



Grzegorz Rogalewicz<sup>1</sup>, Wioletta Maria Bajdur<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*SAFETY Biuro Usług BHP*

*ul. Polna 22, Makowiska, 90-330 Pajęczno*

<sup>2</sup>*Politechnika Częstochowska*

*al. Armii Krajowej 36B, 42-200 Częstochowa*

*e-mail: wiolawb@poczta.onet.pl*

## MODELOWANIE ZAGROZEŃ PRZEMYSŁOWYCH NA PRZYKŁADZIE SUBSTANCJI CHEMICZNEJ - AMONIAKU

**Streszczenie.** Rozwój przemysłu chemicznego i wzrastająca ilość produkowanych i stosowanych w procesach produkcyjnych materiałów o charakterystycznych właściwościach chemicznych mogą, w razie nieprawidłowego obchodzenia się z nimi, spowodować śmierć lub uszkodzenie ciała, a także zagrożenia dla dóbr materialnych i stanu środowiska naturalnego. Obserwuje się także stały wzrost liczby awarii i katastrof powstałych na terenie zakładów bądź w transporcie materiałów niebezpiecznych. Nagłe przedostanie się do otoczenia większej ilości substancji toksycznych wywołuje lokalne zaburzenia funkcjonowania ekosystemu. W celu ograniczenia zagrożeń chemicznych w przemyśle można wykorzystywać oprogramowanie komputerowe ALOHA. W pracy dokonano analizy potencjalnych zagrożeń w zakładach mleczarskich, wykorzystujących w swoich procesach technologicznych amoniak. Wyznaczono strefy zagrożeń powodowanych używaniem amoniaku w warunkach rzeczywistych oraz przeprowadzono badania prognostyczne. Analiza przeprowadzonych pomiarów chmury amoniakalnej w warunkach rzeczywistych i modelowania zagrożeń z wykorzystaniem programu komputerowego ALOHA wykazała, że zobrazowane zasięgi stref zagrożeń wyliczone z użyciem programu pokrywają się z wartościami stref, które zostały wyznaczone przez przyrządy pomiarowe w warunkach rzeczywistych. Tego rodzaju badania prognostyczne i analizy mogą pozwolić na ograniczenie zagrożeń, a nawet na wyeliminowanie awarii.

**Słowa kluczowe:** modelowanie, zagrożenia chemiczne, ograniczenie awarii w przemyśle.

## INDUSTRIAL HAZARDS MODELLING BASED ON THE EXAMPLE OF A CHEMICAL SUBSTANCE – AMMONIA

**Abstract.** The development of chemical industry and increasing number of materials with characteristic chemical properties, which are produced and used in production processes, can cause death or injury as well as damage to tangible property and natural environment if they are handled improperly. Also constant increase in the number of industrial accidents and disasters in factories or during transport of hazardous materials is observed. Sudden penetration of a significant amount of toxic substances into the environment causes local disorders in ecosystem functioning. In order to limit chemical hazards in industry ALOHA software may be used. An analyses of potential hazards has been carried out in a milk processing plant which uses ammonia in its technological processes. Hazardous areas caused by using ammonia in actual conditions were determined and forecasting studies were conducted. The analysis of the results of measurements of ammonia cloud in actual conditions and hazards modelling using ALOHA computer programme proved that the depicted ranges of hazardous areas calculated by means of the programme have similar values to the areas which have been designated by measurement instruments in actual conditions. Forecasting studies and analyses of this type can allow to limit the hazards and even to eliminate industrial accidents.

