

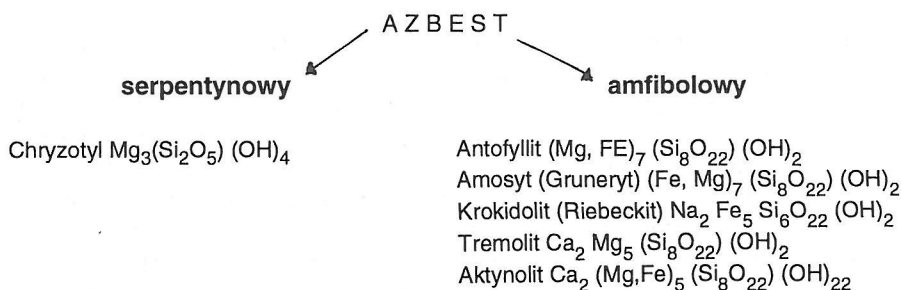
Andrzej Obmiński *

OKREŚLANIE POZIOMU ZANIECZYSZCZEŃ POWODOWANYCH PRZEZ AZBEST W ŚRODOWISKU NATURALNYM (W GLEBACH I POWIETRZU) ORAZ W OBIEKTACH BUDOWLANYCH

W artykule przedstawiono ogólny zarys zagadnień dotyczących zanieczyszczenia środowiska przez azbest. Omówiono podstawowe problemy legislacyjne i założenia badań prowadzonych przez autora w latach 1993–1998 w Zakładzie Ochrony Środowiska ITB. Badania te zostały zakończone rozprawą doktorską na temat oznaczeń ilościowych azbestu w glebach zanieczyszczonych działalnością przemysłową. Obok skróconej techniki prowadzenia oznaczeń ilościowych i jakościowych w glebach oraz wyników analiz w typowych obszarach produkcji wyrobów azbestowo-cementowych przedstawiono w celu porównania poziom zanieczyszczeń gleb rozwiniętych na skałach zawierających azbest. Zamieszczono również wyniki badań powietrza pod kątem ich zanieczyszczenia pyłami azbestu, dotyczące różnych regionów kraju i różnych sytuacji budowlanych z zastosowaniem wyrobów zawierających azbest.

1. WSTĘP

Azbest to nazwa włóknistych minerałów z grupy amfiboli i serpentynów, które łatwo rozdzielają się na długie, cienkie, pojedyncze włókna (fibryle). Chemicznie są to najczęściej uwodnione krzemiany magnezowe i magnezowo-żelazowe, czasem z domieszkami Ca, Mn Na (rys. 1).



Rys. 1. Rodzaje azbestu

*dr – adiunkt w ITB

W warunkach naturalnych minerały azbestowe najczęściej towarzyszą procesom metamorficznym i skałom związanym z metamorfizmem skał wapiennych lub ilastych bogatych w jony Mg^{2+} .

W Polsce serpentynity zawierające azbest chryzotylowy występują na Dolnym Śląsku w Szklarach, Bystrzycy Górnej koło Zagórza Śląskiego, Grochowej, Braszowicach, w masywie serpentynitowym Gogołów – Jordanów. Ponadto chryzotyl spotykany jest w zserpentynizowanych dolomitach Rędzin koło Kamiennej Góry, w Rudawach Janowickich i okolicach Złotego Stoku.

Azbesty amfibolowe szeregu aktyolit – tremolit i antofyllit występują w Sobótce, Jakubowie, Ibramowicach koło Świdnicy, Ząbkowicach, Grochowie, Szklarach, Przewornie koło Strzelina.

Nie ma w Polsce eksploatowanych złóż minerałów azbestowych, stanowią one natomiast szkodliwą domieszkę eksploatowanych kopalni, tj. serpentynitów, marmurów czy dolomitów.

1.1. Opinie na temat stanu prawnego i praktyki prac z azbestem

W latach osiemdziesiątych potwierdzono wysoką szkodliwość włókien azbestu rozproszonych w powietrzu w postaci tzw. włókien respirabilnych, tj. o długości $> 5 \mu m$, średnicy $\phi 3 \mu m$ i stosunku długości do średnicy $> 3:1$ [1], [2], [3], [4], [5]. Po przedostaniu się do układu oddechowego ssaków włókna te wywołują [6], [7] nieodwracalne chorobowe zmiany układu oddechowego, m.in. choroby nowotworowe, pojawiające się dopiero po długim okresie latencji, trwającym około 15–20 lat począwszy od pierwszych znaczących „ekspozycji” (choroba układu oddechowego postępuje mimo przerwania narażenia na pył azbestu) [2], [7], [8].

Po udowodnieniu szkodliwości azbestu, wobec faktu powszechnego stosowania w gospodarce światowej (do połowy lat osiemdziesiątych) i polskiej (do połowy lat dziewięćdziesiątych) na dużą skalę niektórych jego odmian, zwłaszcza azbestu chryzotylowego, opracowano i rozpoczęto ograniczanie produkcji i stosowania wyrobów z azbestem. Jednocześnie pojawiła się potrzeba określenia stopnia zanieczyszczenia środowiska przez pyły azbestu.

Mimo istnienia w prawodawstwie pracy pojęcia „najwyższe dopuszczalne stężenie” (NDS), które dotyczy również włókien azbestu na stanowiskach pracy (np. w przetwórstwie tego surowca, w budownictwie, itp.), nie określono akceptowalnych poziomów zanieczyszczenia i narażenia na pyły azbestowe w środowisku naturalnym na podstawie najczęściej praktykowanych pojedynczych badań (rozporządzenie ministra OSZNiL z dnia 28 IV 98). W rozporządzeniu tym wymaganie obliczania percentyla stężenia włókien azbestu w powietrzu jest zapisem mało użytecznym, wiąże się bowiem z wielką liczbą pomiarów w ciągu roku, które mogą realizować incydentalnie tylko niektóre ośrodki naukowe. Zrezygnowano także w rozporządzeniu ministra z określania wartości akceptowalnych zanieczyszczeń powietrza w obiektach mieszkalnych i użyteczności publicznej, mylnie wychodząc z założenia, że zakaz stosowania wyrobów z azbestem (w nowo powstających obiektach) eliminuje potrzebę kontroli i badań czystości powietrza wewnętrznego. Błąd w powyższym rozumowaniu bierze się z braku informacji o powszechnym zastosowaniu wyrobów zawierających azbest w istniejących budynkach. Podstawową konsekwencją w przypadku usuwania z obiektu azbestu jest gwałtowny, można by rzec

katastrofalny wzrost stężenia pyłów azbestu w powietrzu, wymagający specjalnych technik pracy. Łączy się to z nieuniknioną destrukcją mechaniczną tych materiałów i wyrobów. Jedynie przeszkolone technicznie, odpowiednio wyposażone ekipy specjalistów są w stanie zneutralizować taką emisję. W krajach UE – wobec poważnych konsekwencji zdrowotnych i ekonomicznych – działania takie mogą być prowadzone jedynie przez ekipy licencjonowane. Od efektów ich pracy, a zarazem warunków przyjęcia prac demontażowych zależy wpuszczanie do wnętrza remontowanego budynku ludzi bez narażenia ich życia i zdrowia. Prace są oceniane na podstawie badań czystości powietrza „wewnętrznego”, których wyniki nie mogą przekraczać pewnych wielkości progowych (ilość włókien azbestu w powietrzu). Tych istotnych szczegółów, takich jak „licencjonowanie prac”, „wielkości akceptowalne zanieczyszczenia powietrza wewnętrznego”, zabrakło w polskich przepisach i jest to poważny błąd.

Wspomniane tutaj uchybienie jest tym bardziej wyraziste, że zgodnie z rozporządzeniem ministra gospodarki z dnia 14 VIII 1998 r. w sprawie sposobów bezpiecznego użytkowania oraz warunków usuwania wyrobów zawierających azbest – przewiduje się „udowodnienie prawidłowego wykonania prac i wykazanie braku zanieczyszczenia azbestem miejsc wykonywania robót przez przedstawienie wyników pomiarów stężeń pyłów azbestu”. Zapisy te obowiązują w przypadku tzw. „większych robót” dotyczących powierzchni 500 m² elewacji, pokryć dachowych lub innych materiałów zawierających azbest.

Brakuje więc kryterium, do którego należałoby odnieść uzyskane wyniki. Wiadomo zaś, że tzw. brak zanieczyszczenia nie może oznaczać wielkości „0” włókien azbestu, gdyż jest to nie tylko niemożliwe w miejscach, gdzie wcześniej stosowano azbest, lecz nawet w miejscach, gdzie go nie stosowano. Wobec braku precyzyjnych wymagań i kontroli omawiane prace mogą podejmować ludzie niewłaściwie przeszkoleni i wyposażeni.

W prawodawstwie nie ma ustalonych wielkości progowych dotyczących zanieczyszczeń glebowych azbestem, stawiających – przy określonej wielkości zanieczyszczeń – wymaganie podjęcia działań naprawczych i kierunków postępowania. Dzieje się tak mimo zakwalifikowania azbestu w wyrobach zużytych jako „odpadu niebezpiecznego”, a więc zagrażającego środowisku albo też życiu i zdrowiu ludzi, oraz wpisania minerałów azbestowych na listę substancji rakotwórczych.

