

Usuwanie płyt azbestowo-cementowych a narażenie zawodowe i środowiskowe na azbest

Removal of asbestos-cement sheets and occupational and environmental exposure to asbestos

Gabriela Sąkol¹ (a, b, c)

Maja Muszyńska-Graca² (a, c)

¹ Zakład Szkodliwości Biologicznych i Immunoalergologii, Instytut Medycyny Pracy i Zdrowia Środowiskowego, dyrektor
Instytutu: dr hab. n. med. R. Złotkowska

² Zakład Zdrowia Środowiskowego i Epidemiologii, Instytut Medycyny Pracy i Zdrowia Środowiskowego

(a) koncepcja

(b) zebranie materiału

(c) opracowanie tekstu i piśmiennictwa

STRESZCZENIE

Wstęp: Remonty obiektów z usuwaniem płyt azbestowo-cementowych stwarzają zagrożenie pyłem azbestowym dla zdrowia pracowników budowlanych i osób znajdujących się w pobliżu. Celem pracy było oszacowanie narażenia zawodowego pracowników, usuwających materiały a-c oraz narażenia środowiskowego w pobliżu prowadzonych prac.

Materiał i metody: Wyniki stężeń respirabilnych włókien i pyłu całkowitego azbestu z ponad 180 pomiarów osobistych na stanowiskach pracy przy demontażu płyt a-c z obiektów mieszkalnych (bloki) i przemysłowych (chłodnie wody), przeprowadzonych zgodnie z obowiązującymi normami, opracowano statystycznie i przyrównano do obowiązujących obecnie normatywów higienicznych. Opracowano także ponad 80 wyników pomiarów stacjonarnych obok remontowanych obiektów, przeprowadzonych równocześnie z pomiarami osobistymi. Wykorzystano wyniki z lat 2000-2007 oraz informacje dotyczące okoliczności pomiarów.

Wyniki: Zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego podczas usuwania płyt a-c z bloków mieszkalnych mieściło się w granicach 1000–8000 $\mu\text{l}/\text{m}^3$, a w zakresie 1000–7000 $\mu\text{l}/\text{m}^3$, gdy azbest usuwano z chłodni wody. Dla pracowników zdejmujących płyty a-c ze ścian budynków mieszkalnych stężenie respirabilnych włókien azbestu chryzotylowego wynosiło 0,31 $\mu\text{l}/\text{cm}^3$, a stężenie pyłu całkowitego – 2,7 mg/m^3 . Pracownicy, odnoszący odpady a-c do kontenerów, narażeni byli na stężenia 0,27 $\mu\text{l}/\text{cm}^3$ respirabilnych włókien i 5,7 mg/m^3 pyłu całkowitego. Średnia krotność NDS wynosiła 1,2 dla respirabilnych włókien oraz 7,8 dla pyłu całkowitego. Stężenie włókien chryzotylu, amozytu i krokidolitu podczas usuwania płyt a-c z chłodni wynosiło 0,05 $\mu\text{l}/\text{cm}^3$, a podczas odnosze-

nia ich do kontenerów 0,10 $\mu\text{l}/\text{cm}^3$. Stężenia pyłu całkowitego mieściły się w zakresie 7,3–12,4 mg/m^3 . Średnia krotność NDS wynosiła 0,6 dla respirabilnych włókien oraz 19,7 dla pyłu całkowitego.

Wnioski: Pracownicy, usuwający płyty a-c z bloków mieszkalnych, pracowali w narażeniu na pyły zawierające włókna azbestu chryzotylowego 1,2 razy przekraczającym NDS. Usuwanie płyt z chłodni wody powodowało narażenie na włókna chryzotylu, krokidolitu oraz amozytu, które w 2,6% przypadków przekraczało NDS. Poziom stężeń włókien azbestu w powietrzu atmosferycznym podczas remontów bloków mieszkalnych był wyższy niż przy remontach chłodni.

Słowa kluczowe: demontaż azbestu, narażenie zawodowe, narażenie środowiskowe, budynki mieszkalne, chłodnie kominowe

ABSTRACT

Background: Workers' exposure to asbestos and ambient air pollution were investigated during the removal of asbestos-cement sheets from blocks of flats and cooling towers. The results of personal measurements for respirable fibers and the total dust exposure were compared to the current MAC values to assess the exposure to asbestos in this group of construction workers. The assessment of asbestos fiber contamination in ambient air was based on stationary air measurements performed near workplaces.

Material and methods: The analysis was based on over 180 personal sampling results of total dust and respirable fibres collected among workers who removed a-c sheets from blocks of flats or from cooling towers between

January 2000 and November 2007. Additionally, 86 ambient air samples were taken. The counts of respirable fibers were analyzed by the PCM method. Additional information about workplaces and the circumstances of measurement was also taken into consideration.

Results: For workers removing a-c sheets from blocks of flats, the concentration of chrysotile respirable fibers was 0.24 f/cm^3 , and the concentration of total dust was 3.7 mg/m^3 . Workers removing a-c sheets from cooling towers were exposed to concentrations of respirable chrysotile, crocidolite, and amosite fibres of 0.06 f/cm^3 ; the concentration of total dust for this group of workers was 9.8 mg/m^3 . The time-weighted average for 8-hour shift

was 0.6 times the MAC value for respirable fibers and 19.7 times the MAC value for total dust. The environment around blocks of flats was more heavily contaminated with asbestos than that around cooling towers.

Conclusions: During the removal of a-c sheets, workers were exposed to excessive concentrations of dust containing asbestos. Over 90% of the results exceed the current MAC values. Removal of a-c sheets polluted ambient air to the level of 1000 f/m^3 .

Key words: removal of asbestos, occupational exposure, environmental exposure, residential buildings, cooling towers

WSTĘP

Ze względu na korzystne właściwości techniczne, włókniste formy minerałów glinokrzemianowych, pod zbiorczą nazwą handlową – azbest, wykorzystano w wielu produktach. Różne rodzaje azbestu (chryzotyl, amozyt, krokidolit, i kilka innych, mniej znaczących komercyjnie) powodują powstawanie pyłów zawierających włókna, między innymi tzw. respirabilne (długość (L) $> 5 \mu\text{m}$, średnica (D) $< 3 \mu\text{m}$, L/D $> 3:1$). Azbest jest minerałem bardzo trwałym, a skutki zdrowotne ekspozycji będą ujawniać się jeszcze przez wiele lat od narażenia.

Narażenie na wdychanie pyłu azbestu może powodować negatywne skutki zdrowotne. Szczegółnie ryzyko dotyczy zawodowego narażenia na azbest. Patologia może dotyczyć płuc, a także opłucnej i otrzewnej. Obserwowane zmiany mogą mieć charakter nienowotworowy i występować pod postacią pylicy azbestowej i/lub zmian opłucnowych. Azbest jest także zaliczany do grupy trucizn przemysłowych i zanieczyszczeń komunalnych o udowodnionym działaniu rakotwórczym i może powodować rozwój międzybłoniaka opłucnej, międzybłoniaka otrzewnej, a także przyczyniać się do rozwoju raka płuc. Narażenie zawodowe na pył azbestu może być przyczyną wystąpienia wszystkich wyżej wymienionych chorób. Głównym skutkiem ekspozycji środowiskowej, który należy brać pod uwagę, jest międzybłoniak opłucnej; w zależności jednak od poziomu narażenia można obserwować także wzrost ryzyka raka płuca. Narażenie na pył azbestu może niekorzystnie wpływać na rozwój chorób układu oddechowego, np. przewlekłego zapalenia oskrzeli i przewlekłych nieżytów górnych dróg oddechowych, a także stanów nadreaktywności oskrzeli i przewlekłej obturacyjnej choroby płuc. W badaniach epidemiologicznych potwierdzono ponadto synergiczne działanie rakotwórcze azbestu oraz dymu tytoniowego. Wnikanie pyłu

do układu oddechowego w dużej mierze zależy od jego rozdrobnienia i wielkości wentylacyjnej płuc. Do pęcherzyków płucnych dociera tzw. frakcja respirabilna pyłów. Pyły o średnicy powyżej 5 mikrometrów są prawie w całości zatrzymywane w górnych drogach oddechowych. Zdolność płuc do samoczyszczenia jest bardzo duża, dlatego tylko niewielka część wdychanego pyłu (ok. 5%) zostaje zatrzymana w układzie oddechowym, ok. 2/3 jest natychmiast wydalone z powietrzem wydechowym, a pozostała część zostaje następnie wydalona ze śluzem na skutek wykrztuszania. Zwiększenie osiadania pyłów w płucach zachodzi w stanach chorobowych dróg oddechowych oraz podczas oddychania suchym powietrzem, ponieważ niska wilgotność sprzyja wysychaniu błon śluzowych. Szkodliwość azbestu jest wprost proporcjonalna do liczby jego włókien obecnych w pyle, jednak dawki progowej nie ustalono. Zgodnie z aktualnymi poglądami każde włókno azbestu o odpowiednich wymiarach, sztywności i sprężystości musi być uważane za potencjalny czynnik rakotwórczy [1–9].

W roku 1997 zaczęła obowiązywać „Ustawa o zakazie importu azbestu i produkcji materiałów zawierających azbest” [10]. Do tego czasu znaczna ilość importowanego do Polski azbestu została użyta do produkcji azbestowo-cementowych (a-c) płyt płaskich i falistych (około 80 % wyrobów azbestowych), która trwała od lat 60. do września 1998 roku. Płyty a-c były stosowane na szeroką skalę, zwłaszcza od początku lat 70. ubiegłego wieku, gdy instalowano je jako pokrycie elewacji w tzw. budownictwie wielkopłytowym – w wielokondygnacyjnych blokach mieszkalnych [11, 12]. Płyty wykorzystano także, między innymi, w budownictwie przemysłowym, w tym w chłodniach wody do celów technologicznych (1,5% ogólnej ilości) [13]. Trwałość płyt a-c szacowano na około 40 lat. Zgodnie z ideą „Programu usuwania azbestu i wyrobów zawierających az-

best stosowanych na terytorium Polski”, podjęto ich usuwanie, co ma na celu zminimalizowanie narażenia na azbest mieszkańców. W pierwszej kolejności były usuwane wyroby azbestowe, które w wyniku eksploatacji uległy korozji i/lub nie spełniały już wymagań technologicznych [14].

