

[2] Otter J.A., Donskey C., Yezli S., Douthwaite S., Goldenberg S.D., Weber D.J., 2015, Transmission of SARS and MERS coronaviruses and influenza virus in healthcare settings: the possible role of dry surface contamination, *Journal of Hospital Infection*, 92, 235-250.

[3] Powęska M., 2020, Czy Matka Natura chce się nas pozbyć?, *Sekrety Medycyny*, 4/2020, 57 – 61.

[4] Peeri N.C., Shrestha N., Rahman M.S., Zaki R., Tan Z., Bibi S., Baghbanzadeh M., Aghamohammadi N., Zhang W., Haque U., 2020, The SARS, MERS and novel coronavirus (COVID-19) epidemics, the newest and the biggest global health threats: What lesson have we

learned?, *International Journal of Epidemiology*, 1, 1-10.

[5] Rymer W., Wroczyńska A., Matkowska-Kocjan A., 2020, COVID-19 – aktualny stan wiedzy, *Medycyna Praktyczna*, 3, 102–121.

[6] [https://www.psse.gda.pl/media/k2/attachments/MERS-CoV\\_-\\_aktualne\\_dane\\_i\\_zalecenia\\_1.pdf](https://www.psse.gda.pl/media/k2/attachments/MERS-CoV_-_aktualne_dane_i_zalecenia_1.pdf), 23.04.2020.

[7] Lai C.C., Shih T.P., Ko W.C., Tang H.J., Hsueh P.R., 2020, Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) and coronavirus disease-2019 (COVID-19): The epidemic and the challenges, *International Journal of Antimicrobial Agents*, 55(3), 105924.

**Klaudia Sporysiak, Andrzej Żarczyński**

e-mail: Klaudia.Sporysiak <225375@edu.p.lodz.pl>; andrzej.zarczyński@p.lodz.pl

*Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka*

## Azbest w materiałach budowlanych – zagrożenia i sposoby przeciwdziałania

### Co to jest azbest?

Azbest jest nazwą handlową sześciu włóknistych minerałów naturalnie występujących w przyrodzie, różniących się budową chemiczną oraz strukturą krystaliczną. Pod względem chemicznym minerały te są uwodnionymi krzemianami metali, zawierającymi w swoim składzie: magnez, sód, wapń lub żelazo. Ich występowanie jest dość powszechne tylko w niektórych rejonach krajów, jak Kanada – Quebec, Stany Zjednoczone – Kalifornia i Arizona, Rosja – Ural, Zimbabwe i RPA – Transval, Wielka Brytania – Kornwalia.

Wyróżniamy dwie podstawowe, a jednocześnie w dużym stopniu odmienne grupy azbestu: serpentynity (**chryzotyl**) oraz amfibole (**krokidolit**, **amozyt** oraz **azbesty: antofylitowy, tremolitowy i aktynolitowy**). Występują także nieazbestowe odmiany tych minerałów, o tym samym składzie chemicznym, ale nieposiadające włóknistej budowy [1-7].

**Chryzotyl** nazywany azbestem białym (uwodniony krzemian magnezu CAS 12001-29-5), to minerał miękki, żółtawy, a po rozwłóknieniu prawie biały. Włókna tej odmiany azbestu mają kształt rurek i są najcieńsze ze wszystkich znanych włókien pochodzenia naturalnego.

**Krokidolit** to azbest barwy niebieskiej, którego cechuje odporność na działanie kwasów, zasad i wody morskiej. To drugi, co do ilości, minerał tej grupy wykorzystywany na skalę przemysłową. Jednak ze względu na kształt swoich włókien, skład chemiczny (krzemian sodowo-żelazowy, CAS 12001-28-4) oraz słabą rozpuszczalność w płynach ustrojowych

wych uznawany jest za najbardziej agresywną biologicznie odmianę azbestu.

**Amozyt** (krzemian żelazowo-magnezowy, CAS 12172-73-5) **azbest gruenerytowy** nazywany brązowym, ma właśnie zabarwienie szaro-brązowe. Wykorzystywany był w przemyśle chemicznym i technice ze względu na swoją odporność na kwasy, zasady oraz wodę morską.

**Azbest antofylitowy** (krzemian magnezowy zawierający żelazo, CAS 77536-67-5) cechuje duża odporność na temperaturę i czynniki chemiczne, jednak mała wytrzymałość mechaniczna, co od dawna ograniczało jego zastosowanie.

**Azbesty tremolitowy** (CAS 77536-68-6) i **aktynolitowy** (CAS 77536-66-4) dotychczas nie znalazły znaczącego zastosowania przemysłowego.