Niektóre uregulowania prawne, na przykład rozporządzenie ministra gospodarki (Dz.U. nr 138 z 1998 r., poz. 895) stwarzają elementarne podstawy właściwego postępowania podczas prac remontowych z udziałem azbestu – wprowadzają m.in. wymagania dokonania oceny technicznej wyrobów azbestowych.

Jednak rzetelność i wiarygodność wspomnianych ocen, których przygotowaniem mogą zajmować się osoby nie będące specjalistami w tej dziedzinie (mające jedynie uprawnienia budowlane), jest wątpliwa. Potwierdza to praktyka. Trzeba więc stwierdzić, że rzetelną ocenę zagrożeń pyłem azbestu w pomieszczeniach, opartą dawniej na pomiarach liczbowych włókien respirabilnych azbestu i odnoszoną według dawnych wymagań ministerstwa zdrowia do wielkości 1000 wł/m³, zastąpiono tzw. oceną stanu technicznego wyrobów, nie popartą wymaganiami badań, wykonywaną najczęściej przez osoby niekompetentne.

Należy zauważyć, że nie oczyszczone obszary produkcji przemysłowej wyrobów z azbestem są nadal istotnym źródłem zagrożeń pyłami azbestu, gdyż zanieczyszczenie środowiska azbestem jest trwałe.

2. Założenia i cele prowadzonych badań

W latach 1993-1998 w ramach prac badawczych prowadzonych w ITB i realizowanej w tym czasie pracy doktorskiej zajmowałem się badaniem stopnia zanieczyszczenia i skażenia środowiska przez naturalnie występujący azbest na terenie Polski:

- w bezpośrednim sąsiedztwie wyrobów zawierających azbest,
- w sąsiedztwie zakładów produkujących wyroby azbestowe.

Badania dotyczyły pomiarów czystości powietrza skażonego pyłem azbestu oraz ilościowej oceny obecności azbestu w glebach, z których mogła nastąpić emisja pyłu do powietrza.

Przyjęto następujące cele pracy:

- opracowanie metodyki analizy ilościowej i jakościowej azbestu w glebie,
- określenie ilościowe poziomu zanieczyszczeń na terenach skażonych działalnością produkcyjną z zastosowaniem azbestu,
- porównanie zanieczyszczeń istniejących w miejscach naturalnych wystąpień azbestu z zanieczyszczeniami antropogenicznymi wywołanymi produkcją lub składowaniem odpadów zawierających azbest,
- dokonanie oceny poziomu zanieczyszczenia powietrza azbestem występującym w środowisku naturalnym oraz w różnych obiektach.

Ponadto w pracy przyjęto następujące założenia:

- Badanie gleb jako najmniej poznanego składnika środowiska jest podstawowym celem badawczym.
 - Analizy ilościowe obecności azbestu w glebie są możliwe do wykonania przy zastosowaniu powszechnie stosowanych technik mineralogicznych. Wymaga to jednak opracowania i sprawdzenia określonej techniki pomiarowo-badawczej i dostosowania czułości technik instrumentalnych do badanego zanieczyszczenia.
 - Ilość azbestu zdolnego do przedostania się z gleby do powietrza może być uznana za miarę skażenia gleby tym minerałem, które zagraża zdrowiu człowieka.
 - Działalność przemysłowa z zastosowaniem azbestu powoduje większe i groźniejsze zanieczyszczenie środowiska azbestem niż naturalne wystąpienia tego minerału w Polsce. (Tezę tę należy udowodnić za pomocą badań).
 - Zanieczyszczenia gleb są związane z zanieczyszczeniami powietrza i odwrotnie. Badanie powietrza można jednak realizować za pomocą badań krótkoterminowych.
- Porównanie wyników tych badań pozwoliło na uszeregowanie względem siebie różnych poziomów zanieczyszczenia środowiska.

3. Metodyka badań

Badaniami objęto glebę i powietrze, rezygnując z badań wody – na podstawie danych z literatury, gdzie podkreślano znikomość zagrożeń zdrowotnych wynikających z zanieczyszczenia azbestem tego składnika środowiska [9].

Wobec podstawowych badań, za jakie uznano analizy glebowe, badania powietrza stanowiły uzupełnienie analizy środowiska. Przyjęto, że azbest występujący w powietrzu jest zanieczyszczeniem współwystępującym z zanieczyszczeniami gleb, ponieważ istnieje możliwość reemisji pyłu azbestowego z gleb do powietrza lub odwrotnie – osadzenie się w glebie pyłu z powietrza jako opadu.

W badaniach stosowano technikę oznaczeń ilościowych i jakościowych azbestu za pomocą dyfraktometrii rentgenowskiej, mikroskopii elektronowej (SEM - EDS) i mikroskopii optycznej polaryzacyjnej. Większość badań wykonano stosując ostatnią z wymienionych technik (wspomagana przez barwienie dyspersyjne włókien azbestu).

Zaproponowaną technikę badawczą gleby zastosowano w przypadku zanieczyszczeń masywnych – posługując się mikroskopią optyczną o powiększeniach roboczych 100–200 x. Wyjątkowo stosowano powiększenia powyżej 200 x, co oznacza, że nie przeprowadzono oceny ilościowej włókien respirabilnych azbestu w glebie, które mogą być rejestrowane dopiero przy powiększeniu 500 x.

3.1. Badanie powietrza

Badanie powietrza prowadzono w obszarach zanieczyszczonych działalnością produkcyjną z zastosowaniem azbestu, obszarach zurbanizowanych i środowisku nie zanieczyszczonym.

Próbki powietrza były pobierane przez respiratory na filtry z nitrocelulozy Millipore'a o średnicy porów ϕ 0,8 μm . Najkrótszym czasem poboru powietrza były okresy 30 min, najdłuższym 8 godz. Każdorazowo badano około 1 m³ powietrza.

Próbki – w postaci filtrów – po obróbce laboratoryjnej były poddawane analizie ilościowej w trakcie obserwacji mikroskopowej w kontraście fazowym (zgodnie z metodą normową (PN-88/Z-0402/02). Obliczono liczbę respirabilnych włókien według wzoru (1):

$$x = \frac{A N}{a n r t} \quad (1)$$

gdzie: x – stężenie włókien azbestu w 1 cm³ powietrza,
 A – czynna powierzchnia filtru,
 N – całkowita liczba zliczonych włókien respirabilnych,
 a – powierzchnia pola zliczania,
 n – liczba analizowanych pól zliczania,
 r – przepływ, ml/min,
 t – czas poboru próbek.

Każde zliczane respirabilne włókno azbestu poddawano analizie jakościowej, opartej na badaniu cech optycznych w świetle spolaryzowanym (określenie barw interferencyjnych, kąta ściemnienia światła, elongacji, szczegółów morfologii). W ten sposób kwalifikowano do analizy liczebności włókien wyłącznie włókna azbestu (na ogół chryzotyloвого, rzadko krokidolitowego).

W badaniach optycznych stosowano mikroskop niemiecki JENAPOL do światła spolaryzowanego, wyposażony w przystawkę zmiennego kontrastu fazowego. Standardowym

powiększeniem przy analizie było powiększenie 500 x. Część próbek (filtrów) zbadano techniką SEM, wykorzystując mikroskop JEOL wyposażony w EDS, czyli przystawkę do analizy dyspersji energetycznej (analizy składu chemicznego) firmy Link „Anglia Instruments”. Stosowano powiększenia od 750 x do 10 000 x.

Przygotowana uprzednio „biblioteka wzorców” widm EDS, stanowiąca podstawę analizy jakościowej, i rejestrowane procentowe udziały pierwiastków oraz charakterystyka morfologii wspomnianych wzorców włókien azbestowych i nieazbestowych były pomocne w interpretacji jakościowej zliczanych włókien.

Liczbowe określenie ich stężenia ustalano wykorzystując wzór (1).

3.2. Obszary objęte analizami gleb

Badaniami objęto wyszczególnione niżej obszary.

A. Naturalne wystąpienia minerałów azbestowych:

- odsłonięte serpentynity w Bystrzycy Górnej,
- rejon nieczynnej odkrywkowej kopalni niklu w Szklarach,
- czynny kamieniołom serpentynitów w Nastawicach (efekty aktualnej działalności przemysłu wydobywczego).

B. Obszary działalności produkcyjnej z zastosowaniem azbestu:

- Zakład Wyrobów Azbestowo-Cementowych w Wierzbicy koło Radomia,
- Zakład Wyrobów Azbestowo-Cementowych w Trzemesznie koło Gniezna,
- Zakład Wyrobów Izolacji Budowlanej „Izolacja” w Ogrodzieńcu,
- nieczynny Zakład Wyrobów Azbestowo-Cementowych w Małkini.

C. Obszary wykorzystywania wyrobów zawierających azbest:

- budynki docieplone z wykorzystaniem płyt prasowanych, płaskich azbestowo-cementowych (powietrze zewnętrzne i wewnętrzne),
- tło miejskie (strefy zabudowane przy ciągach ulic o zmiennym nasileniu ruchu kołowego),
- skrzyżowania ulic (strefy aktywności komunikacyjnej z udziałem materiałów azbestowych zawartych w okładzinach hamulcowych, sprzęgłach, itp.),
- małe miasteczka z obiektami docieplonymi w wyżej opisany sposób z udziałem płyt elewacyjnych azbestowo-cementowych,
- obiekty biurowe „Lipsk” remontowane i nieremontowane.