Od 1985 roku Ustawodawca, w celu ochrony zdrowia pracowników, nakazał monitorowanie prac w kontakcie z pyłem azbestu, m.in. poprzez pomiary osobiste stężeń pyłu azbestu oraz ustalił normatywy higieniczne na stanowiskach pracy dla pyłu całkowitego i włókien respirabilnych. Wyniki pomiarów pyłu całkowitego i respirabilnych włókien azbestu, obliczone jako średnia ważona czasem dla 8-godzinnego dnia pracy (tzw. wskaźniki narażenia) i porównane do najwyższych dopuszczalnych stężeń (NDS) wyznaczają ocenę higieniczną stanowiska pracy [15, 16]. Do ustawodawstwa wprowadzono ponadto m. in. rozporządzenia o szczególnych warunkach wykonywania prac z azbestem, aby były bezpieczne dla pracowników i nie powodowały nadmiernej emisji włókien do środowiska [17, 18].

Narażenie na azbest i skutki zdrowotne pracowników zakładów przetwórstwa azbestu do produkcji materiałów budowlanych, włókienniczych, uszczelniających, ciernych i hydro-izolacyjnych oraz ludności zamieszkałej w pobliżu tych zakładów zostało dobrze udokumentowane [19–23]. Mniej jest doniesień o narażeniu na azbest pracowników w wielu innych branżach przemysłu [24, 25]. Zwłaszcza dane o ekspozycji zawodowej na pył azbestu pracowników zatrudnionych przy usuwaniu płyt a-c z obiektów mieszkalnych i przemysłowych są niepełne. Uzupełnienia wymaga również baza danych o narażeniu środowiskowym, opartym na wynikach pomiarów zanieczyszczenia powietrza włóknami azbestu podczas prowadzenia tych prac.

W latach 2000–2005 Ustawodawca trzykrotnie zmieniał NDS dla pyłu zawierającego azbest [26]. W okresie 2000–2002, dla pyłów zawierających chryzotyl było to stężenie $0,5 \text{ wł./cm}^3$ dla włókien respirabilnych i $1,0 \text{ mg/m}^3$ (pył całkowity). W drugim przedziale czasowym (lata 2003–2005) obniżono limit wyłącznie dla włókien respirabilnych chryzotyli, do wartości $0,2 \text{ wł./cm}^3$, zachowując $1,0 \text{ mg/m}^3$ dla pyłu całkowitego. Dla pyłów krokidolitu obowiązywały, nie zmieniane w latach 2000–2005, niższe wartości: $0,2 \text{ wł./cm}^3$ (włókna respirabilne) i $0,5 \text{ mg/m}^3$ (pył całkowity). Od 2005 roku do obecnie, dla wszystkich rodzajów azbestu, NDS dla włókien respirabilnych wynosi $0,1 \text{ wł./cm}^3$, a dla pyłu całkowitego – $0,5 \text{ mg/m}^3$ [15, 16].

W niniejszym opracowaniu przedstawiono stężenia włókien azbestu oraz pyłu całkowitego, na ja-

kie narażeni byli pracownicy budowlani, usuwający w latach 2000–2007 płyty azbestowe z dwóch typów obiektów: wielokondygnacyjnych budynków (bloków) mieszkalnych i z przemysłowych chłodni wody technologicznej. Szeszenia-Dąbrowska i Świątkowska (2016) podkreślają, że wyniki, dotyczące poziomu stężeń włókien azbestu w różnego typu budynkach i na różnych etapach demontażu pochodzą z wyrwykowych pomiarów, jakie opracowały Bujak-Pietrek i Szadkowska-Stańczyk (2012) [26, 27]. Przekrojowe dane o narażeniu zawodowym na azbest pracowników remontujących obiekty przemysłowe nie były dotąd publikowane. Celem pracy była ponowna, według aktualnie obowiązujących wartości NDS, ocena higieniczna stanowisk pracy przy usuwaniu płyt azbestowo-cementowych z obiektów mieszkalnych i przemysłowych oraz porównanie narażenia zawodowego obu grup pracowników. Przedstawione dane uzupełniają wiedzę o narażeniu na azbest pracowników budowlanych. Natomiast wyniki pomiarów stężeń azbestu w powietrzu podczas prowadzonych prac, pozwalają lepiej szacować narażenie środowiskowe w badaniach epidemiologicznych.

MATERIAŁ I METODY

Analizy wielkości stężeń pyłu całkowitego i respirabilnych włókien azbestu, na jakie byli narażeni pracownicy budowlani, oparto na ponad 180 wynikach pomiarów osobistych, przeprowadzonych dla oceny higienicznej stanowisk pracy w latach 2000–2007. Wyniki ponad 80 pomiarów stacjonarnych, wykonanych obok remontowanych obiektów, pochodzą z tego samego okresu.

Wykorzystano wyniki badań wykonanych podczas demontażu płyt a-c z wielopiętrowych bloków mieszkalnych i z dachów kamienic oraz ze zraszalników i pokryć chłodni wody przemysłowej. Ponieważ w okresie 2000–2005 normatywy higieniczne zmieniały się dwa razy, przeprowadzono ocenę higieniczną danych historycznych według aktualnie obowiązujących normatywów. Przeanalizowano również notatki sporządzane w trakcie pomiarów, dotyczące sposobu prowadzenia prac.

Grupowanie czynności

Ze zbioru pomiarów na stanowiskach pracy wyróżniono wyniki pochodzące z dwóch głównych etapów prac w kontakcie z azbestem. Jednym etapem jest ogół czynności, które prowadzą do zdjęcia płyt a-c ze ścian budynku lub ze zraszalnika chłodni,

tw. „Demontaż”. Określenie „Transport” obejmuje, oprócz przenoszenia płyt do miejsca składowania nieco oddalonego od remontowanego obiektu, również czynności nazywane przez pracowników „odbiór zdemontowanych płyt a-c”, wykonywane na rusztowaniach. Ta grupa pracowników sporadycznie sprzątała też rusztowania i teren pod nimi. Dla obu grup w obu typach obiektów wykonano po około 40 pomiarów. W rubryce „Inne czynności” zestawienia tabelarycznego ujęto wyniki pomiarów (budynki – 20, a chłodnie – 4) podczas prac przygotowawczych do zdejmowania płyt a-c, na przykład przy ustawianiu rusztowań.

Pomiary stężeń pyłu azbestu

Pomiary osobiste wykonywano w strefie oddechowej pracowników, pobierając równocześnie próbkę pyłu całkowitego do analizy wagowej i próbkę pyłu do oznaczeń mikroskopowych, zgodnie z obowiązującymi normami [28, 29]. Czas pomiaru wynosił około 6 godzin. W pyłomierzach osobistych AFC 123 (Casella Ltd., Anglia) z elektroniczną kontrolą przepływu ustawiano natężenie przepływu powietrza 1,0 lub 2,0 l/min. Stosowano dwa rodzaje głowic pomiarowych, oba o średnicy 25 mm. W głowicach pomiarowych do pobierania próbek pyłu całkowitego umieszczone były filtry polipropylenowe Fibro-25 (Instytut Włókiennictwa, Polska). Naważki pyłu całkowitego wyznaczano na wadze półmikroanalizacyjnej o dokładności 0,01 mg (Satorius GmbH, Niemcy). W głowicach z tubusem, do azbestu, zamocowano filtry membranowe z mieszaniny estrów celulozy, o średnicy porów 0,8 µm (Milipore, Anglia). Filtry te następnie uprzeczoczyszczano w parach acetonu w urządzeniu Acetone Vaporizer WAP 200 (BGI Inc., USA). Włókna na slajdach analizowano metodą mikroskopii optycznej [30]. Do zliczania i oceny wymiarów włókien wykorzystano mikroskop z kontrastem fazowym dodatnim typ Maz (PZO, Polska) o powiększeniu 500× i zdolności rozdzielczej 0,2. Jeden z okularów mikroskopu był wyposażony w siatkę Walton-Becketta G-22 (Graticules Ltd., Anglia). Ponadto, opierając się na cechach morfologicznych i optycznych włókien, przeprowadzono rozróżnianie rodzajów włókien według procedury opracowanej przez Szałol (2016) [31]. Na obecność włókien wełny mineralnej przeanalizowano 24 slajdy z pyłem pobranym przy budynkach i 17 z chłodni.

Pomiary włókien azbestu wewnątrz budynków były wykonywane stacjonarnie. Próbkę pyłu do oznaczeń mikroskopowych pobierano na wysokości 1,5 m z wykorzystaniem sprzętu opisanego powyżej.

Badania stacjonarne powietrza atmosferycznego na obecność włókien azbestu, obok bloków miesz-

kalnych lub chłodni przemysłowych podczas usuwania płyt a-c, wykonano w oparciu o opracowaną w IMPiZŚ strategię pomiarową, której zasadniczym elementem jest pobieranie w czasie 4–6 godzin próbek powietrza o objętości około 2000 m³. W tym celu stosowano pompy Harvarda (Air Diagnostic and Engineering Inc., USA) z natężeniem przepływu do 9,0 l/min. Aspiratory stacjonarne ustawiane były z każdej strony remontowanego obiektu, w odległości około 10 m od jego ścian. Pozostałe wyposażenie, sposób przygotowania preparatów mikroskopowych oraz ich analiza zostały podane powyżej.

Uzupełnieniem danych z pomiarów osobistych i stacjonarnych były dyfraktogramy próbek demonstrowanych materiałów z każdego z remontowanych obiektów. Badania dyfraktometryczne stwierdzania obecności i identyfikacji rodzaju azbestu przeprowadzono metodą proszkową na dyfraktometrze Dron 4S (Burewiestnik, Rosja) z lampą Cu i blokiem sterująco-zliczającym Dronex, analogicznie jak podała Szałol i in. (2012) [32]. Ponadto określono gęstość objętościową płyt a-c. Próbkę o objętości 1 cm³ ważono na wadze półmikroanalizacyjnej.

