

Urszula Mikołajczyk¹

Stella Bujak-Pietrek¹

Irena Szadkowska-Stańczyk²

NARAŻENIE NA PYŁ W GÓRNICTWIE WĘGLOWYM. ANALIZA NA PODSTAWIE POMIARÓW WYKONANYCH PRZEZ LABORATORIA BADAŃ ŚRODOWISKA PRACY W POLSCE W LATACH 2001–2005

EXPOSURE TO SILICA DUST IN COAL-MINING. ANALYSIS BASED ON MEASUREMENTS
MADE BY INDUSTRIAL HYGIENE LABORATORIES IN POLAND, 2001–2005

¹ Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera, Łódź; Pracownia Aerozoli

² Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera, Łódź; Zakład Środowiskowych Zagrożeń Zdrowia

STRESZCZENIE

Wstęp: Narażenie na pył związane jest z szeregiem prac wykonywanych w branży górniczej na każdym etapie procesu wydobywczego. W górnictwie źródłem emisji pyłów są wszelkie prace kruszarek, kombajnów ścianowych oraz chodnikowych, wiercenie otworów strzałowych, załadunek i transport urobku oraz pozostałe prace górnicze. Celem prezentowanej analizy była ocena narażenia zawodowego na pył o różnej zawartości wolnej krystalicznej krzemionki w kopalniach węgla kamiennego i brunatnego w Polsce. **Materiał i metody:** Na podstawie danych z laboratoriów badań środowiska pracy dotyczących stężeń pyłu wdychanego i respirabilnego w różnych gałęziach przemysłu przeprowadzono szczegółową analizę narażenia na ten czynnik w kopalniach węglowych w Polsce w latach 2001–2005 z uwzględnieniem określonych stanowisk pracy. Obliczono przeciętne wartości, stopień rozproszenia i zakresy stężeń pyłu oraz odsetki pomiarów przekraczających normatywy higieniczne. **Wyniki:** Najwyższe stężenie pyłu wdychalnego (8,25 mg/m³) i respirabilnego (3,11 mg/m³) oraz najwyższy odsetek przekroczeń (74%) odnotowano w kopalniach węgla kamiennego u pracowników zatrudnionych bezpośrednio przy wydobyciu surowca. W kopalniach węgla brunatnego najwyższe stężenia obu frakcji pyłu dotyczyły stanowisk pracowników zatrudnionych przy transporcie surowca (pył wdychalny — 4,13 mg/m³ i pył respirabilny — 1,02 mg/m³). **Wnioski:** Narażenie na pył w górnictwie węglowym w Polsce nadal stanowi istotny problem higieny i medycyny pracy. Szczególnie wysokie stężenie pyłu często przekraczające NDS występuje w kopalniach podziemnych na stanowiskach związanych bezpośrednio z wydobyciem i transportem surowca oraz obsługą urządzeń mechanicznych. Med. Pr. 2010;61(3):287–297

Słowa kluczowe: górnictwo węglowe, pył zawierający WKK, narażenie zawodowe

ABSTRACT

Background: Exposure to dust is associated with a number of activities of the mining industry at every stage of the output process. Crushing machines, paving loaders, drilling blast holes, loading and transportation of excavated material are the major sources of dust emissions. The purpose of this study was to assess occupational exposure to silica dust in the hard and brown coal mines in Poland. **Materials and Methods:** Based on the measurements of inhalable and respirable dust concentrations, performed by industrial hygiene laboratories in various branches of Polish industry from 2001 to 2005, a detailed analysis of exposure to dust in the all operating coal mines was carried out, taking into account specific workposts. Measurements were made according to current standards; the Taverage dust concentrations, degree of dispersion, range of results and the percentage of measurements exceeding occupational hygiene standards by specific workposts were calculated. **Results:** The highest concentrations of inhalable (8.25 mg/m³) and respirable (3.11 mg/m³) dusts and the highest percentage of exceedances (74%) were noted in workers of hard coal mines, employed directly in the mining process. In the brown coal mines, slightly lower concentrations were found, and the highest levels of both dust fractions were obtained for workers involved in the transportation of raw material (inhalable dust, 4.13 mg/m³ and respirable dust, 1.02 mg/m³). **Conclusions:** Exposure to dust in Polish coal mines is still a major problem of industrial hygiene and occupational medicine. Particularly high concentrations of dust, often exceeding the hygiene standards, were found in underground mines at workposts directly related to the output and transport of raw materials and machinery operation. Med Pr 2010;61(3):287–297

Key words: coal-mining, silica dust, occupational exposure

Adres autorów: Zakład Środowiskowych Zagrożeń Zdrowia, Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera

ul. św. Teresy 8, 91-348 Łódź, e-mail: ulmik@imp.lodz.pl

Nadesłano: 20 kwietnia 2010

Zatwierdzono: 11 maja 2010

Praca wykonywana w ramach zadania finansowego z dotacji na działalność statutową IMP 3.5/2010 pt. „Ocena poziomu narażenia na pył zawierający wolną krystaliczną krzemionkę pracowników zatrudnionych w przemyśle wydobywczym w Polsce w latach 2001–2005”. Kierownik zadania: dr Stella Bujak-Pietrek.



WSTĘP

Górnictwo jako dziedzina przemysłu obejmuje ogół działalności zajmującej się wydobywaniem kopaliny oraz przygotowaniem do obniżenia zawartości zanieczyszczeń w procesie wzbogacania kopaliny. Przemysł górniczy na całym świecie charakteryzuje się trudnymi warunkami naturalnymi i występowaniem prawie wszystkich możliwych rodzajów zagrożeń dla pracowników — bardzo ciężkiej pracy fizycznej, niekorzystnego mikroklimatu, hałasu, wibracji, promieniowania, wysokiej temperatury, bardzo dużej ilości wytworzonych pyłów węgla i mieszanych, metanu oraz wód kopalnianych (1–3). Wielkość i znaczenie zanieczyszczenia środowiska, w tym także środowiska pracy górników, przy wydobywaniu kopaliny zależy od rodzaju surowca, metody, jaką się go wydobywa, oraz wielu innych czynników (4–5).

Istnieją dwa podstawowe typy wydobywania węgla: powierzchniowe i podziemne. Wydobywanie węgla kamiennego jest związane z pracą podziemną w zamkniętej przestrzeni. Górnictwo to również szereg procesów technologicznych, takich jak: eksploatacja kopaliny, drażnienie wyrobisk korytarzowych, obróbka i transport urobku, któremu także towarzyszy wytwarzanie i emisja pyłu. Zadania wykonywane pod ziemią mogą skutkować ruchami górotworów, takimi jak: tąpnięcie, zawały, oberwanie się skał ze stropu, wyrzuty gazów i skał. Roboty strażnicze powodują emisję gazów drażniących i toksycznych, co się wiąże z wszelkiego rodzaju wybuchami pyłowymi i gazowymi. Źródłem zapylenia powietrza w kopalniach węgla kamiennego są przede wszystkim kombajny ścianowe i kruszarki, a także przenośniki urobku, zwłaszcza w miejscach przesypu. Powstający pył w dużych stężeniach przechodzi wraz z prądami powietrza do systemu wentylacji i stanowi istotne zagrożenie dla zdrowia (6–7). W kopalniach odkrywkowych, w których wydobywa się węgiel brunatny, narażenie na pył jest również wysokie, ale znacznie niższe w porównaniu z kopalniami podziemnymi. Z emisją pyłu związane są także procesy, jak: wiercenie, wysadzanie, zdejmowanie i załadunek wydobytego surowca, transport, czyszczenie surowca, usuwanie odpadów oraz rekultywacja powierzchni gruntowej (8).

