

Zagrożenia chemiczne



Część II

Aerozole - czy to może stanowić zagrożenie CBRN? Jak wykrywać i identyfikować substancje w postaci aerozoli?

AKADEMIA
RAYTECH

Wstęp

W momencie wystąpienia zdarzenia chemicznego służby ratownicze muszą podjąć wiele decyzji zanim dojdzie do podejmowania działań. Konieczne jest odpowiednie dobranie środków ochrony indywidualnej (ŚOI), wykrycie i identyfikacja substancji oraz rozważenie stopnia zagrożenia dla otoczenia. Jednym z głównych rozważań jest faza (stan skupienia) niebezpiecznej substancji, która została odnaleziona na miejscu incydentu. Zagrożenia chemiczne mogą występować we wszystkich fazach: gazowej, ciekłej, stałej a także w formie oparów (składnik gazowy w stanie równowagi z lotnymi cieczami i ciałami stałymi). Oprócz głównych faz istnieje też krytyczna „quasi-faza”, która również musi być brana pod uwagę w trakcie analizy ryzyk. Tą fazą jest aerozol.

Aerozole to dyskretne cząstki stałe lub kropelki cieczy zawieszane w gazowym medium, zwykle w powietrzu¹. Aerozole występują dość często, a typowymi przykładami są:

- Kurz (cząsteczki brudu)
- Mgła (kropelki wody)
- Dym (cząsteczki produktów spalania)

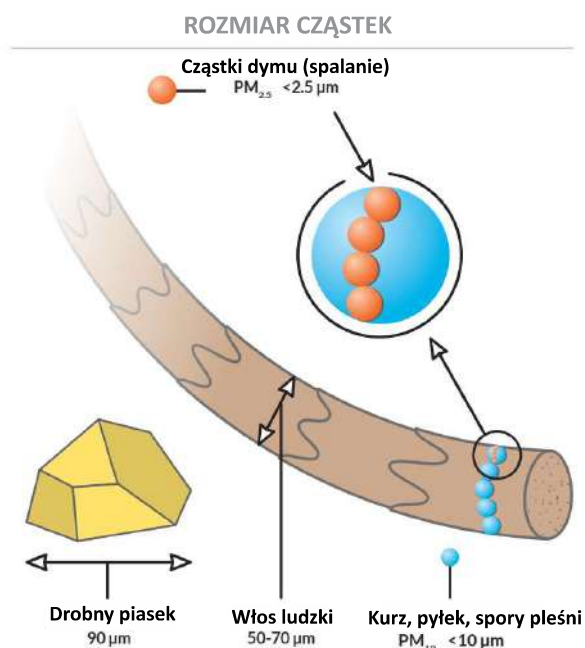
Jak widać forma aerozoli jest dość powszechna, jednak chemikalia w takiej formie stanowią wyjątkowe wyzwanie dla ratowników, ponieważ zachowują swoje właściwości fazy skondensowanej, ale zachowują się jak gazy. To często stanowi problem dla urządzeń wykorzystywanych przez służby, gdyż tradycyjne technologie wykrywania wymagają, aby nieznaną próbkę była w postaci gazowej, stałej lub ciekłej aby móc wykonać analizę.

Niniejszy artykuł definiuje aerozole i ich właściwości, wyjaśnia zagrożenie, jakie stwarzają i przedstawia strategię dla służb ratowniczych w celu identyfikacji zagrożeń aerozolowych w terenie.

Na potrzeby tej dyskusji termin „cząstka” będzie używany do opisu zarówno stałych, jak i ciekłych aerozoli.

Definicja aerozoli i ich właściwości

Pierwszy rzut oka aerozole mogą wyglądać podobnie jak chmura gazu, gdzie cząsteczki swobodnie poruszają się w powietrzu. Ale krytyczną cechą aerozolu jest to, że w rzeczywistości jest to chmura zawierająca wiele drobnych cząstek stałych lub płynnych. W rezultacie bardzo ważne jest, aby wziąć pod uwagę te wyjątkowe właściwości i odpowiednio podjąć działania ratownicze.





Kluczowe właściwości aerozoli

Wielkość cząstek: Pierwszą właściwością to rozmiar ciała stałego lub zawieszanej cząsteczki cieczy. Wielkość cząstek to średnica pojedynczej cząstki wyrażona w mikrometrach lub „mikronach” (10^{-6} m.). Małe cząsteczki są łatwiejsze do wdychania i mają tendencję do dłuższego przebywania w zawieszeniu (słabo opadają).