CHARAKTERYSTYKA MIEJSC PRACY OBJĘTYCH BADANIEM

Wielokondygnacyjne budynki mieszkalne

Większość pomiarów wykonywano podczas wymiany elewacji wielopiętrowych bloków na osiedlach mieszkaniowych w miastach województwa śląskiego. Najniższy budynek miał 4 piętra i dwie klatki schodowe, większość – 10 pięter i 4 klatki schodowe. Płaskie płyty a-c stanowiły przez około 40 lat pokrycie elewacji budynków. Były sprasowane i jednostronnie pomalowane. Stopień korozji, według oglądu okiem nieuzbrojonym, był niski. Płyty były zamocowane na drewnianych rusztowaniach, których wypełnienie stanowiła izolacja z silnie zniszczonej, kruszącej się wełny mineralnej (Ryc. 1.). Według danych z piśmiennictwa płaskie płyty a-c, ogólnego zastosowania w budownictwie, zawierają chryzotyl (9,5–11% wg Dyczek (2007) [11], 11–12% wg Bazaazbestowa [13]; 10–15% za Szeszenia (2016) [26]. W zależności od terminu produkcji (przed rokiem 80. ub. w.) mogą zawierać domieszki azbestu amozytowego i/lub krokidolitowego [13]. Szacunkowe obliczenia, na podstawie danych technicznych, udostępnionych przez portal Bazaazbestowa [13], pokazują, że na czteroklatkowym budynku o wysokości 10 pięter są zamocowane płyty o wadze około 100 Mg.



Ryc. 1. Przykład prac demontażowych na wielokondygnacyjnym budynku, ocieplonym wełną mineralną i płytami azbesto-cementowymi (fot. G. Szał)

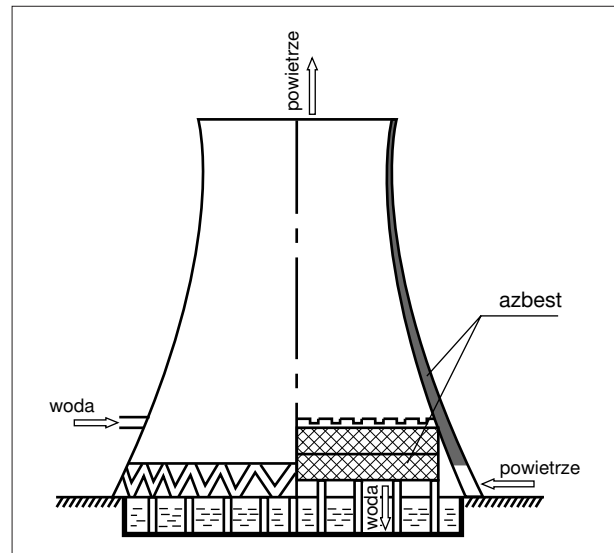
Fig. 1. Removal of asbestos-cement sheets and mineral wool from a multi-story building (phot. G. Szał)

Ponadto, w porównaniach narażenia pracowników ujęto prace przy wymianie dachów z falistych płyt azbestowo-cementowych na dachówkę ceramiczną. Powierzchnia pojedynczego dachu nie przekraczała 400 m².

Prace przygotowawcze do usuwania ścianek działowych z wnętrza budynków były prowadzone w kontakcie z płytami sokalitowymi. Są to materiały azbestowe tzw. miękkie, w których udział chryzotyłu wynosi 20–25% i jest luźniej związany niż w płytach a-c elewacyjnych [33]. Płyty były częściowo odłonięte spod tynku i uszkodzone.

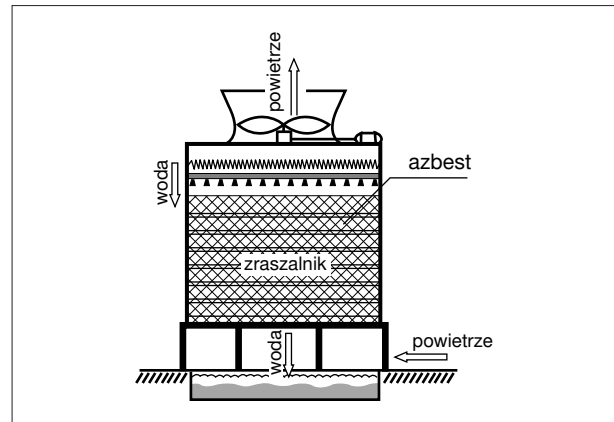
Przemysłowe chłodnie wody

Te obiekty służą do schładzania powietrzem dużej ilości wody do celów technologicznych w zakładach przemysłowych. Istotnym elementem konstrukcji jest zraszalnik, zbudowany z kilku warstw pionowo ustawionych płyt, na których strumień gorącej wody lub pary, po przejściu przez aparat rozbryzgujący, rozdrabnia się na krople i traci ciepło (Ryc. 2, 3). Płyty a-c, usuwane ze zraszalników wszystkich obiektów, przy których prowadzono badania, były po 40 latach użytkowania mocno skorodowane, zniszczone lub łamiące się podczas prac. Płyty faliste, produkowane w latach 60 ub. w. zawierały około 10% chryzotyłu i około 3% krokidolitu [11]. Ze względu na typ konstrukcji i rozwiązania techniczne służące schładzaniu wody lub pary chłodnie dzieli się na kominowe i wentylatorowe.



Ryc. 2. Schemat konstrukcji chłodni kominowej z zaznaczonym zraszalnikiem (oprac. G. Szał na podstawie [34])

Fig. 2. Structure of the hyperboloid cooling tower; asbestos-cement fill is marked by checked shading (G. Szał, based on [34])



Ryc. 3. Schemat konstrukcji celki chłodni wentylatorowej z zaznaczonym zraszalnikiem (oprac. G. Szał na podstawie [34])

Fig. 3. Structure of the counter-flow cooling tower; asbestos-cement fill is marked by checked shading (G. Szał, based on [34])

Chłodnie kominowe

Chłodnie kominowe (tzw. hiperboidalne) należą do największych budowli, ich wysokość osiąga 100 m. Płyty a-c, zainstalowane w zraszalnikach chłodni kominowych były płytami falistymi, a na poszyciu chłodni – płaskimi. Przykładowa waga płyt a-c w zraszalniku chłodni kominowej wynosiła około 2000 Mg. Wypełnienia szczelin między płytami poszycia były wykonane ze sznura azbestowego, należącego do tzw. wyrobów miękkich, w któ-

rych azbest jest luźno związany z innymi materiałami. Udział azbestu w sznurach wynosi 80–96% [33]. Prace remontowe przy zraszalnikach chłodni kominowych były prowadzone na większych wysokościach niż w chłodniach wentylatorowych. Wewnątrz chłodni powstawał silny ciąg powietrza ku górze, wymuszony konstrukcją, który unosił wygenerowane remontem pyły lub wprawiał je, w widoczne nieuzbrojonym okiem, turbulენტne ruchy.

Chłodnie wentylatorowe

Chłodnie wentylatorowe są urządzeniami, posiadającymi największą sprawność do chłodzenia wody obiegowej dla instalacji technologicznych. Z tego powodu są szeroko stosowane w zakładach przemysłowych. Chłodnie wentylatorowe, złożone z tzw. celek, są mniejsze niż chłodnie kominowe (Ryc. 4). W zależności od potrzeb mają różną wielkość. Płyty a-c, zainstalowane w zraszalnikach chłodni wentylatorowych również były płytami falistymi. Poszycie celek stanowiły blachy. Przykładowa waga płyt a-c w zraszalniku jednej celki chłodni wentylatorowej wynosiła około 150 Mg. Największa chłodnia wentylatorowa, przy której wykonywano badania, miała 6 celek.



Ryc. 4. Przykład ułożenia płyt azbestowych (falistych) w remontowanym zraszalniku chłodni wentylatorowej (fot. Uniserw, za zgodą autora)

Fig. 4. Example of laying of corrugated asbestos-cement sheets in the renovated fill of a counter-flow cooling tower (phot. Uniserw, with the author's permission)

ANALIZA STATYSTYCZNA

Stężenia respirabilnych włókien azbestu i pyłu całkowitego na badanych stanowiskach przedstawiono jako średnie arytmetyczne wraz z odchyleniem statystycznym. Podano również zakresy uzyskanych stężeń. Analizę statystyczną przeprowadzono

w wersji 7.1 programu STATISTICA (StatSoft Inc., USA). Wyniki oszacowania narażenia na azbest według aktualnie obowiązujących wartości NDS podano zarówno w formie średnich oraz zakresów wartości, jak i udziału procentowego ocen higienicznych równych lub przekraczających standardy higieniczne.

WYNIKI

Usuwanie azbestu z budynków mieszkalnych

Wyniki pomiarów osobistych stężeń pyłu całkowitego i włókien respirabilnych zamieszczono w tabeli I. Podczas prac remontowych przy blokach mieszkalnych maksymalne stężenie pyłu całkowitego, na które w badaniach IMPiZŚ byli narażeni pracownicy wynosiło 52,3 mg/m³, a dla włókien respirabilnych 9-krotnie przekraczało aktualnie obowiązującą wartość NDS – 0,1 wł./cm³. Średnie stężenie włókien respirabilnych przy zdejmowaniu płyt a-c (0,31 wł./cm³) było nieco wyższe niż przy ich transporcie do kontenera (0,27 wł./cm³). Przekładanie nieoczyszczonych rusztowań, zaliczane do kategorii „Inne czynności” powodowało sporadycznie ponadnormatywną emisję włókien (do 0,14 wł./cm³).

W uśrednionym, dla 24 stanowisk pracy przy demontażu ocieplenia z płyt azbestowych i wełny mineralnej z elewacji budynków mieszkalnych, rozkładzie wielkości włókien obserwowano wysoki udział włókien o długościach powyżej 50 μm (8,9%). Włókna półprzezroczyste lub matowe o szklistym połysku, proste, czasem z wybrzuszeniami, które miały równo ucięte końce zidentyfikowano jako wełnę mineralną. Stanowiły one około 35% wszystkich zliczonych włókien.