Pierwsze trzy wyżej opisane minerały, to odmiany azbestu wykorzystywane w celach komercyjnych. Choć nazywane są według kolorów, przy ich rozróżnianiu nie można polegać wyłącznie na barwie, ale konieczna jest analiza ich składu.

### Właściwości i zastosowania azbestu

Azbest posiada unikalne właściwości chemiczne i fizyczne. Odporność azbestu na działanie wysokich temperatur (rozkład i topnienie w około 1500°C) jest jedną z najważniejszych zalet, dzięki którym znalazł on szerokie zastosowanie jako surowiec niepalny w różnego rodzaju wyrobach. Właściwości termoizolacyjne i dźwiękochłonne, wytrzymałość na rozciąganie, elastyczność, a także od-



porność niektórych odmian azbestu na działanie kwasów, alkaliów i wody morskiej uczyniły zeń surowiec o szerokim zastosowaniu. Azbest w ogromnej skali stosowany był do produkcji wyrobów azbestowo-cementowych, materiałów włókienniczych – przędzy, sznurów, szczeliw, elementów ciernych – klocki hamulcowe i tarcze sprzęgłowe, wyrobów hydroizolacyjnych – lepiki, papy dachowe, płytki podłogowe, filtrów w przemyśle piwowarskim i farmaceutycznym, a także koców i masek przeciwgazowych [8-12].

**Celem pracy** jest analiza zagrożenia dla ludzi ze strony azbestu zawartego w materiałach budowlanych, a także wskazanie praktycznych porad dotyczących sposobów eliminowania i minimalizowania ryzyka narażenia na kontakt z azbestem unoszącym się w powietrzu.

Największa ilość azbestu (ponad 80%), głównie chryzotylu, wykorzystywana była do produkcji azbestowo-cementowych wyrobów budowlanych, zwłaszcza eternitu. Miejskami, w których azbest znalazł szerokie zastosowanie, były obiekty budowlane, przemysłowe, gospodarczo-inwentarskie oraz działkowe. Szacuje się, że azbest zastosowano w około 3 000 wyrobów przemysłowych, które podzielono na dwie klasy.

**Klasa I obejmuje** tzw. **wyroby „miękkie”** o gęstości < 1000 kg/m<sup>3</sup>, które charakteryzują się dużym procentowym udziałem azbestu. Łatwo ulegają one uszkodzeniom powodując duże emisje pyłu azbestu. Najczęściej spotykane są w obiektach przemysłowych (elektrociepłownie, huty). Narażeni na oddziaływanie ich pyłów są pracownicy wykonujący remonty izolacji lub uszczelnień urządzeń z udziałem azbestu. Do tej grupy należą wyroby izolacyjne i włókiennicze (koce gaśnicze, tektury, płytki podłogowe PCW, szczeliwa, masy natryskowe, izolacje cieplne, dodatki do lakierów i farb) [1, 2, 11].

**Klasa II** to tzw. **wyroby „twarde”** o gęstości > 1000 kg/m<sup>3</sup>. Są to najpowszechniej występujące w krajowym budownictwie wyroby zawierające azbest. Charakteryzują się dużym stopniem zwięzłości, dużym udziałem spoiwa (najczęściej jest nim cement), niską procentową zawartością azbestu, np. około 5% w płytach płaskich lignocementowych modyfikowanych, 12 – 13% w płytach płaskich i falistych azbestowo-cementowych i ok. 20% w rurach azbestowo-cementowych. W przeciwieństwie do wyrobów miękkich, przez długi okres pozostają wyrobami emitującymi małe ilości pyłu azbestu. Można je więc uważać za mniej groźne w użytkowaniu oraz podczas prac remontowych od wyrobów miękkich. Mniej groźne są też ich odpady, a emisja pyłu azbestu może powstawać podczas uszkodzeń mechanicznych, np. przy piłowaniu lub szlifowaniu szybkoobrotowymi narzędziami elektrycznymi, nie wyposażonymi w miejscowe

odciągi pyłu. Do emisji pyłu dochodzi także w trakcie trwania ich destrukcji, np. emitują go stare płyty pokryć dachowych azbestowo-cementowych o naruszonej przez czynniki atmosferyczne lub chemiczne powierzchni zewnętrznej. Wówczas zanieczyszczony jest też grunt w bezpośrednim sąsiedztwie rynny odprowadzającej wodę opadową. Do tej grupy należą płyty azbestowo-cementowe faliste i karo, płyty elewacyjne płaskie, osłony szybów windowych, wentylacyjnych i instalacyjnych, a także rury wodociągowe i kanalizacyjne, przewody kominowe i zsypy [1, 2, 11, 12].

