

Oddziaływanie azbestu na środowisko przyrodnicze i organizm człowieka

The impact of asbestos on people and the environment

Streszczenie:

Azbest pod względem chemicznym jest to uwodniony zespół krzemianów, z domieszką niektórych metali, wapnia, magnezu, aluminium, sodu i żelaza. Z uwagi na budowę, rozróżnia się dwie grupy azbestu:

- 1. Azbest serpentynowy tzw. azbest biały – najczęściej stosowany w przemyśle, rolnictwie stanowi 93% światowego zużycia azbestu. Jego włókna mają przekrój rurkowy o średnicy od 0,002 do 0,015 mikrona i długości do 60 mikronów. Są więc niedostrzegalne w mikroskopie świetlnym.*
- 2. Azbest amfibolowy – krokidolit zwany niebieskim azbestem należy do grupy tzw. amfiboli, które stanowią około 7% światowego rynku azbestowego. Ze względu na toksyczność i szkodliwość azbestu znajduje się na liście substancji działających rakotwórczo na człowieka, szczególnie w warunkach narażenia zawodowego.*

Wszystkie gatunki azbestu są karcynogenne – rakotwórcze dla ludzi. Azbest jest pochłaniany przez układ oddechowy do organizmu. Okres utajony choroby nowotworowej spowodowanej wdychaniem pyłów azbestu wynosi od 15 do 20 lat.

Abstract:

Asbestos, in chemical terms, is a hydrated silicate band with an admixture of certain metals: calcium, magnesium, aluminum, sodium and iron. As regards its use in construction, there are two groups of asbestos:

- 1. Chrysotile asbestos, or white asbestos, the most widely used type in industry and agriculture represents 93% of asbestos consumption worldwide. Its fibers have a tubular cross section with a diameter of 0.002-0.015 microns, and up to 60 microns. Therefore, they are invisible in light microscopy.*
- 2. Amphibole asbestos, or crocidolite asbestos, also known as blue asbestos, belongs to the so-called amphibole group, which constitutes about 7% of the world's asbestos market. Due to its toxicity and harmfulness, asbestos is on the list of active substances carcinogenic to humans, especially in conditions of occupational exposure.*

In conclusion it should be emphasized that all types of asbestos are carcinogenic as it is absorbed by the body's respiratory system. The latency period of cancer caused by inhaling asbestos dust is between 15-20 years.

Słowa kluczowe: azbest, gleba, szkodliwość, środowisko, człowiek

Keywords: asbestos, soil, harmfulness, environment, human

Ważnym zjawiskiem, z jakim spotykano się w ostatnich latach w szeroko rozumianej prewencji zdrowia, ludzi i zwierząt jest rezygnacja ze stosowania pewnych materiałów i technologii, które okazały się istotnie szkodliwe dla zdrowia ludzi i zwierząt. Dotyczy to zarówno środowiskowych zagrożeń zdrowia, jak i zagrożeń zawodowych. Pierwszą tego typu decyzją podjętą przez kraje wysoko rozwinięte był zakaz stosowania niektórych środków ochrony roślin DDT i rezygnacja z wykorzystania atrakcyjnych właściwości technologicznych polichlorowanych czyli PCB.

Główni europejscy producenci azbestu: Rosja, Włochy, Grecja, Cypr i Jugosławia wytwarzali w 1986 r. ponad

2,7 mln ton azbestu, ale w 1990 r. nastąpił spadek do 63% światowej produkcji, tj. od 1986 r. do 35% w 1996 r. Niektórzy europejscy producenci azbestu całkowicie zaprzestali jego wydobywania np: Finlandia w 1975 r., Cypr w 1988, a Włochy w roku 1990. Należy podkreślić, że krajowe zużycie azbestu zmniejszyło się pomiędzy 1986 a 1994 r. o 94%, w krajach skandynawskich o 76% w Zachodniej Europie o 84% w krajach śródziemnomorskich i o 69% w Europie Centralnej, w tym podobnie w Polsce.

Azbest to włókna znane i wykorzystywane już od czasów starożytnych. Wtedy stosowano go głównie do wyrobu niepalnych, wiecznych knotów do lampek oliwnych. Od

określenia „asbestion”, tj. „nieugaszony” pochodzi obecna nazwa azbestu.

Tlenowo-krzemowe włókna azbestu posiadają wiele cech, które spowodowały masowe, gospodarcze ich zastosowanie pod koniec XX wieku. W ocenie technologicznej są one elastyczne i mocne, nawet mocniejsze od stali, dodatkowo kwasoodporne, ogniotrwałe i odporne na korozję. Żele przewodzą ciepło, co czyni z nich dobry materiał izolacyjny. Dzięki temu zestawowi cech technicznych są niedoścignionym wzorem dla naukowców opracowujących technologie produkcji włókien sztucznych.

Jak już wspomniano, historia technologicznego wykorzystywania azbestu sięga czasów starożytnych. Jednakże większego gospodarczego znaczenia minerał ten nabral dopiero w czasach rewolucji technologicznej. Wtedy zaczęto stosować gumowo-azbestowe uszczelki do silników parowych. W połowie XIX wieku wynaleziono ogniotrwałe – oczywiście z udziałem azbestu – farby i papę, a na początku wieku XX połączono azbest z cementem. Materiały budowlane lekkie, izolacyjne i ogniotrwałe wydawały się idealne. Tak narodził się eternit i zaczęła się jego złota era. Przez cały okres XX wieku miliony ton azbestu trafiało na dachy i do wnętrza domów mieszkalnych oraz do budynków inwentarskich, do obór letnich na pastwiskach oraz chlewni, kurników, cieletników, wychowalni drobiu, zadaszeń polowych itp. [1, 2]. Szczytowy okres popularności nastąpił w latach 70. XX wieku. Wystarczy wspomnieć, że w 1973 r. w Stanach Zjednoczonych zużyto prawie milion ton azbestu, z którego wykonano elewację na budynku ONZ. Świat, w tym Polska, nie pozostawały w tyle. Eternitowy boom w Polsce zaczął się właśnie w latach 70. Wtedy to zakupiono licencję na produkcję falistych płyt azbestowo-cementowych. Były to czasy, kiedy z pokryć dachowych dostępne były tylko eternit i papa. Biorąc pod uwagę trwałość, a także inne opisane powyżej cechy (np. odporność na ogień) wiele osób zamieniło papę na bardziej nowoczesne pokrycie jakim był eternit. Takie zresztą były działania ówczesnych władz, które dążyły do unowocześnienia kraju, m.in. poprzez likwidację słomianych strzech. Od tego czasu do końca lat 90. na polskie dachy trafiły miliony ton azbestu. Od 1997 r. ze względu na szkodliwość dla organizmu, zakazano stosowania wyrobów azbestowych, ale jeszcze weszliśmy z azbestem w XXI wiek [3].

