

PRACE ORYGINALNE

Irena Szadkowska-Stańczyk

Grażyna Stroszejn-Mrowca

Urszula Mikołajczyk

Aleksandra Maciejewska

OCENA NARAŻENIA PRACOWNIKÓW BUDOWLANYCH NA PYŁ ZAWIERAJĄCY WOLNĄ KRZYSTALICZNĄ KRZEMIONKĘ (WKK)*

EXPOSURE TO SILICA DUST IN THE POLISH CONSTRUCTION INDUSTRY

Zakład Środowiskowych Zagrożeń Zdrowia

Instytut Medycyny Pracy im. prof. dra med. J. Nofera w Łodzi

STRESZCZENIE

Wstęp. Szczególnie szerokie zastosowanie mają w budownictwie surowce zawierające wolną krystaliczną krzemionkę (WKK) głównie w postaci kwarcu. Pracom budowlanym, a szczególnie remontowo-budowlanym towarzyszy emisja znacznej ilości pyłu zawierającego WKK. Badania środowiska pracy przeprowadzone w budownictwie w ostatnich latach w innych krajach wykazały, iż narażenie na kwarc przekracza niejednokrotnie standardy higieniczne, czyli granice bezpieczne dla zdrowia pracowników. Celem badań, których wyniki prezentowane są w niniejszej pracy była ocena narażenia na pył pracowników zatrudnionych na wybranych stanowiskach pracy w budownictwie. **Materiał i metody.** W Polsce badania przeprowadzone zostały w grupie osób zatrudnionych w dużych i małych firmach, przy stawianiu nowych konstrukcji, jak i wykonujących prace rozbiórkowe. Łącznie zbadano 43 pracowników zatrudnionych na 9 stanowiskach pracy, u których wykonano 107 pomiarów stężeń pyłu. Do analizy włączono 78 pomiarów. Na każdym stanowisku pracy wykonano pomiary stężenia pyłu wdychalnego i pyłu respirabilnego metodami filtracyjno-wagowymi. Próbki powietrza pobierano pyłomierzami indywidualnymi. W próbkach pyłu wdychalnego i respirabilnego oznaczano zawartości wolnej krystalicznej krzemionki (WKK) metodą spektrometrii w podczerwieni. Badania identyfikacyjne próbek materiałowych wykonano metodą dyfraktometrii rentgenowskiej. **Wyniki.** Z zestawionych danych wynika, że średnie geometryczne stężenia pyłu wdychalnego zawierały się w bardzo szerokim zakresie od 2,1 mg/m³ (operator betoniarki, tynkarz) do 66,0 mg/m³ (pracownik przy rozbiórce ręcznej), a pyłu respirabilnego – w zakresie od 0,4 mg/m³ (tynkarz) do 16,2 mg/m³ (pracownik przy rozbiórce ręcznej). W większości stosowanych materiałów budowlanych obecny był kwarc. Zawartość kwarcu w pyłach wdychalnych wynosiła od 7–13%. **Wnioski.** Na większości badanych stanowisk stwierdzono stężenie pyłu przekraczające normatywy higieniczne. Szczególnie wysokie stężenia pyłu towarzyszyły szlifowaniu (gładzeniu) powierzchni oraz wierceniu i wykrawaniu otworów. Konieczne jest stosowanie środków technicznych, obniżających stężenie pyłu w tym szczególnie środków ochrony osobistej chroniących drogi oddechowe. Med. Pr., 2006;57(5):405–413

Słowa kluczowe: pył zawierający WKK, narażenie zawodowe, przemysł budowlany

ABSTRACT

Background: In the construction industry, free crystalline silica (FCS), mostly in the form of quartz, is in a very common use. Construction, especially repair and demolition works, are associated with emission of considerable amounts of FCS-containing dusts. Studies concerning the work environment, carried out recently in other countries, indicate that exposure to quartz frequently exceeds hygiene standards, i.e. safety limits for workers' health. The aim of this study was to assess dust exposure of workers employed at selected workposts in the construction industry in Poland. **Material and Methods:** The Polish study was performed in a group of workers employed in large and small enterprises and involved in establishing new constructions and demolishing old buildings. The group comprised 43 workers, employed at 9 workposts, who underwent 107 measurements of dust concentrations, of which 78 measurements were included in the analysis. At each workpost, concentrations of inhalable and respirable dusts were measured with the filtration and gravimetric method. Individual dust dosimeters were used to collect air samples and infrared spectrometry to determine concentrations of FCS dusts in samples of inhalable and respirable dusts. An identification analysis of dust samples was performed with use of X-ray diffraction. **Results:** The results of the study show that geometric means of inhalable dust concentrations fell within a wide range from 2.1 (concrete mixer operator, plasterer) to 66.0 mg/m³ (laborer engaged in hand demolition), and those of respirable dust at the same workposts ranged from 0.4 to 16.2 mg/m³, respectively. Quartz was present in the majority of construction materials applied, and its concentration in inhalable dusts ranged from 7 to 13 mg/m³. **Conclusions:** It was found that dust concentrations exceeded hygiene standards at most of the workposts. Particularly high concentrations were observed at the workposts of surface abrasive grinders-coat finishers and workers engaged in drilling and hammering wholes. In conclusion, the need to use technical means, primarily personal respiratory protectors, to reduce dust concentrations should be strongly stressed. Med Pr 2006;57(5):405–13

Key words: silica dust, occupational exposure, construction industry

Adres autorek: św. Teresy 8, 91-348 Łódź, e-mail: irenasta@imp.lodz.pl

Nadesłano: 21.08.2006

Zatwierdzono: 25.09.2006

* Praca wykonana w ramach zadania finansowanego z dotacji na działalność statutową nr IMP 3.3 pt. „Ocena narażenia pracowników budowlanych na pył zawierający wolną krystaliczną krzemionkę (WKK)”. Kierownik zadania: mgr inż. U. Mikołajczyk.