### Zagrożenia zdrowotne ze strony azbestu

Pył azbestu ma właściwości pylicotwórcze i rakotwórcze. Uważany jest za jeden z pyłów stwarzających największe zagrożenie dla zdrowia człowieka. Dlatego też osoby wykonujące prace w warunkach narażenia na pył azbestu podlegają szczególnej ochronie, zarówno w trakcie wykonywania prac, jak również po ustaniu zatrudnienia. Szkodliwość pyłu azbestu zależy od jego zdolności przenikania do organizmu i ilości we wdychanym powietrzu. To z kolei uwarunkowane jest budową włókien, a szczególnie ich średnicą. Włókna o średnicy poniżej 3 μm łatwo przedostają się do dolnych dróg oddechowych. Grubsze włókna o średnicy powyżej 5 μm pozostają w górnych drogach oddechowych. Pył azbestu na układ oddechowy ma działanie: drażniące, zwłókniające i rakotwórcze [2, 3, 12-17]. Wdychanie włókien azbestowych może doprowadzić do jednej z następujących chorób: pylicy azbestowej (azbestozy), mesotheliomy, raka płuca i rzadziej raka oskrzela.

**Pylica azbestowa**, czyli tworzenie się blizn na tkance płucnej znacznie utrudniające oddychanie, stanowi czynnik zwiększający śmiertelność ludzi. Początkowo objawia się dusznością wysiłkową, suchym kaszlem, ściskaniem w klatce piersiowej. Ryzyko zachorowania na pylicę azbestową zwiększa się wraz z wielkością narażenia występującego w okresie lat pracy. Zazwyczaj choroba ta daje objawy po ponad 10 latach od pierwszego kontaktu z pyłem azbestowym.

**Mesotheliomia**, czyli międzybłoniak opłucnej, to rodzaju raka opłucnej będący chorobą nieuleczalną i zwykle prowadzącą do śmierci w okresie 1-1,5 roku od jej stwierdzenia. Objawami charakterystycznymi są trudności oddechowe, ból w klatce piersiowej i kaszel. Uważa się, że zagrożenie dla życia wynikające z zachorowania na międzybłoniaka jest wyższe, gdy kontakt z pyłem azbestowym miał miejsce w młodym wieku.

**Rak płuca** jest najczęściej występującym azbestozależnym nowotworem złośliwym, który prowadzi do śmiertelności w znacznej większości przypadków. Może on być również następstwem pylicy azbestowej. Wraz ze zwiększeniem na-

rażenia na pył azbestu zwiększa się ryzyko zachorowania na ten nowotwór. Nie określono jednak granicy, poniżej której ryzyko takiego zachorowania nie występuje. Przyjmuje się, że największe ryzyko zgonu występuje 20-35 lat po pierwszej ekspozycji na pył azbestu [17].

Przypuszczano, że kontakt z azbestem może prowadzić do raka krtani lub układu pokarmowego. Zachodziły podejrzenia, że wprowadzanie azbestu do organizmu, np. w skażonej wodzie pitnej, może powodować raka układu pokarmowego. Jednak teorie te nie zostały wystarczająco potwierdzone wynikami badań. Kontakt z azbestem może jednak prowadzić do zwłóknień opłucnej, które występują w postaci odrębnych włóknistych lub częściowo zwapniałych zgrubień, pojawiających się na powierzchni opłucnej [2, 3, 17-22].

### Możliwości rozwiązania problemu zagrożenia azbestem

Wyniki badań naukowych nad oddziaływaniem pyłu azbestu na pracowników zakładów je wytwarzających oraz użytkowników wyrobów azbestowych od dawna wskazywały na kancerogenność tego materiału. Z czasem wymusiły one na rządzących decyzje legislacyjne, które zostały podjęte w celu ograniczenia negatywnego wpływu azbestu na ludzi poprzez zaniechanie jego produkcji, stopniową rezygnację z wyrobów azbestowych i powszechną eliminację tego materiału ze środowiska człowieka [22-27]. Głównym dokumentem prawnym jest ustawa z dnia 19 czerwca 1997 r. o zakazie stosowania wyrobów zawierających azbest z późniejszymi zmianami i tekstem jednolitym z 2020 r., poz. 1680 [23]. Należy nadmienić, że od 1 stycznia 2005 r., ze względu na udowodniony i potwierdzony badaniami klinicznymi negatywny wpływ na zdrowie ludzkie, produkcja azbestu w krajach Unii Europejskiej została zakazana [22]. Jednocześnie na coraz szerszą skalę wprowadza się zamienniki azbestu o podobnych własnościach, ale o mniejszej szkodliwości dla zdrowia osób na nie narażonych. Bardzo ważnymi narzędziami legislacyjnymi są również rozporządzenia ministra odpowiedzialnego za sektor gospodarki, tj. Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 2 kwietnia 2004 r. w sprawie sposobów i warunków bezpiecznego użytkowania i usuwania wyrobów zawierających azbest z późniejszymi zmianami [24], Ministra Gospodarki i Pracy i Polityki Społecznej z dnia 14 października 2005 r. w sprawie zasad bezpieczeństwa i higieny pracy przy zabezpieczaniu i usuwaniu wyrobów zawierających azbest [25] oraz Ministra Gospodarki z dnia 13 grudnia 2010 r. w sprawie wymagań w zakresie wykorzystywania wyrobów zawierających azbest z późniejszymi zmianami [26]. Z kolei