**Keywords:** modelling, chemical hazards, limiting the number of industrial accidents.

### Wprowadzenie

Przemysł chemiczny zaspokaja wiele różnych potrzeb człowieka. Stawia również zagrożenie dla pracowników bezpośrednio zatrudnionych w produkcji i dla mieszkańców terenów położonych w pobliżu zakładów. Do dynamicznego rozwoju przemysłu chemicznego przyczynił się Eugeniusz Kwiatkowski, który kierował się hasłem: „Chemia żywi, leczy i ubiera” [1]. Jednak chemia może również stanowić poważne zagrożenie. Obecnie, pomimo zwiększającej się świadomości społecznej, nie każdy zdaje sobie sprawę z zagrożeń, które stwarzają produkty chemiczne, zwłaszcza w procesach produkcji. Podobnie produkty chemiczne, w zależności od parametrów fizykochemicznych, mogą mieć właściwości toksyczne, powodować pożary czy też mogą stać się przyczyną wybuchu. Amoniak staje się najważniejszym czynnikiem chłodniczym stosowanym nie tylko w standardowych dużych i średnich liniach technologicznych, lecz także w układach małych – używanych w sieci handlowej, w małych przetwórcach żywności i innych. Dlatego też zagrożenie bezpieczeństwa eksploatacji amoniakalnych urządzeń chłodniczych wszystkich typów nabiera obecnie szczególnie wielkiego znaczenia, co znajduje odbicie w przepisach bezpieczeństwa ogólnego w wielu krajach.

Właściwości fizyko-chemiczne [2, s. 154]  $\text{NH}_3$  – z pozoru dobrze znanego gazu – sprawiają, iż jest to jedna z bardziej niebezpiecznych substancji. W warunkach normalnych amoniak jest bezbarwnym gazem o charakterystycznym, ostrym, przenikliwym zapachu.

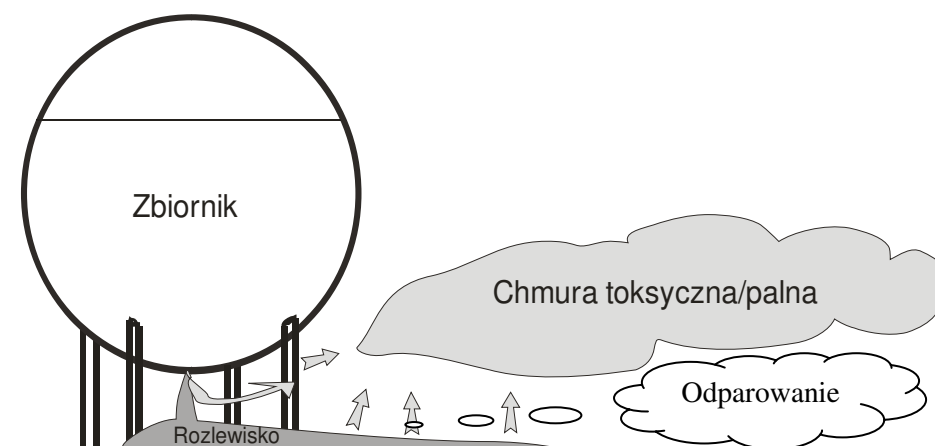
Najmniejsze stężenie amoniaku, przy którym zaobserwowano wpływ na układ oddechowy, działanie drażniące na górne drogi oddechowe i oczy oraz zakłócenia w funkcji oddechowej płuc, wynosi  $70 \text{ mg/m}^3$  (LOAEL). Wartości NDS amoniaku przyjęto na poziomie stężenia  $35 \text{ mg/m}^3$ . Po narażeniu na oddziaływanie amoniaku o mniejszym lub równym stężeniu od wymienionego nie zaobserwowano skutków szkodliwych dla ludzi (NOAEL). Uwzględniając różną wrażliwość osobniczą ludzi oraz wartości normatywne przyjęte w Unii Europejskiej, zaproponowano wartość NDS amoniaku na poziomie średniej wartości ważonej dla 8-godzinnego dnia pracy, tj.  $14 \text{ mg/m}^3$  (19,74 ppm), a wartość NDSC<sub>h</sub> na  $28 \text{ mg/m}^3$  (39,48 ppm).

