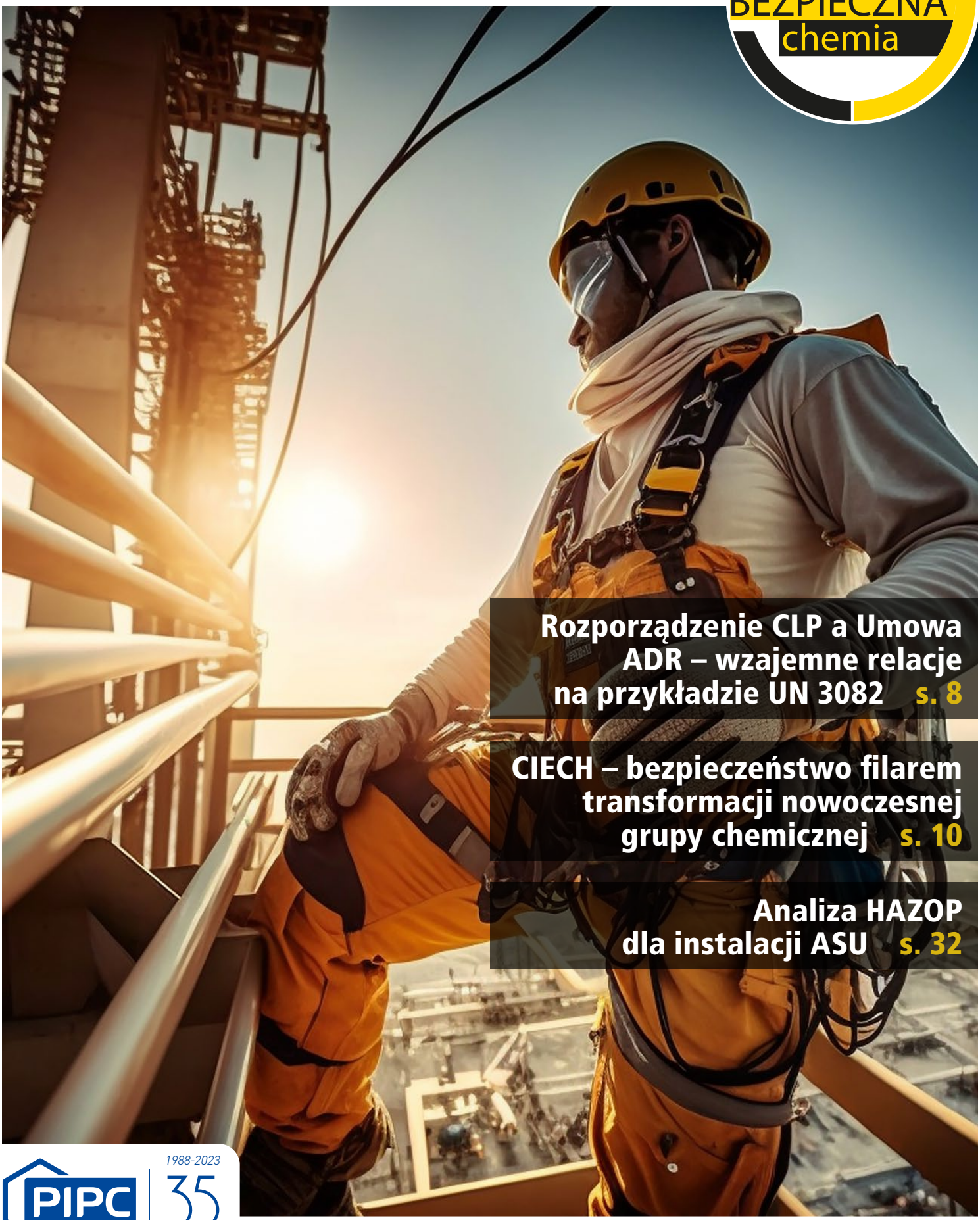
BEZPIECZNA CHEMIA

BIULETYN PROGRAMU

nr 1/2023 | luty 2023



Rozporządzenie CLP a Umowa ADR – wzajemne relacje na przykładzie UN 3082 s. 8

CIECH – bezpieczeństwo filarem transformacji nowoczesnej grupy chemicznej s. 10

Analiza HAZOP dla instalacji ASU s. 32

PIPC POLSKA IZBA PRZEMYSŁU CHEMICZNEGO

1988-2023 35 lat

WIĘCEJ INFORMACJI:
www.programbezpiecznachemia.pl

PROGRAM
BEZPIECZNA CHEMIA 2023

Partnerzy Strategiczni

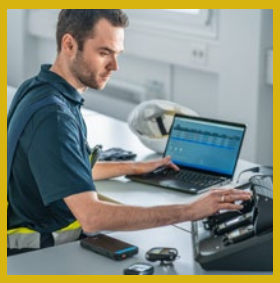
Partnerzy Główni

Partnerzy

Patroni Merytoryczni

Więcej o Programie Bezpieczna Chemia:

www.programbezpiecznachemia.pl



W numerze

Bezpieczne i zrównoważone chemikalia na etapie projektowania – siła napędowa transformacji
POLSKA IZBA PRZEMYSŁU CHEMICZNEGO 2

Rozporządzenie CLP a Umowa ADR – wzajemne relacje na przykładzie UN 3082
TRANSPORTOWY DOZÓR TECHNICZNY 8

CIECH – bezpieczeństwo filarem transformacji nowoczesnej grupy chemicznej
CIECH 10

Gas Detection Connect – rozwiązanie systemowe Dräger
DRÄGER POLSKA 12

Praktyczne zastosowanie metody LOPA i grafu ryzyka w przypisaniu wymagań SIL dla funkcji bezpieczeństwa w nowoczesnych obiektach przemysłowych
URZĄD DOZORU TECHNICZNEGO 18

Bezpieczeństwo chemiczne w systemie ochrony przeciwpożarowej
CNBOP 26

Projekt „System Pomocy w Transporcie Materiałów Niebezpiecznych SPOT”
POLSKA IZBA PRZEMYSŁU CHEMICZNEGO 30

Analiza HAZOP dla instalacji ASU
URZĄD DOZORU TECHNICZNEGO 32

Wodór – zielone złoto
Jak i dlaczego – czyli technologie wytwarzania wodoru – część 2.
URZĄD DOZORU TECHNICZNEGO 38

Program Odpowiedzialność i Troska w 2023 roku
ODPOWIEDZIALNOŚĆ I TROSKA 46

Biuletyn Programu Bezpieczna Chemia 1/2023

Wydawca:
Polska Izba Przemysłu Chemicznego,
ul. Śniadeckich 17, 00-654 Warszawa
e-mail: pipc@pipc.org.pl, media@pipc.org.pl
www.programbezpiecznachemia.pl
www.pipc.org.pl

Redakcja: Zespół PIPC

Realizacja projektu i skład: IT WORKS / itworks.net.pl

ISSN 2453 3989

Wydawca wyraża zgodę na nieograniczone wykorzystywanie publikowanych treści przez Partnerów Programu Bezpieczna Chemia oraz Członków Polskiej Izby Przemysłu Chemicznego.

Warunkiem wykorzystania treści przez podmioty wymienione w zdaniu poprzednim jest wskazanie źródła cytowania wraz z linkiem do publikacji

BEZPIECZNE I ZRÓWNOWAŻONE CHEMIKALIA NA ETAPIE PROJEKTOWANIA – SIŁA NAPĘDOWA TRANSFORMACJI

Nie ma jeszcze powszechnie stosowanej, jednolitej definicji dla substancji bezpiecznych i zrównoważonych w fazie projektowania. Kryteria muszą odnosić się do trzech filarów zrównoważonego rozwoju – czynników środowiskowych, społecznych i ekonomicznych – oraz uwzględniać podejście oparte na cyklu życia.

Wizja, którą unijni decydenci zawarli w Strategii na rzecz zrównoważonych chemikaliów (CSS), zatwierdzonej w 2021 r. przez Radę Europejską, wskazuje, że **„chemikalia mają być produkowane i użytkowane w sposób, który maksymalizuje ich korzyści dla społeczeństwa przy jednoczesnym minimalizowaniu potencjalnych szkód dla planety i społeczeństwa, a produkcja i stosowanie bezpiecznych oraz zrównoważonych chemikaliów w Europie stanie się punktem odniesienia na całym świecie"**. Branża chemiczna, będąc jedną z fundamentalnych dla całego przemysłu, jako jedna z pierwszych gałęzi światowej gospodarki, przystąpiła do poszukiwania nowych rozwiązań w zakresie zrównoważoności i rozwoju tych już istniejących.

Koncepcja „Safe and Sustainable-by-Design" (SSbD, Bezpieczne i zrównoważone na etapie projektowania) ma za zadanie określić przyszłość nie tylko kierunków innowacji chemicznych, lecz także całego rynku chemikaliów. Koncepcja – oparta na najnowszych osiągnięciach nauki – ma przyczynić się do rozwoju chemikaliów bezpiecznych dla ludzi i środowiska, zapewniając oczekiwaną wydajność i wartość dla interesariuszy w całym łańcuchu wartości.

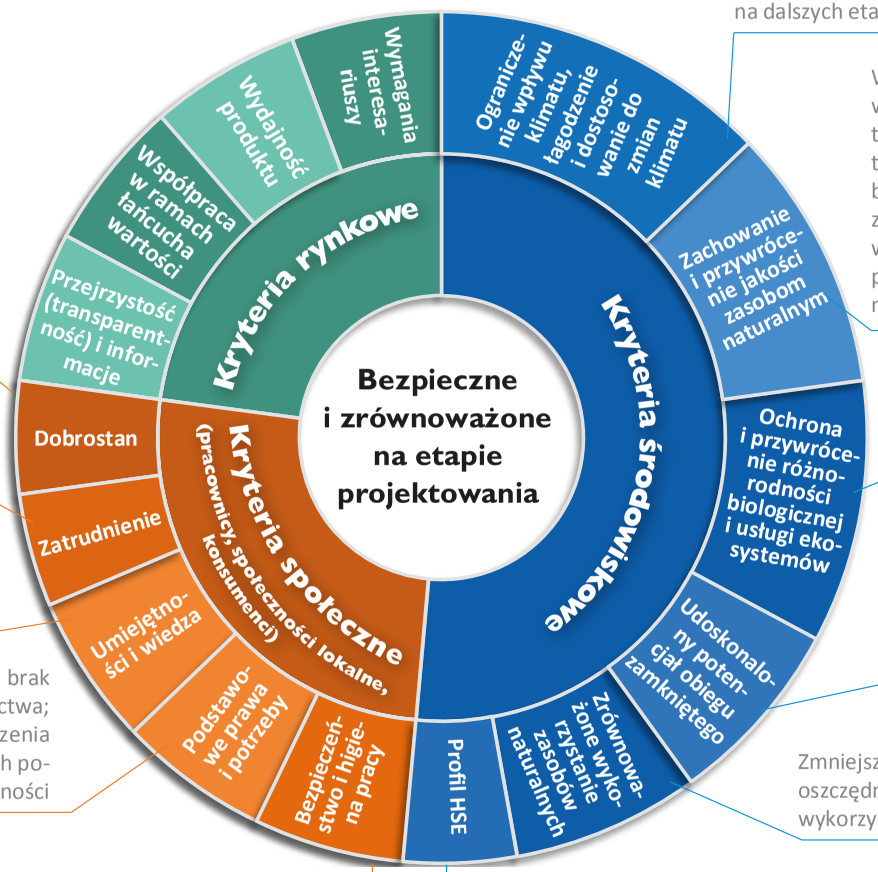
Jak osiągnąć sukces?

Europejski sektor chemiczny wspiera ambicję przejścia w kierunku bezpiecznych i zrównoważonych chemikaliów, materiałów, produktów, zarówno w użytkowaniu, jak i w procesach technologicznych. Zobowiązuje się również do wniesienia wkładu w rozwój i wdrażanie idei bezpiecznego i zrównoważonego projektowania, poprzez rozpowszechnianie tych wytycznych i informowanie o sposobie ich wykorzystania.

Sektor dąży również do wprowadzania innowacji w metodologii oceny i przejrzystego dzielenia się wiedzą wspierającą tę metodologię. W tym celu koncentrować się będzie w szczególności na potrzebach małych i średnich przedsiębiorstw (MŚP), aby umożliwić im osiągnięcie odpowiedniego tempa wdrażania zmian.

Tak zwana „zielona transformacja" stanowi bezprecedensowe wyzwanie dla przemysłu chemicznego, a **koncepcja chemikaliów bezpiecznych i zrównoważonych na etapie projektowania przedstawia wizję rozwoju i transformacji**. Ważne jest, aby została ona uzupełniona o odpowiednie środki polityczne, które zapewnią przewidywalność celów, osadzonych w realistycznych harmonogramach. Kluczowe jest także zapewnienie odpowiednich zasobów – finansowych i niefinansowych – potrzebnych do ich realizacji.

Podstawowa zasada przy wprowadzaniu innowacji mających na celu poprawę funkcjonalności substancji chemicznych oraz powstałych na ich bazie materiałów i produktów: **dążenie do znacznej poprawy działania w co najmniej jednym z wymiarów bezpieczeństwa i zrównoważonego rozwoju bez znaczącego negatywnego wpływu w pozostałych**



Zmniejszony ślad węglowy w produkcji; umożliwienie wytwarzania produktów odnawialnych i ograniczenie emisji gazów cieplarnianych na dalszych etapach produkcji; bioprodukty; energia odnawialna

Woda, gleba, pochłaniacze węgla; potencjał oczyszczania wody; użytkowanie gruntów; potencjał zubożenia abiotycznego (nieożywione elementy środowiska, np. powietrze, woda, gleba, temperatura, wilgotność. Wywierają bardzo duży wpływ na rozwój wszystkich żywych organizmów); potencjał eutrofizacji (polega ona na nadmiernym wzbogacaniu wody w minerały i składniki odżywcze, które powodują nadmierny wzrost glonów; proces ten może np. spowodować wyczerpanie tlenu w zbiorniku wodnym)

Zapobieganie zanieczyszczeniom i kontrola; emisje do powietrza, wody i gleby

Biodegradowalność lub kompatybilność produktów; zapobieganie powstawaniu odpadów w fazie produkcji i użytkowania; wspieranie możliwości recyklingu w łańcuchu wartości; wykorzystanie materiałów i surowców pochodzących z recyklingu; możliwość recyklingu, trwałość, możliwość naprawy produktu

Zmniejszony ślad wodny; niedobór surowców; umożliwienie oszczędności zasobów na dalszych etapach łańcucha dostaw; wykorzystanie konkurencyjnych surowców odnawialnych

Profil HSE (H-Health, ang. zdrowie; S-Safety, ang. bezpieczeństwo; E-Environment, ang. środowisko) – praktyczne aspekty ochrony środowiska i utrzymania bezpieczeństwa i higieny pracy. W uproszczeniu – to, co organizacje muszą zrobić, aby upewnić się, że ich działania nie są szkodliwe

Zagrożenia dla zdrowia w miejscu pracy; bezpieczeństwo warunków życia społeczności lokalnej; zarządzanie bezpieczeństwem w miejscu pracy; zarządzanie indywidualnym zdrowiem pracowników; bezpieczeństwo produktów; wpływ na zdrowie konsumentów

Uczciwa płaca; odpowiednie godziny pracy; brak pracy przymusowej, handlu ludźmi i niewolnictwa; brak dyskryminacji; bezpieczeństwo i świadczenia socjalne/pracownicze; dostęp do podstawowych potrzeb; poszanowanie praw człowieka i jego godności

Umiejętności, wiedza i zdolność do zatrudnienia; promowanie zdobywania umiejętności i wiedzy wśród społeczności lokalnej i konsumentów

Zarządzanie reorganizacją; tworzenie miejsc pracy

Satysfakcja z pracy; równowaga między pracą a życiem prywatnym; dostęp do zasobów materialnych; zmniejszenie uciążliwości; zaangażowanie społeczności; odpowiedzialna komunikacja; doświadczenia konsumentów związane z produktem

Wykres 1: Lista kryteriów bezpieczeństwa i zrównoważoności, służąca do oceny i projektowania zrównoważonych substancji chemicznych, materiałów, produktów i procesów.

wymiarach, w porównaniu z dotychczasowymi rozwiązaniami.

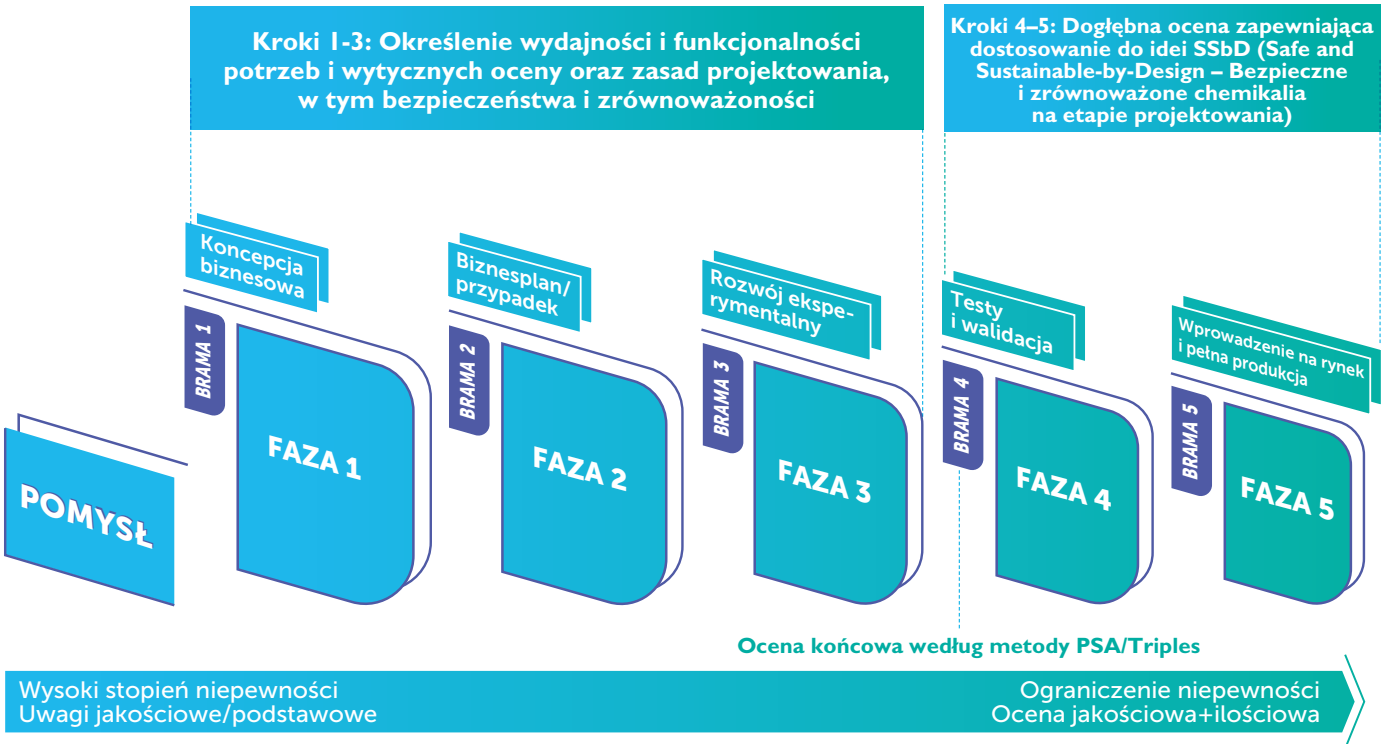
Odpowiednie wdrożenie „bezpieczeństwa" powinno uwzględniać ocenę opartą na ryzyku, uwzględniającą zagrożenie, zastosowanie i narażenie zgodnie z rozporządzeniem REACH i przewidywać przyszłe potencjalne zmiany w przepisach. Jednak stosując koncepcję SSbD, przemysł chemiczny ma ambicję wprowadzania innowacji także poza tym prawnie ustalonym minimalnym wymogiem.

Można to osiągnąć poprzez ciągłe zmniejszanie ryzyka toksykologicznego dla ludzi i środowiska, z uwzględnieniem aspektów związanych z cyklem życia produktów i modelem gospodarki obiegu zamkniętego (GOZ).

Ocena „zrównoważoności" jako integralna część procesu

Ocena „zrównoważoności" jako integralna część procesu innowacji obejmuje cykl życia: „produkt–zastosowanie". Według zaleceń wszystkie oceny powinny obejmować główne czynniki uznane za kluczowe dla osiągnięcia celów Europejskiego Zielonego Ładu.

Koncepcja SSbD powinna być realizowana jako proces w oparciu o wytyczne w zakresie projektowania dla fazy innowacyjnej z wykorzystaniem **kryteriów** do oceny na poziomie połączenia „produkt-zastosowanie" w **podejściu przypominającym fazowy charakter procesu innowacyjnego**.



Wykres 2: Uproszczone przedstawienie procesu innowacyjnego, według podejścia „bram fazowych", ilustrujące rosnący poziom szczegółowości oceny bezpieczeństwa i zrównoważoności.

Określanie potrzeb w zakresie innowacji – metoda Oceny Zrównoważoności Produktu

Aby wprowadzać innowacje w kierunku konkretnych ulepszeń w zakresie „bezpiecznych" i zrównoważonych" chemikaliów, bardzo ważne jest, aby zawsze brać pod uwagę **pełny cykl życia produktu chemicznego przy jego odpowiednim zastosowaniu**.

Pod uwagę powinny być brane **wszystkie etapy cyklu życia produktu, z uwzględnieniem ich specyficznych wymagań i uwarunkowań** – począwszy od etapu rozwoju, produkcji, fazy użytkowania, aż do końca cyklu życia produktu.

