



**12 Szkoła Aerologii Górniczej
Komitet Górnictwa PAN
Targanice**



**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE**

Doświadczenia ruchowe KWK „Pniówek” w zastosowaniu suchego odpylacza filtracyjnego typu HBKO 1/400-600

Zbigniew Kuczera*, Marek Przybylski, Marcin Gruszczyński**, Artur
Canibol*****

***AGH Akademia Górniczo-Hutnicza**

****KWK „Pniówek” JSW S.A.**

*****CFT Polska Sp. z o.o.**

-Targanice 13.06.2024r.-



1. Wprowadzenie.
2. Podział pyłów przemysłowych.
3. Metody zwalczania zapylenia stosowane w podziemnych zakładach górniczych.
4. Zwalczanie zapylenia w drażonym wyrobisku za pomocą suchego odpylacza HBKO 1/400-600 w KWK „Pniówek”.
5. Podsumowanie i wnioski.



Wydobywanie surowców w górnictwie węglowym i rudnym wiąże się z intensywnym wykorzystaniem maszyn i urządzeń urabiających, transportowych i przeróbczych. W czasie prowadzenia robót przygotowawczych i eksploatacyjnych oraz procesów przeróbczych następuje rozprzestrzenianie dużych ilości pyłu w atmosferze, w efekcie czego następuje **wzrost zagrożenia pyłami szkodliwymi dla zdrowia** na stanowiskach pracy. Stan zagrożenia pyłami na stanowiskach pracy zależy od **intensywności źródeł pylenia** oraz od **skuteczności ich zwalczania** [9, 10].

Celem niniejszego referatu jest przybliżenie tematyki dotyczącej:

- istniejących **rodzajów pyłów** i ich **podziału** ze względu na **frakcje**, zawartość **wolnej krzemionki**, **stopień wchłaniania** przez drogi oddechowe i wpływ na powstanie **pylicy płuc**,
- podstawowych **metod zwalczania zapylenia** tj. zraszanie oraz odpylanie suche i mokre,

- przedstawienie **doświadczeń ruchowych podczas zastosowania odpylacza suchego HBKO 1/400-600** w chodniku badawczym B-1 w pokładzie 404/3 KWK „Pniówek” JSW S.A.

W referacie opisano podstawowe metody odpylania w wyrobiskach chodnikowych na przykładzie **odpylaczy firmy CFT** oraz przeprowadzono **analizę skuteczność działania suchego odpylacza HBKO 1/400-600** zastosowanego w KWK „Pniówek”.



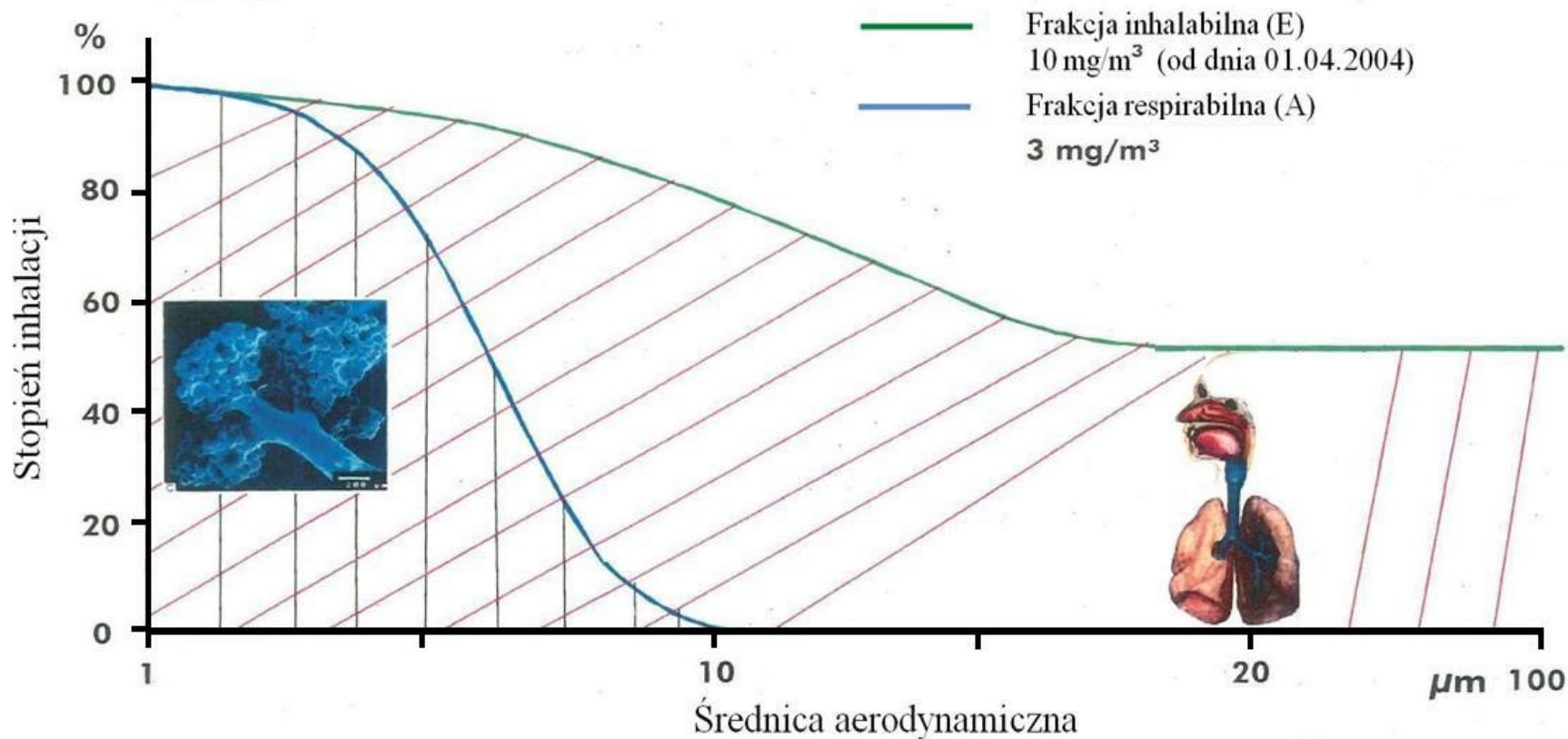
Rys. 1. Działanie suchego odpylacza powietrza HBKO firmy CFT w czasie drażnienia wyrobiska [4].



Pył przemysłowy to dyspersyjna mieszanka substancji stałych z powietrzem, powstająca głównie w wyniku mechanicznych procesów urabiania, rozdrabniania i transportu skał oraz innych materiałów stałych. W kontakcie z organizmem człowieka, może być **przyczyną uszkodzeń mechanicznych błon śluzowych, choroby uczuleniowej, pylicy płuc a nawet choroby nowotworowej** [9,10].