Rozkład wielkości cząstek: drugą właściwością jest rozkład wielkości, który jest definiowany jako liczba cząstek w próbce o określonej wielkości lub masie. Rozkład wielkości cząstek jest ważny ponieważ cząstki w aerozolu nie są rozmieszczone jednolicie. Zróżnicowane rozmiary mają wpływ na długość zawieszenia w powietrzu oraz łatwość przenikania do układu oddechowego.

Gęstość cząstek: reprezentuje całkowitą liczbę cząstek w określonej objętości powietrza. Każdy, kto jeździł samochodem w mglistą noc wie, że cząsteczki wody w atmosferze są wystarczająco duże (wielkość cząstek), aby rozpraszać białe światło reflektorów i jest ich wystarczająco dużo (gęstość cząstek) by ograniczać widoczność zaciemniać widoczność.

Trwałość: ostatni istotny parametr określający aerozol, lecz dość trudny do oszacowania to trwałość lub zdolność cząstek do pozostawania w stanie zawieszenia w medium. Jak wcześniej wspomniano, mniejsze cząstki będą miały tendencję do pozostawania w zawieszeniu dłużej niż większe. Jednak właściwości elektrostatyczne mogą również wpływać na ten parametr, ponieważ naładowane cząstki będą miały tendencję do odpychania się i przez to dłuższego pozostawania w powietrzu.

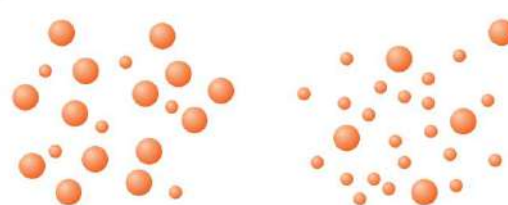
Powyższe właściwości są parametrami krytycznymi przy ocenie zachowania się aerozolu, określenia stref zagrożenia i dekontaminacji w zależności od postępu opadania aerozolu. W zależności od właściwości, aerozol może być mniej lub bardziej niebezpieczny dla ratowników i osób postronnych.

Zrozumienie zagrożeń stwarzanych przez aerozole

Podstawowym parametrem określającym zagrożenie z pewnością może mieć wielkość cząstek aerozolu. Określa on sposób w jaki aerozol przedzie przedostawał się do układu oddechowego i będzie zatrzymywany w płucach. Amerykańska Agencja Ochrony Środowiska (EPA) definiuje dwie różne wielkości cząstek². PM10 reprezentuje cząsteczki o wielkości 10 mikronów lub mniejsze, natomiast PM2,5 reprezentuje drobne cząsteczki o wielkości 2,5 mikrona lub mniejszy. Spośród nich PM2,5 są najbardziej niebezpieczne, bardzo łatwo są wdychane i są na tyle małe, że z płuc przedostają się do krwioobiegu. Dlatego maski filtrujące, takie jak N95 i P100, są oceniane pod kątem ich zdolności do wychwytywania cząstek 2,5 mikrona.

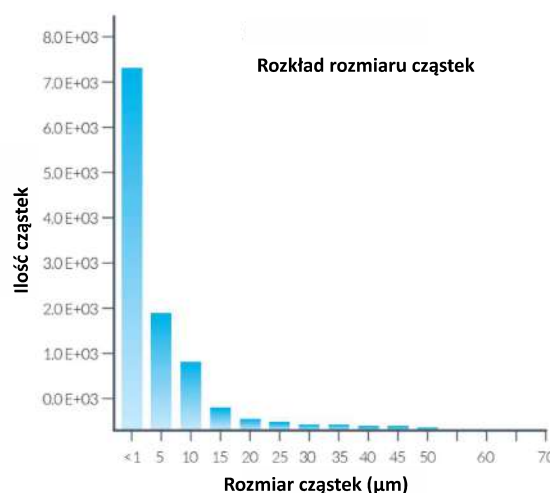
W przypadku zagrożeń związanych z wdychaniem, chemikalia w postaci ciała i cieczy generalnie stanowią minimalne zagrożenie w porównaniu z gazami czy oparami. Substancje w fazie skondensowanej są łatwe do zabezpieczenia i wyznaczenia strefy ochronnej.