Tab. 1. Szybkość parowania ciekłego amoniaku z otwartego stalowego zbiornika o średnicy  $d = 0,6 \text{ m}^2$

Lp.	Czas (min)	Poziom cieczy (mm)	Spadek poziomu (%)	Ubytek masy (kg)
1.	0	400	0	0,00
2.	2	365	9	2,67
3.	8	360	10	3,05
4.	195	290	27	8,40
5.	220	280	30	9,20

Istotnym zagrożeniem wynikającym z właściwości fizyko-chemicznych amoniaku jest jego przechowywanie w dużych ilościach, zwykle w postaci skroplonej. Ryzyko wystąpienia niepożądanego zdarzenia w tym przypadku występuje podczas rozszczelnienia zbiornika i emisji gazów do atmosfery lub wydostania się do otoczenia ciekłego amoniaku i jego rozprzestrzenianie się. Od około kilkudziesięciu lat amoniak jest magazynowany w warunkach izotermicznych w zbiornikach, gdzie ciśnienie substancji  $\text{NH}_3$  jest nieznacznie wyższe niż atmosferyczne. Oczywiście cały czas użytkowane są zbiorniki ciśnieniowe, zarówno kuliste, jak i cylindryczne. Amoniak reaguje z większością metali i ich stopami, głównie w obecności wody. Materiały, z którego wykonuje się zbiorniki, powinny być odporne w warunkach kriogenicznych i na korozję naprężeniową. Zazwyczaj stosuje się stale ulepszone cieplnie i stale austenityczne, które są odporne na kruche pękanie i posiadają niską temperaturę progu kruchości.

Procesem niebezpiecznym, z punktu widzenia stworzenia zagrożenia podczas magazynowania amoniaku, jest wytworzenie się wysokiej temperatury wewnątrz tego zbiornika. Podczas magazynowania ciekłego amoniaku w zbiornikach w warunkach atmosferycznych ważne jest to, aby nie doszło do różnic temperatury wewnątrz zbiornika, ponieważ doprowadzić może to do gwałtownego przemieszczania się cieczy i wytworzenia dużej ilości pary, co spowoduje gwałtowny wzrost ciśnienia w zbiorniku. Następuje to podczas napełniania zbiornika amoniaku zawierającego znaczne ilości wody lub wprowadzania amoniaku o podwyższonej temperaturze albo przy dopływie znacznej ilości ciepła, np. wskutek uszkodzenia izolacji. Rozwarstwianie amoniaku zachodzi przy zawartości wody ponad 0,5%. Amoniak, jak wskazują różnorodne opracowania, jest uznawany za najlepszą alternatywę, w porównaniu z konkurencyjnymi czynnikami chłodniczymi, jak fluorowęglowodory czy freon [3].



Rys. 1. Przykład uwolnienia amoniaku ze zbiornika – powstanie chmury toksycznej  
Źródło: opracowanie własne

Potencjalnymi zagrożeniami chemicznymi, w tym między innymi amoniakiem, objęte mogą być zarówno tereny zakładów wykorzystujących tego rodzaju substancje, jak i obszary z nimi sąsiadujące. Analizując możliwość wystąpienia realnych zagrożeń toksyczną substancją przemysłową, jaką jest amoniak w ilości na przykład około 3 ton, zawarty w urządzeniach stacjonarnych w badanym zakładzie mleczarskim, można stwierdzić, że jest to substancja zagrożająca zdrowiu i życiu pracowników oraz mieszkańców obszarów przyległych do terenu zakładu.

## Opis stanowiska pracy przy obsłudze instalacji amoniakalnej w zakładzie mleczarskim

Zagrożenia występujące w badanym zakładzie mleczarskim wynikają przede wszystkim z rodzaju, ilości i właściwości fizyko-chemicznych magazynowanych, przerabianych i stosowanych materiałów niebezpiecznych takich, jak: gazy palne, ciecze palne oraz toksycznych środków przemysłowych i niebezpiecznych substancji chemicznych. Stopień zagrożenia wynika również z istoty samych operacji technologicznych oraz wielkości parametrów technicznych, jak: ciśnienie, temperatura, stężenie przepływu itp. Zagrożenie w tego typu obiektach jest zagrożeniem w znacznym stopniu uzależnionym również od samego człowieka, który sprawuje nadzór i kontrolę nad wszystkimi procesami i zadaniami.

