

Zatrucia tlenkiem węgla(II) jako jedno z zagrożeń związanych z użytkowaniem gazu ziemnego

Carbon monoxide poisoning as one of the hazards associated with the use of natural gas

Mateusz Rataj

Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy

STRESZCZENIE: W okresie grzewczym na terenie całego kraju dochodzi do coraz częstszych przypadków zatruc tlenkiem węgla(II). O dużej istotności problemu, jakim są zatrucia inhalacyjne wywołane kontaktem z tlenkiem węgla(II), świadczy fakt, że są one częstszą przyczyną śmierci w Europie niż HIV/AIDS czy rak skóry i tylko nieznacznie rzadszą niż nadużywanie alkoholu. Tlenek węgla(II) należy również do najczęstszych przyczyn zatruc inhalacyjnych na świecie, ze wskaźnikiem śmiertelności wynoszącym 2,24 na 100 000 osób. W niniejszym artykule przedstawiono zagadnienia związane z występowaniem zatruc tlenkiem węgla(II) w kontekście użytkowania gazu ziemnego. Wskazano źródła emisji tlenku węgla(II) do atmosfery, a także źródła będące najczęstszą przyczyną wystąpienia zatruc tą substancją z uwzględnieniem różnego typu źródeł i stosowanych paliw. Scharakteryzowano objawy zatruc tlenkiem węgla(II) oraz wyjaśniono mechanizm powstania zatrucia. Artykuł obejmuje swoim zakresem również zasady udzielania pierwszej pomocy przedmedycznej w przypadku wystąpienia zatruc inhalacyjnych tą substancją. W artykule przedstawiono także statystyki dotyczące zatruc tlenkiem węgla(II) pochodzącym nie tylko z domowych urządzeń gazowych, ale też z innych źródeł. W analizowanych statystykach uwzględniono dane dotyczące zatruc z Polski, Europy oraz kilku państw spoza Europy. Najistotniejszym zagadnieniem poruszonym w artykule jest charakterystyka działań na rzecz poprawy bezpieczeństwa użytkowników gazu ziemnego. W artykule wskazano m.in. działania w zakresie technicznym i edukacyjnym. Wśród najistotniejszych działań na rzecz poprawy bezpieczeństwa użytkowników urządzeń gazowych wymieniane są między innymi programy skutecznej konserwacji, stosowanie czujników tlenku węgla(II) lub dymu, montaż okiennych nawiewników powietrza oraz akcje informacyjne i edukacyjne. Opisano również, jakie znaczenie dla poprawy bezpieczeństwa ma właściwa konserwacja i użytkowanie domowych urządzeń gazowych. W końcowej części artykułu wskazano jakie, zdaniem autora, działania prawne należy podjąć w celu poprawy bezpieczeństwa użytkowników, w szczególności w kierunku instalacji w budynkach mieszkalnych urządzeń z zamkniętą komorą spalania, co pozwala na wyeliminowanie napływu tlenku węgla(II) do pomieszczenia w trakcie procesu spalania gazu.

Słowa kluczowe: tlenek węgla(II), zatrucia tlenkiem węgla(II), gaz ziemny, domowe urządzenia gazowe.

ABSTRACT: During the heating season, cases of carbon monoxide poisoning occur more frequently throughout the country. The high significance of the problem posed by inhalation poisoning caused by contact with carbon monoxide is evidenced by the fact that poisoning with this gas is a more frequent cause of death in Europe than HIV/AIDS or skin cancer and only slightly less frequent than alcohol abuse. Carbon monoxide is also the most common cause of inhalation poisoning in the world, with a mortality rate of 2.24 per 100 000 people. The article presents issues related to carbon monoxide poisoning in the context of the usage of natural gas. The sources of emission of carbon monoxide to the atmosphere, as well as sources being the most common cause of occurrence of poisoning with this substance are indicated, taking into account different types of sources and fuels. The symptoms of poisoning with carbon monoxide were characterized and the mechanism of poisoning was explained. The article also covered the principles of first aid in the event of poisoning with this substance. The article also presents statistics on poisoning with carbon monoxide originating not only from domestic gas appliances, but also from other sources in the analyzed statistics, data on poisonings from Poland, Europe and several countries from outside Europe were taken into account. The most important issue raised in the article was the characterization of measures to improve the safety of natural gas users. Among those listed in the article there are activities in the technical and educational field. The most important activities to improve the safety of gas equipment users include, among others, effective maintenance programs, the use of carbon monoxide detectors or smoke detectors, the installation of window air diffusers, and information and education campaigns. The article describes the importance of proper maintenance and use of domestic gas appliances to improve safety. The final part of the article indicates what legal actions in the author's opinion, should be taken, to improve the safety of users, in particular towards installation of residential appliances with a closed combustion chamber, which eliminates the inflow of carbon monoxide to the room during the gas combustion process.

Key words: carbon monoxide, carbon monoxide poisoning, natural gas, domestic gas appliances.

Autor do korespondencji: M. Rataj, e-mail: mateusz.rataj@inig.pl

Artykuł nadesłano do Redakcji 24.09.2018 r. Zatwierdzono do druku 9.01.2019 r.