3.3. Badanie gleb

Próbki glebowe po wstępnej obróbce suszono i ważono, a następnie poddawano działaniu pola elektrostatycznego w celu skoncentrowania substancji włóknistych. Po spaleniu koncentrat włókien zawierał głównie azbest jako minerał odporny na wysoką temperaturę (około 500°C)

Zależnie od możliwości technicznych uzyskany w toku wstępnej obróbki gruntu „koncentrat azbestu” mógł być następnie analizowany za pomocą powszechnie stosowanych i górnje dostępnych metod mineralogicznych, takich jak:

- mikroskopia optyczna, polaryzacyjna (metoda standardowa stosowana przez autora jako najtańsza),
- mikroskopia SEM - EDS,
- dyfraktometria rentgenowska.

Dzięki koncentracji azbestu jego ilość przekraczała próg czułości wspomnianych technik instrumentalnych, co umożliwiło ich zastosowanie nie tylko do oznaczeń jakościowych, ale też ilościowych. W następstwie tego ustalono ilość azbestu w wyjściowych próbkach nieskoncentrowanych, czyli tzw. glebie surowej.

3.3.1. Badanie rentgenostrukturalne gleby

Analizę jakościową realizowano zgodnie z wymaganiami badań dyfraktometrycznych, stosując dokładne utarcie i nieukierunkowane ułożenie kryształów badanej substancji. Diagnostyczne refleksy są opisane w kartotece ASTM.

W analizie ilościowej wybrano niskokątowe refleksy, wykluczające koincydencję z innymi minerałami, najczęściej ilastymi, które występują w „koncentracie” i znajdują się w przedziale $2\theta = 10,8^{\circ} - 12,8^{\circ}$.

Oceniono powierzchnię pod tymi refleksami, porównując ją z powierzchnią odpowiednich refleksów próbek mianowanych (o znanej procentowej zawartości oznaczonego minerału). Krzywa wzorcowa pozwalała na wyznaczenie stężenia procentowego azbestu w badanym „koncentracie”. Badania XRD wykonane zostały przez Zakład Petrologii Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie.

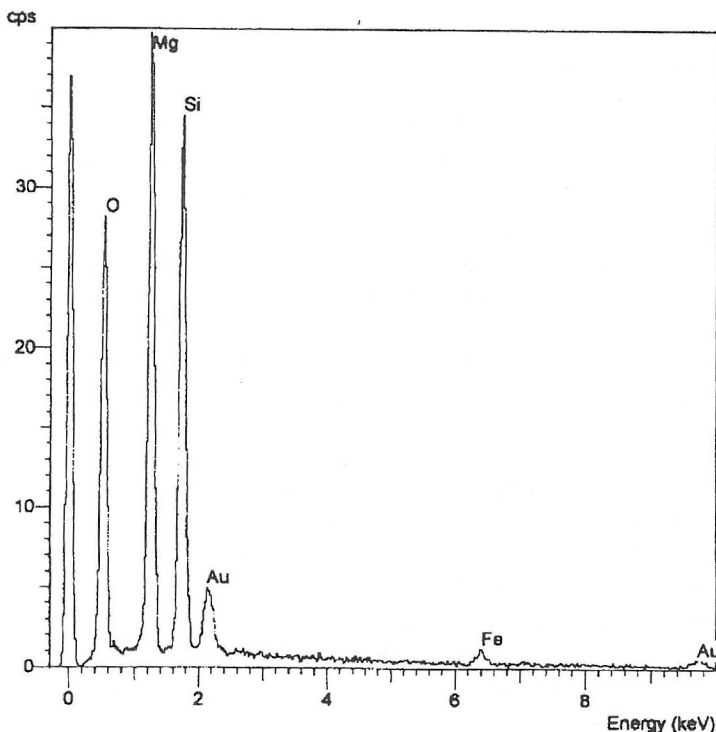
3.3.2. Badanie gleby za pomocą technik mikroskopowych (PLM – mikroskopii polaryzacyjnej i SEM – elektronowej mikroskopii skaningowej).

Podobnie jak we wcześniej opisanym badaniu przedmiotem analizy był nie grunt „surowy” lecz „koncentrat”. Przy zarejestrowanych masach próbki wyjściowej – „surowej” i uzyskanego z niej koncentratu ustalenie stężenia azbestu w koncentracie pozwoliło na wyliczenie stężenia procentowego azbestu w badanej glebie.

W przypadku analizy PLM uśrednione próbki koncentratu służyły do przygotowania preparatów mikroskopowych w balsamie kanadyjskim i oznaczenia cech optycznych lub zastosowania cieczy imersyjnej o wysokiej dyspersji i ściśle dobranym współczynniku załamania światła n , co pozwoliło na zastosowanie techniki barwienia dyspersyjnego, identyfikującej zanurzony w niej minerał na podstawie wyznaczenia współczynnika załamania światła. Zgodnie z tą techniką w szczególnych warunkach obserwacji uzyskuje się barwne otoczki wokół obiektów badanych, których n jest takie samo jak n cieczy imersyjnej.

Podczas analizy SEM koncentrat był napylany Au względnie C i dalej analizowany jakościowo w mikroobszarze za pomocą EDS, na podstawie wcześniej przygotowanych wzorców minerałów azbestowych. Przykład jakościowej analizy SEM - EDS przedstawiono na wykresie (rys. 2), ukazującym refleksy charakterystyczne dla włókien azbestu chryzolitowego, który w formie włóknistych wiązek mineralnych wypreparowano z gleby.

Mikroskopowa analiza ilościowa (PLM i SEM), służąca do określenia stężenia włókien azbestowych w koncentracji w obydwu technikach mikroskopowych, była oparta na planimetryowaniu powierzchni zajmowanej przez te włókna oraz planimetryowaniu powierzchni zajmowanej przez wszystkie ziarna mineralne.



Rys. 2. Analiza jakościowa próbki zawierającej azbest chryzotylowy

4. Wyniki badań poziomów zanieczyszczenia środowiska azbestem

Poniżej podano wyniki badań powietrza, określających ilość włókien respirabilnych azbestu w 1 m^3 powietrza, oraz wyniki badań zanieczyszczenia gleb, przedstawione jako procentowe stężenie wagowe azbestu w wysuszonych próbkach glebowych.

4.1. Wyniki badań próbek powietrza

W tabelicy 1 przedstawiono wyniki badań przeprowadzonych w środowisku budowlanym dotyczące powietrza wewnętrznego budynków biurowych i użyteczności publicznej o nazwie „Lipsk”, zawierających wyroby azbestowe, oraz wyniki analiz powietrza zewnętrznego rejonów związanych z produkcją wyrobów lub eksploatacją kopalni

zanieczyszczonych azbestem. Podano również średnie wielkości „tła” zanieczyszczeń w powietrzu miejskim.

Tablica 1. Wyniki badań próbek powietrza

Grupa	Lokalizacja	Stężenie włókien respirabilnych azbestu w 1 m ³ powietrza (analiza PLM)	Względna ocena stopnia zanieczyszczenia
1	2	3	4
A	Rejony miejskie o znacznym natężeniu ruchu drogowego	wielkości uśrednione 200 – 1000	przeciętny poziom zanieczyszczeń rejonów zurbanizowanych; wyniki cechuje znaczny rozrzut wielkości, uzależnionych od warunków poboru prób oraz warunków atmosferycznych; założone średnie wielkości z kilkudziesięciu pomiarów dokonywanych w ciągu kilku lat (o różnych porach) mogą osiągać maksymalnie 5000 wł/m ³
B	Wnętrza budynku z zastosowanymi wyrobami zawierającymi azbest: – bez uszkodzeń, – z uszkodzeniami	100 – 400 1050	niski poziom zanieczyszczenia odczuwalny wzrost zanieczyszczenia
	Opisywany budynek w trakcie prowadzonego remontu	2900	duży (jeśli wziąć pod uwagę, że badany obiekt nie ma wyrobów tzw. miękkich, czyli łatwo pyłących) poziom zanieczyszczeń, przekraczający normatyw higieniczny 1000 wł/m ²
C	Rejony słabo zurbanizowane, o znikomym ruchu kołowym, rejony wiejskie	100	poziom „tła” czystego środowiska odznaczający się wahaniami i spadkiem zanieczyszczeń min. do 0
D	Kopalnia serpentynitów w Nasławicach podczas pracy, 1994 r.; krótki czas poboru	19 188	wysoki, przemysłowy poziom zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego, przekraczający 10 tys. wł/m ³ (należy używać masek przeciwpyłowych)
	Kopalnia jw. – dzienna przerwa międzysmianowa w pracy	8551 9402	bardzo wysoki poziom „tła”, odpowiadający stałej emisji podczas pracy zakładu
	Kopalnia jw. – w czasie trwania pracy, 1996 r., pobory długookresowe	28 536 (max. 75 000)	wysoki, przemysłowy poziom zanieczyszczenia, uzależniony od składu aktualnie eksploatowanych części złoża
	Kopalnia jw. podczas przerwy w pracy w godzinach nocnych	3500	emisja zanieczyszczeń zmniejszona dzięki zastosowaniu zraszania terenu oraz opadowi nocnemu