Jednym z najpoważniejszych potencjalnych zagrożeń w zakładzie mleczarskim jest używanie substancji chemicznych, w tym wypadku amoniaku, w procesie technologicznym. Amoniak ze względu na swoje doskonałe właściwości termodynamiczne stosowany jest jako czynnik do schładzania w urządzeniach chłodniczych w mleczarni.

W związku z użytkowaniem przez zakład instalacji amoniakalnej, do jej nadzoru i obsługi wyznaczone jest stanowisko operatora maszynowni. Jego głównym miejscem pracy jest maszynownia i stacja skraplania.

Z tabeli 2 jednoznacznie wynika, iż w przypadku wystąpienia powyższych zagrożeń skutki dla pracowników i otoczenia są bardzo duże. Można stwierdzić, że na stanowisku operatora bezwzględnie jest wymagane przestrzeganie reżimu technologicznego, procedur wewnętrznych oraz znajomość instrukcji w zakresie bezpieczeństwa pracy.

Tab. 2. Identyfikacja zagrożeń na stanowisku operatora maszynowni instalacji amoniakalnej

Lp.	Zagrożenie lub czynnik niebezpieczny, szkodliwy, uciążliwy	Źródło zagrożenia	Możliwe skutki
1.	Zagrożenia powodowane amoniakiem	Nieszczelność elementów amoniakalnej instalacji chłodniczej, zawierających skroplony lub gazowy amoniak: <ul style="list-style-type: none"> <li>• zbiornik,</li> <li>• skraplacz,</li> <li>• parownik,</li> <li>• sprężarki</li> </ul>	Amoniak może powodować: <ul style="list-style-type: none"> <li>• zapalenie oskrzeli i płuc w przypadku wchłaniania go w postaci gazowej drogami oddechowymi,</li> <li>• poparzenia i podrażnienia skóry przez jego roztwory wodne,</li> <li>• uszkodzenia narządu wzroku, aż do spowodowania całkowitej ślepoty przez gaz</li> </ul>

Lp.	Zagrozenie lub czynnik niebezpieczny, szkodliwy, uciążliwy	Źródło zagrożenia	Możliwe skutki
			i roztwór wodny. W skrajnych przypadkach może nastąpić śmierć przez uduszenie lub w wyniku doznanych ciężkich wewnętrznych i zewnętrznych obrażeń ciała.
2.	Pożar/wybuch	Instalacja chłodnicza w przypadku niekontrolowanego wycieku amoniaku. Instalacje i urządzenia elektryczne	Podrażnienia, poparzenia. Uszkodzenie dróg oddechowych. Uszkodzenia narządu wzroku. W skrajnych przypadkach – śmierć przez uduszenie, na skutek porażenia prądem elektrycznym lub w wyniku doznanych ciężkich wewnętrznych i zewnętrznych obrażeń ciała
3.	Porażenie prądem elektrycznym	Instalacja elektryczna, urządzenia zasilane energią elektryczną	Paparzenia, zwęglenia skóry, uszkodzenia narządu wzroku. W skrajnych przypadkach śmierć na skutek porażenia prądem elektrycznym lub w wyniku doznanych ciężkich wewnętrznych i zewnętrznych obrażeń ciała
4.	Zagrożenia powodowane przez ciśnienie: • wybuch, • wytryski czynnika chłodniczego pod ciśnieniem	Elementy składowe amoniakalnej instalacji chłodniczej zawierające skroplony lub gazowy amoniak pod ciśnieniem do 1,5 MPa	Paparzenia skóry, uszkodzenia narządu wzroku, śmierć w wyniku doznanych ciężkich wewnętrznych i zewnętrznych obrażeń ciała
5.	Zagrożenia powodowane przez elementy urządzeń technicznych w ruchu: • wplątanie, • wciągnięcie • pochwylenie, • uderzenie	Ruchome elementy maszyn i urządzeń, takich jak: • sprzężarki • wentylatory • silniki	Zmiażdżenia, złamania kończyn górnych i dolnych, urazy głowy, otarcia i inne uszkodzenia skóry. W skrajnych przypadkach śmierć w wyniku doznanych ciężkich wewnętrznych i zewnętrznych obrażeń ciała