Wstęp

Gaz ziemny, w przeciwieństwie do innych paliw gazowych takich jak gaz miejski stosowany w początkach XIX wieku (Huszał, 2017) czy odpadowe paliwa gazowe (gaz koksowniczy, konwertorowy czy wielkopieczowy), nie zawiera w swoim składzie tlenku węgla(II) (Holewa-Rataj i Szlęk, 2015). Jednak w przypadku, gdy proces jego spalania odbywa się przy niedoborze tlenu, w produktach spalania może pojawić się toksyczny tlenek węgla(II). Rokrocznie w okresie jesienno-zimowym notuje się zwiększoną liczbę interwencji wynikających z zatrucia tlenkiem węgla(II). Jak wynika z prowadzonych statystyk, rocznie dochodzi do około 3700 zdarzeń z udziałem tlenku węgla(II), w których poszkodowanych zostaje około 2000 osób, a 50 z nich ponosi śmierć (Państwowa Straż Pożarna, b.d.; Tałach et al., 2007; MSWiA, 2014; Komenda Główna Państwowej Straży Pożarnej, 2016). O tym, jak istotnym problemem są śmiertelne zatrucia tlenkiem węgla(II), świadczy nie tylko fakt, że rocznie z tego powodu w całym kraju umiera średnio około 50 osób, ale również to, że rocznie ginie w ten sposób jedna osoba na każde 100 000 użytkowników gazowych przepływowych grzejników wody (Żurański, 2012). Kolejnym potwierdzeniem szczególnego zagrożenia, jakie stwarza tlenek węgla(II), jest fakt, że stanowi on jedną z najczęstszych przyczyn zatrucia inhalacyjnego na świecie (Nieścior i Jackowska, 2013), ze wskaźnikiem śmiertelności 2,24 na 100 000 osób. Zatrucia tlenkiem węgla(II) są częstszą przyczyną śmierci w Europie niż HIV/AIDS czy rak skóry i nieznacznie rzadszą niż nadużywanie alkoholu (European Association for the Co-ordination of Consumer Representation in Standardisation [ANEC] i Consumer Safety International [CSI], 2013) – statystyka ta uwzględnia wszelkie źródła tlenku węgla(II), a nie jedynie pochodzące ze spalania paliw gazowych. Mimo to wielu ludzi nie jest świadomych zagrożeń związanych z zatruciami tlenkiem węgla(II). Z tego względu istotne jest poznanie źródeł emisji tlenku węgla(II), jego właściwości, mechanizmu działania, a także zasad udzielania pierwszej pomocy oraz możliwości prowadzenia działań na rzecz poprawy bezpieczeństwa.

Źródła emisji tlenku węgla(II)

Roczną wielkość emisji tlenku węgla(II) do atmosfery szacuje się na około 2600 milionów ton, z czego około 60% jest pochodzenia antropogenicznego, a pozostałe 40% pochodzi ze źródeł naturalnych (World Health Organization [WHO], 2000). Głównym antropogenicznym źródłem powstawania tlenku węgla(II) jest niecałkowite spalanie paliw zawierających w swym składzie węgiel, takich jak: drewno, ropa naftowa, węgiel czy

gaz ziemny (WHO, 2000; Fazlzadeh et al., 2015). Emisje tlenku węgla(II) do atmosfery zarówno ze źródeł antropogenicznych, jak i naturalnych przyczyniają się do tego, że średnie stężenie tlenku węgla(II) w powietrzu atmosferycznym mieści się zazwyczaj w przedziale od 0,06 do 0,14 mg/m³, przy czym w centrach dużych miast europejskich średnie stężenie tlenku węgla(II) w powietrzu może przekraczać 0,20 mg/m³ (WHO, 2000; Jakubowski, 2006). Porównując zawartości tlenku węgla(II) w powietrzu wewnątrz i na zewnątrz budynków, można zauważyć, że w pomieszczeniach zamkniętych urządzenia takie jak ogrzewacze pomieszczeń lub wody zasilane olejem, gazem lub naftą czy kuchenki gazowe, a także palenie tytoniu powodują wzrost stężenia tlenku węgla(II) (WHO, 2000). Analizując przyczyny zatruc tlenkiem węgla(II) – jako główne źródła emisji tej substancji podawane są: grillowanie wewnątrz pomieszczeń (20%), dym (15%), silniki spalinowe (11%), z tego urządzenia gazowe stanowią przyczynę zatruc jedynie w 3% przypadków (ANEC i CSI, 2013).

Proces zatrucia tlenkiem węgla(II)

Właściwościami tlenku węgla(II), które sprzyjają występowaniu zatruc, są: gęstość zbliżona do gęstości powietrza, brak zapachu, koloru i smaku oraz wysokie powinowactwo do hemoglobiny. Tlenek węgla(II) powoduje zatrucia jedynie poprzez drogi oddechowe (Jakubowski, 2006). Mechanizm powstawania zatrucia tlenkiem węgla(II) polega na blokowaniu transportu tlenu poprzez konkurencyjne wiązanie tlenku węgla(II) z hemoglobina i wypieranie tlenu z tych połączeń (WHO, 2000; Jakubowski, 2006; Grobelska et al., 2014). Obecność tlenku węgla(II) we wdychanym powietrzu zmniejsza dostarczenie tlenu do tkanek. Szybkość wiązania tlenku węgla(II) z hemoglobina w początkowym okresie ekspozycji jest duża, aż do momentu osiągnięcia równowagi między stężeniem karboksyhemoglobiny we krwi a stężeniem tlenku węgla(II) w powietrzu (Nieścior i Jackowska, 2013). Zatrucia tlenkiem węgla(II) stanowią duże zagrożenie dla zdrowia i życia ludzi ze względu na fakt, że powinowactwo tlenku węgla(II) do hemoglobiny jest około 200–300 razy większe niż powinowactwo tlenu do hemoglobiny (WHO, 2000; Jakubowski, 2006; Nieścior i Jackowska, 2013; Grobelska et al., 2014), co w połączeniu z faktem, że około 80–90% wchłoniętego tlenku węgla(II) ulega odwracalnemu wiązaniu z hemoglobina, stanowi o istocie problemu zatruc tym gazem (WHO, 2000; Jakubowski, 2006). Mimo że wiązanie tlenku węgla(II) z hemoglobina jest procesem odwracalnym, to dysocjacja karboksyhemoglobiny następuje 10 razy wolniej niż oksyhemoglobiny, w ten sposób tlenek węgla(II) blokuje hemoglobinę dla tlenu (WHO, 2000; Jakubowski, 2006; Kukuczka, 2007). Ze względu