Średnie stężenia pyłów azbestu dla pracowników zdejmujących pokrycia dachowe z kamienic były porównywalne do stężeń wyznaczonych dla pracowników zatrudnionych przy wymianie elewacji z budynków wielokondygnacyjnych, odpowiednio 0,20 wł./cm³ i 0,24 wł./cm³. Natomiast stężenie włókien respirabilnych w powietrzu wnętrza budynku mieszkalnego z uszkodzonymi ściankami konstrukcyjnymi z sokalitu wynosiło tylko 0,01 wł./cm³.

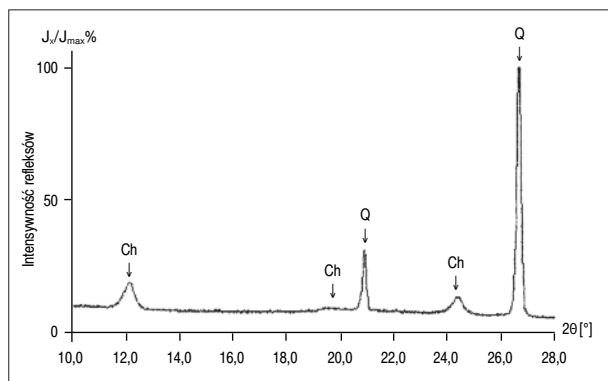
W badaniach dyfraktometrycznych próbek zdejmowanych płyt a-c stwierdzano wyłącznie azbest chryzotylowy (Ryc. 5). W jednym przypadku płyty elewacyjne były wykonane z lignocementu. Mieszanka do produkcji lignocementu zawierała około 5% chryzotyłu oraz celulozę (Ryc. 6). Średni ciężar objętościowy płaskich płyt a-c, pochodzących z bloków mieszkalnych, wynosił 2141,4 kg/m³.

Tabela I. Wyniki pomiarów osobistych stężeń pyłu całkowitego i włókien respirabilnych azbestu przy remontach budynków mieszkalnych w latach 2000–2007

Table I. Total dust and respirable asbestos fiber concentrations during renovation of multi-family buildings in the years 2000–2007

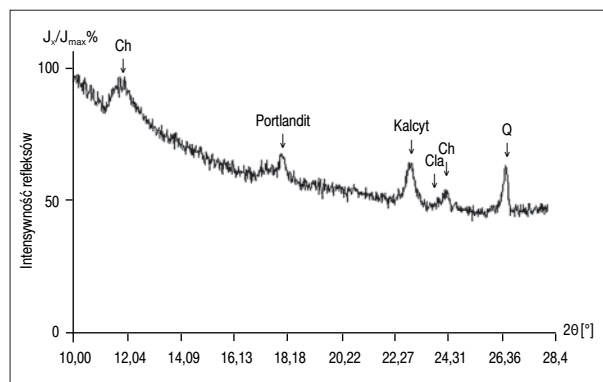
Type of work with a-c sheets	Concentration of total dust (mg/m ³) xa ± SD X _{min} – X _{max}	Concentration of respirable fibers (f/cm ³) xa ± SD X _{min} – X _{max}
Multi-family building (n = 96)		
Stripping	2.7 ± 1.94 0.4–7.9	0.31 ± 0.253 0.03–0.90
Transfer into container	5.7 ± 10.20 0.3–52.3	0.27 ± 0.239 0.24–0.84
Inne czynności	1.7 ± 1.82 0.06–7.15	0.05 ± 0.035 0.015–0.14
Total	3.7 ± 7.07 0.06–52.3	0.24 ± 0.24 0.015–0.9
Tenement house (n = 6)		
Roof removal	4.1 ± 4.25 1.0–11.0	0.20 ± 0.176 0.03–0.52
Residential unit, type "Lipsk" (n = 3)		
Preparation for the removal of internal walls	b.d. n.d.	0.01 ± 0.020 0.006–0.009

n – liczba pomiarów; xa ± SD – średnia arytmetyczna ± odchylenie standardowe; X_{min} – X_{max} – zakres wartości; b.d. – brak danych
n – number of samples; xa ± SD – arithmetic mean ± standard deviation; X_{min} – X_{max} – range; b.d. – no data



Ryc. 5. Przykładowy dyfraktogram próbki płyty azbestowo-cementowej z elewacji remontowanego budynku mieszkalnego, z zaznaczonymi refleksami od chryzotyłu (Ch) i kwarcu (Q). Minerale węglanowe usunięto z próbki za pomocą 10% HCl

Fig. 5. XRD pattern of asbestos-cement sheet; peaks of chrysotile (Ch) and quartz (Q) are marked by checked shading. Carbonate minerals were removed with 10% hydrochloric acid



Ryc. 6. Fragment dyfraktogramu zdemontowanej płyty lignocementowej z zaznaczonymi refleksami od chryzotyłu (Ch), celulozy (Cla) i składników niewłóknistych: kwarcu (Q), kalcytu i portlanditu

Fig. 6. XRD pattern of asbestos cement sheet reinforced by lignin; peaks of chrysotile (Ch) and lignin (Cla) are marked by checked shading

Średnie stężenie respirabilnych włókien azbestu w powietrzu podczas usuwania płyt a-c ze ścian bloku mieszkalnego wynosiło 4000 wł./m³, a maksymalne – 8000 wł./m³ (Tab. V).

Tabela V. Wyniki pomiarów stacjonarnych stężeń włókien respirabilnych azbestu w powietrzu podczas usuwania płyt azbestowo-cementowych z obiektów

Table V. Results of the measurements of respirable asbestos fiber concentrations in ambient air during the removal of asbestos-cement sheets

Measuring location	n	Concentration of respirable fibers (f/m ³) xa ± SD X _{min} – X _{max}
Multi-family building	61	4000 ± 1800 1000–8000
Cooling tower	25	3000 ± 1600 1000–7000

n – liczba pomiarów; xa ± SD – średnia arytmetyczna ± odchylenie standardowe; X_{min} – X_{max} – zakres wartości
n – liczba pomiarów; xa ± SD – średnia arytmetyczna ± odchylenie standardowe; X_{min} – X_{max} – zakres wartości

Usuwanie azbestu z chłodni wody

Wyniki pomiarów osobistych stężeń pyłu całkowitego i włókien respirabilnych dla pracowników zatrudnionych przy pracach związanych z usuwaniem materiałów zawierających azbest ze zraszalników chłodni przemysłowych zestawiono w tabeli II.

Tabela II. Wyniki pomiarów osobistych stężeń pyłu całkowitego i włókien respirabilnych azbestu przy remontach zraszalników chłodni przemysłowych w latach 2000–2007

Table II. Total dust and respirable asbestos fiber concentrations during renovation of cooling tower fills in the years 2000–2007

Type of work with a-c sheets	Concentration of total dust (mg/m ³) x _a ± SD x _{min} – x _{max}	Concentration of respirable fibers (f/cm ³) x _a ± SD x _{min} – x _{max}
Hiperboloid cooling tower (n = 28)		
Removal	12.4 ± 14.92 1.0–49.9	0.05 ± 0.044 0.02–0.20
Transfer into container	8.9 ± 8.77 1.0–26.7	0.10 ± 0.075 0.03–0.28
Other activities	9.0 ± 3.83 4.2–12.7	0.05 ± 0.047 0.01–0.10
Counter-flow cooling tower (n = 53)		
Removal	7.3 ± 3.51 2.6–14.2	0.05 ± 0.031 0.01–0.11
Transfer into container	10.8 ± 13.49 0.9–38.4	0.06 ± 0.047 0.01–0.16
Other activities	9.8 ± 11.17 0.9–49.9	0.06 ± 0.049 0.01–0.28

n – liczba pomiarów; x_a ± SD – średnia arytmetyczna ± odchylenie standardowe; x_{min} – x_{max} – zakres wartości; b.d. – brak danych
n – number of samples; x_a ± SD – arithmetic mean ± standard deviation; x_{min} – x_{max} – range; b.d. – no data

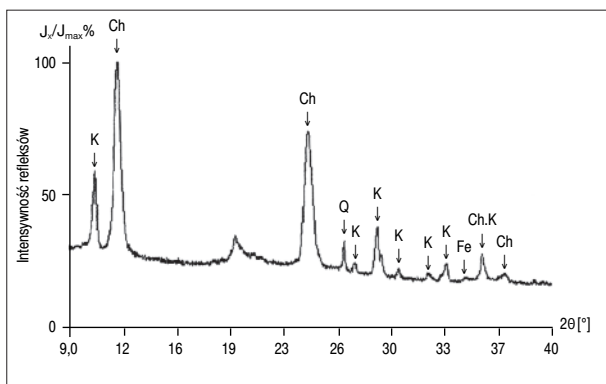
Stężenia pyłu całkowitego w chłodniach kominowych przy demontażu płyt a-c były nieco wyższe

niż w chłodniach wentylatorowych, odpowiednio 12,4 mg/m³ i 7,3 mg/m³, choć średnie stężenia włókien były na tym samym poziomie – 0,05 wł./cm³. W obu typach obiektów odbiór zdemontowanych płyt i ich przenoszenie do miejsc składowania generowało wyższą emisję włókien. Maksymalne wartości stężeń to 0,28 wł./cm³ (chłodnie kominowe) i 0,16 wł./cm³ (chłodnie wentylatorowe). Podczas konstruowania rusztowań lub ich przestawiania maksymalne stężenie włókien azbestu pracowników wynosiło 0,10 wł./cm³. Badania dyfraktometryczne ujawniły, że, we wszystkich chłodniach kominowych (5) oraz w 14 z 17 chłodni wentylatorowych, w usuwanych płytach a-c był obecny, oprócz chryzotylu, azbest krokidolitowy (Ryc. 7). Próbka sznura zainstalowanego jako uszczelnienie w jednej z chłodni kominowych zawierała chryzotyl i amozyt (Ryc. 8).