aktualne normy higieniczne w odniesieniu do pyłu azbestu określa rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy [27]. Podstawowym działaniem, realizowanym w procesie oczyszczania danego obszaru i z azbestu jest przeprowadzenie szczegółowej inwentaryzacji wyrobów zawierających azbest wraz z oceną ich jakości. Usuwanie azbestu w Polsce, z terenu poszczególnych gmin, realizowane jest głównie w ramach Programu Oczyszczania Kraju z Azbestu na lata 2009-2032 [7, 20, 28]. Dokument ten określa zadania niezbędne do realizacji do roku 2032, a podstawą działań jest przeprowadzenie szczegółowej inwentaryzacji w warunkach terenowych. Wyniki procesu inwentaryzacji są na bieżąco zamieszczane w Bazie Azbestowej prowadzonej przez Ministerstwo Rozwoju, Pracy i Technologii (wcześniej Ministerstwo Rozwoju) [29]. Według Programu Oczyszczania Kraju z Azbestu na lata 2009-2032 na terenie Polski może znajdować się około 14 mln Mg wyrobów zawierających azbest, przy czym do końca marca 2021 r. zinwentaryzowano 8,31 mln Mg [29]. Ich ilość jest zróżnicowana w poszczególnych regionach kraju, przy czym najwięcej wyrobów azbestowych jest zlokalizowanych w województwie mazowieckim oraz wielkopolskim. Jednocześnie województwa te charakteryzują się również największym poziomem usuwania azbestu. Większość wyrobów azbestowych stanowią pokrycia dachowe obiektów budownictwa jednorodzinne oraz budynków gospodarczo-inwentarskich, w około 70% zlokalizowanych na terenach wiejskich [11, 28, 29].

Główną metodą unieszkodliwiania azbestu jest składowanie go na składowiskach w wydzielonych kwaterach, których szczegółowe wymagania w zakresie budowy oraz eksploatacji określono w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 2 maja 2013 r. w sprawie składowisk odpadów [30].

Poza działaniami legislacyjnymi można wskazać cztery główne kierunki o charakterze technicznym, edukacyjnym i organizacyjnym rozwiązywania problemu zagrożeń ze strony azbestu, tj.:

1. Bezpieczne użytkowanie wyrobów zawierających azbest.
2. Szkolenia dla pracujących.
3. Ochrona zdrowia pracujących.
4. Bezpieczne usuwanie wyrobów zawierających azbest [1, 2].

#### Ad. 1. Bezpieczne użytkowanie wyrobów zawierających azbest

Wyrób zawierający azbest o gęstości objętościowej  $\geq 1000 \text{ kg/m}^3$  może być bezpiecznie użytkowany po stwier-



dzeniu braku widocznych uszkodzeń mogących stwarzać warunki dla emisji azbestu do środowiska. W tym celu należy:

- 1) wyroby zawierające azbest niezakwalifikowane do wymiany w ocenie stanu i możliwości bezpiecznego ich użytkowania zabezpieczyć przez:
  - a) zabudowę (zamknięcie) przestrzeni, w której znajdują się wyroby zawierające azbest, szczelną przegrodą bez naruszenia samego wyrobu;
  - b) pokrywanie wyrobów lub powierzchni zawierających azbest szczelną powłoką z głęboko penetrujących środków wiążących azbest, posiadających odpowiednią aprobatę techniczną;
- 2) wyeliminować jakąkolwiek obróbkę mechaniczną przy pracach zabezpieczających;
- 3) po dokonaniu zabezpieczenia ponownie sporządzić ocenę stanu i możliwości bezpiecznego użytkowania wyrobów zawierających azbest w terminie 30 dni od przeprowadzonego zabezpieczenia.

### **Ad. 2. Szkolenia dla pracujących**

Pracodawca ma obowiązek przeszkolenia pracownika w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy przed dopuszczeniem go do wykonywania pracy oraz prowadzenia okresowych szkoleń w tym zakresie. Nie wolno bowiem dopuścić pracownika do pracy, do wykonywania której nie posiada wymaganych kwalifikacji lub potrzebnych umiejętności, a także dostatecznej znajomości przepisów oraz zasad bezpieczeństwa i higieny pracy. Szkolenie w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy pracowników, którzy w związku z wykonywanymi pracami są lub mogą być narażeni na działanie pyłu azbestu, a także osób kierujących takimi pracownikami i pracodawców powinno być przeprowadzane z uwzględnieniem programu szkolenia w zakresie bezpiecznego użytkowania wyrobów zawierających azbest [20].