Definicja azbestu

Terminem „azbest” określa się dosyć liczną grupę minerałów o specyficznych właściwościach fizykochemicznych. Azbest charakteryzuje się dużą odpornością na działanie kwasów i zasad, elastycznością, złym przewodnictwem cieplnym, a nade wszystko wyjątkową odpornością na wysokie temperatury.

Pod względem chemicznym azbest to uwodnione krzemiany, czasami z domieszką niektórych metali: wapnia, magnezu, aluminium, sodu i żelaza. Azbest fizycznie wyróżnia się włóknistą budową. Minerale zawierające w swoim składzie krzem i mające strukturę włóknistą noszą wspólną nazwę – azbest. Z uwagi na budowę fizyczno-chemiczną, rozróżnia się dwie grupy azbestu:

- Azbest serpentynowy (chryzotyl), tzw. azbest biały – najczęściej stosowany w przemyśle, stanowi 93% światowego zużycia azbestu. Jego włókna mają przekrój rurkowy o średnicy minimalnej od 0,002 [$\mu\Omega$] do 0,015 [$\mu\Omega$] i długości do 60 [$\mu\Omega$]. Są więc niedostrzegalne w mikroskopie świetlnym. Jest to krzemian magnezowy zawierający około 40% krzemionki i podobną ilość tlenku magnezowego oraz niewielką domieszkę: glinu, żelaza i innych metali. Chryzotyl stanowi 93% azbestu wytwarzanego i stosowanego w przemyśle światowym.
- Azbest amfibolowy – krokidolit, zwany także niebieskim azbestem, należy do grupy tzw. amfiboli (stanowią one 7% światowego rynku azbestowego). Włókna jego są znacznie krótsze ze średnicą 0,1-0,3 [$\mu\Omega$]. Podczas kruszenia krokidolitu następują pęknięcia włókien wzdłuż płaszczyzn krystalicznych i w rezultacie powstają włókna o średnicach rzędu 4 nm, bardzo łatwo wchłaniane do układu oddechowego. Krokidolit jest istotnie mniej odporny na temperatury niż chryzotyl. Produkcja jego wynosi jedynie około 7% produkcji światowej. Krokidolit, czyli azbest niebieski zawiera 49% krzemionki. Średnica jego włókien jest rzędu 0,1 [$\mu\Omega$].

Niektóre właściwości fizyczne azbestu

Azbest występuje w postaci niełamiących się białych lub barwnych włókien. Długość ich jest różna, najczęściej 2-5 mm, chociaż bywają azbesty o długości włókien nawet 15 mm. Azbest jest bardzo odporny na temperaturę. Topi się w temperaturze 1 500 °C. Ponadto żele się rozpuszcza w wodzie. Można rozpuścić 25 mg azbestu ogrzewając go w 100 cm³ wrzącej wody przez 3 godziny. Włókna azbestu nie są widoczne w mikroskopie optycznym, gdyż mają zwykle średnice mniejsze od długości fali światła widzialnego. Jak się wydaje, miało to istotne znaczenie w stosunkowo późnym zidentyfikowaniu tego zagrożenia dla zdrowia ludzi. Stwierdzono, że niektóre gatunki talku, materiału powszechnie stosowanego w przemyśle gumowym, kosmetycznym i innym mogą zawierać azbest. Azbest znajduje się na liście substancji o udowodnionym epidemiologicznie działaniu rakotwórczym u ludzi w warunkach narażenia zawodowego, dlatego obowiązują zalecenia zmierzające do utrzymania jego stężenia w powietrzu na możliwie najniższym poziomie. Najwyższe dopuszczalne stężenia (NSD), podane niżej, pozwalają jedynie na znaczne ograniczenie wystąpienia

choroby nowotworowej, lecz ryzyka tego w pełni nie eliminują. NDS w środowisku pracy dla pyłów zawierających azbest są następujące:

- Pyły zawierające azbest (chryzotyl, krokidolit, amozyt, antofylit i inne) – mają wymiar około 2 mg/m³;
- Pyły zawierające azbest (chryzotyl, amozyt, antofylit i inne), posiadają włókna o długości powyżej 5 mikroomów – 2 włókna/cm³;
- Pyły zawierające azbest (krokidolit), posiada włókna o długości powyżej 5 mikroomów – 1 włókno/cm³.