1	2	3	4
E	Zakład Wyrobów Azbestowo-Cementowych w Wierzbicy koło Radomia	600 (brak ruchu kołowego)	poziom zanieczyszczenia dość niski, porównywalny z zanieczyszczeniami miejskimi
		5000 (krótkotrwały przejazd samochodu po podłożu zanieczyszczonym odpadami z produkcji)	znaczący poziom zanieczyszczeń, sięgający blisko 5000 $\mu\text{t}/\text{m}^3$, jest wartością uśrednioną i w zależności od warunków atmosferycznych może być przekroczony
F	Zakład „Izolacja” w Ogródzieńcu	600 (brak ruchu kołowego)	poziom zanieczyszczeń niski, zbliżony do miejskiego
		13 8 000 (intensywny ruch kołowy po podłożu zanieczyszczonym odpadami z produkcji)	bardzo wysoki poziom zanieczyszczeń powietrza na zewnątrz zakładu – powyżej 130 tys. $\mu\text{t}/\text{m}^3$, zagrażający okolicznym mieszkańcom

Tablica 2. Wyniki badań czystości powietrza wokół nieczynnego od 6 miesięcy zakładu produkcji wyrobów azbestowo-cementowych

Nr próbki	Stężenie włókien respirabilnych azbestu w 1 m^3 powietrza	Odległość od źródła emisji (lokalizacja)
1	2546	teren placu manewrowego, 20 m od podłoża z odpadami niezwiązanymi
2	1345	odkryta wiata na terenie jw., około 5 m od stanowisk utylizacji odpadów (zanieczyszczenie środowiska pyłami niezwiązanymi pochodzącymi kruszenia wyrobów azbestowo-cementowych)
3	6480	jw., po przejściu przez badany obszar kilku pracowników
4	4462	około 5 m od osadników z odpadami niezwiązanymi
5	19 795	około 1 m od składowiska z odpadami niezwiązanymi
6	1589	trawnik poza zakładem, 50 m od bramy zakładu
7	1505	teren zakładu, około 50 m od osadników z odpadami niezwiązanymi

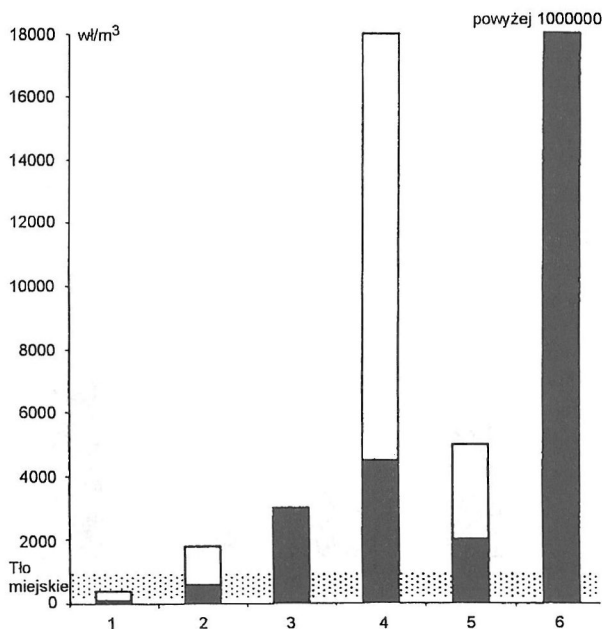
W tablicy 2 pokazano zanieczyszczenie powietrza w zakładzie wyłączonym z produkcji, w którym nie przeprowadzono specjalistycznego oczyszczenia z azbestu (pomiar wykonywano na zewnątrz zakładu), w tablicy 3 natomiast – zanieczyszczenie powietrza wokół stanowiska demontażu płyt eternitowych stosowanych w chłodniach kominowych.

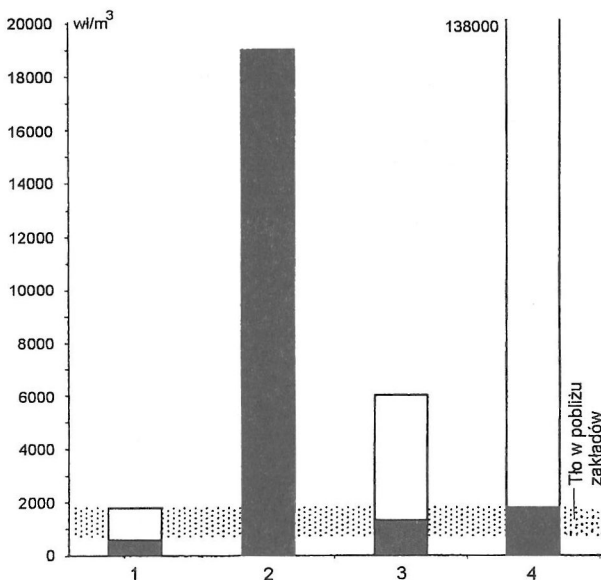
Dane zamieszczone w tablicach pokazują dużą zmienność wyników badań, przede wszystkim stosunkowo niski poziom zanieczyszczeń budowlanych pochodzących od właściwie eksploatowanych obiektów w porównaniu z obiektami zawierającymi wyroby azbestowe w złym stanie lub po dokonaniu ich destrukcji. Poziom zanieczyszczeń (co można odczytywać jako poziom „zagrożeń zdrowotnych”) występujący w strefach kopalni lub przy produkcji wyrobów, także i w powietrzu zewnętrznym, jest wielokrotnie wyższy od wymienionego wcześniej, występującego w obiektach budowlanych.

Tablica 3. Zanieczyszczenie powietrza wokół stanowiska demontażu płyt eternitowych stosowanych w chłodniach kominowych

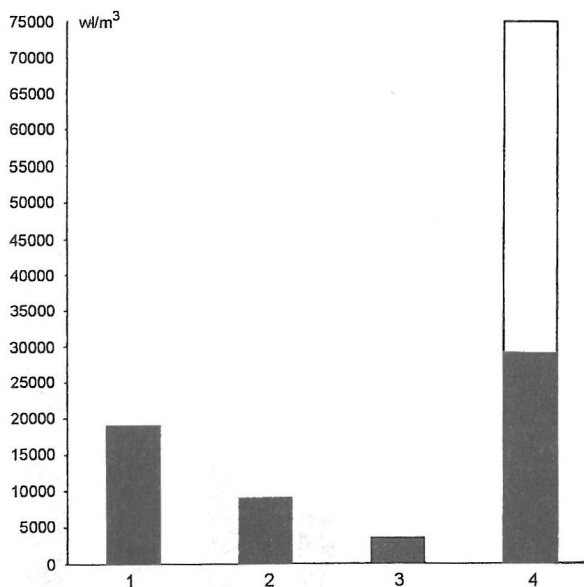
Nr próbki	Lokalizacja	Stężenie zanieczyszczenia powietrza, $\mu\text{w}/\text{m}^3$
1	Ręczny transport płyt azbestowo-cementowych falistych (połączony z ich destrukcją) pod zraszalnikiem – odległość poboru próbek powietrza od pracowników 5–15 m	1250
2	Zrzucanie z wysokości około 8 m płyt na dno zraszalnika – odległość od pracowników około 2–3 m	2470
3	Ręczny rozładunek płyt z wózka – odległość od pracowników około 10 m	837
4	Ręczny rozładunek windy w basenie pod zraszalnikiem – odległość od źródła emisji 15 m	791–490
5	Załadunek pokruszonych odpadów płyt azbestowo-cementowych na odkrytą skrzynię samochodu ciężarowego – odległość od pracowników 1–0,5 m	1780
6	Jak wyżej, transport płyt azbestowo-cementowych wyschniętych w pokruszonych wiązках powiązanych liną (bez zabezpieczenia przed dalszą destrukcją)	4000

Rys. 3. Zanieczyszczenie powietrza respirabilnymi włóknami azbestu podczas użytkowania wyrobów azbestowo-cementowych. 1 – budynki z wyrobami azbestowo-cementowymi bez uszkodzeń, 2 – budynki jw. z uszkodzeniami, 3 – Budynki „Lipsk” podczas niewłaściwie prowadzonych remontów, 4 – budynek wysokościowy z wyrobami ogniochronnymi „miękkimi” po około 3 miesiącach od zakończenia prac montażowych, 5 – budynek jw. po oczyszczeniu i pomalowaniu wewnątrz po 11 miesiącach od zakończenia robót (brak specjalistycznych technik minimalizacji pylenia), 6 – usuwanie wyrobów „miękkich”

