający i rozdzielający wodę na trzy elastyczne przewody. Następnie woda dostarczana jest do trzech dysz dwuczynninkowych, zabudowanych w zespole zraszającym, zasilanym sprężonym powietrzem. Dysze wkręcone w złącza obrotowe umożliwiają zmianę kierunku działania strumienia każdej z dysz o kąt w zakresie  $\pm 45^\circ$ .



Rys. 5. Bateria zraszająca powietrzno-wodnego systemu zraszania typu KOMAG-N zamontowana pod stropnicą sekcji obudowy zmechanizowanej [10]

W obu typach systemu, baterie zraszające wytwarzają strumienie powietrzno-wodne skierowane w stronę czoła ściany, obejmując swym zasięgiem większość powierzchni przekroju poprzecznego wyrobiska. Liczba zamontowanych baterii systemu uzależniona jest od długości ściany oraz poziomu zapylenia. System wyposażono w magistralę powietrzno-wodną oraz zespół zasilający, znajdujący się w chodniku przyścianowym. Magistrala dostarcza wodę i sprężone powietrze z zespołu zasilającego do dysz powietrzno-wodnych, natomiast zespół zasilający służy do ustawiania wartości parametrów mediów za pomocą filtrów, zaworów redukcyjnych oraz magnetyzera (rys. 6).



Rys. 6. Zespół zasilający powietrzno-wodnego systemu zraszania [10]

Elementy sterujące systemem, umiejscowione są kilka sekcji wcześniej, przed każdą z baterii zraszających, co umożliwia sterowanie otwarciem i zamknięciem przepływu wody i sprężonego powietrza przed zbliżeniem się do baterii zraszających. Załączanie i wyłączenie zraszania realizowane jest poprzez zawór odcinający, umiejscowiony na przewodzie doprowadzającym wodę (rys. 7).

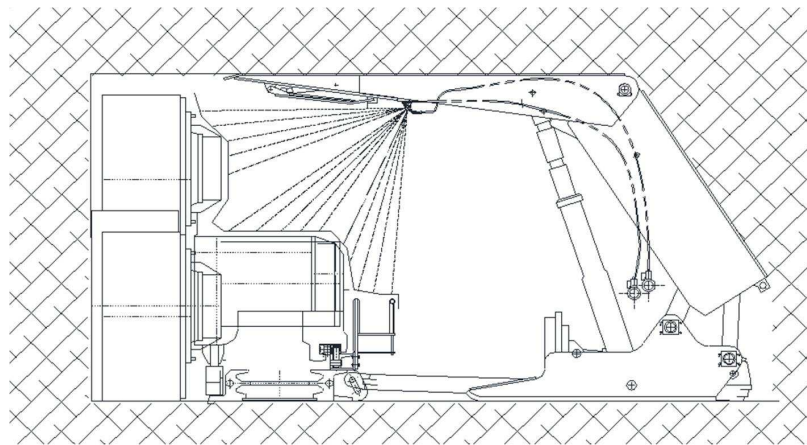


Rys. 7. Zawór odcinający, sterujący przepływem wody i sprężonego powietrza [10]

Obecność odpowiedniej wartości ciśnienia wody, pojawiającej się w gnieździe pilotującym, otwiera zawór zwrotny sterowany, pozwalając na swobodny przepływ sprężonego powietrza, równocześnie z przepływem wody, do powietrzno-wodnej baterii zraszającej. Powietrzno-wodny system zraszania typu KOMAG oraz KOMAG-N, zbudowany standardowo jest z 5 do 10 baterii zraszających. Baterie mocowane są na stropnicach sekcji obudowy zmechanizowanej co 15 do 30 m.