### **Ad 3. Ochrona zdrowia pracujących**

Obowiązek wykonania badań profilaktycznych oraz innej opieki niezbędnej ze względu na warunki pracy nałożony został zarówno na pracodawcę, jak i na pracownika. Pracodawca ma obowiązek skierować pracownika na te badania lekarskie, a pracownik jest obowiązany poddawać się im w trakcie zatrudnienia. Koszty badań profilaktycznych pokrywa pracodawca. Badanie profilaktyczne pracownika ocenia, czy jego cechy fizyczne i psychiczne umożliwiają mu wykonywanie pracy w warunkach środowiska pracy, jakie zostały na tym stanowisku stwierdzone oraz dokonuje wykluczenia istnienia choroby, która mogłaby w toku wykonywania pracy bądź w wyniku jej kontynuowania w określonych warunkach środowiska pracy ulec zaawan-

sowaniu. W przypadku badań okresowych dokonywana jest ocena dynamiki zmian w stanie zdrowia w porównaniu z wynikami stwierdzonymi w poprzednich badaniach. Działania profilaktyczne ukierunkowane są na wykrywanie wczesnych skutków zdrowotnych narażenia na pył azbestu. Opieka zdrowotna pracowników narażonych na pył azbestu obejmuje następujące grupy osób:

- pracowników, którzy aktualnie pracują w warunkach narażenia zawodowego przy usuwaniu i zabezpieczaniu wyrobów zawierających azbest;
- byłych pracowników, których ekspozycja zawodowa występowała w przeszłości, w tym pracowników zakładów wymienionych w ustawie o zakazie stosowania wyrobów zawierających azbest.

### **Ad 4. Bezpieczne usuwanie wyrobów zawierających azbest**

#### *Ograniczenie emisji pyłu azbestowego*

Wykonawca prac zobowiązany jest do zastosowania odpowiednich środków technicznych ograniczających do minimum emisję azbestu do środowiska. Jeżeli prace prowadzone są w obiekcie, należy zastosować odpowiednie zabezpieczenia przed pyleniem i narażeniem na azbest obejmujące uszczelnienia otworów okiennych i drzwiowych, a także inne zabezpieczenia przewidziane w planie bezpieczeństwa i ochrony zdrowia. Pomieszczenia, w których zostały przekroczone dopuszczalne wartości stężeń pyłu azbestowego dla obszaru wykonywania prac, powinny zostać odizolowane. W szczególności dotyczy to izolowania pomieszczeń w przypadku prowadzenia prac z wyrobami zawierającymi krokidolit. Ponadto pył azbestowy powinien być codziennie usuwany ze strefy prac przy zastosowaniu podciśnieniowego sprzętu odkurzającego lub metodą czyszczenia na mokro. Istnieje obowiązek stosowania zespołu szczelnych pomieszczeń, w których następuje oczyszczenie pracowników z pyłu azbestu (komora dekontaminacyjna), przy usuwaniu pyłu azbestowego przekraczającego dopuszczalne wartości stężeń. Bezpieczne usuwanie wyrobów zawierających azbest wymaga izolowania od otoczenia obszaru prac przez stosowanie osłon zabezpieczających przed przenikaniem azbestu do środowiska. Prace związane z usuwaniem wyrobów zawierających azbest prowadzi się w sposób uniemożliwiający emisję azbestu do środowiska oraz powodujący zminimalizowanie pylenia [1, 2]. W tym celu stosuje się:

- 1) nawilżanie wodą wyrobów zawierających azbest przed ich usuwaniem lub demontażem i utrzymywanie ich w stanie wilgotnym przez cały czas pracy;
- 2) demontaż całych wyrobów (płyt, rur, kształtek) bez ja-

- kiegokolwiek uszkodzania, tam gdzie jest to technicznie możliwe;
- 3) odspajanie materiałów trwale związanych z podłożem przy stosowaniu wyłącznie narzędzi ręcznych lub wolnoobrotowych, wyposażonych w miejscowe instalacje odciągające powietrze;
  - 4) prowadzenie kontrolnego monitoringu powietrza w przypadku stwierdzenia występowania przekroczeń najwyższych dopuszczalnych stężeń pyłu azbestu w środowisku pracy, w miejscach prowadzonych prac;
  - 5) codzienne zabezpieczanie zdemontowanych wyrobów i odpadów zawierających azbest oraz ich magazynowanie w wyznaczonym i zabezpieczonym miejscu.