Dla efektywnej transformacji w kierunku bezpiecznych i zrównoważonych chemikaliów na etapie projektowania (*Safe and Sustainable-by-Design*, SSbD)

wszelkie modele powinny być stosowane do wszystkich chemikaliów, materiałów, produktów, procesów i usług.

Innowacje powinny być interpretowane szeroko, obejmując również niewielkie zmiany. W przypadku niewielkich zmian, do oceny można zastosować kontrolę uproszczoną. W ten sposób podejście to będzie z czasem „wpływać" na skład pełnego portfela produktów.

Transparentność i raportowanie niefinansowe

Zrównoważony rozwój wymaga transparentności, a ta powinna zapewnić porównywalność metodologii oceny poprzez zgodne standardy i terminologię. Jednocześnie metodologia oceny musi uwzględniać różne etapy procesu projektowania, jak również różnice w innowacjach, np. od ulepszania już istniejących produktów do projektowania zupełnie nowych.

Wymagania dotyczące danych wspierających odpowiednie oceny muszą wpisywać się w **koncepcję FAIR (*Findable* – możliwe do znalezienia, wyszukania; *Accesible* – dostępne; *Interoperable* – kompatybilne, współdziałające np. z innymi systemami, usługami; *Reusable* – nadające się do ponownego wykorzystania, użycia)**.

Szczególną uwagę w zakresie narzędzi i danych pomocniczych należy zwrócić na potrzeby MŚP. Przedsiębiorstwa powinny składać sprawozdania z podejmowanych działań w kierunku bezpiecznych i zrównoważonych na etapie projektowania chemikaliów, materiałów, produktów, procesów i usług.

Ocena oparta podejściu dotyczącym pełnego cyklu życia

Aby zapewnić pełną ocenę chemikaliów, ich wkład w zastosowanie w fazie użytkowania musi być zintegrowany – obejmując pełny cykl życia.

Koncepcja bezpiecznych i zrównoważonych chemikaliów na etapie projektowania odzwierciedla złożoność, która wiąże się z przekształceniem całego sektora przemysłowego w Europie przy jednoczesnym zapewnieniu jak najbardziej praktycznych i optymalnych rozwiązań.

Podstawy, kluczowe z punktu widzenia przemysłu chemicznego:

- Proces – oparty na wytycznych dla fazy innowacji wszystkich nowych produktów – oraz kryteria należy ocenić na poziomie połączenia „produkt–zastosowanie".
- Dążenie do znacznej poprawy działania w co najmniej jednym z wymiarów bezpieczeństwa i zrównoważonego rozwoju bez znaczącego negatywnego wpływu w żadnym z pozostałych wymiarów, w porównaniu z dotychczasowymi rozwiązaniami.
- Jako wariant minimum: idea „bezpieczeństwa" powinna być wdrażana z wykorzystaniem oceny opartej na ryzyku, uwzględniającej zagrożenie, zastosowanie i narażenie zgodnie z rozporządzeniem REACH i przewidywać przyszłe potencjalne zmiany w przepisach. Stosując koncepcję SSbD, przemysł chemiczny ma ambicję wprowadzać innowacje wykraczające poza ustalone prawnie minimalne wymagania i dążyć do ciągłego zmniejszania ryzyka toksykologicznego dla społeczeństwa i środowiska.
- Ocena zrównoważoności jako integralna część procesu innowacji obejmuje cykl życia „produkt-zastosowanie". Wszystkie oceny powinny obejmować co najmniej wytyczne uznawane za kluczowe dla osiągnięcia celów Europejskiego Zielonego Ładu.

Materiał pochodzi z Raportu PIPC „Przemysł Chemiczny w Polsce. Pozycja, wyzwania, perspektywy". (listopad 2022)

PIPC
POLSKA IZBA PRZEMYSŁU CHEMICZNEGO
1988-2023
35 lat

KONGRES
POLSKA CHEMIA

X KONGRES
POLSKA CHEMIA

Lubelskie Centrum Konferencyjne

13-14 czerwca 2023 r.

- Jubileuszowy X Kongres na jubileusz 35-lecia istnienia PIPC;
- Po raz pierwszy równoległe sesje tematyczne;
- Po raz pierwszy strefa konferencyjna i strefa expo razem;
- Wieczorna Gala 35-lecia PIPC z licznymi atrakcjami;
- Dedykowane, jubileuszowe wydanie Magazynu Polska Chemia.

Zarejestruj się na Kongres!

www.kongrespolskachemia.pl

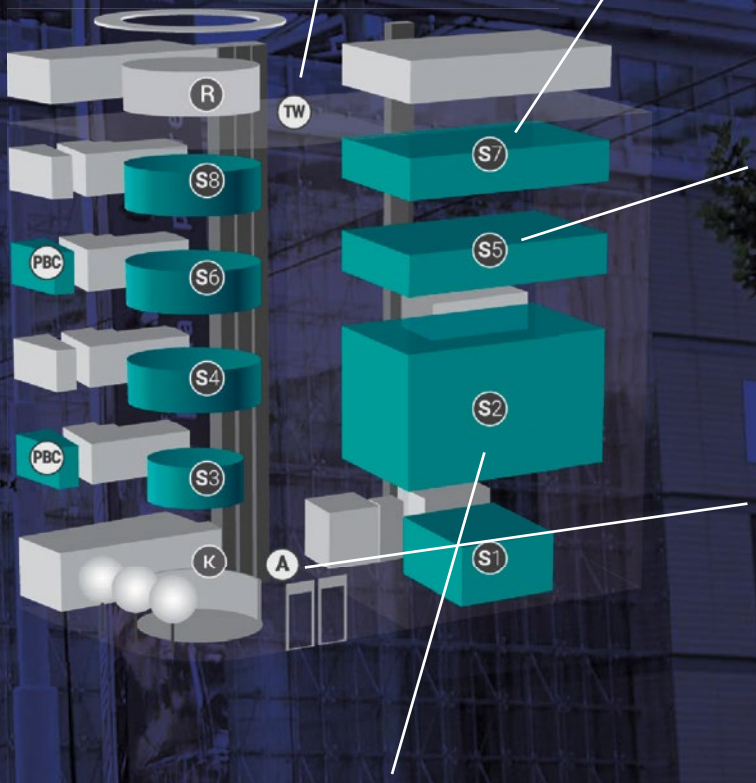
PLAN ORGANIZACJI X KONGRESU POLSKA CHEMIA

SKY BAR/TARAS WIDOKOWY

- Strefa biznesowa
- Restauracja
- Impreza wieczorna

STREFA SESJI RÓWNOLEGŁYCH

- Panele dyskusyjne
- Prezentacje
- Strefa expo
- Networking
- Kawa i lunch



STREFA SESJI RÓWNOLEGŁYCH

- Panele dyskusyjne
- Prezentacje
- Strefa expo
- Networking
- Kawa i lunch

ATRIUM

- Powitalna kawa
- Część artystyczna
- Impreza wieczorna

SALA GŁÓWNA

- Otwarcie Kongresu
- Debaty strategiczne
- Kolacja/impreza wieczorna

ROZPORZĄDZENIE CLP A UMOWA ADR – WZAJEMNE RELACJE NA PRZYKŁADZIE UN 3082

Umowa ADR[1] jak i rozporządzenie CLP[2] wdrażają kryteria stosowane w ramach Globalnego zharmonizowanego systemu klasyfikacji i oznakowania chemikaliów (GHS), stanowiąc przy tym część systemu prawnego Unii Europejskiej.

Rozporządzenie CLP weszło w życie w dniu 20 stycznia 2009 r. Od tego czasu – celem dostosowywania do postępu technicznego i naukowego przy uwzględnieniu zmian wprowadzanych w GHS – jest poddawane cyklicznej nowelizacji. Rozporządzeniem Komisji (UE) 2020/1182[3], obowiązującym od 1 marca 2022 r., dokonano aktualizacji przepisów rozporządzenia CLP, na mocy której substancje: 4,5-dichloro-2-oktylo-2H-izotiazol-3-on (DCOIT), oktylinon (OIT) oraz pirytionian cynku (ZnPT), zwane dalej „biocydami" zostały uznane jako niebezpieczne dla środowiska wodnego. Powyższa nowelizacja rozporządzenia CLP ma swoje bezpośrednie przełożenie w zakresie dokonywania klasyfikacji substancji i mieszanin na gruncie Umowy ADR. Zgodnie bowiem z przepisem 2.2.9.1.10.5 lit. a Umowy ADR, jeżeli dane dla potrzeb klasyfikacji, zgodnie z kryteriami podanymi w 2.2.9.1.10.3 i 2.2.9.1.10.4 nie są dostępne, to substancja lub mieszanina powinna być zaklasyfikowana jako materiał zagrażający środowisku (środowisko wodne), jeżeli została zaliczona do kategorii ostrej 1, kategorii przewlekłej 1 lub kategorii przewlekłej 2[4], zgodnie z rozporządzeniem CLP. Z kolei na podstawie przepisu 2.2.9.1.10.6 Umowy ADR substancje lub mieszaniny zaklasyfikowane jako substancje zagrażające środowisku (środowisko wodne) niezaklasyfikowane do żadnych innych pozycji ADR, powinny być zaliczone m.in. do pozycji UN 3082 MATERIAŁ ZAGRAŻAJĄCY ŚRODOWISKU CIEKŁY I.N.O. Zatem – zgodnie z ww. przepisami 2.2.9.1.10.6 oraz 2.2.9.1.10.5 lit. a Umowy ADR – mieszaniny (np. farby) zawierające samodzielnie lub w połączniu 0,025 % lub więcej biocydów powinny być klasyfikowane jako UN 3082 MATERIAŁ ZAGRAŻAJĄCY ŚRODOWISKU CIEKŁY I.N.O., zaliczany do III grupy pakowania. Biocydy stosowane są powszechnie m.in. w celu zabezpieczenia farb wodorozcieńczalnych przed psuciem się. W konsekwencji ww. nowelizacja rozporządzenia CLP wpłynęła na stosowanie przepisów Umowy ADR w stosunku do produktów farbiarskich – zasad ich klasyfikacji.

Mając na uwadze powyższe, przedstawiciele przemysłu farbiarskiego w trakcie Wspólnego posiedzenia Komisji Ekspertów RID oraz Grupy Roboczej do spraw transportu towarów niebezpiecznych (posiedzenie RID/ADR/ADN), podnieśli m.in., że rynek nie jest wystarczająco przygotowany do zapewnienia odpowiedniej ilości opakowań spełniających wymagania przewidziane do przewozu UN 3082 w ilościach powyżej 5 litrów na jedno opakowanie i jednocześnie dostoswanych do realiów obrotu farbami.

W związku z powyższym, posiedzenie RID/ADR/ADN w trakcie sesji jesiennej 2021 r., wprowadziło do Umowy ADR 2023 przepis przejściowy 1.6.1.51.

1 Umowa europejska dotycząca międzynarodowego przewozu drogowego towarów niebezpiecznych (ADR), sporządzonej w Genewie dnia 30 września 1957 r. (Dz. U. z 2021 r. poz. 874 i 1307).

2 Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1272/2008 z dnia 16 grudnia 2008 r. w sprawie klasyfikacji, oznakowania i pakowania substancji i mieszanin, zmieniające i uchylające dyrektywy 67/548/EWG i 1999/45/WE oraz zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1907/2006 (Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej Nr L 353 z 31.12.2008 r.).

3 Rozporządzenie delegowane Komisji (UE) 2020/1182 z dnia 19 maja 2020 r. zmieniające, w celu dostosowania do postępu naukowo-technicznego, część 3 załącznika VI do rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1272/2008 w sprawie klasyfikacji, oznakowania i pakowania substancji i mieszanin (Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej Nr L 261 z 11.08.2020 r.).

4 Biocydy zaliczone zostały do kategorii ostrej 1 oraz kategorii przewlekłej 1.

Na mocy tego przepisu, do dnia 30 czerwca 2025 r., lepiszcza, farby, materiały farbiarskie, farby drukarskie, materiały farb drukarskich, oraz roztwory żywicy przypisane do UN 3082, zawierające samodzielnie lub w połączniu 0,025 % lub więcej bicydów, mogą być przewożone w opakowaniach ze stali, aluminium oraz innych metali lub tworzyw sztucznych, które nie spełniają wymagań podanych w 4.1.1.3 Umowy ADR, jeżeli są przewożone w ilości 30 litrów lub mniejszej na opakowanie jako:

- ładunki spaletyzowane, umieszczone w paletach skrzyniowych lub uformowane w paletowe jednostki ładunkowe, np. gdy opakowania pojedyncze ułożone są lub spiętrzone na palecie i zamocowane na niej poprzez opasanie taśmą, folią kurczliwą lub rozciągliwą, albo w inny odpowiedni sposób;
- opakowania wewnętrzne opakowań kombinowanych o maksymalnej masie netto 40 kg.

Niezależnie od powyższego Norwegia zainicjowała Umowę Wielostronną M343[5] umożliwiającą jej sygnatariuszom wcześniejsze stosowanie rozwiązań przyjętych w ww. przepisie 1.6.1.51 Umowy ADR 2023.

Powyższe obrazuje wpływ rozporządzenia CLP na zasady przewozu towarów niebezpiecznych. Należy jednak wskazać, że Umowa ADR dysponuje mechanizmami (m.in. wskazane powyżej przepisy przejściowe i umowy wielostronne), które pozwalają podmiotom działającym na rynku przewozu towarów niebezpiecznych na dostosowanie się do nowych obowiązków wynikających z przepisów prawa międzynarodowego.

Opracował
Łukasz Kielar
radca prawny
w Transportowym
Dozorze Technicznym

5 https://unece.org/sites/default/files/2021-11/M343e.pdf

CIECH – BEZPIECZEŃSTWO FILAREM TRANSFORMACJI NOWOCZESNEJ GRUPY CHEMICZNEJ

W ramach strategii Grupy CIECH na lata 2022–2024, prowadzone są długofalowe działania na rzecz ciągłego doskonalenia obszaru zarządzania bezpieczeństwem pracy. Należą do nich m.in.: wyznaczanie i realizacja planów poprawy BHP na poziomie poszczególnych obszarów biznesowych Grupy CIECH, jak również dla poszczególnych spółek grupy kapitałowej, monitorowanie kluczowych wskaźników bezpieczeństwa spółek i Grupy CIECH. Ponadto realizacja inicjatyw na rzecz poprawy kultury bezpieczeństwa pracy pracowników i podwykonawców.

CIECH to międzynarodowa, rozwijająca się grupa chemiczna, wiodący polski inwestor na rynkach zagranicznych i eksporter. Jest drugim producentem sody kalcynowanej i oczyszczonej w Unii Europejskiej, największym producentem soli warzonej w Polsce, największym dostawcą krzemianów sodu w Europie, największym polskim producentem środków ochrony roślin oraz wiodącym w kraju producentem pianek poliuretanowych. Zatrudnia ponad 3 tysiące osób w całej UE. Dzięki produktom CIECH powstają artykuły niezbędne w codziennym życiu milionów ludzi na całym świecie, dlatego Grupa jest ważnym elementem wielu gałęzi gospodarki.

W ogłoszonej strategii biznesowej Grupy na lata 2022–2024, bezpieczeństwu został nadany najwyższy priorytet. W filarze korporacyjnym (jednym z trzech filarów strategii biznesowej) główne kierunki działań i transformacji dotyczą dalszego zwiększenia poziomu bezpieczeństwa pracowników Grupy i wprowadzania najlepszych praktyk w zakładach produkcyjnych. Celem Grupy jest obniżenie liczby wypadków z obszaru Health & Safety o 30 proc. do 2024 roku, a obszar bezpieczeństwa został objęty najwyższym priorytetem działań zarządów poszczególnych spółek wchodzących w skład chemicznej Grupy.

CIECH tworzy dla swoich pracowników bezpieczne warunki pracy. Grupa realizuje zobowiązanie „Bezpieczeństwo jest dla nas najważniejsze". W 2021 roku zainaugurowała program „Bezpieczny CIECH", który skupia się na propagowaniu 10 zasad bezpiecznej pracy w Grupie CIECH. Dokładamy starań w trosce o zaangażowanie w budowanie bezpiecznego środowiska pracy poprzez organizację akcji rozwijających świadomość wśród kadry kierowniczej i pozostałych grup pracowniczych.

Oś programu stanowi wspomniane 10 zasad bezpiecznej pracy, które były prezentowane w cyklach miesięcznych (1 miesiąc = 1 zasada). Komunikowanej zasadzie towarzyszyły ulotki z krzyżówkami czy quizami – sprawdź swoją wiedzę. Zwyczajem jest już to, że managerowie komórek organizacyjnych są odpowiedzialni za omówienie bieżącego komunikatu w swoich zespołach. W ramach podsumowania akcji propagującej 10 zasad bezpiecznej pracy, ogłosiliśmy quiz dla pracowników Grupy, w którym mogliśmy sprawdzić swoją wiedzę z obszaru bezpieczeństwa, a najlepsze odpowiedzi zostały nagrodzone upominkami.

W wewnętrznej sieci intranetowej Grupy CIECH działa stale rozwijana baza wiedzy poświęcona obszarowi bezpieczeństwa w pracy. Zawiera ona odniesienia do ważnych dokumentów, powypadkowych alertów BHP czy aktualności związanych z obszarem bezpieczeństwa – to często informacje tworzone z dużym udziałem pracowników spółek Grupy, poświęcone zagadnieniom dla danego

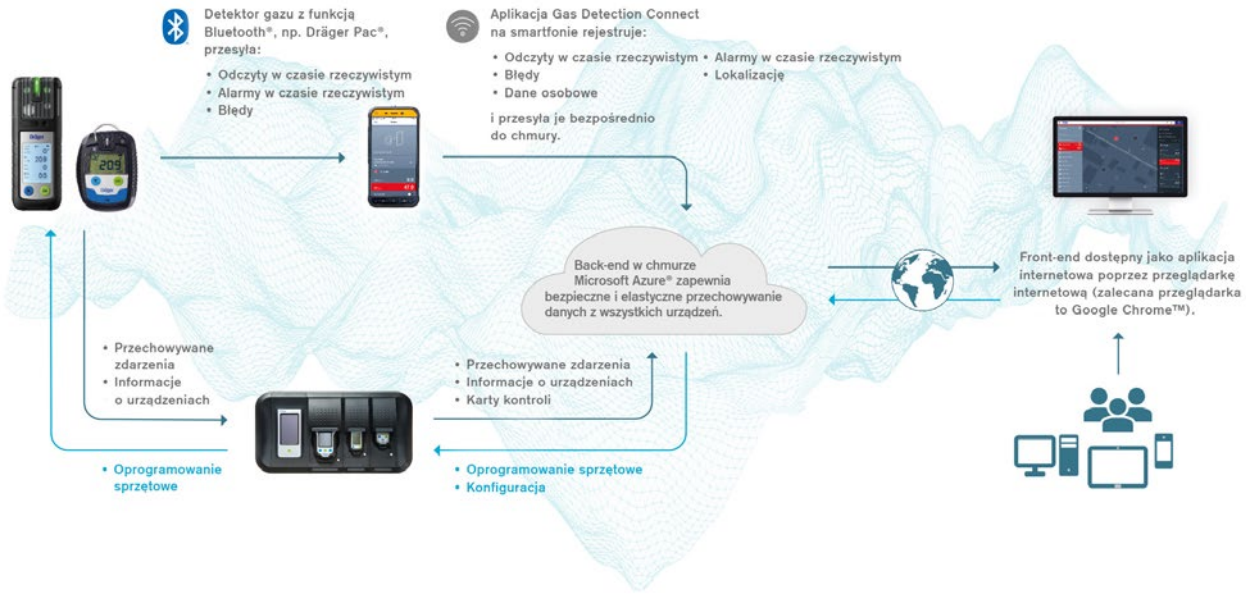
obszaru biznesowego. Ważnym elementem komunikacji programu „Bezpieczny CIECH" są zwracające uwagę nalepki z pełnymi refleksji hasłami promującymi bezpieczeństwo. To skuteczne narzędzie informacji o tyle, że pracownicy i pracownice mają szansę natknąć się na nie w prawie każdym miejscu zakładu produkcyjnego czy biura. Rozwiązanie zostało entuzjastycznie przyjęte przez zespoły, a świadczy o tym fakt, że nalepki są również chętnie umieszczane na służbowych laptopach czy telefonach.