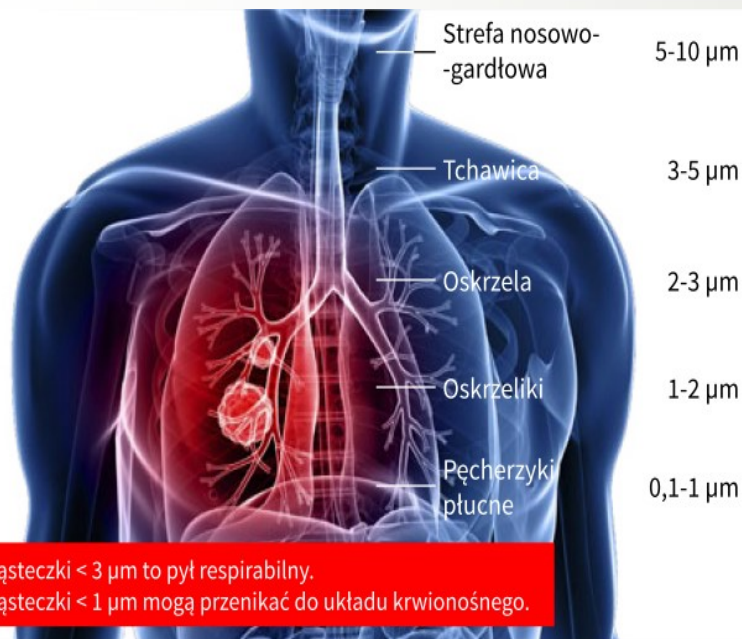
W kopalniach węgla kamiennego występuje **pył kamienny i węglowy**. Skutki zdrowotne dla osób narażonych na wdychanie pyłów przemysłowych zależą od ich **stężenia w powietrzu, wymiaru i kształtu cząstek oraz składu chemicznego i mineralogicznego pyłu** [9, 10]. W sensie medycznym stopień inhalacji pyłu w ludzkich drogach oddechowych zależy przede wszystkim od **wielkości cząsteczek pyłu**, a najgroźniejsze są frakcje poniżej 1 μm . Ze względu na swoją szkodliwość i skalę występowania szczególną uwagę poświęcono w tym referacie pyłom zawierającym **wolną krzemionkę SiO_2** , która powodują **zwłóknienie tkanki płucnej oraz działa toksycznie również na inne narządy organizmu ludzkiego**.

Podział pyłów przemysłowych

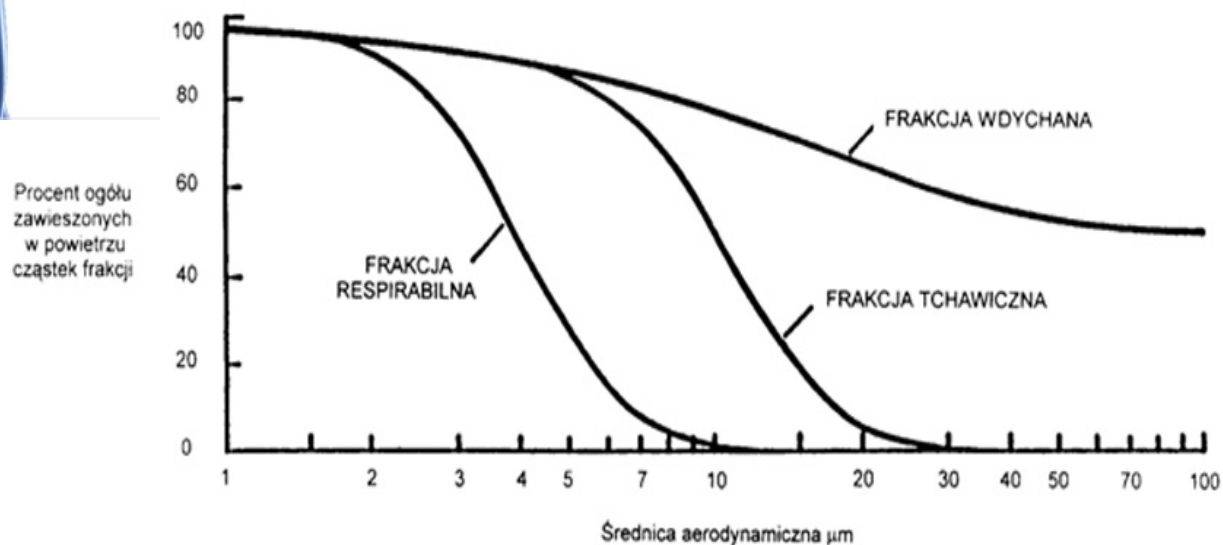


Rys. 2. Stoień inhalacji pyłu do dróg oddechowych [1].

Podział pyłów przemysłowych

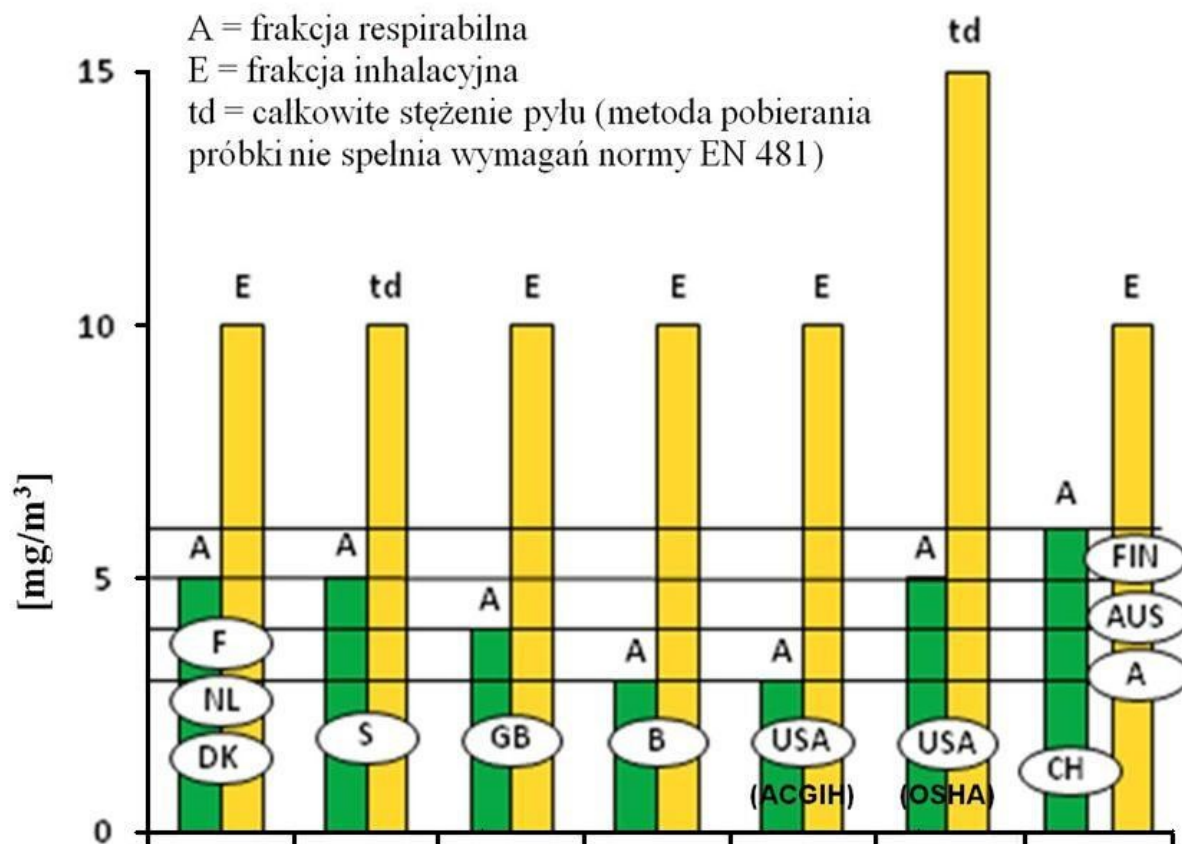


Rys. 3. Podział wdychanego pyłu do dróg oddechowych ze względu na frakcje cząstek zawieszonych w powietrzu [1, 2].





Zestawienie wartości granicznych (NDS) pyłów szkodliwych dla zdrowia obowiązujących w krajach UE i USA przedstawiono na rys. 4 [1, 8]. Wartość graniczna dla pyłu typu E wynosi 10 mg/m^3 , natomiast wartość graniczna dla pyłu typu A mieści się w zakresie od 3 do 5 mg/m^3 . W Polsce wartość graniczna dla pyłu typu E wynosi również 10 mg/m^3 [7].



Rys. 4. Wartości graniczne dla pyłów typu E i A [1, 8]



W warunkach polskich zakładów górniczych najczęściej do pomiaru indywidualnej ekspozycji na pył w środowisku pracy pod ziemią używa się **pyłomierzy grawimetrycznych CIP 10**.

