

Stella Bujak-Pietrek

Irena Szadkowska-Stańczyk

NARAŻENIE NA DZIAŁANIE RESPIRABILNYCH WŁÓKIEŃ AZBESTU PODCZAS RÓŻNYCH ETAPÓW PRAC ZWIĄZANYCH Z USUWANIEM MATERIAŁÓW AZBESTOWYCH

EXPOSURE TO RESPIRABLE ASBESTOS FIBERS AT VARIOUS STAGES OF ASBESTOS REMOVAL WORK

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

STRESZCZENIE

Wstęp: Uszkodzone materiały zawierające azbest stanowią bezpośrednie źródło uwalniania się włókien azbestu zarówno do środowiska pracy, jak i środowiska naturalnego. Szczególnie ekspozowane są osoby wykonujące prace demontażowe, ale narażone mogą być także osoby postronne przebywające w pobliżu wykonywania prac. **Cel:** Celem projektu była analiza i ocena stężeń włókien azbestu w powietrzu w budynkach mieszkalnych, użyteczności publicznej i zakładach produkcyjnych z elementami azbestowymi podczas ich normalnego użytkowania oraz podczas prac związanych z usuwaniem i zabezpieczaniem materiałów zawierających azbest. **Metodyka:** Próbki powietrza pobierano za pomocą aspiratorów indywidualnych i stacjonarnych w strefie oddychania osób na terenie różnych obiektów budowlanych. Stężenie respirabilnych włókien azbestu oznaczono metodą mikroskopii optycznej zgodnie z PN-88/Z-04202/02. Pomiar przeprowadzono w pomieszczeniach zawierających azbest podczas wykonywania prac związanych z usuwaniem materiałów azbestowych oraz w powietrzu atmosferycznym i powietrzu wewnątrz po zakończeniu prac demontażowo-remontowych. **Wyniki:** Analizą objęto łącznie 2925 wyników pomiarów z lat 2003–2010. Stężenia respirabilnych włókien azbestu w budynkach zawierających instalacje azbestowe podczas ich normalnego użytkowania mieściły się w zakresie 0–0,0043 wł./cm³ powietrza. Pomiar przeprowadzony na stanowiskach pracy podczas usuwania materiałów azbestowo-cementowych wykazały, że średnie stężenia włókien azbestu wynosiły 0,0652 wł./cm³ dla prac prowadzonych wewnątrz pomieszczeń i 0,0141 wł./cm³ dla prac na zewnątrz. **Wnioski:** W obiektach zawierających elementy azbestowe stwierdzono niskie stężenia respirabilnych włókien azbestu, dalekie od wartości NDS. Najwyższe stężenia włókien azbestu oraz największy odsetek pomiarów przekraczających wartość dopuszczalną stwierdzono na stanowiskach pracy podczas czynności związanych z demontażem azbestu i rozbiorem elementów zawierających ten materiał prowadzonych wewnątrz budynków. Med. Pr. 2012;63(2):191–198

Słowa kluczowe: azbest, usuwanie azbestu, ekspozycja zawodowa i środowiskowa

ABSTRACT

Background: Damaged asbestos-containing materials are the source of asbestos fibers released into the outdoor or indoor environment. The highest risk concerns asbestos removal workers, and also other people staying near the performed work. **The aim** of this project was to analyze and assess air concentrations of asbestos fibers in different types of buildings with asbestos-containing elements under normal operation, as well as during demolition, renovation and maintenance work. **Material and Methods:** Air samples were collected using stationary and individual aspirators from the breathing zone of people at different locations. The concentration of respirable fibers was determined in accordance with Polish Standard PN-88 Z-04202/02. Air sampling was carried out inside buildings before and during removal of asbestos products, as well as in ambient and indoor air after completing dismantling and repair works. **Results:** The analysis included 2925 measurements carried out during 2003–2010. Concentrations of respirable asbestos fibers in buildings containing asbestos installations, during their normal operation ranged from 0 to 0.0043 fiber/cm³. Measurements taken at the workposts during removal of asbestos-cement materials showed the average asbestos fiber concentrations of 0.0652 fiber/cm³ and 0.0141 fiber/cm³ for work carried out inside and outside the buildings, respectively. **Conclusions:** The concentrations of asbestos respirable fibers inside the buildings containing asbestos elements were low, far beyond the hygiene standard. The highest concentrations of asbestos fibers and the highest percentage of the measurement results exceeding hygiene standard were found at the workposts inside buildings during asbestos removal. Med Pr 2012;63(2):191–198

Key words: asbestos, asbestos removal activities, occupational and environmental exposure

Adres autorek: Zakład Środowiskowych Zagrożeń Zdrowia, Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera,
ul. św. Teresy 8, 91-348 Łódź, e-mail: stellab@imp.lodz.pl

Nadesłano: 11 stycznia 2012

Zatwierdzono: 13 stycznia 2012

WSTĘP

Azbest to ogólna nazwa nadana określonej grupie 6 naturalnie występujących minerałów krzemianowych. W zależności od metalu, z jakim krzemiany tworzą związki, wyróżnia się kilka odmian azbestów o różnej szkodliwości dla zdrowia. Do azbestów zaliczyć możemy włókniste minerały dwóch typów – serpentyny i amfibole.