Średni ciężar objętościowy płyty falistej ze zraszalników chłodni wentylatorowej wynosił 1733,5 kg m⁻³.

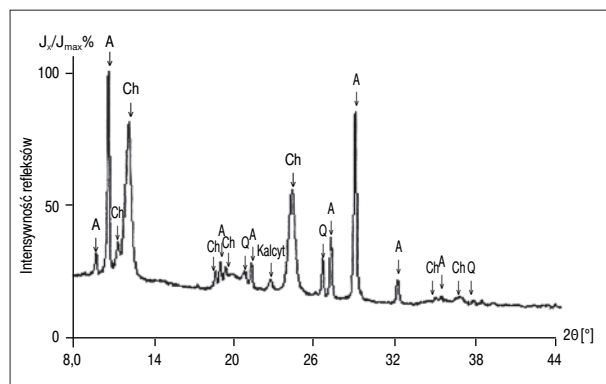
W tabeli III porównano średnie wskaźniki narażenia na pył całkowity i włókna respirabilne azbestu na stanowiskach pracy przy remontach budynków mieszkalnych i chłodni przemysłowych z uwzględnieniem przedziałów czasowych, w których obowiązywały różne wartości NDS. Natomiast w tabeli IV oszacowano wyniki zaktualizowanych ocen narażenia obu grup pracowników.

Zakres wskaźników narażenia pracowników demontujących płyty a-c z elewacji budynków mieszkalnych wynosił 0,2–4,3 dla włókien respirabilnych i 0,8–46 dla pyłu całkowitego. Dla pracowników usuwających materiały azbestowe ze zraszalników



Ryc. 7. Przykładowy dyfraktogram próbki płyty azbestowo-cementowej ze zraszalnika chłodni, z zaznaczonymi refleksami od chryzotylu (Ch), krokidolitu (K), kwarcu (Q) i tlenków żelaza (Fe). Minerale węglanowe usunięto z próbki za pomocą 10% HCl

Fig. 7. XRD pattern of asbestos-cement fill of a cooling tower; peaks of chrysotile (Ch), crocidolite (K), quartz (Q), and ferric oxides (Fe) are marked by checked shading. Carbonate minerals were removed with 10% hydrochloric acid



Ryc. 8. Fragment dyfraktogramu sznura azbestowego z zaznaczonymi refleksami od chryzotylu (Ch), amozytu (A), kwarcu (Q) i kalcytu

Fig. 8. XRD pattern of asbestos rope; peaks of chrysotile (Ch), amosite (A), quartz (Q), and calcite are marked by checked shading

Tabela III. Średni wskaźnik narażenia pracowników usuwających azbest w latach 2000–2005

Table III. The time-weighted average of workers' exposure for 8-hour work shift in the years 2000–2005

Years	Arithmetic mean time-weighted concentrations for 8-h work shift					
	n	Multi-family building*		n	Cooling tower**	
		Total dust	Fibers		Total dust	Fibers
2003–2005	61	4.8	0.11	21	8.5	0.05
2000–2002	30	3.1	0.14	55	12.9	0.06

Tabela IV. Wyniki porównania ważonych czasem średnich stężeń dla 8-godzinnego dnia pracy z lat 2000–2007 z obowiązującymi obecnie najwyższymi dopuszczalnymi stężeniami

Table IV. Results of the reassessment of occupational exposure to asbestos in the years 2000–2007 based on current maximum admissible concentration

Results	Multi-family building*		Cooling tower**	
	Total dust	Fibers	Total dust	Fibers
Average ratio of maximum admissible concentration	7.8	1.2	19.7	0.6
Range of time-weighted concentrations for 8-h work shift	0.8–46	0.2–4.3	0.6–99.8	0.11–2.0
The percentage of workplaces which failed to meet hygienic standards	94.9%	37.3%	97.4%	2.6%

* – pył zawierający chryzotyl; ** – pył zawierający chryzotyl, krokidolit, amozyt

* – dust containing chrysotile; ** – dust containing chrysotile, crocidolite, and amosite

chłodni wskaźniki narażenia mieściły się w granicach 0,1–2,0 dla włókien respirabilnych i 0,6–99,8 dla pyłu całkowitego.

Średnie stężenie respirabilnych włókien azbestu w powietrzu podczas usuwania płyt a-c z chłodni wody przemysłowej wynosiło 3000 wł./m³, a maksymalne – 7000 wł./m³ (Tab. V).

DYSKUSJA

Nazwa „azbest” jest wspólna dla kilku minerałów, które różnią się fizycznymi i chemicznymi właściwościami, a morfologicznie ich cechą wspólną jest włóknista struktura. Negatywne skutki zdrowotne mogą występować po narażeniu na wszystkie odmiany azbestu. Większe ryzyko jest jednak związane z narażeniem na włókna amfibolowe (krokidolit, amozyt, antofilit, tremolit, aktynolit), które są trudniej wydalane z płuc i mają dłuższy okres półtrwania niż włókna serpentynowe (chryzotyl). Do pęcherzyków płucnych dostają się włókna respirabilne wywołując proces włóknienia [1, 3]. Mimo, że w ustawodawstwie wielu krajów normatywy higieniczne dla stanowisk pracy określają najwyższe dopuszczalne stężenia dla włókien i pyłu zawierającego włókna azbestu, które muszą być rozpatrywane łącznie, większość publikacji i baz da-

nych o narażeniu na azbest, pomija zagadnienie stężenia pyłu całkowitego [7, 26, 35–38].

Konieczność usunięcia materiałów zawierających azbest, nakazana Programem oczyszczania terytorium Polski z azbestu, zmieniła zakres czynności na stanowiskach pracy pracowników remontowobudowlanych. Do typowych prac murarskich doszły prace z materiałami zawierającymi azbest, stwarzające inne niż uprzednio zagrożenia. Wymiana azbestowej elewacji, jeden z etapów modernizacji w celu „docieplenia” budynków, wymaga takich czynności jak usunięcie płyt a-c ze ścian, a następnie przetransportowanie do pojemników i zabezpieczenie do czasu przewiezienia na składowisko odpadów. Te dwa zadania wykonują dwa zespoły pracowników. W badaniach IMPiZŚ wykazano, że równie wysoką emisję włókien powodowało usuwanie płyt a-c z wielokondygnacyjnych budynków mieszkalnych, jak i przenoszenie usuniętych płyt do kontenerów. Maksymalne stężenie, na które byli narażeni pracownicy wynosiło 0,90 wł./cm³. Podobną wartość uzyskał Brown (1987). Demontaż silnie zniszczonych płyt a-c, użytkowanych przez 40 lat w Australii, generował w pomiarach osobistych stężenia do 1,1 wł./cm³ [39]. Francuska baza danych (COLCHIC) o narażeniu na azbest w różnych zawodach podaje, że, w latach 1997–2004, demontaż azbestu z budynków mieszkalnych powodował

emisję pyłów o średnim stężeniu włókien azbestu $0,24 \text{ wł./cm}^3$. Podany w COLCHIC zakres stężeń respirabilnych włókien jest bardzo szeroki, wynosi $0,009\text{--}2,0 \text{ wł./cm}^3$ [35]. Zakres wartości stężeń włókien podczas demontażu materiałów zawierających azbest, w badaniach Instytutu, jest węższy ($0,006\text{--}0,9 \text{ wł./cm}^3$). Wysokie wartości stężeń pyłów (maksymalnie $0,84 \text{ wł./m}^3$ i $52,3 \text{ mg/m}^3$) obrazują nieprawidłowy sposób postępowania z materiałami zawierającymi azbest przez pracowników, którzy nie zostali przeszkoleni przez pracodawcę. Pracownik w czasie objętym pomiarem osobistym przez około 5 minut zamiatał „na sucho” rusztowania.

Wartość $0,24 \text{ wł./cm}^3$ dla stężeń azbestu, uzyskana w badaniach IMPiZŚ, dla wszystkich, objętych pomiarami indywidualnymi przez co najmniej 80% typowej zmiany roboczej, prac demontażowych przy blokach wielokondygnacyjnych, jest 160-krotnie wyższa niż przeciętne zapylenie na stanowiskach prac demontażu elewacyjnych płyt a-c ($0,0015 \text{ wł./cm}^3$), podane przez Obmińskiego [40]. Jest również wyższa (17 razy) niż średnie stężenie włókien azbestu stwierdzone na 84 stanowiskach pracy, podczas prac usuwania materiałów a-c prowadzonych na zewnątrz, które podają Bujak-Pietrek i Szadkowska-Stańczyk (2012). Metoda mikroskopii optycznej z kontrastem fazowym nie jest przeznaczona do identyfikacji rodzaju włókien. Jednakże w oparciu o cechy morfologiczne włókien, można, z dużym prawdopodobieństwem, wyróżnić włókna wełny mineralnej spośród włókien chryzotyli. Wśród włókien widocznych pod mikroskopem w preparatach pochodzących z badań przy budynkach mieszkalnych, podczas usuwania azbestu i wełny mineralnej, stwierdzano znaczną liczbę włókien, których cechy morfologiczne były wyraźnie różne od cech włókien azbestowych. Między innymi były dłuższe. Z analizy wymiarowej wynika, że ponad 8% włókien było dłuższych niż $50 \mu\text{m}$. Kilka mierzyło około $300 \mu\text{m}$, podczas gdy długość włókien pobranych przy remontach chłodni wody przemysłowej, gdzie nie stosowano sztucznych włókien mineralnych, nie przekraczała $30 \mu\text{m}$. Wyróżnianie włókien wełny mineralnej podczas zliczania, wykazało, że średnio stanowiły aż 35% wszystkich włókien o wymiarach respirabilnych. Wełna mineralna jest klasyfikowana do sztucznych włókien mineralnych, których włókna respirabilne nie mają tak agresywnego działania na organizm człowieka jak azbesty [1]. Ustawodawca wyznaczył odpowiednio niższe wartości NDS dla pyłów zawierających azbest niż dla pyłów włókien szklanych lub wełny mineralnej [16]. To mogłoby sugerować, że przeszacowano narażenie na azbest pracowników remontujących budynki mieszkalne.