na mechanizm zatruc tlenkiem węgla(II), który związany jest z upośledzeniem funkcji transportu tlenu w organizmie, objawy zatruc tym gazem są niespecyficzne (Drażkiewicz, 2005; Nieścior i Jackowska, 2013; Grobelska et al., 2014; Sandilands i Bateman, 2016). Do pierwszych objawów zatrucia należą: bóle głowy, uczucie ucisku wokół skroni, szum w uszach, zawroty głowy, osłabienie, mdłości i wymioty (Drażkiewicz, 2005). Objawy te mogą sugerować infekcję grypopodobną, zatrucie pokarmowe czy inną infekcję wirusową. Zatem nie trudno postawić błędną diagnozę, szczególnie u dzieci, u których tego typu infekcje często występują (Nieścior i Jackowska, 2013). Kolejnymi objawami zatrucia tlenkiem węgla(II) są: przyspieszenie pulsu, zaburzenia oddychania, prowadzące w konsekwencji do utraty przytomności i głębokiej śpiączki z napadami drgawek, a w następnej kolejności do zatrzymania akcji serca (Drażkiewicz, 2005). Zauważyć należy również, że już stosunkowo niewielkie stężenie tlenu węgla(II), wynoszące zaledwie 100 ppm, przy narażeniu trwającym osiem godzin może wywoływać objawy zatrucia, takie jak uczucie ucisku czy lekki ból głowy. Należy pamiętać również o tym, że zatrucia tlenkiem węgla(II) mogą przyczyniać się do powstawania takich chorób jak choroba Parkinsona (Sandilands i Bateman, 2016). Odsuniętymi w czasie skutkami zatruc tlenkiem węgla(II) są także: apatia, dezorientacja, amnezja, które występują prawie we wszystkich przypadkach. Do znacznie rzadszych objawów należą: drażliwość, rozproszenie oraz zaburzenia zachowania, które mogą wystąpić po około 2–4 tygodniach od zatrucia tlenkiem węgla(II) (Sandilands i Bateman, 2016). Udzielanie pierwszej pomocy przedmedycznej poszkodowanym w wyniku zatruc tlenkiem węgla(II) należy przeprowadzić zgodnie z ogólnym schematem obejmującym zabezpieczenie miejsca zdarzenia, ewakuację poszkodowanego oraz sprawdzenie jego przytomności (Grobelska et al., 2014). Przed przystąpieniem do udzielania pierwszej pomocy należy upewnić się, że podejmowane działania nie stanowią zagrożenia dla ratownika. W celu zminimalizowania ryzyka należy zadbać o dostęp świeżego powietrza do zagrożonego pomieszczenia i jeśli to możliwe, usunąć źródło emisji tlenu węgla(II) (Biuro Rozpoznawania Zagrożeń Komendy Głównej Państwowej Straży Pożarnej, b.d.; Comité régional des soins infirmiers, b.d.; Krakowskie Pogotowie Ratunkowe, b.d.; Military Medical Academy, b.d.; Szpital Uniwersytecki w Krakowie, b.d.; Burda et al., 2012; Workers die..., 2012). W następnym kroku należy poszkodowanego wyprowadzić lub wynieść na zewnątrz budynku na świeże powietrze. Jeśli jest przytomny, należy zapewnić mu wygodne ułożenie ciała w pozycji leżącej lub półleżącej oraz chronić go przed nadmiernym wychłodzeniem ciała. Następnie wezwać służby ratunkowe. Jeśli natomiast poszkodowany jest nieprzytomny, to po jego ewakuacji z zagrożonego pomieszczenia należy usu-

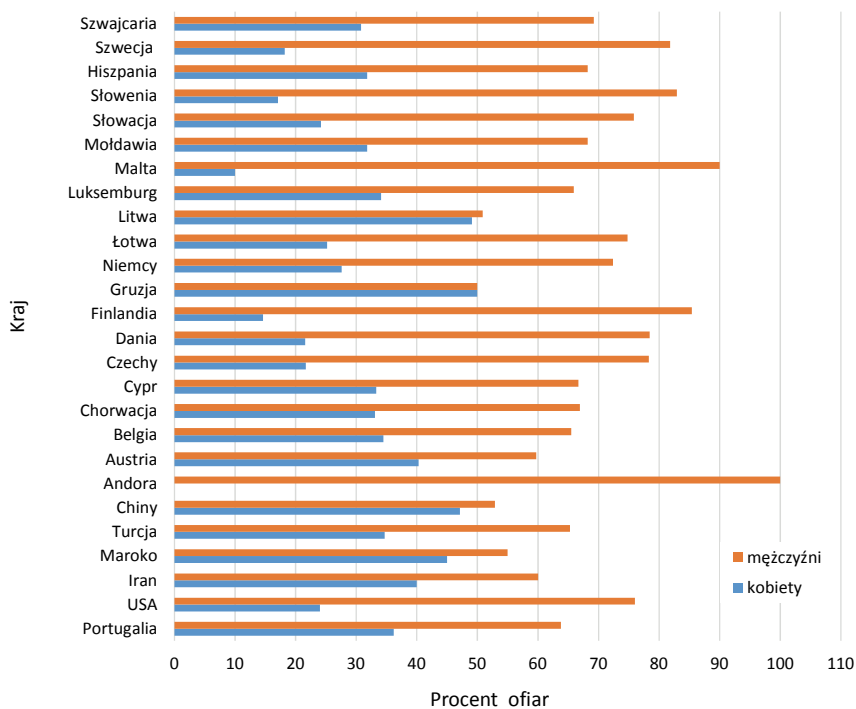
nąć z jego jamy ustnej protezy i inne ciała obce, ułożyć poszkodowanego w pozycji bocznej ustalonej, wezwać służby ratunkowe i do czasu ich przyjazdu obserwować poszkodowanego. Jeśli dojdzie do zatrzymania akcji serca i oddechu, należy rozpocząć wykonywanie zabiegów resuscytacyjnych. Podczas udzielania pierwszej pomocy ofiarom zatruc tlenkiem węgla(II) duży nacisk kładzie się na wyeliminowanie kontaktu z czynnikiem toksycznym poprzez ewakuację poszkodowanego oraz przewietrzenie pomieszczenia. Jest to związane z tym, że jeśli ofiara oddycha powietrzem pozbawionym tlenu węgla(II), to stężenie karboksyhemoglobiny spada o około połowę mniej więcej co cztery godziny (Comité régional des soins infirmiers, b.d.).