Kręte, elastyczne włókna, często o rozszczepionych końcach, charakteryzują jedyne przedstawiciela serpentynów – chryzotyl (azbest biały). Włókna chryzotyłu są najcieńsze spośród naturalnych włókien mineralnych, a ich długość może dochodzić do 60 mm. Blisko 90% występującego dziś azbestu należy do tego typu. Do grupy amfiboli zaliczamy 5 odmian azbestu: aktyolit, amozyt (azbest brązowy), antofyllit, krokidolit (azbest niebieski) i tremolit. Cechą charakterystyczną amfiboli są proste i długie włókna o wyjątkowej odporności na działanie kwasów i zasad (1,2).

Minerały azbestowe mają wiele unikalnych właściwości chemicznych i fizycznych, pożądanych z uwagi na możliwość ich komercyjnego zastosowania. Unikalne właściwości azbestu – do których zaliczamy przede wszystkim niepalność, wytrzymałość mechaniczną, stabilność termiczną, elastyczność oraz odporność na degradację chemiczną i biologiczną – przyczyniły się do szerokiego stosowania tego surowca w różnorodnych technologiach przemysłowych.

Intensywne wykorzystywanie przemysłowe azbestu rozpoczęło się pod koniec XIX wieku. Szacuje się, że jako surowiec znalazł na świecie zastosowanie w około 3 tys. technologii. Na polski rynek w połowie ubiegłego stulecia zostały wprowadzone ok. 2 mln ton azbestu, który w głównej mierze został wykorzystany do produkcji płyt azbestowo-cementowych. Ponadto azbest wykorzystywany był przy produkcji innych wyrobów budowlanych (rury wodociągowe i kanalizacyjne, przewody wentylacyjne, rynny spustowe zsyków), a także wyrobów ogniotrwałych (kurtyny, koce gaśnicze, płyty i farby ogniotrwałe), wyrobów uszczelniających, materiałów ciernych (okładziny hamulcowe i sprzęgłowe), materiałów włókienniczych, izolacji akustycznych i elektrycznych oraz materiałów filtrujących.

Na szczególnie podkreślenie zasługuje fakt, że wyroby azbestowo-cementowe na skutek starzenia się tracą swoje właściwości użytkowe, a ich stan techniczny stale się pogarsza. Kiedy dochodzi do korozji materiałów azbestowych na skutek ich starzenia się lub innego uszkodzenia (np. podczas łamania, kruszenia, cięcia i innych

procesów obróbki), włókna azbestu mogą uwalniać się do powietrza, co stanowi zagrożenie dla zdrowia ludzi. Zanieczyszczeniu może ulec zarówno środowisko pracy, jak i środowisko naturalne. Aspirowane do układu oddechowego włókna azbestu mogą być przyczyną nie tylko zmian zwłókniających, ale mogą także indukować proces kancerogenezy prowadzący do rozwoju nowotworów, głównie układu oddechowego. Najpoważniejszymi chorobami wynikającymi z narażenia na azbest są: pylica azbestowa, choroby opłucnej (3,4) oraz nowotwory – rak płuc i międzybłoniak opłucnej (5–9). Liczba chorób zawodowych spowodowanych działaniem azbestu wciąż utrzymuje się na wysokim poziomie, mimo zaprzestania produkcji i obrotu materiałami zawierającymi ten surowiec. W latach 2001–2010 stwierdzono łącznie ponad 2200 przypadków chorób związanych z narażeniem na pył zawierający azbest, z czego 1288 to pylice azbestowe, a ponad 500 to przypadki nowotworów płuca i opłucnej (10,11).

Zwiększona emisja włókien azbestu do środowiska naturalnego występuje podczas prac związanych z demontażem lub zabezpieczaniem wyrobów zawierających azbest.

Obecnie w Polsce wyroby zawierające azbest są sukcesywnie usuwane po wieloletnim okresie ich produkcji i użytkowania. Jest to wynik realizacji Ustawy z dnia 19 czerwca 1997 roku o zakazie stosowania azbestu (12) oraz „Programu usuwania azbestu i wyrobów zawierających azbest stosowanych na terytorium Polski” z maja 2002 r. i „Programu oczyszczania kraju z azbestu” z marca 2010 r. Cele powyższych programów obejmują oczyszczenie terytorium Polski z azbestu poprzez usunięcie stosowanych od wielu lat wyrobów zawierających azbest, zaplanowanie miejsc bezpiecznego składowania odpadów azbestowych i zminimalizowanie wpływu azbestu na środowisko, a przede wszystkim wyeliminowanie jego szkodliwego działania na zdrowie ludzi.

Pracodawcy prowadzący działalność, z której wynika możliwość narażenia pracowników na pył zawierający włókna azbestu, mają obowiązek zgłaszania takiej działalności odpowiednim władzom i tworzenia odpowiednich warunków minimalizujących narażenie pracowników na ten czynnik. Miarą zanieczyszczenia powietrza azbestem jest stężenie jego włókien w określonej objętości powietrza. Wartość najwyższego dopuszczalnego stężenia (NDS) dla respirabilnych włókien azbestu w środowisku pracy wynosi 0,1 wł./cm³ powietrza (13). Taką samą wartość normatywu higienicznego przyjmuje się dla pomieszczeń użyteczności publicznej, w których znajdują się instalacje z materiałów azbestowych (14).