Z danych Głównego Urzędu Statystycznego wynika, że w Polsce w 2007 r. narażenie zawodowe na pył dotyczyło ponad 60 tys. zatrudnionych, z czego 52 tys. osób było narażonych na działanie przemysłowych pyłów zwłókniających (9). Badania i pomiary środowiska pracy przeprowadzone w różnych sektorach przemysłu

w Polsce dowodzą, że około 50% pomiarów pyłu przekraczających najwyższe dopuszczalne stężenie (NDS) odnotowuje się w górnictwie węgla. Narażenie na pył, prawie na wszystkich stanowiskach w przemyśle górniczym, przekracza standardy higieniczne, czyli granice uznane przez ekspertów za bezpieczne dla zdrowia pracowników (10).

Przez dziesięciolecia celem wielu badań z zakresu higieny i medycyny pracy było określenie nie tylko ekspozycji na pył, ale również relacji między tymi czynnikami a chorobami układu oddechowego. Pozwoliły one na poznanie skali problemu oraz patomechanizmów dotyczących pyłu w środowisku pracy (11–14). U górników pracujących w kopalniach węgla kamiennego i brunatnego powszechnie występują problemy zdrowotne wynikające z wdychania pyłu, który w zależności od składu, stężenia i stopnia rozdrobnienia ma różnorodne działanie. Dominujące w środowisku kopalni pyły węgla zawierają zazwyczaj od 2–10% wolnej krystalicznej krzemionki (WKK) i zaliczone są do pyłów zwłókniających (15).

Mimo że ekspozycja na pył jest od wielu lat kontrolowana i monitorowana w czasie, a wielu pracodawców próbuje obniżyć stężenia emitowanych pyłów poprzez poprawę warunków pracy w wyniku stosowania nowoczesnych rozwiązań i technologii, to nadal często odnotowuje się przekroczenia dopuszczalnych normatywów (16).

Od wielu lat wśród pracowników kopalni węgla zachorowalność na pylicę płuc utrzymuje się na wysokim poziomie. Na tle pozostałych chorób zawodowych pylice płuc zajmują zdecydowanie pierwsze miejsce pod względem liczby zachorowań. W minionych 10 latach w Polsce zachorowało na nią ok. 5000 górników. Wykazano przy tym, że pylica płuc stanowi ponad trzy czwarte (76,6%) wszystkich chorób zawodowych wśród górników. W 2008 roku w przemyśle górniczym odnotowano ok. 461 nowych przypadków zawodowych pylic płuc (17).

Celem prezentowanej analizy była ocena narażenia zawodowego pracowników na pył z uwzględnieniem stanowisk pracy w kopalniach węgla kamiennego i brunatnego.

MATERIAŁ I METODY

W ramach projektu uprzednio realizowanego przez Zakład Środowiskowych Zagrożeń Zdrowia Instytutu Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera w Łodzi utworzono bazę danych zawierającą informacje o narażeniu zawodowym na pyły pracowników w różnych gałęziach go-



spodarki w Polsce. Zgromadzone w niej dane to wyniki pomiarów stężeń pyłu z uwzględnieniem frakcji wdychalnej i respirabilnej, które były wykonywane przez laboratoria badań środowiska pracy w całym kraju w latach 2001–2005. Wyniki te zostały udostępnione przez wojewódzkie i powiatowe stacje sanitarno-epidemiologiczne (10).

Laboratoria wykonujące pomiary w środowisku pracy zobligowane są do stosowania metod zgodnych z normami obowiązującymi w Polsce. Poborów prób powietrza i oceny stężenia pyłu na stanowiskach pracy we wszystkich laboratoriach dokonuje się zgodnie z PN-91/Z-04030/05 i PN-91/Z-04030/06 (18–19).

Analizą zaprezentowaną w niniejszej publikacji objęto wyniki pomiarów stężeń pyłu na stanowiskach pracy w górnictwie, które według PKD (Polska Klasyfikacja Działalności) są zakwalifikowane do działu 10., obejmującego grupę 10.1 — wydobywanie węgla kamiennego i 10.2 — wydobywanie węgla brunatnego (20). Łącznie analizą objęto 17 403 pomiary,

w tym 15 412 dotyczących wydobywania węgla kamiennego i 1991 dotyczących węgla brunatnego. Na podstawie opisu wykonywanych czynności, rodzaju wykorzystywanych maszyn i urządzeń, stosowanych procesów technologicznych i miejsca, w którym zlokalizowane były stanowiska, wyodrębniono i nazwano poszczególne stanowiska pracy. Stanowiska te zebrano w grupy o podobnym charakterze i miejscu pracy. Utworzono 6 grup stanowisk w kopalni węgla kamiennego i 3 grupy w kopalni węgla brunatnego. Wyszczególnione grupy oraz przypisane im stanowiska pracy opisano w tabeli 1. Dane obejmujące stężenia pyłu wdychalnego i respirabilnego analizowano dalej według wyodrębnionych grup stanowisk.

Analiza statystyczna obejmowała wyznaczenie stężeń obu frakcji pyłu (wdychalnej i respirabilnej), wartości średniej geometrycznej, odchylenia geometrycznego i mediany. Ponadto określono, w jakim odsetku stężenia pyłu przekraczały obowiązujące normatywy higieniczne, uwzględniając rodzaj pyłu (21).