Statystyki zatruc tlenkiem węgla(II)

Analizując doniesienia literaturowe oraz statystyki zatruc tlenkiem węgla(II) z różnych źródeł (nie tylko ze spalania paliw gazowych) pochodzące z różnych części świata (Państwowa Straż Pożarna, b.d.; Żurański, 2001, 2003, 2012; Belanger et al., 2008; Ait El Cadi et al., 2009; Gomółka i Gawlikowski, 2011; Braubach et al., 2013; Karapirli et al., 2013; Krzyżanowski et al., 2014; MSWiA, 2014, 2016; Ruas et al., 2014; Li et al., 2015; Sircar et al., 2015; Khadem-Rezaiyan i Afshari, 2016; Komenda Główna Państwowej Straży Pożarnej, 2016; Rataj, 2016; Ran et al., 2017; Statista, 2017; Hosseininejada et al., 2018) można dostrzec pewne prawidłowości. Pierwsza z nich dotyczy faktu, że częściej ofiarami śmiertelnymi zatruc są mężczyźni niż kobiety (rys. 1). Wyjątek stanowią badania przeprowadzone dla województwa małopolskiego, które wskazały, że większość ofiar to kobiety (Gomółka i Gawlikowski, 2011), oraz dane dotyczące Gruzji, które wykazały, że procentowy udział ofiar wśród kobiet i mężczyzn jest taki sam (Braubach et al., 2013). W przypadku 5 państw: Andory, Malty, Finlandii, Słowenii i Szwecji odsetek mężczyzn wśród ofiar śmiertelnych przekraczał 80%. Natomiast w czterech państwach: w Gruzji, na Litwie, w Chinach i Austrii odsetek mężczyzn wśród ofiar śmiertelnych nie przekraczał 60%.

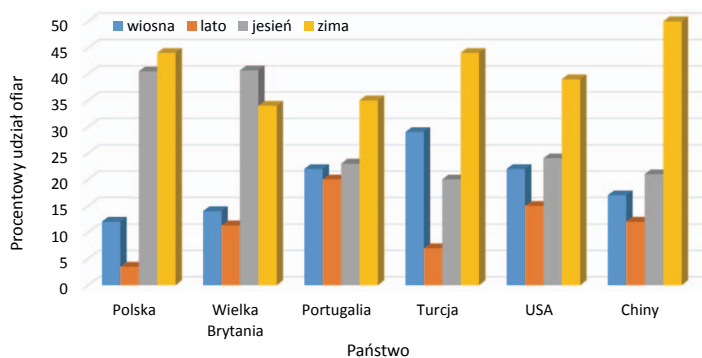
Kolejną z prawidłowości dotyczących charakterystyki śmiertelnych ofiar zatruc tlenkiem węgla(II), jaką można zauważyć podczas analizy zebranych danych, jest fakt, że najmniej liczną grupę ofiar stanowią dzieci i młodzież do około 20. roku życia, pomimo że młody wiek jest czynnikiem ryzyka ciężkiego przebiegu zatruc tlenkiem węgla(II) (Burda et al., 2012). Może to wynikać z faktu, że dzieci nie korzystają i/lub nie obsługują samodzielnie urządzeń, które mogą stanowić źródło tlenu węgla(II).

Z analizy dostępnych danych wynika również, że do większości zatruc dochodzi w okresie zimowym (rys. 2).



Rys. 1. Ofiary śmiertelne zatruc tlenkiem węgla(II) z uwzględnieniem płci ofiar (Ait El Cadi et al., 2009; Braubach et al., 2013; Karapirli et al., 2013; Ruas et al., 2014; Sircar et al., 2015; Hosseininejada et al., 2018)

Fig. 1. Victims of poisoning carbon monoxide division by sex (Ait El Cadi et al., 2009; Braubach et al., 2013; Karapirli et al., 2013; Ruas et al., 2014; Sircar et al., 2015; Hosseininejada et al., 2018)



Rys. 2. Ofiary śmiertelne zatruc tlenkiem węgla(II) z uwzględnieniem pory roku zajścia zdarzenia (Żurański, 2003; Karapirli et al., 2013; Ruas et al., 2014; Li et al., 2015; Sircar et al., 2015; Rataj, 2016; Statista, 2017)

Fig. 2. Victims of poisoning carbon monoxide taking into account the time of year (Żurański, 2003; Karapirli et al., 2013; Ruas et al., 2014; Li et al., 2015; Sircar et al., 2015; Rataj, 2016; Statista, 2017)

W większości przypadków największą liczbę zatruc śmiertelnych odnotowuje się w okresie zimowym (34–50% wypadków). Wyjątek stanowią dane pochodzące z Wielkiej Brytanii, wskazujące, że większość wypadków przypadała na okres jesienny (40,7%), natomiast na okres zimowy przypadało 34% wypadków. We wszystkich analizowanych państwach okresem o najmniejszej liczbie wypadków jest okres letni, na który przypada od 7% do 20% wypadków śmiertelnych. Wyraż-

na sezonowość zatruc tlenkiem węgla(II) pozwala powiązać występowanie tego typu wypadków z okresem grzewczym.