Gospodarcze zastosowanie azbestu w przemyśle rolniczym

Azbest zaczęto wykorzystywać w zastosowaniach zbliżonych do współczesnych już w 1868 roku we Włoszech. W latach 80. ubiegłego stulecia używano w Polsce około 100 000 ton azbestu rocznie. Od roku 1999 obowiązuje wreszcie w Polsce zakaz stosowania azbestu, odraczany wielokrotnie ze względów społecznych (bezrobocie). Jego ograniczone wykorzystywanie, tam gdzie nie można znaleźć jego zamienników, np. do produkcji ubrań żaroodpornych, podlega ścisłej reglamentacji. Największymi źródłami zagrożenia, z uwagi na powstawanie pyłu azbestowego, są prace związane z wydobyciem azbestu i jego rozdrabianiem. Najbogatsze eksploatowane zasoby chryzotylu znajdują się w byłym ZSRR, Kanadzie, Afryce Południowej, we Włoszech i Rodezji, zaś pokłady krokidolitu i amozytu znajdują się w Afryce Południowej i Australii. W Polsce przetwarzało się rocznie około 100 000 ton azbestu, zaś w Niemczech 200 000 ton. Światowa produkcja azbestu przekracza 4 mln ton rocznie, z czego 1/3 przypada na kraje byłego ZSRR.

Jakkolwiek w ostatnich latach ogranicza się używanie azbestu, to wielkie zapotrzebowanie wynika z bardzo dużej jego przydatności. Dzięki takim właściwościom, jak: odporność na wysokie temperatury, duża wytrzymałość mechaniczna czy elastyczność i giętkość, azbest znalazł szerokie zastosowanie w technice i technologii przemysłowej. Cenne własności azbestu powodują, że wykorzystywany jest wciąż do produkcji wielu produktów, takich jak:

- wyrobów azbestowo-cementowych, m.in. tzw. eternitu;
- rur cementowo-azbestowych, zwykle o przeznaczeniu kanalizacyjnym;
- wyrobów ogniotrwałych, w tym ubrań ochronnych dla straży pożarnej;
- do produkcji klocków i tarcz hamulcowych;
- w produkcji papieru i tektury;
- do produkcji uszczelek ogniotrwałych;
- jako materiał dla izolacji cieplnych, np. osłon przewodów z gorącą wodą;
- budowy stropów azbestowych w domach, chlewniach, kurnikach;
- do krycia dachów na domach mieszkalnych oraz na

budynkach inwentarskich (obór zimowych i na letnich, wiatach wydojowych na pastwiskach dla krów mlecznych i cieleńnikach);

- chlewniach, kurnikach, wychowalniach bażantów, garażach, na placach tuczu gęsi, na klatkach dla królików hodowlanych i użytkowych, lisów itp.
- Jako wypełniacz do farb i lakierów i w produkcji tworzyw sztucznych;
- w Polsce okazjonalnie do ścianek działowych, podwieszanych sufitów, osłon balkonowych.

Ponadto azbest używany jest do wyrobu okładzin ściernych, papieru azbestowego, papy i filtrów. Przemysł włókienniczy wytwarza tkaniny azbestowe, z których produkuje się ognioodporne ubrania. Azbest stosowany jest również w produkcji tworzyw sztucznych, służy do wyrobu płyt izolacyjnych, które były szeroko używane w budownictwie mieszkalnym i inwentarskim. Niemal w każdej kuchni stosuje się płytki azbestowe podczas podgrzewania potraw. Spotykamy je powszechnie w laboratoriach chemicznych, a każdy posiadacz samochodu wie dobrze, iż azbest jest składnikiem szczęk hamulcowych oraz sprzęgieł. Z azbestu zmieszanego z cementem produkuje się dachówki eternitowe. Służy on też do produkcji tkanin i płyt odpornych na działanie wysokich temperatur, a także świetnie pełniących rolę filtrów do wody, piwa i wina. W ostatnich latach zastosowano z powodzeniem azbest w postaci materiału izolacyjnego w budowie okrętów, gdyż nie ulega on zmianom korozyjnym pod wpływem działania wody morskiej. Jak podają statystyki światowe, około 3 500-5 000 wyrobów rynkowych zawiera azbest. To tylko niektóre zastosowania naturalnego materiału włóknistego pochodzenia nieorganicznego. Istnieją różne odmiany azbestu, różniące się składem chemicznym i właściwościami fizycznymi. Mają jednak wspólne cechy: można je jako materiały włókniste przerabiać na tkaniny; wszystkie wykazują odporność na wysokie temperatury.

Zagrożenia stanowisk pracy i środowiska

Lista stanowisk pracy, gdzie istnieje zagrożenie z uwagi na występowanie azbestu, jest bardzo duża. Należy mieć na uwadze, że prace związane z produkcją wyrobów zawierających azbest, a także ich przetwarzanie i stosowanie mogą powodować wytwarzanie pyłu niebezpiecznego dla zdrowia człowieka jak i zwierząt. W Polsce około 6 500 osób jest narażonych w czasie pracy na działanie azbestu. Badania wykazały, że pyły azbestowe występują nie tylko w zakładach przemysłowych, lecz także zanieczyszczają powietrze atmosferyczne, szczególnie w dużych miastach. W poszczególnych dzielnicach Nowego Jorku stwierdzono w powietrzu obecność azbestu o stężeniu: na Manhattanie 25-60 ng/m³, w Bronksie 25-28 ng/m³, w Staten Island 11-21 ng/m³. W Anglii opracowano i wyprodukowano przenośny zestaw kontrolny stosowany do użytku

przetwórnicy azbestu, jak również wykorzystywany do samochodowych warsztatów naprawczych, wskazujący zapylenie powietrza włóknami azbestowymi w środowisku pracy. Oznaczenie polega na przepompowywaniu określonej objętości powietrza przez filtr zatrzymujący małe włókienka, które następnie zlicza się pod mikroskopem. Normy angielskie dopuszczają zaledwie 2 włókienka w 1 cm³ powietrza. W USA na Manhattanie impregnacje przeciwpożarowe środkami zawierającymi azbest wykonuje się często metodą natryskową, co może być przyczyną dużych stężeń azbestu w powietrzu. Podczas badania przeprowadzonego w zakładach oraz Nowym Jorku w płucach u 24 mieszkańców, na ogólną liczbę badanych 28, stwierdzono znaczną liczbę włókien chryzotyli. W Londynie w podobnych badaniach znaleziono u 80% pacjentów włókna chryzotyli. Znaczne ilości azbestu znajdują się również w powietrzu niektórych terenów wiejskich, np. w Pensylwanii 10-30 ng/m³ [1].