Inne inicjatywy podjęte w ramach programu „Bezpieczny CIECH" to:

1. „Bezpieczne spotkania" polegające na wprowadzonym w Grupie zwyczaju rozpoczynania spotkań od objaśnienia kwestii bezpieczeństwa za pośrednictwem celowo opracowanych „slajdów bezpieczeństwa" skupionych na każdym obszarze biznesowym oraz każdej spółce Grupy,
2. szkolenia w ramach Programu LIDER, wspierające osoby kierujące pracownikami pod kątem kompetencji managerskich – zorientowane na obowiązki osób kierujących pracownikami w obszarze BHP. Szkolenia prowadzone są przez inspektora pracy (PIP),
3. szkolenia z cyklu „Widzisz? Reaguj!", składające się z części teoretyczno-warsztatowej, prowadzonej na sali szkoleniowej oraz drugiej – praktycznej, która odbywa się w obszarach operacyjnych i polega na przeprowadzeniu rozmowy z pracownikiem o zasadach bezpieczeństwa pracy. Szkolenia stanowią wstęp do wprowadzonych w Grupie „Wizyt bezpieczeństwa", które prowadzą osoby kierujące pracownikami, począwszy od zarządów spółek Grupy, po kierowników operacyjnych. Wizyty są rozmowami na temat zachowania zasad bezpieczeństwa podczas wykonywania określonego zadania,
4. szkolenia wszystkich pracowników Grupy z praktycznych zasad udzielania pierwszej pomocy, w celu odnowienia wiedzy dotyczącej m.in. algorytmu BLS, zasad działania i wykorzystania defibrylatora AED, Szkolenia skierowane są do wszystkich pracowników Grupy CIECH, tak aby każdy pracownik potrafił zachować się w sytuacji, w której konieczna będzie szybka pomoc.
5. SafetyBoard, aplikacja PowerBI, zbierająca dane z obszaru Health & Safety w postaci przystępnie opracowanych wykresów i tabel, prezentujących wskaźniki bezpieczeństwa dla Grupy, poszczególnych obszarów biznesowych czy spółek.
6. Ważnym aspektem działań z zakresu ochrony zdrowia w pracy jest motywowanie i zachęcanie do zespołowego osiągania konkretnych celów. Na początku 2022 roku w Grupie CIECH nagrodzono spółki, w których nie wystąpił wypadek typu recordable przez cały poprzedni rok 2021. Wyróżnione spółki zostały uhonorowane pucharem oraz voucherem do wykorzystania na celebrację i/lub przedsięwzięcia wspierające bezpieczeństwo. Rekordzista pochwalić się mógł wynikiem ponad 1200 dni bez wypadku. W roku 2023 zaplanowaliśmy powtórną celebrację w rozszerzonym formacie, aby kontynuować tę tradycję.
7. W spółkach produkcyjnych pojawiły się tablice, na których prezentowana jest liczba dni bez wypadku. Stanowią one element, który przypomina i motywuje nas do tworzenia i utrzymywania bezpiecznego miejsca pracy, na które każdy z nas ma realny wpływ.

W uznaniu uzyskanych wyników w zakresie wdrożenia nowych rozwiązań w obszarze bezpieczeństwa i ochrony pracy Grupa została doceniona przez Centralny Instytut Ochrony Pracy – PIB i dołączona do grona Forum Liderów Bezpiecznej Pracy.

Powyższe przykłady działań Grupy CIECH wskazały, że wdrożenie skutecznego systemu zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy w Grupie CIECH jest jej stałym, strategicznym celem, poprzedzonym rzetelną oceną obecnego stanu bezpieczeństwa w organizacji. Wszystko po to, by Grupa CIECH kontynuowała wyrażoną w najnowszej strategii 2022–2024 wizję gotowości do sprostania wyzwaniom przyszłości oraz transformacji w nowoczesną grupą chemiczną z zachowaniem najwyższych standardów bezpieczeństwa.



GAS DETECTION CONNECT – ROZWIĄZANIE SYSTEMOWE DRÄGER

Wykorzystaj wszystkie możliwości, jakie daje cyfryzacja

W dziedzinie technologii bezpieczeństwa rewolucja cyfrowa i Przemysłowy Internet Rzeczy (IIoT) otwierają zupełnie nowe możliwości. Cyfryzacja stanowi podstawę do łączenia systemów w sieci i sterowania nimi, podłączania czujników czy szerokiego wykorzystania sztucznej inteligencji.

Z pomocą odpowiedniego sprzętu i oprogramowania można standaryzować procesy i łatwiej kontrolować złożone systemy. Dzięki cyfryzacji wszystkie procesy realizowane są w taki sam sposób, prawidłowo dokumentowane, a błędy ograniczane są do minimum. Wytyczne i regulacje prawne mogą być dokumentowane, a ich przestrzeganie jest łatwiejsze.

Dodatkowo firmy odnoszą następujące korzyści:
- bardziej wydajne procesy pracy – dzięki przeglądaniu, obsłudze i zapisywaniu bieżących danych z urządzenia,
- poprawa bezpieczeństwa – dzięki monitorowaniu obszaru i danym przesyłanym w czasie rzeczywistym,
- ograniczenie przestojów – dzięki danym przesyłanym w czasie rzeczywistym i mniejszej liczbie fałszywych alarmów,
- bardziej precyzyjne podejmowanie decyzji – wykorzystanie bazy danych do przyszłych optymalizacji lub koncepcji bezpieczeństwa,
- lepsze planowanie i organizacja zasobów – skuteczny środek przeciwko deficytowi wykwalifikowanych pracowników.

Podłącz się do cyfrowej przyszłości bezpieczeństwa pracy

Oferując oparte na chmurze rozwiązanie programowe Gas Detection Connect, firma Dräger rozwija możliwości cyfryzacji w zakresie technologii detekcji gazu.

System łączy poszczególne produkty firmy Dräger, takie jak Dräger X-dock®, Dräger X-am® 2800 lub Dräger Pac® do monitorowania gazu. Niezależny od lokalizacji i czasu dostęp umożliwia optymalne zarządzanie zasobami sprzętowymi.

Możesz na bieżąco monitorować pozycję i stan detektorów gazowych oraz pracowników, dzięki czemu nie tylko lepiej ich chronisz, ale również zwiększasz wydajność pracy całego zakładu.

Gas Detection Connect: wkrocz w nową erę technologii wykrywania gazów

Gas Detection Connect jest oprogramowaniem opartym na chmurze, które łączy poszczególne urządzenia Dräger do detekcji gazu w jeden inteligentny system.

- Transfer danych odbywa się poprzez połączenie w chmurze. Platforma Microsoft Azure® zapewnia bezpieczne i elastyczne przechowywanie danych.
- Stacja testowa Dräger X-dock® przesyła dane z podłączonych przenośnych detektorów gazu do back-endu w chmurze.
- Dane ze wszystkich przenośnych detektorów gazu z obsługą X-dock® są automatycznie odczytywane przez internet.
- Aplikacja Gas Detection Connect umożliwia bezpośrednie przesyłanie danych z terenu.
- Połączenie urządzenia Dräger Pac® lub Dräger X-am® 2800 z aplikacją za pomocą Bluetooth®.
- Pozyskiwane w czasie rzeczywistym dane, takie jak wartości pomiarowe, alarmy, informacje o urządzeniach i dane GPS ze smartfonów, są przesyłane do chmury.
- Dostęp do aplikacji internetowej za pomocą przeglądarki internetowej (zalecana przeglądarka to Google Chrome™).

Zwiększ wydajność pracy dzięki optymalizacji zarządzania zasobami

Automatyzacja procesów i analiza danych

Cyfryzacja stwarza nowe możliwości efektywniejszego zarządzania zasobami sprzętowymi i upraszcza wiele procesów, które wcześniej były skomplikowane, takich jak ręczne zbieranie danych w celu sporządzenia dokumentacji i testowania urządzeń po uzyskaniu zgodności.

Celem jest centralizacja zarządzania przy jednoczesnej decentralizacji wykonania. Na przykład zarządzanie sprzętem staje się znacznie łatwiejsze, ponieważ dane mogą być automatycznie gromadzone i dostępne z dowolnego miejsca.

Dodatkowe korzyści to:

- łatwy eksport danych do programu Excel lub przez interfejs API w celu ich analizy,
- możliwość pobrania w dowolnej chwili raportów o urządzeniach i kart kontroli w formacie PDF,
- centralna dystrybucja aktualizacji oprogramowania sprzętowego i raportów do użytkowników,
- zestawienie urządzeń, które w danym momencie wymagają sprawdzenia lub wymiany.

Postęp cyfrowy umożliwia również znacznie większą automatyzację usług i okresów konserwacji. Możliwości jest wiele, zwłaszcza jeśli chodzi o standardowe czynności, takie jak aktualizacja oprogramowania sprzętowego, testowanie i kalibracja detektorów gazu czy wstępna konfiguracja. Tutaj cyfryzacja pomaga usprawnić zarządzanie zasobami oraz zwiększyć bezpieczeństwo i wydajność:

- pełny obraz sytuacji pozwala na lepsze monitorowanie bieżących i codziennych operacji,
- dane z różnych urządzeń obiektowych i aplikacji są udostępniane w czasie zbliżonym do rzeczywistego z centralnej lokalizacji,

- spełnienie obowiązków weryfikacyjnych i wymogów prawnych dzięki uproszczonej, zautomatyzowanej dokumentacji,
- dokumentacja ułatwia pracę zmianową i zapewnia aktualizację statusu dla następnej zmiany,
- rejestrowanie danych dotyczących czynności konserwacyjnych i serwisowych poprawia doskonałość operacyjną – w zakresie cyklu życia urządzeń.

Więcej niż krok do przodu

Konsolidacja i udostępnienie wszystkich zebranych danych z terenu w połączeniu z interakcją ze sprzętem bezpieczeństwa umożliwiają zaawansowaną analizę. Wykorzystaj możliwość tworzenia wartości dodanej na podstawie dostępnych danych, która wykracza poza wymogi prawne.

Podczas planowania przyszłych projektów możesz wprowadzać ulepszenia w oparciu o dostępne dane. Widok historyczny przedstawia trendy i wzorce użytkowania. Oprócz analizy skupiającej się w głównej mierze na kwestiach sprzętowych oprogramowanie związane z bezpieczeństwem pozwala uzyskać dodatkowe spostrzeżenia dzięki przeglądaniu danych historycznych.

Analizuj szybciej przyczyny incydentów oraz wykrywaj długookresowe wycieki i inne anomalie poprzez rozpoznawanie wzorców. W połączeniu z innymi zewnętrznymi źródłami danych, takimi jak dane pogodowe, tworzysz jeszcze większą przejrzystość w przyszłości.

Dodatkowe korzyści:
- poprawa wydajności: automatyczne przechowywanie wszystkich kart kontroli w backendzie Gas Detection Connect, dostępnym poprzez aplikację internetową,
- lepszy ogląd sytuacji: stan urządzeń i podłączonych stacji Dräger X-dock® można w każdej chwili sprawdzić poprzez aplikację internetową,
- centralne zarządzanie: konfiguracja i dystrybucja aktualizacji oprogramowania sprzętowego poprzez system Gas Detection Connect,
- dostępność w każdym momencie: wszystkie dane są dostępne do wyszukiwania, filtrowania i eksportu (eksport do programu Excel w formacie XLSX lub karta kontroli w formacie PDF),
- łatwy eksport danych do arkusza programu Excel lub przez interfejs API w celu ich analizy.

Natychmiastowa dostępność: uzyskuj aktualne dane, kiedy ich potrzebujesz

Dane te można wykorzystać nie tylko do dalszej analizy, ale także do monitorowania na żywo. Przetwarzanie danych – takich jak stan urządzeń i informacje o nich, alarmy i lokalizacja – w backendzie chmury sprawia, że są one dostępne tam, gdzie są potrzebne:
- u inżyniera ds. bezpieczeństwa w zakładzie,
- w dyspozytorni do analizy w sytuacjach krytycznych.

W ten sposób wykorzystanie danych – na żywo i w czasie rzeczywistym – przyczynia się do poprawy bezpieczeństwa w Twoim zakładzie.

Dane mogą uratować życie. Gromadzenie i ocena wszystkich istotnych informacji nie tylko zwiększa bezpieczeństwo Twoich pracowników, ale całego obiektu.

Wszystkie dane składają się na ogólny, całościowy obraz, umożliwiając:
- wczesne rozpoznawanie zagrożeń z pozycji operatora,
- szybsze wprowadzanie środków zaradczych,
- łatwiejsze analizowanie korelacji i anomalii,
- ujawnianie przyczyn w sposób bardziej ukierunkowany.

Wykorzystanie istniejących zasobów danych pozwala na zapewnienie większego bezpieczeństwa w zakładzie. Niezależnie od tego, czy pracownicy wchodzą do zamkniętych przestrzeni lub kontenerów, pracują w obszarach o podwyższonym standardzie bezpieczeństwa, czy też swobodnie poruszają się po zakładzie, osoby odpowiedzialne za bezpieczeństwo w centrali mogą zawsze być przy nich, zestawiać dane w całościowy obraz i wcześniej rozpoznawać scenariusze zagrożeń. Dostępne są następujące możliwości:
- wyświetlanie wszystkich urządzeń na mapie, w tym stanu alarmów w czasie rzeczywistym i lokalizacji użytkownika,

- szybsze lokalizowanie niebezpiecznego obszaru lub pracowników,
- przeprowadzanie sprawnych i bezpiecznych ewakuacji,
- monitorowanie statusu ewakuacji z wykorzystaniem systemu GPS,
- łatwiejsze określanie, czy pracownik bezpiecznie dotarł do celu,
- wyeliminowanie konieczności ręcznego tworzenia dokumentacji i raportów,
- automatyczne przechowywanie, wyszukiwanie i raportowanie danych.

Monitoring może być prowadzony z każdego miejsca, które posiada połączenie z internetem. Wszystkie istotne informacje są dostępne bezpośrednio w aplikacji internetowej. Dzięki temu każda upoważniona osoba może błyskawicznie zapoznać się z sytuacją na miejscu. Przyczynia się to również do zwiększenia bezpieczeństwa pracy. Kopie zapasowe danych są tworzone automatycznie. Wszystkie istotne dane są przechowywane i dokumentowane w centralnej lokalizacji w systemie Gas Detection Connect przy użyciu sprawdzonego rozwiązania back-endowego Microsoft Azure®.

Zapisane dane można w każdej chwili wykorzystać do wyszukiwania, filtrowania, eksportu do arkusza kalkulacyjnego Excel, a przede wszystkim do analizy i tworzenia przyszłych koncepcji bezpieczeństwa.

Ograniczenie ryzyka operacyjnego – większe bezpieczeństwo dla Twojego zakładu

Już dziś skorzystaj z wielu możliwości, jakie system Gas Detection Connect udostępnia dla różnych urządzeń firmy Dräger. Możesz na przykład połączyć urządzenie Dräger Pac® lub Dräger X-am® 2800 za pomocą funkcji Bluetooth® z aplikacją Gas Detection Connect lub przesyłać dane w czasie rzeczywistym, takie jak odczyty, alarmy, informacje o urządzeniu i dane GPS, ze smartfona do back-endu w chmurze.

Dane są przetwarzane w aplikacji internetowej i dostępne są do bezpośredniego wykorzystania. Urządzenia wraz z informacją o ich stanie, alarmach i lokalizacji są wyświetlane na mapie. Dane dotyczące alarmów są przechowywane w historii zdarzeń na potrzeby ich analizy.

Odczyt z przenośnych detektorów gazu następuje przy użyciu stacji Dräger X-dock®.

Dane są przechowywane bezpośrednio i automatycznie w chmurze. Przetwarzanie i wykorzystywanie danych odbywa się w aplikacji internetowej. Karty kontroli są zapisywane automatycznie i dostępne w centralnej lokalizacji. Informacje o stanie i konserwacji urządzeń i stacji są wyświetlane automatycznie. Aktualizacje oprogramowania sprzętowego mogą być dystrybuowane i przeprowadzane automatycznie, podobnie jak ocena pracy rejestratorów danych.

Wymagania

Nie jest wymagana instalacja oprogramowania. Jako back-end w chmurze wykorzystywana jest platforma Microsoft Azure® z centrami danych w UE. Dostęp do aplikacji internetowej uzyskuje się za pomocą przeglądarki internetowej. Wystarczy połączyć stacje Dräger X-dock® przez internet i pobrać aplikację Gas Detection Connect. Funkcje zarządzania zasobami i monitorowania w czasie rzeczywistym można kupić oddzielnie lub razem.

Przyszłościowy system dla Twojego zakładu

Wykorzystaj liczne możliwości zastosowania naszego systemu już dziś i czerp korzyści z jego ciągłego rozwoju. Dzięki temu możesz mieć pewność, że inwestujesz w rozwiązanie, które nadąża za Twoimi wymaganiami i przyszłym rozwojem.

Dzięki systemowi Gas Detection Connect stworzyliśmy techniczną podstawę do połączenia stacjonarnego i przenośnego monitowania gazów.

Potrzeby mogą się zmieniać w zależności od zastosowania i wymagań technicznych. Jesteśmy w ścisłym kontakcie z naszymi klientami, by odpowiednio na to reagować. Dlatego stale rozwijamy funkcjonalność systemu Gas Detection Connect. Automatyczne rozprowadzanie i uruchamianie aktualizacji oprogramowania sprzętowego, konfiguracja nowych szablonów czy nowe możliwości pogłębionej analizy zebranych danych to tylko kilka przykładów.

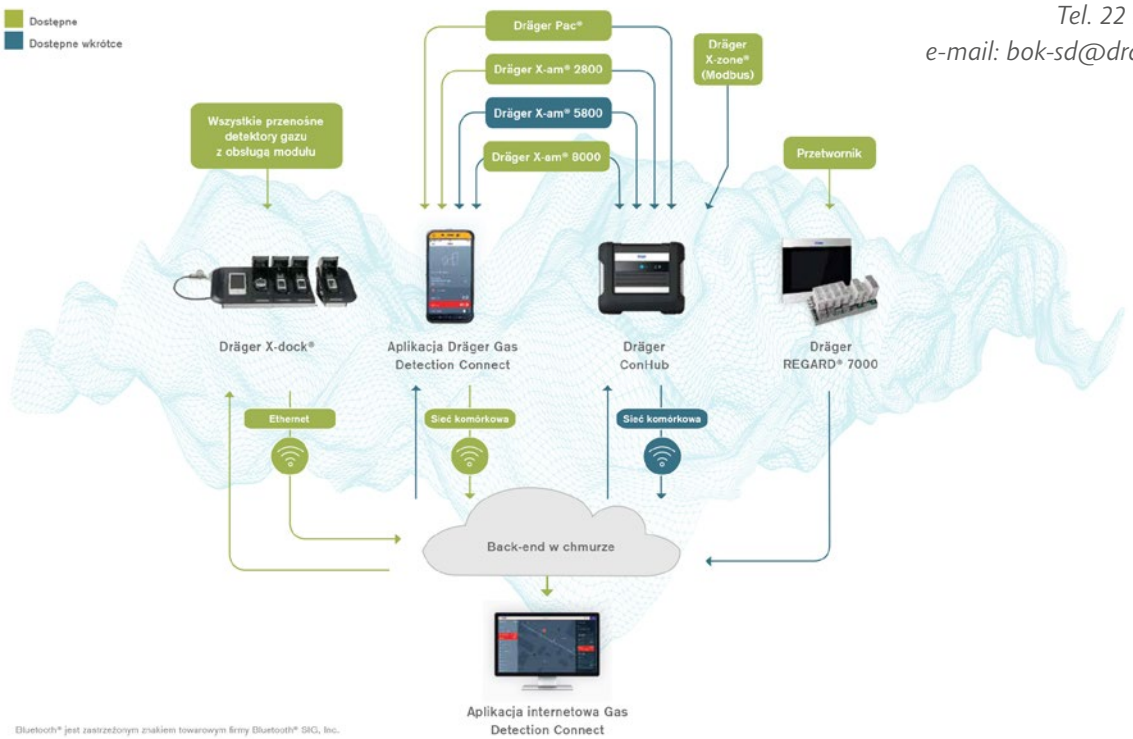
W przyszłości możliwe powinny być nie tylko odczyty i wyświetlanie detektorów gazu, ale także komunikacja zwrotna.

Na przykład możliwa będzie natychmiastowa zmiana trasy pracownika za pośrednictwem aplikacji internetowej, jeśli znajdzie się on w pobliżu zagrożenia. System Gas Detection Connect przynosi korzyści w wielu obszarach i sprawia, że wykrywanie gazu jest łatwiejsze i bezpieczniejsze dzięki cyfryzacji.

Zapraszamy do kontaktu z nami, jeśli chcesz zwiększyć bezpieczeństwo swoich pracowników i majątku.

Umów się z nami na spotkanie informacyjne. Przyjedziemy z dogodnym terminie, zaprezentujemy nasze rozwiązania i doradzimy w przypadku wątpliwości.

Dräger Polska Sp. z. o.o.
Tel. 22 243 06 58
e-mail: bok-sd@draeger.com



Podłącz się do cyfrowej przyszłości bezpieczeństwa

Gas Detection Connect – rozwiązanie systemowe Dräger

Dowiedz się więcej

PRAKTYCZNE ZASTOSOWANIE METODY LOPA I GRAFU RYZYKA W PRZYPISANIU WYMAGAŃ SIL DLA FUNKCJI BEZPIECZEŃSTWA W NOWOCZESNYCH OBIEKTACH PRZEMYSŁOWYCH

W świecie czwartej rewolucji przemysłowej nie sposób wyobrazić sobie nowoczesny blok nadkrytyczny, czy gazowo-parowy, instalację procesu chemicznego lub petrochemicznego, czy nawet maszynę, które nie byłby wyposażone w skomplikowane systemy zabezpieczeń.

System taki realizuje funkcje bezpieczeństwa chroniąc przed powstaniem zdefiniowanych sytuacji zagrażających o możliwych konsekwencjach dla ludzi, środowiska lub mienia.

Dla każdej z funkcji zabezpieczających określa się wymagania funkcjonalne oraz wymagania nienaruszalności bezpieczeństwa wyrażone dyskretnymi poziomami SIL (*safety integrity level*).

W niniejszym opracowaniu przedstawiono wybrane metody określenia wymagań SIL i porównano ich przydatność w konkretnych rodzajach obiektów. Wyniki w niej przedstawione zostały uzyskane na podstawie rzeczywistych analiz wykonywanych w ramach pracy UDT-CERT.

Każdy obiekt przemysłowy posiada potencjał generowania szeregu zdarzeń zagrażających, mogących powodować negatywne skutki dla zdrowia i życia człowieka oraz całego otoczenia. Zdarzenia te wynikają najczęściej z zakłóceń procesowych, awarii systemów sterujących procesem, wad lub uszkodzeń materiału lub z błędów człowieka.