Jednakże wyniki badań, w których porównywano wyznaczanie liczby włókien azbestu w próbkach pyłu z powietrza różnymi metodami pokazują, że stężenia respirabilnych włókien wyznaczone metodą mikroskopii optycznej z kontrastem fazowym (PCM – *phase contrast microscopy*) są 2–3 razy niższe niż stwierdzone w analizie transmisyjnym mikroskopem elektronowym (TEM – *transmission elektron microscopy*) przez Paustenbacha (2004). Kakooei i Normohammadi (2014) analizowali próbki pyłu z pomiarów osobistych uzyskane podczas rozbiórki starych domów w Teheranie. Średnie stężenia respirabilnych włókien, obliczone przez nich w oparciu o standardową metodę mikroskopii świetlnej z kontrastem fazowym, były 3 razy niższe niż stężenia uzyskane z analizy w skaningowym mikroskopie elektronowym (SEM – *scanning elektron microscopy*). Maksymalne stężenie, na jakie byli narażeni pracownicy wynosiło $0,15 \text{ wł./cm}^3$ ($0,43 \text{ wł./cm}^3$ wg SEM) [41]. Kohyama i Kurimori (1994) w swoim projekcie stwierdzili nawet 4-krotną różnicę w liczbie włókien widocznych w mikroskopie elektronowym (TEM) w porównaniu do mikroskopii optycznej PCM. Te badania również dotyczyły próbek pyłu z pomiarów indywidualnych na stanowiskach pracy [42].

Ocena higieniczna stanowisk pracy, w ramach której IMPZiŚ wykonywał pomiary indywidualne, polegała na wyznaczeniu średniej ważonej czasem dla 8-godzinnej pracy dla stężeń pyłu całkowitego i respirabilnych włókien i przyrównaniu do obowiązujących normatywów. W aktualnie przeprowadzonej rewizji ocen, wydanych w latach 2002–2005, okazało się, że aż 90% wyników przekracza wyznaczoną wartość najwyższego dopuszczalnego stężenia według obecnie obowiązujących kryteriów. Średnio, wskaźniki narażenia pracowników demontujących płyty a-c z elewacji budynków mieszkalnych przekraczały NDS 1,2 razy dla włókien respirabilnych i 7,8 razy dla pyłu całkowitego.

Stężenie włókien respirabilnych w powietrzu wnętrza budynku mieszkalnego z uszkodzonymi ściankami konstrukcyjnymi z sokalitu było 10-krotnie niższe niż wartość stężenia dopuszczalnego dla pomieszczeń użyteczności publicznej, które obowiązuje od 2011 roku [43]. Wynosiło $0,01 \text{ wł./cm}^3$ (w innym zapisie – $10\,000 \text{ wł./m}^3$) w porównaniu do wartości dopuszczalnej – $100\,000 \text{ wł./m}^3$. Ten poziom zanieczyszczenia azbestem, podczas czynności przygotowawczych do usuwania ścianek konstrukcyjnych z chryzotyłem, był wyższy niż zanieczyszczenie stwierdzone w intensywnie użytkowanych szkołach w USA (średnio $0,00011 \text{ wł./m}^3$ czyli 110 wł./m^3), w których do budowy i wykończenia wnętrz również użyto materiałów zawierających az-

best [44]. Niestety, wykonawca prac remontowych nie wyraził zgody na wykonanie pomiarów podczas innych etapów prac przy płytach sokalitowych. Brak zgody właścicieli firm remontowych na objęcie pomiarami pracowników podczas wykonywania prac o największej emisji pyłu azbestowego był często odnotowywany nie tylko przez IMPiZŚ. Zestawienie, zamieszczone w podsumowaniu projektu, zrealizowanego przez Instytut Medycyny Pracy w Łodzi, „Oceny narażenia na pył azbestu pracowników przy demontażu wyrobów azbestowo-cementowych – 2009”, wyróżnia trzy rodzaje pomiarów przy budynkach mieszkalnych i obiektach przemysłowych: przed i po demontażu wyrobów azbestowych oraz podczas demontażu [27]. Podczas demontażu na zewnątrz różnego typu budynków wykonano 32% pomiarów, zaś zaledwie 14% wyników dotyczy prac z azbestem wewnątrz budynków. Średnia arytmetyczna stężenia włókien respirabilnych w tych badaniach jest niska, wynosi $0,06 \text{ wł./m}^3$, jednak górna granica zakresu wartości to $0,92 \text{ wł./m}^3$. Jest to stężenie, które w badaniach IMPiZŚ wykazano na stanowisku pracownika, zrywającego suche płyty a-c z elewacji przy użyciu wiertarki. Również Obmiński (2005) podaje wyniki stężeń pyłu tylko z pomiarów wykonanych podczas zwykłego użytkowania budynku wyłożonego płytami azbestowymi – sokalitowymi w dobrym stanie. Wyniki pomiarów tego autora, wykonanych wewnątrz budynku, mieściły się w granicach $10\,000\text{--}20\,000 \text{ wł./m}^3$, podobnie jak wyniki IMPiZŚ. O narażeniu pracowników usuwających płyty zawierające azbest wewnątrz budynków pośrednio można wnioskować na podstawie publikacji Boeltera i współautorów (2015) [45]. Naukowcy prowadzili 14-dniowy monitoring pracowników instalujących płyty kartonowo-gipsowe, zawierające 5–15% chryzotyłu. W wynikach, dla stężeń włókien respirabilnych, podali średnią geometryczną $0,17 \text{ wł./m}^3$, średnia arytmetyczna wynosiła $0,28 \text{ wł./m}^3$. Te wartości są zbliżone do stężeń azbestu (w tabeli I) przy usuwaniu suchych płyt a-c, o podobnej zawartości azbestu, prowadzonym na zewnątrz budynków.

W oparciu o dane z tabel I i II można stwierdzić, że pracownicy remontujący bloki mieszkalne byli bardziej narażeni na respirabilne włókna azbestu niż pracownicy remontujący chłodnie przemysłowe. Wskaźniki narażenia pracowników demontujących płyty a-c ze zraszalników chłodni wody wynosiły średnio 0,6 NDS dla włókien respirabilnych i 19,7 razy przekraczały NDS dla pyłu całkowitego. Średnie wartości stężeń pyłu całkowitego oraz włókien respirabilnych azbestu, na jakie byli narażeni pracownicy remontujący budynki mieszkalne różnią się

od odpowiednich średnich dla pracowników remontujących chłodnie przemysłowe. Przy porównaniu, zaskakują 3-krotnie niższe stężenia pyłu całkowitego wyznaczone dla pracowników remontujących bloki mieszkalne, podczas gdy stężenia włókien są 3–5-krotnie wyższe niż dla zatrudnionych przy remontach chłodni. Ta niezgodność, widoczna przy każdym rodzaju prac, może mieć kilka przyczyn. Jedną z nich wynika z odmiennej funkcji obiektów. Remontowane obiekty mieszkalne i przemysłowe różnią się pod względem ilości i rodzaju zastosowanego azbestu oraz czynnikami środowiska, niszczącymi ich powierzchnię. Podczas remontów budynków pracownicy mieli kontakt z jednym rodzajem azbestu i z wełną mineralną. Płyty zawierające wyłącznie chryzotyl były zamocowane na ścianach bloków inaczej niż w zraszalnikach chłodni. Płyty demontowane z budynków mieszkalnych były suche. Najczęściej, słabo uszkodzone przez deszcze, wiatr i zmiany temperatury płyty, były odrywane w całości. Pracownicy musieli używać narzędzi, takich jak łomy i wiertła, żeby oderwać płyty od listew. Te działania powodowały wysoką emisję włókien azbestu z płyt a-c i wełny mineralnej, znajdującej się pod płytami. Ponadto, pracownicy pracowali na wąskich, osłoniętych rusztowaniach, bardzo blisko źródeł emisji włókien. Szeroki zakres wartości stężeń pyłu całkowitego i włókien w grupie pracowników odbierających płyty i przenoszących je do kontenerów można wyjaśnić zakresem ich obowiązków. Osoby te często wykonywały też prace porządkowe, polegające na czyszczeniu rusztowań.

W chłodniach współwystępowały trzy rodzaje azbestu. Pracownicy wdychali włókna chryzotyłu, krokidolitu i amozytu. Płyty w zraszalnikach były ustawione pionowo, luzem wewnątrz przegród (boksów), wydzielonych metalową konstrukcją i drewnianymi listwami. Po zdjęciu listew ograniczających można je było wyjąć bez użycia narzędzi, ale często rozłamywały się. Było to spowodowane wysokim stopniem ich korozji po około 40 latach użytkowania w kontakcie z czynnikami agresywnymi jak gorąca woda lub para wodna oraz związki chemiczne. Płyty a-c były nasączone wodą, gdyż remonty były wykonywane w krótkim czasie od wyłączenia obiegu wody w instalacji. Zlewanie płyt wodą przed demontażem zalecane jest jako jeden ze sposobów ograniczenia emisji włókien azbestu [40]. Podczas wyjmowania i przenoszenia płyt a-c na pracowników osypywał się pył ze skorodowanych stalowych konstrukcji. Zawierał tlenki i wodorotlenki żelaza (rdzę), których ciężar właściwy jest ponad 2-krotnie większy niż azbesto-cementu. Związki żelaza, nanesione ze stale przepływającą przez zraszalnik

wodą technologiczną, znajdowały się też na powierzchni płyt a-c, co stwierdzono w badaniach dyfraktometrycznych. Ilość sznura azbestowego z amazytu, usuwana z uszczelnień przez pracowników, w czasie gdy wykonywano pomiary stężeń pyłów, była bardzo mała. Usuwanie oraz odbiór i transport płyt a-c na palety do pakowania w czasie większości wykonywanych pomiarów odbywało się w tej samej przestrzeni roboczej, wewnątrz chłodni. Wynikiem takiej organizacji pracy jest podobne narażenie pracowników z grup „demontaż” i „transport” w chłodniach wentylatorowych. Natomiast w chłodniach kominowych, które są wielokrotnie większe, narażenie pracowników z grupy „transport”, odbierających i przenoszących płyty do obrzeży chłodni lub spuszcających je w dół, jest dwukrotnie wyższe niż pracowników z grupy „demontaż”. Chłodnie kominowe były fragmentem instalacji elektrowni ciepłych. W latach 60. ub. w. w dużych zakładach przemysłowych, takich jak elektrownie węglowe lub elektrociepłownie materiały zawierające azbest były stosowane w szerokim zakresie w wielu rozwiązaniach technicznych m. in. jako izolacje termiczne nie tylko w Polsce [34]. Damiran i współpracownicy (2015) badali narażenie pracowników podczas usuwania starych osłon izolacyjnych i odpadów azbestowych w czterech elektrowniach w Mongolii. Liczbę włókien azbestu w pomiarach osobistych wyznaczono metodą PCM. Podobnie jak w naszych badaniach, stężenia przy zdejmowaniu azbestowo-cementowych osłon izolacyjnych ($0,74\text{--}1,15\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$) były niższe niż przy usuwaniu ich jako odpadów ($1,63\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$) [46].