Lp.	Zagrożenie lub czynnik niebezpieczny, szkodliwy, uciążliwy	Źródło zagrożenia	Możliwe skutki
6.	Zagrożenia wynikające z niskiej temperatury powietrza: <ul style="list-style-type: none"> <li>• odmrożenia,</li> <li>• przeziębienia</li> </ul>	Komora chłodnicza o temperaturze $t < 5^{\circ}\text{C}$	Uszkodzenia skóry, tkanek, choroby układu oddechowego, przeziębienia
7.	Zagrożenia spowodowane przez wystające elementy maszyn i urządzeń: <ul style="list-style-type: none"> <li>• uderzenie,</li> <li>• upadek</li> </ul>	Maszyny i urządzenia w komorze chłodniczej i maszynowni, instalacji do diagnostyki	Urazy głowy oraz kończyn górnych i dolnych
8.	Powierzchnie, na których możliwy jest upadek – zagrożenia: <ul style="list-style-type: none"> <li>• upadek,</li> <li>• utrata równowagi</li> </ul>	Nierówne, śliskie powierzchnie, progi	Złamania, zwichnięcia kończyn, stłuczenia ciała
9.	Zagrożenie spowodowane obciążeniem nerwowo-psychicznym, stres	Możliwość popełnienia błędu przy czynnościach podejmowanych w warunkach normalnej, a szczególnie awaryjnej pracy instalacji chłodniczej	Choroby układu krążenia, zmęczenie, brak koncentracji. W konsekwencji pracownik może stworzyć poważne zagrożenie dla życia i zdrowia własnego oraz innych osób przebywających w zakładzie lub jego okolicy

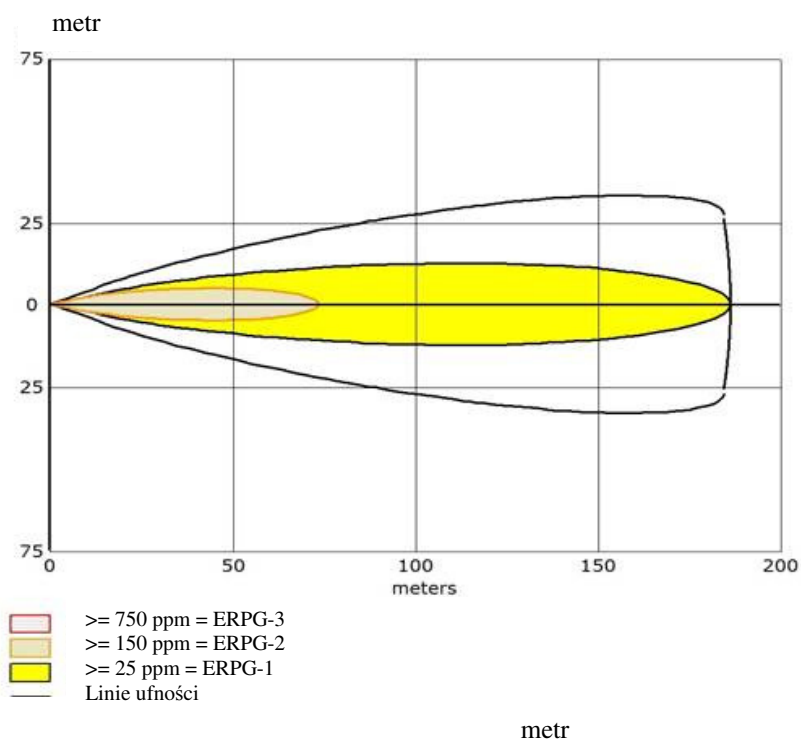
Źródło: opracowanie własne

### **Modelowanie zagrożeń powstałych w wyniku awarii z udziałem amoniaku z wykorzystaniem programu komputerowego ALOHA**