WSTĘP

Budownictwo to jedna z największych gałęzi przemysłu w krajach europejskich. Przemysł budowlany, w skład którego wchodzi wiele tysięcy niewielkich (niejednokrotnie dwu- trzyosobowych) przedsiębiorstw, obejmuje bardzo dużą liczbę specjalności zawodowych znacznie zróżnicowanych pod względem charakteru wykonywanej pracy, stosowanych narzędzi i urządzeń i związanego z tym profilu narażenia zawodowego na czynniki szkodliwe dla zdrowia. Specyfika tej branży polega na tym, iż niektóre prace wykonywane są sezonowo bez przestrzegania godzinowych norm dziennych i tygodniowych, często na otwartej przestrzeni, w różnych miejscach i warunkach mikroklimatycznych i przy dynamicznie zmieniających się grupach specjalistów należących do różnych, niezależnych firm. Przemysł budowlany to nie tylko stawianie nowych obiektów, ale także prace rozbiórkowe, remonty i renowacje starych obiektów. Stąd pracownicy mogą być narażeni nie tylko na substancje szkodliwe obecne we współczesnych surowcach i materiałach budowlanych, ale także na te, których używano w przeszłości. Prace budowlane mogą dotyczyć obiektów komunalnych, mieszkalnych i przemysłowych. W tym ostatnim przypadku pracownicy mogą być narażeni, poza szkodliwościami związanymi z prowadzonymi przez nich pracami, także na czynniki szkodliwe specyficzne dla produkcji remontowanego zakładu przemysłowego. Do powszechnie występujących czynników szkodliwych, obecnych w powietrzu stanowisk pracy w budownictwie należą: azbest, sztuczne włókna mineralne, krzemionka, cement, beton, pył drewna. Składniki te w postaci cząstek stałych, zawieszonych w powietrzu w różnych proporcjach, w zależności od używanych surowców i rodzaju obróbki, wchodzi w skład pyłu występującego niejednokrotnie w znacznych stężeniach.

Szczególnie szerokie zastosowanie mają w budownictwie surowce zawierające wolną krystaliczną krzemionkę (WKK), głównie w postaci kwarcu. WKK jest bowiem obecna w piasku, piaskowcu, granicie, często też jest znaczącym składnikiem gliny, łupków i łupkowych płytek dachowych. Występuje także w kredzie, wapieniach oraz innych skałach i glebie. Jest naturalnym składnikiem wielu materiałów budowlanych, jak beton czy zaprawa murarska.

Pracom budowlanym, a szczególnie remontowo-budowlanym, towarzyszy emisja znacznej ilości pyłu zawierającego WKK. Badania środowiska pracy, przeprowadzone w budownictwie w ostatnich latach, wykazały, iż narażenie na kwarc przekracza niejednokrotnie standar-

dy higieniczne, czyli granice bezpieczne dla zdrowia pracowników (1–12). Problem skutków zdrowotnych, głównie w postaci pylicy krzemowej, zmian obturacyjnych w płucach, czy zwiększonego ryzyka zgonów z powodu chorób układu oddechowego, w tym także nowotworów złośliwych, wynikający z ekspozycji na wolną krystaliczną krzemionkę, jest ciągle aktualny i stanowi przedmiot zainteresowania higienistów wielu krajów (13–18).

Mimo iż zachorowalność na pylice ogółem obniża się każdego roku, to jednak występujące przypadki wskazują, że kontrola narażenia na pył zawierający kwarc nie osiągnęła jeszcze zadowalającego poziomu. W USA szacowano liczbę nowych przypadków pylicy krzemowej, rozpoznawaną rocznie w latach 1987–1996 na 3600 do 7300 przypadków i notuje się spadek zapadalności na tę chorobę w ostatnich kilku dekadach (13). W Polsce liczba rozpoznawanych przypadków pylicy krzemowej również obniża się, jednak nadal rozpoznaje się kilkaset nowych przypadków tej choroby rocznie. Wśród pracowników przemysłu budowlanego stwierdzono w 2004 r. w Polsce 54 przypadki pylic, co stanowiło 7,2% ogółu rozpoznanych przypadków zawodowych pylic w tym roku (19). Brak jest informacji dotyczących innych skutków zdrowotnych z zakresu układu oddechowego u pracowników tej branży w kraju.

Poza rutynową kontrolą warunków pracy przez odnośne służby w Polsce nie dokonywano bardziej szczegółowych analiz dotyczących narażenia na czynniki szkodliwe na stanowiskach pracy w budownictwie, w tym także narażenia na pyły zawierające WKK emitowane podczas prac budowlanych.

Celem badań, których wyniki prezentowane są w niniejszej pracy, była ocena narażenia na pył pracowników zatrudnionych na wybranych stanowiskach pracy w budownictwie. Badania przeprowadzone zostały w grupie osób zatrudnionych przy stawianiu nowych konstrukcji, jak i wykonujących prace rozbiórkowe.

MATERIAŁ I METODY

Oceny narażenia na pył dokonano na typowych dla budownictwa stanowiskach pracy w trakcie stawiania nowych obiektów budowlanych, prowadzenia prac rozbiórkowych i remontowo-renowacyjnych w dużych, średnich i kilkusobowych przedsiębiorstwach budowlanych. Przy doborze pracowników do badań na określonym stanowisku pracy kierowano się głównie zakresem wykonywanych operacji technologicznych. W tabeli 1 zestawiono stanowiska pracy wytypowane

do badań oraz czynności wykonywane w trakcie pobierania próbek powietrza.