Jednym ze sposobów kontroli bezpiecznego użytkowania, usuwania i transportu azbestu jest monitorowanie stężeń włókien azbestu, na jakie narażeni są pracownicy przed pracami remontowymi, w ich trakcie oraz po zakończeniu. Pomiar stężenia włókien azbestu mogą być wykonywane przez laboratoria akredytowane w tym zakresie, a wyniki badań powinny być wpisane do rejestru czynników szkodliwych dla zdrowia oraz kart badań i pomiarów czynników szkodliwych. Obecnie pomiary takie wykonywane są zaledwie przez kilka laboratoriów, a przeważającą liczbę analiz mikroskopowo-liczbowych (1000–1500 analiz rocznie) wykonuje Pracownia Aerozoli w Instytucie Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera w Łodzi.

Celem niniejszej publikacji jest przedstawienie wyników analizy narażenia na respirabilne włókna azbestu pracowników, którzy wykonują różnego rodzaju prace związane z demontażem elementów i materiałów zawierających azbest. Analizą objęto poziomy ekspozycji pracowników oraz dynamikę zmian poziomu narażenia w latach 2003–2010.

MATERIAŁ I METODY

Próbki powietrza pobierano zgodnie ze strategią opisaną w PN-Z-04008-7:2002 (15). W obiektach zawierających elementy azbestowe próbki pobierano za pomocą aspiratorów stacjonarnych na wysokości 1,5 m, a na

stanowiskach pracy za pomocą aspiratorów indywidualnych w strefie oddychania człowieka. Próbki były pobierane na terenie całego kraju w różnych obiektach budowlanych. Stężenie respirabilnych włókien azbestu oznaczano metodą mikroskopii optycznej z kontrastem fazowym według zaleceń PN-Z-04202/02:1988 (16). Analizą objęto 2925 wyników pomiarów przeprowadzonych w latach 2003–2010.

Wyniki na podstawie informacji dotyczących miejsca i okoliczności pobierania próbek zaszerogowano do 7 wyodrębnionych grup o odmiennej charakterystyce, a następnie poddano szczegółowej analizie. Wyszczególniono 3 typy budynków zawierających materiały azbestowe, w których nie prowadzono prac demontażowych – budynki mieszkalne, użyteczności publicznej oraz zakłady przemysłowe. Pomiary przeprowadzono w nich podczas ich zwykłego użytkowania, zgodnego z przeznaczeniem. Ponadto pomiary były prowadzone w różnego rodzaju budynkach (mieszkalne, przemysłowe i inne) na poszczególnych etapach prac związanych z usuwaniem azbestu (przed demontażem, w trakcie oraz po zakończeniu prac). W podobnym zakresie przeprowadzono pomiary na zewnątrz budynków przy demontażu płyt azbestowo-cementowych. Ostatnią wyodrębnioną grupę stanowiły składowiska odpadów azbestowych. W tabeli 1. przedstawiono wybrane miejsca występowania azbestu i etapy czynności związane z jego usuwaniem wraz z liczbą pomiarów wykonanych w danych miejscach.

Tabela 1. Liczba pomiarów wykonanych w określonych miejscach lub podczas wykonywania wybranych czynności
Table 1. The number of surveys taken at specific locations or during certain activities

Lp.	Miejsce / czynności Location / activities	Pomiary Surveys [n]
1	BM – budynki mieszkalne z elementami azbestowymi podczas normalnego ich użytkowania / residential buildings with asbestos elements during their normal operation	83
2	BUP – budynki użyteczności publicznej z elementami azbestowo-cementowymi / public buildings with asbestos-cement elements	278
3	ZP – zakłady przemysłowe z elementami azbestowo-cementowymi / factories with the asbestos-cement elements	872
4	DEM WEW – demontaż instalacji azbestowo-cementowych w różnego typu budynkach / removal of asbestos-cement installations inside the buildings:	646
	a) przed demontażem / before removal	33
	b) podczas demontażu / during removal	90
	c) po demontażu / after removal	526
5	DEM ZEW – demontaż płyt azbestowo-cementowych na zewnątrz różnego typu budynków / removal of asbestos-cement boards outside the buildings:	261
	a) przed demontażem / before removal	46
	b) podczas demontażu / during removal	84
	c) po demontażu / after removal	131
6	SKŁAD – składowisko odpadów azbestowych / asbestos landfill	98
7	pozostałe (brak informacji umożliwiających sklasyfikowanie) / others (lack of information to classify)	142

W ramach analizy statystycznej wyników wyznaczono wartości średniej arytmetycznej stężeń włókien respirabilnych dla wyszczególnionych stanowisk lub miejsc występowania azbestu, odchylenie standardowe, wartości minimalne i maksymalne oraz odsetek pomiarów przekraczających wartość normatywu higienicznego.