Tabela 1. Podział stanowisk na grupy o podobnym charakterze i miejscu wykonywania pracy oraz liczba pomiarów w każdej z grup
Table 1. Division of workpost groups according to similar type and place of work and the number of surveys in individual groups

lp. order no.	Grupa stanowisk Job group		Stanowiska w grupie Jobs within the group	Pomiary Surveys n
	nazwa name			
Wydobywanie węgla kamiennego / Hard coal mining				
1	Górnicy zatrudnieni bezpośrednio przy wydobywaniu surowca / Miners employed directly in coal output		przodowy, szybowy, ścianowy, kombajnowy, sekcyjny, strzałowy, wiertacz, węglowy / face foreman, shaftsman, longwall miner, cutter-loaderman, blaster, crutter, coal miner	5 963
2	Górnicy zatrudnieni przy transporcie surowca / Miners employed in handling of the product		operatorzy: ciągu wydobywczego, ładowarki urobku skalnego, taśmociągu, przenośników: chodnikowych, przesypowych, przodkowych, taśmowy zbiorczy, wyładunku; maszynista kolejki, manewrowy / operators of: flow string, belt conveyors, railway driver, shunter	3 919
3	Górnicy zatrudnieni przy obsłudze urządzeń mechanicznych i inni pracownicy techniczni w kopalni / Miners employed as operators of machines and other technical staff in the mine		operatorzy: odwadniarek, pomp, wentylacji / operators of: drainer, pumps, ventilation system; inni: rabunkarz, zbrojarz, cieśla, elektryk, ślusarz, mechanik, spawacz, hydraulik / prop drawer, fixer, carpenter, electrician, fitter, mechanic, welder, plumberher staff: prop with drawer, steel fixer, timberer, electrician, locksmith, mechanician, welder, plumber	3 468
4	Pracownicy zatrudnieni przy przeróbce surowca / Workers employed in material processing		operatorzy: sortowni, mieszalnika, sprzężarek, prasy, urządzeń kruszących, przesiewaczy, podajników, pompowni, zbiorników miazła i węgla / operators of sorting plant, mixer, compressors, presses, crushing equipment, screens, feeders, pumping station, coal and fines reservoirs	1 177
5	Pracownicy zatrudnieni przy obsłudze urządzeń mechanicznych i inni pracownicy techniczni / Service & maintenance personnel and other technical staff		operator urządzeń przyszybowych, elektryk, ślusarz, stolarz, mechanik, tokarz, wagowy / operators of shaft equipment, electrician, locksmith, carpenter, mechanic, turner	674



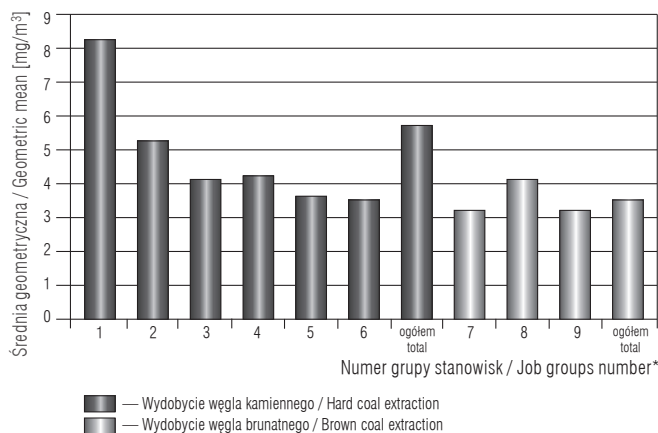
Tabela 1. Podział stanowisk na grupy o podobnym charakterze i miejscu wykonywania pracy oraz liczba pomiarów w każdej z grup — cd.
Table 1. Division of workpost groups according to similar type and place of work and the number of surveys in individual groups — cont.

Grupa stanowisk Job group		Stanowiska w grupie Jobs within the group	Pomiary Surveys n
lp. order no.	nazwa name		
6	Pozostali pracownicy / Other workers	inspektor, kierowca, laborant, pakowacz, próbobiorca, ratownik, rewident, wydawca narzędzi, operator monitorów i urządzeń pomiarowych, wózka widłowego, archiwista, dyrektor, dyspozytor, kierownik ruchu zakładu / / inspector, driver, laboratory technician, packer, sample collector, rescue worker inspector, person in charge of tools, operators of monitors and measuring equipment, fork-lift truck driver, archivist, director, dispatcher, plant traffic manager	211
Wydobywanie węgla brunatnego / Brown coal mining			
7	Górnicy zatrudnieni bezpośrednio przy wydobywaniu surowca / Miners employed directly in coal output	przodkowy, szybowy, ścianowy kombajnowy, sekcyjny, strzałowy, wiertacz, węglowy / face foreman, shaftsman, longwall miner cutter, section supervisor, blaster, crutter, coal miner	375
8	Górnicy zatrudnieni przy transporcie surowca / / Miners employed in handling of the material	operatorzy: ładowarki, taśmociągu, przenośników, przesypu, wyładunku / / operators of flow string and belt conveyors	801
9	Pracownicy zatrudnieni przy obsłudze urządzeń mechanicznych i inni pracownicy techniczni / / Service & maintenance personnel and other technical staff	elektryk, ślusarz, spawacz, stolarz, monter konstrukcji, operator odwadniania, magazynier / electrician, fitter, welder, carpenter, fitter, drain system operator, store-keeper	815
Ogółem / Total			17 403

WYNIKI

Szczegółowe dane ilustrujące przeciętne stężenia obu frakcji pyłu oraz ocenę narażenia górników węgla kamiennego i brunatnego zamieszczono na rycinach 1. i 2. oraz w tabeli 2. Średnie stężenie geome-

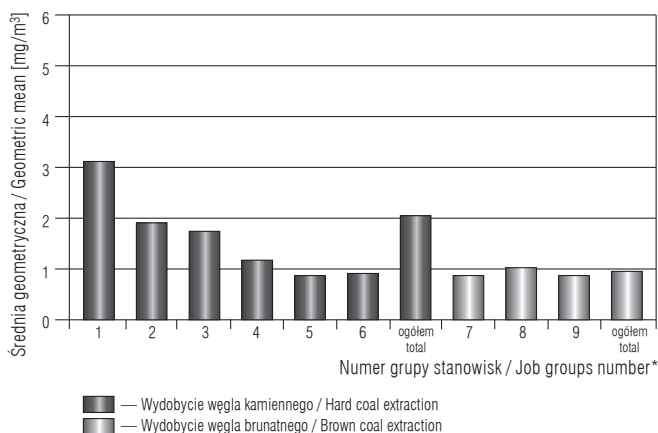
tryczne (GM) pyłu wdychalnego w kopalniach węgla kamiennego wynosiło $5,73 \text{ mg/m}^3$, a odchylenie geometryczne (GSD) — $2,72 \text{ mg/m}^3$ natomiast w kopalniach węgla brunatnego odpowiednio: $3,54 \text{ mg/m}^3$ i $1,76 \text{ mg/m}^3$.



* Szczegółowy opis grup i stanowisk w tabeli 1 / Detailed description by job groups in Table 1.

Ryc. 1. Średnie geometryczne stężenie pyłu wdychalnego według grup stanowisk branży górniczej węgla kamiennego i brunatnego w Polsce.

Fig. 1. Geometric mean of the concentration of inhalable dust by job groups in hard and brown coal mining in Poland.



* Szczegółowy opis grup i stanowisk w tabeli 1 / Detailed description by job groups in Table 1.

Ryc. 2. Średnie geometryczne stężenie pyłu respirabilnego według grup stanowisk branży górniczej węgla kamiennego i brunatnego w Polsce.

Fig. 2. Geometric mean of respirable dust concentrations by job groups in hard and brown coal mining in Poland.