Program do modelowania zagrożeń chemicznych ALOHA jest programem komputerowym opracowanym przez The Cameo Software Suite, przy współpracy z Narodową Administracją Oceanu i Atmosfery (The National Oceanic and Atmospheric Administration) i Agencją Ochrony Środowiska (US Environmental Protection Agency). Program został zaprojektowany do użytku dla ludzi odpowiadających głównie za nadzór nad substancjami chemicznymi oraz służy też do tworzenia map ryzyka, planów awaryjnych oraz

do szkoleń. Program zawiera bibliotekę chemiczną, która zawiera informacje o właściwościach fizycznych około 1000 niebezpiecznych substancji chemicznych. Obliczenia w tym programie stanowią kompromis pomiędzy dokładnością i szybkością. ALOHA został zaprojektowany do generowania właściwych wyników wystarczająco szybko, aby mogły być przydatne dla ratowników [4]. Poniżej przedstawiono przyjęte dane do scenariusza symulacji wpływu amoniaku na otwartej przestrzeni: substancja:

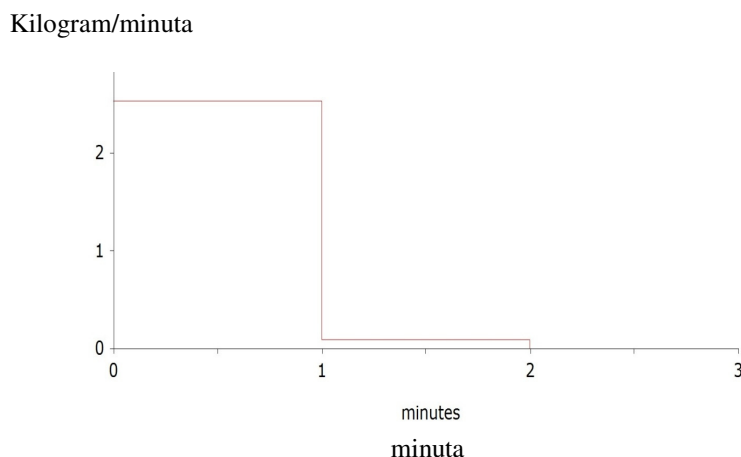
- czas wycieku 2 min, szczeliną o wym. 10 mm x 3 mm ze zbiornika cylindrycznego
- temperatura otoczenia 10°C ,
- wilgotność powietrza 50%,
- prędkość wiatru 5m/s, kierunek północny, lekkie zachmurzenie,
- masa cząsteczkowa 17,03 g/mol,
- ciśnienie w zbiorniku 0,2 MPa,
- uwolnienie chmury gazu bez zapalenia.



Rys. 2. Zasięg stref zagrożenia (model depresji substancji)

Źródło: opracowanie własne z wykorzystaniem programu komputerowego ALOHA





Rys. 3. Zmiany szybkości emisji w czasie  
Źródło: opracowanie własne z wykorzystaniem programu ALOHA

Zgodnie z wynikami symulacji został zobrazowany zasięg strefy zagrożenia. Powstały zatem nakładające się na siebie strefy o owalnym kształcie, uformowane zgodnie z kierunkiem i prędkością wiatru. Strefa odpowiadająca maksymalnej odległości – 180 m oraz 30 m szerokości. Jest to obszar, którego toksyczność zawiera się w przedziale między 25 ppm a 150 ppm, co odpowiada standardowi ERPG 1. Strefa druga, odpowiadająca ERPG 2 (150-750 ppm), posiada wymiary ok. 70 x 20 m.