Średnie stężenie pyłu zmierzone przy pomocy pyłomierza CIP 10 oblicza się z zależności zdefiniowanej jako **iloraz zmierzonej masy pyłu oraz iloczynu czasu pomiaru i natężenia przepływu powietrza w urządzeniu** [12].

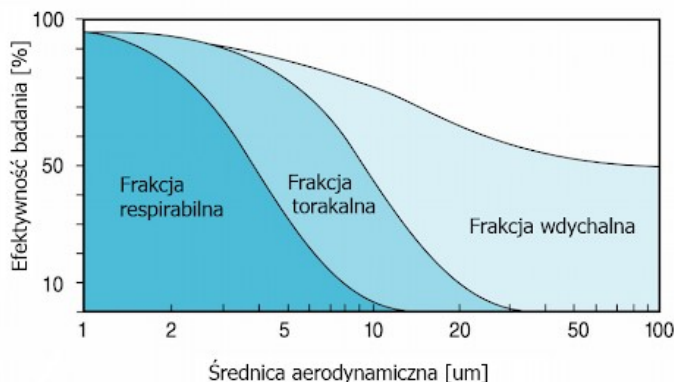
Od 21 sierpnia 2018 roku według [12] obowiązujące Najwyższe Dopuszczalne Stężenia (NDS) wynoszą:

- dla pyłów zawierających (wolną) krystaliczną krzemionkę od 2 do 50 mg/m³ i powyżej 50 mg/m³: 0,1 mg/m³;
- dla pyłów węgla (kamienny, brunatny): frakcja wdychalna 10 mg/m³, frakcja respirabilna 2 mg/m³.



Według [11] **frakcja wdychalna** to frakcja aerozolu wnikająca przez nos i usta, która po zdeponowaniu w drogach oddechowych stwarza zagrożenie dla zdrowia, określona zgodnie z normą PN-EN 481. Natomiast **frakcja respirabilna** to frakcja aerozolu wnikająca do dróg oddechowych, która stwarza zagrożenie dla zdrowia po zdeponowaniu w obszarze wymiany gazowej, określona zgodnie z normą PN-EN 481. W przypadku pyłów węgla obowiązuje jednocześnie oznaczanie stężeń frakcji respirabilnej krzemionki krystalicznej.

PODZIAŁ PYŁU ZAWIESZONEGO NA FRAKCJE
na podstawie średnicy aerodynamicznej

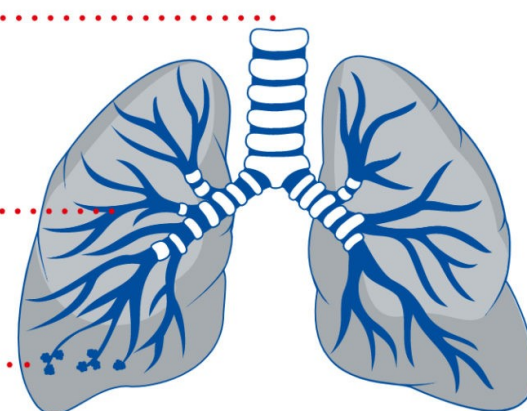


NEGATYWNY WPŁYW GRUBEGO PYŁU ZAWIESZONEGO

<100 µm
wdychalnej frakcji.
Może dostać się do
gardła:
Podrażnienie

<10 µm
frakcji tchawiczej.
Za oskrzelem:
Ostry stan chorobowy

<4 µm
frakcja respirabilna.
Może dotrzeć do
pęcherzyków płucnych:
Choroba przewlekła





W celu osiągnięcia wartości stężenia pyłu, które zostały podane w w normie [11] z 2018 roku, należy przeprowadzić **kompleksową redukcję procesu powstawania pyłów na etapie drażenia i transportu urobku**, która stanowi ochronę zbiorową dla zatrudnionych pracowników w miejscu występowania pyłu szkodliwego dla zdrowia.

Jeśli w wyniku zastosowanych środków obciążenie pyłowe nie jest redukowane w wystarczającym stopniu, mogą być stosowane jako dodatkowy środek zabezpieczający (ochrona indywidualna), także **maski i hełmy przeciwpylowe**.

Należy jednak pamiętać o tym, że w wyniku ich stosowania **wzrasta opór oddychania pracownika** i założenie masek przeciwpylowych jako środka dla redukcji osobistego obciążenia pyłowego jest uznawane jedynie jako środek doraźny.

W procesie urabiania i transportu węgla oraz skał towarzyszących powstają duże ilości pyłu przemysłowego. Ze względu na miejsce jego powstawania w górnictwie jako profilaktykę zbiorową pracowników wykorzystuje się głównie **zraszanie (na organach maszyn urabiających, przesypach, kruszarkach)** oraz **urządzenia odpylające typu mokrego i suchego** współpracujące z systemami wentylacji odrębnej [7].

W przemyśle wydobywczym zastosowanie urządzeń filtrujących nie zawsze jest możliwe ze względów ruchowych. Główną tego przyczyną jest brak miejsca na zainstalowanie urządzeń odpylających, dlatego stosowane są proste metody zwalczania zagrożenia pyłowego, takie jak **zraszanie (rys. 5)**.



Rys. 5. Zraszanie w przestrzeni roboczej ściany [3, 4].

Rozpylanie kropel wody poprzez dysze urządzeń zraszających jest najczęściej stosowanym sposobem **redukcji pyłu**. W wyrobiskach eksploatacyjnych dysze zraszania wodnego dla kombajnów ścianowych są instalowane na uchwytach, za nożami urabiającymi, oraz na ramionach kombajnu. Mogą być również stosowane inne systemy zraszania jak wdrożony w ZG „Janina” system KOMAG [5].



Rys. 6. System zraszania KOMAG [5].

W przypadku drążonych wyrobisk chodnikowych stosowane jest zraszanie powietrzno-wodne (zraszanie zewnętrzne) i wodne (zraszanie sektorowe oraz zewnętrzne).



Rys. 7. Kurtyna powietrzno-wodna na kombajnie chodnikowym R-200 [6].

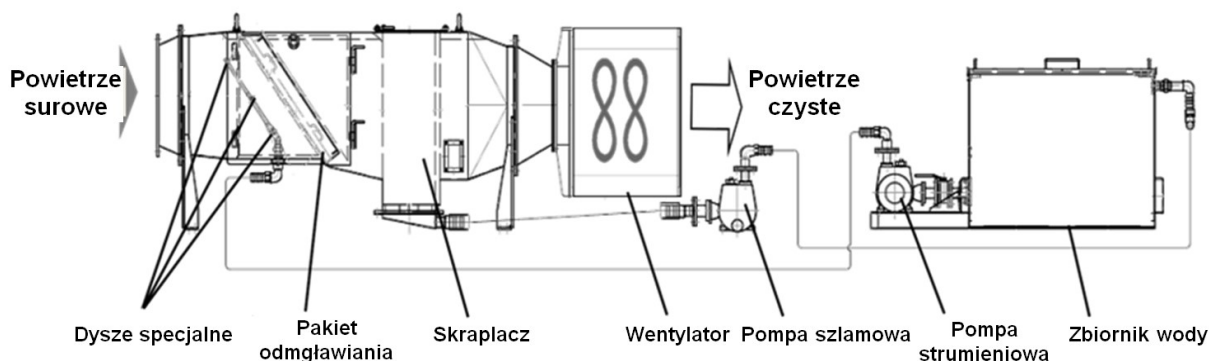


Systemy zraszania stosowane są najczęściej **przy przesypach i kruszarkach** oraz jako **zintegrowane systemy z organami urabiającymi kombajnów oraz urządzeniami strugowymi**. Systemy zraszania stanowią **pierwotne chłodzenie noży** w celu zmniejszania zagrożenia zapłonem, mogą jednak wtedy wiązać **maksymalnie 50-60 % pyłów respirabilnych**. W przypadku przesypów lub **zamkniętych instalacji kruszenia** może być osiągnięta wydajność separacji **nawet rzędu 80-90%**. W celu polepszenia skuteczności zastosowania systemów zraszania do układu mogą być dodawane **środki powierzchniowo-czynne obniżające napięcie powierzchniowe cieczy** i tym samym gwarantujące **lepsze wiązanie pomiędzy pyłem i roztworem wody** zawierającym te środki. W przypadku stosowania dodatków, z reguły przy niższym zużyciu wody (do około 30%) tworzenie się pyłu drobnodispersyjnego zredukowane jest o **około 10%**. W wyniku **niewystarczającej redukcji zagrożenia** pyłowego przez systemy zraszania **jedynie urządzenia odpylające** są w stanie oczyszczać powietrze do poziomu jakości wymaganego wartościami NDS dla pyłów szkodliwych dla zdrowia podanych w przepisach [7].