Tabela 2. Stężenia i ocena narażenia na pył wdychalny i respirabilny w górnictwie węgla kamiennego i brunatnego w poszczególnych grupach stanowisk w Polsce w latach 2001–2005

Table 2. Concentrations and assessment of exposure to inhalable and dusts by job groups in hard and brown coal mines in Poland, 2001–2005

lp. order no.	Grupa stanowisk Job group nazwa name	Pomiary pyłu Surveys of dust n		GM [mg/m ³]		GSD [mg/m ³]		Me [mg/m ³]		Pomiary powyżej NDS Surveys above MAC [%]	
		P _w	P _R	P _w	P _R	P _w	P _R	P _w	P _R	P _w	P _R
Wydobywanie węgla kamiennego / Hard coal mining											
1	Bezpośrednie wydobywanie surowca / / Direct coal mining output	5 963	4 372	8,25	3,11	2,94	2,69	10,50	3,80	74,76	70,84
2	Transport surowca / Product handling	3 919	3 174	5,28	1,90	2,39	2,46	5,70	1,90	56,32	50,41
3	Obsługa urządzeń mechanicznych i inne prace techniczne w kopalni / / Machine servicing personnel and other technical staff in the mine	3 468	3 052	4,17	1,71	2,52	2,61	4,13	1,71	54,27	48,56
4	Przeróbka surowca / Product processing	1 177	853	4,26	1,14	2,01	1,94	4,00	1,20	29,65	17,70
5	Obsługa urządzeń mechanicznych i inne prace techniczne / Machine servicing personnel and other technical staff	674	423	3,65	0,86	2,11	2,26	3,70	1,00	16,91	14,42
6	Pozostałe stanowiska wyżej niesklasyfikowani pracownicy / / Other staff posts unclassified above	211	161	3,52	0,90	2,09	2,47	3,60	0,97	24,64	13,66
Ogółem / Total		15 412	12 035	5,73	2,05	2,72	2,72	5,85	2,72	58,80	53,29
Wydobywanie węgla brunatnego / Brown coal mining											
7	Wydobywanie surowca / Raw material extraction	375	372	3,23	0,88	1,63	1,54	3,58	0,90	32,00	14,78
8	Transport surowca / Product handling	801	785	4,13	1,02	1,65	1,66	4,80	1,20	55,43	38,60
9	Obsługa urządzeń mechanicznych i inne prace techniczne / Machine servicing and other technical jobs	815	788	3,17	0,85	1,86	1,75	3,90	0,96	47,98	32,36
Ogółem / Total		1 991	1 945	3,54	0,92	1,76	1,69	3,90	1,00	47,97	31,52

P_w — pył wdychalny / inhalable dust.

P_R — pył respirabilny / respirable dust.

GM — średnia geometryczna / geometric mean.

GSD — odchylenie geometryczne / geometric deviation.

Me — mediana / median.

Najwyższe średnie stężenie tej frakcji pyłu odnotowano w grupie obejmującej górników węgla kamiennego zatrudnionych bezpośrednio przy wydobywaniu surowca (GM = 8,25 mg/m³, GSD = 2,94 mg/m³). Aż 74,76% wyników pomiarów wykonanych w tej grupie przekraczało najwyższe dopuszczalne stężenie (NDS).

Wysokie stężenia pyłu wdychalnego stwierdzono również w grupie górników węgla kamiennego zatrudnionych przy transporcie surowców i przy obsłudze urządzeń mechanicznych. Wartości średniej geome-

trycznej i odchylenia geometrycznego w tych grupach wynosiły odpowiednio: 5,28 mg/m³ i 2,39 mg/m³ oraz 4,17 mg/m³ i 2,52 mg/m³. Przekroczenia normatywu higienicznego dotyczyły ponad połowy pomiarów (odpowiednio: 56% i 54%). Tylko nieco niższe narażenie na pył wykazano u górników węgla brunatnego zatrudnionych zarówno przy transporcie, jak i przy wydobywaniu surowca — odpowiednio: GM = 4,13 mg/m³ i 3,23 mg/m³, GSD = 1,65 mg/m³ i 1,63 mg/m³, przekroczenia NDS: 55% i 32%.



Odnosnie do pyłu respirabilnego przeciętne stężenie (GM) w kopalniach węgla kamiennego wynosiło 2,05 mg/m³ (GSD = 2,72 mg/m³), a przy wydobywaniu węgla brunatnego — 0,92 mg/m³ (GSD = 1,69 mg/m³). Podobnie jak w przypadku pyłu wdychalnego również stężenia pyłu respirabilnego we wszystkich analizowanych grupach stanowisk były wyższe niż wartości dopuszczalne. Najwyższe stężenia tej frakcji pyłu stwierdzono w kopalniach węgla kamiennego w następujących grupach stanowisk:

- górnicy węgla kamiennego zatrudnieni bezpośrednio przy wydobyciu surowców — GM = 3,11 mg/m³ (GSD = 2,69 mg/m³), 70% wyników pomiarów powyżej wartości NDS,
- górnicy węgla kamiennego zatrudnieni przy transporcie surowców — GM = 1,9 mg/m³ (GSD = 2,46 mg/m³), 50% wyników pomiarów powyżej wartości NDS,

- górnicy węgla kamiennego zatrudnieni przy obsłudze urządzeń mechanicznych i inni pracownicy techniczni w kopalni — GM = 1,71 mg/m³ (GSD = 2,61 mg/m³), ponad 48% wyników pomiarów powyżej wartości NDS.

Relatywnie wysoki odsetek (38%) przekroczeń NDS w przypadku pyłu respirabilnego występował również w grupie pracowników zatrudnionych w kopalni węgla brunatnego przy transporcie surowców, gdzie średnie stężenie frakcji pyłu (GM) było na poziomie 1,02 mg/m³ (GSD = 1,66 mg/m³).

Stężenia pyłu wdychalnego i respirabilnego z uwzględnieniem jego rodzaju

Szczegółowe wyniki ilustrujące stężenia i ekspozycję na pył z uwzględnieniem jego rodzaju przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Stężenie i ocena narażenia na różne rodzaje pyłów w górnictwie węgla kamiennego i brunatnego w latach 2001–2005 — pył wdychalny i respirabilny

Table 3. Concentration and assessment of exposure to different dusts in hard and brown coal mines in 2001–2005 — inhalable and respirable dusts