ROZKŁAD WIELKOŚCI CZĄSTEK



Więcej cząstek większych

Więcej cząstek mniejszych



Rozkład rozmiaru cząstek

Przykład pokazujący potencjalne rozkłady wielkości cząstek ciała stałego po rozpyleniu

GĘSTOŚĆ CZĄSTEK



Niska gęstość cząstek

Wysoka gęstość cząstek

TRWAŁOŚĆ



Małe cząstki

Małe cząstki po upływie godziny



Większe cząstki

Większe cząstki po upływie godziny



Jeśli jednak ten toksyczny materiał zostanie rozpylony, stanie się znacznie trudniejszy w zabezpieczeniu. Powstanie aerozolu może również być niezamierzone, na przykład w trakcie manipulowania substancją. Dlatego też trzeba zachować szczególną ostrożność przy obchodzeniu się z drobnymi i wysoce toksycznymi proszkami jak np. Fentanyl i inne pokrewne opioidy. Większy problemem jest natomiast celowe uwolnienie toksyn w postaci aerozolu na przykład podczas ataku.

Na przykład kilogram fentanylu (to kilka milionów dawek śmiertelnych³), można w łatwy sposób zaaplikować w urządzenie dyspersyjne (jak np. opryskiwacze ogrodowe) lub urządzenie zapalające, aby rozprzestrzenić produkt na dużym obszarze, znacznie zwiększając liczbę potencjalnych ofiar. Pewna część cząstek zdyspergowanego fentanylu będą miały takie rozmiary, że będą się utrzymywać w powietrzu przez dość długi czas. To spowoduje dość wysokie narażenie osób na wdychanie lub kontakt skórny z niezwykle toksyczną substancją. Gdy cząsteczki osiadają na dużym obszarze, skażenie powierzchni (i późniejsza ponowna aerolizacja) również muszą być rozważone jako potencjalne zagrożenie.

Ponadto cząstki w aerozolu mogą powodować zagrożenie wybuchowe w obecności tlenu, jeśli cząsteczki są palne, mają wystarczającą gęstość i jest źródło zapłonu. Dlatego tego typu zagrożenie występuje nawet dla stosunkowo bezpiecznych substancji, jak na przykład trociny, a nawet sacharoza (cukier stołowy). W takiej formie w zamkniętej przestrzeni substancje te są wysoce „palne”⁴. Niezależnie od tego czy aerozol został uwolniony w sposób zamierzony czy przypadkowy, identyfikacja substancji zawieszonych jest krytyczna dla działań ratowniczych. Niestety wykrywanie aerozolu dla służb jest niezwykle trudne, ponieważ nie było do tej pory dostępnych narzędzi pozwalających na identyfikację tego typu substancji.

Wyzwania podczas detekcji i identyfikacji aerozoli

Reagując na zdarzenie z nieznanym materiałem, ważne jest, aby wykryć i zidentyfikować ten materiał. Do tej pory wykrycie i identyfikacja substancji w formie aerozolu bezpośrednio w miejscu zdarzenia była praktycznie nie możliwa. Opcją było oczekiwanie, aż aerozol opadnie, a następnie pobranie wymazów z powierzchni w celu identyfikacji substancji. Problem w tym, że w zależności od wielkości cząstek, proces opadania może zająć nawet kilka godzin, co zwiększa ryzyko rozprzestrzenienia się zagrożenia na większym obszarze i/lub narażenie ludzi na wdychanie nieznanego materiału przez dość długi czas.

Wiele narzędzi, które znajdują się na wyposażeniu służb ratunkowych mają możliwości bezpośredniego monitorowania powietrza lub identyfikacji cieczy i ciał stałych - natomiast nie aerozolu. Mierniki wielogazowe, detektory PID, spektrometry ruchliwości jonów (IMS) czy rurki wskaźnikowe pozwalają na wykrywanie produktów tylko w formie gazowej lub oparów. Papierki wskaźnikowe lub zaawansowane mierniki optyczne jak spektrometry podczerwieni czy Ramana, mogą badać tylko substancje w formie skondensowanej (ciecz lub ciało stałe). Nawet systemy oparte na zaawansowanej technice GC-MS (chromatografia gazowa sprzężona ze spektrometrem mas) wymagają próbki w formie skondensowanej lub gazowej. Żadna z tych technologii nie ma możliwości wykrycia czy identyfikacji zagrożenia w postaci aerozolu.