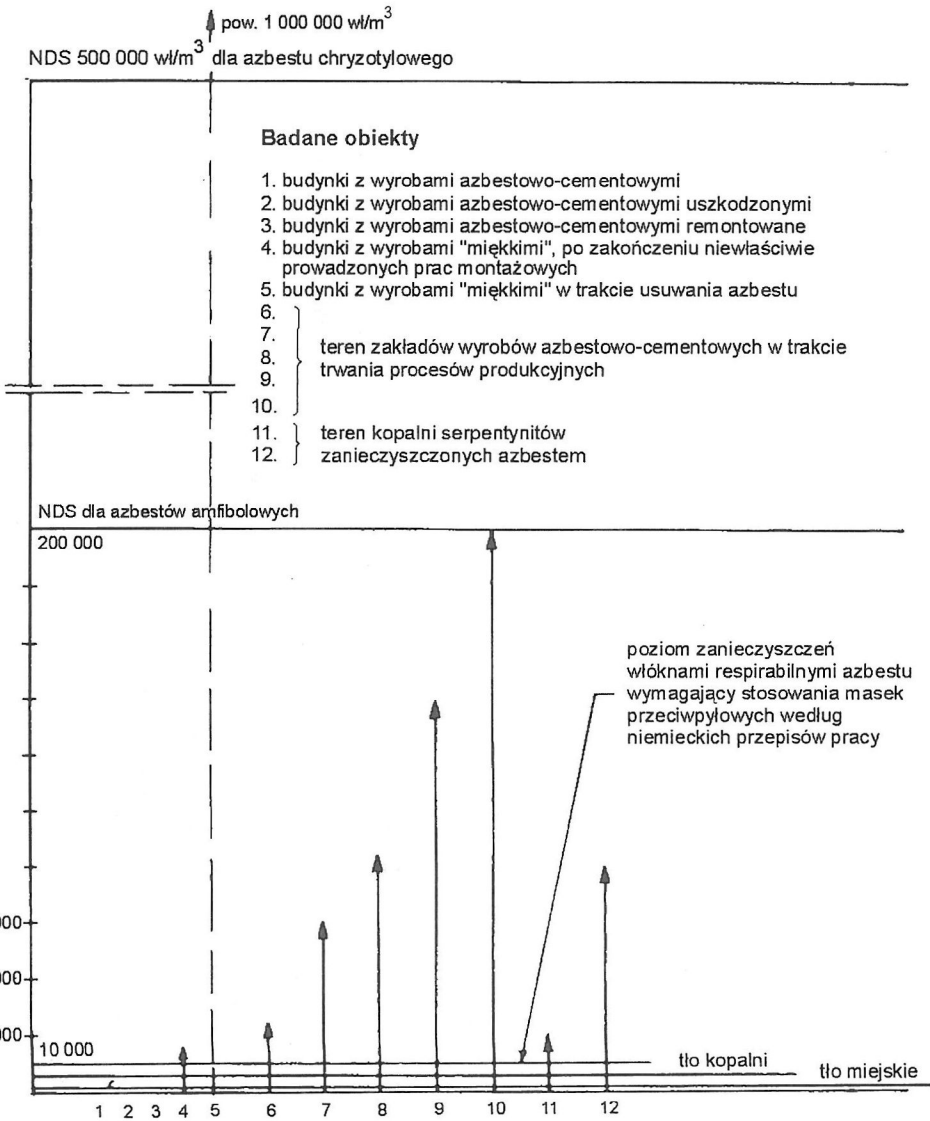




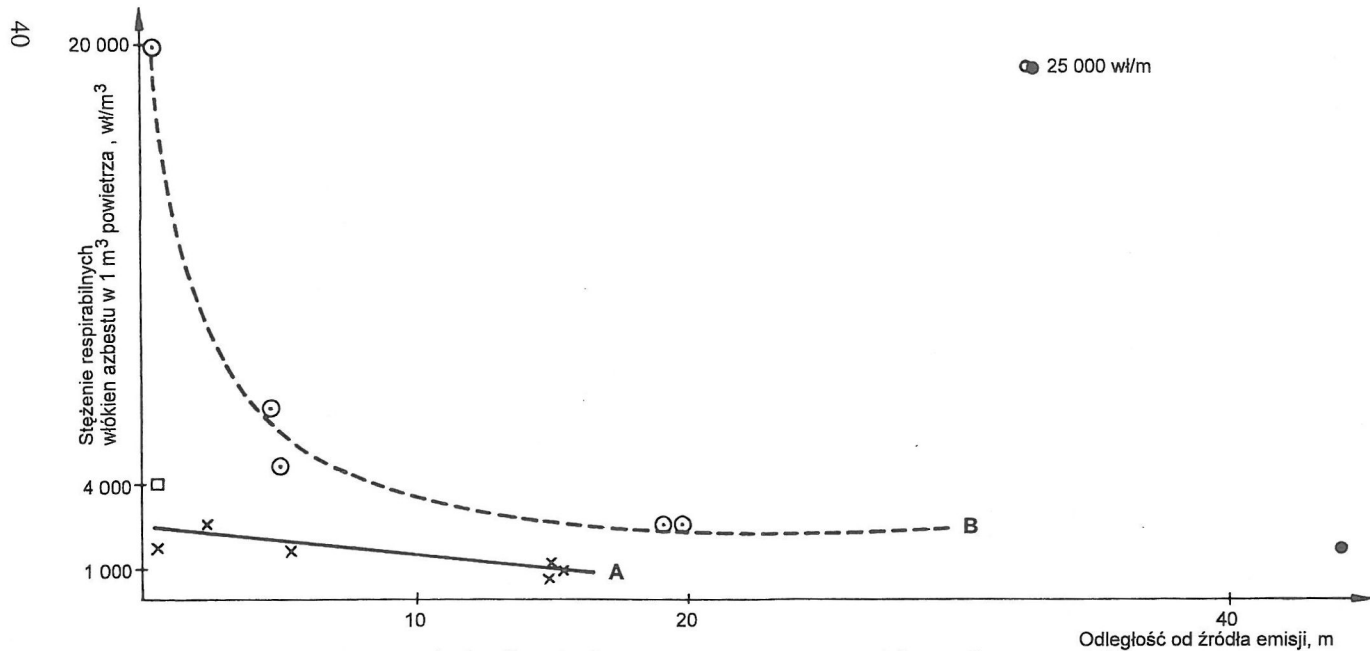
Rys. 4. Zanieczyszczenie powietrza respirabilnymi włóknami azbestu podczas produkcji wyrobów azbestowo-cementowych. 1 – teren bez ruchu pojazdów w obszarze Zakładu Wyrobów Azbestowo-Cementowych, 2 – niezabezpieczone składowisko odpadów płynnych (miękkich) powstałych podczas produkcji wyrobów azbestowo-cementowych, 3 – teren Zakładu Wyrobów Azbestowo-Cementowych bez ruchu pojazdów, po przejściu grupy osób – po 8 miesiącach od wstrzymania produkcji, 4 – teren produkcji wyrobów azbestowo-cementowych podczas ruchu pojazdów po zanieczyszczonym podłożu



Rys. 5. Zanieczyszczenie powietrza respirabilnymi włóknami azbestu podczas eksploatacji serpentynitu. 1 – teren kopalni serpentynitu, zanieczyszczenie powietrza w trakcie kruszenia skał, 2 – lokalizacja jw., międzymianowa przerwa w pracy kopalni, 3 – lokalizacja jw., nocna przerwa w pracy kopalni, 4 – lokalizacja jw., maksymalny poziom zanieczyszczenia powietrza



Rys. 6. Porównanie spotykanych poziomów zanieczyszczeń powietrza azbestem



A demontaż wyrobów azbestowo-cementowych w skali przemysłowej

- × - stężenie pyłów azbestu z materiału pokruszonego, częściowo zwilżonego, masa ok. 20 t
- - stężenie pyłów azbestu z materiału wyschniętego, pokruszonego, masa ok. 20 t

B obszar wstrzymanej od 6 miesięcy produkcji wyrobów a-c

- ⊙ - stężenie pyłów azbestu z materiału zwilżonego, częściowo zanieczyszczającego podłoże placu manewrowego i drogi, łatwo pylącego przy braku ruchu powietrza
- - próby powietrza pobrane w okresie trwania produkcji, podczas pracy zakładu produkcyjnego, stężenie pyłów azbestu emitowanych z zanieczyszczonego podłoża
- - jw. przy braku ruchu transportu na terenach zakładu, gdzie produkcja została wstrzymana

Rys. 7. Porównanie zmienności stężenia pyłów azbestu w zależności od odległości od emitora (obszar dawnej produkcji wyrobów azbestowo-cementowych i usuwanie wyrobów azbestowo-cementowych z obiektów przemysłowych)

Podczas demontażu i załadunku płyty ulegały całkowitemu skruszeniu mechanicznemu. Nie stosowano technik minimalizacji pylenia. Emisja pyłów ograniczona była w pewnym stopniu nalotem kamienia kotłowego na powierzchniach płyt.

W przypadku gdy źródłem pyłu są wyroby demontowane podczas rozbiórki całego budynku, poziom pyłów azbestu jest często wyższy nie w bezpośrednim sąsiedztwie wyrobów, ale w obszarze odległym. Zależy to od przepływu powietrza, stopnia likwidacji ścian zewnętrznych itp.