Nr/kod pyłu* No/code of dust	Pył Specification	Pomiary pyłu Surveys of dust n		GM [mg/m ³]		GSD [mg/m ³]		Me [mg/m ³]		Pomiary powyżej NDS Surveys above MAC [%]	
		P _w	P _R	P _w	P _R	P _w	P _R	P _w	P _R	P _w	P _R
Wydobywanie węgla kamiennego / Hard coal mining											
2	Pyły zawierające 2–50% WKK / Dusts containing 2–50% of free crystalline silica (FCS)	244	234	3,08	0,84	2,00	2,43	3,30	0,80	23,53	20,51
5	Inne nietrujące pyły przemysłowe, w tym zawierające < 2% WKK / Other non-toxic industrial dusts containing less than 2% of FCS	232	–	5,44	2,09	1,60	–	5,30	–	6,03	–
12: a,b,c,d	Pył węgla kamiennego i brunatnego zawierające WKK / Hard and brown coal dusts containing free crystalline SiO ₂										
	ogółem / total	14 936	11 800	5,79	0,14	2,74	2,70	6,00	2,20	60,20	53,94
	a) > 50% WKK	6	6	0,55	–	1,43	1,26	0,62	0,13	–	–
	b) > 10–50% WKK	2 730	1 547	2,41	1,10	1,99	2,22	1,98	0,89	49,38	35,55
	c) 2–10% WKK	10 273	10 247	6,70	2,31	2,64	2,67	7,33	2,50	66,92	56,75
	d) < 2% WKK	1 927	–	9,24	–	2,36	–	8,5	–	39,85	–
	Ogółem / Total	15 412	12 034	5,73	2,05	2,72	2,72	5,85	2,13	58,80	53,29
Wydobywanie węgla brunatnego / Brown coal mining											
2	Pyły zawierające 2–50% WKK / Dusts containing 2–50% of FCS	1 414	1 404	3,32	0,84	1,83	1,73	3,80	0,90	45,62	43,30
5	Inne nietrujące pyły przemysłowe w tym zawierające < 2% WKK / Other non-toxic industrial dusts containing less than 2% of FCS	16	–	4,40	–	5,61	–	3,50	–	6,25	–



Tabela 3. Stężenie i ocena narażenia na różne rodzaje pyłów w górnictwie węgla kamiennego i brunatnego w latach 2001–2005 — pył wdychalny i respirabilny — cd.**Table 3.** Concentration and assessment of exposure to different dusts in hard and brown coal mines in 2001–2005 — inhalable and respirable dusts — cont.

Nr/kod pyłu* No/code of dust	Pył Specification	Pomiary pyłu Surveys of dust n		GM [mg/m ³]		GSD [mg/m ³]		Me [mg/m ³]		Pomiary powyżej NDS Surveys above MAC [%]	
		P _w	P _R	P _w	P _R	P _w	P _R	P _w	P _R	P _w	P _R
12: c,d	Pyły węgla kamiennego i brunatnego zawierające WKK / Hard and brown coal dusts containing free crystalline SiO ₂										
	ogółem / total	561	–	4,19	–	1,50	–	4,58	–	55,79	–
	c) 2–10% WKK	541	541	4,09	1,16	1,47	1,41	4,54	1,20	26,19	0,92
	d) < 2% WKK	20	–	7,80	–	1,50	–	8,50	–	45,00	–
	Ogółem / Total	1 991	1 945	3,54	0,92	1,76	1,69	3,90	1,00	47,97	31,52

Objaśnienia jak w tabeli 2 / Abbreviations as in Table 2.

* Numer/kod pyłu zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie NDS / Code number of dust specified in accordance with the Decree of the Minister of Labour and Social Policy on MAC values, 29 November 2002.

W kopalniach węgla kamiennego najwięcej — 10 273 — analizowanych pomiarów frakcji wdychanej dotyczyło pyłu węgla zawierającego 2–10% wolnej krystalicznej krzemionki (WKK), który w Rozporządzeniu Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy oznakowany jest jako 12c, o obowiązującym normatywie higienicznym wynoszącym 4 mg/m³ (21,19). Przeciętne stężenie dla tego rodzaju pyłu wynosiło 6,70 mg/m³ (GSD = 2,64 mg/m³), przy czym aż 66,9% pomiarów przekraczało NDS.

W przypadku pyłu węgla zawierającego 10–50% WKK (oznakowanego jako 12b, NDS = 2 mg/m³) analizą objęto 2730 pomiarów, których średnie stężenie wynosiło 2,41 mg/m³ (GSD = 1,99 mg/m³). Aż 49% pomiarów przekraczało obowiązujący normatyw.

W przypadku frakcji respirabilnej najlicniejsza grupa pomiarów — 10 247 — dotyczyła pyłu węgla zawierającego 2–10% WKK. Średnie stężenie dla tego pyłu wynosiło 2,31 mg/m³ (GSD = 2,67 mg/m³), a NDS przekraczało aż 56,75% pomiarów.

W kopalniach węgla brunatnego najwięcej pomiarów frakcji wdychalnej — 1414 — dotyczyło pyłu zawierającego 2–50% WKK, (NDS = 4 mg/m³). Średnie stężenie wynosiło 3,32 mg/m³ (GSD = 1,83 mg/m³). Dla tego rodzaju pyłu 45% pomiarów przekraczało NDS.

W odniesieniu do pyłów węgla brunatnego (frakcja wdychalna) zawierających 2–10% WKK (oznakowanych jako 12c, NDS = 4 mg/m³) wykonano 541 pomiarów, których średnia i odchylenie geometryczne wynosiły odpowiednio: GM = 4,09 mg/m³ i GSD = 1,47 mg/m³. Aż 26,19% pomiarów przekraczało NDS.

W przypadku frakcji respirabilnej podobnie najwięcej pomiarów — 1404 — dotyczyło pyłu zawierającego 2–50% WKK. Średnie stężenie i odchylenie geometryczne wynosiły odpowiednio: GM = 0,84 mg/m³ i GSD = 1,73 mg/m³, a 43,30% wyników przekraczało NDS.

Dynamika zmian poziomu stężeń pyłu wdychalnego i respirabilnego na przestrzeni lat 2001–2005

W górnictwie węgla kamiennego, które charakteryzuje się najwyższymi stężeniami obu frakcji pyłu i znacznymi przekroczeniami wartości normatywów higienicznych, w badanym okresie wykazano wzrost średnich stężeń pyłu zarówno wdychalnego (z 4,85 mg/m³ w 2001 r. do 6,89 mg/m³ w 2005), jak i respirabilnego (z 1,48 mg/m³ do 2,89 mg/m³). Nie obserwowano takiej tendencji w kopalniach odkrywkowych węgla brunatnego, gdzie można zauważyć niewielki spadek przeciętnych stężeń obu frakcji pyłu. Szczegółowe dane zamieszczono w tabeli 4. oraz na rycinach 3. i 4.