#### *Wygradzenie i oznakowanie terenu prac*

Teren prac powinien być wygradzony z zachowaniem bezpiecznej odległości od traktów komunikacyjnych dla osób pieszych (nie mniejszej niż 1 m). W strefie wykonywania prac należy umieścić w widocznym miejscu tablice informacyjne o treści: „Uwaga! Zagrożenie azbestem”. Gdy prace dotyczą wyrobów zawierających krokidolit, to treść tablic informacyjnych powinna wskazywać: „Uwaga! Zagrożenie azbestem – krokidolitem”. Pomieszczenia w zakładzie lub warsztacie zamkniętym, w którym prowadzona jest działalność w kontakcie z wyrobami zawierającymi azbest, powinny zostać oznakowane, a także powinna zostać tam umieszczona w widocznym miejscu instrukcja bezpiecznego postępowania i ochrony przed narażeniem na pył azbestowy.

#### *Wymagania dla prac szczególnie niebezpiecznych*

Prace związane z usuwaniem i zabezpieczaniem wyrobów zawierających azbest zalicza się do prac szczególnie niebezpiecznych. Przed ich rozpoczęciem wykonawca zobowiązany jest do określenia szczegółowych wymagań bezpieczeństwa i higieny pracy przy ich wykonywaniu. Powinien on zapewnić:

- 1) bezpośredni nadzór nad tymi pracami przez wyznaczone osoby;
- 2) odpowiednie środki zabezpieczające;
- 3) instruktaz pracowników obejmujący imienny podział pracy, kolejność wykonywania zadań i wymagania bezpieczeństwa i higieny pracy przy poszczególnych czynnościach;
- 4) dostęp do miejsc wykonywania tych prac jedynie osobom upoważnionym i odpowiednio poinstruowanym.

Ponadto przed przystąpieniem do wykonywania prac szczególnie niebezpiecznych należy:

- 1) ograniczyć do minimum liczbę osób narażonych na czynniki rakotwórcze;

- 2) ograniczyć do minimum występowanie tych czynników w środowisku pracy;
- 3) zapewnić stosowanie środków ochrony zbiorowej, a gdy narażenie nie może być zlikwidowane w inny sposób – środków ochrony indywidualnej;
- 4) zapewnić stosowanie wymagań higieny, a w szczególności niedopuszczanie do spożywania posiłków, picia i palenia tytoniu w miejscach pracy;
- 5) określić w instrukcjach bezpieczeństwa i ochrony zdrowia odpowiednie zasady postępowania w razie powstania nieprzewidzianych sytuacji powodujących poważne zagrożenia dla pracujących;
- 6) oznaczyć miejsca stwarzające ryzyko dla zdrowia poprzez umieszczenie odpowiednich napisów i znaków ostrzegawczych;
- 7) zapewnić pomieszczenia, instalacje i urządzenia przystosowane do regularnego i skutecznego czyszczenia.

#### **Podsumowanie**

Azbest jest aktualnie zaliczany do dziesięciu najgroźniejszych substancji zanieczyszczających środowisko życia człowieka na ziemi. W związku z udowodnieniem szkodliwego oddziaływania tego materiału na układ oddechowy ludzi, umieszczono azbest w wykazie Ministerstwa Zdrowia i Opieki Społecznej jako niebezpieczną substancję chemiczną o udowodnionym działaniu rakotwórczym dla człowieka [27]. Badania naukowe udowodniły, że azbest stanowi zagrożenie dla zdrowia w następstwie długotrwałego narażenia dróg oddechowych na wdychanie jego włókien. Ze względu na swoje właściwości i praktycznie niezniszczalność, azbest wprowadzany do powietrza utrzymuje się w nim przez dłuższy lub krótszy okres czasu. Materiał ten zawarty w różnych wyrobach użytkowych stanowi potencjalnie zagrożenie dla człowieka, ze względu na możliwość jego uwolnienia. Jedynie zdeponowany na zabezpieczonych składowiskach odpadów lub na bezpiecznej głębokości w ziemi nie stanowi zagrożenia dla człowieka ani środowiska naturalnego [4, 7].

Wyroby azbestowe wstępujące dość powszechnie w środowisku naturalnym nie stanowią istotnego zagrożenia dla zdrowia dopóki ich włókna nie są uwalniane do atmosfery, a co za tym idzie nie są wdychane. Azbest jest zaliczany do silnych czynników kancerogennych, przez co stwarza istotne i realne zagrożenia zdrowotne dla osób narażonych na jego oddziaływanie. Jest szczególnie niebezpieczny w bezpośrednim kontakcie podczas jego wydobywania, produkcji, obróbki, eksploatacji i usuwania. W publikacji przedstawiono zarys środowiskowego i zdrowotnego narażenia na azbest i niezbędne działania służące ograniczeniu jego oddziaływania podczas usuwania wyrobów azbestowych.