Materiały zawierające azbest zainstalowane w obiektach na terenie zakładów przemysłowych, są poddane wielu agresywnym czynnikom np. działaniu kwasów, zasad, które powodują szybsze ich niszczenie niż materiały, takie jak elewacje budynków mieszkalnych w miastach, narażone tylko na czynniki atmosferyczne. Azbestowo-cementowe płyty faliste zainstalowane w zraszalnikach chłodni mają nieco mniejszą gęstość niż mocno sprasowane płyty płaskie z elewacji budynków wielokondygnacyjnych. Według naszych oszacowań średni ciężar objętościowy płyty falistej ze zraszalników chłodni wentylatorowej wynosił $1733,5\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, a płaskich płyt a-c, pochodzących z bloków mieszkalnych – $2141,4\text{ kg}/\text{m}^3$, co dobrze się zgadza w wartościami podanymi przez Dyczka (2007). W czasie użytkowania, o płyty faliste w zraszalnikach stale uderzają krople wody, powodując wymywanie włókien azbestowych do basenu (zbiornika) pod chłodnią. W litrze wody, która przepłynęła przez zraszalnik, może być aż 108 włókien azbestu, co stwierdził

Lewis (1979) w raporcie ze swoich badań [47]. Pośrednim potwierdzeniem tego faktu w wynikach IMPiZŚ są stężenia respirabilnych włókien azbestu, na które był narażony pracownik czyszczący basen chłodni kominowej. Mieściły się one w zakresie $0,03\text{--}0,07\text{ }\mu\text{g}/\text{cm}^3$ (dane niepublikowane). Wybijane kroplami wody włókna rozpraszają się też w powietrzu atmosferycznym. Powietrze atmosferyczne elektrowni na Ukrainie podczas pracy chłodni było zanieczyszczone włóknami azbestu o stężeniu $600\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ [48]. Na podstawie badań powietrza atmosferycznego przeprowadzonych przez IMPiZŚ jeśli w pobliżu nie były prowadzone prace usuwania azbestu, na terenie zakładów przemysłowych wykorzystujących chłodnie wody otrzymano stężenia w zakresie $1000\text{--}4000\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ (dane niepublikowane), a na terenie osiedli mieszkaniowych od poniżej 1000 do $2000\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ [49]. Usuwanie płyt azbestowo-cementowych podwyższało te stężenia do średniego poziomu $4000\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ przy blokach mieszkalnych lub $3000\text{--}4000\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ przy chłodniach wody. Maksymalne zmierzone stężenia również były wyższe w powietrzu osiedli mieszkaniowych – $8000\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$, wobec $7000\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ na terenie elektrowni. Jednak niedoszacowanie stężeń azbestu z porównania metod PCM i SEM stwierdzono nie tylko dla pomiarów osobistych, jak pokazano wyżej, ale również w powietrzu atmosferycznym miast [41].

Ryzyko wystąpienia pylicy azbestowej wzrasta wraz ze zwiększeniem dawki skumulowanej (w latach), wyliczanej ze stężeń respirabilnych włókien azbestu, uzyskanych w pomiarach osobistych. Nowotwory, definiowane jako międzybłoniaki, tworzą się przede wszystkim w wyniku narażenia na krokidolit, który w badaniach przeprowadzonych przez IMPiZŚ, powszechnie występował w płytach a-c zainstalowanych w zraszalnikach chłodni. Ponadto wiadomo, że ryzyko raka płuc wzrasta znacząco (do pięciu razy) u osób, które paliły w czasie wykonywania prac z azbestem w porównaniu do osób niepalących [23, 26]. W notatkach IMPiZŚ, dotyczących okoliczności pomiarów, są informacje, że wszyscy pracownicy brygad remontujących budynki mieszkalne lub chłodnie przemysłowe palili w czasie należnych im przerw socjalnych.

Pracownicy remontowi, zatrudnieni przy usuwaniu wyrobów zawierających azbest, przygotowują obszar roboczy, zrywają/usuwają materiały, pakują i transportują odpady, oczyszczają stanowiska pracy i teren. Badania ankietowe nad umieralnością tych pracowników na każdy z rodzajów raka, prowadzone w Wielkiej Brytanii, wykazały, że ryzyko śmierci wzrasta wraz ze wzrostem liczby godzin, przepracowanych w kontakcie z azbestem [50]. Z uwag pra-

owników, zanotowanych podczas wykonywania pomiarów przez IMPiZŚ, wynika, że podczas intensywnie prowadzonych prac remontowych tygodniowy czas pracy przekraczał znacznie 40 godzin, w wielu przypadkach wynosił do 60 godzin. Pracownicy byli narażeni nie tylko na sumarycznie wyższe dawki włókien azbestowych, ale również inne czynniki związane z tak długim czasem pracy jak: fizyczne zmęczenie, stres cieplny, uboga dieta, intensywniejsze palenie papierosów [51, 52]. Łącznie mogły one inicjować choroby azbestozależne o odwołanych skutkach, jak to wynika z badań epidemiologicznych [26, 38, 50]. Wskazane byłoby objęcie szczególną opieką medyczną również tej grupy pracowników, podobnie jak pracowników zakładów przetwórstwa azbestu w programie „Amianthus” [26].

Obecność znacznej liczby respirabilnych włókien azbestu, uwalnianych m.in. podczas usuwania płyt a-c, stwarza zagrożenie również dla osób zamieszkałych w pobliżu. Jak podano we Wstępie podwyższone stężenia azbestu w środowisku mogą powodować wystąpienie w populacji generalnej u osób nienarażonych zawodowo nowotworu złośliwego błon surowiczych pod postacią międzybłoniaka opłucnej, rzadziej osierdzia, otrzewnej czy osłonek jądra [1–3, 53, 54].

WNIOSKI

Pracownicy, zatrudnieni w latach 2000–2007 przy remontach obiektów zawierających azbest, pracowali w narażeniu przekraczającym normatywy higieniczne zarówno dla włókien respirabilnych azbestu, jak i dla pyłu całkowitego. Narażenie na włókna azbestu chryzotylowego pracowników usuwających płyty azbestowo-cementowe z wielokondygnacyjnych budynków mieszkalnych było wyższe od narażenia pracowników remontujących chłodnie przemysłowe. Średni wskaźnik narażenia na respirabilne włókna azbestu pracowników usuwających płyty i dachówki azbestowo-cementowe 1,2 razy przekraczał aktualnie obowiązujący normatyw higieniczny. Pracownicy remontujący zraszalniki chłodni narażeni byli na stężenia włókien 0,6-krotności NDS, jednak na stanowiskach pracy mieli kontakt z chryzotylem, krokidolitem i amozytem. Podczas remontów obu typów obiektów średnie stężenia pyłu całkowitego były wielokrotnie wyższe (7,8 i 19,7) niż obowiązujące obecnie najwyższe dopuszczalne stężenie. Narażenie na pyły zawierające włókna azbestu pracowników zdejmujących płyty a-c oraz pracowników odbierających zdemontowane

płyty i przenoszący te odpady do kontenerów było podobne, zarówno przy remontach bloków mieszkalnych, jak i w chłodniach wentylatorowych. Transport odpadów w chłodniach kominowych powodował dwukrotnie wyższe narażenie na włókna azbestów niż demontaż płyt a-c. Różnice w ilości respirabilnych włókien azbestu, stwierdzonych w strefie oddechowej pracowników porównywanych obiektów, wynikają ze stopnia korozji usuwanych płyt, nawilżenia wodą oraz ze sposobu ich zamocowania, co wpływa na organizację prac przy zdejmowaniu oraz odbiorze, pakowaniu i transporcie do kontenera zdemontowanych płyt a-c. Czynniki te wpływają również na poziom stężeń respirabilnych włókien azbestu w powietrzu, w pobliżu prowadzonych prac. W otoczeniu budynków mieszkalnych w powietrzu otaczającym może być do 8000 $\mu\text{l}/\text{m}^3$, a przy chłodniach przemysłowych do 7000 $\mu\text{l}/\text{m}^3$.

Podziękowania:

Pragniemy serdecznie podziękować Pani Annie Niesler za cierpliwe, wnikliwe czytanie wersji roboczych i cenne uwagi.

Dziękujemy za możliwość wykorzystania części archiwalnych danych Pani Iwonie Dobrzeleckiej i Pani Jolancie Cembrzyńskiej.