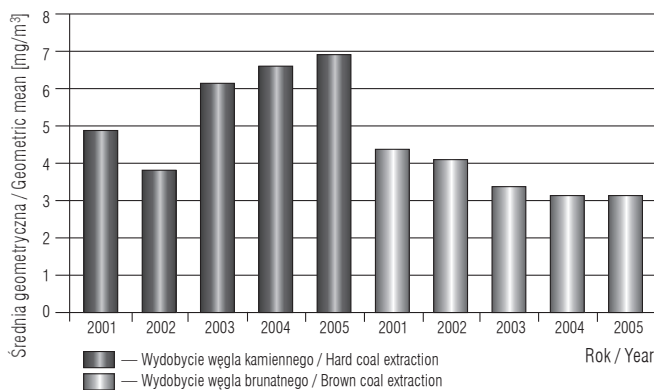


Tabela 4. Dynamika zmian poziomów stężeń pyłu wdychalnego i respirabilnego w górnictwie węgla kamiennego i brunatnego w Polsce w latach 2001–2005

Table 4. Trends of changes in the concentration levels of inhalable and respirable dusts in hard and brown coal mines in Poland, 2001–2005

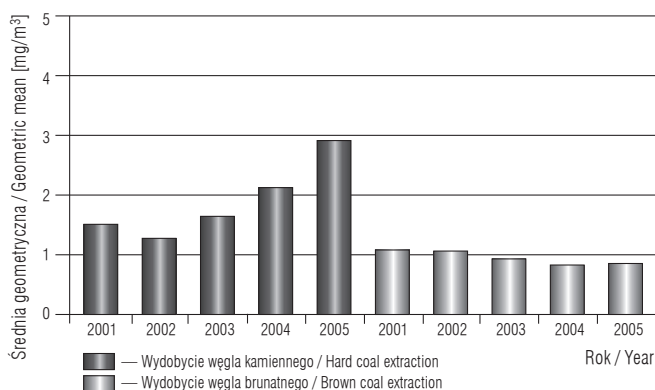
Rok Year	N		GM		GSD		Me		Pomiary powyżej NDS Surveys above MAC [%]	
	P _w	P _R	P _w	P _R	P _w	P _R	P _w	P _R	P _w	P _R
Wydobywanie węgla kamiennego / Hard coal mining										
2001	2 502	1 618	4,85	1,48	2,65	2,59	4,00	1,30	46,08	33,07
2002	2 544	1 258	3,77	1,26	2,39	2,38	3,30	1,20	40,21	27,19
2003	2 504	1 948	6,12	1,64	2,98	2,81	6,10	1,81	58,59	43,94
2004	2 929	2 669	6,56	2,07	5,57	2,71	7,00	2,30	65,65	55,56
2005	4 933	4 541	6,89	2,89	2,62	2,50	8,00	3,17	70,87	70,40
Ogółem / Total	15 412	12 034	5,73	2,05	2,72	2,72	5,85	2,13	58,80	53,29
Wydobywanie węgla brunatnego / Brown coal mining										
2001	339	333	4,32	1,07	1,48	1,45	5,00	1,20	59,29	38,74
2002	365	360	4,09	1,04	1,47	1,51	4,80	1,20	52,88	30,00
2003	445	440	3,37	0,90	1,86	1,84	4,33	1,09	52,58	38,41
2004	512	508	3,15	0,82	1,83	1,77	3,74	0,90	39,84	25,98
2005	330	304	3,15	0,84	1,91	1,63	3,76	0,90	37,27	24,67
Ogółem / Total	1 991	1 945	3,54	0,92	1,76	1,69	3,90	1,00	47,97	31,52

Objaśnienia jak w tabeli 2 / Abbreviations as in Table 2.



Ryc. 3. Średnie geometryczne stężenia pyłu wdychalnego w górnictwie węgla kamiennego i brunatnego w latach 2001–2005 w Polsce.

Fig. 3. Geometric mean concentration of inhalable dust in hard and brown coal mining in Poland, 2001–2005.



Ryc. 4. Średnie geometryczne stężenie pyłu respirabilnego w górnictwie węgla kamiennego i brunatnego w latach 2001–2005 w Polsce.

Fig. 4. Geometric mean of respirable dust concentrations in hard and brown coal mining in Poland, 2001–2005.

OMÓWIENIE

Jednym z istotnych i najczęściej występujących zagrożeń dla zdrowia pracowników w branży górniczej jest ekspozycja na wysokie stężenia pyłu. Narażenie na pył jest związane z szeregiem prac wykonywanych w branży górniczej na każdym etapie procesu wydobywczego

i różnorodnych czynności związanych z obróbką wydobytego surowca. W górnictwie źródłem emisji pyłów są przede wszystkim wszelkiego rodzaju prace wydobywcze, począwszy od eksploatacji kopaliny (węgla) po drażnienie wyrobisk korytarzowych, prace kombajnów ścianowych, transport urobku przenośnikami taśmo-



wymi, prace kruszarek i wiele innych prac chodnikowych, szczególnie w rejonach przesypów, wiercenie otworów strzałowych i pozostałych (22).

Pył obecny w kopalniach zawiera wolną krystaliczną krzemionkę w różnych stężeniach w zależności od wyrobiska i etapu prac związanych z wydobywaniem surowca. Składnik ten i jego stężenie ma decydujące znaczenie w odniesieniu do siły działania zwłókniającego pyłu w układzie oddechowym człowieka i wyznacza poziom ryzyka dla zdrowia pracowników narażonych. Częstotliwość wykonywania pomiarów stężenia pyłu zależy przede wszystkim od czynnika szkodliwego występującego w środowisku pracy (20).

W niniejszej publikacji przeprowadzono szczegółową analizę narażenia na pyły w latach 2001–2005 we wszystkich funkcjonujących kopalniach węgla kamiennego i brunatnego w Polsce, z uwzględnieniem określonych stanowisk pracy. Odniesienie wyników i wniosków nie tylko do grup wyodrębnionych w Polskiej Klasyfikacji Działalności, ale także do stanowisk pracy, zwiększa przydatność i możliwość wykorzystania ich do planowania przedsięwzięć profilaktycznych dotyczących warunków pracy.

Przedstawione przez laboratoria opisy stanowisk pracy, na których wykonano pomiary, zostały wykorzystane do utworzenia w miarę jednorodnych grup obejmujących czynności tego samego rodzaju. W grupach tych określono zarówno przeciętną wartość stężenia pyłu i stopień rozproszenia wyników oraz odsetek przekroczeń normatywów higienicznych, jak i dynamikę zmian poziomu stężeń obu frakcji pyłu w badanym pięcioleciu.

Najwyższą średnią wartość stężenia pyłu zarówno frakcji wdychalnej, jak i respirabilnej oraz największy odsetek pomiarów przekraczających normatywy higieniczne odnotowano w grupie górników węgla kamiennego zatrudnionych bezpośrednio przy jego wydobywaniu. Wysokie stężenia obu frakcji pyłu, przekraczające w znacznym stopniu wartości dopuszczalne, dotyczyły również grupy górników węgla kamiennego zatrudnionych przy transporcie surowca oraz pracowników zatrudnionych przy obsłudze urządzeń mechanicznych. Wyniki licznych badań, przeprowadzonych do tej pory w Polsce, potwierdzają powyższe ustalenia i wskazują, że występujące na większości stanowisk pracy w kopalniach węgla kamiennego wysokie stężenia pyłów przekraczają znacznie poziomy bezpieczne dla zdrowia pracownika.