Działania w zakresie zapobiegania zatruciom tlenkiem węgla(II)

Zatrucia tlenkiem węgla(II) mogą być spowodowane bardzo różnymi przyczynami, od pożarów, przez niecałkowite spalanie paliw stałych, ciekłych i gazowych, po niewłaściwe użytkowanie silników spalinowych czy samobójstwa. Stąd też zakres działań, które mogą przyczynić się do ograniczenia liczby zatruc tlenkiem węgla(II), jest bardzo szeroki i zróżnicowany. Patrząc całościowo na problem tych zatruc – działania na rzecz ich ograniczania można podzielić na kilka obszarów. Pierwszym z nich są aspekty techniczne związane z budynkami i stosowanymi urządzeniami (Braubach et al., 2013). Działania w tym zakresie to głównie środki zapobiegawcze, których celem jest zmniejszenie emisji tlenku węgla(II) u źródła, ograniczenie jego emisji oraz możli-

wości inhalacyjnego narażenia na ten związek. Można to osiągnąć poprzez inwestowanie w wysoką jakość urządzeń i stosowanie techniki czystego spalania; działania te powinny być wspierane poprzez odpowiedni dobór, instalację i konserwację urządzenia oraz właściwą wentylację pomieszczeń. Wśród działań w tym zakresie należy wymienić również:

- zakaz korzystania z silników spalinowych oraz grillów wewnątrz budynków;
 - wprowadzenie programów skutecznej konserwacji i inspekcji urządzeń spalających różnego typu paliwa;
 - efektywne i dobrze utrzymane systemy wentylacyjne, projektowanie układów odprowadzania spalin lub gazów odlotowych zapobiegające ponownemu wprowadzaniu produktów spalania do budynków;
 - nieinstalowanie w pomieszczeniach sypialnych urządzeń grzewczych na gaz lub paliwa stałe;
 - stosowanie czujników dymu lub detektorów tlenku węgla(II) w pomieszczeniach narażonych na emisję tlenku węgla(II) (Mohankumar et al., 2012; Hampson, 2016; Ran et al., 2017).
- Drugim obszarem działań w zakresie ograniczania liczby zatruc tlenkiem węgla(II) jest edukacja i akcje informacyjne (Braubach et al., 2013; Hampson, 2016). Prowadzenie akcji informacyjnych powinno być skierowane szczególnie do

mieszkańców gospodarstw domowych, którzy używają gazu, paliw stałych lub ciekłych. Akcje informacyjne powinny obejmować takie zagadnienia jak ryzyko związane z ekspozycją na tlenek węgla(II), typowe objawy zatrucia oraz sposoby ich uniknięcia (Braubach et al., 2013). Kolejny obszar dotyczy działań prawnych w zakresie określenia odpowiednich normatywnów higienicznych związanych zarówno z krótkotrwałą, jak i długotrwałą ekspozycją na tlenek węgla(II). Podane obszary działania są bardzo ogólne i mają zastosowanie bez względu na źródło narażenia na tlenek węgla(II). Niemniej jednak z punktu widzenia poprawy bezpieczeństwa użytkowników urządzeń gazowych najistotniejsze są działania szczegółowe w tym właśnie zakresie. Wśród działań technicznych na rzecz poprawy bezpieczeństwa wymieniane są takie jak:

- stosowanie w oknach nawiewników powietrza lub mikrowentylacji (Żurański, 2001, 2003, 2006, 2012; Czerski, 2006; Tałach et al., 2006, 2007; Maludziński, 2013);
- instalowanie w urządzeniach gazowych zabezpieczeń zapobiegających cofaniu się spalin, które chronią przed napływem spalin do pomieszczenia (Żurański, 2001, 2003, 2006; Czerski, 2006; Tałach et al., 2006, 2007);
- instalowanie w pomieszczeniach narażonych na emisję tlenu węgla(II) czujników wykrywających ten związek, z zachowaniem zasad ich prawidłowego montażu (Czerski, 2006; Tałach et al., 2006, 2007; Mohankumar et al., 2012; Żurański, 2012; Hampson, 2016; Ran et al., 2017);
- stosowanie odpowiednich nasad kominowych poprawiających siłę ciągu oraz chroniących przed niekorzystnym wpływem wiatru na przewody spalinowe i wentylacyjne (Czerski, 2006; Tałach et al., 2006, 2007);
- ocieplenie kanałów wentylacyjnych w przestrzeni stropowej w celu zwiększenia temperatury powietrza w kanale, a tym samym zwiększenia wysokości czynnej tegoż kanału (Maludziński, 2013).

Dodatkowo istotnym powodem wypadków z udziałem tlenu węgla(II) powstającego w procesie użytkowania gazu ziemnego jest brak konserwacji urządzeń gazowych lub przeprowadzanie jej w niewłaściwy sposób. Wynikiem zaniedbań w tym zakresie jest nagromadzenie się zanieczyszczeń na różnego typu elementach funkcjonalnych urządzenia, z których szczególne znaczenie mają elementy palnika, ze względu na prawidłowość procesu spalania. Dlatego zdaniem autora podstawowym działaniem edukacyjnym w ramach poprawy bezpieczeństwa użytkownika urządzeń gazowych powinny być akcje zwracające szczególną uwagę na niebezpieczeństwo, jakie niesie za sobą pojawienie się tlenu węgla(II) w pomieszczeniach. Prowadzone akcje edukacyjne powinny pokazać również zagrożenia związane z niewłaściwą konserwacją urządzeń gazowych, ingerencją w ich konstrukcję oraz niewłaściwą regulacją ich pracy.