Objawiają się one najczęściej:
- przekroczeniem parametrów dopuszczalnych (ciśnienie, temperatura, poziom),
- uwolnieniem substancji niebezpiecznej,
- wytworzeniem atmosfery wybuchowej,
- niedozwolonym przemieszczeniem układu mechanicznego.

Ich konsekwencjami mogą być:
- śmierć człowieka bądź wielu osób,
- obrażenia o różnym stopniu nasilenia,
- skażenie środowiska,
- straty materialne, w tym straty w majątku, straty produkcji, straty wizerunkowe itp.

Urządzenia i systemy zabezpieczające przed powstaniem niepożądanych zdarzeń lub ograniczające ich skutki budowane i oceniane są zgodnie z najlepszymi wymaganiami i wiedzą inżynierską, które ulegają zmianie wraz z postępem techniki.

Podejście oparte na zasadach, a podejście oparte na ryzyku

rule-based approach

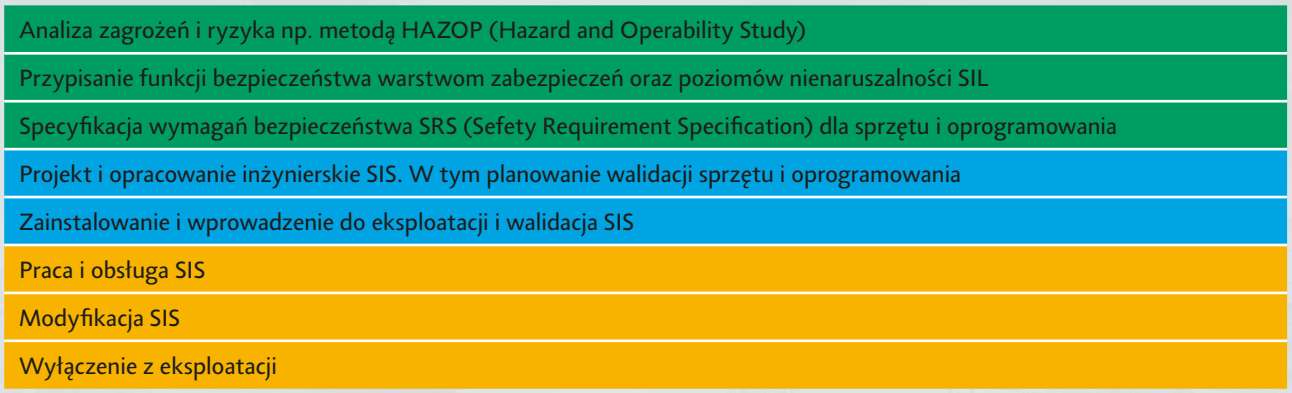
W podejściu tradycyjnym odpowiedzią na każde określone zdarzenie niebezpieczne w danym procesie lub urządzeniu jest zastosowanie dedykowanych zabezpieczeń o zunifikowanej konstrukcji, wielkości a nawet nastawach. Innymi słowy jest to podejście oparte na zasadach *(rules-based*

approach). Takie rozwiązania nadają się do zastosowania w powtarzalnych obiektach, wykorzystujących te same technologie, rozwiązania techniczne, dostawców sprzętu itp. Nie mają one jednak większego zastosowania w nowoczesnych obiektach przemysłowych, gdzie zabezpieczenia muszą być „inteligentne" i „szyte na miarę". Z tego powodu trudno jest sobie wyobrazić unifikację konstrukcji, czy objęcie normami przedmiotowymi sposób działania takich systemów.

risk-based approach

Odpowiedzą na ten problem wydaje się być podejście do bezpieczeństwa oparte na ryzyku (*risk-based approach*). Definiuje ono pojęcie „ryzyko" jako kombinację prawdopodobieństwa zdarzenia niebezpiecznego i ciężkości jego skutków [1, 2]. Ryzyko zatem jest obiektywnym parametrem charakteryzującym bezpieczeństwo w sposób ilościowy. Dzięki ryzyku można więc porównać poziomy „niebezpieczeństwa" generowane w różnych instalacjach i co więcej, wyrażone różnymi kategoriami skutków (np. skutki dla ludzi vs. skutki środowiskowe).

Koncepcja oparta na ryzyku spowodowała zmianę oceny zastosowanych w obiekcie zabezpieczeń. W miejsce potwierdzenia zastosowania „dopuszczonych" typów urządzeń zabezpieczających stosuje się potwierdzenie przejścia konkretnych etapów zwanych cyklem życia bezpieczeństwa [1]. Przykładowy cykl życia w oparciu o normy PN-EN61511-1 i PN-EN50156-1 pokazano poniżej.



Rysunek 1. Cykl życia bezpieczeństwa na podstawie PN-EN61511 i PN-EN50156. Kolorem zielonym pokazano fazę analityczną, kolorem niebieskim – fazę realizacji, zaś kolorem pomarańczowym – fazę eksploatacji

Faza analityczna

Celem fazy analitycznej jest identyfikacja zagrożeń i scenariuszy awaryjnych do nich prowadzących oraz zdefiniowanie zabezpieczeń działających na konkretnych etapach każdego scenariusza awaryjnego. Dodatkowym celem realizowanym w tej fazie jest określenie ryzyka zdarzenia tzw. nieograniczonego (ang. unmitigated event) oraz wynikającej stąd wymaganej dalszej redukcji ryzyka do wartości akceptowalnej.

Najczęściej redukcja ta przypada na zastosowane tzw. przyrządowe funkcje bezpieczeństwa SIF (*safety instrumented function*), realizowane w technice elektrycznej, elektronicznej lub programowalnej elektronicznej, lub wykonane w innych technikach. Funkcje SIF realizowane są przez tzw. przyrządowy system bezpieczeństwa SIS (*safety instrumented system*). Dla każdej zdefiniowanej funkcji SIF określany jest wymagany docelowy poziom nienaruszalności bezpieczeństwa SIL (*safety integrity level*) świadczący o niezawodności funkcji w pełnieniu swego zadania.

Faza realizacji

W fazie realizacji projektu ustalenia fazy analitycznej implementowane są w projekcie systemu SIS. Po pozytywnej weryfikacji projektu i jego zaimplementowaniu przeprowadzana jest tzw. walidacja mająca na celu sprawdzenie, czy zbudowany system SIS odpowiada wymaganiom bezpieczeństwa określonym w fazie analitycznej

Faza eksploatacji

System zabezpieczeń SIS i realizowane przez niego funkcje bezpieczeństwa SIF powinny działać w sposób niezawodny przez określony w założeniach projektowych czas (najczęściej przyjmuje się 15 lub 20 lat). W tym celu podlega on konserwacji oraz testom sprawdzającym tzw. proof testom w okresach

i zakresie przewidzianym w instrukcji eksploatacji systemu SIS. Okresy te mają decydujący wpływ na zdolność redukcji ryzyka przez ten system, dlatego powinny być dochowane w całej fazie eksploatacji.

Docelowe poziomy nienaruszalności bezpieczeństwa SIL

Dla każdej funkcji bezpieczeństwa SIF określa się wymagany docelowy poziom nienaruszalności SIL, świadczący o niezawodności tej funkcji w wykonywaniu założonego zadania ochrony.

SIL określony jest w 4 poziomach (wg norm PN-EN61508 i PN-EN61511 od najniższego SIL1 do najwyższego SIL4). Każdy poziom SIL odpowiada rzędowi wielkości redukcji ryzyka dokonanej przez tę funkcję zgodnie z poniższą tabelą.

poziom SIL	PFD_{AVG}	RRF	PFH
SIL 4	$\geq 10^{-5}$ and $< 10^{-4}$	100000 to 1000	$\geq 10^{-9}$ and $< 10^{-8}$
SIL 3	$\geq 10^{-4}$ and $< 10^{-3}$	10000 to 1000	$\geq 10^{-8}$ and $< 10^{-7}$
SIL 2	$\geq 10^{-3}$ and $< 10^{-2}$	1000 to 100	$\geq 10^{-7}$ and $< 10^{-6}$
SIL 1	$\geq 10^{-2}$ and $< 10^{-1}$	100 to 10	$\geq 10^{-6}$ and $< 10^{-5}$

Rysunek 2. Miary redukcji ryzyka i wynikające stąd poziomy SIL.

Użyte skróty: PFD_{AVG} - średnie prawdopodobieństwo uszkodzenia niebezpiecznego funkcji bezpieczeństwa , RRF – współczynnik redukcji ryzyka, PFH - średnia częstotliwość uszkodzenia funkcji bezpieczeństwa [1/h]

Współczynnik RRF określa ile razy dana funkcja bezpieczeństwa SIF zmniejsza ryzyko danego zdarzenia niebezpiecznego, najczęściej poprzez obniżenie statystycznej częstości jego wystąpienia.

Z punktu widzenia konstrukcji samej funkcji bezpieczeństwa użytecznym parametrem jest prawdopodobieństwo niewykonania zadania przez tę funkcję w momencie, gdy jest ona potrzebna.

Prawdopodobieństwo to opisane jest wielkościami PFD_{AVG} (średnie prawdopodobieństwo uszkodzenia) – dla procesów wolnozmiennych. W tych procesach statystyczne wywołanie funkcji bezpieczeństwa jest rzadsze niż 1/rok lub PFH (godzinowa częstość uszkodzenia) – dla procesów szybkozmiennych, w których statystyczne wywołanie funkcji wystąpić może częściej niż raz w roku.

Przypisanie wymaganych docelowych poziomów SIL dla każdej funkcji bezpieczeństwa SIF wykonywane jest na etapie analizy i oceny ryzyka. W związku z tym wynik przypisania SIL zależy od przyjętego poziomu akceptacji ryzyka w danej kulturze (firmy, kraju, czy regionu) oraz danych generycznych dotyczących częstości występowania kluczowych zjawisk ujętych w analizie.

Spośród uznanych metod przypisania poziomów SIL można wyróżnić:

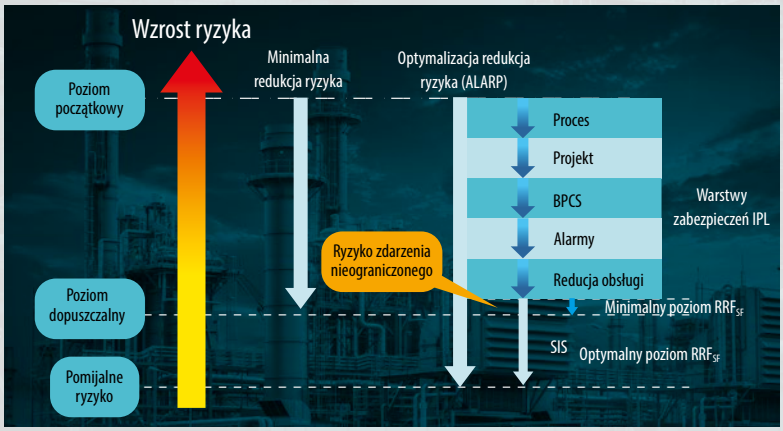
- analizę warstw zabezpieczeń LOPA (*layer of protection analisys*), również znaną jako AWZ
- graf ryzyka RG (*risk graph*),
- matrycę ryzyka RM (*risk matrix*).

Wszystkie wymienione metody znajdują zastosowanie w przypisaniu poziomów SIL funkcji bezpieczeństwa chroniących instalacje procesowe oraz energetyczne. W szczególnych zastosowaniach np. maszynach spotyka się również określone w normach typu C sztywne wymagania SIL dla konkretnych funkcji bezpieczeństwa.

W niniejszej publikacji przybliżone zostały główne cechy **analizy warstw zabezpieczeń i grafu ryzyka**.

Analiza warstw zabezpieczeń LOPA

Analiza warstw zabezpieczeń (LOPA) jest jedną z najbardziej znanych metod oceny ryzyka. Głównym celem tej analizy jest sprawdzenie, czy zastosowane urządzenia zabezpieczające proces pozwolą uzyskać akceptowalny poziom ryzyka w rozpatrywanych scenariuszach. Działanie metody pokazano na rysunku 3.



Rysunek 3. Poglądowe przedstawienie działania analizy LOPA

W analizie definiowane są pojedyncze pary: zdarzenie inicjujące – konsekwencja, które rozpatrywane są oddzielnie jako scenariusz awaryjny. Podczas analizy zespół określa statystyczną częstość zdarzenia inicjującego, wartości PFD wszystkich zastosowanych warstw zabezpieczeń IPL (*independent protection layers*), wartości modyfikatorów warunkowych CMP oraz czynników umożliwiających ECP. W efekcie otrzymywana jest częstość zdarzenia nieograniczonego UEF, która nie uwzględnia jeszcze istnienia funkcji bezpieczeństwa SIF i jej docelowego poziomu SIL.

Wyznaczenie ryzyka zdarzenia nieograniczonego dla rozpatrywanego scenariusza wynosi:

$$UEF = f \cdot PFD_1 \cdot PFD_2 \cdot \ldots \cdot PFD_K \cdot ECP_1 \cdot ECP_2 \cdot \ldots \cdot ECP_I \cdot CMP_1 \cdot CMP_2 \cdot \ldots \cdot CMP_J \quad (1)$$

gdzie:
UEF – częstość zdarzenia nieograniczonego [1/rok]
f – częstość zainicjowania zdarzenia niebezpiecznego [1/rok]
ECP_i – prawdopodobieństwo, że i-ty czynnik umożliwiający umożliwi zaistnienie lub rozwinięcie zdarzenia w konsekwencje,
CMP_j – prawdopodobieństwo, że j-ty modyfikator warunkowy umożliwi rozwój scenariusza w zdefiniowane konsekwencje,
PFD_k – prawdopodobieństwo uszkodzenia (niewypełnienia) funkcji bezpieczeństwa przez k-tą warstwę zabezpieczającą.

Częstości typowych zdarzeń inicjujących oraz czynników modyfikujących ECP i CMP wymagane w formule (2), a także dane dotyczące prawdopodobieństwa uszkodzenia poszczególnych warstw zabezpieczeń można znaleźć w odpowiednich bazach danych np. CCPS [2] lub normie PN-EN61511-3 [1] i w bazie ERMCH [4, 5].

- W sytuacji, gdy do tych samych konsekwencji prowadzi więcej niż jeden scenariusz awaryjny zdefiniowany w analizie zagrożeń, należy wartość UEF obliczyć dla każdego scenariusza oddzielnie.
- Całkowita częstość zdarzenia nieograniczonego o konsekwencjach rozpatrywanych w analizie UEFoverall jest sumą częstości UEFn zdarzeń prowadzących do tych konsekwencji. Zakłada się tutaj, że scenariusze te są niezależne od siebie.

$$UEF_{overall} = \sum_{(n=1)}^{N} UEF_n \quad (2)$$

Po wyznaczeniu **częstości zdarzenia nieograniczonego $UEF_{overall}$** należy porównać ją z częstością zdarzenia odpowiadającą akceptowalnej wartości ryzyka dla danej kategorii ostrości skutków TMEF (*target mitigated event frequency*) zgodnie z przyjętą matrycą ryzyka. Stosunek tych wartości daje wymaganą wartość RRF dla projektowanej funkcji SIF, biorącej czynny udział w ograniczaniu ryzyka wszystkich rozpatrywanych scenariuszy prowadzących do tych samych konsekwencji.

$$RRF_{SF} = \frac{UEF_{overall}}{TMEF} \quad (3)$$

W sytuacji, gdy w każdym scenariuszu prowadzącym do określonych konsekwencji zastosowano inną funkcję bezpieczeństwa SIF lub w sytuacji mieszanej, gdy w części scenariuszy pojawia się ta sama funkcja bezpieczeństwa, a w części różne funkcje, należy wyznaczyć $RRF_{ZASTĘPCZE}$ wg formuły 3.

Następnie należy wstawić uzyskaną wartość $RRF_{ZASTĘPCZE}$ jako RRF poszczególnych funkcji w rozpatrywanych scenariuszach. W kolejnych krokach można optymalizować uzyskane wyniki w sposób iteracyjny, poprzez korektę podstawianych wartości RRF do poszczególnych funkcji w niewielki sposób zwiększając RRF funkcji występujących w scenariuszach o największym udziale w $UEF_{OVERALL}$ przy znacznym zmniejszeniu RRF funkcji użytych w scenariuszach mniejszej wagi. Wagę każdego scenariusza wyznacza się porównując wartość UEF tego scenariusza do $UEF_{OVERALL}$. Procedurę tę można wykonać automatycznie za pomocą oprogramowania ExSILentia®.

Przykładowy arkusz analizy LOPA dla funkcji kotła gazowego pokazano na rysunku na następnej stronie.

3. Wytworzenie atmosfery wybuchowej, eksplozja w wyniku niekontrolowanego wprowadzenia paliwa do komory spalania (palniki główne)	Frequency [per year]			IPLs												Intermediate Frequency [per year]		Comments
Initiating Event				Bezpieczeństwo inherentne - bezpieczny projekt		SIFB04		Zawór wentylacyjny pomiędzy zaworami gazowymi		SIFB04		SIFB14						
4.15.1. Nieszczelność głównych zaworów gazowych	0,01			P	0,1	P	3,23E-3	P	0,1	P	NA	P	NA	P	3,23E-7		
				E	0,1	E	3,23E-3	E	0,1	E	NA	E	NA	E	3,23E-7		
				A	0,1	A	3,23E-3	A	NA	A	NA	A	NA	A	3,23E-7		
Niekontrolowane otwarcie zaworów gazowych - (błąd BMS, zacięcie zaworu w pozycji otwartej)	0,01			P	0,1	P	NA	P	NA	P	3,23E-3	P	NA	P	3,23E-6		
				E	0,1	E	NA	E	NA	E	3,23E-3	E	NA	E	3,23E-6		
				A	0,1	A	NA	A	NA	A	3,23E-3	A	NA	A	3,23E-6		
Brak zapłonu płomienia głównego podczas rozpalania	1,00E-3			P	NA	P	NA	P	NA	P	NA	P	3,23E-3	P	3,23E-6		
				E	NA	E	NA	E	NA	E	NA	E	3,23E-3	E	3,23E-6		
				A	NA	A	NA	A	NA	A	NA	A	3,23E-3	A	3,23E-6		
Zgaśnięcie płomienia głównego podczas pracy	1,00E-3			P	NA	P	NA	P	NA	P	NA	P	3,23E-3	P	3,23E-6		
				E	NA	E	NA	E	NA	E	NA	E	3,23E-3	E	3,23E-6		
				A	NA	A	NA	A	NA	A	NA	A	3,23E-3	A	3,23E-6		

Analizowane funkcje bezpieczeństwa

SIFB03 – Monitorowanie położenia zamkniętego zaworów gazowych (SIL2, RRF 310),

SIFB04 - Monitorowanie szczelności zaworów gazowych (SIL2, RRF 310), SIFB14 – Monitorowanie płomienia palników głównych (SIL2, RRF310).

Rysunek 4. Przykładowy arkusz analizy LOPA wykonany w ramach usługi UDT-CERT.

Konsekwencje: P - dla personelu, E – dla środowiska, A – dla majątku
NA – nie dotyczy
Intermediate frequency – częstość zdarzenia ograniczonego według danego scenariusza

Na podstawie uzyskanego RRF_{SF} każdej funkcji bezpieczeństwa można określić jej docelowy poziom SIL zgodnie z rysunkiem 2. Częstą sytuacją prowadzącą do nieporozumień jest podanie projektantowi systemu SIS samej wartości docelowej SIL bez RRF_{SF}. Brak informacji o wymaganym współczynniku RRF powoduje, że projektant może użyć przy projektowaniu tej funkcji dolnej granicy RRF (np. dla SIL1, równej RRF=11) zamiast RRF wymaganego dla właściwej redukcji ryzyka. Funkcja ta może wówczas nie spełniać wymagań redukcji ryzyka założonych podczas analizy LOPA.

Dokładność określenia poszczególnych wymagań RRF_{SF} i wynikających z tego docelowych poziomów SIL zależy od przyjętej odmiany analizy LOPA.
Rozróżnić można tu odmianę jakościową i ilościową.

- Metoda ilościowa jest dokładniejsza od jakościowej, jednak wymaga większego nakładu pracy i użycia dokładnych wartości parametrów użytych w równaniu 1.
- W analizie pokazanej na rysunku 2 użyto metody ilościowej.

Innym problemem spotykanym w analizie LOPA jest stosowanie kilku funkcji zabezpieczeniowych w jednym scenariuszu awaryjnym. W takiej sytuacji, pojawia się zbyt dużo stopni swobody w równaniu 1 oraz problem niezależności tych funkcji od siebie.

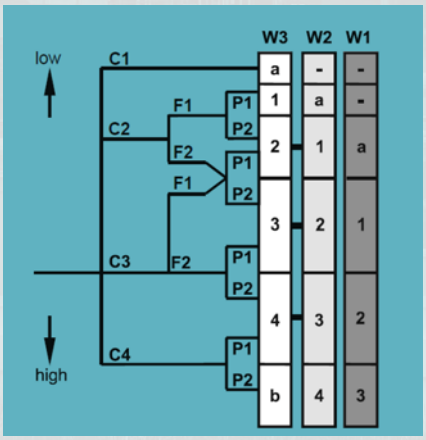
Wymaga to znacznej uwagi zespołu LOPA i znajomości konstrukcji systemu SIS w celu określenia parametrów niezawodnościowych wspólnych elementów. Główną zasadą w tym przypadku jest ograniczenie całkowitego RRF wszystkich funkcji w ramach jednego scenariusza przez RRF generowany przez wspólne elementy systemu SIS.

Graf ryzyka

Obok metody LOPA najczęściej stosowaną metodą przypisania SIL jest graf ryzyka (*risk graph*).