Z badań przeprowadzonych przez Szlązak i wsp. wynika, że na stanowisku kombajnisty w wybranych

wyrobiskach stężenie pyłu wdychalnego mieściło się w przedziale 20–35 mg/m³, a średnie stężenie oscylowało wokół 24 mg/m³. Stężenie frakcji respirabilnej na tym stanowisku wynosiło natomiast 8 mg/m³. Zawartość wolnej krystalicznej krzemionki wahała się w zależności od danego wyrobiska od 1,49% do 9,60%. Z kolei w wylocie z wyrobiska stężenie pyłu wdychalnego mieściło się w przedziale 3,80–17,92 mg/m³, a pyłu respirabilnego — 0,90–6,25 mg/m³. Autorzy podkreślają, że na stężenie pyłu wpływa ilość emisji pyłu podczas prac podziemnych, a także sprawność wentylacji i instalacji zraszających (23).

Departament Warunków Pracy Wyższego Urzędu Górniczego (WUG) opublikował materiał dotyczący stanu bezpieczeństwa i higieny pracy w górnictwie, a w szczególności zwalczania zagrożenia pyłami szkodliwymi dla zdrowia w kopalniach węgla kamiennego. Przedstawiono w nim krotności przekroczeń NDS na odpowiednich stanowiskach pracy w rejonie ścian i drążonych wyrobisk korytarzowych oraz krotności przekroczeń NDS dla pyłu wdychalnego na wybranych stanowiskach: górnik kombajnista — 0,28–14,60 razy, górnik sekcyjny — 0,23–14,80 i górnik pracujący w górnej wnęcie — 0,30–14,93. W przypadku pyłu respirabilnego krotności przekroczeń na stanowiskach pracy wynosiły: u kombajnisty — 0,65–7,90, u górnika sekcyjnego — 0,40–8,30, a u górnika pracującego przy górnej wnęcie — 0,50–8,25. Z analizy WUG wynika, że w kopalniach podziemnych na stanowiskach pracy w rejonie ścian oraz drążonych wyrobisk korytarzowych zawartość wolnej krystalicznej krzemionki wynosiła 2–10% (22).

Na podstawie uzyskanych wyników badań przeprowadzonych w Stanach Zjednoczonych w latach 1988–2003 wśród pracowników branży wydobywczej wynika, że największe stężenie pyłu respirabilnego uzyskano na stanowiskach: wiertacza (średnia = 1,3 mg/m³, SD = 2,5 mg/m³) i strzałowego (średnia = 0,6 mg/m³; SD = 0,9 mg/m³). Przekroczenia dopuszczalnych normatywów higienicznych dotyczyły 10% stanowisk objętych badaniem (24).

Jak wynika z przeprowadzonej przez nas analizy, również najwyższe stężenie uzyskano w grupie górników pracujących bezpośrednio przy wydobywaniu surowca, która obejmuje m.in. stanowiska wiertacza i górnika strzałowego. Wartości stężeń stwierdzone na tych stanowiskach były jednak znacznie wyższe i wynosiły dla pyłu wdychalnego 8,25 mg/m³, a dla pyłu respirabilnego — 3,11 mg/m³, a przekroczenia wartości dopuszczalnych stężeń obejmowały ponad 70% pomiarów.



Z kolei z wyników badań przeprowadzonych w Indiach wynika, że podczas wiercenia, kruszenia i załadunku surowca występowały stężenia porównywalne jak w przypadku naszej analizy. Najwyższe stężenie dla pyłu respirabilnego w badaniu Mukherjeego i wsp. uzyskano dla stanowisk wiertacza ($0,81\text{--}9,48\text{ mg/m}^3$) i ładowacza ($0,05\text{--}9,84\text{ mg/m}^3$), a w dalszej kolejności na stanowisku operatora ładowarki ($2,65\text{--}9,11\text{ mg/m}^3$) i operatora ścianowego ($0,12\text{--}9,32\text{ mg/m}^3$) (13). W badaniu przeprowadzonym przez Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera w Łodzi stwierdzono również, że najwyższe stężenia występowały u górników: sekcyjnego, ścianowego i kombajnisty, oraz u górnika zatrudnionego przy transporcie węgla ($GM = 5,28\text{ mg/m}^3$). Ponad 56% wyników na wyżej wymienionych stanowiskach przekraczało obowiązujący normatyw.

W Australii przeprowadzono analizę ekspozycji na pył węglowy w 33 kopalniach. Do badania wykorzystano 11 829 wyników pomiarów stężeń pyłu w środowisku pracy wykonanych w latach 1985–1999. Średnie stężenie pyłu respirabilnego wynosiło $1,51\text{ mg/m}^3$ i mieściło się w zakresie $0,07\text{--}17,00\text{ mg/m}^3$. Autorzy stwierdzili, że 6,9% pomiarów przekraczało normatywy higieniczne (25).

Z naszej analizy wynika, że średnie stężenia pyłu respirabilnego były na znacznie wyższym poziomie i w kopalniach węgla kamiennego w latach 2001–2005 przeciętne stężenie tej frakcji wynosiło $2,05\text{ mg/m}^3$, a w kopalni węgla brunatnego — $0,92\text{ mg/m}^3$. W kopalniach węgla kamiennego NDS przekroczyło ponad 53% wyników, a w kopalniach węgla brunatnego — 31,52%.

W badaniach przeprowadzonych w branży górniczej w RPA stwierdzono natomiast zawartość wolnej krystalicznej krzemionki w próbkach pyłu poniżej 5% dopuszczalnego poziomu ($1,4\text{--}2,7\%$), a średnie stężenia pyłu respirabilnego na wybranych stanowiskach pracy na powierzchni, pod ziemią i bezpośrednio przy ścianie wynosiły odpowiednio: $0,9\text{ mg/m}^3$; 3 mg/m^3 i $1,9\text{ mg/m}^3$ (26). W Polsce na wspomnianych stanowiskach stężenia pyłu respirabilnego kształtowały się podobnie i wynosiły: $0,86\text{ mg/m}^3$ i $3,11\text{ mg/m}^3$.

Kolejne badania w branży górniczej przeprowadzili Mamuya i wsp. na stanowiskach górników pracujących pod ziemią przy ścianie, tworzących ścieżki górnicze, wydobywających surowiec, pracujących przy przekopach, zajmujących się wierceniem, górników wyburzających i obsługujących urządzenia transportowe oraz pozostałych górników technicznych i operatorów. Wykazano, że w tych grupach

pracowników średnie stężenia pyłu respirabilnego wynosiło $0,75\text{ mg/m}^3$, a zawartość kwarcu wynosiła 4–8%. W badaniu tym 34% ogółu pomiarów przekraczało obowiązujący normatyw higieniczny (27). Wyniki przedstawione w badaniu Mamuya i wsp. są zdecydowanie niższe od wyników osiągniętych przez analizę wykonaną w niniejszej publikacji.