WYKAZ PIŚMIENICTWA

- [1] Marek K.: Pylice płuc. IMPiZŚ, Sosnowiec 2014: 39-57.
- [2] Marek K.: Azbest jako szkodliwość środowiskowa. Med Środ – Environ Med. 2004; 7: 1-8.
- [3] Marek K.: Ryzyko nowotworowe związane z narażeniem na azbest. Med Pr 2002; 53(6): 447-449.
- [4] Marek K.: Choroby zawodowe układu oddechowego. W: Antczak A. (red.). Pulmonologia cz. II. W: Antczak A., Myśliwiec M., Pruszczyk P.: Wielka Interna. Medical Tribune Polska 2011; 428-432.
- [5] Wykaz substancji niebezpiecznych, zał. do rozporządzenia MZ z dn. 02 września 2005 r. w sprawie wykazu substancji niebezpiecznych wraz z ich klasyfikacją i oznakowaniem – Dz.U. Nr 201, poz. 1674.
- [6] World Health Organization (WHO): Asbestos: elimination of asbestos-related diseases. WHO 2014; Fact sheet No 343 (dostęp on-line 20.05.2017).
- [7] Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR): Toxicological profile for asbestos. ATSDR, Atlanta USA 2001: 422 (dostęp on-line 2.12.2016).
- [8] Szeszenia-Dąbrowska N., Sobala W.: Zanieczyszczenie środowiska azbestem. Skutki zdrowotne. Raport z badań. IMP, Łódź 2010: 160.
- [9] International Agency for Research on Cancer (IARC): Asbestos. IARC Monographs, 1987; Suppl. 6: 77-80.
- [10] Ustawa z dnia 19 czerwca 1997 o zakazie stosowania wyrobów zawierających azbest. Dz.U. Nr 101, poz. 628 z późn. zm.

- [11] Dyczek J. (red.): „Szkoła Azbest – bezpieczne postępowanie”. Bezpieczne postępowanie z azbestem i materiałami zawierającymi azbest. AGH, Kraków 2007: 127.
- [12] Stopa M.: Wielka płyta nie do ruszenia. *Muratorplus.pl* 2006 #59105.
- [13] Ministerstwo Rozwoju: Baza Azbestowa <https://www.mr.gov.pl/.../baza-azbestowa/>
- [14] Rada Ministrów RP: Program usuwania azbestu i wyrobów zawierających azbest stosowanych na terytorium Polski. Warszawa 2002: 91.
- [15] Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dn. 10 października 2005 w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy Dz.U. Nr 212, poz. 1769.
- [16] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 6 czerwca 2014 w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. Dz.U. Nr 0, poz. 817.
- [17] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 2 kwietnia 1998 roku w sprawie zasad bezpieczeństwa i higieny pracy przy zabezpieczaniu i usuwaniu wyrobów zawierających azbest oraz programu szkolenia w zakresie bezpiecznego użytkowania takich wyrobów. Dz.U. Nr 45, poz. 280.
- [18] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 14 sierpnia 1998 r. w sprawie sposobów bezpiecznego użytkowania oraz warunków usuwania wyrobów zawierających azbest Dz.U. Nr 138, poz. 895.
- [19] Stroszejn-Mrowca G., Szczepaniak M., Więcek E.: Ekspozycja zawodowa na pyły zawierające azbest w zakładach produkujących i stosujących azbest w latach 1986-1989. *Med Pr* 1991; 42: 343-397.
- [20] Maule M.M. i wsp.: Modeling mesothelioma risk associated with environmental asbestos exposure. *Environ Health Perspect* 2007; 115(7): 1066-1071.
- [21] Mensi C. i wsp.: Impact of an asbestos cement factory on mesothelioma incidence: Global assessment of effects of occupational, familial, and environmental exposure. *Environ Inter* 2015; 74: 191-199.
- [22] Szeszenia-Dąbrowska N. i wsp.: Asbestos related diseases among workers of asbestos processing plants in relation to type production and asbestos use. *Med Pr* 2015; 66(1): 1-9.
- [23] Świątkowska B. i wsp.: Predictors of lung cancer among former asbestos-exposed workers. *Lung Cancer* 2015; 89: 243-248.
- [24] Woźniak H. i wsp.: Higieniczna ocena warunków pracy w zakładach ceramiki szlachetnej. *Stud Mater Monogr IMP Łódź* 1985; 4: 7-129.
- [25] Paustenbach DJ. i wsp.: Occupational exposure to airborne asbestos from coating, mastics, and adhesives. *J Expo Anal Environ Epidemiol* 2004; 14: 234-244.
- [26] Szeszenia-Dąbrowska N., Świątkowska B.: Azbest w Polsce. Zanieczyszczenie środowiska, skutki zdrowotne, zasady bezpiecznego postępowania z azbestem. IMP, Łódź 2016: 54-59.
- [27] Bujak-Pietrek S., Szadkowska-Stańczyk I.: Narażenie na działanie respirabilnych włókien azbestu podczas różnych etapów prac związanych z usuwaniem materiałów azbestowych. *Med Prac* 2012; 63(2): 191-198.
- [28] PN-91/Z-04030/05: Ochrona czystości powietrza. Badanie zawartości pyłu. Oznaczanie pyłu całkowitego na stanowiskach pracy metodą filtracyjno-wagową.
- [29] PN-89/Z-04008/07: Ochrona czystości powietrza. Pobieranie próbek. Zasady pobierania próbek w środowisku pracy i interpretacji wyników.
- [30] PN-88/Z-04202/02: Ochrona czystości powietrza. Badanie zawartości azbestu. Oznaczanie stężenia liczbowego respirabilnych włókien azbestu na stanowiskach pracy metodą mikroskopii optycznej.
- [31] Szałol G.: Zastosowanie metod fizycznych w celu określenia rodzaju sztucznych włókien mineralnych długotrwale użytkowanych jako izolacja termiczna. *Med Śr - Environ Med* 2016; 19(3): 47-57.
- [32] Szałol G., Brewczyński P.Z., Bienek M.: Określenie rodzaju azbestu w izolacji termicznej metodą proszkową (DSH) dyfrakcji rentgenowskiej. *Med Śr - Environ Med* 2012; 15(3): 72-77.
- [33] Brzozowski A., Obmiński A.: Gdzie występuje potrzeba zabezpieczania lub usuwania azbestu w Polsce? (1). *Bezpieczeństwo Pracy* 2004; 4: 11-15.
- [34] Ledwoń A., Gołczyk M.: Chłodnie kominowe i wentylatorowe. Arkady, Warszawa 1967: 462.
- [35] Kauffer E., Vincent R.: Occupational exposure to mineral fibers: analysis of results stored on COLCHIC database. *Ann Occup Hyg* 2007; 52(2): 131-142.
- [36] Peters S. i wsp.: Development of an exposure measurement database on five lung carcinogens (ExpoSYN) for quantitative retrospective occupational exposure assessment. *Ann Occup Hyg* 2012; 56(1): 70-79;
- [37] van der Bij S. i wsp.: Lung cancer risk at low cumulative asbestos exposure: meta-regression of exposure-response relationship. *Cancer Causes Control* 2013; 24(1): 1-12.
- [38] Olsson A.C. i wsp.: Exposure-response analyses of asbestos and lung cancer subtypes in a pooled analysis of case-control studies. *Epidemiology* 2017; 28(2): 288-299.
- [39] Brown S.K.: Asbestos exposure during renovation and demolition of asbestos-cement clad buildings. *An Ind Hyg Assoc J* 1987; 48(5): 478-486.
- [40] Obmiński A.: Techniczne aspekty bezpiecznego użytkowania wyrobów zawierających azbest. Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa 2005: 1-4.
- [41] Kakooei H., Normohammadi M.: Asbestos exposure among construction workers during demolition of old houses in Teheran, Iran. *Ind Health* 2014; 52: 71-74.
- [42] Kohyama N., Kurimori S.: A total sample preparation method for the measurements of airborne asbestos and other fibers by optical and electron microscopy. *Ind Health* 1994; 34: 185-203.
- [43] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dn. 13 grudnia 2010 roku 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. Dz.U. Nr 8, poz. 31.
- [44] Lee R.J., van Orden D.R.: Airborne asbestos in buildings. *Reg Toxicol Pharmacol* 2008; 50: 218-225.
- [45] Boelter FW., Xia Y., Dell L.: Comparative risks of cancer from drywall finishing based on stochastic modeling of cumulative exposures to respirable dust and chrysotile asbestos fibers. *Risk Analysis* 2015; 35(5): 859-871.
- [46] Damiran N. i wsp.: Exposure to airborne asbestos in thermal power plants in Mongolia. *Int J Occup Med Environ Health* 2015; 21(2): 137-141.
- [47] Lewis BAG: Source, hazards and recommendation at nuclear power plants. Asbestos in cooling-tower waters. Final report. Argonne National Laboratory, Illinois, USA, 1997: 102.
- [48] Moshovsky V.E., Demetska A.V., Vakaryuk L.V.: Assessment of the fibers of chrysotile asbestos in the ambient air. *Environment and Health* 2014; 3: 38-42.

- [49] Krakowiak E. i wsp.: Environmental Exposure to airborne asbestos fibres in a highly urbanized city. *Ann Agric Environ Med* 2009; 16: 121-128.
- [50] Frost G. i wsp.: Occupational exposure to asbestos and mortality among asbestos removal workers: a Poisson regression analysis. *B J Cancer* 2008; 99: 822-829.
- [51] Bannai A., Tamakoshi A.: The association between long working hours and health: A systematic review of epidemiological evidence. *Scand J Work Environ Health* 2014; 40(1): 5-18.
- [52] Caruso C.C.: Possible broad impacts of long work hours. *Ind Health* 2006; 44: 531-536.
- [53] Hillerdal G. Mesothelioma: cases associated with non-occupational and low dose exposure. *Occupational environmental medicine*, 1999, 56: 505-13;
- [54] Madkour M.T., El Bokhary M.S., Awad Allah H.I., Awad A.A. Mahmoud H.F.: Environmental exposure to asbestos and the exposure-response relationship with mesothelioma. *Eastern Mediterranean Health Journal* 2009; 15(1): 25-38.

Adres do korespondencji:

Gabriela Sąkol

Instytut Medycyny Pracy i Zdrowia Środowiskowego

ul. Kościelna 13, 41-200 Sosnowiec

e-mail: g.sakol@imp.sosnowiec.pl