Wśród działań na rzecz poprawy bezpieczeństwa użytkownika urządzeń gazowych w obszarze prawnym należy wymienić wprowadzenie do zapisów dotyczących okresowych kontroli przewodów spalinowych i wentylacyjnych konieczności prowadzenia również kontroli systemów nawiewników i/lub mikrowentylacji oraz sprawności technicznej urządzeń (Żurański, 2001, 2003, 2006, 2012). W zakresie poprawy bezpieczeństwa niezbędne jest także wprowadzenie regulacji prawnych, które ustanowią wymagania dotyczące jednakowej wysokości wszystkich kominów obsługujących poszczególne mieszkania (Żurański, 2012). Jednym z najistotniejszych zagadnień związanych z bezpieczeństwem użytkownika gazowych grzejników wody przepływowej jest wprowadzenie regulacji prawnych zakazujących instalowania urządzeń z otwartą komorą spalania (urządzenia typu B). Próbę zmiany prawa w tym zakresie podjął Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy wraz z Wydziałem Paliw i Energii Akademii Górniczo-Hutniczej im. St. Staszica. Proponowana zmiana prawa miała polegać na wprowadzeniu całkowitego zakazu instalowania urządzeń typu B w nowych budynkach mieszkalnych (Gebhardt, 2012). Przedstawione stanowisko może wydawać się bardzo radykalne, lecz jednocześnie jest najbardziej skuteczną metodą walki z zatruciami tlenkiem węgla(II). Zastąpienie urządzeń typu B urządzeniami typu C pozwoli na całkowite odizolowanie przestrzeni mieszkaniowej od spalin, zwiększając bezpieczeństwo użytkowników. Tym samym nawet w przypadku zablokowania przewodów spalinowych dla urządzeń typu C nie następuje wypływ produktów spalania do pomieszczenia, co eliminuje ryzyko zatrucia tlenkiem węgla(II). Zaproponowane przez INiG – PIB wraz z AGH regulacje prawne są bez wątpienia najbardziej skutecznym z możliwych do zastosowania rozwiązań (Rataj, 2016).

Podsumowanie

Wysoka śmiertelność spowodowana zatruciami tlenkiem węgla(II) w połączeniu z faktem, że corocznie w Polsce dochodzi do śmiertelnych zatrucí osób użytkujących gazowe przepływowe grzejniki wody, sprawia, że nie zawsze gaz ziemny odbierany jest jako paliwo w pełni bezpieczne. Dzieje się tak, mimo że zatrucia tlenkiem węgla(II) o wiele częściej mają swoje źródła w innych procesach niż użytkowanie gazu ziemnego. Niemniej jednak podejmowanie działań informacyjnych mających na celu zwiększenie świadomości użytkowników urządzeń gazowych w zakresie konieczności prawidłowej konserwacji tych urządzeń oraz zapewnienia odpowiednich warunków pracy, w tym w szczególności odpowiedniego dostępu powietrza, powinno przyczynić się do poprawy postrzegania gazu ziemnego jako bezpiecznego paliwa. Prowadzone

działania edukacyjne powinny również swoim zakresem obejmować informację na temat pierwszych symptomów zatrucia tlenkiem węgla(II) oraz zasady udzielania pierwszej pomocy.

Artykuł powstał na podstawie pracy statutowej pt.: *Analiza przyczyn wypadków z udziałem tlenku węgla(II), powstającego w procesie użytkowania gazu, na podstawie dokumentacji powypadkowej* – praca INiG – PIB na zlecenie MNiSW; nr zlecenia: 062/GU/18, nr archiwalny: DK-4100-62/18.