Liczba osób objętych badaniami wynosiła od 2 do 6 w obrębie jednego stanowiska pracy. Łącznie zbadano 43 pracowników zatrudnionych na 9 stanowiskach pracy, u których wykonano 107 pomiarów stężeń pyłu. Do analizy włączono 78 pomiarów. Odrzucono 29 pomiarów ze względu na wadliwą pracę aspiratora podczas pobierania próbek, bądź ze względu na zakłócenia wprowadzone przez pracownika. Na każdym stanowisku pracy wykonano pomiary stężenia pyłu wdychalnego i pyłu respirabilnego metodami filtracyjno-wagowymi wg polskich norm PN-91/Z-04030/5 (20) i PN-91/Z-04030/06 (21). próbki powietrza pobierano pyłomierzami indywidualnymi typu Sidekick firmy SKC z głowicami siedmio otworowymi dla pyłu całkowitego i cyklonami metalowymi typu Higgisis-Dewell dla pyłu respirabilnego wg PN-02/Z-04008/07 (22).

Analizując ekspozycję na pył na określonym stanowisku pracy zastosowano percentylową metodę oceny pomiarów stężenia pyłu wdychalnego i respirabilnego opartą na statystycznej analizie danych w postaci logarytmiczno-normalnego wykresu prawdopodobieństwa lub częstości skumulowanej wg PN-EN 689:2002 (23). Z wyznaczonych dystrybuant stężeń pyłu wdychalnego i respirabilnego na logarytmicznej siatce prawdopodobieństwa odczytano średnią geometryczną i standardo-

we geometryczne odchylenie będące miarą zmienności i rozproszenia stężeń jednostkowych. Wykresy prawdopodobieństwa stężeń pozwoliły na porównanie danych o narażeniu z wartościami dopuszczalnymi, a także na szacowanie odsetka pracowników zatrudnionych na danym stanowisku pracy w warunkach niebezpiecznych dla zdrowia.

W próbkach pyłu wdychalnego i respirabilnego oznaczano zawartości WKK metodą spektrometrii w podczerwieni wg zmodyfikowanej procedury podanej przez NIOSH (24). Modyfikacja dotyczyła oznaczeń WKK w pyłach całkowitych i polegała na ucieraniu badanych próbek do cząstek o średnicach charakterystycznych dla frakcji respirabilnej. Materiałem odniesienia był kwarc SRM 1878a z National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, USA (NIST). Wyniki oznaczeń WKK wyrażano w procentach masy, a granica wykrywalności kwarcu w analizowanych próbkach wynosiła około 0,2%.

Metodę spektrometrii w podczerwieni zastosowano także do identyfikacji w próbkach pozostałych składników mineralnych. Identyfikację prowadzono w oparciu o widma komputerowej biblioteki Sadtler (25), zbiór widm wg Van der Marela i Beutelspachera (26) oraz widma minerałów z własnej biblioteki.

Wykonano ponadto badania identyfikacyjne faz krystalicznych w wybranych, powszechnie stosowa-

Tabela 1. Stanowiska pracy i czynności objęte badaniem

Table 1. Workplaces and activities under study

Lp. No.	Stanowisko pracy Workpost	Wykonywane czynności Activities
1	Murarz Bricklayer	stawianie nowych konstrukcji z półproduktów, cegły, murowanie ścian Structuring of new constructions from semi-products or bricks, bricklaying
2	Operator betoniarki Concrete mixer operator	dorabianie zaprawy murarskiej (piachu wraz z cementem) Mixing of masonry mortar (sand with cement)
3	Tynkarz Plasterer	tynkowanie ściany, wylewanie posadzki betonowej Plastering of walls, leaking of floor
4	Szlifierz – gładziarz Abrasive grinder – coat finisher	nakładanie oraz szlifowanie gładzi gipsowych Making and grinding of finishing coat
5	Monterzy instalacji podtynkowych (elektrycy, hydraulicy) Wireman, fitter	wiercenie i wykuvanie otworów pod instalacje podtynkowe np. elektryczne, hydrauliczne Drilling and hammering wholes and canals for electric or other installation
6	Glazurnik Tire-layer	przygotowanie posadzki do założenia glazury (zrywanie starych płytek i zakładanie nowych, docinanie, dopasowywanie, szlifowanie) i położenie fugi Ceramic floor tile preparing and jointing, demolition of old tiles, cutting, grinding
7	Operator maszyny rozburzającej (rozbiórka mechaniczna) Demolition machine operator	obsługa maszyny służącej do rozburzania budynków Demolition machine operation
8	Pracownik przy rozbiórce mechanicznej Laborer (mechanical demolition)	usuwanie drewnianych bali, stropów z wyburzanego budynku Talking off demolition materials like beam-framed
9	Pracownik przy rozbiórce ręcznej Laborer (hand demolition)	praca wiertarką pneumatyczno-udarową, rozkuwanie ścian dłutem i młotem, wynoszenie gruzu Chiseling and hammering, working with drifter and pneumatic drill, taking off debris

nych obecnie w budownictwie materiałach sypkich. Do badań wybrano próbki materiałów, takich jak: cement portlandzki, tynk gipsowy, masa gipsowa, gipsar, zaprawa gipsowa, gładź gipsowa, fuga do glazury, klej do glazury. Badania identyfikacyjne próbek materiałowych wykonano metodą dyfraktometrii rentgenowskiej, stosując promieniowanie serii $\text{CuK}\alpha$ ($\lambda = 1,54056 \text{ \AA}$) i porównując otrzymane dane dyfrakto-metryczne z danymi komputerowej bazy ICPDS Powder Diffraction File.

WYNIKI

W tabeli 2 zestawiono średnie geometryczne i standardowe geometryczne odchylenia stężeń pyłu wdychalnego i pyłu respirabilnego oznaczonych na stanowiskach pracy oraz procentowe zawartości pyłu respirabilnego w pyłe wdychalnym. Z zestawionych danych wynika, że średnie geometryczne stężenia pyłu wdychalnego zawierały się w bardzo szerokim zakresie od $2,1 \text{ mg/m}^3$ (operator betoniarki, tynkarz) do $66,0 \text{ mg/m}^3$ (pracownik przy rozbiórce ręcznej), a w zakresie od $0,4 \text{ mg/m}^3$ (tynkarz) do $16,2 \text{ mg/m}^3$ (pracownik przy rozbiórce ręcznej). Standardowe geometryczne odchylenia pyłu wdychalnego zawierały się w przedziale od 1,7 do 3,1, natomiast pyłu respirabilnego – w zakresie od 1,7 do $3,8 \text{ mg/m}^3$. Są to przeciętnie spotykane wartości charakteryzujące rozrzuty stężeń jednostkowych w dobrze dobranych grupach badawczych dla określonego stanowiska pracy.