### 3. Zasada działania systemu

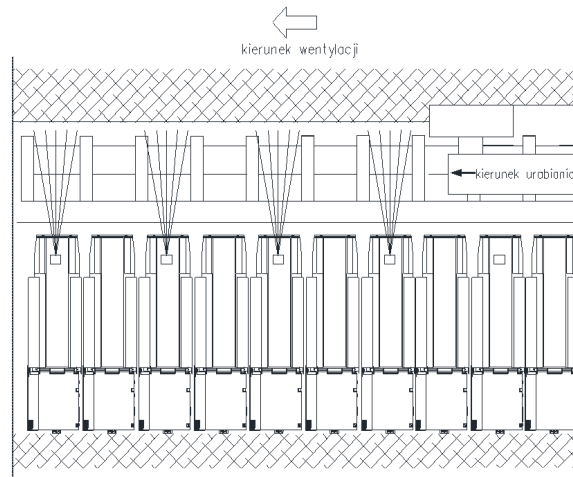
Media zraszające, woda oraz sprężone powietrze, wcześniej oczyszczone za pomocą filtrów, dostarczane są przewodami do zespołu zasilającego (poz. 2, rys. 3). Następnie zredukowane jest ich ciśnienie do wartości  $0,3 \div 0,6$  MPa i dostarczane są do magistrali zasilającej (poz. 4, rys. 3). Z magistrali są one kierowane do układu sterowania (poz. 3, rys. 3) (woda kierowana jest do zaworu odcinającego, zlokalizowanego w pobliżu stojaka hydraulicznego sekcji obudowy zmechanizowanej). Przerasterowanie zaworu odcinającego umożliwi przepływ wody do baterii zraszającej znajdującej się na określonej sekcji obudowy (poz. 1, rys. 3). Woda dostarczana jest także do regulatora przepływu umiejscowionego przed baterią zraszającą oraz do zaworu zwrotnego sterowanego, który wymusza przepływ sprężonego powietrza do baterii zraszającej. Sprężone powietrze dostarczane jest do zaworu zwrotnego wprost z magistrali. Po dostarczeniu obu mediów do baterii, w dyszach dwuczynnikowych wytwarzane są strumienie zraszające (rys. 8).



Rys. 8. Teoretyczny zasięg strumieni mgły powietrzno-wodnej [6, 7]

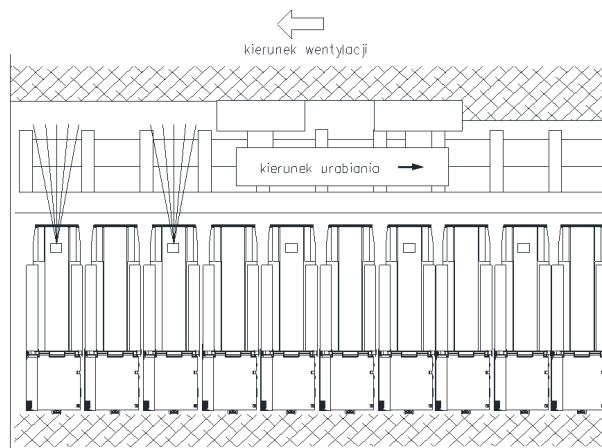
Strumienie mgły powietrzno-wodnej strącają część pyłu przemieszczającego się z prądem powietrza przez wyrobisko ścianowe, a nie strącone, lecz zwilżone cząsteczki pyłu, tworzą aglomeraty o zwiększonej masie, skracając swój czas opadania. Instalacja zraszania powietrzno-wodnego do strącania i redukcji pyłu charakteryzuje się niskim zużyciem wody ( $0,5 \div 2,0$  dm<sup>3</sup>/min dla jednej baterii zraszającej) oraz niewielką ilością sprężonego powietrza (ok. 250 dm<sup>3</sup>/min dla jednej baterii zraszającej). System przemieszczany jest wraz z sekcjami obudowy zmechanizowanej z postępowaniem ściany.

Algorytm układu sterowania, pozwala na oszczędne i racjonalne stosowanie mediów, w aspekcie komfortu pracy. Obsługa kombajnu podczas urabiania calizny węglowej zgodnie z kierunkiem przepływu powietrza przez wyrobisko ścianowe, wyłącza kolejne baterie zraszające w ścianie, do których zbliża się kombajn (rys. 9). Kombajniści znajdują się zatem cały czas w prądzie „czystego” powietrza. Instalacja zraszająca systemu znajdująca się przed kombajnem redukuje pył generowany m.in. przez organy urabiające oraz sekcje obudowy zmechanizowanej (rabowanie i przesuwanie).