Najnowsze narzędzia do detekcji aerozoli to urządzenia wykorzystujące rozpraszanie światła laserowego, które pozwalają na mierzenie i liczenie cząstek. Ta technologia to z pewnością krok naprzód w kwestii analiz aerozoli jednak nie dostarczy żadnych informacji chemicznych o badanej próbce. Niestety użycie tych narzędzi w strefie zagrożenia nadal nie udzieli odpowiedzi ratownikom z czym mają do czynienia i jak niebezpieczna jest to substancja.

Rozwiązania dla detekcji i identyfikacji aerozoli

Od kilku lat na rynku dostępny jest aparat MX908® z firmy 908 Devices. Jest to podręczny spektrometr mas do detekcji i identyfikacji zagrożeń bezpośrednio w terenie. Aparat jest z powodzeniem wykorzystywany przez służby szybkiego reagowania na całym świecie, nie tylko USA, lecz także przez siły zbrojne różnych krajów. Dzięki elastycznemu modułowi do pobierania próbek, aparat pozwala na pobieranie śladów próbek zarówno w formie skondensowanej jak i również powietrza.





Mx908 to również potężne narzędzie, jeśli chodzi o wykrywanie i identyfikowanie cząstek w aerozolu. Dzięki dodaniu nowego modułu AERO, MX908 jest w stanie pobierać próbki i identyfikować je niezależnie od ich stanu skupienia, w tym również aerozole. Moduł AERO pozwala użytkownikowi wykrywać i identyfikować opary i aerozole w tym samym czasie. Moduł jest zoptymalizowany do zbierania więcej niż 80% wszystkich cząstek o średnicach większych niż 2,5 mikrona i skupia się na najniebezpieczniejszych cząstkach w przypadku inhalacji zdefiniowanych przez EPA².

Moduł Aero posiada wbudowaną pułapkę na cząstki w postaci specjalnie zaprojektowanej siatki, która jest okresowo podgrzewana i substancja jest desorbowana w celu przekształcenia próbki w parę. Opary te są następnie odczytywane przez MX908, podobnie jak wszelkie zagrożenia gazowe i natychmiast natychmiast analizowane. Niebezpieczne materiały jak broń masowego rażenia, Noviczoki, toksyczne farmaceutyki (fentanyl) czy inne niebezpieczne substancje, wszystkie są w bibliotece aparatu Mx908 i mogą być łatwo przez niego identyfikowane.

Zapewnienie odpowiednich narzędzi do detekcji i identyfikacji aerozoli

Aby móc szybko i dokładnie reagować na zagrożenia szczególnie ze strony nieznanymi substancjami chemicznymi, posiadanie odpowiednich narzędzi do rozwiązania problemu ma kluczowe znaczenie. W przeszłości chemikalia w aerozolu stanowiły lukę w możliwościach detekcyjnych prostu dlatego, że technologia nie rozwinęła się wystarczająco daleko aby zapewnić szybki wgląd w próbki o tak złożonym charakterze jak aerozole. Jednak ta luka została zniwelowana poprzez moduł AERO, który pobiera próbki na pułapkę identyfikuje materiał w aerozolu. Dzięki zrozumieniu właściwości aerozolu i technologii wykrywania i identyfikacji substancji w terenie, ratownik czy funkcjonariusz może dokonać dokładnej oceny zagrożenia i określić plan działania, zwiększając bezpieczeństwo ludzi oraz wszystkich zaangażowanych w działania ratownicze.

INFORMACJE:

Informacje w niniejszym artykule zostały zaczerpnięte z ogólnodostępnych publikacji:

1. Reist, Parker C., *Aerosol Science and Technology*, 2nd ed., McGraw-Hill (1993).
2. Internet, <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>, Accessed 4 March 2021.
3. Internet, https://www.dea.gov/sites/default/files/2020-06/Fentanyl-2020_0.pdf, Accessed 9 March 2021
4. Internet, https://www.spectrumchemical.com/MSDS/SU103_AGHS.pdf, Revision 23 August 2018.



Dowiedz się więcej na temat aparatu Mx908 na stronie
www.raytech.pl