Zamiast azbestu stosuje się obecnie inne materiały o strukturze włóknistej. Materiałem zastępczym są często: włókno szklane, węglowe, wata bazaltowa lub tzw. włókna mineralne nienaturalnego pochodzenia, zwykle z tworzyw sztucznych. Niestety, brak pełnej znajomości mechanizmu szkodliwego działania azbestu powoduje, że nie wiadomo czy nowe materiały nie mają także jego szkodliwych własności. Są zresztą już zapewne doniesienia w prasie fachowej, mówiące, że nowe materiały włókniste, przynajmniej niektóre z nich, są również szkodliwe dla zdrowia, choć nie jest pewne czy mechanizm działania jest podobny jak azbestu. Jednak w dalszym ciągu pozostaje poważny problem utylizacji istniejących wyrobów z azbestu i zabezpieczenia zakładów produkujących azbest oraz magazynów, w których jest przechowywany. Problem likwidacji zagrożeń azbestowych nie ogranicza się tylko do zamkniętych zakładów przemysłowych. Owo zanieczyszczenia dotyczy zarówno rejonów wiejskich, miejskich jak również autostrad. W tabeli 1 zaprezentowano przykładowe stężenia azbestu w wybranych rejonach i obiektach.

Tab. 1. Przykłady stężenia azbestu

Lokalizacja	Przeciętne stężenie (ilość włókien przypadająca na 1 m ³)
Rejony wiejskie	< 100
Rejony miejskie	100 – 1 000
Przy autostradzie	3 000
W zakładach stosujących azbest	2 000 000

Źródło: Siemiński M.: *Środowiskowe zagrożenia zdrowia*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2001.

Czasami stężenie azbestu w powietrzu jest w ng/m³, czas; ilości włókien w metrze sześciennym powietrza. 30 ng/m³ odpowiada 1 000 włókien/m³. Przy charakterystyce zagrożeń azbestem podawana też bywa informacja o rozkładzie długości włókien, gdyż wiele wskazuje, że ma to

wpływ na jego szkodliwość. Nie określono dotychczas w sposób jednoznaczny, czy azbest znajdujący się w wodzie wodociągowej niektórych miast ma znaczenie dla stanu zdrowia mieszkańców. Istnieją sugestie, że zanieczyszczenie ryżu azbestem może być przyczyną częstszego występowania raka żołądka w Japonii. Podejrzenie wynika z faktu, iż Japończycy chętnie spożywają ryż preparowany po procesie łuszczenia talkiem, w którym stwierdzano obecność azbestu. Zanieczyszczenie powietrza azbestem zależy też od rodzaju obiektu i lokalizacji zastosowanych elementów azbestowych. Azbest m.in. wykorzystywany jest do wytwarzania zapraw murarskich, którymi pokrywano ściany budynków. Technologie te stosowano w pewnym okresie w Stanach Zjednoczonych przy wznoszeniu budynków publicznych, m.in. szkół. W tabeli 2 przedstawiono nagminnie obserwowany w szkołach zwyczaj opierania się i ocierania dzieci o ściany, co ma swój skutek w zanieczyszczeniu powietrza w obiekcie azbestem [4].

Tab. 2. Stężenie azbestu w niektórych miejscach w Stanach Zjednoczonych

Lokalizacja	Stężenia (ilość włókien przypadająca na 1 m ³)
Powietrze atmosferyczne	30
5 największych miast	220
Szkoły, elementy azbestowo – cementowe	260
Szkoły, powierzchnie ścian azbestowych	2 100
Szkoły, uszkodzone powierzchnie ścian azbestowych	4 000

Źródło: Siemiński M.: *Środowiskowe zagrożenia zdrowia*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2001.

W dużych miastach Stanów Zjednoczonych stosowano azbest do izolacji przeciwpożarowej konstrukcji budynków metodą natryskową. Aktualnie uważa się, że jest to przyczyna wysokich stężeń azbestu w powietrzu atmosferycznym tych miast, głównie podczas przebudowy lub likwidacji takich budynków. W czasie usuwania powłok azbestowych na sucho koncentracja azbestu może osiągnąć 100 x 10 włókien azbestu/m³. W Polsce metody natryskowej nie zdążono na szczęście zastosować na szeroką skalę. Natomiast połowa budynków na polskich wsiach pokryta jest eternitem. Dopuszczalne w Polsce stężenie azbestu w powietrzu w pomieszczeniach przeznaczonych na stały pobyt ludzi wynosi 1000 włókien/m³ (Zarządzenie Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 12 marca 1996 r. w sprawie dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia, wydzielanych przez materiały budowlane, urządzenia i elementy wyposażenia w pomieszczeniach przeznaczonych na pobyt ludzi, M.P. Nr 19, poz. 23).