WYNIKI

Stężenia respirabilnych włókien azbestu w budynkach z instalacjami azbestowymi podczas ich zwykłego użytkowania

Średnie stężenie włókien azbestu w budynkach mieszkalnych z instalacjami azbestowymi w badanym okresie wynosiło $0,0018 \text{ wł./cm}^3$, a jego wartość zmieniała się w zakresie od 0 wł./cm^3 do $0,012 \text{ wł./cm}^3$. Blisko 5% wyników pomiarów wykonanych w tej grupie przekraczało wartość dopuszczalną równą $0,1 \text{ wł./cm}^3$.

W budynkach użyteczności publicznej średnie stężenie respirabilnych włókien azbestu mieściło się w granicach $0,0014 \text{ wł./cm}^3$. Najwyższa stwierdzona wartość stężenia włókien w cm^3 powietrza wynosiła $0,019 \text{ wł./cm}^3$, a 0,7% wyników przekraczało NDS.

Nieznacznie wyższe były stężenia włókien azbestu w pomieszczeniach zakładów przemysłowych, w których znajdują się materiały azbestowe. Stężenia te mieściły się w szerokim zakresie $0\text{--}0,230 \text{ wł./cm}^3$, a wartość średnia była równa $0,0043 \text{ wł./cm}^3$. Niski był obserwowany w tej grupie odsetek wyników pomiarów przekraczających normatywu higieniczny, który wynosił 0,3%.

Stężenia respirabilnych włókien azbestu podczas usuwania elementów azbestowych wewnątrz i na zewnątrz budynków

W przypadku prac demontażowych prowadzonych wewnątrz pomieszczeń najwyższe wartości średnich stężeń respirabilnych włókien azbestu – $0,0652 \text{ wł./cm}^3$ – obserwowano na etapie wykonywania czynności związanych z rozbiórką. Przekroczenie normatywu higienicznego w tej grupie dotyczyło 21,1% analizowanych wyników. Wartości stężeń włókien azbestu przed przystąpieniem do prac oraz po ich wykonaniu były na poziomie ponad 10-krotnie niższym i wynosiły odpowiednio: $0,0034 \text{ wł./cm}^3$ i $0,0048 \text{ wł./cm}^3$. Niski był też poziom przekroczeń normatywów higienicznych dotyczących tych etapów – wynosił 3% (1 pomiar) przed przystąpieniem do rozbiórki i 0,2% (1 pomiar) po jej zakończeniu.

Podczas demontażu płyt azbestowych na zewnątrz budynków średnie stężenia włókien respirabilnych

azbestu na wszystkich etapach były na niskim poziomie i wynosiły:

- przed demontażem – $0,0037 \text{ wł./cm}^3$,
- podczas prac demontażowych – $0,0141 \text{ wł./cm}^3$,
- po oczyszczeniu budynku z azbestu – $0,0005 \text{ wł./cm}^3$.

W tej grupie nie odnotowano wyników przekraczających wartość najwyższego dopuszczalnego stężenia.

Stężenia respirabilnych włókien azbestu w miejscu składowania odpadów azbestowych

Analizując dane dotyczące 5 składowisk odpadów azbestowych, można stwierdzić, że stężenia włókien azbestu w takich miejscach są bardzo niskie. W przypadku większości jednostkowych pomiarów nie stwierdzono obecności respirabilnych włókien azbestu na stanowiskach pracowników zatrudnionych przy składowaniu zabezpieczonych odpadów azbestowych. Średnie stężenie w badanym okresie wynosiło $0,0008 \text{ wł./cm}^3$.

Szczegółowe dane dotyczące średnich arytmetycznych stężeń, odchyżeń standardowych, zakresów stężeń w każdej grupie oraz odsetek wyników pomiarów przekraczających wartość normatywu higienicznego przedstawia tabela 2. Rycina 1. ilustruje średnie poziomy stężeń wraz z odchyleniami standardowymi w odniesieniu do wartości NDS.