Literatura

- Ait El Cadi M., Khabbal Y., Idrissi L., 2009. Carbon monoxide poisoning in Morocco during 1999–2007. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 16: 385–387. DOI: 10.1016/j.jflm.2009.01.017.
- Belanger F., Ung A.B. et al., 2008. Poisoning-related deaths in an enlarged European Union. Institut de Veille Sanitaire, Saint-Maurice. <<http://www.invs.sante.fr>> (dostęp: 14.01.2019).
- Biuro Rozpoznawania Zagrożeń Komendy Głównej Państwowej Straży Pożarnej, b.d. Postępowanie związane z zatruciem tlenkiem węgla. <<https://bip.malopolska.pl/e,pobierz.get.html?id=233111>> (dostęp: 22.01.2018).
- Braubach M., Algoet A., Beaton M., Lauriou S., Héroux M.E., Krzyżanowski M., 2013. Mortality associated with exposure to carbon monoxide in WHO European Member States. *Indoor Air*, 23: 115–125. DOI: 10.1111/ina.12007.
- Burda P., Kołaciński Z., Lukasiak-Głębocka M., Sein Anand J., 2012. Postępowanie w ostrych zatruciach tlenkiem węgla. Gdańsk. <http://www.pctox.pl/e107_files/downloads/Zalecenia%20STK%20PTL-CO.pdf> (dostęp: 12.01.2018).
- Comité régional des soins infirmiers en santé au travail au regard des premiers secours et des premiers soins, b.d. First aid and emergency medical care. Data sheet. Carbon monoxide (CO). <http://www.santeautravail.qc.ca/c/document_library/get_file?uuid=bfb61d67-5e15-42cc-8847-570213bb689f&groupId=67467> (dostęp: 9.01.2019).
- Czerski G., 2006. Ocena oraz sposoby eliminacji zagrożeń zatruciem tlenkiem węgla. *Rynek Instalacyjny*, 3: 70–73.
- Drażkiewicz J., 2005. Zatrucia tlenkiem węgla. *Rynek Instalacyjny*, 3: 88–90.
- European Association for the Co-ordination of Consumer Representation in Standardisation, Consumer Safety International, 2013. Carbon Monoxide: The silent killer. ANEC.
- Fazlzadeh M., Rostami R., Hazrati S., Rastgu A., 2015. Concentrations of carbon monoxide in indoor and outdoor air of Ghalyun cafes. *Atmospheric Pollution Research*, 6: 550–555. DOI:10.5094/APR.2015.061.
- Gebhardt Z., 2012. Dlaczego należy zaprzestać instalacji urządzeń gazowych typu B. *Polski Instalator*, 9: 28.
- Gomółka E., Gawlikowski T., 2011. Ocena częstości zatruczeń tlenkiem węgla na podstawie wyników oznaczeń karboksyhemoglobiny przeprowadzonych w Pracowni Toksykologii w Krakowie w latach 2002–2010. *Przegląd Lekarski*, 68(8): 413–416.
- Grobelska K., Królikowska A., Zieliński E., Nurczyńska E., Telak J., 2014. Zatrucie tlenkiem węgla – zadania ratownika na miejscu zdarzenia. *Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza*, 34(2): 123–132.
- Hampson N.B., 2016. Cost of accidental carbon monoxide poisoning: A preventable expense. *Preventive Medicine Reports*, 3: 21–24. DOI: 10.1016/j.pmedr.2015.11.010.
- Holewa-Rataj J., Szlęk M., 2015. Wpływ poprawności wyznaczenia współczynnika ściśłości na poprawność obliczeń ciepła spalania gazu dla gazów o składzie innym niż przewidziany normą PN-EN ISO 6976:2008. *Nafta-Gaz*, 7: 481–486.
- Hosseininejada S.M., Aminiahidashtia H., Khatira I.G., Ghasempourib S.K., Jabbaric A., Khandashpour M., 2018. Carbon monoxide poisoning in Iran during 1999–2016: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 53: 87–96. DOI: 10.1016/j.jflm.2017.11.008.
- Huszał A., 2017. Nawanianie paliw gazowych gwarancją ich bezpiecznego użytkowania. *Nafta-Gaz*, 11: 878–886. DOI: 10.18668/NG.2017.11.08.
- Jakubowski M., 2006. Tlenek węgla. Dokumentacja dopuszczalnych wielkości narażenia zawodowego. *Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy*, 4: 69–92.
- Karapirli M., Kandemir E., Akyol S., Nabi M., Kaya M., Akyol O., 2013. Forensic and clinical carbon monoxide (CO) poisonings in Turkey: A detailed analysis. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 20: 95–101. DOI: 10.1016/j.jflm.2012.04.031.
- Khadem-Rezaiyan M., Afshari R., 2016. Carbon monoxide poisoning in Northeast of Iran. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 41: 1–4. DOI: 10.1016/j.jflm.2016.04.002.
- Komenda Główna Państwowej Straży Pożarnej, 2016. Tlenek węgla – podsumowanie sezonu grzewczego 2015/2016. <http://www.straz.gov.pl/aktualnosci/lista_aktualnosci/idn:35885> (dostęp: 13.02.2018).
- Krakowskie Pogotowie Ratunkowe, b.d. Zatrucie tlenkiem węgla. Lekarz Pogotowia Radzi. 2155564/01. <http://www.kpr.med.pl/UserFiles/File/Lekarz_pogotowia_radzi/Tlenek_wegla.pdf> (dostęp: 14.01.2019).
- Krzyżanowski M., Seroka W., Skotak K., Wojtyniak B., 2014. Zgony i hospitalizacje z powodu zatrucia tlenkiem węgla w Polsce. *Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza*, 33(1): 75–82. DOI: 10.12845/bitp.33.1.2014.9.
- Kukuczka A., 2007. Biochemiczne zatrucie tlenkiem węgla z dymu papierosa palacza i osób towarzyszących. *Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja*, 11: 37–39.
- Li F., Chan H.C., Liu S., Jia H., Li H., Hu Y., Wang Z., Huang W., 2015. Carbon monoxide poisoning as a cause of death in Wuhan, China: A retrospective six-year epidemiological study (2009–2014). *Forensic Science International*, 253: 112–118. DOI: 10.1016/j.forsciint.2015.06.007.
- Maludziński B., 2013. Problemy z wentylacją naturalną po termomodernizacji budynków i możliwości jej poprawy – studium przypadku. *Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja*, 5: 210–214.
- Military Medical Academy, b.d. Carbon Monoxide Poisoning Prevention and the First Aid. <<http://www.vma.mod.gov.rs/eng/health-advice/MMA-pamphlet>> (dostęp: 1.07.2018).
- Mohankumar T.S., Kanchan T., Pinakini K.S., Menezes R.G., Singh M., Sirohi P., Anwar N., 2012. Gas geyser – A cause of fatal domestic carbon monoxide poisoning. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 19: 490–493. DOI: 10.1016/j.jflm.2012.02.025.
- MSWiA, 2014. MSW ostrzega przed zatruciami tlenkiem węgla. <<https://archiwum.mswia.gov.pl/pl/aktualnosci/12494,MSW-ostrzega-przed-zatruciami-tlenkiem-wegla.html>> (dostęp: 11.02.2018).
- MSWiA, 2016. 22 ofiary zatrucia czasem – apelujemy o ostrożność. <<https://archiwum.mswia.gov.pl/pl/aktualnosci/14054,22-ofiary-zatrucia-czadem-apelujemy-o-ostrozosc.html>> (dostęp: 13.02.2018).
- Nieścior M., Jackowska T., 2013. Zatrucie tlenkiem węgla. *Postępy Nauk Medycznych*, 7: 519–522.
- Państwowa Straż Pożarna, b.d. Czad w liczbach (Wielkopolska). <<http://www.psp.wlkp.pl/?art=915>> (dostęp: 13.02.2018).
- Ran T., Nurmagametov T., Sircar K., 2017. Economic implications of unintentional carbon monoxide poisoning in the United States and