Urządzenia odpylające ze względu na budowę i zasadę działania można podzielić na **odpylacze mokre** oraz **suche**. Stanowią one **ważny element systemu wentylacyjnego** w czasie drążenia wyrobisk, który ma zapewnić bezpieczne warunki pracy.

Odpylacze mokre działają na zasadzie oczyszczania powietrza zawierającego pył poprzez **przechwycenie pyłu z powietrza przez kropelki wody**, a następnie **oddzielenie kropli wody od powietrza**. Specjalne **dysze** generują **kurtynę wodną** oddziałującą na zasysane zanieczyszczone powietrze. Mieszanina pyłu, wody i powietrza przepływa przez „demister” (odmgławiacz), w którym następuje dalsze ich mieszanie. Skraplacz oddziela szlam i pozostałości wody od powietrza, a oczyszczone powietrze opuszcza system przez wentylator, który wytwarza odpowiednie podciśnienie, a umieszczony jest dalej w strumieniu czystym powietrza. Oddzielona mieszanina wody i pyłu jest odpompowana do zbiornika w celu sedymentacji. Zbiornik ten może być umieszczony razem z urządzeniem bądź oddzielnie. Oczyszczona po sedymentacji woda ponownie wraca do dysz skraplających przy użyciu pompy strumieniowej [4].



Rys.8. Budowa i zasada działania odpylacza mokrego HCN firmy CFT [4]

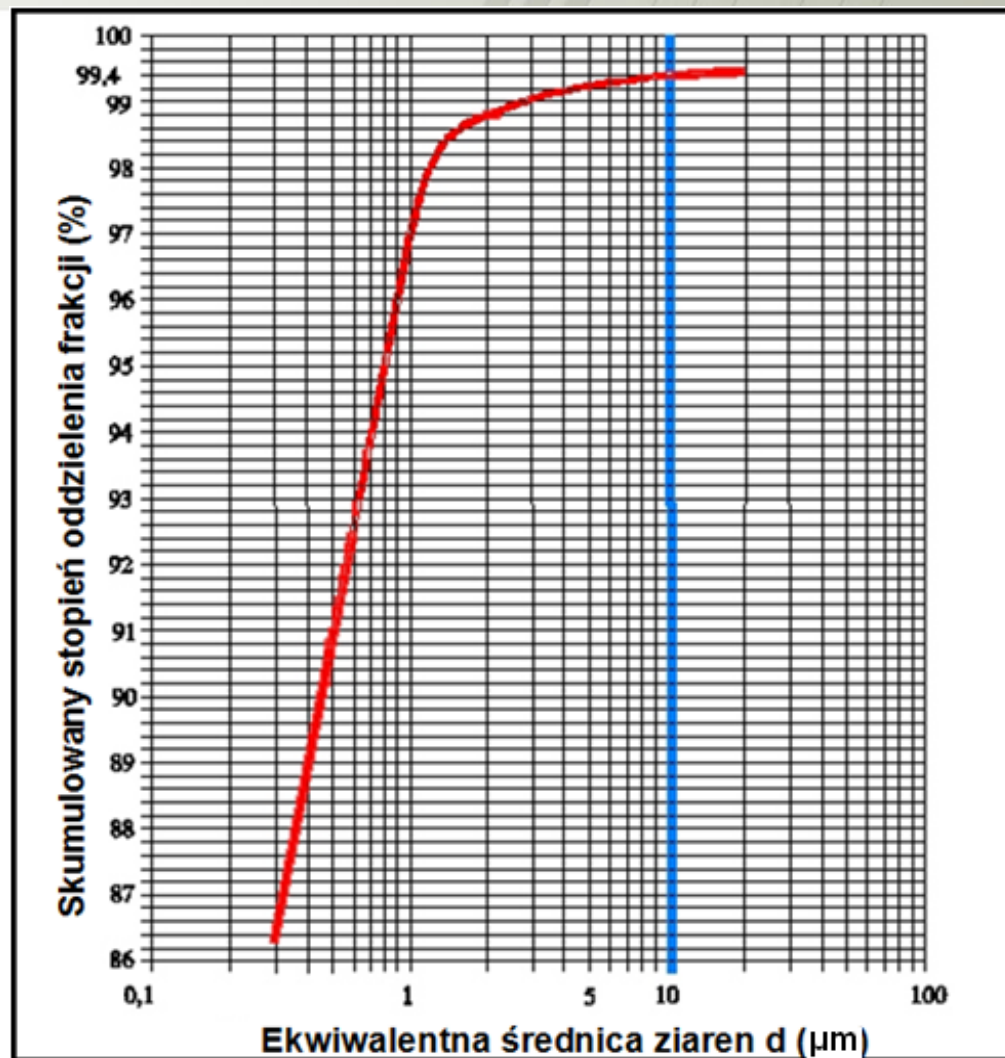
Rys. 9. Przykładowe zastosowanie odpylacza mokrego HCN z wentylatorem promieniowym [4].





Odpylacz mokry typu HCN (Hoeko-Vent) firmy CFT działa standardowo z wydajnością od 100 do 1500 m³/min i według DMT (Deutsche Montan Technologie) z Essen, przy obciążeniu pyłem 2000 mg/m³, osiąga stopień separacji 99,4% dla pyłu frakcji respirabilnej poniżej 10 μm (rys. 10) [4].

Rys. 10. Stopień separacji frakcji respirabilnej w odpylaczu mokrym HCN firmy CFT [4].





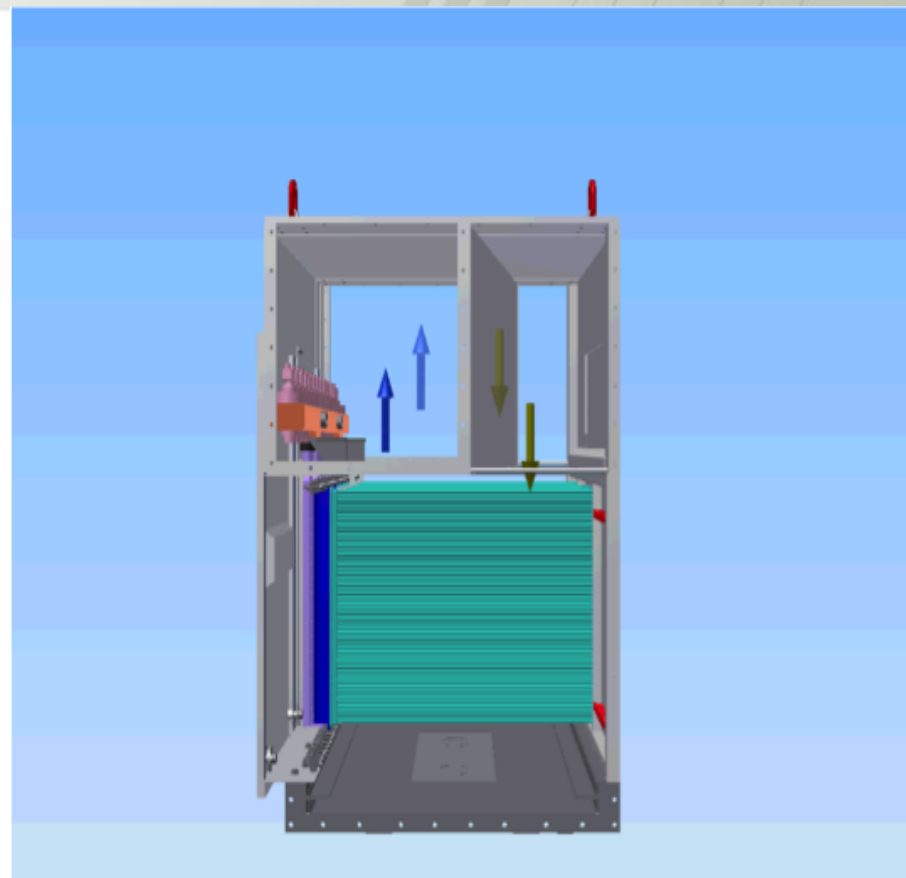
Dla wszystkich odpylaczy mokrych stopień separacji ulega stagnacji, co znaczy, że im **większy jest ładunek pyłu** w zanieczyszczonym powietrzu, tym **większa jest zawartość resztkowa pyłu**. Stopień separacji **pogarsza** się także w miarę **zmniejszania się cząsteczek** pyłu. Tak więc zawsze należy brać pod uwagę stopień oddzielenia dla frakcji respirabilnej pyłu. Bardziej zrozumiałą jest czasami termin **stopień przepuszczania**. Dostępne na rynku odpylacze typu mokrego mają **stopień przepuszczania równy ok. 3-5%, co odpowiada stopniowi separacji równemu 95-97% (tab. 2).**