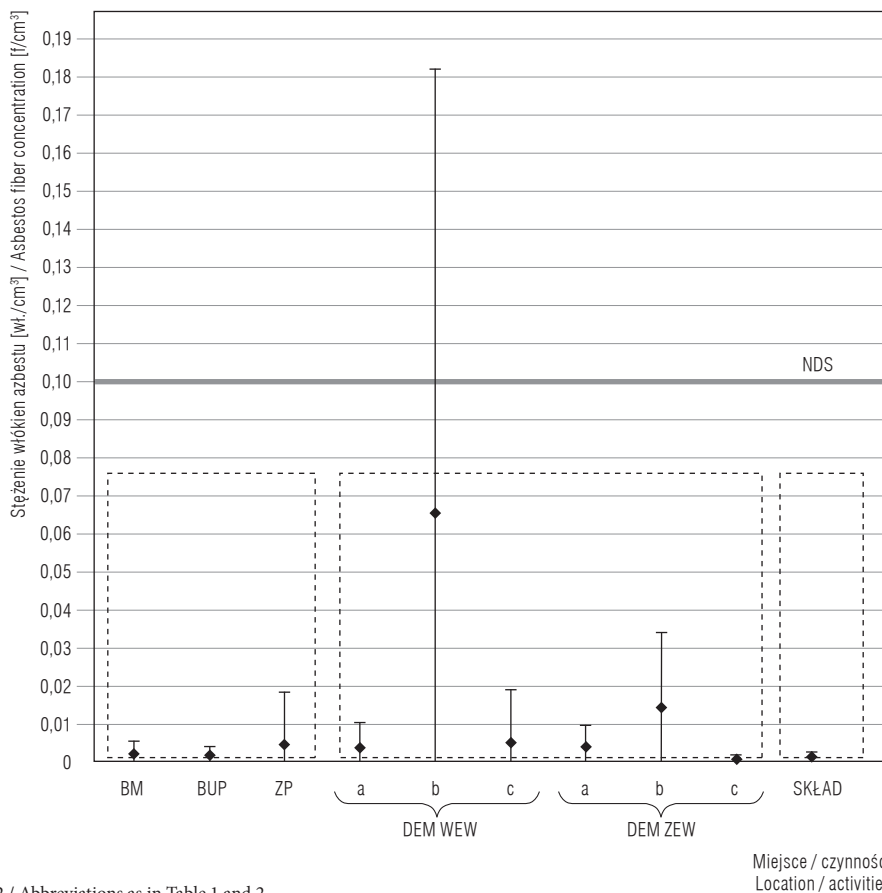
OMÓWIENIE

Wprowadzenie w maju 2002 roku „Programu usuwania azbestu i wyrobów zawierających azbest stosowanych na terytorium Polski” spowodowało wzrost liczby prac demontażowych materiałów azbestowych w budynkach mieszkalnych, gospodarczych i przemysłowych oraz w szeroko rozumianych instalacjach. W latach 2003–2008 usunięto około 1 mln ton wyrobów zawierających azbest. Szacuje się jednak, że na terenie Polski nadal znajduje się około 14,5 mln ton płyt azbestowo-cementowych, rur i innych materiałów azbestowych. Zagrożenie dla zdrowia ludzi stanowi korozja materiałów azbestowych na skutek ich starzenia się lub innego uszkodzenia wyrobów zawierających ten surowiec, np. podczas łamania, kruszenia, cięcia i innych procesów. Szczególne narażenie dotyczy w głównej mierze osób zatrudnionych przy pracach demontażowych, pracowników remontowo-budowlanych i innych pracowników mających kontakt z materiałami zawierającymi azbest. Uwolnione włókna azbestu mogą stwarzać zagrożenie dla zdrowia ludzi i być przyczyną chorób układu oddechowego, w tym nowotworów.

Tabela 2. Wartości stężeń włókien respirabilnych azbestu w Polsce w latach 2003–2010
Table 2. Concentrations of respirable asbestos fibers in Poland in 2003–2010

Lp.	Miejsce / czynności Location / activities	N	\bar{X}	SD	Zakres min.–maks. Range min–max	Pomiary powyżej NDS Surveys above hygienic standard [%]
1	BM	83	0,0018	0,0031	0,000–0,012	4,8
2	BUP	278	0,0014	0,0020	0,000–0,019	0,7
3	ZP	872	0,0043	0,0137	0,000–0,230	0,3
4	DEM WEW					
	a) przed demontażem / before removal	33	0,0034	0,0066	0,000–0,037	3,0
	b) podczas demontażu / during removal	90	0,0652	0,1169	0,000–0,917	21,1
	c) po demontażu / after removal	526	0,0048	0,0137	0,000–0,191	0,2
5	DEM ZEW					
	a) przed demontażem / before removal	46	0,0037	0,0057	0,000–0,024	0
	b) podczas demontażu / during removal	84	0,0141	0,0193	0,000–0,100	0
	c) po demontażu / after removal	131	0,0005	0,0010	0,000–0,006	0
6	SKŁAD	98	0,0008	0,0015	0,000–0,009	0
7	Pozostałe / Others	142	0,0174	0,0542	0,000–0,64	4,4

N – liczba pomiarów / number of surveys; \bar{X} – średnia arytmetyczna / arithmetic mean; SD – odchylenie standardowe / standard deviation.
 NDS – najwyższe dopuszczalne stężenie / maximum allowable concentration.



Objaśnienia jak w tabeli 1 i 2 / Abbreviations as in Table 1 and 2.

Ryc. 1. Stężenia respirabilnych włókien azbestu w badanych obiektach, w odniesieniu do wartości NDS
Fig. 1. Concentrations of respirable asbestos fibers at selected locations, in relation to the hygiene standard

W niniejszej publikacji przedstawiono wyniki analizy i oceny stężeń włókien azbestu w powietrzu różnego typu pomieszczeń zawierających elementy azbestowe oraz w różnego rodzaju budynkach podczas prowadzenia prac demontażowych, remontowych bądź konserwacyjnych, które związane są z usuwaniem materiałów zawierających azbest. Sprawdzono też, czy poziomy stężeń nie przekraczają wartości dopuszczalnych. Próbkę powietrza w obiektach zawierających elementy azbestowe pobierano za pomocą aspiratorów stacjonarnych na wysokości 1,5 m, czyli w strefie oddychania człowieka. Próbkę na stanowiskach pracy pobierano za pomocą aspiratorów indywidualnych w strefie oddychania pracowników, którzy wykonują prace związane z usuwaniem i zabezpieczaniem azbestu. Stężenie respirabilnych włókien azbestu oznaczono metodą mikroskopii optycznej zgodnie z PN-88/Z-04202/02.