Skala zmienności oraz poziom zanieczyszczeń powietrza azbestem zostały przedstawione kolejno na rysunkach 3, 4 i 5. Kolorem czarnym na diagramach zaznaczono przeciętne wielkości zanieczyszczeń i wielkości minimalne, kolorem białym – wielkości maksymalne. O wielkości wyniku – obok różnych czynników „zewnętrznych” (wielkości ruchu powietrza, wilgotności itp.) – decyduje miejsce poboru próbek. Różnorodność tych czynników wpływa na dużą zmienność wyników.

Wielkość przeciętną zanieczyszczeń powietrza zewnętrznego przedstawia „tło miejskie” lub „tło w pobliżu zakładów” pokazane za pomocą odpowiedniej szrafury.

Porównanie spotykanych poziomów zanieczyszczeń przedstawia zestawienie graficzne na rysunku 6.

Zależność pomiędzy oddziaływaniem na otoczenie wyrobów tzw. twardych (np. azbestowo-cementowych), o niskiej zawartości procentowej azbestu i trwałym spoiwie, jakim jest spoiwo cementowe, oraz niezwiązanych pyłów azbestu (co występuje na przykład w fazie produkcji tych wyrobów) – zostało przedstawione na rysunku 7. Nawet znaczne ilości uszkodzeń gotowych wyrobów azbestowo-cementowych nie dają tak dużego poziomu emisji pyłu azbestowego, jak tzw. odpadowe surowce azbestowe w postaci pyłów „niezwiązanych”. Także bezpośrednia bliskość źródła emisji pyłów niezwiązanych daje blisko pięciokrotnie większe zanieczyszczenie powietrza niż destrukcja dużej liczby płyt azbestowo-cementowych. Różnica tych wielkości – przy niesprzyjających okolicznościach (np. suche powietrze, brak opadów, aktywność zakładu, użytkowanie zanieczyszczonych produkcją tras transportu, wiatr) – może być ogromna i przekraczać nawet 50 razy porównywane poziomy zanieczyszczeń powietrza.

Omówienie wyników badań powietrza

- Czas i miejsce poboru próbek dobrano w taki sposób, by uchwycić w miarę możliwości szeroką rozpiętość wyników, zakres ich zmian, nie zaś by wyniki mogły być poddawane obróbce statystycznej z wyliczaniem percentyla lub błędów pomiaru dotyczących wybranego stanowiska badawczego.

- Wyniki badań grupy A, B, C stanowiące wielkości uśrednione, odznaczają się dużą zmiennością, zależną od dużej liczby zmiennych czynników „zewnętrznych”, nie związanych wyłącznie z poziomem zanieczyszczenia powietrza pyłem azbestowym.

- Wyniki badań grupy A, B, C należące do średnio-niskich wielkości zanieczyszczeń ($100\text{--}1000\text{ }\mu\text{t/m}^3$) cechują środowisko „naturalne”, nie związane bezpośrednio z procesami produkcji czy działalnością eksploatacji kopalni złóż zanieczyszczonych azbestem.

- Obserwuje się niski poziom emisji przy braku prac remontowych w budynkach „Lipsk” i wyraźny wzrost zanieczyszczenia przy podjęciu, a nawet zakończeniu niewłaściwie prowadzonych remontów (bez ograniczania emisji, około $3000\text{ }\mu\text{t/m}^3$).

- Praca kopalni w Nasławicach (grupa wyników D) powoduje lokalny lecz znaczący na danym obszarze i stały wzrost emisji szkodliwego pyłu do powietrza, wykraczający poza wielkości spotykane dotychczas.
 - Jest to w każdym przypadku poziom kilkadziesiąt razy większy od spotykanego w środowisku naturalnym i środowisku budowlanym.
 - Rozdrobniony, nie zabezpieczony pył skalny powoduje – w okresach przerw w pracy – kilkakrotnie wyższe stężenie włókien azbestu w powietrzu niż średnie stężenie w dużych ośrodkach miejskich.
- Analiza stref produkcji wyrobów azbestowo-cementowych (grupa E, F) wskazuje na zanieczyszczenia kilkakrotnie wyższe od spotykanych w dużych miastach. W czasie produkcji wielkość ta wzrasta ponad 100 razy.

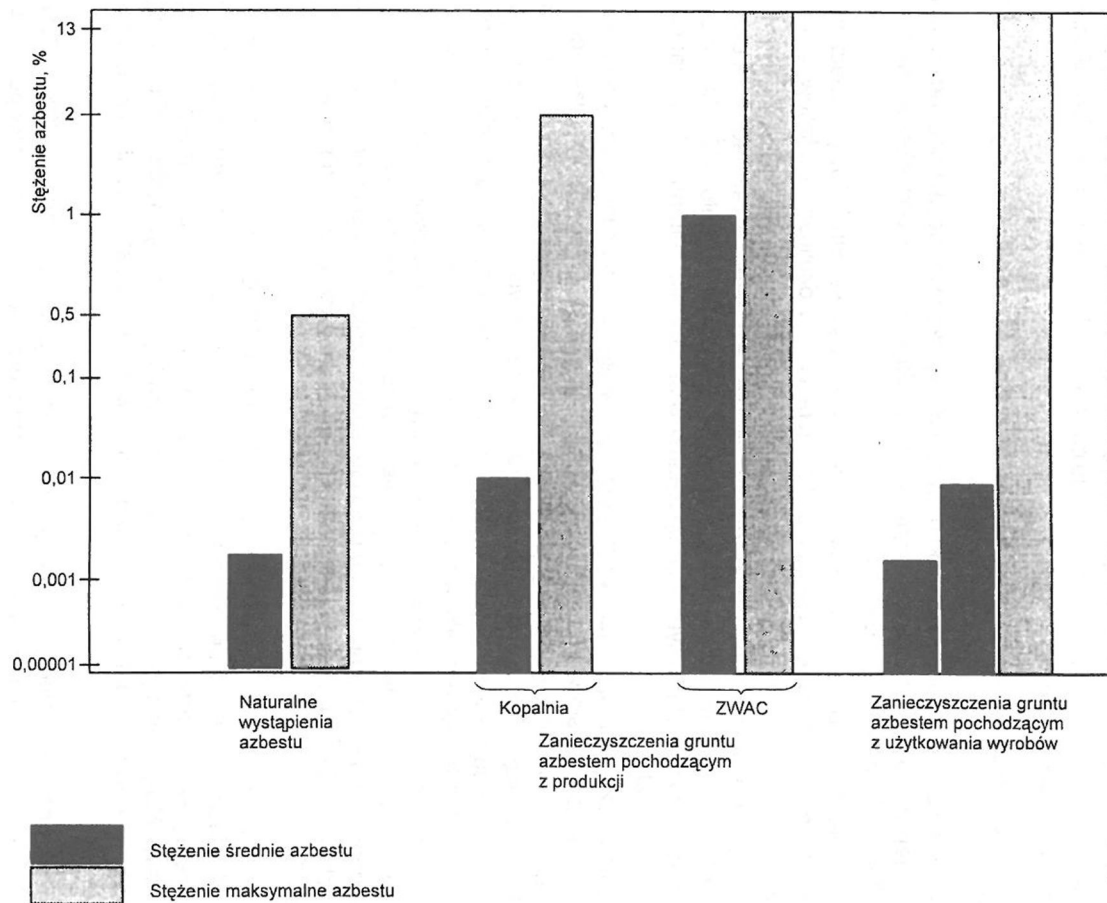
Zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego może ulegać znacznym wahaniom, związanym z ogólnym poziomem zanieczyszczenia środowiska produkcji, w tym przede wszystkim z zanieczyszczeniami gruntu, po którym odbywa się transport na terenie zakładu. Zależy ono także od odległości od źródła emisji, jakim jest zakład, oraz od czynników zewnętrznych, na przykład topografii terenu, występowania roślinności czy wilgotności powietrza albo opadów. Wymienione czynniki mogą w istotny sposób ograniczać wielkości mierzonych zanieczyszczeń. Potwierdzają to badania kontynuowane w zakładzie „Izolacja” w Ogrodzieńcu na przełomie 1998 i 1999 r., przedstawione w tablicy 2.

4.2. Wyniki badań gleby

Wyniki analiz glebowych w miejscach naturalnych wystąpień minerałów azbestu – pod kątem zawartości procentowej azbestu – zostały przedstawione w tablicy 4.

Tablica 4. Naturalne wystąpienia azbestu

Badana strefa	Lokalizacja	Stężenie azbestu w glebie, %
1	2	3
BYSTRZYCA GÓRNA (brak eksploatacji)	nadkład glebowy 1 m nad powierzchnią wietrzejącego serpentynitu	0,0008
	wietrzejąca skała serpentynitowa około 2 m od odsłonięcia	0,15–0,58
NASŁAWICE (trwająca eksploatacja górnicza – duża emisja pyłów do otoczenia)	gleba zebrana w odległości 100–1800 m na E od zakładu	0,01–0,0003
	kruszywo odpadowe z eksploatacji skały serpentynitowej	0,13–2,4
SZKLARY (eksploatacja zaniechana – azbesty amfibolowe)	gleba z obszaru eksploatacji	0,001–0,008
	gleba z przyległych pól	0,003
	strefy skał znacznie „zanieczyszczane” azbestem	> 2



Rys. 8. Zanieczyszczenie gleb azbestem

Poziom zanieczyszczeń występujących w glebach, zarówno w środowisku naturalnym, jak i antropogenicznie zmienionym (na skutek działalności produkcyjnej i użytkowania wyrobów zawierających azbest), został zilustrowany w formie diagramu (rys. 8).