Tab. 2. Przykładowa skuteczność odpylania mokrego dla frakcji respirabilnej przy założonej wartości NDS [4, 7].

Skuteczność	%	97	99,4
Wlotowe stężenie pyłu	mg / m ³	2000	2000
Wylotowe stężenie pyłu	mg / m ³	60	12
NDS: 2 mg/m ³		30 x	6 x

Zaostrzenie prawa w zakresie stężeń pyłu zawierającego wolną krzemionkę doprowadziło do odejścia w wielu krajach europejskich (szczególnie przy prowadzonych robotach tunelowych) od stosowania odpylaczy mokrych na rzecz **odpylaczy suchych**,

Odpylacze suche zatrzymują **pył** na materiale filtra, a następnie są oczyszczane za pomocą **impulsu pneumatycznego**, skierowanego w **przeciwnym kierunku** i powtarzanego **cyklicznie**. Proces oczyszczania na przykładzie odpylacza serii HBKO firmy CFT przedstawiono na rys. 11 [3].



Rys. 11. Proces oczyszczania w odpylaczach filtrujących suchych [4].

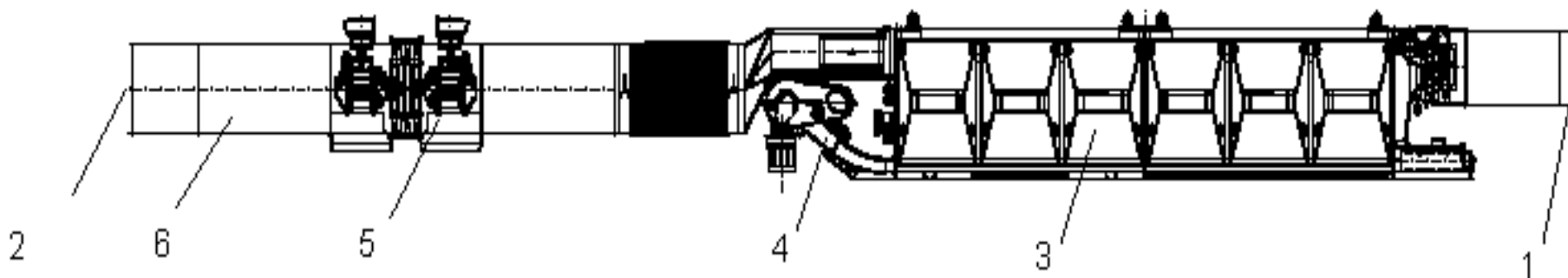


Odpylacze kompaktowe CFT dostępne są dla wydajności objętościowych zasysanego powietrza od 30 do 3000 m³/min. Odpowiednie wymogi dotyczące ochrony przeciwpożarowej i antystatycznej są spełnione przez zastosowanie specjalnego materiału i zabezpieczenie przed gromadzeniem się ładunków elektrycznych (rys. 12).

Rys. 12. Pakietowa konstrukcja suchego odpylacza kompaktowego [4].

Wysoko skuteczne systemy oczyszczania zapewniają optymalne usuwanie pyłu. Stosowane są różne systemy rozładowcze pyłu, takie jak przenośnik ślimakowy z bunkrem, przenośnik łańcuchowy, rurowy.





Rys. 13. Budowa suchego odpylacza powietrza typu HBKO 1/400-600 [4]:

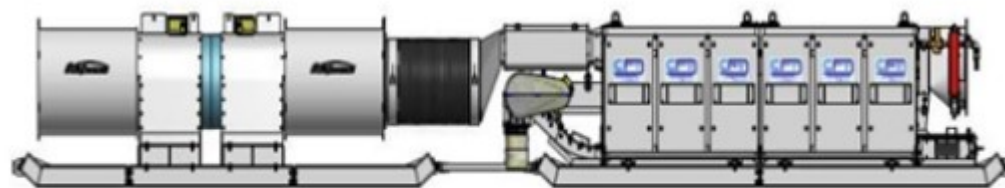
- 1 - wlotowy lutniociąg zasysający powietrze zapyłone,
- 2 - wylot z odpylacza powietrza oczyszczonego,
- 3 - samonośne elementy filtrujące,
- 4 - przenośnik zgrzeblowy,
- 5 - stacja wentylatorów dGAL8-500/500,
- 6 – tłumik.



Do konkretnego typu odpylacza dobiera się stacje wentylatorów o parametrach zapewniających odpowiednie podciśnienie. Kompaktowe odpylacze stosowane w odpylaniu suchym produkcji CFT osiągają zawartość pyłu w oczyszczonym powietrzu **poniżej 0,1 mg/m³** (rys. 11) [3].

Ilość powietrza (Gęstość = 1,2 kg / m ³)	m ³ / s	15,0*
Całkowita strata ciśnienia	Pa	1950*
Wlotowe stężenie pyłu	mg / m ³	2000
Wylotowe stężenie pyłu	mg / m ³	0,068
Sprawność	%	99,997

* = Wartość średnia



stacja wentylatorów Korfmann typszeregu dGal odpylacz suchy HBKO 1/600

Rys. 11. Dane techniczne dla kompaktowych odpylaczy suchych firmy CFT [3, 4].

Zastosowanie suchego odpylacza HBKO 1/400-600 w KWK „Pniówek”



Chodnik badawczy B-1 drążony za pomocą kombajnu chodnikowego R 150 firmy REMAG w pokładzie 404/3 zaliczony został do następujących zagrożeń naturalnych:

Zagrożenie metanowe – drążone wyrobisko prowadzone było w pokładzie zaliczonym do **IV kategorii zagrożenia metanowego** decyzją Kierownika Ruchu Zakładu Górniczego z dnia 28.09.2017r.

Zagrożenie wodne – drążone wyrobisko zostało zaliczone do **I stopnia zagrożenia wodnego** (dec. KRZG z dnia 31.07.2017r.).

Zagrożenie wybuchem pyłu węglowego – drążone wyrobisko zaliczone zostało do **klasy „B” zagrożenia wybuchem pyłu węglowego**.

Zagrożenie tąpniętami – drążone wyrobisko zaliczone zostało do **I stopnia zagrożenia tąpniętami**.

Zagrożenie wyrzutami gazów i skał – wyrobisko drążone jest w partii pokładu **zaliczonego do III kategorii zagrożenia wyrzutami gazów i skał**.