Wyniki pomiarów przeprowadzonych w latach 2003–2010 dotyczą zakładów i miejsc zlokalizowanych na terenie całego kraju. Wykorzystując informacje o miejscu pobierania próbek, zebrane wyniki podzielono na grupy według lokalizacji o zbliżonej charakterystyce.

Na podstawie powyższej analizy stwierdzono, że średnie stężenia włókien azbestu w budynkach były dość niskie i wynosiły: w budynkach mieszkalnych – $0,0018 \text{ wł./cm}^3$, w budynkach użyteczności publicznej – $0,0014 \text{ wł./cm}^3$ i w zakładach produkcyjnych – $0,0043 \text{ wł./cm}^3$.

Porównywalnie niskie stężenia respirabilnych włókien azbestu obserwowano podczas badania obejmującego ponad 750 budynków zawierających materiały azbestowe, w których nie prowadzono dotychczas żadnych prac związanych z usuwaniem azbestu (17). Badaniem objęto budynki szkolne i uniwersyteckie, biblioteki, biura rządowe i biznesowe, szpitale i budynki mieszkalne podczas ich codziennego użytkowania. Zaobserwowano średnie stężenia włókien azbestu o długości powyżej $5 \mu\text{m}$ na średnim poziomie $0,00012 \text{ wł./cm}^3$. Jednocześnie autorzy badania wyraźnie podkreślili, że w żadnym budynku średnie stężenie włókien azbestu nie przekroczyło $0,004 \text{ wł./cm}^3$.

W badaniach przeprowadzonych na Śląsku, rejonie najbardziej uprzemysłowionym i zurbanizowanym w Polsce, zanalizowano stężenia azbestu w mieszkaniach znajdujących się w budynkach pokrytych płytami azbestowo-cementowymi. Stwierdzono stężenia respirabilnych włókien azbestu w zakresie $300\text{--}1800 \text{ wł./m}^3$ ($0,0003\text{--}0,0018 \text{ wł./cm}^3$) z wartością średnią na poziomie 850 wł./m^3 ($0,00085 \text{ wł./cm}^3$). Była ona trzykrotnie wyższa niż w grupie mieszkań niezawierających płyt

azbestowo-cementowych, które stanowiły grupę kontrolną i w których obserwowane średnie stężenie włókien azbestu wynosiło 280 wł./m^3 ($0,00028 \text{ wł./cm}^3$) (18). We wcześniejszych badaniach prowadzonych na tym terenie stwierdzono zróżnicowanie stężeń respirabilnych włókien azbestu dla mieszkań na przedmieściach ($350 \text{ wł./m}^3 = 0,00035 \text{ wł./cm}^3$), w pobliżu ruchliwych ulic ($910 \text{ wł./m}^3 = 0,00091 \text{ wł./cm}^3$) oraz dla domów pokrytych płytami azbestowo-cementowymi ($1020 \text{ wł./m}^3 = 0,00102 \text{ wł./cm}^3$) (19).

Wszystkie powyższe wyniki, łącznie z otrzymanymi przez autorki niniejszej publikacji, wskazują, że materiały zawierające azbest zlokalizowane w różnego rodzaju budynkach nie powodują uwalniania włókien azbestu w stopniu przekraczającym wartości dopuszczalne w środowisku przebywania ludzi, czyli nie powodują zwiększenia ryzyka zdrowotnego.

Zwiększone ryzyko narażenia na włókna azbestu występuje w przypadku mechanicznej obróbki i uszkodzenia struktury materiałów azbestowych. Procesy takie, jak cięcie, wiercenie, kruszenie, a także rozbijanie (np. podczas zrzucania z dużych wysokości) stwarzają niebezpieczeństwo dla zdrowia osób pracujących przy pracach rozbiórkowych i remontowych, których celem jest usunięcie lub zabezpieczenie azbestu. Biorąc pod uwagę specyfikę azbestu, jego trwałość i niezniszczalność, należy spodziewać się, że uwolnione do powietrza włókna mogą pozostawać w środowisku przez długi czas. W głównej mierze dotyczy to prac rozbiórkowych prowadzonych w pomieszczeniach zamkniętych. Ścisłe regulacje dotyczące sposobu i trybu wykonywania tego rodzaju czynności mają na celu zminimalizowanie wystąpienia ryzyka narażenia na szkodliwe włókna azbestu (14).