Mechanizm toksycznego działania azbestu

Jak stwierdzono, ten cenny surowiec włóknisty okazał się niebezpieczny dla zdrowia zwierząt, a także życia

ludzkiego. Jak to możliwe, by element środowiska naturalnego (to przecież kopalina) był dla tego środowiska tak groźny? Otóż okazuje się, że włókna azbestu w złożach, związane w sposób naturalny są dla środowiska i dla zdrowia ludzi obojętne, natomiast włókna uwolnione do powietrza stanowią dla człowieka zabójczy składnik. Mikrowłókna azbestu są na tyle małe, że potrafią unosić się w powietrzu i w skażonym środowisku bywają wdychane do płuc. Są małe, ostre, odporne na kwasy. To, co stanowi o ich technicznych zaletach, po dostaniu się do organizmu sprawia, że w tym wewnętrznym środowisku nie ulegają rozpuszczeniu. Część z nich, głównie większe włókna chryzotyłu – azbestu białego, może być wydalana przez układ rzęskowy oskrzeli i tchawicy (wyksztuszone z oskrzeli, płuc). Włókna tzw. azbestów amfibolowych (azbest niebieski lub brązowy) są mniejsze, trafiają głębiej do pęcherzyków płucnych i w ogóle nie rozpuszczają się w płynach fizjologicznych. Włókna azbestu, po dostaniu się do płuc osiadają w tkance płucnej i bytują w niej przez lata bez większych zmian dla swojej struktury i właściwości i dla zdrowia ludzi i zwierząt. Wystarczy jednak, żeby zaszły zmiany w obniżeniu odporności organizmu „nosiciela”, by wokół takich włókien rozpoczął się proces rakowacenia tkanek. Ponieważ okres akcji (wniknięcia włókien) i reakcji (rozwinęcia się choroby) dzieli zwykle kilka a nawet kilkadziesiąt lat, trudno o powstanie bezpośrednich skojarzeń, które prowadziłyby do zachowania typu „zagrożenie”: „reakcja unikania”, tj. takich, jakie zachodzą np. przy oparzeniu. Ponieważ organizm narażony na działanie włókien azbestu, w czasie wnikania tych włókien do organizmu nie odczuwa bólu, brak tu „reakcji unikania”. Włókna azbestu działają jak „zabójca”, a człowiek przebywający w skażonym środowisku, nieświadomy ich działania, nie zwraca uwagi na ich źródło, np. na stan pokrycia dachowego lub inne.

Badania przeprowadzone w latach 70. ubiegłego wieku wykazały, że wdychanie powietrza zapyłonego azbestem powoduje zmiany w układzie oddechowym prowadząc do powstania nowotworów. Zakażeni są zwłaszcza robotnicy pracujący w kopalniach azbestu i fabrykach przerabiających ten surowiec mineralny. Stwierdzono w tych przypadkach owrzodzenia opłucnej i otrzewnej na skutek niszczenia tkanek stykających się z pyłem azbestowym. Zwłaszcza niebezpieczna okazała się jedna z odmian azbestu, zwana „krokidolitem”. Największe zagrożenie dla organizmu ludzkiego i zwierzęcego stanowią tzw. włókna respirabilne, tzn. takie, które w trwałej postaci mogą być „zawieszane” w powietrzu. Tak zachowują się włókna o średnicy poniżej 3 mikrometrów i o długości większej niż 5 mikrometrów, w których stosunek długości do grubości jest większy niż 3:1. Takie włókna wnikają głęboko do tkanki płuc. Włókna grubsze zatrzymujące się w górnej części układu oddechowego, skąd dzięki rzęskom wyścielającym ściany

oskrzeli płuc za pomocą kaszlu mogą być usuwane do gardła i dalej ze śluzem na zewnątrz lub do układu trawiennego. Azbest jest podstawową niemetaliczną substancją zanieczyszczającą atmosferę. Lotne pyły azbestu pochodzą głównie z przemysłu oraz rozbiórek starych budowli, do których budowy w przeszłości wykorzystywano azbest. Zagrożenie azbestem jest z reguły ograniczone do robotników narażonych na kontakt z azbestem ze względu na wykonywaną pracę oraz do osób, które przypadkowo zostały poddane ekspozycji na pyły azbestu podczas pełnienia swoich obowiązków. Tak, więc ekspozycja na azbest jest uważana za ryzyko związane z wykonywanym zawodem. Szkodliwe działanie azbestu tłumaczy się istnieniem ostrego zakończenia mikroskopijnych włókienek, uszkadzających tkanki płucne. Dalsze badania wykazały, że również i inne włókna o wymiarach poniżej pół mikrometra wykazują podobne działanie niszczycielskie tkanki płucnej.

W tym przypadku warto postawić pytanie: Skąd się bierze pył azbestowy w powietrzu? Otóż włókna azbestowe są trwałe, ale płyty azbestowo-cementowe już nie tak bardzo. Po latach użytkowania, po latach działania na nie kwaśnych deszczy, struktura płyt ulega rozluźnieniu. Powierzchnia płyt staje się porowata, miękka i krucha. To wtedy zagnieżdżają się na nich porosty, które dalej degradują powierzchnie w sposób już biologiczny. Z takich płyt deszcz i wiatr wypłukują miliony włókien azbestowych. Skażenie powietrza pyłem azbestowym z pokryć dachowych będzie prawdopodobnie z roku na rok wzrastać, gdyż ich trwałość ocenia się na 30 lat i im później od czasu zamontowania, tym ich jakość będzie gorsza. Innym, poważnym źródłem pyłu azbestowego w powietrzu są okładziny cierne hamulców samochodowych.

Pierwsze należycie udokumentowane stwierdzenie szkodliwego wpływu azbestu na zdrowie ludzi pojawiło się w 1970 roku [notka bibliograficzna]. Od lat 80. w rozwiniętych krajach świata wprowadza się programy eliminacji azbestu z użycia. Bez wątplenia wówczas wykazano, że azbest powoduje:

- zmiany włókniste w różnych okolicach układu oddechowego, w miejscach zależnych od długości i średnicy włókien (oskrzelach, oskrzelikach, w pęcherzykach płucnych itp.);
- fibrozę, czyli zwłóknienia nabłonka układu pokarmowego;
- nowotwory tkanki płucnej;
- nowotwory krtani i innych części układu oddechowego (prawdopodobnie);
- międzybłoniak opłucnej;
- międzybłoniak otrzewnej;
- nowotwory układu trawiennego (prawdopodobnie).