W odróżnieniu od analizy LOPA metoda ta nie daje wyniku w postaci częstości zdarzenia ograniczonego, a jedynie docelowy poziom SIL dla rozpatrywanej funkcji SIF tak, aby ryzyko było zredukowane do poziomu akceptowalnego.

Takie założenie wymaga kalibracji grafu oddzielnie dla każdego przedsiębiorstwa. Przykładowy graf ryzyka wraz z kalibracją przedstawiono na rysunku 5.



Rysunek 5. Graf ryzyka dla strat w ludziach. Objaśnienia: 1, 2, 3, 4 – poziomy docelowe SIL, a – funkcja bez wymagań SIL (RRF<=10), - brak wymagań bezpieczeństwa, b – wymagane dodatkowe warstwy zabezpieczeń

W metodzie tej w sposób jakościowy przedstawione jest ryzyko za pomocą 4 parametrów pokazanych na rysunku 6.

- W celu prawidłowego przeprowadzenia analizy tą metodą należy przyjąć następujące założenia:
- analizowana funkcja nie bierze udziału w procesie redukcji ryzyka (została uszkodzona),
- konsekwencje określone parametrem C zaczerpnięte są z matrycy ryzyka przedsiębiorstwa,
- inne wymagane warstwy zabezpieczeń są i działają prawidłowo,
- w przypadku konsekwencji dla ludzi pod uwagę bierzemy człowieka najbardziej narażonego (nie uśrednia się skutków, ani częstości przebywania).

Kalibrację grafu ryzyka przeprowadza się poprzez skorelowanie konsekwencji C grafu z odpowiednimi kategoriami skutków w matrycy, zaś częstości zdarzenia niebezpiecznego W z odpowiednimi częstościami ryzyka TA lub A dla tych kategorii skutków.

Parametrom P i F przypisuje się RRF=10 dla wartości F1 lub P1 oraz RRF=1 dla wartości F2 oraz P2. Jeżeli dla przykładu pokazanego na rysunku 6 docelowa częstość zdarzenia C3 – śmierć pojedynczych osób wg matrycy ryzyka wynosi $TMEF_{C3}=10^{-4}$/rok, $RRF_{F1}=RRF_{P1}=10$, zaś zdarzenie inicjujące po uwzględnieniu innych warstw zabezpieczeń ma częstość $f_{W2}=0{,}1$/rok, wówczas kalibracja ma postać:

$$RRF_{SIF}=\frac{f_{W2}}{TMEF_{C3}\cdot RRF_{F1}\cdot =RRF_{P1}}=\frac{0{,}1/}{10^{-4}\cdot 10\cdot 10}=10 \quad (4)$$

$RRF_{SIF}=10$ odpowiada dolnej granicy RRF dla poziomu SIL1, a taki poziom wskazany jest właśnie przez graf z przykładu dla ścieżki C3-F1-P1-W2 (rysunek 5).

Oznacza to, że graf został prawidłowo skalibrowany. W metodzie tej brana jest pod uwagę dolna granica poziomu RRF dla pasma danego SIL, co daje margines bezpieczeństwa przy dowolnej interpretacji wyniku przypisania przez projektanta systemu.

Konsekwencje
C1 – małe urazy
C2 – duże urazy
C3 – pojedyncze osoby zabite
C4 – wiele osób zabitych

Częstość narażenia
F1 – rzadka (0,1 czasu pracy)
F2 – częsta (pow. 0,1 czasu pracy)

Możliwość uniknięcia zagrożenia
P1 – możliwa w pewnych warunkach
P2 – Prawie niemożliwa

Prawdopodobieństwo wystąpienia
W1 – bardzo małe (poniżej raz na 10 lat)
W2 – małe (raz na 1-10 lat)
W3 – duże (powyżej raz na rok)

Rysunek 6. Przykładowa kalibracja grafu ryzyka

Kalibracja parametrów F i P jest jakościowa i wymaga wiedzy eksperckiej. Podaje ona warunki, jakie trzeba spełnić, aby rozwiązania opisane parametrami F1 i P1 mogły pełnić rolę niezależnych warstw zabezpieczeń. W opisanym przykładzie zaczerpnięto kalibrację tych parametrów z normy PN-EN61511-3.

Metoda grafu ryzyka jest dedykowaną metodą przypisania SIL dla zabezpieczeń w instalacjach kotłowych zgodnie z normą PN-EN50156-1 (przywołaną w normach przedmiotowych PN-EN12952-7 i PN-EN12953-6).

Po odpowiedniej kalibracji można ją wykorzystywać w przemyśle procesowym.

Arkusz przykładowej analizy SIL grafem ryzyka przedstawiono na rysunku poniżej.

Cel ochrony:	Zabezpieczenie przed pracą palników bez potwierdzenia płomienia w kotle
Opis zagrożenia:	Brak sygnału płomienia po otwarciu zaworów olejowych może prowadzić do podania paliwa do paleniska pomimo braku płomienia, utworzenie atmosfery wybuchowej, zagrożenie dla ludzi
Akcje :	awaryjne zamknięcie zaworów olejowych odnośnego palnika (EGD21AA101/102)
Ocena ryzyka **Konsekwencja** C2 Ciężkie trwałe obrażenia dla jednej lub więcej osób. Podczas normalnej eksploatacji maksymalna liczba osób, które są w ekspozycji 1-2 osób (1 osób. obchodowy) **Częstotliwość i czas ekspozycji** F1 Osoba narażona w strefie zagrożenia przez mniej niż 10% czasu pracy. **Możliwość uniknięcia zagrożenia** P2 brak dostatecznego czasu na ucieczkę **Prawdopodobieństwo występenia zdarzenia** W2 Scenariusze awaryjne: rozruch zimnego kotła, suszenia obmurza-pozostawienie otwartych zaworów pomimo braku potwierdzenie płomienia. Zabezpieczenia: niska liczba uruchomień w roku, wysokie prawdopodobieństwo zapłonu niespalonego paliwa przez inny palnik lub przez system zapłonowy, dodatkowy wakaźnik analogowy dla operatora.	
Wynik analizy	SIL1

Rysunek 7. Wyniki przykładowej analizy SIL metodą grafu ryzykaGraf ryzyka może być również stosowany do analizowania strat środowiskowych oraz materialnych po odpowiedniej rekonfiguracji i kalibracji grafu.

Wnioski

Do przypisania poziomów SIL dla funkcji zabezpieczających w instalacjach procesowych nadają się obie przedstawione metody.

Doświadczenie pokazuje jednak, że w analizie SIL funkcji zabezpieczających układy paleniskowe i maszyny lepiej sprawdza się graf ryzyka, zaś w przypadku funkcji zabezpieczających instalacje procesowe lepsze efekty daje analiza warstw zabezpieczeń.

Efekt ten spowodowany jest różną koncentracją funkcji bezpieczeństwa w obu przypadkach. Instalacje paleniskowe podlegają dość konserwatywnym zasadom budowy maszyn, wynikającym z kultury technicznej tego środowiska inżynierów. Normy typu C nakazują wręcz wyposażenie palenisk, czy maszyn w różne, często dublujące się zabezpieczenia.

Występowanie kilku zabezpieczeń w jednym scenariuszu awaryjnym znacznie utrudnia analizę LOPA przez wprowadzenie większej liczby stopni swobody.

W przypadku instalacji procesowych najczęściej projektowane są pojedyncze funkcje bezpieczeństwa na okoliczność konkretnych scenariuszy awaryjnych.

W takich warunkach metoda LOPA nie tylko dokładnie i celnie potrafi przypisać wymagany poziom SIL, ale pozwala oszacować całkowite ryzyko określonych zdarzeń, na które składa się wiele scenariuszy awaryjnych. Porównując nakład pracy konieczny dla wykonania obu rodzajów analiz można stwierdzić, że analiza LOPA jest kilkukrotnie bardziej pracochłonna od grafu ryzyka.

Igor Hejke
Ekspert Urządzeń Transportu Bliskiego
Urząd Dozoru Technicznego
Oddział we Wrocławiu

Literatura
1. PN-EN61511:2017 Części 1 i 3. Bezpieczeństwo funkcjonalne. Przyrządowe systemy bezpieczeństwa do sektora przemysłu procesowego
2. Layer of Protection Analysis Simplified Process Risk Assessment – Center for Chemical Process Safety 2001 r.
3. Practical SIL Target Selection. Risk Analysis per IEC61511 Safety Lifecycle 2nd Edition
4. Electrical & Mechanical Component Reliability Handbook. Volume 1 Electrical components
5. Electrical & Mechanical Component Reliability Handbook. Volume 2 Mechanical components

#SiłaWzrostuANWIL

BUDOWA TRZECIEJ LINII DO PRODUKCJI NAWOZÓW AZOTOWYCH

blisko **95%** zaawansowanie prac

około **50%** zwiększonych mocy produkcyjnych

ponad **10%** wzrost zatrudnienia

Wspólnie budujemy przyszłość!

Znajdź nas na

BEZPIECZEŃSTWO CHEMICZNE W SYSTEMIE OCHRONY PRZECIWPOŻAROWEJ

Bezpieczeństwo chemiczne obejmuje minimalizowanie zagrożeń fizycznych, chemicznych i toksykologicznych w środowisku chemicznym lub podczas procesów chemicznych. Chociaż chemikalia mają mnóstwo ważnych zastosowań w wielu branżach, mogą również stanowić zagrożenie dla zdrowia ludzkiego. Substancje chemiczne występują w wielu różnych formach, w tym w pyłach, proszkach, włóknach, dymach, cieczach, oparach, gazach i mgiełkach, a każda z tych postaci niesie ze sobą wiele różnych zagrożeń dla użytkownika. Wiele substancji chemicznych może mieć poważne skutki neurologiczne, powłokowe i oddechowe. W związku z tym podczas ich stosowania należy znać przepisy i wymagania dotyczące bezpieczeństwa chemicznego. Bezpieczeństwo chemiczne jest również ważne, ponieważ wypadki chemiczne często wywołują efekt domina, powodując dalsze problemy środowiskowe i zdrowotne.

W związku ze stale wzrastającym rozwojem technicznym, a co za tym idzie poszerzającym się spektrum zagrożeń, bezpieczeństwo chemiczne obejmuje swym zakresem coraz szerszą sferę działań. Krajowy system ratowniczo-gaśniczy ma na celu ochronę życia, zdrowia, mienia lub środowiska poprzez nie tylko walkę z pożarami lub innymi klęskami żywiołowymi, ale także ratownictwo chemiczne i techniczne, ekologiczne czy medyczne oraz współpracę z jednostkami systemu Państwowego Ratownictwa Medycznego. Już unormowania prawne powodują, że jednym z obszarów zadań realizowanych przez Państwową Straż Pożarną jest ratownictwo chemiczne, rozumiane jako działalność ratownicza, metodyka organizowania procesu ratowniczego oraz system współdziałających jednostek. Ratownictwo chemiczne zostało powołane, aby prowadzić działalność organizacyjno-techniczną zmierzającą do zapobiegania awariom chemicznym, a w razie ich wystąpienia umożliwić w sposób zorganizowany ratowanie poszkodowanych i zagrożonych oraz likwidację źródeł i skutków awarii chemicznych.

Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2012/18/UE, tzw. dyrektywa SEVESO III, stawia zarządcom zakładów szczegółowe wymagania w zakresie kontroli zagrożeń poważnymi awariami związanymi z substancjami niebezpiecznymi. Zgodnie z USTAWĄ z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz.U.2022.2556 t.j.), Rozdział 3: Obowiązki organów administracji związane z awarią przemysłową, Komendant wojewódzki Państwowej Straży Pożarnej opiniuje wewnętrzny plan operacyjno-ratowniczy lub zmiany wewnętrznego planu operacyjno-ratowniczego.

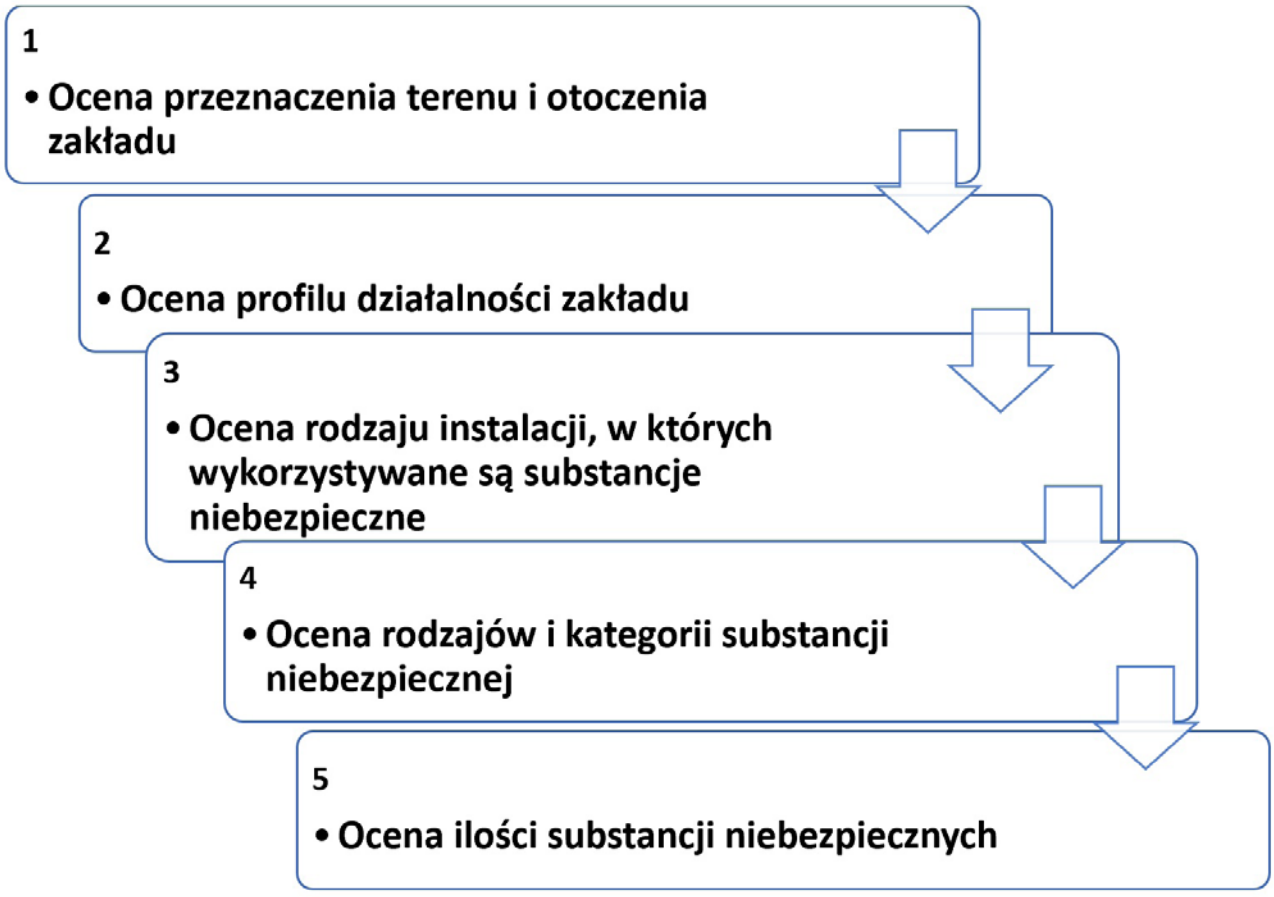
Zakres kompetencji oraz obszary obejmujące kwestie ratownictwa chemicznego, ekologicznego, powodują konieczność uwzględnienia zagadnień związanych z bezpieczeństwem chemicznym w powiatowych i wojewódzkich planach ratowniczych. Przygotowanie tych planów musi jednak poprzedzić szczegółowa analiza, która może być przeprowadzona z wykorzystaniem metodyki opracowanej przez Dyrektora CNBOP-PIB st. bryg. dr inż. Pawła Janika czy też oparta o wytyczne zawarte w załączniku nr 1 rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji w sprawie szczegółowej organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego (Dz.U. 2021 poz. 1737).

Konieczne jest także uwzględnienie bezpieczeństwa chemicznego w zewnętrznych planach ratowniczo

– gaśniczych przygotowywanych i opracowywanych przez Komendę Wojewódzką Państwowej Straży Pożarnej dla zakładów dużego ryzyka (ZDR), oraz w procesie uzgadniania programów zapobiegania awariom zarówno w przypadku zakładów zwiększonego ryzyka (ZZR), jak i zakładów dużego ryzyka (ZDR), czy też raportów o bezpieczeństwie oraz wewnętrznych planów operacyjno-ratowniczych dla Zakładów Dużego Ryzyka.

Ustalenia prowadzone w ramach tych dokumentów dokonywane są na podstawie wyników przeprowadzonej oceny ryzyka.

Minimalizacja zagrożenia chemicznego związana jest z odpowiednią prewencją. Jednym z narzędzi, pozwalających na odpowiednie działania w tym aspekcie, jest program informatyczny RAT-if (ang. *Risk Assessment Toolbox AT Hazardous Industrial Facilities Posing Threat Outside their Area*), opracowany przez konsorcjum, w skład którego wchodziło CNBOP-PIB, w ramach projektu EVARIS („Program do oceny ryzyka wystąpienia awarii w obiektach przemysłowych stwarzających zagrożenie poza swoim terenem"). Zgodnie z opracowanymi założeniami (Ryc. 1), w pierwszej kolejności należy dokonać oceny przeznaczenia terenu i otoczenia zakładu, a następnie oceny profilu działalności zakładu, rodzaju instalacji, w których wykorzystywane są substancje niezbeczenie, oceny rodzajów i kategorii substancji niebezpiecznej oraz oceny ilości substancji niebezpiecznych.



Ryc. 1. Schemat postępowania w opracowanej metodyce – kolejność prowadzenia identyfikacji zakładów tzw. niesevesowskich (podprogowych) https://evaris.cnbop.pl/

Prawidłowa identyfikacja zagrożeń na danym terenie stanowi podstawowy i nieodłączny element wszelkiego rodzaju działań planistycznych w obszarze prewencyjnym, kontrolnym oraz ratowniczym. Program RAT-if służy do oceny ryzyka wystąpienia awarii w obiektach przemysłowych i umożliwia m.in.:

- identyfikację zagrożeń dla ludzi, mienia i środowiska, wynikających z użytkowania

niebezpiecznych substancji chemicznych w obiektach przemysłowych;
- prowadzenie analiz zagrożeń i wyznaczania obszarowych rozkładów skutków awarii przemysłowych;
- dokonywanie ocen ryzyka wystąpienia awarii w zakładach przemysłowych;
- ustalanie bezpiecznych odległości od zakładów stwarzających zagrożenie wystąpienia awarii przemysłowej.

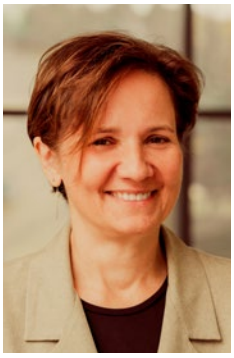
Substancje przechowywane w magazynie substancji niebezpiecznych, w tym gazy, ciecze lub ciała stałe, są często łatwopalne i mogą być sklasyfikowane jako zapalne, łatwo zapalne lub wysoce łatwo zapalne, w zależności od klasy zagrożenia. Ponadto wyróżniają się często właściwościami podsycającymi pożar lub nawet wybuchowymi. Z uwagi na krytyczne materiały pod względem ochrony przeciwpożarowej potencjalne zagrożenie pożarowe w magazynie materiałów niebezpiecznych jest niezwykle wysokie. Sytuacja zagrożenia ulega dalszemu pogorszeniu, gdy uwolnione substancje palne lub ich pozostałości spalania reagują z tlenem lub między sobą. Powoduje to powstawanie toksycznych produktów ubocznych i gazów. Aby zapobiec takim zagrożeniom, ochrona przeciwpożarowa w magazynie substancji niebezpiecznych ma najwyższy priorytet i ma na celu zminimalizowanie zagrożenia dla ludzi, zwierząt i środowiska. Dochodzą do tego wymagania biznesowe, takie jak ochrona towarów magazynowych przed utratą, ochrona samego magazynu i jego energochłonnych systemów automatyzacji przed uszkodzeniem, a przede wszystkim utrzymanie procesów operacyjnych, a co za tym idzie, zdolności dostawczych. Procesów operacyjnych nie należy przerywać ani fałszywymi alarmami, ani scenariuszami gaszenia pożarów, które wiążą się z długotrwałym i kosztownym czyszczeniem i usuwaniem szkód.

Działania w zakresie prewencji, pozwalającej na wzrost bezpieczeństwa chemicznego, oparte są niejednokrotnie o najnowsze osiągnięcia techniki jakimi są drony. Urządzenia te, w zależności od wyposażenia, mogą być stosowane w różnym zakresie w obszarze bezpieczeństwa chemicznego. CNBOP-PIB posiada w swoich strukturach Centrum Dronów, którego pracownicy podejmują prace w zakresie monitoringu substancji toksycznych na różnych obszarach, celem identyfikacji możliwości wystąpienia skażenia.

Rozwój zaawansowanych technologii i postępująca globalizacja przemysłu spowodowały m.in. zmianę technik sterowania i monitoringu urządzeń przemysłowych pracujących w tzw. strefach niebezpiecznych. Czujniki przeznaczone do wykorzystania w tzw. środowiskach niebezpiecznych stanowią jedną z grup czujników dostępnych na rynku, a przy ich tworzeniu wymagane jest dokładne poznanie konkretnej aplikacji, jaką będą one obsługiwać oraz spełnienie odpowiednich wymogów bezpieczeństwa i ochrony elementów czujnikowych. W środowiskach takich istnieje bowiem wiele czynników bezpośrednio zagrażających znajdującym się w nich urządzeniom zarówno w zakresie ich poprawnego funkcjonowania, jak również możliwości fizycznego zniszczenia.