Analiza przeprowadzona na potrzeby niniejszego badania wykazała, że w badanym okresie najwyższe średnie stężenie respirabilnych włókien azbestu związane z demontażem azbestu – które wynosiło $0,0652 \text{ wł./cm}^3$ – zaobserwowano podczas usuwania materiałów azbestowych w pomieszczeniach zamkniętych. Ponad 21% wyników pomiarów przeprowadzonych podczas rozbiórki azbestu w tych pomieszczeniach przekraczało wartość normatywu higienicznego. Stężenia przed demontażem i po usunięciu materiałów azbestowych wynosiły odpowiednio: $0,0034 \text{ wł./cm}^3$ i $0,0048 \text{ wł./cm}^3$. Zdecydowanie niższe wartości stężeń włókien azbestu uwalnianych podczas prac demontażowych występowały, kiedy prace były prowadzone na zewnątrz obiektów. W tym przypadku wartość średnia stężenia wynosiła $0,0141 \text{ wł./m}^3$.

Badania przeprowadzone podczas prac wyburzeniowych (wyburzanie całego budynku) obrazują poziomy stężenie włókien azbestu i ich zróżnicowanie w zależności od miejsca i sposobu pobierania próbek powietrza (20). Średnie stężenie włókien wokół budynku wyburzanego za pomocą kuli na łańcuchu wynosiło $0,0012 \text{ wł./cm}^3$, natomiast stężenia w powietrzu stanowisk pracy, pobranym za pomocą dozymetrii indywidualnej, mieściły się w zakresie $0,036\text{--}0,042 \text{ wł./cm}^3$. W przypadku budynku wyburzanego przy użyciu buldożerów stwierdzono stężenia $0,0015\text{--}0,003 \text{ wł./cm}^3$ wokół budynku i $0,0145 \text{ wł./cm}^3$ dla pomiarów indywidualnych. W obu przypadkach prace prowadzono metodą „na mokro”, po uprzednim zmoczeniu budynków wodą.

Odrębną grupę osób narażonych mogą stanowić pracownicy usuwający azbest z elementów i instalacji znajdujących się w różnego rodzaju urządzeniach. Stężenia respirabilnych włókien azbestu stwierdzone na stanowiskach mechaników zajmujących się przeglądem i usuwaniem sprzętów azbestowych wynosiły średnio $0,047 \text{ wł./cm}^3$. W próbkach powietrza pobranych w sąsiedztwie tych stanowisk średnie stężenie było znacznie niższe i wynosiło $0,013 \text{ wł./cm}^3$ (21). Zbliżone wartości obserwowano w innym badaniu o podobnym zakresie (22). Jego autorzy stwierdzili, że średnie stężenie włókien azbestu w powietrzu pobranym ze strefy oddychania pracownika wynosi $0,048 \text{ wł./cm}^3$, a w pobliżu stanowisk pracy, w zależności od wykonywanych czynności – $0,0122\text{--}0,0151 \text{ wł./cm}^3$.

Stężenia respirabilnych włókien azbestu podczas różnych czynności związanych z usuwaniem uszczeltek azbestowych, obserwowane w badaniu Mangolda i wsp., mieściły się w zakresie od $0,02 \text{ wł./cm}^3$ do $0,11 \text{ wł./cm}^3$ (23).

W związku z intensyfikacją prac demontażowych związanych z usuwaniem azbestu wzrasta ilość produkowanych odpadów azbestowych. Przedsiębiorstwa wykonujące prace remontowe i rozbiórkowe zobligowane są do odpowiedniego zabezpieczania i unieszkodliwiania odpadów zawierających azbest. Według Bazy Azbestowej Ministerstwa Gospodarki (stan na 1 stycznia 2011) na terenie Polski znajduje się 27 ogólnodostępnych miejsc składowania zdemontowanych materiałów azbestowych (24).

W niniejszej publikacji zamieszczono wyniki badań przeprowadzonych na 5 składowiskach odpadów azbestowych. Większość stanowisk charakteryzowała się nieobecnością włókien azbestu lub ich bardzo niskim stężeniem w powietrzu środowiska pracy. Średnie stężenie respirabilnych włókien azbestu było tu najniż-

sze spośród wszystkich analizowanych grup i wynosiło $0,0008 \text{ wł./cm}^3$. Demontaż wyrobów zawierających azbest z budynków i różnego rodzaju instalacji jest nieuchronnie związany z produkcją odpadów – jedyną drogą ich unieszkodliwienia jest odpowiednie zabezpieczenie i składowanie. Składowiska odpadów azbestowych muszą spełniać wiele wymogów stawianych tego typu obiektom (25). Występowanie w miejscach składowania azbestu niskich stężeń jego włókien, mieszczących się zdecydowanie poniżej normatywu higienicznego, jest możliwe dzięki ściśle wytyczonym i rygorystycznie przestrzegany przepisom dotyczącym sposobu postępowania z materiałami azbestowymi. Odpady zawierające azbest docierają na składowisko jako szczelnie zapakowane elementy, z wyraźnym oznakowaniem, specyficznym dla azbestu. Uwalnianie się włókien z tak zabezpieczonych odpadów jest praktycznie niemożliwe.