Proces choroby ma charakter złożony i etapowy, bowiem w trakcie oddychania do płuc dostaje się wiele

drobnych zanieczyszczeń, niewychwytywanych przez system oczyszczający w otworach nosowych. Część takich zanieczyszczeń zostaje wyrzucona z powrotem z wydychanym powietrzem, ale znacząca liczba zostaje zdeponowana w różnych okolicach płuc, zwykle im drobniejsze pyły, tym głębiej przechodzą. Ze względu na budowę włókien azbestu (ostre, wbijające się w tkanki szpilate) są trudności z jego usuwaniem z płuc. Po miesiącu od momentu deponowania w płucach pozostaje jeszcze około 25% wdychanego azbestu. Włókna azbestu powodują w układzie oddechowym zmiany włókniste. Obraz zmian w płucach zależy od struktury włókien, długości, przekroju i kształtu włókien azbestowych. Od cech tych zależy bowiem, czy zostaną one zdeponowane w końcowym odcinku dróg oddechowych i czy dojdzie do ich przeniknięcia do opłucnej. Zapadalność na chorobę zwaną azbestozą zależy również od dodatkowych czynników szkodliwych, wpływających niekorzystnie na funkcjonowanie układu migawkowego – odruchu kaszlu i komórkowego oczyszczania płuc (czynne i bierne palenie tytoniu, przewlekłe procesy zapalne w obrębie układu oddechowego, działanie chemicznych środków drażniących [6].

Są dwa naturalne mechanizmy usuwania drobnych zanieczyszczeń, jakie dostały się do płuc. Jednym jest ruch migawkowy komórek rzęsatych (odruch kaszlu) wynoszący pokryte śluzem lub wchłonięte przez makrofagi zanieczyszczenia do górnych partii płuc, a potem dalej na zewnątrz, gdzie są następne odkształcane. Drugi mechanizm polega na pochłanianiu zanieczyszczeń przez makrofagi i transportowanie ich do węzłów chłonnych. Im dłuższe włókno azbestu, tym proces ten jest bardziej utrudniony. Do zanieczyszczeń komórek węzłowych przyczynia się wdychanie szeregu innych zanieczyszczeń, między innymi palenie tytoniu. Uważa się, że rakotwórcze działanie azbestu wywołują włókna od długości większej niż 19 mikronów i o średnicy mniejszej niż 0,1 [μm]. Znaczną rolę odgrywa zarówno postać fizyczna azbestu, jak i jego własności chemiczne, m.in. możliwość przemieszczania się w organizmie ostrych igieł azbestu czemu sprzyja fizjologiczne, systematyczne rozszerzanie się i kurczenie płuc w procesie oddychania. Wiele faktów wskazuje, że azbest wpływa negatywnie na lokalne funkcjonowanie systemu immunologicznego. Coraz częściej zwraca się uwagę, że w jakimś stopniu utrzymywanie się przez długi okres chronicznych stanów zapalnych w tkankach może spowodować poważne skutki zdrowotne dla całego organizmu, w tym nowotwory. Ilościowe określenie ryzyka zachorowania spowodowane przez azbest nie jest wiarygodnie określone, tzn. nie jest znana zależność dawka – efekt. Jest to tym bardziej zaskakujące, że azbest należy do niewątpliwych karcynogenów dla ludzi. Niemniej podejmowane są próby

oszacowania ryzyka stwarzanego przez azbest. W dostępnej literaturze, jeden z autorów ryzyko wynikające z wydychania azbestu określił następująco, precyzując jednocześnie warunki ekspozycji np:

- dla uczniów szkół: 6 lat ekspozycji, średnie stężenie azbestu w powietrzu 1 000 włókien przypadających na 1 m³, gdy do pokrycia ścian stosowano mieszanek azbestów chryzolit i krokidolit, skutkuje pięcioma dodatkowymi zgonami na milion osób ekspozowanych, z tego odpowiednio na raka płuc 0,6 i na raka opłucnej 4,4.
- jeśli ściany pokryto samym tylko chryzolitem: skutkowało to dla takiej samej ekspozycji jedynie dodatkowymi 1, 5 zgonami przypadającymi na milion przypadków.

Jak wykazały badania środowiskowe narażenie przez okres całego życia na poziomie 2000 włókien przypadających na 1m³ i dziesięcioletnie narażenie w szkole na poziomie 20 000 włókien na 1m³ skutkuje ryzykiem dla palaczy: 66 dodatkowych zgonów na milion. W polskiej literaturze badano również częstotliwość występowania międzybłoniaka w populacji kobiet kanadyjskich żyjących w sąsiedztwie kopalni azbestu, (ale nie pracujących tam) z częstotliwością tego nowotworu w innych populacjach kobiet. Stwierdzono wzrost ryzyka zachorowania 7, 6 razy. W populacji Brytyjczyków zagrożenie zdrowia azbestem wynosi około 1 zgonu rocznie w całym kraju (ponad 55 mln mieszkańców) [3]. Z wyników tych wynika, że umiarkowane stężenie pyłu azbestowego w powietrzu stanowi niewielkie zagrożenie dla zdrowia. Pamiętajmy też, że zaledwie 10% umierających na raka płuc pali papierosy, z tego tylko część zachorowuje na międzybłoniaka. Zwykle uważa się, że azbest jest szkodliwy jedynie wtedy, gdy jest wdychany, ale nie ma pewności, czy jego obecność w pożywieniu jest również szkodliwa. W niektórych badaniach zwraca się uwagę na dwa zjawiska: na znaczny procent nowotworów przewodu pokarmowego stwierdzany u Japończyków i ich zwyczaj obłuskiwania ryżu na azbeście. Nie wiadomo, czy oba spostrzeżenia można łączyć ze sobą. Azbest jest niewątpliwym czynnikiem karcynogennym. Jednocześnie nie można zaliczyć go do karcynogenów silnie działających. Wydaje się jednak, że środowiskowe zagrożenia zdrowia w wyniku wdychania powietrza skażonego azbestem, na poziomie przeciętnie obserwowanym w naszych miastach, ma znaczenie jedynie dla populacji palaczy tytoniu.