Z analizy przedstawionych danych wynika, że na czterech stanowiskach: operator betoniarki, tynkarz, murarz, pracownik przy rozbiórce mechanicznej, średnie stężenia pyłu wdychalnego zawierały się w przedziale od $2,1$ do $2,7 \text{ mg/m}^3$, a więc na niewysokim poziomie. Pracownicy ci wykonywali w przeważającej części prace na otwartej przestrzeni. Na stanowisku operatora maszyny rozburzającej, glazurnika i monterów instalacji średnie stężenia pyłu wdychalnego zawierały się w przedziale od $8,3$ do $11,0 \text{ mg/m}^3$, a więc na poziomie czterokrotnie wyższym w porównaniu z grupą poprzednią. Zatrudnieni pracowali głównie wewnątrz budynków, w pomieszczeniach najczęściej o niewielkiej kubaturze. Najwyższe stężenia pyłu stwierdzono na stanowisku szlifierza-gładziarza oraz podczas prac przy rozbiórce ręcznej. Średnie stężenia pyłu wdychalnego kształtowały się tam na bardzo wysokim poziomie od $58,0$ do $66,0 \text{ mg/m}^3$.

Średnie stężenia pyłu respirabilnego na stanowiskach operatora betoniarki, tynkarza i pracownika przy rozbiórce mechanicznej kształtowały się na najniższym poziomie – w zakresie od $0,4$ do $0,8 \text{ mg/m}^3$. Na stano-

wisku murarza wynosiły średnio – $1,3 \text{ mg/m}^3$, na stanowiskach operatora maszyny rozburzającej, glazurnika i montera instalacji zawierały się w przedziale od $2,0$ do $2,9 \text{ mg/m}^3$, natomiast na stanowiskach szlifierza-gładziarza i przy rozbiórce ręcznej były najwyższe i wynosiły $7,5$ i $16,2 \text{ mg/m}^3$.

Zawartości procentowe pyłu respirabilnego w pyłe wdychalnym były bardzo zróżnicowane. Najniższe zawartości w granicach 12,9–18,5% stwierdzono na stanowiskach szlifierza-gładziarza, pracownika przy rozbiórce mechanicznej i tynkarza, średnie zawartości w granicach 24,1–26,4% stwierdzono na stanowiskach pracownika przy rozbiórce ręcznej, glazurnika, montera instalacji i operatora maszyny rozburzającej. Najwyższe zawartości pyłu respirabilnego stwierdzono na stanowisku operatora betoniarki (37,2%) i murarza (43,3%).

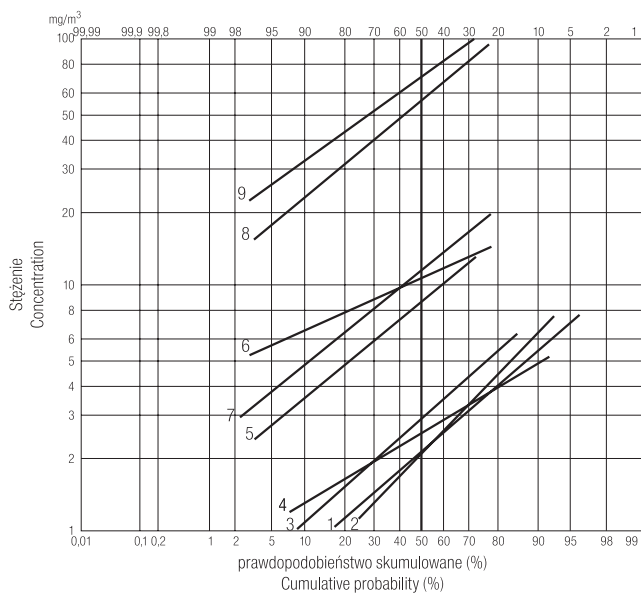
Z rozkładów prawdopodobieństwa stężeń pyłu wdychalnego (ryc. 1) wynika, że na stanowiskach pracy glazurnika i montera instalacji bardzo znaczny odsetek (86–100%) pracowników pracuje w warunkach przekraczających dopuszczalne stężenia. Nawet na stanowiskach pracy operatora betoniarki, tynkarza, murarza i pracownika przy rozbiórce mechanicznej, na których średnie geometryczne stężenia kształtowały się na niewysokim poziomie ($2,1$ – $2,7 \text{ mg/m}^3$) 20–35% pracowników może pracować w warunkach przekraczających $\text{NDS} = 4,0 \text{ mg/m}^3$. Z rozkładów prawdopodobieństwa stężeń pyłu respirabilnego (ryc. 2) wynika, że na stanowiskach, takich jak: operator maszyny rozburzającej, glazurnik, monter instalacji oraz pracownik przy rozbiórce ręcznej ponad 50% pracowników narażonych może być na stężenia przekraczające $\text{NDS} = 2,0 \text{ mg/m}^3$.

W tabeli 3 przedstawiono wyniki analiz składu mineralnego niektórych powszechnie stosowanych w budownictwie materiałów sypkich. Jak wynika z zestawionych danych w większości stosowanych materiałów jest obecny kwarc. Nie stwierdzono kwarcu w badanych masach gipsowych i gipsarze – materiałach stosowanych przy wykonywaniu gładzi gipsowej.