Należy zaznaczyć, że zgodnie z przyjętymi parametrami nie zaistniała strefa ERPG 3 (powyżej 750 ppm).

Analizując intensywność wypływu amoniaku w funkcji czasu, co możemy zaobserwować (rys. 2), największa ilość substancji została uwolniona podczas pierwszej minuty (2,52 kg), natomiast ze względu na blokadę związaną z czopem lodowym, który znacznie zablokował dalszy wypływ, w kolejnej minucie wypłynęło tylko zaledwie 0,09 kg amoniaku.

### Pomiary chmury amoniakalnej w warunkach rzeczywistych

Obłok gazowego amoniaku występuje jako żrąca, trująca mgła, rozprzestrzeniająca się z wiatrem nad powierzchnią ziemi, dobrze rozpuszcza się w wodzie. Nad powierzchnią wody utrzymuje się jego żrąca i trująca chmura (strefa). Amoniak w powietrzu pali się dobrze – zielonym płomieniem. Gazowy amoniak jest lżejszy od powietrza, co sprzyja gromadzeniu się w górnych partiach pomieszczeń. Produktami spalania są: tlenki azotu, azot oraz para wodna [2, s. 155].

Mając na uwadze właściwości fizyko-chemiczne amoniaku, przystąpiono do przeprowadzenia pomiarów substancji w warunkach rzeczywistych. Pomiary obłoku toksycznego przeprowadzono w dwóch kolejnych próbach. W pierwszej próbie z instalacji amoniakalnej w pomieszczeniu maszynowni uwolniono około 0,5 kg ciekłego amoniaku do pojemnika o średnicy około 350 mm, na wysokości około 1000 mm, co wywołało intensywne wydzielanie mgły, po czym nastąpiło powolne parowanie trwające około 20 min. W celu wyznaczenia strefy zagrożenia dokonano pomiaru granicy rozprzestrzeniania się obłoku gazowego. Do pomiaru użyto detektora czterogazowego firmy FENZY SPERIAN Multi Pro. W próbie drugiej na otwartej przestrzeni, z rury 19 mm wypuszczono ciekły amoniak przy ciśnieniu około 1,2 atm. i prędkości wypływu około 1,5 kg/min. Czas wypływu wynosił około 1 min, strumień skierowany był poziomo. Zaobserwowano proces tworzenia się mgły amoniaku na skutek skraplania wilgoci zawartej w powietrzu. Przy króćcu rury wyrzucającej amoniak nastąpiło oszronienie jej ścianek. Obłok mgły widoczny był w zasięgu około 10 m. W celu dokonania pomiarów konieczne było stosowanie sprzętu ochrony osobistej. W tej próbie pomiarów dokonano bezpośrednio przy występującej emisji na wysokości około 1 m. MultiPro aktywował alarm, czujnik został wyeksponowany na gaz, którego koncentracja przekraczała jego zakres. Z powyższych prób jednoznacznie wynika, iż proces rozprzestrzeniania się amoniaku w powietrzu jest częściowo ograniczony. Zachodzący proces wymiany ciepła, przy przechodzeniu amoniaku ze stanu ciekłego do stanu gazowego, powoduje natychmiastowe ochłodzenie otoczenia i skraplanie w nim pary wodnej, co skutkuje zamarzaniem otworów o mniejszych średnicach. Wynikiem tego procesu jest powstawanie mgły, która częściowo osiada blisko źródła emisji. W zależności od warunków pogodowych i parametrów wypływu obłok chmury gazowej amoniaku rozprzestrzenia się zgodnie z kierunkiem wiatru i ruchami konwekcyjnymi.

Powyższe właściwości przedmiotowej substancji sprawiają, że wszelkie działania w pobliżu amoniaku należy wykonywać z zachowaniem wszystkich zasad dotyczących ratownictwa chemicznego, w tym stosowaniem pełnej ochrony osobistej dla ratowników.