Azbest wzmaga działanie rakotwórcze dymu tytoniowego. Ekspozycja na sam azbest powoduje międzybłoniaki opłucnowe lub otrzewnowe, lecz nie powoduje raka płuc [1]. U palaczy ekspozycja na azbest znacznie zwiększa jednakże zapadalność na raka płuc. Przykładem może być zwiększenie zagrożenia nowotworami na skutek wspólnego działania azbestu i dymu tytoniowego (tab.3).

Tab. 3. Indukowanie nowotworów przez azbest i dym tytoniowy

Grupa	Względne ryzyko śmierci z powodu raka płuc
Niepalący, nieeksponowani na azbest	1,00
Niepalący, eksponowani na azbest	5,17
Palący, nieeksponowani na azbest	10,85
Palący, eksponowani na azbest	53,24

Źródło: Susanne Ch., Hens L.,: *Ekologia człowieka. Stopniowa odpowiadź fenotypu na środowisko. W: „Problemy” nr 4, 1987. s. 37.*

Szkodliwe oddziaływanie azbestu na organizm człowieka

Sygnaly o szkodliwym wpływie azbestu na zdrowie ludzi mających z nim kontakt dochodziły od dawna. Pracownicy kopalń, tkalni czy robotnicy, którzy w czasie wojny uszczelniali azbestem poszycia statków zapadli na chorobę płuc zwaną azbestozą. Później wykazano związek między azbestem a zapadalnością na raka płuc lub na inny nowotwór zwany międzybłoniakiem, który rozwija się w klatce piersiowej lub jamie brzusznej. Zwłóknienie płuc (zwane także pylicą azbestową lub azbestozą), to najczęstsze schorzenie, które rozpoczyna się przeważnie w 20-40 lat po rozpoczęciu ekspozycji. Charakterystycznym objawem jest utrudniony oddech oraz zmniejszenie pojemności życiowej płuc. Często pojawiają się samoistne wysięki opłucnej, występujące już po 3-4 latach rozpoczęcia kontaktu z azbestem. Pylica azbestowa jest spotykana wśród robotników zatrudnianych w kopalnictwie azbestu, na budowach lub przy rozbiorce pomieszczeń zawierających azbest. Przypadki azbestozy zaobserwowano również wśród pracowników obsługi i instalatorów pracujących w szkołach lub w biurach. W tym przypadku ekspozycja pochodzi z izolacji azbestowej przewodów pary i grzejników.

Symptomy azbestozy, oprócz fibrozy, to zwapnienie płuc z wytworzeniem guzów mezotelialnych. Okres utajony tworzenia się owego guza jest wyjątkowo długi. Od momentu ekspozycji do klinicznego pojawienia się komórek nowotworowych może upłynąć do 30 lat. Szeroko podawany do powszechnej wiadomości duży zasięg azbestowy i związanych z nią guzów mezotelialnych i guzów płuc, które występowały w latach 70. ubiegłego stulecia, był wynikiem ekspozycji na azbest stoczniovców amerykańskiej Marynarki Wojennej podczas II wojny światowej.

Włókna azbestu wykazują zdolność migracji, w tym także do jamy otrzewnej i powodowania tam guzów nabłonkowych otrzewnej. Dym tytoniowy wzmacnia toksyczność działania azbestu i może sprzyjać tworzeniu się guza płuc [7, 8].

Zamienniki azbestu w produkcji przemysłowej

Wykazanie karcinogennych własności azbestu i jego wszechobecności w środowisku spowodowały, że niektóre kraje wprowadziły zakaz stosowania azbestu. W 1999 roku zakaz taki obowiązywał w 11 krajach, w tym we wszystkich krajach skandynawskich, w Belgii, Holandii, Niemczech, Polsce, Austrii i Włoszech, a także w Arabii Saudyjskiej.

Jako zamiennik azbestu stosuje się, gdzie to jest możliwe, inne rodzaje włókien. Jednym z możliwych zamienników jako materiał, na izolacje cieplne, dźwiękowe, a także do produkcji okładzin hamulcowych i sprzęgieł, są tzw. włókna mineralne. Należą do nich m.in.: włókna szklane, włókna z bazaltu i podobnych skalnych surowców, włókna wykonane z żużlu i tzw. wełna kaolinowa. Jak dotychczas, większość prac podaje, iż nie stwierdzono szkodliwego działania na ludzi włókien mineralnych (takie badania przeprowadzono m.in. w Finlandii). Dotychczas to w szczególności włókien szklanych, które mają średnicę 4 – 7 mikrooma i są bardzo długie (określane nawet, jako włókna ciągłe). W dostępnej literaturze, jeden z autorów stwierdził wywoływanie nowotworu płuc i międzybłoniaka u szczurów i chomików poddanych ekspozycji na włókna mineralne, a także pewien wzrost umieralności na nowotwór płuc w badaniach pracowników zatrudnionych przy produkcji włókien mineralnych w kilku krajach europejskiej. Znaczna różnica ekspozycji pomiędzy narażeniami zawodowymi i środowiskowymi powoduje, że środowiskowe zagrożenia zdrowia przez włókna mineralne są zanedbywalnie małe. Ocenia się, że stężenie włókien mineralnych w powietrzu badane w Wielkiej Brytanii nie przekracza 0,05 włókna na 1 m³ w powietrzu atmosferycznym i 1 włókno na 1 m³ w pomieszczeniach budynków, w których wykorzystywano do izolacji cieplnej. Włókna mineralne są zwykle większej średnicy niż azbest i są lepiej rozpuszczalne w płynach tkankowych.