Zagrożenie substancjami promieniotwórczymi - **nie występuje**.

Zastosowanie suchego odpylacza HBKO 1/400-600 w KWK „Pniówek”



Skuteczne zwalczanie zapylenia w drażonych wyrobiskach korytarzowych zależy w głównej mierze od właściwie zaprojektowanej instalacji:

- **wentylacyjnej**, która ma za zadanie dostarczyć do strefy przodkowej o co najmniej 20% więcej powietrza niż wynosi wydajność instalacji odpylającej, mając na uwadze występujące zagrożenia naturalne i techniczne;
- **odpylającej**, która ma ujmować pył jak najbliżej czoła przodka i skutecznie separować go od przepływającego powietrza,
- **zraszającej**, której zadaniem jest wiązanie pyłu z mgłą wodną w celu pozbawienia go lotności.

Szczegóły dotyczące instalacji lutniowej w analizowanym wyrobisku:

- Kategoria zagrożenia metanowego: IV,
- Stopień niebezpieczeństwa wybuchu metanu: c,
- Kategoria zagrożenia wyrzutami gazów i skał: III,
- Klasa „B” zagrożenia wybuchem pyłu węglowego,

Zastosowanie suchego odpylacza HBKO 1/400-600 w KWK „Pniówek”



Szczegóły dotyczące instalacji lutniowej w analizowany wyrobisku:

- Prognozowana metanowość bezwzględna wyrobiska: 0,0651 [m³/s],
- Temperatura pierwotna skał: 40[°C],
- Typ obudowy: ŁP 12/V/32/4,
- Typ kombajnu: R-150,
- Rodzaj wentylacji: kombinowana,
- Długość lutniociągu: 1265 [m],
- Sprawność lutniociągu 66,45 %,
- Wentylator: Dwa wentylatory zabudowane szeregowo ES 9-500/80 + ES 9-500/80,
- Rodzaj lutni: elastyczna, kolano lutni spiro ø1200,
- Średnica lutni: 1200 [mm],
- Lutnia wirowa: blaszana ø800,
- Napęd lutni wirowej: ZNW.

Zastosowanie suchego odpylacza HBKO 1/400-600 w KWK „Pniówek”



Tabela 1. Wyniki pomiarów zapylenia w chodniku badawczym B-1 w pokładzie 404/3 – odpylacz suchy HBKO 1/600.

Chodnik badawczy B-1, pokład 404/3, oddział GRP-4, kombajn chodnikowy R-150, odpylacz suchy HBKO 1/400-600							
Lp.	Stanowisko pracy	Zawartość SiO ₂	Stężenie pyłu (wartość średnia ważona)		Stężenie pyłu (wartość maksymalna)		Wymagana minimalna klasa ochronna sprzętu filtrującego
			Frakcja wdychalna	Frakcja respirabilna	Frakcja wdychalna	Frakcja respirabilna	
			mg/m ³				
1	Operator maszyny górniczej (górnik kombajnista)	0,164	24,67	9,05	39,44	14,49	P-2
2	Pomocnik operatora maszyny górniczej (górnik w przodku)	0,187	24,08	8,84	38,21	14,03	P-2
3	Pracownik obsługujący urządzenia odstawy urobku w przodku (obsługa przenośnika przodkowego zgrzeblowego I - na trasie odpylacza)	0,152	23,13	8,48	36,07	13,31	P-2
4	Pracownik obsługujący urządzenia odstawy urobku w przodku (obsługa przenośnika przodkowego zgrzeblowego II - za wylotem z odpylacza)	0,130	19,55	7,09	30,02	10,76	P-2
5	Pracownik pracujący w rejonie w/w drążonego przodka (osoba dozoru)	0,125	18,37	6,73	27,53	10,06	P-2
6	Pracownik pracujący w rejonie wyrobiska przodkowego (górnik przodowy)	0,149	26,16	9,23	38,42	14,17	P-2
7	Pracownik pracujący w rejonie wyrobiska przodkowego (roboty ciesielskie w przodku)	0,125	25,05	8,12	33,08	12,22	P-2
8	Utrzymanie ruchu kombajnu w przodku, montaż urządzeń w przodku (ślusarz w przodku)	0,101	20,38	7,43	31,28	11,40	P-2
9	Utrzymanie ruchu urządzeń elektrycznych w przodku (elektryk w przodku)	0,102	18,71	6,86	29,83	10,96	P-2
10	Pracownik pracujący na trasie odstawy urobku (roboty ciesielskie na odstawie)	0,096	13,04	4,75	22,48	8,20	P-2
11	Pracownik pracujący przy transporcie materiałów do przodka (transport materiałów-pozostała załoga)	0,049	11,72	4,23	20,81	7,51	P-1
12	Pracownik pracujący przy transporcie materiałów do przodka (obsługa ciągnika spalinowej kolejki podwieszanej - operator)	0,025	5,56	1,99	10,98	3,91	P-1

Zastosowanie suchego odpylacza HBKO 1/600 w KWK „Pniówek”



Tabela 2. Wyniki pomiarów zapylenia w pochylni B-3 w pokładzie 404/3 – odpylacz mokry UO 630.

Pochylnia B-3, pokład 404/3, oddział GRP-4, kombajn chodnikowy R-150, odpylacz mokry UO 630							
Lp.	Stanowisko pracy	Zawartość SiO ₂	Stężenie pyłu (wartość średnia ważona)		Stężenie pyłu (wartość maksymalna)		Wymagana minimalna klasa ochronna sprzętu filtrującego
			Frakcja wdychalna	Frakcja respirabilna	Frakcja wdychalna	Frakcja respirabilna	
			mg/m ³				
1	Operator maszyny górniczej (górnik kombajnista)	0,616	30,26	11,08	60,49	22,16	P-2
2	Pomocnik operatora maszyny górniczej (górnik w przodku)	0,612	28,68	17,49	57,30	20,92	P-2
3	Pracownik obsługujący urządzenia odstawy urobku w przodku (obsługa przenośnika przodkowego zgrzeblowego I - na trasie odpylacza)	0,520	24,46	8,94	45,15	16,55	P-2
4	Pracownik obsługujący urządzenia odstawy urobku w przodku (obsługa przenośnika przodkowego zgrzeblowego II - za wylotem z odpylacza)	0,461	22,42	8,24	41,82	15,31	P-2
5	Pracownik pracujący w rejonie w/w drążonego przodka (osoba dozoru)	0,427	25,46	9,07	52,11	18,24	P-2
6	Pracownik pracujący w rejonie wyrobiska przodkowego (górnik przodowy)	0,644	32,78	12,04	58,13	21,32	P-2
7	Pracownik pracujący w rejonie wyrobiska przodkowego (roboty ciesielskie w przodku)	0,571	28,28	10,32	47,16	17,19	P-2
8	Utrzymanie ruchu kombajnu w przodku, montaż urządzeń w przodku (ślusarz w przodku)	0,425	21,30	7,79	41,77	15,29	P-2
9	Utrzymanie ruchu urządzeń elektrycznych w przodku (elektryk w przodku)	0,366	19,69	7,20	37,66	13,76	P-2
10	Pracownik pracujący na trasie odstawy urobku (roboty ciesielskie na odstawie)	0,335	18,78	6,84	32,58	11,89	P-2
11	Pracownik pracujący przy transporcie materiałów do przodka (transport materiałów-pozostała załoga)	0,265	16,78	6,13	26,65	9,75	P-1
12	Pracownik pracujący przy transporcie materiałów do przodka (obsługa ciągnika spalinowej kolejki podwieszanej - operator)	0,203	12,45	4,56	17,48	6,37	P-1

Zastosowanie suchego odpylacza HBKO 1/400-600 w KWK „Pniówek”



Kopalnia KWK „Pniówek” posiada na wyposażeniu w zakresie ochrony pracowników przed pyłami szkodliwymi dla zdrowia półmaski wraz z filtrami typu 3M 6035 oraz półmaski jednorazowe FF P-3 i FF P-2.