Rys. 9. Sposób wyłączenia baterii zraszających, w przypadku urabiania calizny węglowej w kierunku przepływu powietrza [6, 7]

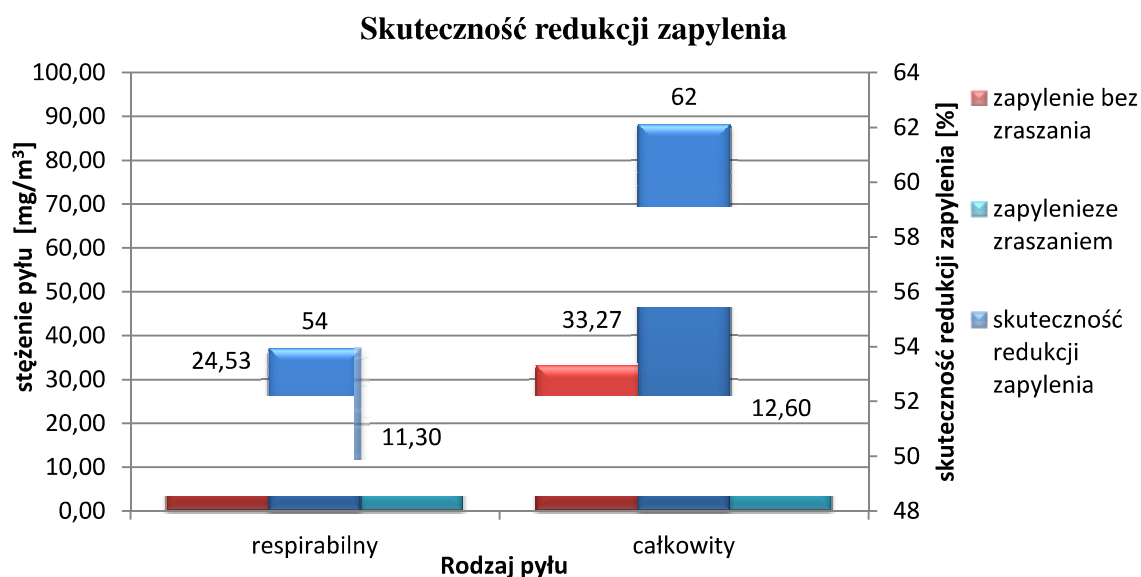
Urabianie calizny węglowej w kierunku przeciwnym do kierunku przepływu powietrza, wymaga załączania kolejnych baterii zraszających, w miarę przemieszczania się kombajnu. Zlokalizowanie zaworu odcinającego, w odpowiedniej odległości od baterii zraszającej, pozwala na uniknięcie kontaktu obsługi kombajnu ze strumieniem zraszającym (rys. 10).



Rys. 10. Sposób włączania baterii zraszających, w przypadku urabiania calizny węglowej w kierunku przeciwnym do przepływu powietrza [6, 7]

#### 4. Badania skuteczności działania systemu

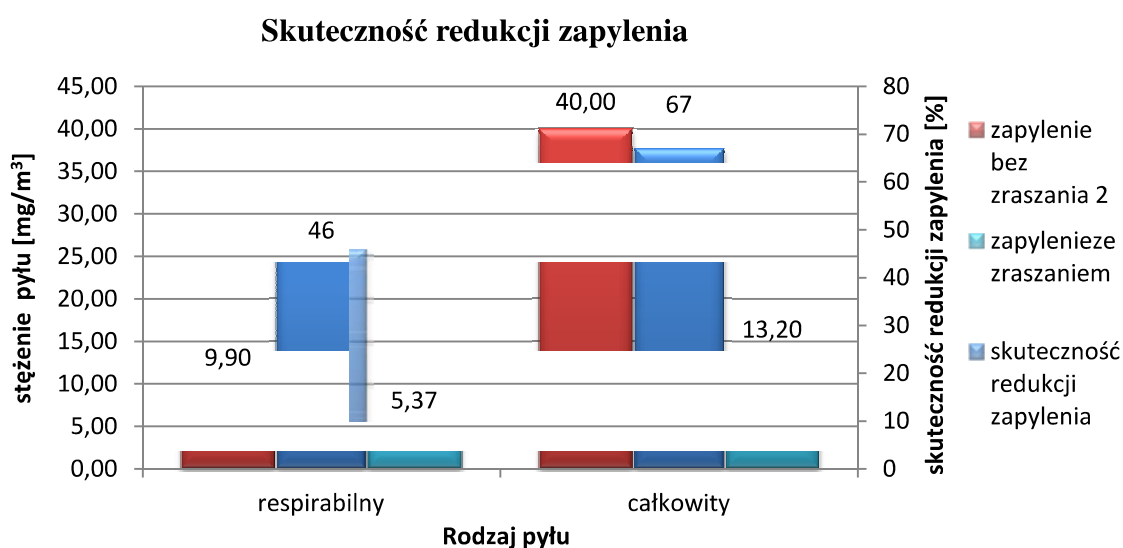
Powietrzno-wodny system zraszania typu KOMAG oraz KOMAG-N wdrożono w ścianach ZG Sobieski oraz KWK Budryk [2]. W systemie zraszania typu KOMAG, zabudowano dziewięć baterii zraszających umieszczonych na co dwudziestą sekcji obudowy zmechanizowanej. Przeprowadzono badania skuteczności działania systemu, przy pomocy pyłomierzy gravimetrycznych (pomiar frakcji całkowitej i respirabilnej pyłu CIP-10I oraz CIP-10R), a pomiary zapylenia wykonano w odległości 6 m od końca ściany. Mierzono poziom zapylenia bez i z użyciem systemu zraszania typu KOMAG, a następnie określano jego skuteczność działania. Wyniki pomiaru stężenia pyłu przy włączonym i wyłączonym systemie oraz uzyskaną skuteczność redukcji zapylenia całkowitego i respirabilnego przedstawiono na rysunku 11.