Omówienie wyników badań stężeń azbestu w glebach zanieczyszczonych

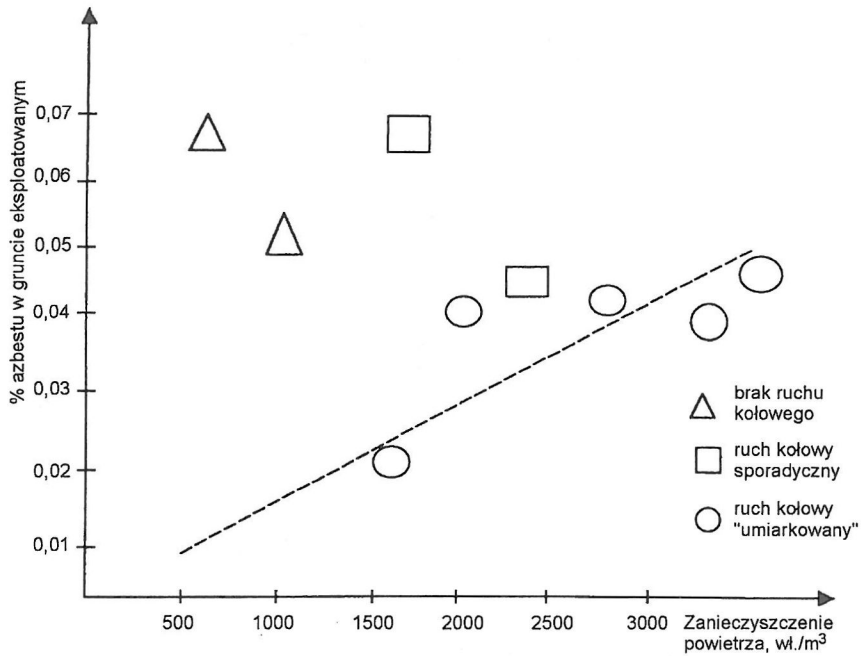
- Wielkości stwierdzonych stężeń azbestu pochodzących z danego obszaru mogą się znacznie różnić między sobą, co wynika z faktu bardziej ograniczonego przemieszczania się azbestu w glebie niż w powietrzu.

- W środowisku zanieczyszczonym azbestem można zauważyć następujące prawidłowości:

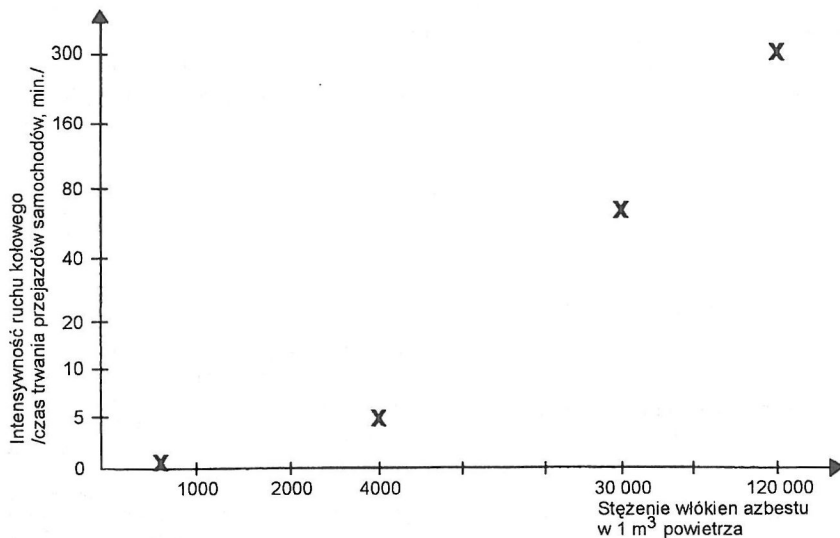
1. Zanieczyszczenie pochodzące od naturalnych wystąpień azbestu koncentruje się w miejscu odsłonięcia skały, gwałtownie spadając wraz z powiększaniem się odległości od źródła tego minerału.
2. Eksploatacja górnicza oraz produkcja wyrobów azbestowo-cementowych znacznie zwiększa średnie zanieczyszczenie gleb azbestem w okolicach zakładów górniczych.
3. Maksymalne oraz średnie zanieczyszczenie gleb azbestem w rejonach produkcji wyrobów azbestowo-cementowych (ZWAC) przekraczają około 100–1000 razy poziom azbestu chryzotylowego spotykany w środowisku naturalnych wystąpień tego minerału.
4. Zanieczyszczenia azbestem wprowadzonym w wyniku działalności człowieka nie przemieszczają się w głąb gleby, a migrują jedynie na odległość kilkudziesięciu centymetrów od miejsc depozycji. Dotychczas brak jest kryterium akceptowalnego stężenia progowego w przypadku gleb zanieczyszczonych w ww. sposób, dlatego autor posługuje się wielkością 0,02%, zaproponowaną przez wyspecjalizowane instytucje holenderskie, jako wielkością progową dla użytkowanej gleby. (Kryterium to zostało też potwierdzone w trakcie badań przeprowadzonych przez autora, w świetle których grunty o stężeniach zanieczyszczeń pyłami azbestu powyżej 0,02% poddane eksploatacji np. komunikacyjnej emitują znaczne ilości pyłów respirabilnych do powietrza, stając się tym samym istotnym zagrożeniem zdrowotnym dla ludzi).

- Przy znacznie zanieczyszczonych gruntach (powyżej 0,05%) i braku systematycznej eksploatacji terenu poziom reemisji zależy od chwilowych warunków, wpływających na emisję pyłów (wilgotności, obecności szaty roślinnej, kierunku i intensywności wiatru itp.). Mogą występować duże wahania poziomu emisji pyłów azbestu do powietrza nie będące prostym przyrostem emisji wraz ze wzrostem stężenia azbestu w glebie.

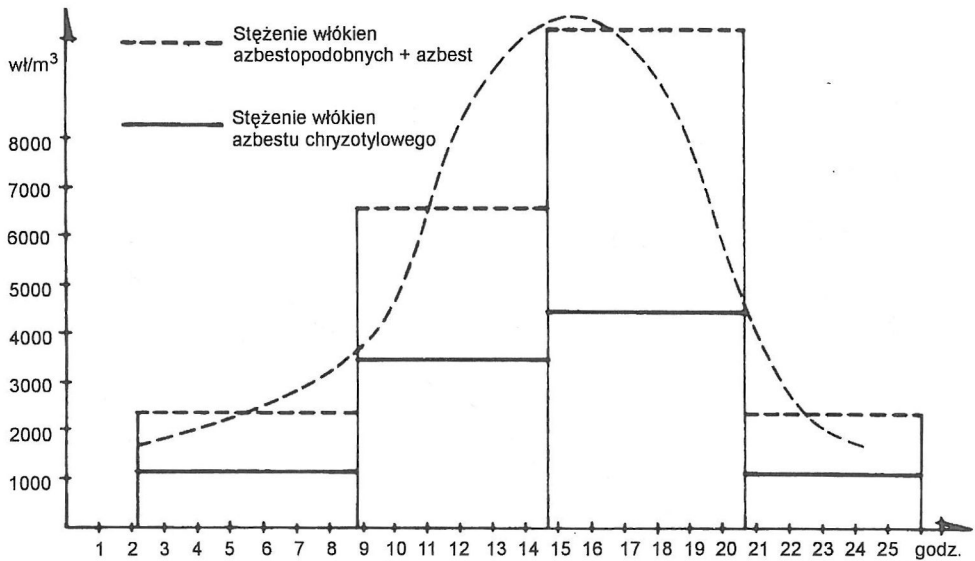
Nieznaczny poziom zanieczyszczenia gleby azbestem w przedziale poniżej 0,02%–0,05% w sytuacji nawet niewielkiego, ale systematycznego przejazdu samochodów po zanieczyszczonym podłożu, powodują wyraźną tendencję wzrostu emisji niezależnie od wcześniej wymienionych lokalnych warunków środowiskowych „minimalizujących emisję” (patrz rys. 9 i 10).



Rys. 9. Zależność zanieczyszczeń powietrza azbestem od eksploatacji gruntu zanieczyszczonego azbestem (1994)



Rys. 10. Wpływ intensywności ruchu kołowego po zanieczyszczonym podłożu (około 0,1% azbestu) na emisję pyłów azbestu do powietrza



Rys. 11. Dobowa zmienność poziomu zanieczyszczeń powietrza respirabilnymi pyłami azbestopodobnymi w 1996 r. w kopalni w Nasławicach

• Duży i systematycznie występujący poziom emisji pyłów azbestu, jaki pojawia się na przykład w związku z eksploatacją górnictw skał zanieczyszczonych azbestem, daje zjawisko wysokiego „tła” zanieczyszczeń nawet w okresach zawieszenia pracy zakładu. Stan taki może szkodliwie oddziaływać na higieniczne walory powietrza w strefach przyległych do zakładu zamieszkałych przez ludzi (wieś Nasławice). Ilustruje to wykres dobowej zmienności poziomu zanieczyszczenia w kopalni serpentynitu w Nasławicach (rys. 11).