WNIOSKI

1. W obiektach zawierających elementy azbestowe stwierdzono niskie stężenia respirabilnych włókien azbestu, dalekie od wartości NDS.
2. Najwyższe stężenia włókien azbestu oraz największy odsetek pomiarów przekraczających wartość dopuszczalną stwierdzono na stanowiskach pracy podczas czynności związanych z demontażem azbestu i rozbieraniem elementów zawierających ten materiał, prowadzonych wewnątrz budynków.
3. Zarówno stężenia włókien podczas demontażu elementów azbestowych na zewnątrz obiektów, jak i stężenia na składowiskach odpadów azbestowych były w niniejszym badaniu niskie i nie przekraczały wartości dopuszczalnej.

PIŚMIENNICTWO

1. Więcek E., Stroszejn-Mrowca G., Maciejewska A.: Pyły środowiska pracy. W: Indulski A. [red.]. Higiena pracy. Tom 1. Instytut Medycyny Pracy, Łódź 1999
2. Sporn T.A.: Minearology of asbestos. Recent Results Cancer Res. 2011;189:1–11
3. King C., Mayes D., Dorsey D.A.: Benign asbestos-related pleural disease. Dis. Mon. 2011;57:27–39
4. Park E.K., Thomas P.S., Wilson D., Choi H.J., Johnson A.R., Yates D.H.: Chest pain in asbestos and silica-exposed workers. Occup. Med. 2011;61:178–183
5. Cugell D.W., Kamp D.W.: Asbestos and the pleura. Chest 2004;125:1103–1117

6. O'Reilly K., Mclaughlin A.M., Beckett W.S., Sime P.J.: Asbestos-related lung disease. *Am. Fam. Physician* 2007;75(5):683–688
7. Park E.K., Hannaford-Turner K.M., Hyland R.A., Johnson A.R., Yates D.H.: Asbestos-related occupational lung diseases in NSW, Australia and potential exposure of general population. *Ind. Health* 2008;46:535–540
8. Gibbs G.W., Berry G.: Mesothelioma and asbestos. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* 2008;52(1 Supl.):S218–S231
9. Jamrozik E., de Klerk N., Musk A.W.: Asbestos-related disease. *Intern. Med. J.* 2011;41:372–380
10. Szeszenia-Dąbrowska N., Wilczyńska U., Sobala W.: Choroby zawodowe w Polsce w 2009 r. Instytut Medycyny Pracy, Łódź 2010
11. Szeszenia-Dąbrowska N., Wilczyńska U., Sobala W.: Choroby zawodowe w Polsce w 2010 r. Instytut Medycyny Pracy, Łódź 2011
12. Ustawa z dnia 19 czerwca 1997 r. o zakazie stosowania wyrobów zawierających azbest. *DzU z 1997 r. nr 101, poz. 628 z późn. zm.*
13. Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 10 października 2005 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. *DzU z 2005 r. nr 212, poz. 1769*
14. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 13 grudnia 2010 r. w sprawie wymagań w zakresie wykorzystywania wyrobów zawierających azbest oraz wykorzystywania i oczyszczania instalacji lub urządzeń, w których były lub są wykorzystywane wyroby zawierające azbest. *DzU z 2011 r. nr 8, poz. 31*
15. PN-Z-04008-7:2002. Ochrona czystości powietrza. Zasady pobierania próbek powietrza w środowisku pracy i interpretacja wyników. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2002
16. PN-Z-04202/02:1988. Ochrona czystości powietrza. Badania zawartości azbestu. Oznaczenie stężenia liczbowego respirabilnych włókien azbestu na stanowiskach pracy metodą mikroskopii optycznej. Polski Komitet Normalizacji, Miar i Jakości, Warszawa 1989
17. Lee R.J., van Orden D.R.: Airborne asbestos in buildings. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* 2008;50:218–225
18. Pastuszka J.S.: Emission of airborne fibres from mechanically impacted asbestos-cement sheets and concentration of fibrous aerosol in the home environment in Upper Silesia, Poland. *J. Hazard. Mater.* 2009;162(2–3):1171–1177
19. Pastuszka J.S., Kabal-Dzik A., Paw K.T.: A study of fibrous aerosols in the home environment in Sosnowiec, Poland. *Sci. Total Environ.* 1999;229(1–2):131–136
20. Perkins R.A., Hargesheimer J., Fourie W.: Asbestos release from whole-building demolition of buildings with asbestos-containing material. *J. Occup. Environ. Hyg.* 2007;4:889–894
21. Cohen H.J., van Orden D.R.: Asbestos exposures of mechanics performing clutch service on motor vehicles. *J. Occup. Environ. Hyg.* 2008;5(3):148–156
22. Blake C.L., Scott Dotson G., Harbison R.D.: Evaluation of asbestos exposure within the automotive repair industry: a study involving removal of asbestos-containing body sealants and drive clutch replacement. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* 2008;52:324–331
23. Mangold C., Clark K., Madl A., Paustenbach D.: An exposure study of bystanders and workers during the installation and removal of asbestos gaskets and packing. *J. Occup. Environ. Health* 2006;3:87–98
24. Ministerstwo Gospodarki: Baza Azbestowa [cytowany 1 stycznia 2011]. Adres: <http://www.bazaazbestowa.pl>
25. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. o odpadach. *DzU z 2010 r. nr 185, poz. 1243 z późn. zm.*