Rys. 11. Stężenie pyłu całkowitego i respirabilnego oraz skuteczność redukcji zapylenia przez system KOMAG [8]

Badania wykazały spadek stężenia pyłu całkowitego i respirabilnego przy działającej instalacji systemu. Stężenie pyłu całkowitego przy włączonej instalacji wynosiło 12,6 mg/m<sup>3</sup>, i było niższe o 20,57 mg/m<sup>3</sup> od stężenia przy wyłączonym systemie zraszania. Skuteczność systemu w ograniczaniu zapylenia całkowitego wyniosła 62,12%. Analogicznie, określono stężenie pyłu respirabilnego, które przy włączonej instalacji wynosiło 11,3 mg/m<sup>3</sup>, a przy wyłączonym systemie 24,53 mg/m<sup>3</sup>. Skuteczność redukcji zapylenia respirabilnego przez system zraszania w ścianie typu KOMAG wynosiła 53,94%.

System zraszania typu KOMAG-N, przeznaczony dla ścian niskich, zainstalowano w ścianie wydobywczej KWK Budryk (zabudowano trzy baterie zraszające). Badania stężenia pyłu, wykonano w odległości 3 m od końca ściany. Wyniki pomiaru stężenia pyłu przy włączonym i wyłączonym systemie oraz uzyskaną skuteczność redukcji zapylenia całkowitego i respirabilnego przedstawiono na rysunku 12.



Rys. 12. Stężenie pyłu całkowitego i respirabilnego oraz skuteczność redukcji zapylenia przez system KOMAG-N [9]

Wyniki badań zapylenia z włączonym systemem zraszania typu KOMAG-N, wykazały redukcję zapylenia całkowitego i respirabilnego odpowiednio o 67% i 45,79% w odniesieniu do zapylenia zmierzonego przy wyłączonej instalacji zraszającej. Stężenie pyłu całkowitego przy włączonej instalacji wyniosło  $13,2 \text{ mg/m}^3$ , a przy wyłączonej  $40 \text{ mg/m}^3$ . Stężenie pyłu respirabilnego spadło z  $9,9 \text{ mg/m}^3$ , przy wyłączonym systemie, do  $5,37 \text{ mg/m}^3$ , przy działającej instalacji zraszającej systemu typu KOMAG-N.

## 5. Podsumowanie

Wdrożony system powietrzno-wodnego zraszania typu KOMAG w wyrobisku ścianowym ZG Sobieski oraz typu KOMAG-N w KWK BUDRYK, jest innowacyjnym rozwiązaniem, nie stosowanym dotychczas w polskim górnictwie. System charakteryzuje się niewielkim poborem wody zraszającej ( $4,5 \div 18,0 \text{ dm}^3/\text{min}$ ) oraz niewielką ilością sprężonego powietrza ( $2,5 \text{ m}^3/\text{min}$ ). Prawidłowy sposób eksploatacji instalacji nie powoduje styczości obsługi kombajnu ze strumieniami zraszającymi.