## Podsumowanie

W niniejszym artykule przedstawione zostały zagrożenia związane z substancją chemiczną, jaką jest amoniak stosowany w zakładach przetwórstwa mleczarskiego. Ze względu na ilość podprogową substancji niebezpiecznych w nich występujących, zakłady te w większości przypadków nie kwalifikują się do grupy zwiększonego czy też dużego ryzyka wystąpienia poważnej awarii przemysłowej.

Na podstawie przyjętych parametrów dokonano obliczeń skali zagrożenia, jakie mogłyby być spowodowane poprzez niekontrolowane uwolnienie się amoniaku z instalacji technologicznej wykorzystywanej w zakładzie. Otrzymane wyniki pozwoliły na wskazanie obszaru oddziaływania na bezpośrednie środowisko pracy, jak również tereny przyległe do zakładu. Pozwala to w sposób praktyczny oceniać poziom bezpieczeństwa pracowników oraz mieszkańców miasta, w którym usytuowany jest zakład stosujący amoniak.

Przedstawione ogólne zasady bezpieczeństwa i procedury stosowane podczas wystąpienia zagrożenia, jak również sposób prowadzenia akcji ratownictwa chemiczno-ekologicznego, w znacznej mierze mogą przyczynić się do minimalizacji negatywnego oddziaływania skutków awarii i wypadków, zarówno wobec pracowników, ratowników niosących pomoc poszkodowanym, jak i osób postronnych.

Wszystkie nowe doświadczenia uzmysławiają nam, że systematyczne doskonalenie zawodowe daje gwarancję bezpieczeństwa i skutecznego prowadzenia akcji ratowniczych, a tym samym ratowania życia i zdrowia ludzkiego oraz otaczającego nas środowiska. Stwierdzono, iż instalacje chłodnicze stwarzają podczas awarii zagrożenie toksyczne i wybuchowe oraz w niewielkim stopniu pożarowe. Zagrożenie to wynika przede wszystkim z możliwości powstania mieszanin parowo-powietrznych wokół instalacji i zbiorników, spowodowanych wyciekami cieczy i ulatnianiem się par, których to zjawisk nie da się wyeliminować, a co najwyżej można je ograniczyć. W związku z tym wyznacza się strefy zagrożenia wybuchem, w których podejmuje się działania mające na celu niedopuszczenie do powstania jakichkolwiek bodźców energetycznych. Dla zapobiegania wyciekom z niesprawnych lub uszkodzonych instalacji i urządzeń powinno się ich ciągle, systematyczną kontrolę i konserwację oraz stosować zabezpieczenia technologiczne.

Z analizy przeprowadzonych badań i pomiarów chmury amoniakalnej w warunkach rzeczywistych oraz modelowania zagrożeń przy użyciu programu komputerowego ALOHA wynika, iż zobrażowane zasięgi stref zagrożenia wyliczone z programu mają przybliżone wartości do stref, które zostały wyznaczone przy pomocy przyrządów pomiarowych stosowanych w warunkach rzeczywistych.

Podsumowując, można stwierdzić, iż praca ta powinna wyzwolić u wszystkich zainteresowanych wspólny kierunek działań mających na celu stworzenie optymalnych warunków przeciwdziałania zagrożeniom dla ludzi i środowiska.

**Literatura**

- [1] Nowak-Jeziorański J., Człowiek ze złota. Wspomnienie o Eugeniuszu Kwiatkowskim, Tygodnik Powszechny 1996, 3.
- [2] Wojnarowski A. Obolewicz – Pietrasiak A.: Podstawy Ratownictwa Chemicznego, FIREX, Warszawa 2001, 154.
- [3] Mikołajek D.: Charakterystyka specyficznych zagrożeń z udziałem gazów trujących, żrących (amoniak, chlor, dwutlenek siarki). Sposoby (systemy) przeciwdziałania zagrożeniom wewnątrz przedsiębiorstwa. w: Centrum kształcenia i doskonalenia kadr, Tarnów, 2007
- [4] <http://www.bhpowiec.cba.pl>