Fot. 1. Dach budynku mieszkalnego pokryty eternitem.

Fot. A. Żarczyński



Fot. 2. Stary budynek mieszkalny pokryty eternitem.

Fot. A. Żarczyński



Fot. 3. Stodoła pokryta eternitem we wsi Gołąb (powiat puławski).

Fot. A. Żarczyński

## Literatura

[1] Oziębło-Brzykczy S., 2018, Niebezpieczny azbest, PIP i Główny Inspektorat Pracy, Warszawa.

[2] Skrzecz I. (red.), 2010, Azbest, Niewiążący podręcznik dobrych praktyk, Komitet Starszych Inspektorów Pracy (SLIC), PIP oraz Główny Inspektorat Pracy, Warszawa.

[3] Portal Wikipedia, Azbest, <https://pl.wikipedia.org/wiki/azbest>, 16.03.2020.

[4] Krzyżewska I., Czarnowska K., 2004, Azbest w środowisku przyrodniczym, *Aura*, 1, 12-13.

[5] Frank A.L., Joshi T.K., 2014, The global spread of asbestos, *Annals of Global Health*, 80(4), 257-262.

[6] Szeszenia-Dąbrowska N., Świątkowska B., Azbest w Polsce, IMP, Łódź 2016.

[7] Pyssa J., 2019, Techniczno-ekonomiczne, zdrowotne oraz środowiskowe aspekty zagospodarowania odpadów azbestowych w Polsce, *Przemysł Chemiczny*, 98(2), 461-467.

[8] Radecki W., 2004, Składowanie odpadów zawierających azbest, *Aura*, 9, 36.

[9] Frank A.L., 2020, Global use of asbestos – legitimate and illegitimate issues, *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, 15, article number 16, 1-6.

[10] Więcek E., 2004, Azbest – narażenie i skutki zdrowotne, *Bezpieczeństwo Pracy*, 2004, 2, 2-6.

[11] Wójcik M., Stachowicz F., Metody recyklingu wyrobów azbestowych w aspekcie propagowania zasad gospodarki odpadami niebezpiecznymi na terenach wiejskich, w: Krupa J., Szpara K., 2019, Problemy ochrony środowiska przyrodniczego i kulturowego Pogórza Dynowskiego w Aspekcie Zrównoważonego Rozwoju Turystyki, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Dynów.

[12] Hajok I., 2011, Ryzyko zdrowotne związane z usuwaniem azbestu, *Aura*, 5, 21-22.

[13] Maciołek H., Zielińska A., Domarecki T., 2012, Oddziaływanie azbestu na środowisko przyrodnicze i organizm człowieka, *Journal of Ecology and Health*, 16(3), 112-119.

[14] Straka M., Cehlar M., Khouri S., Trebuna P., Rosova A., Malindzakova M., 2016, Narażenie na działanie azbestu i minimalizacja ryzyka związanego z usuwaniem azbestu poprzez wykorzystanie zasad logistyki, *Przemysł Chemiczny*, 95(5), 963-970.

[15] Urbaniak W., 2015, Historia azbestu – od euforii do zakazu, *Przegląd Komunalny*, 1, 44-46.

[16] Świątkowska B., Szeszenia-Dąbrowska N., Wilczyńska U., 2016, Medical monitoring of asbestos-exposed workers: experience from Poland, *Bulletin of the World Health Organization*, 94, 599-604.

[17] Nations J.A., Lazarus A.A., 2011, Asbestos and lung diseases: introduction and epidemiology, „Disease-a-month: DM”, 57(1), 7-13.

[18] Furuya S., Chimed-Ochir O., Takahashi K., David A, Takala J., 2018, Global asbestos disaster. *International Journal Environmental Research Public Health*, 15, 1000, <https://doi.org/10.3390/ijerph1505/1000>, 14.03.2021.

[19] World Health Organization (WHO), 1986, Asbestos and other natural mineral fibers, *Environmental Health, Criteria 53*. Genewa.

[20] Chmielewski J., Żeber-Dzikowska I., Florek-Luszczki M., Nowak-Starz G., Gworek B., Czarny-Działak M., Walosik A., Springer M., 2020, Azbest: edukacja ekologiczna a aktualne zagrożenie środowiskowe i zdrowotne, *Przemysł Chemiczny*, 99(4), 633-641.

[21] Kłojzy-Karczmarczyk B., Staszczak J., 2020, The adopted weight of asbestos-containing products versus results of stocktaking in the area of Poland, *Inżynieria Mineralna*, 2(2), 41-46.