System w znacznym stopniu przyczynił się w obu przypadkach wdrożenia do poprawy bezpieczeństwa oraz komfortu pracy załóg górniczych. Stosowanie systemu KOMAG, może ograniczyć ryzyko zachorowania na pylicę płuc oraz możliwość wystąpienia niebezpieczeństwa wybuchu pyłu węglowego. Skuteczność w redukcji zapylenia całkowitego i respirabilnego wyniosła ponad 50%. System zraszania poprawił warunki pracy załogi pracującej w ścianie, jak również w wyrobiskach, które odprowadzały zużyte powietrze ze ściany. Dodatkową zaletą zastosowanych systemów zraszania typu KOMAG był wzrost zawilgocenia osiadłego pyłu w chodniku nadścianowym, dzięki czemu możliwe było zwiększenie czasu między kolejnymi omywaniami wyrobiska chodnikowego, zabezpieczającymi przed wybuchem pyłu węglowego (mniejsze koszty zużycia wody) [3]. Innowacyjność oraz efekty działania systemu zostały docenione w konkursie WUG „Z INNOWACJĄ BEZPIECZNIEJ W GÓRNICTWIE - ZWALCZANIE ZAPYLENIA ORAZ ZAGROŻENIA WYBUCHEM PYŁU WĘGLOWEGO”, podczas którego ścianowy system zraszania typu KOMAG nagrodzono dyplomem.

## Literatura

- [1] Prostański D., Bałaga D., Siegmund M., Urbanek A.: Ograniczenie zapylenia w kopalniach z wykorzystaniem powietrzno-wodnych urządzeń zraszających Bryza. Materiały na konferencję: XXII Szkoła Eksploatacji Podziemnej 2013, Kraków, 18-22 lutego 2013 s. 1-12
- [2] Prostański D.: Powietrzno-wodne urządzenia zraszające zmniejszające zapylenie w ścianach węglowych. KOMTECH 2013, Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa. Bezpieczeństwo - Efektywność - Niezawodność, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2013 s. 189-199; 0,71 ark. wyd., ISBN 978-83-60708-78-1
- [3] Prostański D.: Ocena intensywności osiadania pyłu węglowego w wyrobiskach górniczych z wykorzystaniem modeli empirycznych. Materiały na konferencję: Górnicze Zagrożenia Naturalne 2014, XXI Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna "Zagrożenia naturalne a bezpieczne i efektywne kopalnie", Targanice k/Żywca, 4-7 listopada 2014 s. 1-10



- [4] Ocena stanu bezpieczeństwa pracy, ratownictwa górniczego oraz bezpieczeństwa powszechnego w związku z działalnością górniczo – geologiczną w 2015 roku. Wyższy Urząd Górniczy, Katowice 2016 r.
- [5] Kalus A.: Stan bezpieczeństwa i higiena pracy w górnictwie w 2011r. (Broszura). Wyższy Urząd Górniczy, Katowice, kwiecień 2012 r.
- [6] Bałaga D., i inni: Praca statutowa. Ścianowy system zraszania powietrzno-wodnego typu KOMAG, ITG KOMAG, Gliwice 2013 r. (materiały niepublikowane)
- [7] Bałaga D., i inni: Praca statutowa. System zraszania powietrzno-wodnego typu KOMAG-N, ITG KOMAG, Gliwice 2013 r. (materiały niepublikowane)
- [8] Bałaga D., i inni: Praca statutowa. Ocena skuteczności działania systemu zraszania powietrzno-wodnego typu KOMAG w ZG Sobieski, ITG KOMAG, Gliwice 2013 r. (materiały niepublikowane)
- [9] Bałaga D., i inni: Praca statutowa. Ocena skuteczności działania systemu zraszania powietrzno-wodnego typu KOMAG-N w KWK Budryk, ITG KOMAG, Gliwice 2013 r. (materiały niepublikowane)
- [10] Dokumentacja fotograficzna ITG KOMAG

### *Czy wiesz, że ....*

*... Węgiel brunatny i kamienny są najważniejszymi paliwami energetycznymi na świecie. W skali globalnej, 30% zapotrzebowania na energię jest pokrywana właśnie przez węgiel. Zużycie energii i zapotrzebowanie na te surowce energetyczne rośnie, zwłaszcza ze stałym wzrostem światowej populacji i rozwoju przemysłu gospodarek wschodzących. Na całym świecie wydobywa się ok. 8 bilionów ton węgla rocznie.*

*AT Mineral Processing 7-8/2016*