Wszyscy pracownicy kopalni są upoważnieni do pobierania tego typu środków ochrony indywidualnej. System zaopatrzenia pracowników w przedmiotowe półmaski określa możliwość poboru półmaski jednorazowej 1 raz na zmianę natomiast filtry do półmasek wielokrotnego użytku można wymienić po trzeciej przepracowanej dniówce.

O ile w przodkach węglowych górnicy nie zgłaszają problemów z zapyleniem, o tyle w wyrobiskach kamiennie-węglowych lub kamiennych gdzie zabudowane **są odpylacze typu mokrego strona społeczna zgłasza nadmierne zapylenie.**

W wyrobiskach z odpylaczem HBKO 1/400-600 taka sytuacja nie wystąpiła.

Zastosowanie suchego odpylacza HBKO 1/400-600 w KWK „Pniówek”



Tabela 3. Różnica w pomiarach in-situ zapylenia pomiędzy odpylaczem mokrym UO 630 a suchym HBKO 1/400-600.

Różnica w pomiarach zapylenia pomiędzy pomiarami in-situ w Pochylni B-1 i Chodniku badawczym B-1, pokład 404/3, oddział GRP-4, kombajn chodnikowy R-150

Lp.	Stanowisko pracy	Różnica w zawartość SiO ₂	Różnica stężenia pyłu (wartość średnia ważona)		Różnica stężenia pyłu (wartość maksymalna)		Wymagana minimalna klasa ochronna sprzętu filtrującego dla stanowisk pracy w obu przodkach
			Frakcja wdychalna	Frakcja respirabilna	Frakcja wdychalna	Frakcja respirabilna	
		mg/m ³					
1	Operator maszyny górniczej (górnik kombajnista)	0,452	5,59	2,03	21,05	7,67	P-2
2	Pomocnik operatora maszyny górniczej (górnik w przodku)	0,425	4,6	8,65	19,09	6,89	P-2
3	Pracownik obsługujący urządzenia odstawy urobku w przodku (obsługa przenośnika przodkowego zgrzeblowego I - na trasie odpylacza)	0,368	1,33	0,46	9,08	3,24	P-2
4	Pracownik obsługujący urządzenia odstawy urobku w przodku (obsługa przenośnika przodkowego zgrzeblowego II - za wylotem z odpylacza)	0,331	2,87	1,15	11,8	4,55	P-2
5	Pracownik pracujący w rejonie w/w drążonego przodka (osoba dozoru)	0,302	7,09	2,34	24,58	8,18	P-2
6	Pracownik pracujący w rejonie wyrobiska przodkowego (górnik przodowy)	0,495	6,62	2,81	19,71	7,15	P-2
7	Pracownik pracujący w rejonie wyrobiska przodkowego (roboty ciesielskie w przodku)	0,446	3,23	2,2	14,08	4,97	P-2
8	Utrzymanie ruchu kombajnu w przodku, montaż urządzeń w przodku (ślusarz w przodku)	0,324	0,92	0,36	10,49	3,89	P-2
9	Utrzymanie ruchu urządzeń elektrycznych w przodku (elektryk w przodku)	0,264	0,98	0,34	7,83	2,8	P-2
10	Pracownik pracujący na trasie odstawy urobku (roboty ciesielskie na odstawie)	0,239	5,74	2,09	10,1	3,69	P-2
11	Pracownik pracujący przy transporcie materiałów do przodka (transport materiałów-pozostała załoga)	0,216	5,06	1,9	5,84	2,24	P-1
12	Pracownik pracujący przy transporcie materiałów do przodka (obsługa ciągnika spalinowej kolejki)	0,178	6,89	2,57	6,5	2,46	P-1

Zastosowanie suchego odpylacza HBKO 1/400-600 w KWK „Pniówek”



Tabela 4. Różnica w pomiarach in-situ zapylenia pomiędzy odpylaczem mokrym UO 630 a suchym HBKO 1/400-600.

Różnica pomiędzy pomiarami in-situ zapylenia w Pochyli B-3 i Chodniku badawczym B-1, pokład 404/3, oddział GRP-4, kombajn chodnikowy R-150

Lp.	Stanowisko pracy	Różnica w zawartość SiO ₂	Różnica stężenia pyłu (wartość średnia ważona)		Różnica stężenia pyłu (wartość maksymalna)		Wymagana minimalna klasa ochronna sprzętu filtrującego dla stanowisk pracy w obu przodkach
			Frakcja wdychalna	Frakcja respirabilna	Frakcja wdychalna	Frakcja respirabilna	
		%					
1	Operator maszyny górniczej (górnik kombajnista)	375,6	122,7	122,4	153,4	152,9	P-2
2	Pomocnik operatora maszyny górniczej (górnik w przodku)	327,3	119,1	197,9	150,0	149,1	P-2
3	Pracownik obsługujący urządzenia odstawy urobku w przodku (obsługa przenośnika przodkowego zgrzeblowego I - na trasie odpylacza)	342,1	105,8	105,4	125,2	124,3	P-2
4	Pracownik obsługujący urządzenia odstawy urobku w przodku (obsługa przenośnika przodkowego zgrzeblowego II - za wylotem z odpylacza)	354,6	114,7	116,2	139,3	142,3	P-2
5	Pracownik pracujący w rejonie w/w drążonego przodka (osoba dozoru)	341,6	138,6	134,8	189,3	181,3	P-2
6	Pracownik pracujący w rejonie wyrobiska przodkowego (górnik przodowy)	432,2	125,3	130,4	151,3	150,5	P-2
7	Pracownik pracujący w rejonie wyrobiska przodkowego (roboty ciesielskie w przodku)	456,8	112,9	127,1	142,6	140,7	P-2
8	Utrzymanie ruchu kombajnu w przodku, montaż urządzeń w przodku (ślusarz w przodku)	420,8	104,5	104,8	133,5	134,1	P-2
9	Utrzymanie ruchu urządzeń elektrycznych w przodku (elektryk w przodku)	358,8	105,2	105,0	126,2	125,5	P-2
10	Pracownik pracujący na trasie odstawy urobku (roboty ciesielskie na odstawie)	349,0	144,0	144,0	144,9	145,0	P-2
11	Pracownik pracujący przy transporcie materiałów do przodka (transport materiałów-pozostała załoga)	540,8	143,2	144,9	128,1	129,8	P-1
12	Pracownik pracujący przy transporcie materiałów do przodka (obsługa ciągnika spalinowej kolejki podwieszanej - operator)	812,0	223,9	229,1	159,2	162,9	P-1

Zastosowanie suchego odpylacza HBKO 1/400-600 w KWK „Pniówek”



Analizując pomiary in-situ, należy mieć na uwadze, że na wynik zapylenia na stanowiskach pracy wpływa najbardziej **skuteczność działania instalacji odpylającej**. Porównując pomiary zapylenia w obu drażnionych za pomocą kombajnu R-150 wyrobiskach (odpylanych na sucho i mokro) można wyciągnąć następujące wnioski:

- w Pochylni B-3 dla podobnych warunków geologiczno-górnictwowych stężenia zawartości krystalicznej krzemionki **były kilkukrotnie większe** na wszystkich 12 stanowiskach pracy,
- stężenia pyłu dla frakcji wdychalnej i respirabilnej średnio ważone jak również maksymalne były również większe w Pochylni B-3 i w uśrednieniu dla 12 badanych stanowisk pracy były **większe o 140%** niż w chodniku badawczym B-1,
- największe znaczenie ma stężenie pyłu dla stanowisk przodkowych szczególnie dla frakcji respirabilnej i dla stanowiska pomocnik operatora maszyny górniczej **różnica na niekorzyść odpylania mokrego wyniosła aż 200%**.