Tablica 5. Zanieczyszczenia występujące w powietrzu

Lp.	Lokalizacja	Liczba respirabilnych włókien azestu w 1 m ³
1	Rejony niezurbanizowane	średnio 100
2	Nieczynna kopalnia w Szklarach (wyniki niereprezentatywne)	min. 0–100
3	Czynna kopalnia w Nasławicach (stężenie zależne od eksploatowanej skały i warunków zewnętrznych)	min. 3500–9000 średnio około 20 000 maks. 60 000
4	Zakłady Wyrobów Azbestowo-Cementowych w Ogrodzieńcu	min. 600–1800 średnio około 5000 maks. 130 000–200 000

Tab. 6. Zanieczyszczenia występujące w glebach

Lp.	Lokalizacja	Stężenie azbestu w badanym gruncie, %	
		średnio w otoczeniu	maksymalne stężenie
1	Bystrzca Górna – nieeksploatowany łomik serpentynitów z azbestem	0,0008	0,2–0,6
2	Nieczynna kopalnia w Szklarach	0,003	powyżej 2
3	Czynna kopalnia w Nasławicach	0,01–0,0003	0,13–2,4
4	Zakłady Wyrobów Azbestowo-Cementowych w Ogrodzieńcu	0,14–0,4	1–5 (15)*
*Maksymalne stężenie azbestu w odpadach azbestowo-cementowych			

W tablicach 5 i 6 porównano stwierdzone zanieczyszczenia środowiska azbestem występującym w warunkach naturalnych i w warunkach antropogenicznych zmian otoczenia.

5. Wnioski

Na podstawie badań wykonanych w latach 1993-1999 można sformułować następujące uogólnione wnioski:

1. Za pomocą przedstawionych w niniejszym artykule technik pomiarów zanieczyszczeń gleb wykonano badania podstawowe, określając z pewnym przybliżeniem ilość azbestu w glebie w zależności od form jego występowania, spistości gleby, ilości minerałów ilastych i obecności spoiwa cementowego w odpadach. Analizowane wyniki zanieczyszczeń glebowych dotyczą azbestu „łatwo mobilnego” – dającego się „wyseparować” z gleby zanieczyszczonej odpadami azbestowymi. Jest to jednocześnie tylko część całkowitej masy azbestu. Pozostała część, nie będąca przedmiotem standardowej analizy, jest trwale związana z glebą lub spoiwem cementowym i nie stanowi potencjalnego zagrożenia reemisją do powietrza.
2. Opracowana technika analizy azbestu w glebie jest dość czuła i można za jej pomocą rejestrować zmiany stężenia azbestu poniżej 0,001% masy, tym samym nadaje się do ocen środowiskowych, kwalifikujących gleby zanieczyszczone przemysłowo do dalszej eksploatacji lub rekultywacji.
3. Najtańszą zarazem i najczulszą oraz powszechnie dostępną techniką jakościowej i ilościowej analizy azbestu jest mikroskopia optyczna – polaryzacyjna.
4. Każda z technik analitycznych odznacza się swoistymi błędami i ograniczeniami. Źródłem błędów metody mikroskopowej mogą być:
 - a) wymaganie bardzo dobrego ujednorodnienia próbki koncentratu będącego przedmiotem mikroskopowej analizy planimetrycznej,
 - b) konieczność pobrania z koncentratu o masie 0,5–1g reprezentatywnej próbki do

przygotowania preparatów mikroskopowych, o masie zaledwie 0,0002 g. Niespełnienie tych dwóch warunków stanowić może największe źródło błędów w omawianej technice. Można je usunąć, analizując pod mikroskopem całą masę koncentratu (dużą liczbę preparatów !) lub ich dostatecznie dużą liczbę pod warunkiem, że są reprezentatywne.

5. Dyfraktometria rentgenowska gwarantuje wykorzystanie całego koncentratu do pomiarów, jednak jest mniej czuła (daje względnie dobre wyniki przy stężeniach powyżej 1–5% azbestu w badanym koncentracie). Źródłem błędów tej metody jest uprzywilejowana orientacja włókien w preparacie i obecność minerałów, których refleksy są w koincydencji z refleksami azbestu.
6. Wyniki doświadczeń laboratoryjnych i analiz w naturalnym profilu glebowym wskazują, że zanieczyszczenia azbestem:
 - a) są rozmieszczone w terenie nierównomiernie (w odróżnieniu od względnie równomiernych zanieczyszczeń powietrza), co stwarza problem przy interpretacji danych i wskazuje na lokalne „ogniska” skażeń gleby;
 - b) gromadzą się w bezodpływowych obniżeniach terenu lub miejscach bezpośredniego ich zrzutu, wzdłuż tras transportowych i są związane z działaniem wody opadowej, a w mniejszym stopniu zależą od transportu powietrznego;
 - c) w profilu pionowym analizowane wiązki azbestu przemieszczają się na niewielkie głębokości, maksimum do 30–40 cm w glebach lekkich. Poniżej tej głębokości nie wykryto w badanych terenach obecności azbestu poza sytuacją celowego zdeponowania odpadów pod przykryciem gleby i mechanicznego ich przykrycia warstwami leżącymi głębiej; w warunkach laboratoryjnych osiągnięto maksymalne przemieszczenie się włókien azbestu – w piasku średnio- i różnoziarnistym – na głębokość do 15 cm;
 - d) skład gleby, m.in. tzw. kwaśność, obecność części organicznych, humusu itp., nie ma wpływu na trwałość azbestu, w przeciwieństwie do wpływu, jaki wywiera obecność kwasów nieorganicznych (HCl, H₂SO₄) wprowadzanych do środowiska jako antropogeniczne zanieczyszczenia.
7. Kwaśne opady w regionach przemysłowych, na przykład Górnym Śląsku, gdzie zdarzają się opady o pH 2–3, stwarzają realne zagrożenie przekształcania „nieszkodliwych” bezpośrednio dla układu oddechowego masywnych wiązek azbestu, zdeponowanych w dużej ilości w zanieczyszczonych glebach, w drobne włókna respirabilne, łatwe do uruchomienia i powodujące reemisję do powietrza. Właśnie te włókna bezpośrednio zagrażają układowi oddechowemu człowieka.
8. Względnie łatwo może zostać zapoczątkowany postępujący proces „samorekultywacji” terenu zanieczyszczonego, pokrywający się w sposób naturalny samozasiewającą się roślinnością, pod warunkiem wyłączenia tego terenu z działalności człowieka. Gleba zanieczyszczona powinna być wyłączona z eksploatacji – ze stosowania upraw rolnych i obróbki, a zwłaszcza powinna być wyłączona z ruchu kołowego. Należy ją odpowiednio zrekultywować, usuwając lub przykrywając stosowną warstwą nie zanieczyszczonej gleby. W przeciwnym razie taka gleba może być źródłem poważnej i trwałej

emisji zanieczyszczeń azbestowych do powietrza. W warunkach planowego wykorzystania terenów zanieczyszczonych „samorekultywacja” nie jest zjawiskiem wystarczającym i polecanym, ponieważ nie może być spełniony warunek całkowitego i trwałego wyłączenia terenów skażonych z działalności gospodarczej.

Literatura

- [1] Berry „Biological effects of asbestos” WHO on International Agency for research on cancer, 1973
- [2] Mossman B.: Asbestos Mechanism of Toxicity and Cancerogenicity in the Respiratory Tract. *Ann. Env. Pharmacol. Toxicol*, 23, 1983
- [3] Piekarski L.: Środowiskowe czynniki ryzyka chorób nowotworowych. Warszawa 1981
- [4] Straszewski J.: Epidemiologia nowotworów złośliwych wybranych umiejscowień w Polsce. Studium porównawcze. Rozprawa habilitacyjna, 1972
- [5] Szeszenia-Dąbrowska N.: Środowisko zagrożenia azbestem. Ocena skutków zdrowotnych w populacji generalnej. Krajowy Kongres Ekologiczny, Tarnów 1995
- [6] Dool: Mortality from lung cancer in asbestos on workers. *British Journal Industries Medical*, 12, 1995
- [7] Iżycki J., Malinowski L.: Ewolucja zmian radiologicznych u pracowników zawodowo narażonych na azbest. *Medycyna Pracy*, 3, 1993
- [8] Mels, Sluyse: Asbestos Related Cancer. New York 1991
- [9] Asbestos and other natural Mineral Fibres WHO 1989, Warszawa 1990

DEFINITION OF ASBESTOS CONTAMINATION IN ENVIRONMENT (SOIL, AIR) AND INDOORS

Summary

In the raport chosen areas that were contaminated by asbestos were concerned. Especially the natural environment and human being activities were recognized (asbestos in natural appearance in rocks, soil, asbestos in human products or around the factories which produced asbestos containing materials). The quantitative and qualitative analyses of asbestos in soil were the main concern of the paper.

Praca wpłynęła do Redakcji 16 IX 1999