Bezpieczeństwo chemiczne odnosi się obecnie do każdego obszaru naszego życia, a system ochrony przeciwpożarowej ściśle związany z bezpieczeństwem chemicznym, m.in. poprzez wykorzystanie w gospodarce substancji łatwopalnych, emisji toksyn, skażenie środowiska, neutralizację zanieczyszczeń w przypadku wystąpienia awarii czy skażenia. Minimalizacja zagrożenia chemicznego jest jednym z działań w zakresie ochrony przeciwpożarowej i realizowana jest m.in. poprzez zabezpieczenie substancji chemicznych, monitoring środowiska, sygnalizację zagrożenia. Działalność CNBOP-PIB w zakresie weryfikacji oraz akredytacji i certyfikacji opracowywanych rozwiązań pozwala na zapewnienie odpowiednich narzędzi do przeciwdziałania czy minimalizacji wystąpienia zagrożenia chemicznego.

Niezbędne jest oczywiście stałe prowadzenia prac badawczych w zakresie rozwoju nowych technologii (m.in. nowych rozwiązań, materiałów czy też narzędzi. Jak również prowadzenie działań edukacyjnych i szkoleniowych zwiększających bezpieczeństwo chemiczne i tym samym także bezpieczeństwo pożarowe.



prof. dr hab. Anna Rabajczyk
specjalizacja: chemia, nanotechnologia, inżynieria środowiska
Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego – Państwowy Instytut Badawczy

PIPC
POLSKA IZBA PRZEMYSŁU CHEMICZNEGO

1988-2023
35 lat

BEZPIECZNA chemia

PROGRAM
BEZPIECZNA CHEMIA

- Seminaria, warsztaty, szkolenia;
- Prezentacje rozwiązań i najlepszych praktyk;
- Monitorowanie zmian prawnych;
- Współpraca z ekspertami i największymi firmami przemysłu chemicznego;
- Biuletyn Bezpieczna Chemia.

Więcej o Programie Bezpieczna Chemia:

www.programbezpiecznachemia.pl

PROJEKT „SYSTEM POMOCY W TRANSPORCIE MATERIAŁÓW NIEBEZPIECZNYCH SPOT”

System SPOT jest systemem informacyjny i świadczenia pomocy technicznej w awariach/wypadkach drogowych z wyrobami chemicznymi na wszystkich szlakach transportowych. Z racji dużej ilości substancji chemicznych lokalne siły do zwalczania następstw wypadków / awarii z udziałem chemikaliów coraz częściej korzystają z wiedzy i doświadczenia fachowców z przemysłu chemicznego. Dlatego też w 2000 roku stworzono ten dobrowolny system świadczenia pomocy w przypadku wypadków / awarii z udziałem substancji chemicznych podczas transportu, przechowywania lub nagłych niebezpiecznych sytuacji na instalacjach produkcyjnych.

System Pomocy w Transporcie Materiałów Niebezpiecznych SPOT został powołany w 2000 r. przez Polską Izbę Przemysłu Chemicznego z inicjatywy dziewięciu producentów chemikaliów działających wówczas przy Izbie w Polskiej Grupie Bezpieczeństwa Chemicznego.

Nadrzędnym celem systemu SPOT jest ograniczenie skutków awarii w transporcie materiałów niebezpiecznych, poprzez wsparcie działań operacyjnych Państwowej Straży Pożarnej i innych służb ratowniczych na terenie kraju. W ciągu wielu lat działalności wypracowane zostały zasady ścisłej partnerskiej współpracy pomiędzy uczestnikami SPOT i Państwową Strażą Pożarną. Zasady te są stale doskonalone. W ramach systemu SPOT mogą działać nie tylko producenci, lecz także przewoźnicy, dystrybutorzy oraz inne firmy, instytucje i organizacje mogące przyczynić się do sprawnej likwidacji awarii i ograniczenia jej skutków.

Podstawą systemu jest sieć regionalnych ośrodków wyposażonych odpowiednio do zadeklarowanego przez nie stopnia udzielanej pomocy. System Pomocy w Transporcie Materiałów Niebezpiecznych wspomaga likwidację skutków zdarzeń wypadkowych z udziałem chemikaliów. Chemikalia należą do towarów, które codziennie w dużych ilościach przewożone są transportem drogowym, kolejowym, morskim i ostatnio lotniczym. Bezpieczeństwo transportu chemikaliów ma ogromne znaczenie. Utrata kontroli nad transportem materiałów niebezpiecznych doprowadzić może do uwolnienia znacznych ilości substancji o właściwościach palnych,

wybuchowych, trujących itp. Pomimo podejmowanych działań zabezpieczających oraz wszelkich kroków prewencyjnych nie da się jednak całkowicie wyeliminować wypadków.

System SPOT obejmuje trzy stopnie pomocy:

- **Stopień 1** doradztwo drogą telefoniczną przez specjalistę. Specjaliści zatrudnieni w zakładach udzielają służbom ratowniczym informacji przydatnych przy prowadzeniu działań ratowniczych.
- **Stopień 2** doradztwo na miejscu wypadku / awarii. Na wezwanie kierującego działaniami ratowniczymi na miejsce zdarzenia zostaje wysłany specjalista z ośrodka Systemu SPOT.
- **Stopień 3** świadczenie pomocy technicznej służb interwencyjnych w miejscu awarii. Wyjazd ratowników wyposażonych w specjalistyczny sprzęt ratowniczy oraz doradztwo specjalistów na miejscu zdarzenia.

Przedsiębiorstwa zrzeszone w SPOT swoimi służbami ratowniczymi i ekspertami świadczą szybką, fachową pomoc przy wypadkach bądź awariach z udziałem produktów chemicznych.

SPOT wiąże się z zasadami programu Odpowiedzialność i Troska i jest świadectwem na to, z jaką powagą przemysł chemiczny traktuje swoją odpowiedzialność za bezpieczeństwo, zdrowie i ochronę środowiska. Jest bezpośrednim dowodem na to, że odpowiedzialność za wyprodukowane przez zakłady chemiczne produkty nie kończy się na ich bramach.

Stanowiska kierowania Zakładowych Straży Pożarnych i Zakładowych Służb Ratowniczych są czynne przez całą dobę i w sprawach SPOT osiągalne pod numerami telefonów zarezerwowanymi dla tego systemu.

Ekipy ratownicze zrzeszone w systemie posiadają specjalistyczny sprzęt, który często jest niedostępny dla zwykłych służb ratowniczych, a więc system SPOT posiada potencjał techniczny i ludzki, który jest w stanie likwidować wszelkiego typu nieszczelności w instalacjach przemysłu chemicznego.

Cele SPOT:

- Działanie niezwłocznie na wezwanie, w sposób profesjonalny, dla zabezpieczenia bezpieczeństwa ludzi i środowiska,
- Udzielanie pomocy służbom ratowniczym zgodnie z zasadami działania Systemu,
- Współpraca i wymiana informacji pomiędzy ośrodkami działającymi w Systemie,
- Działanie w najlepszym interesie członków SPOT i firm chemicznych,
- Minimalizacja szkód i kosztów ratowniczych,
- Zapobieganie stratom materialnym,
- Współdziałanie z innymi instytucjami na miejscu awarii,
- Propagowanie idei Systemu SPOT.

Aktualnie sygnatariuszami Systemu SPOT są:

1. Polska Izba Przemysłu Chemicznego
2. Polski Koncern Naftowy ORLEN S.A.
3. Anwil S.A.
4. Grupa Azoty Zakłady Azotowe „Puławy" S.A.
5. Grupa Azoty S.A.
6. CIECH Sarzyna S.A.
7. PCC Rokita S.A.
8. Grupa Azoty ZAK S.A.
9. Grupa Azoty Zakłady Chemiczne „Police" S.A.
10. Zakładowa Straż Pożarna Orlen Południe S.A. Zakład Jedlicze
11. Orlen Paliwa Sp. z o.o.
12. BRENTAG Polska Sp. z o.o.
13. Zakładowa Straż Pożarna Orlen Południe S.A. Zakład Trzebinia
14. Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Wydział Chemii
15. MDRK Trusted Adviser Group Sp. z o.o.
16. ORLEN Laboratorium S.A.

ANALIZA HAZOP DLA INSTALACJI ASU

Instalacja rozdziału powietrza ASU – analiza warunków eksploatacji zbiorników w blokach zimna

Gazy techniczne mają szerokie zastosowanie we wszystkich gałęziach przemysłu. Gazy czyste oraz przygotowane mieszanki gazowe są wykorzystywane w wielu procesach technologicznych, począwszy od branży związanej z produkcją i przetwarzaniem żywności, a na obróbce metali kończąc. W związku z coraz większym zapotrzebowaniem na gazy techniczne, rozwinęły się metody uzyskiwania czystych gazów technicznych.

Rozdział mieszanin gazowych można uzyskać, stosując membrany przepuszczalne lub metody sorpcyjne.

Jednakże w przypadku konieczności uzyskania dużych ilości produktów gazowych, przekraczających 200 ton na dobę, stosuje się niemal wyłącznie metody kriogeniczne.

METODA KRIOGENICZNA polega na rozdziale powietrza poprzez jego skroplenie, a następnie poddanie skroplonej mieszaniny procesowi rektyfikacji, czyli rozdzieleniu powietrza poprzez jego wielokrotne skroplenie i odparowanie

Kriogeniczne jednostki rozdziału powietrza (*asu air separation unit*)

W praktyce instalacje rozdziału powietrza ASU podzielone są na następujące sekcje:

- **UKŁAD SPRĘŻANIA I WSTĘPNEGO CHŁODZENIA** – wstępne oczyszczenie powietrza z pyłu i cząstek stałych na filtrach mechanicznych, sprężenie powietrza w sprężarce do około 5 barów oraz usunięcie wilgoci w chłodnicach międzystopniowych, a następnie oczyszczenie powietrza w chłodnicach bezpośredniego kontaktu w celu usunięcia SO_2, SO_3 i NH_3,
- **UKŁAD SIT MOLEKULARNYCH** – oczyszczanie powietrza z węglowodorów, pary wodnej, CO_2 i N_2O na adsorberach z sitami molekularnymi,
- **UKŁAD ROZDZIAŁU I SCHŁADZANIE STRUMIENI PROCESOWYCH** – schładzanie powietrza i rektyfikacja w kolumnie Lindego (blok zimna – Cold Box – układ rozdziału powietrza złożony z kolumny rektyfikacyjnej wysoko/niskociśnieniowej, kondensatorów i wymienników ciepła umieszczonych we wspólnej obudowie i zaizolowanych np. perlitem, wełną mineralną),
- **SKŁADOWANIE I NAPEŁNIANIE** – zbiorniki magazynowe i stanowiska załadowcze gazów technicznych.

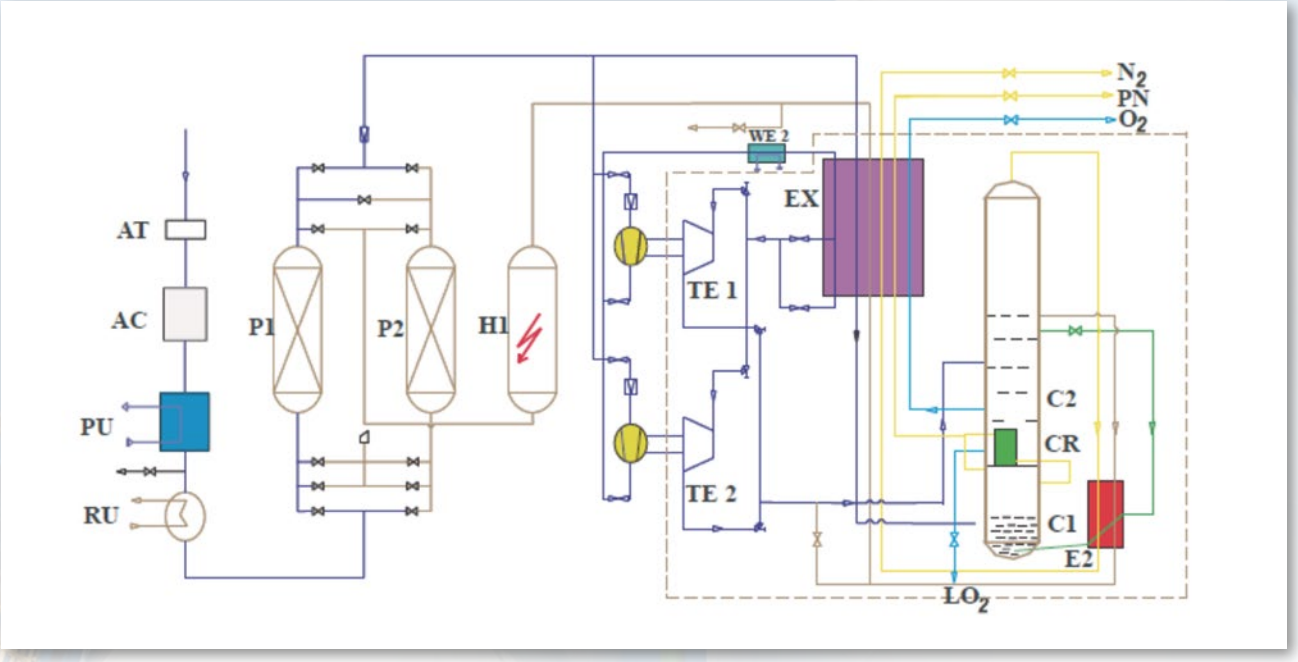
W procesie skraplania powietrza wykorzystywane jest zjawisko izentalpowego dławienia (Joule'a–Thomsona) powietrza wstępnie oziębionego w rekuperacyjnym wymienniku ciepła, a następnie rozdzielenie go na tlen i azot w kolumnie rektyfikacyjnej (kolumna Lindego).

Zagrożenia na instalacji ASU

Bezpieczeństwo pracy kriogenicznej instalacji rozdziału powietrza zależy od prawidłowej kontroli zanieczyszczeń wchodzących i przechodzących przez instalację ASU.

Większa część powietrza oraz niektóre składniki śladowe są rozdzielane, dając pożądane produkty, takie jak: tlen, azot, argon oraz hel, neon, krypton lub ksenon.

Niektóre składniki zamarzają w temperaturach kriogenicznych i mogą spowodować problemy w pracy lub problemy związane z bezpieczeństwem na skutek blokowania małych kanałów i rurek.



Schemat PFD (Process Flow Diagram) ASU (opracowane przez ING. L. & A. BOSCHI ITALY)

AT – filtr powietrza, AC – sprężarka powietrza, PU – jednostka oczyszczania, RU – chłodzenie wstępne, P1/2 – sita molekularne, H1 – podgrzewacz, TE1/2 – turboexpander, EX – główny wymiennik ciepła, C1 – kolumna, C2 – kolumna niskociśnieniowa, E2 – dochładzacz, CR – reboiler.

W latach dziewięćdziesiątych na instalacjach rozdziału powietrza ASU, Bintulu w Malezji i Fuchun w Chinach, miały miejsca poważne awarie związane z pracą instalacji. Oba te zdarzenia były rezultatem gromadzenia się węglowodorów w reboilerach kolumn destylacyjnych Lindego, co doprowadziło do wybuchu, zniszczenia instalacji ASU, obrażeń obsługi oraz poważnych uszkodzeń w sąsiedztwie instalacji.

W rezultacie tych wypadków, w celu zapewnienia bezpiecznej eksploatacji oraz zminimalizowania zagrożeń na instalacjach ASU, Europejskie Stowarzyszenie Gazów Technicznych (EIGA) opracowało wytyczne „Safe Practices Guide for Cryogenic Air Separation Plants" Doc. 147/20 Revision of Doc. 147/13 oraz „Safe operation of Reboilers/Condensers in Air Separaton Unit" Doc. 65/20 Revision of Doc. 65/13.

Dokumenty te opierają się na doświadczeniach firm członkowskich EIGA, które obsługują kriogeniczne jednostki separacji powietrza (ASU).

Inne składniki mogą zagęszczać się w instalacji ASU i tworzyć palne mieszanki z tlenem lub wzbogaconym powietrzem. Pozostałe składniki mogą powodować korozję i prowadzić do występowania problemów eksploatacyjnych i skrócenia żywotności instalacji.

Poniższa tabela przedstawia klasyfikację składników w powietrzu, mogących powodować problemy na instalacji ASU [1].

Składniki powodujące niedrożność	Składniki palne lub chemicznie czynne	Składniki powodujące korozję
woda (H_2O)	metan (CH_4)	dwutlenek siarki (SO_2)
dwutlenek węgla (CO_2)	acetylen (C_2H_2)	trójtlenek siarki (SO_3)
podtlenek azotu (N_2O)	etylen (C_2H_4)	siarkowodór (H_2S)
	etan (C_2H6)	chlor (Cl_2)
	propylen (C_3H_6)	kwas chlorowodorowy (HCl)
	propan (C_3H_8)	amoniak (NH_3)
	tlenki azotu (CO_x)	pozostałe związki chloru i siarki
	ozon (O_3)	
	pozostałe węglowodory	

Składniki powodujące niedrożność, same nie zagrażają bezpieczeństwu, ale mogą gromadzić się i powodować w reboilerach suche wrzenie lub wrzenie z ograniczoną wydajnością oraz nawarstwianie się węglowodorów. Suche wrzenie jest procesem, w którym ciecz całkowicie odparowuje, powodując, że składniki w wysokiej temperaturze wrzenia, znajdujące się w cieczy, ulegają koncentracji i wytrąceniu. Węglowodory lub składniki powodujące zatykanie przedostające się do kriogenicznej części instalacji, gromadzą się najczęściej w zbiornikach ściekowych reboilera.

Jeżeli pozwoli się na wzrost stężenia zanieczyszczeń, to mogą one tworzyć wybuchowe mieszaniny z tlenem lub, w przypadku zanieczyszczeń obojętnych, zestalać się i zatykać kanały reboilera.

Instalacje ASU są projektowane dla normalnych poziomów zanieczyszczeń atmosferycznych. Gdy instalacja jest położona w bliskim sąsiedztwie instalacji produkującej acetylen, zakładów chemicznych lub rafinerii, należy przeprowadzić analizę potencjalnych źródeł zanieczyszczeń powietrza. Ocenę potencjalnego zagrożenia zanieczyszczenia powietrza przez przemysł należy przeprowadzać raz w roku lub wcześniej, jeżeli zostały zidentyfikowane nowe potencjalne źródła zagrożeń.

Ocenę potencjalnego zagrożenia zanieczyszczenia powietrza przez przemysł należy przeprowadzać raz w roku lub wcześniej, jeżeli zostały zidentyfikowane nowe potencjalne źródła zagrożeń.

Głównymi źródłami zanieczyszczeń węglowodorami dla instalacji rozdziału powietrza są: odpowietrzenia z instalacji procesowych, kominy, obszary utylizacji, wycieki procesowe, wyloty z silników spalinowych wewnętrznego spalania, generatorów lub kotłów, odpowietrzacze układów smarowania oraz wszelkie inne procesy spalania.

Węglowodory wchodzące do instalacji ASU z powietrzem mogą gromadzić się w kilku miejscach:
- reboiler (wannowy, z przepływem dolnym),
- parownik tlenu,
- adsorbery cieczy bogatej,
- adsorbery ciekłego tlenu,
- linie odprowadzenia produktów głównych wymienników ciepła,
- ślepe odgałęzienia rurociągów (miejscowe wrzenie prowadzące do koncentracji zanieczyszczeń).

W zależności od konstrukcji reboilera dopuszcza się maksymalne poziomy zanieczyszczeń [1] jak przedstawiono w tabeli.

Składnik		Maksymalne dopuszczalne stężenie (ppm/v)	
		Reboiler wannowy	Reboiler z przepływem dolnym
metan	CH_4	500	500
acetylen	C_2H_2	0,5	0,5
etylen	C_2H_4	200	15
etan	C_2H_6	250	15
propylen	C_3H_6	35	1
propan	C_3H_8	100	1
węglowodory C_4		5	1
węglowodory ogółem (jako CH_4)		500	500
dwutlenek węgla	CO_2	4,0	0,5
podtlenek azotu	N_2O	100	5

Ze względu na bardzo wysoką reaktywność węglowodorów w ciekłym tlenie, nawet niewielkie ilości mogą powodować wybuchy, mogące doprowadzić do zniszczenia reboilera lub parownika. Z tego powodu należy dołożyć wszelkich starań, aby zapobiec przedostaniu się i gromadzeniu się węglowodorów w instalacji ASU.

Można temu zapobiec poprzez eksploatowanie instalacji zgodnie z projektem lub podejmowania działań zabezpieczających na wypadek nagłego skoku stężenia węglowodorów. W instalacjach, gdzie jest możliwość, należy stosować analizatory monitorujące pozom zanieczyszczeń powietrza wlotowego do instalacji oraz monitorujące w sposób ciągły pomiar węglowodorów w ciekłym tlenie.

Aby nie dopuścić do gromadzenia się węglowodorów w instalacji należy podejmować niezbędne kroki w celu ich usunięcia. Realizować to można za pomocą:

- **OCZYSZCZANIA CIEKŁEGO TLENU** – utrzymane na poziomie co najmniej 0,5 % całkowitej produkcji tlenu,
- **OKRESOWE USUWANIE CIECZY** – okresowe usuwanie cieczy zanieczyszczonej poprzez zwiększanie obniżanie poziomów cieczy w reboilerze.