Podsumowanie

Azbest jest grupą uwodnionych, włóknistych krzemianów, które dzielą się na dwie podstawowe rodziny: zwinięte, o nazwie „serpentyny” i prętopodobne o nazwie „amfibole”. Typy należące do rodziny amfiboli są najbardziej patogenne; ich toksyczność zależy od rozmiaru włókna i prawdopodobnie ich właściwości fizycznych. Najbardziej szkodliwe włókna mają wymiary: 5[μΩ] długości i 0,3 mikrony średnicy.

Azbest może powodować u człowieka nowotwory złośliwe (zmiany rakowe i międzybłoniaki). Zasadniczą przyczyną tego jest włóknista budowa azbestu. W dostępnym piśmiennictwie jest dużo przekonywujących informacji na temat rakotwórczego działania azbestu. Ryzyko zmian rakotwórczych płuc u osób narażonych na pył azbestowy

jest zdecydowanie większe u palaczy tytoniu. Okres utajenia, tj. czas upływający od początku narażenia do występowania zmian nowotworowych, jest na ogół dłuższy niż 10-15 lat, co ma istotne znaczenie w ocenie ryzyka zawodowego. Stwierdzono, że najbardziej rakotwórcze działanie wywierają włókna o długości większej niż 10 mikronów i przekroju mniejszym niż mikrona.

Nie określono dotychczas jednoznacznie stopnia szkodliwości włókien krótszych. Nie jest znana również minimalna liczba włókien, które zdolne są wywoływać nowotwór. Z podanych powodów nie można przy obecnym stanie wiedzy przyjąć bezpiecznej granicy stężenia włókien azbestowych występujących w powietrzu miejsca pracy. Ocena narażenia na podstawie oznaczenia ilości azbestu w materiale biologicznym oraz występującym w powietrzu jest trudna, ponieważ włókna są mikroskopijnej wielkości. W celu stwierdzenia np. włókien chryzotyłu konieczne jest użycie mikroskopu elektronowego, dającego powierzchnię 20 000 razy, lepsze wyniki uzyskuje się przy powiększaniu 40 000 razy. Inne trudności wynikają w trakcie pobierania próbek powietrza metodą filtracyjną, ponieważ pory większości filtrów mają wielkość 1 mikroma lub są większe. Jak duże może być rozdrobnienie włókien świadczy fakt, że w 1 ng chryzotyłu stwierdzono 1 mln włókien. Wszystkie gatunki azbestu są

karcinogenne dla ludzi. Okres utajony choroby nowotworowej wywołanej wdychaniem azbestu wynosi 15-20 lat.

LITERATURA

- [1] Dobrzański G., Dobrzańska B.M., Kiełczewski D.: Ochrona środowiska przyrodniczego, Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko, Białystok, 1997.
- [2] *Cichy zabójca z dachu* Wydawnictwo Rada – rolnictwo, aktualności, doradztwo, analizy nr 7/8 Wojewódzki Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Bartoszewicach, 2004.
- [3] Godlewska-Lipowa W., Ostrowski J.Y.: Problemy światowej ekologii – z czym wchodzimy w XXI wiek, Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego, Olsztyn 2000.
- [4] Foltyn M.: *Przydatność preparatu AFS do eliminacji azbestu – badania laboratoryjne*, *Bezpieczeństwo Pracy* nr 6/2007.
- [5] Foltyn M.: Azbest jak organizować ryzyko. Podręcznik dobrych praktyk, *Bezpieczeństwo Pracy* nr 2/2010.
- [6] Siemiński M.: Środowiskowe zagrożenie zdrowia, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2001.
- [7] Stobiński J.: Cukier z gazety – czy chemia wszystko może? Wydawnictwo „Alfa”, Warszawa 1987.
- [8] Gieraś M.: Eksploatacja – Elektrowni Bełchatów, praca pod red. Z. Pawłowskiego, Radom 1998.
- [9] Susanne Ch., Hens L.: Ekologia człowieka. Stopniowa odpowiedź fenotypu na środowisko, Wydawnictwo Problemy nr 7, 1987.
- [10] Toksykologia podręcznik dla studentów farmacji, pod redakcją prof. dr hab. W. Seńczuka, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 1994.
- [11] Zakrzewski S.F.: Podstawy toksykologii środowiska, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2000.

OKSANA SEROKA-STOLKA

Politechnika Częstochowska, Wydział Zarządzania

Ekologiczna i społeczna odpowiedzialność biznesu w opinii przedsiębiorstw regionu częstochowskiego

Environmental and corporate social responsibility in the opinion of enterprises from the Częstochowa region

Streszczenie:

W artykule zaprezentowano wyniki badania ankietowego dotyczącego roli i korzyści jakie mogą osiągać firmy stosujące koncepcję ECSR. Badaniem objęto 15 przedsiębiorstw regionu częstochowskiego z sektora przemysłu oraz usług i handlu. Wyniki opracowano w ujęciu ilościowym i jakościowym z wykorzystaniem programu STATISTICA 9.1. Wyniki analizy wskazują, że ECSR traktowane jest jako narzędzie służące budowaniu dobrego wizerunku i reputacji firm na rynku oraz mające na celu podniesienie poziomu kultury organizacyjnej przedsiębiorstw. Badane firmy doceniają ECSR jako instrument, który pomaga w utrzymaniu dobrych relacji ze społecznościami lokalnymi, ale nie doceniają koncepcji ECSR, której implementacja przyczynia się do uzyskania przewagi konkurencyjnej.

Abstract:

The article presents the results of a survey examining the role and the possible benefits to be gained by companies implementing the ECSR concept. The sample selection consisted of 15 enterprises from the Częstochowa region. The sample comprised companies from the manufacturing, service and trade sectors. The data were analysed using the program STATISTICA 9.1. The results of the survey showed that most of the companies researched treat ECSR as an instrument for bettering performance, building a good reputation on the market and also as a tool for improving the