- the cost and benefit of CO detectors. *American Journal of Emergency Medicine*, 36: 414–419. DOI: 10.1016/j.ajem.2017.08.048.
- Rataj M., 2016. Wpływ temperatury ciągu wstecznego na działanie urządzeń gazowych typu B. Praca na zlecenie Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, nr zlecenia: 0091/GU/16, nr archiwalny: DK-4100-0082/16. Kraków: INiG – PIB.
- Ruas F., Mendonça M.C., Real F.C., Vieira D.N., Teixeira H.M., 2014. Carbon monoxide poisoning as a cause of death and differential diagnosis in the forensic practice: A retrospective study, 2000–2010. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 24: 1–6.
- Sandilands E.A., Bateman D.N., 2016. Carbon monoxide. *Medicine*, 44(3): 151–152. DOI: 10.1016/j.mpmed.2015.12.024.
- Sircar K., Clower J., Shin M., Bailey C., King M., Yip F., 2015. Carbon monoxide poisoning deaths in the United States, 1999 to 2012. *American Journal of Emergency Medicine*, 33: 1140–1145. DOI: 10.1016/j.ajem.2015.05.002.
- Statista, 2017. Share of deaths from unintentional carbon monoxide poisoning in the United Kingdom (UK) from 1995 to 2016, by appliance type. <<https://www.statista.com/statistics/538150/deaths-from-unintentional-co-poisoning-uk/>> (dostęp: 12.02.2018).
- Szpital Uniwersytecki w Krakowie, b.d. Nie daj się czadowi! <<http://www.su.krakow.pl/nie-daj-sie-czadowi/>> (dostęp: 22.01.2018).
- Tałach Z.A., Czerski G., Strugała A., 2006. Kierunki poprawy bezpieczeństwa w budownictwie w celu eliminacji zagrożeń zatruciem tlenkiem węgla. II Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna EKO KOMIN 2006 „Nowoczesne i bezpieczne systemy kominowe i wentylacyjne w budownictwie mieszkaniowym”. Kraków 6–8.04.2006.
- Tałach Z.A., Czerski G., Strugała A., 2007. Zagrożenia zatruciem tlenkiem węgla w budownictwie mieszkaniowym – techniczne możliwości poprawy bezpieczeństwa mieszkańców. *Nafta-Gaz*, 1: 43–50.
- Workers die from carbon monoxide poisoning, 2012. *Kentucky Haz Alert*, 10(1): 1.
- World Health Organization, 2000. Air Quality Guidelines for Europe (2nd ed.). Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.
- Żurański J.A., 2001. Śmiertelne zatrucia tlenkiem węgla w mieszkaniach z paleniskami gazowymi. III Ogólnopolskie Sympozjum „Wpływ środowiska na budowlę i ludzi – obciążenia, oddziaływania, interakcje, dyskomfort”. Zwierzyniec, 14–16.05.2001.
- Żurański J.A., 2003. Wentylacja naturalna mieszkań z paleniskami gazowymi a śmiertelne zatrucia tlenkiem węgla. W: Forum Wentylacja 2003. Projektowanie, budowa, odbiory, eksploatacja nowoczesnych instalacji wentylacyjnych. Materiały seminaryjne (s. 50–60). Warszawa: Stowarzyszenie Polska Wentylacja.
- Żurański J.A., 2006. Zatrucia tlenkiem węgla z urządzeń gazowych w budownictwie mieszkaniowym w latach 1991–2002. II Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna EKO KOMIN 2006 „Nowoczesne i bezpieczne systemy kominowe i wentylacyjne w budownictwie mieszkaniowym”. Kraków, 6–8.04.2006.
- Żurański J.A., 2012. Zatrucia tlenkiem węgla w mieszkaniach z paleniskami gazowymi. *Materiały Budowlane*, 12: 33–34.



Mgr inż. Mateusz RATAJ
Asystent w Zakładzie Użytkowania Paliw.
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Lubicz 25 A
31-503 Kraków
E-mail: mateusz.rataj@inig.pl

OFERTA

ZAKŁAD PRZESYŁANIA I DYSTRYBUCJI GAZU

Zakres działania:

- badania laboratoryjne rur, kształtek, armatury z tworzyw sztucznych oraz armatury metalowej i powłok antykorozyjnych, prowadzone dla potrzeb certyfikacji i aprobat technicznych;
- ocena stopnia zagrożenia korozyjnego gazociągów stalowych oraz ocena stanu technicznego izolacji gazociągów stalowych metodami bezwykopowymi;
- ocena efektywności metod rekonstrukcji sieci dystrybucyjnych gazu;
- opracowanie projektów przepisów związanych z budową i użytkowaniem sieci gazowych;
- opracowanie lub opiniowanie projektów norm dotyczących sieci i instalacji gazowych;
- badania z zakresu współpracy ośrodka gruntowego z siecią gazową na terenach górniczych;
- prowadzenie specjalistycznego szkolenia kadr, głównie w zakresie budowy sieci gazowych z polietylenu;
- wspomaganie przemysłu we wdrażaniu nowych rozwiązań technicznych oraz opracowywanie ekspertyz i analiz;
- badania laboratoryjne metalowej armatury odcinającej do systemów i instalacji wodociągowych, baterii mechanicznych, natrysków i przewodów natryskowych oraz systemów rur wielowarstwowych do instalacji wody ciepłej i zimnej;
- ocena jakości połączeń zgrzewanych rur i kształtek z PE na potrzeby kwalifikacji personelu zgrzewającego wg normy PN-EN 13067 w Laboratorium Uznany przez UDT – Świadectwo Uznania Laboratorium Tworzyw Sztucznych nr LBU-286/12-16.



Kierownik: mgr inż. Piotr Szewczyk
Adres: ul. Bagrowa 1, 30-733 Kraków
Telefon: 12 61 77 442
Faks: 12 653 16 65
E-mail: piotr.szewczyk@inig.pl