W tabeli 4 zestawiono zawartości procentowe wolnej krystalicznej krzemionki, oznaczone w próbkach pyłu wdychalnego i respirabilnego, na niektórych stanowiskach pracy. Oznaczenia wykonano w próbkach, których masa przekraczała $4,0 \text{ mg}$. W pyłe wdychalnym zawartości procentowe WKK oznaczone na stanowiskach pracy montera instalacji, glazurnika, operatora maszyny rozburzającej i pracownika przy rozbiórce ręcznej zawierały się w przedziale od 6,9 do 9,5%. Zawartości WKK w pyłe respirabilnym oznaczono na stanowisku pracy pracownika przy rozbiórce ręcznej i wynosiły one

Tabela 2. Pył wdychalny i pył respirabilny na stanowiskach pracy w budownictwie
Table 2. Inhalable and respirable dust on workplaces in construction industry

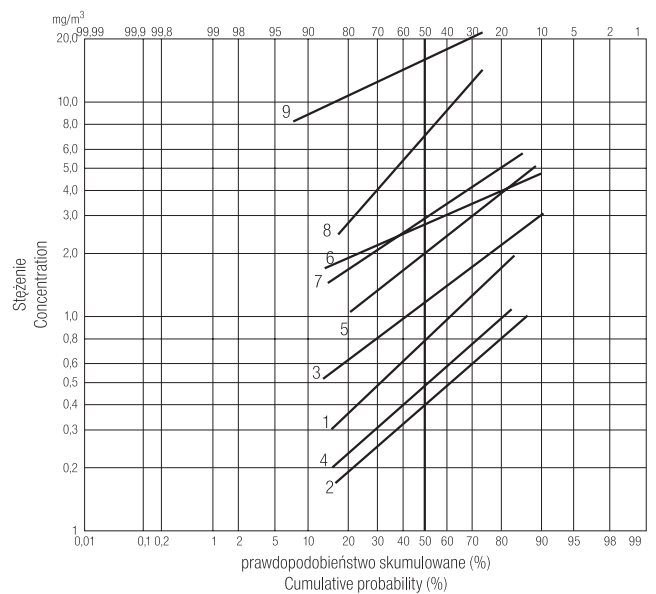
Stanowisko pracy Workpost	Liczba badanych osób Number of workers n = 43	Liczba pomiarów No. of measurements n = 78	Pył wdychalny Inhalable dust		Pył respirabilny Respirable dust		Zawartość procentowa pyłu respirabilnego w pyłe wdychalnym Percentage content of respirable dust in inhalable dust
			Średnie geometryczne stężenie Geometric mean of dust concentration mg/m ³	Geometryczne standardowe odchylenie Geometric standard deviation	Średnie geometryczne stężenie Geometric mean of dust concentration mg/m ³	Geometryczne standardowe odchylenie Geometric standard deviation	
Murarz Bricklayer	5	7	3,0	2,0	1,3	2,5	43,3
Operator betoniarki Concrete mixer operator	6	7	2,1	2,3	0,8	3,8	37,2
Tynkarz Plasterer	6	7	2,1	2,0	0,4	1,8	17,6
Szlifierz-gładziarz Abrasive grinder – coat finisher	6	8	58,0	3,1	7,5	2,1	12,9
Monterzy instalacji podtynkowych (elektrycy, hydraulicy) Wireman, fitter	5	7	11,0	2,4	2,9	2,0	26,4
Glazurnik Tile-layer	5	12	10,5	2,6	2,7	2,6	25,7
Operator maszyny rozburzającej Demolition machine operator	2	8	8,3	2,2	2,0	2,5	24,1
Pracownik przy rozbiórce mechanicznej Laborer (mechanical demolition)	5	15	2,7	2,2	0,5	1,8	18,5
Pracownik przy rozbiórce ręcznej Laborer (hand demolition)	3	7	66,0	1,7	16,2	1,7	24,5



- 1. Operator betoniarki;
Concrete mixer operator
- 2. Tynkarz
Plasterer;
- 3. Murarz
Bricklayer
- 4. Pracownik przy rozbiórce mechanicznej;
Laborer (mechanical demolition);
- 5. Operator maszyny rozburzającej;
Demolition machine operator;
- 6. Glazurnik
Tile-layer;
- 7. Monterzy instalacji podtynkowych;
Wireman, fitter;
- 8. Szlifierz gładziarz;
Abrasive grinder – coat finisher
- 9. Pracownik przy rozbiórce ręcznej;
Laborer (hand demolition).

Ryc. 1. Rozkłady prawdopodobieństwa stężenia pyłu wdychalnego na stanowisku pracy.

Fig. 1. Probability distribution of inhalable dust by workposts.



- 1. Operator betoniarki;
Concrete mixer operator
- 2. Tynkarz
Plasterer;
- 3. Murarz
Bricklayer
- 4. Pracownik przy rozbiórce mechanicznej;
Laborer (mechanical demolition);
- 5. Operator maszyny rozburzającej;
Demolition machine operator;
- 6. Glazurnik
Tile-layer;
- 7. Monterzy instalacji podtynkowych;
Wireman, fitter;
- 8. Szlifierz gładziarz;
Abrasive grinder – coat finisher
- 9. Pracownik przy rozbiórce ręcznej;
Laborer (hand demolition).

Ryc. 2. Rozkłady prawdopodobieństwa stężenia pyłu respirabilnego na stanowiskach pracy.

Fig. 2. Probability distribution of respirable dust by workposts.