UWAGA!
W przypadku przekroczenia poziomów alarmowych dopuszczalnych stężeń węglowodorów należy przeprowadzić odgrzew (odszranianie) instalacji ASU, w celu usunięcia resztek zanieczyszczeń, które mogły nagromadzić się w instalacji podczas zakłóceń w pracy. W skrajnym przypadku należy przeprowadzić awaryjne zatrzymanie instalacji.

Analiza warunków eksploatacji zbiorników w blokach zimna

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Rozwoju i Technologii z dnia 17 grudnia 2021 roku w sprawie warunków technicznych dozoru technicznego, dla niektórych urządzeń ciśnieniowych podlegających dozorowi technicznemu, eksploatujący przygotowuje urządzenie ciśnieniowe do badań technicznych w zakresie umożliwiającym ich przeprowadzenie. Dla zbiorników zainstalowanych w blokach zimna (Cold Box) badania okresowe w zakresie rewizji wewnętrznej i próby ciśnieniowej należy przeprowadzić w okresach remontowych, nie rzadziej jednak niż co 10 lat.

Paragraf 30 ww. rozporządzenia daje możliwość eksploatującemu, po przeprowadzeniu przez niego analizy warunków eksploatacji, zastąpić okresową próbę ciśnieniową oraz rewizję wewnętrzną, **NADZOREM NAD EKSPLOATACJĄ I OKRESOWĄ ANALIZĄ WARUNKÓW EKSPLOATACJI** w zakresie uzgodnionym z organem właściwej jednostki dozoru technicznego. Wówczas badania okresowe w zakresie rewizji wewnętrznej i próby ciśnieniowej wykonuje się podczas naprawy lub modernizacji.

Analizę warunków eksploatacji należy przeprowadzić w oparciu o **Materiały Techniczne Nr 5/2014 „Instalacje kriogenicznego rozdziału powietrza. Badania eksploatacyjne zbiorników w blokach zimna (ang. Cold Box)"[2].**

- Zastąpienie badań w ramach działań UDT należy poprzedzić analizą zapewnienia bezpieczeństwa eksploatacji instalacji z wykorzystaniem np. badań HAZOP, których celem jest ustalenie, czy rozpatrywana instalacja ASU spełnia wymagania EIGA (Doc. 147/20, Doc. 65/20).
- Analizę HAZOP należy przeprowadzić w ramach ekspertyzy technicznej. W tym przypadku wartością dodaną dla eksploatującego jest posiadanie aktualnego raportu z analizy zagrożeń.
- Można również wykonać analizę przedłożonego przez eksploatującego raportu HAZOP. W tym celu wydaje się zasadne powołanie zespołu analitycznego, złożonego z ekspertów UDT w zakresie bezpieczeństwa, którzy przy udziale służb eksploatującego dokonają oceny raportu HAZOP.
- Analiza HAZOP powinna być poszerzona o procedury i instrukcje eksploatującego w zakresie min. uruchamiania i odstawiania instalacji, usuwania zanieczyszczeń, odgrzewu czy remontów.

HAZOP (*HAZards and OPerability Study*) to opracowana w latach 60. XX wieku w firmie ICI metoda stosowana do identyfikacji zagrożeń przy projektowaniu instalacji chemicznych. Z biegiem lat upowszechniła się w całym szeroko rozumianym sektorze chemicznym, a następnie znalazła zastosowanie w pozostałych gałęziach przemysłu, a nawet w zarządzaniu (HAZOP proceduralny).

Upowszechnienie analizy HAZOP uwidoczniło konieczność jej unormowania, PN-EN 61882:2016 „Badania zagrożeń i zdolności do działania (badania HAZOP) – Przewodnik zastosowań".

Ekspercki zespół

Analiza HAZOP jest pracą zespołową opartą na zasadzie burzy mózgów. Zespół powinien składać się z lidera o odpowiednim doświadczeniu i znajomości metodyki HAZOP, sekretarza zapisującego wyniki analizy oraz osób posiadających niezbędną wiedzę i doświadczenie w zakresie analizowanej instalacji. Są to m.in. projektant, technolog, automatyk oraz pracownicy utrzymania ruchu (mechanik, elektryk).

Dokumentacja techniczna instalacji

W celu przeprowadzenia analizy HAZOP niezbędna jest dokumentacja techniczna instalacji. Powinna ona zawierać co najmniej: opis procesu, schematy P&ID, opis działania automatyki zabezpieczającej (diagram przyczynowo-skutkowy, wykaz alarmów i blokad), instrukcje technologiczne, ruchowe i awaryjne, specyfikacje aparatów/urządzeń, plany usytuowania, listę stosowanych substancji i ich karty charakterystyki oraz inne istotne informacje niezbędne do przeprowadzenia analizy.

Podział instalacji

W przypadku, gdy stopień skomplikowania analizowanej instalacji uniemożliwia przeprowadzeni jej badania jako całości, należy ją podzielić na mniejsze części tzw. węzły, a następnie po określeniu ich granic wykonać analizę każdego z nich według optymalnej kolejności [3]. Podziału instalacji na węzły należy dokonać przed rozpoczęciem analizy w fazie analizy dokumentacji technicznej.

Klucze bezpieczeństwa

Analiza oparta jest na założeniu, że instalacja jest bezpieczna, gdy nie są przekroczone założone parametry procesu (np. ciśnienie, temperatura, poziom itd.), a dopiero ich przekroczenie może być źródłem niepożądanych skutków. Z tych względów metoda wykorzystuje zestaw słów przewodnich (kluczowych); guide words, i parametry procesu, których połączenie stymuluje i wspomaga zespół analityczny w poszukiwaniu możliwych, realnych odchyleń, mogących stanowić ryzyko.

Schemat prowadzenia HAZOP

Sposób przeprowadzania analizy HAZOP powinien być prowadzany według ustalonego schematu:

- połączenie parametru i słowa kluczowego w celu uzyskania możliwego odchylenia,
- określenie przyczyny i skutku danego odchylenia,
- określenia istniejących zabezpieczeń na instalacji,
- wyznaczenie kategorii częstości i skutków związanych z danym odchyleniem oraz wyznaczenie ryzyka zgodnie z matrycą ryzyka (dla analizy HAZOP z rankingiem ryzyka),
- określenie zaleceń (wynikających z ryzyka nieakceptowalnego lub wynikających z doraźnych potrzeb).

Wyniki analizy HAZOP zapisywane są w arkuszach roboczych, które zawierają informacje o rozpatrywanych węzłach (połączenie parametr, słowo kluczowe, interpretacja).

Szczegółowy tryb postępowania w zakresie prowadzenia analiz zagrożeń i ryzyka przedstawiono w wytycznych urzędu dozoru technicznego „prowadzenie analiz i ocena ryzyka" wydanie 1 z 2020 roku.

- W ramach analizy warunków eksploatacji należy dokonać przeglądu scenariuszy uwzględniających straty ludzkie i dla środowiska.
- Straty finansowe, czy utraty wizerunku, nie powinny być rozpatrywane w kategoriach możliwości zastąpienia badań (np. gdy ryzyko zostanie wyznaczone na poziome nieakceptowalnym).

Analiza HAZOP dedykowana jest do danej instalacji. Powinna być przeprowadzona przy udziale pracowników fizyczne ją nadzorujących i mających pełny zakres wiedzy na jej temat.

Należy unikać „uniwersalnych" analiz HAZOP, które nie opisują realnych zagrożeń, mogących wystąpić na analizowanej instalacji, a stanowiących jedynie zestawienie przykładowych scenariuszy.

Kompleksowość

Pomimo, że procedura zastępowania badań dotyczy zbiorników zainstalowanych tylko w bloku zimna, to analiza HAZOP musi obejmować całą instalację powietrza wlotowego do bloku zimna, to jest filtry wlotowe, sprężarki powietrza oraz układy usuwania zanieczyszczeń. Z analizy można wyłączyć np. układy smarowania sprężarek, ekspanderów, chłodni

wyparnych czy freonowych wież chłodniczych. Należy jednak uwzględnić możliwość przedostania się do układu oleju czy też freonu.

Raport i zastąpienie badań okresowych

Analiza HAZOP kończy się opracowaniem raportu końcowego. Praktyka takich analiz pokazuje, że często w raportach końcowych znajdują się uwagi i zalecenia, które muszą być zrealizowane przed wykonaniem przez inspektora rewizji zewnętrznej na obiekcie.

Wniosek eksploatującego o zastąpienie badań okresowych zbiorników w bloku zimna powinien obejmować min. dokumentację zdjęciową fundamentów, ścian skrzyni (oszronienia w okresie zimowym), dokumentacje kontroli próżni czy instalacji azotu izolacyjnego.

Rewizja zewnętrzna

Rewizja zewnętrzna wraz z nadzorem nad eksploatacją powinna być wykonana podczas pracy instalacji, o określonej porze roku i porównywalnych warunkach pogodowych. W trakcie rewizji zewnętrznej należy dokonać praktycznej weryfikacji wykonania czynności związanych z eksploatacją instalacji ASU, określonych w wewnętrznych procedurach eksploatującego.

Procedury	Praktyczna weryfikacja
Szczególnie należy zwrócić uwagę na procedury:	W ramach rewizji należy przeprowadzić następujące badania i kontrole:
• uruchomienia i zatrzymania instalacji separacji powietrza, • usuwania zanieczyszczeń powietrza, • odgrzewu instalacji, • nadzoru i obsługi ruchu instalacji, • nadzorowania wyposażenia pomiarowego.	• oględziny zewnętrzne skrzyni bloku zimna wraz ze sprawdzeniem mocowań rurociągów, połączeń kołnierzowych, armatury oraz osprzętu zabezpieczającego i ciśnieniowego, • kontrola pracy instalacji w zakresie monitoringu powietrza, dwutlenku węgla, tlenków azotu i węglowodorów (analiza danych w systemach sterowania), • sprawdzenie bieżących warunków eksploatacji.

Na podstawie wyników analizy warunków eksploatacji należy ustalić czasookres wykonywania rewizji zewnętrznych. W przypadkach budzących wątpliwości czas do terminu rewizji zewnętrznej powinien zostać skrócony.

W przypadku wprowadzenia przez eksploatującego istotnych zmian w instalacji czy sterowaniu, należy wykonać uzupełniającą analizę warunków eksploatacji. W innym wypadku analizę wykonuje się raz na 10 lat.

Podsumowanie

Pozornie instalacje rozdziału powietrza ASU wydają się być bezpieczne i nie powinny stanowić większych zagrożeń. Gazy biorące udział w procesie (powietrze, tlen i azot) nie mają właściwości wybuchowych, trujących czy żrących. Jednakże, niewłaściwie prowadzenie procesu technologicznego czy wzrost zanieczyszczeń powietrza w otoczeniu zakładu, np. rozbudowa strefy przemysłowej, mogą doprowadzić do wybuchu instalacji. Należy o tym pamiętać podczas procesu zastępowania badań w zakresie rewizji wewnętrznej i próby ciśnieniowej zbiorników zainstalowanych w bloku zimna.

Krzysztof Fiłończuk
Główny Specjalista Urządzeń Ciśnieniowych Dział Urządzeń Ciśnieniowych we Wrocławiu Urząd Dozoru Technicznego

Paweł Narecki
Główny Specjalista Urządzeń Ciśnieniowych Dział Urządzeń Ciśnieniowych we Wrocławiu Urząd Dozoru Technicznego

Literatura:
1. Safe operation of Reboilers/Condensers in Air Separaton Unit Doc 65/20 Revision of Doc 65/13.
2. Materiały Techniczne Nr 5/2014 „Instalacje kriogenicznego rozdziału powietrza. Badania eksploatacyjne zbiorników w blokach zimna (ang. Cold Box)".
3. Sauk R., Moskal F., „Metody optymalizacji kolejności analizy węzłów HAZOP", Inż. Ap. Chem. 1/2014 (szczegóły na stronie: http://inzynieria-aparatura-chemiczna.pl/pdf/2014/2014-1/InzApChem _ 2014 _ 1 _ 033-035.pdf).

WODÓR – ZIELONE ZŁOTO

JAK I DLACZEGO – CZYLI TECHNOLOGIE WYTWARZANIA WODORU – CZĘŚĆ 2.

W poprzednim artykule (Bezpieczna Chemia 2/2022, s. 28–32) autorzy przedstae wili Czytelnikom konieczność zaangażowania w ewolucję klimatyczną. Ewolucję, która już się rozpoczęła. Jest to wyścig z czasem. Czy mamy jakiekolwiek szanse na spowolnienie globalnego ocieplenia i utrzymanie życia na Ziemi?

Działalność człowieka doprowadziła do ogrzania systemu klimatycznego, powodując gwałtowne i powszechne zmiany klimatu. Jak wynika z opublikowanego w sierpniu 2021 r. przez ICCP raportu, wskutek naszych działań klimat ogrzewa się w tempie niespotykanym od co najmniej ostatnich 2 tys. lat. Co więcej, stężenie dwutlenku węgla w 2019 r. było wyższe niż kiedykolwiek w ciągu co najmniej 2 mln lat, a stężenie metanu i podtlenku azotu (dwa istotne gazy cieplarniane) było wyższe niż kiedykolwiek w ciągu co najmniej 800 tys. lat. [1]

21 lipca 1969 r., pamiętny dzień w historii ludzkości. Misja Apollo 11 – pierwsze lądowanie człowieka na Księżycu. Niemal każdy z nas doskonale rozpoznaje słowa Neila Armstronga „To jest mały krok dla człowieka, ale wielki dla ludzkości". Równie znamienne i jakże doskonale wpisujące się w ewolucję klimatyczną są słowa „drugiego człowieka na Księżycu". Pułkownik Buzz Aldrin, stojąc na Księżycu i spoglądając w kierunku Ziemi, powiedział o niej z zachwytem: „Błyszczący klejnot na czarnym aksamitnym niebie" [2] .

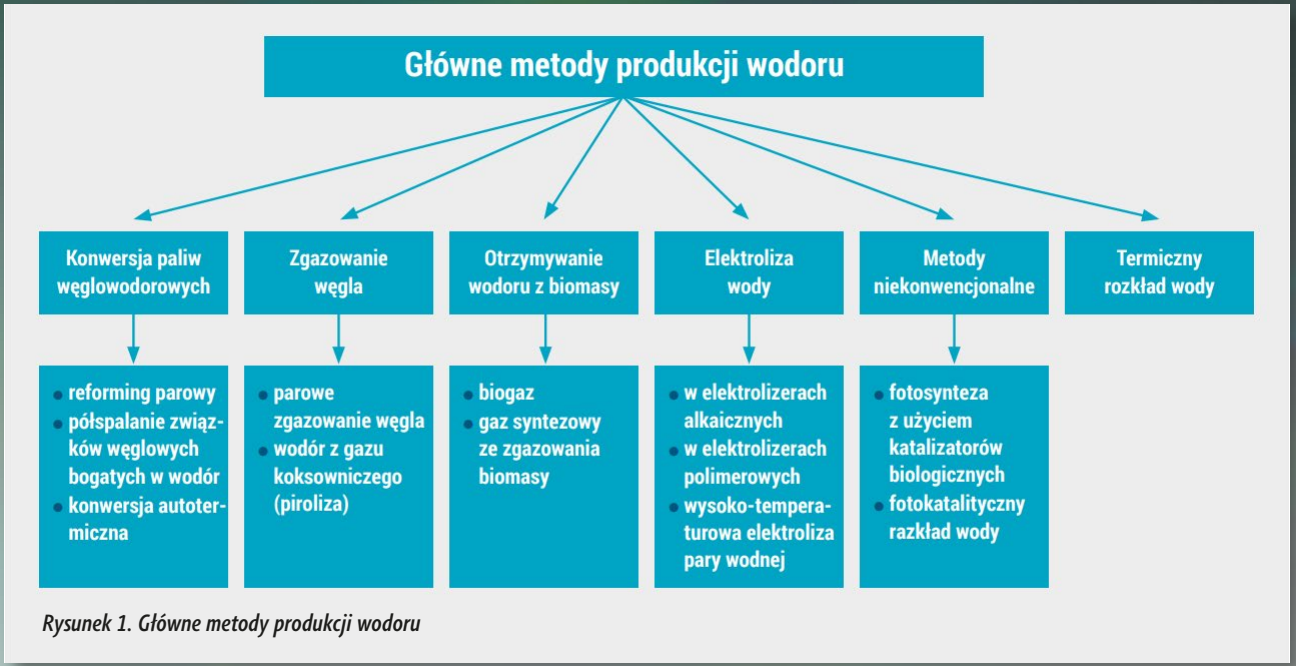
Ludzkość stoi przed wyzwaniem – jak sprawić, by „błyszczący klejnot" nie przerodził się w płonącą kulę.

CZY POSIADAMY NIEOGRANICZONE POKŁADY WODORU?

Metody wytwarzania

Jak pamiętamy z pierwszego artykułu [15], wodór na Ziemi występuje głównie w połączeniu z tlenem, tworząc wodę, zatem dopóki na świecie będzie woda, dopóty nie zabraknie nam wodoru!

- W stanie wolnym w środowisku ziemskim wodór jest rzadkością (w powietrzu atmosferycznym suchym jego stężenie wynosi 0,5 ppm).
- Wykorzystanie wodoru do celów energetycznych wymaga jego wyodrębnienia z innych substancji występujących powszechnie w przyrodzie.
- Wodór może być produkowany z szeregu paliw węglowodorowych (węgiel, ropa, gaz ziemny), a także z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii i właśnie wody [3].



Rysunek 1. Główne metody produkcji wodoru

W zależności od technologii wytwarzania wodoru i związanej z nią emisji CO_2 do atmosfery, umowne widma barw wodoru mogą przyjmować kolor np. zielony, szary, niebieski, a nawet turkusowy czy różowy – szczegółowo opisane w pierwszym artykule [15].

Obecnie na skalę przemysłową wodór wytwarzany jest głównie dla potrzeb przemysłu chemicznego, do syntezy amoniaku i metanolu, a także w przemyśle petrochemicznym. Około połowę produkowanego wodoru otrzymuje się z gazu ziemnego, jedną trzecią z płynnych paliw węglowodorowych, jedną piątą z węgla, a tylko 4% uzyskiwane jest na drodze elektrolizy wody [4]. Główne metody produkcji wodoru przedstawiono na rys. 1.

Konwersja paliw węglowodorowych

Do technologii produkcji wodoru z paliw gazowych i ciekłych należą technologie reformingu parowego, półspalania i reformingu autotermicznego. Reakcje charakterystyczne dla każdego z nich na przykładzie metanu przedstawiono w tabeli 1.

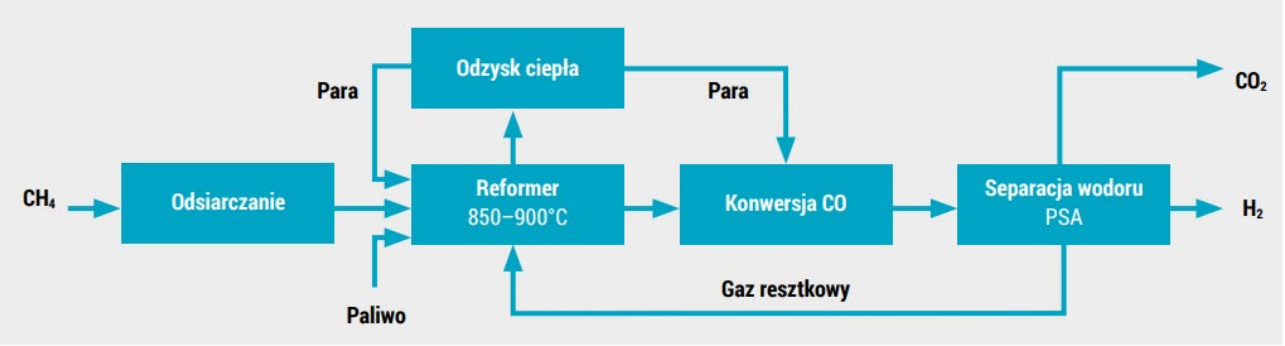
Tabela 1. Charakterystyczne reakcje dla procesu reformingu gazu ziemnego [3]

Proces	Reakcja
Reforming parowy	$CH_4 + H_2O = CO + 3H_2$
Półspalanie	$CH_4 + O_2 = CO + 2H_2$
Reforming autotermiczny	$CH_4 + 1/2H_2O + 1/2O_2 = CO + 5/2H_2$

Procesy reformingu różnią się rodzajem utleniacza stosowanego do konwersji ciekłych i gazowych węglowodorów. Zwykle stosowana jest para wodna, tlen lub ich mieszaniny.

Rysunek 2. Reformer parowy [12]

Pośród technologii reformingu metanu zdecydowanie najbardziej rozpowszechniona jest technologia **reformingu parowego**. Proces reformingu parowego polega na reakcji metanu z wodą w obecności katalizatora niklowego do gazu syntezowego stanowiącego głównie mieszaninę CO i H_2. Technologia produkcji czystego wodoru z wykorzystaniem reformingu parowego zwykle obejmuje przygotowanie surowca, reforming parowy, konwersję CO oraz separację wodoru (rysunek 3).



Rysunek 3. Ogólny schemat układu produkcji wodoru zintegrowanego z procesem reformingu parowego [5]

Zastosowanie reformingu parowego i układu PSA pozwala na uzyskanie wodoru o czystości 99,99%. W procesie reformingu parowego zamiast metanu można zastosować ciekłe węglowodory (benzyna, paliwo lotnicze) lub gazowe węglowodory, takie jak etan, propan i *n*-butan [5].