[22] Skowroń J., 2007, Czynniki rakotwórcze i mutagenne w świetle ustawodawstwa polskiego i Unii Europejskiej, *Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy*, 4(54), 5-43.

[23] Ustawa z dnia 19 czerwca 1997 r. o zakazie stosowania wyrobów zawierających azbest, *Dz. U.* 1997, nr 101, poz. 628; tekst jednolity (*Dz. U.* 2020, poz. 1680).

[24] Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 2 kwietnia 2004 r. w sprawie sposobów i warunków bezpiecznego użytkowania i usuwania wyrobów zawierających azbest (*Dz. U.* 2004, nr 71, poz. 649 z późniejszymi zmianami).

[25] Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy i Polityki Społecznej z dnia 14 października 2005 r. w sprawie zasad bezpieczeństwa i higieny pracy przy zabezpieczaniu i usuwaniu wyrobów zawierających azbest oraz programu szkolenia w zakresie bezpiecz-

nego użytkowania takich wyrobów (*Dz. U.* 2005, nr 216, poz. 1824).

[26] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 13 grudnia 2010 r. w sprawie wymagań w zakresie wykorzystywania wyrobów zawierających azbest oraz wykorzystywania i oczyszczania instalacji lub urządzeń, w których były lub są wykorzystywane wyroby zawierające azbest (*Dz. U.* 2011, nr 8, poz. 31)

[27] Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (*Dz. U.* 2018, poz. 1286 z późniejszymi zmianami).

[28] Program oczyszczania kraju z azbestu na lata 2009-2032, Ministerstwo Gospodarki, Warszawa 2010.

[29] Baza Azbestowa, Ministerstwo Rozwoju, Pracy i Technologii, <http://www.bazaazbestowa.gov.pl>, 13.03.2021.

[30] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 2 maja 2013 r. w sprawie składowisk odpadów (*Dz. U.* 2013, poz. 523).

**Agnieszka Kowalska, Andrzej Żarczyński**

e-mail: kowalska.agnieszka.92@gmail.com >; „Andrzej Żarczyński” <andrzej.zarczynski@p.lodz.pl>

*Institut Chemii Ogólnej i Ekologicznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka*

# Próba oszacowania biogazowego potencjału energetycznego gminy Błaszki.

## Cz. 2. Produkcja biogazu i energii z biomasy

### Wstęp

W pierwszej części pracy w oparciu o dostępne materiały statystyczne GUS i inne opracowania, wykonano inwentaryzację aktualnie dostępnej biomasy oraz potencjalnie możliwej do uzyskania na terenie gminy Błaszki [1-3]. Utylizacja tej biomasy w kierunku otrzymywania biogazu pozwoli zwiększyć możliwości energetyczne regionu i Polski, a także przyczyni się do redukcji skali emisji ditlenku węgla, tlenków siarki i azotu [4-8].

W pracach zrealizowanych w ostatnich latach stwierdzono, że możliwe jest zastosowanie wybranego kalkulatora biogazowego do obliczeń wskaźników produkcji biogazu i jego energetycznego wykorzystania [3, 9, 10]. Kalkulator biogazowy to narzędzie internetowe, które pomaga wstępnie oszacować wielkość produkcji biogazu na podstawie wprowadzonych danych dotyczących masy i rodzajów wsadu przewidywanych substratów. Kalkulatory biogazowe są przede wszystkim wykorzystywane w projektowaniu i ocenie wskaźników energetycznych inwestycji biogazowych [3, 9-13].

### Wyniki obliczeń dla biomasy zinwentaryzowanej w gminie Błaszki

W związku z różnorodnością źródeł substratów, w obliczeniach wykonanych w 2016 r. zastosowano trzy kalkulatory biogazowe wówczas dostępne nieodpłatnie w Internecie [11-13]. Każdy z użytych kalkulatorów dla takich samych substratów dawał porównywalne wyniki. Jednak nie znaleziono kalkulatora, który posiadałby możliwość wprowadzenia wszystkich rodzajów zinwentaryzowanych substratów. Wykonując obliczenia uzyskano wyniki produkcji biogazu w m<sup>3</sup> oraz metanu w m<sup>3</sup>, a także produkcji energii elektrycznej w MWh/rok [3]. W związku z ograniczeniem dostępności internetowych kalkulatorów biogazowych w latach 2018-2020 stwierdzono, że analogiczne obliczenia można także wykonywać w oparciu o dane tabelaryczne dostępne w literaturze [14-20].

Wyniki obliczeń wydajności fermentacji dla zinwentaryzowanej biomasy w gminie Błaszki, wykonane przy użyciu kalkulatorów biogazowych zestawiono w tabeli 1. W ostat-