Tabela 3. Skład mineralny niektórych materiałów sypkich, stosowanych w budownictwie
Table 3. Mineral composition of some loose materials used in the construction industry

Lp. No.	Materiał budowlany Construction materials	Zastosowanie Use	Zidentyfikowane składniki mineralne Identified mineral components
1	Cement portlandzki – popiołowy Ash portland cement	produkcja zaprawy murarskiej i tynkarskiej Production of gypsum mortar and plaster	kwarc, albit, krzemian wapnia Quartz, albite, calcium silicate
2	Tynk gipsowy Gypsum plaster	do wykonywania jednowarstwowych zapraw tynkarskich na ścianach i sufitach Covering walls and ceilings with one-layer gypsum plaster	kwarc, kalcyt, portlandyt, sfaleryt Quartz, calcite, portlandite, sphalerite
3	Masa gipsowa Gypsum pulp	wygładzanie, wyrównywanie wewnętrznych ścian budynków Finishing of building interior walls	gips, anhydryt Gypsum, anhydrite
4	Gipsar	masa szpachlowa do ostatecznego wygładzania powierzchni ścian i sufitów Filler for final finishing of wall and ceiling surfaces	anhydryt Anhydrite
5	Zaprawa gipsowa Gypsum mortar	do wyrównywania ścian jako dodatek do cementu Gypsum mortar for wall finishing as cement supplementation	kwarc, bassanit Quartz, bassanite
6	Fuga do glazury Joint for the tiles	spoinowanie ściennych i podłogowych płytek ceramicznych szklanych i betonowych Pointing of wall and floor ceramic, glass and concrete tiles	kwarc, dolomit, krzemiany i glinokrzemiany wapniowo-magnezowo-glinowe Quartz, dolomite, calcium, magnesium, aluminium silicate and aluminosilicate
7	Gładź gipsowa Setting coat of gypsum plaster	wyrównywanie i wygładzanie powierzchni ścian i sufitów przy wewnętrznych pracach wykończeniowych Wall and ceiling evening up and finishing during interior finishing works	kwarc, dolomit, bassanit Quartz, dolomite, bassanite
8	Klej do glazury Glue for the tiles	przyklejanie płytek ceramicznych, ściennych i podłogowych (glazury i terakoty) Sticking wall and ceiling ceramic tiles (tiles and terracotta)	kwarc Quartz

Tabela 4. Zawartość procentowa wolnej krystalicznej krzemionki (WKK) oraz skład mineralny w pyłe wdychalnym i respirabilnym na niektórych stanowiskach pracy
Table 4. Percent content of free crystalline silica and composition of mineral in inhalable and respirable dusts at some of the workplaces

Stanowisko pracy Workpost		Zawartość WKK Percent of free crystalline silica content %	Skład mineralny Mineral composition
Szliferz gładziarz Abrasive grinder – coat finisher	pc	poniżej granicy oznaczalności Below of quantification limit	kalcyt, kwarc, montmorillonit* Calcite, quartz, montmorillonite*
	pr	nie oznaczono Not determined	nie oznaczono Not determined
Monterzy instalacji podtynkowych (elektrycy, hydraulicy) Wireman, fitter	pc	9,5	gips/hemihydrat, kwarc, kalcyt Gypsum/hemihydrate, quartz, calcite
	pr	nie oznaczono Not determined	nie oznaczono Not determined
Glazurnik Tile-layer	pc	6,9–12,9	gips/hemihydrat, kwarc, kalcyt Gypsum/hemihydrate, quartz, calcite
Operator maszyny rozburzającej Demolition machine operator	pr	nie oznaczono Not determined	nie oznaczono Not determined
	pc	7,3–9,1	kalcyt, kwarc, gips Calcite, quartz, gypsum
Pracownik przy rozbiórce ręcznej Laborer (hand demolition)	pr	nie oznaczono Not determined	nie oznaczono Not determined
	pc	8,3	Kwarc, kalcyt, mullit*, plagioklaz* Quartz, calcite, mullite*, plagioclase*
	pr	4,9–6,5	kalcyt, kwarc, portlandyt, gips*, plagioklaz* Calcite, quartz, portlandite, gypsum*, plagioclase*

pc – pył całkowity;
inhalable dust;

pr – pył respirabilny;
respirable dust;

* Występowanie prawdopodobne.
The probability is that present.

od 4,9 do 6,5%. Na tym stanowisku pracy stwierdzono, jak wspomniano wyżej, najwyższe poziomy stężenia pyłu respirabilnego – średnia geometryczna wynosiła $16,2 \text{ mg/m}^3$.

OMÓWIENIE

Jak wynika z przedstawionych danych, najwyższe stężenia pyłu wdychalnego i pyłu respirabilnego stwierdzono podczas wykonywania prac rozbiórkowych, gdzie średnia geometryczna stężenia (SG) pyłu wdychalnego wynosiła $66,0 \text{ mg/m}^3$, pyłu respirabilnego – $16,2 \text{ mg/m}^3$, a geometryczne odchylenia standardowe (SGO) były identyczne i wynosiły 1,7. Prace rozbiórkowe polegały głównie na rozkruszaniu ścian działowych przy użyciu młotów, dłut i wiertarek pneumatycznych udarowych. W próbkach pyłu wdychalnego i pyłu respirabilnego na tym stanowisku stwierdzono od 4,9 do 8,3% WKK. Przy tej zawartości WKK obowiązuje w Polsce normatyw higieniczny $4,0 \text{ mg/m}^3$ dla pyłu wdychalnego i $2,0 \text{ mg/m}^3$ dla pyłu respirabilnego. Bardzo wysokie stężenia pyłu wykazano również na stanowisku szlifierza – gładziarza, gdzie SG pyłu wdychalnego i respirabilnego wynosiły odpowiednio $58,0$ i $7,5 \text{ mg/m}^3$. Zawartość WKK w pyłe wdychalnym na tym stanowisku kształtowała się poniżej granicy oznaczalności. Odpowiednie NDS dla tej kategorii pyłu wdychalnego wynosi 10 mg/m^3 (nie ma normatywu dla pyłu respirabilnego). Stężenia na średnim poziomie stwierdzono na stanowiskach monterów instalacji, glazurników i operatorów maszyn rozburzających – $11,0$; $10,5$; i $8,3 \text{ mg/m}^3$ – pył wdychalny i – $2,9$; $2,7$; $2,0 \text{ mg/m}^3$ – pył respirabilny. Najniższe poziomy stężenie pyłu stwierdzono na stanowiskach murarzy, pracowników przy rozbiórce mechanicznej i operatorów betoniarki – $3,0$; $2,7$; i $2,1 \text{ mg/m}^3$ – pył wdychalny i $1,3$; $0,5$; i $0,8 \text{ mg/m}^3$ – pył respirabilny. W badaniach holenderskich (1,8) oznaczone SG stężenie pyłu respirabilnego, przy prowadzeniu prac rozbiórkowych, wynosiło $10,8 \text{ mg/m}^3$ przy SGO równym 3,5; natomiast SG stężenia kwarcu respirabilnego wynosiła $1,1 \text{ mg/m}^3$ przy SGO 4,0, przy montażu instalacji elektrycznej stężenia te wynosiły – $3,1$ i $0,7 \text{ mg/m}^3$ oraz przy stawianiu ścian z prefabrykatów – $2,1$ i $0,04 \text{ mg/m}^3$. Pełnozmiarowe pomiary prowadzone na stanowiskach pracy w budownictwie wykazały, że ponad połowa stężeń średnich 8-godz. kwarcu respirabilnego przekraczała wartość dopuszczalną (MAC) równą $0,075 \text{ mg/m}^3$. Stężenia średnie 8-godz. ważone pyłu respirabilnego i kwarcu respirabilnego kształtowały się następująco: przy rozbiórce