W badaniach przeprowadzonych w Turcji w latach 1996–2006, na stanowiskach: górnik przy ścianie, górnik transportowy i pracownicy przy zasypywaniu kamienia, stwierdzono średnie stężenia pyłu respirabilnego wynoszące odpowiednio: $2,08\text{ mg/m}^3$; $1,16\text{ mg/m}^3$ i $1,06\text{ mg/m}^3$ (28). Wyniki te wskazują na nieco niższe poziomy niż uzyskane w naszej analizie odnośnie do porównywalnych stanowisk pracy.

PODSUMOWANIE

Wykonana analiza narażenia na pył w kopalniach węgla kamiennego i brunatnego w Polsce wykazała, że nadal stanowi ono istotny problem higieny i medycyny pracy. Szczególnie wysokie narażenie występuje w kopalniach podziemnych na stanowiskach związanych bezpośrednio z wydobywaniem i transportem surowca oraz obsługą urządzeń mechanicznych w kopalni. U większości pracowników zatrudnionych na tych stanowiskach przekraczane są obowiązujące normatywy higieniczne odnośnie do stężeń pyłu. Stwierdzona sytuacja w skali kraju potwierdza wyniki innych badań i pokazuje, że stosowane w kopalniach środki profilaktyki technicznej dotyczące narażenia na pył mają ograniczoną skuteczność. Szczególnej uwagi wymaga więc stosowanie jak najefektywniejszych ochron indywidualnych (szczególnie dróg oddechowych) i kontynuowanie intensywnych programów profilaktyki medycznej, ukierunkowanych szczególnie na wczesne wykrywanie zmian patologicznych związanych z narażeniem na pył.

PIŚMIENNICTWO

1. Onder M., Onder S., Akdag T., Ozgun F.: Investigation of dust levels in different areas of underground coal mines. *Int. J. Occup. Saf. Ergon.* 2009;15(1):125–130
2. Bakke B., Stewart P., Ulvested B., Eduard W.: Dust and gas exposure in tunnel construction mining. *Ann. Occup. Hyg.* 2001;62:457–465
3. Bratveit M., Moen B.E., Marshalla Y.J.S., Maalim H.: Dust exposure during small-scale mining in Tanzania: a pilot study. *Ann. Occup. Hyg.* 2003;47:235–240



4. Donbak L., Rencuzogullari E., Yavuz A., Topaktas M.: The genotoxic risk of underground coal miners from Turkey. *Mutat. Res.* 2005;588:82–87
5. Zgadzaj J., Trenczek S., Gryt J.: Skażenie powietrza jako następstwo emisji pyłu przez kopalnie węgla kamiennego. *Mech. Aut. Górn.* 2000;4–5(354):65–71
6. Mróz J., Szczygielska M., Małachowski M., Choroba T.: System pomiarów zapylenia dla kopalń węgla kamiennego. *Elektronika* 2008;6:79–81
7. Szczygielska M., Mróz J.: Monitorowanie zapylenia powietrza w kopalniach węgla kamiennego. *Mech. Aut. Górn.* 2007;432(1):5–17
8. Ghose M. K.: Generation and quantification of hazardous dusts from coal mining in the Indian context. *Environ. Monit. Assess.* 2007;130:35–45
9. Główny Urząd Statystyczny. Warunki pracy w 2007 roku. GUS, Warszawa 2008
10. Bujak-Pietrek S., Mikołajczyk U., Szadkowska-Stańczyk I., Stroszejn-Mrowca G.: Narażenie pracowników wybranych gałęzi gospodarki na pyły — wykorzystywanie elektronicznej ogólnopolskiej bazy danych. *Med. Pr.* 2008;59(3):203–213
11. Cohen R.A., Patel A., Green F.H.: Lung disease caused by exposure to coal mine and silica dust. *Semin. Respir. Crit. Care Med.* 2008;29(6):651–661
12. Donoghue A.M.: Occupational health hazards in mining: an overview. *Occup. Med.* 2004;54:283–289
13. Mukherjee A.K., Bhattacharya S.K., Saiyed H.N.: Assessment of respirable dust and its free silica contents in different Indian coalmines. *Ind. Health* 2005;43(2):277–284
14. Ross M.H., Murray J.: Occupational respiratory disease in mining. *Occup. Med.* 2004;54(5):304–310
15. Finkelman R.B., Orem W., Castranova V., Tatu C.A., Beklin H.E., Zheng B. i wsp.: Health impacts of coal and coal use: possible solutions. *Int. J. Coal. Geol.* 2002;50:425–443
16. Gillies A.D.S., Wu H.W.: Improving mine conditions with real time monitoring of respirable dust. *Arch. Min. Sci.* 2007;52(4):483–503
17. Wilczyńska U., Szeszenia-Dąbrowska N., Szymczak W.: Choroby zawodowe stwierdzone w Polsce w 2008 roku. *Med. Pr.* 2009;60(3):167–178
18. PN-91/Z-04030/05. Oznaczanie pyłu całkowitego na stanowiskach pracy metodą filtracyjno-wagową. Polski Komitet Normalizacji, Miar i Jakości, Warszawa 1991
19. PN-91/Z-04030/06. Oznaczanie pyłu respirabilnego na stanowiskach pracy metodą filtracyjno-wagową. Polski Komitet Normalizacji, Miar i Jakości, Warszawa 1991
20. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 20 kwietnia 2005 r. w sprawie badań pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. *DzU* z 2005 r. nr 73, poz. 645
21. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. W sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. *DzU* z 2002 r. nr 217, poz. 1833
22. Wyższy Urząd Górniczy. Stan bezpieczeństwa i higieny pracy w górnictwie. Zwalczanie zagrożenia pyłami szkodliwymi dla zdrowia w kopalniach węgla kamiennego. Materiały na posiedzenie Rady Ochrony Pracy, 19 kwietnia 2007. WUG, Katowice 2007
23. Szlązak N., Obracaj D., Szlązak Ł.: Zagrożenia pyłami szkodliwymi dla zdrowia w podziemnych wyrobiskach drążonych kombajnami chodnikowymi. *Górn. Geoinż.* 2005;29(3/1):446–457
24. Piacitelli G.M., Amandus H.E., Dieffenbach A.: Respirable dust exposures in U.S. surface coal mines (1982–1986). *Arch. Environ. Health* 1990;45(4):202–209
25. Kizil G.V., Donoghue A.M.: Coal dust exposures in the longwall mines of New South Wales, Australia: a respiratory risk assessment. *Occup. Med.* 2002;52:137–149
26. Naidoo R., Sexias N., Robins T.G.: Estimation of respirable dust exposure among coal miners in S. Afr. *J. Occup. Environ. Hyg.* 2006;3(6):293–300
27. Mamuya S.H.D., Bratveit M., Mwaiselage J., Mashalla Y.J.S., Moen B.E.: High exposure to respirable dust and quartz in a labour-intensive coal mine in Tanzania. *Ann. Occup. Hyg.* 2006;50(2):197–204
28. Onder M., Onder S.: Evaluation of occupational exposures to respirable dust in underground coal mines. *Ind. Health* 2009;47:43–49