Zastosowanie suchego odpylacza HBKO 1/400-600 w KWK „Pniówek”



Tabela 5. Analiza techniczno–ekonomiczna działania suchego odpylacza HBKO w KWK „Pniówek” (średnio dla jednego przodka przy założeniu, że w wyrobisku pracuje 15 osób).

L.p.	Przodek / liczba osób	Liczba dniówek/miesiąc	Pobór filtrów	Liczba pobrań	Cena jednostkowa zestawu filtrów	Koszt
1.	15	21	Po 3 przepracowanych dniówkach (odpylacz suchy)	7	22,07 zł	2317,35 zł
2.	15	21	Codziennie (odpylacz mokry)	21	22,07 zł	6952,05 zł

W tabeli 2 przedstawiono przodek z odpylaczem suchym gdzie załoga nie wносиła o dodatkowe filtry oraz przodek z odpylaczem mokrym, gdzie filtry były wydawane codziennie.

Różnica wyniosła 4634,7 zł co daje wzrost o blisko **300% kosztów na środki ochrony indywidualnej w postaci filtrów.**

Zastosowanie suchego odpylacza HBKO 1/400-600 w KWK „Pniówek”



Rocznie oszczędność przy zastosowaniu **odpylacza suchego** w stosunku do odpylacza mokrego **wynosi 55 616,7 zł/oddział.**

Zalety stosowania odpylacza suchego HBKO 1/400-600 w KWK „Pniówek”:

- Wydajność urządzenia odpylającego. Niewątpliwą zaletą przedmiotowej instalacji odpylającej jest wentylator dGAL8-500/500, który w pełni zapewnia odpowiednią wydajność urządzenia odpylającego;
- Skuteczność instalacji odpylającej. Przy odpowiednim ustawieniu lutni ssącej zapewnia ona znaczną redukcję zapylenia powietrza w całym wyrobisku,
- Rozwiązania techniczne tego urządzenia powodują, że jest to instalacja praktycznie bezobsługowa, wyposażona w system „samoczyszczenia filtrów”,
- Konstrukcja instalacji zaprojektowana jest z twardego, wytrzymałego materiału przez co w mniejszym stopniu jest narażona na uszkodzenia,
- Kompaktowe wkłady filtracyjne, które praktycznie podczas całej eksploatacji pracowały (filtrowały) bez zarzutu a podczas każdorazowej kontroli wydajność odpylacza była prawidłowa i wynosiła ok. 600 m³/min.

Zastosowanie suchego odpylacza HBKO 1/400-600 w KWK „Pniówek”



Wady stosowania odpylacza suchego HBKO 1/400-600 w KWK „Pniówek”:

- Wadą urządzenia jest potrzeba dostarczenia dosyć wysokiego ciśnienia roboczego sprężonego powietrza, które wg. DTR musi wynosić 4,5 bar co w odległych rejonach kopalni może być uciążliwe do zrealizowania (konieczne jest wtedy zastosowanie sprężarki);
- Duże gabaryty i waga urządzenia odpylającego wskazują, że nie wszędzie będzie można zastosować tą instalację (należy dobrać odpowiedni typoszereg),
- W wyrobiskach bardzo mokrych konieczne jest stosowanie demistera (odmgławiacza).

Zalety użytkowania, oszczędności podczas eksploatacji i skuteczna poprawa warunków pracy przemawiają na korzyść stosowania odpylaczy suchych typoszeregu HBKO.



1. Przy rozpatrywaniu problemu zwalczania pyłów szkodliwych dla zdrowia należy brać pod uwagę wyłącznie pyły respirabilne o frakcji poniżej $10\text{ }\mu\text{m}$, (a **najbardziej niebezpieczny** z tej frakcji jest **pył o średnicy cząstek poniżej $1\text{ }\mu\text{m}$** ponieważ najchętniej **osiada w pęcherzykach płucnych** i w pewnych warunkach powoduje **pylicę płuc**).
2. Systemy zraszania mogą być stosowane w miejscach, w których nie ma możliwości zastosowania instalacji odpylających, skuteczność ich działania jest bardzo niska i może wynosić **maksymalnie do 90% dla pyłów respirabilnych w instalacjach zamkniętych**, niestety ich zastosowanie wiąże się ze wzrostem wilgotności względnej powietrza i pogorszeniem warunków klimatycznych.
3. To nie procentowo wyrażona skuteczność odpylania jest istotna, ale **istotna jest wyrażona w mg/m^3 ilość pyłu przepuszczana przez odpylacz**, ponieważ ona jest **brana pod uwagę przez obowiązujące wartości NDS** dotyczące zapylenia.



4. **Mokra metoda** odpylania **nie gwarantuje wystarczającej skuteczności** dla zapewnienia bezpiecznego miejsca pracy załogi górniczej pod kątem zapylenia, dlatego wzrasta ilość stosowanych masek filtracyjnych P2 i P3. Na podstawie pomiarów in situ na każdym stanowisku pracy stężenia pyłu przy zastosowaniu mokrej metody odpylania były 140% większe w stosunku do odpylania suchego.

5. Technologia **suchego odpylania** (odpylacze typu HBKO), wykorzystująca zwarte elementy filtrujące, umożliwia prawie całkowite wyeliminowanie zapylenia w miejscach jego emisji i **osiągane wartości zapylenia poniżej 0,1 mg/m³ dla frakcji respirabilnej poniżej 5 µm są wielokrotnie mniejsze niż wymagane obecnie przepisami prawa dla pyłów szkodliwych dla zdrowia,**

6. **Rocznie oszczędność** przy zastosowaniu **odpylacza suchego** w stosunku do odpylacza mokrego na kosztach środków ochrony indywidualnej układu oddechowego wynosi **55 616,7 zł/oddział.**



7. Dla załogi górniczej głównymi zaletami zastosowania odpylacza suchego typu HBKO **była bezawaryjność, bezobsługowość i widoczna redukcja zapylenia.**

8. Zwalczanie zapylenia w zakładach górniczych w aspekcie bezpieczeństwa pracy załogi górniczej jest szczególnie ważne w przodkach kamienno-węglowych drażonych za pomocą kombajnów chodnikowych oraz miejscach pracy o przekroczonej ekspozycji pyłowej, ponieważ pracująca tam załoga jest najbardziej narażona na **najczęstszą chorobę zawodową w górnictwie – pylicę płuc.**



- [1] BIA, Instytut branżowy bezpieczeństwa pracy, Lome, Niemcy, 2002.
- [2] Hycnar M., Nowa norma klasyfikacji filtrów ISO 16890. InstalReporter 09/2018.
- [3] MAK und BAT Werte Liste 2001 (Lista wartości MAK i BAT 2001); Wiley-VCH, 2011.
- [4] Materiały firmy CFT oraz DFT, 2011-2024.
- [5] Prostański D. i in., Powietrzno-wodna instalacja zraszająca do kombajnów górniczych – rozwiązanie ciągle doskonałe. Maszyny Górnicze 1/2009.
- [6] Prostański D., Jedzinak M., Rozwój systemów zwalczania zagrożeń pyłowych. Maszyny Górnicze 2/2013.
- [7] Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz. U. 2018 poz. 1286).
- [8] SuvaPro; PDF: Grenzwerte am Arbeitsplatz (SuvaPro, Publikacje Instytutu Medycyny Pracy Lucerna, Szwajcaria - Wartości graniczne w miejscu pracy), 2011.
- [9] Szlązak J., Szlązak N., Bezpieczeństwo i higiena pracy, Uczelniane Wydawnictwa Naukowe - Dydaktyczne AGH, Kraków, 2005.
- [10] Waclawik J., Wentylacja kopalń cz. 1 i 2. Wydawnictwa AGH, Kraków, 2010.
- [11] Materiały internetowe: Halicki W., Nowak S., Staroń P.: Koksownia Przyjaźń dziś i jutro – perspektywy rozwoju, JSW Koks S.A., 2017.
- [12] Norma PN-EN 481 z 21 sierpnia 2018.

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