ręcznej – $1,4$ i $0,14 \text{ mg/m}^3$, na stanowiskach monterów instalacji – $2,4$ i $0,35 \text{ mg/m}^3$, przy pracach murarskich – $1,5$ i $0,036 \text{ mg/m}^3$.

W badaniach amerykańskich (3,7) analiza pomiarów indywidualnych prowadzonych z udziałem 80 pracowników zatrudnionych w budownictwie wykazała najwyższe stężenia pyłu respirabilnego i kwarcu respirabilnego na stanowiskach szlifierzy-gładziarzy ($13,5$ i $1,28 \text{ mg/m}^3$), następnie na stanowiskach robotników na budowie ($2,46$ i $0,35 \text{ mg/m}^3$) oraz murarzy ($2,13$ i $0,32 \text{ mg/m}^3$). Oszacowane prawdopodobieństwa wystąpienia ekspozycji powyżej normatywu dla USA (dla pyłu respirabilnego – 3 mg/m^3 i kwarcu respirabilnego – $0,05 \text{ mg/m}^3$) wynosiły od 64,5% do 100% dla kwarcu respirabilnego i od 8,2 do 89,2% dla pyłu respirabilnego. Pomiary stężeń pyłu respirabilnego oraz kwarcu w trakcie wykonywania określonych czynności wykazały występowanie najwyższych wartości podczas szlifowania powierzchni betonowych (odpowiednio $6,17$ i $0,63 \text{ mg/m}^3$), nawiercania otworów ($2,25$ i $0,22 \text{ mg/m}^3$) oraz mieszania betonu ($2,66$ i $0,22 \text{ mg/m}^3$). W opublikowanym w 2006 r. rozszerzonym badaniu narażenia na pył zawierający kwarc w przemyśle budowlanym w USA obejmującym ponad 1370 pomiarów indywidualnych autorzy zwracają uwagę na wysoką, często przekraczającą normatyw, zawartość kwarcu w pyłe oraz bardzo znaczne zróżnicowanie stężeń pyłu w zależności od czynności oraz używanych narzędzi. Podkreślano także problem nieodpowiednich do poziomu narażenia ochron układu oddechowego, stosowanych przez pracowników (12).

W Kanadzie przeprowadzono ocenę ekspozycji zawodowej na pył i czynniki chemiczne pracowników zatrudnionych w budownictwie, reprezentujących dziewięć grup zawodowych (9). Badania objęły pomiary stężeń pyłu wdychalnego, respirabilnego, kwarcu, rozpuszczalników, metali, azbestu, sztucznych włókien mineralnych, spalin silników Diesla. Najwyższe poziomy stężeń pyłu wdychalnego stwierdzono w grupie zawodowej murarzy ($9,7 \text{ mg/m}^3$) i malarzy ($8,4 \text{ mg/m}^3$), a pyłu respirabilnego w grupie zawodowej robotników niewykwalifikowanych na budowie ($2,1 \text{ mg/m}^3$) i ślusarzy ($1,0 \text{ mg/m}^3$). Stężenia kwarcu były znacznie niższe niż w badaniach innych autorów i w większości pobranych próbek kształtowały się poniżej granicy oznaczalności. Stężenia kwarcu respirabilnego na stanowiskach robotników budowlanych podczas cięcia betonu, prac porządkowych, rozkruszania betonu zawierały się w zakresie od $0,10$ do $0,15 \text{ mg/m}^3$.

WNIOSKI

1. Prace budowlane wykonywane podczas remontów, rozbiórek, stawiania i wykańczania nowych konstrukcji budowlanych są źródłem emisji pyłu zawierającego WKK, który występuje w stężeniach mogących wywoływać szkodliwe skutki zdrowotne wśród pracowników przemysłu budowlanego.

2. Materiały budowlane stosowane w budownictwie zawierają, w przeważającej większości, w swoim składzie wolną krystaliczną krzemionkę (WKK) głównie w postaci kwarcu.

3. Badania ekspozycji zawodowej na pył przeprowadzone w dziewięciu grupach stanowisk typowych dla budownictwa wykazały przekroczenia normatywnów higienicznych w pięciu z nich. Szczególnie wysokie stężenia pyłu (przekraczające ponad 15-krotnie obowiązujący w Polsce NDS) występują podczas wykonywania ręcznych prac rozbiórkowych oraz przy szlifowaniu-gładzeniu powierzchni. Pracownicy zatrudnieni na stanowiskach monterów instalacji podtynkowych, glazurnicy i operatorzy maszyn rozburzających, narażeni są na pył występujący w mniejszych stężeniach, jednak przekraczających kilkakrotnie poziom bezpieczny dla zdrowia.

4. Uzyskane wyniki wskazują, iż w przemyśle budowlanym istnieje bezwzględna konieczność stosowania środków profilaktyki technicznej, obniżających narażenie na pył. Za bardzo istotne należy uznać stosowanie przez pracowników środków ochrony indywidualnej, chroniących skutecznie układ oddechowy. Wykonywanie pracy bez odpowiednich zabezpieczeń dróg oddechowych stwarza istotne ryzyko dla zdrowia.

5. Istnieje potrzeba dalszych badań, obejmujących szerszą grupę stanowisk i ukierunkowanych na ocenę narażenia podczas wykonywania określonych czynności w budownictwie. Dotyczy to także pracowników budowy dróg oraz pracowników produkcji materiałów budowlanych (cementowni).

PIŚMIENNICTWO

- Tjoe-Nij E., Spee T., Hillhorts S., Spierings J., Steffens F., Lumens M. i wsp.: Dust control measures in the construction industry. *Ann. Occup. Hyg.*, 2003;47(3):211–218
- Tjoe-Nij E.T., Hohn D., Brown P., Burstyn I., Spierings J., Steffens F., i wsp.: Variability in quartz exposure in the construction industry: Implications for assessing exposure-response relations. *J. Occup. Environ. Hyg.*, 2004;1(3):191–198
- Flanagan M.E., Seixas N., Majar M., Camp J., Morgan M.: Silica dust exposure during selected construction activities. *AJHA J.*, 2003;64(3):319–328
- Echt A., Sieber W.K.: Control of silica exposure from hand tools in construction: grinding concrete. *Appl. Occup. Environ. Hyg.*, 2002;17:457–461
- Lumens M.E.; Spee, T.: Determinants of exposure to respirable quartz dust in the construction industry. *Ann. Occup. Hyg.*, 2001;45:585–595
- Flynn R.M., Susi P.: Engineering controls for selected silica and dust exposures in the construction industry – a review. *Appl. Occup. Hyg.*, 2003;18(4):268–277
- Rappaport S.M., Goldberg M., Susi P., Herrick R.F.: Excessive exposure to silica in the US construction industry. *Ann. Occup. Hyg.*, 2003;47(2):111–122
- Mieke E.G., Lumens M.E., Spee T.: Determinants of exposure to respirable quartz dust in the construction industry. *Ann. Occup. Hyg.*, 2001;45(7):585–595
- Verma D.K., Kurtz L.A., Sahai D., Finkelstein M.M.: Current chemical exposure among Ontario construction workers. *Appl. Occup. Environ. Hyg.*, 2003;18(12):1031–1047
- Akbar-Khanzadeh F., Brillhart R.L.: Respirable crystalline silica dust exposure during concrete finishing (grinding) using hand-held grinders in the construction industry. *Ann. Occup. Hyg.*, 2002;46(3):341–346
- Linch K.D.: Respirable concrete dust-silicosis hazard in the construction industry. *Appl. Occup. Environ. Hyg.*, 2002;17(3):209–221
- Flanagan M.E., Seixas N., Becker P., Takacs B., Camp J.: Silica exposure on construction sites: results of an exposure monitoring data compilation project. *J. Occup. Environ. Hyg.*, 2006;3(3):144–152
- Rosenman K.D., Reilly M.J., Henneberger P.K.: Estimating the total number of newly recognized silicosis cases in the United States. *Am. J. Ind. Med.*, 2003;44(2):141–147
- Bang K.M., Althouse R.B., Kim J.H., Game S.R.: Recent trends of age-specific pneumoconiosis mortality rates in the United States 1985–1996: coal workers pneumoconiosis, asbestosis and silicosis. *Int. J. Occup. Environ. Health*, 1999;5(4):251–255
- Law Y.W., Leung M.C., Leung C.C. i wsp.: Characteristic of workers attending the pneumoconiosis clinic for silicosis assessment in Hong Kong: Retrospective study. *Hong Kong Med. J.*, 2001;7(4):343–349
- Arndt V., Rothenbacher D., Daniel V., Zschenderlein B., Schuberth S., Brener H.: All-cause and cause specific mortality in a cohort of 20 000 construction workers; results from a 10 year follow up. *Occup. Environ. Med.*, 2004;61(5):419–425
- Bergdahl I.A., Toren K., Eriksson K., Hedlund V., Nilsson T., Flodin R. i wsp.: Increased mortality in COPD among construction workers exposed to inorganic dust. *Eur. Respir. J.*, 2004;23(3):402–406
- Tjoe-Nijn E., Heederik D.: Risk assessment of silicosis and lung cancer risk among construction workers exposed to respirable quartz. *Scand. J. Work. Environ. Health*, 2005;31(2):49–56
- Szeszenia-Dąbrowska N., Wilczyńska U., Szymczak W.: Choroby zawodowe stwierdzone w Polsce w 2004. *Med. Pr.*, 2005;4:275–284
- PN-91/Z-04030/05: Ochrona czystości powietrza. Badania zawartości pyłu. Oznaczanie pyłu całkowitego na stanowiskach

- pracy metodą filtracyjno-wagową. Polski Komitet Normalizacji Miar i Jakości, Warszawa 1992
21. PN-91/Z-04030/06: Ochrona czystości powietrza. Badania zawartości pyłu. Oznaczanie pyłu respirabilnego na stanowiskach pracy metodą filtracyjno-wagową. Polski Komitet Normalizacji Miar i Jakości, Warszawa 1992
22. PN-02/Z-04008/07: Ochrona czystości powietrza. Pobieranie próbek. Zasady pobierania próbek powietrza w środowisku pracy i interpretacji wyników. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2002
23. PN-EN 689:2002: Powietrze na stanowiskach pracy. Wytoczne oceny narażenia inhalacyjnego na czynniki chemiczne przez porównanie z wartościami dopuszczalnymi i strategią pomiarową. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2002
24. NIOSH: Silica crystalline by IR (Method 7602). NIOSH Manual of analytical methods. Wyd. 3. National Institute of Occupational Safety and Health, Cincinnati, Ohio 2003
25. Sadtler's Spectral Databases: Minerals and clays. 1980–1997
26. Van der Marel H.W., Beutelspacher H.: Atlas of infrared spectroscopy of clay minerals and their admixtures. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam 1976