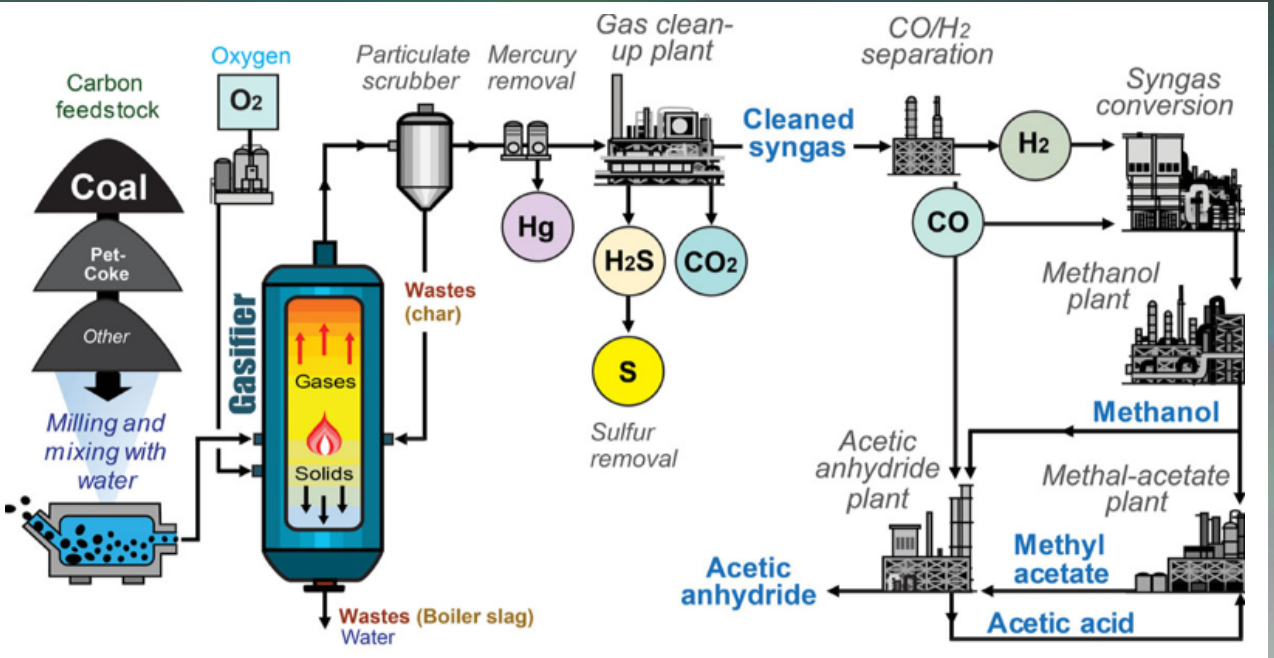
Reformery przemysłowe składają się zwykle z szeregu reaktorów wypełnionych katalizatorem, przez które przepływa gaz ziemny. Reaktory są umieszczone w piecu, gdzie wytwarzane jest ciepło niezbędne do podtrzymania endotermicznych reakcji procesu. Proces realizowany jest w temperaturze 500–900°C, przy ciśnieniu powyżej 2 MPa oraz przy dużym nadmiarze pary dla uniknięcia ryzyka odkładania się sadzy na powierzchni katalizatora. Gaz po wyjściu z reformera jest chłodzony do ok. 350°C i doprowadzany do dwustopniowego układu wysokotemperaturowej konwersji CO. Po układzie konwersji następuje usunięcie wszystkich składników stanowiących zanieczyszczenie strumienia gazu wodorowego w układzie PSA (adsorpcja zmiennociśnieniowa). Gazy resztkowe z układu PSA zawierające CO, CO_2, H_2 oraz nieprzereagowany metan zwykle są wykorzystywane jako paliwo w reformerze.

Proces **częściowego utleniania węglowodorów** polega zasadniczo na utlenianiu węglowodorów przy wykorzystaniu tlenu. Typowo proces katalityczny zachodzi w temperaturze 950°C i może być wykorzystywany do konwersji szeregu węglowodorów od metanu do ropy naftowej. Dla cięższych węglowodorów bardziej odpowiedni jest proces niekatalityczny, który jest realizowany w temperaturach 1150–1500°C. Jako utleniacz w procesie może być wykorzystywany tlen, powietrze atmosferyczne oraz powietrze wzbogacone w tlen. Kluczowym elementem technologii półspalania jest palnik, który pozwala na efektywne mieszanie paliwa i utleniacza. Duże układy przeznaczone zwykle do przetwarzania ciężkich węglowodorów pracują przy wysokich ciśnieniach w zakresie 2,8–8,0 MPa. Wadą układów częściowego utleniania są wysokie koszty inwestycyjne oraz eksploatacyjne związane z koniecznością integracji układu z węzłem produkcji tlenu [5].

Reforming autotermiczny to proces konwersji gazu ziemnego lub ciekłych węglowodorów przy wykorzystaniu pary i tlenu, realizowany zwykle w wysokich ciśnieniach. W procesie, który ma charakter egzotermiczny, ciepło niezbędne do realizacji konwersji metanu parą wodną dostarczane jest przez jego częściowe spalanie. Proces jest zwykle realizowany w temperaturze 900–1000°C, przy ciśnieniu 0,1–8,0 MPa. Podstawową zaletą procesu jest korzystny, z punktu widzenia syntezy chemicznej, stosunek wodoru do tlenku węgla w produkowanym gazie [5].

Zgazowanie węgla

W najprostszym układzie wodór z węgla jest produkowany obecnie przez zgazowanie węgla parą wodną i tlenem do gazu syntezowego, o typowym procentowym składzie objętościowym: 25–30% wodoru, 30–60% tlenku węgla, 5–15% dwutlenku węgla, 2–30% pary wodnej i 0–5% metanu. Podczas zgazowania zachodzą też reakcje uboczne, prowadzące do powstania zanieczyszczeń, których zawartość w gazie syntezowym wynosi: 0,2–1% siarkowodoru, 0–0,1% siarczku karbonylu, 0,5–4% azotu, 0,2–1% argonu oraz 0–0,3% amoniaku z cyjanowodorem.



Rysunek 4. Schemat ideowy zgazowania węgla [13]

- Części mineralne zawarte w surowcu są odprowadzane z reaktora jako popioły o potencjalnej wartości rynkowej oraz usuwane z gazu syntezowego w urządzeniach filtracyjnych lub skruberach wodnych. Produktami reakcji mogą być też smoły, substancje olejowe i fenole. Pierwiastki śladowe, takie jak rtęć i arsen, uwalniane w procesie zgazowania z części organicznych i nieorganicznych węgla odkładają się w różnych frakcjach stałych oraz gazowych produktów procesu, m.in. w postaci związków chemicznych, których rodzaj zależy od rodzaju i warunków eksploatacyjnych reaktora.
- W konwencjonalnej metodzie – gaz syntezowy o temperaturze na wylocie z reaktora osiągającej około 1000°C – podlega schładzaniu z możliwą jednoczesną generacją pary wodnej, a następnie oczyszczaniu w skruberach (usuwanie HCN, NH_3, HCl, H_2S i zanieczyszczeń stałych). H_2S i COS są usuwane z zastosowaniem rozpuszczalnika organicznego, z 99,8% odzyskiem siarki w postaci siarki elementarnej lub kwasu siarkowego.
- Spalanie gazu resztkowego z układu separacji może być wykorzystywane jako źródło ciepła do procesu. Czysty gaz syntezowy o temperaturze około 20°C opuszczający skrubery jest następnie podgrzewany do 300–370°C przed wprowadzeniem do pierwszego reaktora, w którym jest prowadzony katalityczny proces konwersji gazu parą wodną.
- W wyniku procesu katalitycznego temperatura gazu wzrasta do około 420°C, w związku z czym gaz musi być ponownie schładzany do temperatury 120–350°C wymaganej w drugim reaktorze. Gaz opuszczający drugi reaktor podlega procesom separacji w celu wydzielenia wodoru z mieszaniny z dwutlenkiem i tlenkiem węgla.

Wydzielony wodór jest następnie doczyszczany do standardów wymaganych w zależności od jego końcowego przeznaczenia [5].

Rozwiązaniem alternatywnym do konwersji gazu syntezowego do wodoru gazowego może być jego **konwersja do cieczy** (produkty procesu Fischer-Tropsch, metanol) wykorzystywanych jako paliwa płynne lub surowce do produkcji wodoru w procesie reformingu do zastosowań w ogniwach paliwowych.

Obecnie do najczęściej stosowanych na świecie metod zgazowania węgla zalicza się: technologie Shell, Texaco, Lurgi, E-gas. Wybrane dane techniczne tych procesów przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Wybrane dane techniczne procesu i składu chemicznego [5]

Wyszczególnienie	Metoda			
	Texaco	E-Gas	Shell	Lurgi
Czynnik zgazowujący	Mieszanina tlenu i pary wodnej			
Temperatura procesu	1100–1500°C	1370–1040°C	200°C w strefie płomienia; 1300–1500°C na wylocie ze strefy zgazowania	760–900°C
Ciśnienie procesu, MPa	2,5–8,5	2,8	3,5	2,38–3,00
Stopień konwersji węgla, %	90–98	98	99	77,7–99,6
Główne składniki gazu, % – H_2 – CO – CO_2	 38,7 46,6 11,5	 42,2 15,2 30,9	 25,6 65,1 0,8	 9,0*) 23,0 27,0

*) skład gazu dla węgla płomiennego i zgazowania tlenowo-parowego.

Metoda Shell

W metodzie Shell proces zgazowania węgla wstępnie rozdrobnionego (90% ziaren o średnicy poniżej 0,09 mm) i wysuszonego (do 1–2% zawartości wilgoci) jest prowadzony w wysokociśnieniowym reaktorze strumieniowym (ciśnienie robocze 3,5 MPa) w mieszaninie powietrza lub tlenu z parą wodną. Węgiel jest podawany w strumieniu czynnika zgazowującego przez usytuowane naprzeciw siebie palniki. Temperatura w strefie palnika wynosi do 2000°C, a temperatura gazu na wylocie ze strefy reakcji: 1300–1500°C. Płynny żużel ścieka do dolnej, wypełnionej wodą, części reaktora. Nad strefą reakcji znajduje się strefa chłodzenia mieszaniną gazu surowego z zimnym gazem recyrkulowanym, w której następuje zestalanie unoszonych z gazem cząstek stopionego popiołu. Gaz surowy jest następnie oczyszczany z zanieczyszczeń stałych (popiół, nieprzereagowany węgiel) w cyklonach i skruberach.

Metoda Texaco

Metoda Texaco polega na ciśnieniowym, parowo-tlenowym zgazowaniu w reaktorze strumieniowym zawiesiny wodnej węgla (wstępnie rozdrobnionego poniżej 0,074 mm). Sprężona do 2,8 MPa zawiesina węglowa zostaje podgrzana do temperatury 540°C, w wyniku czego następuje odparowanie wody i przegrzanie pary. Wytworzony strumień parowo-węglowy z tlenem jest podawany do reaktora o temperaturze eksploatacyjnej 1100–1500°C i ciśnieniu 2,5–8,5 MPa. Stopiony popiół jest odbierany w postaci żużla, a gaz jest schładzany i oczyszczany w skruberze wodnym.

Metoda Lurgi

W metodzie tej węgiel o uziarnieniu 3–30 mm i zawartości frakcji pyłowej (ziarna o średnicy poniżej 1 mm) do 7% wagowo jest poddawany zgazowaniu w reaktorze quasi-stacjonarnym w warunkach ciśnienia do 3 MPa, w mieszaninie tlenu i pary wodnej. Zgazowanie zachodzi przy przeciwprądowym ruchu substratów: węgiel jest podawany do górnej części reaktora dystrybutorem obrotowym, zapewniającym równomierne usypywanie złoża, a czynnik zgazowujący – przez ruszt obrotowy w dolnej części reaktora. Gaz surowy o temperaturze 300–600°C jest oczyszczany (usuwanie smoły i pyłów) przez schłodzenie w urządzeniu zraszającym, generatorze pary i chłodnicach.

Metoda E-gas

W metodzie E-gas zawiesina wodno-węglowa jest poddawana zgazowaniu ciśnieniowemu w strumieniu tlenu (o czystości 95%) w dwustopniowym reaktorze strumieniowym o ciśnieniu eksploatacyjnym 2,8 MPa i temperaturze: 1370 i 1040°C odpowiednio dla pierwszego i drugiego stopnia reaktora. W drugim stopniu reaktora następuje piroliza i częściowe zgazowanie substratu węglowego w atmosferze gorącego gazu surowego, pochodzącego ze zgazowania węgla w stopniu pierwszym [6].

Otrzymywanie wodoru z biomasy

Biorąc pod uwagę obowiązek zwiększania udziału biopaliw oraz korzystniejsze rozliczanie biopaliw w przypadku ich odpadowego charakteru, najkorzystniejsza wydaje się produkcja wodoru z biogennych surowców odpadowych.

Mogą to być między innymi odpady piekarnicze (do produkcji etanolu przetwarzanego do wodoru w procesie reformingu), gliceryna surowa (po produkcji FAME kierowana do piroreformingu), resztki drzewne (poddawane zgazowaniu, a następnie reformingowi) oraz biogaz (kierowany do reformingu parowego).

Zgazowanie biomasy jest przeprowadzane przy użyciu reaktora ze złożem fluidalnym, gdzie następuje uzyskanie gazowych produktów, a z zastosowaniem aparatury towarzyszącej odzyskanie wodoru. W celu uzyskania wodoru można poddawać procesowi reformingu parowego również olej otrzymany w wyniku pirolizy biomasy, który jest mieszaniną kwasów karboksylowych, alkoholi, aldehydów i ketonów.

Bardzo ważne są mieszane metody produkcji wodoru z biomasy. Jedną z nich jest metoda łącząca fluidalne zgazowanie biomasy i reformingu surowego gazu otrzymanego w procesie jej pirolizy. Szybka piroliza suchej biomasy w złożu fluidalnym zachodzi w temperaturze 530°C. Bioolej kondensuje się z przeznaczeniem do dalszej przeróbki. Karbonizat i gazy popirolityczne spala się w celu ogrzewania reaktora. Bioolej będący produktem wielu niezależnych procesów pirolizy jest poddawany w reaktorze zbiorczym ekstrakcyjnemu rozdzieleniu na frakcję ligninową i węglowodanową oraz katalitycznemu procesowi reformingu parowego

Decydującym czynnikiem w procesie reformingu parowego jest stosunek pary wodnej do węgla zawartego w oleju. W temperaturze 800°C, stosując katalizator $CeZrO_2$ z dodatkiem Pt, Rt, w reformingu oleju pirolitycznego z drewna można uzyskać nawet 70% wodoru.

w temperaturze 850°C pod ciśnieniem 3,5 MPa. W dwóch kolejnych reaktorach układu (dla warunków 370°C, 3 MPa oraz 200°C, 2,5 MPa) z gazu syntezowego produkuje się gaz bogaty w wodór poprzez przesunięcie stanu równowagi, stosownie do homogenicznej reakcji gazu wodnego. Ostatecznie czysty wodór otrzymuje się po procesie oczyszczania metodą PSA.

Wodór można także pozyskiwać metodami reformingu, używając biogazu jako surowca. Do tego celu nadaje się doskonale reforming parowy. Natomiast biogaz używany w reformingu powstaje w biogazowniach rolniczych, oczyszczalniach ścieków lub na wysypiskach śmieci w beztlenowej fermentacji z surowców organicznych [8].

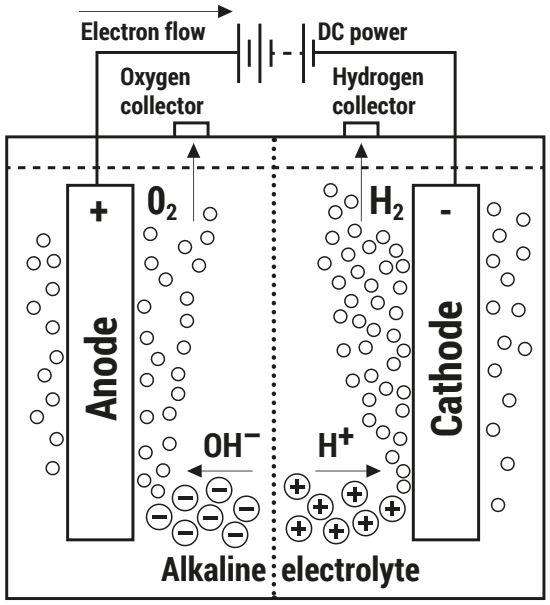
Elektroliza wody – wysoka czystość wodoru

Obecnie stosowane są trzy typy elektrolizerów: elektrolizery alkaliczne, elektrolizery membranowe z membraną polimerową, wysokotemperaturowe elektrolizery parowe.

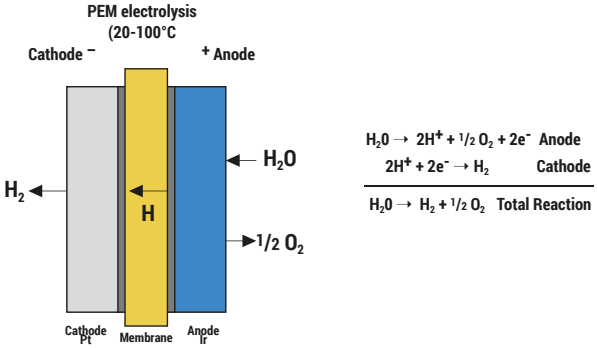
Najmniej energochłonną metodą produkcji wodoru jest elektroliza. W tym procesie wodę poddaje się rozkładowi przez prąd elektryczny. Czysta woda ma niewielką zdolność do przewodzenia prądu, dlatego jako elektrolitów używa się innych substancji – wodorotlenków, kwasów czy zasad (np. roztwór kwasu siarkowego lub wodorotlenku sodowego), dzięki czemu proces elektrolizy zachodzi zdecydowanie szybciej. Wodór wyprodukowany podczas elektrolizy ma wysoką czystość, dochodzącą do 99,999% [8].

Elektrolizery alkaliczne

Elektrolitem w tych elektrolizerach jest wodny roztwór wodorotlenku, najczęściej wodorotlenku potasu KOH albo sodu NaOH. Elektrody oddzielone są od siebie porowatą membraną zapobiegającą mieszaniu wydzielonych gazów: wodoru i tlenu. Proces technologiczny realizowany jest w temperaturze 70–80°C pod ciśnieniem atmosferycznym i w temperaturze 90–100°C w elektrolizerach ciśnieniowych. Sprawność wynosi około 70%.



Rysunek 5. Proces elektrolizy alkaicznej wody [14]



Rysunek 6. Zasada działania elektrolizera membranowego z membraną polimerową [9]

Elektrolizery membranowe z membraną polimerową

W procesie elektrolizy pośredniczy membrana polimerowa o wysokim przewodnictwie jonowym. Nośnikami ładunku elektrycznego w tym przypadku są jony wodorowe (protony). Podczas pracy elektrolizera na katodzie wydziela się wodór. Elektroliza prowadzona jest w temperaturze 70–80°C. Sprawność elektrolizy wynosi 70–80%, natomiast otrzymany wodór charakteryzuje się bardzo wysoką czystością.

Wysokotemperaturowe elektrolizery parowe

Elektrolitem w tych elektrolizerach jest membrana ceramiczna przewodząca za pośrednictwem jonów tlenkowych. Zazwyczaj membrany te wykonane są z tlenku cyrkonu stabilizowanego tlenkiem itru. W wyniku reakcji elektroredukcji powstaje tlen atomowy, natomiast wodór w mieszaninie z parą wodną znajduje się w przedziale katodowym elektrolizera. Temperatura elektrolizy wynosi 850–1200°C [9].

Termiczny rozkład wody

Termiczny rozkład wody na H_2 i O_2 odbywa się w temperaturach od 1800 do 5000°C. Do termolizy wody wykorzystuje się piece (reaktory) słoneczne z lustrami parabolicznymi, o mocy kilku megawatów, osiągające temperaturę układu 2250°C [10].

Fotokatalityczny i fotoelektrochemiczny rozkład wody

Fotoelektrochemiczny rozkład wody jest w dużej mierze podobny do elektrolizy, z tą różnicą, że potrzebna energia elektryczna generowana jest przez samo ogniwo fotoelektrochemiczne (PEC) pod wpływem promieniowania elektromagnetycznego. Fotokataliza działa na podobnej zasadzie, dokonując redukcji wody podczas kontaktu z drobinami półprzewodnikowego fotokatalizatora. Dzięki zastosowaniu fotokatalizy i ogniw PEC można wykorzystać energię słoneczną do produkcji wodoru w sposób bezpośredni, bez potrzeby konwersji na energię elektryczną i użycia elektrolizerów. Jest to bardzo ciekawa metoda, znacznie upraszczająca proces produkcji wodoru. Na chwilę obecną technologia jest jeszcze daleka od zastosowań wielkoskalowych, lecz postęp w tej dziedzinie jest niezwykle dynamiczny i technika ta ma duży potencjał [11].

Zmiany klimatyczne i ewolucja energetyczna determinują konieczność stosowania technologii, w których emisja substancji szkodliwych do środowiska – jak na przykład tlenków węgla czy metanu – jest ograniczana do absolutnego minimum. Utrzymanie bezpiecznej atmosfery i warunków do zachowania życia na Ziemi wymaga intensywnych międzynarodowych działań na skalę dotąd nie obserwowaną. Żyjemy w nadzwyczajnych czasach, a te wymagają od nas nadzwyczajnych działań. Działań, mających na celu zapewnienie przyszłości dla kolejnych pokoleń.

Czym są ogniwa paliwowe w pojazdach zasilanych wodorem? Jakie są możliwości i perspektywy zatankowania takiego samochodu w naszym kraju? Z czego są wytwarzane zbiorniki do magazynowania wodoru pod ciśnieniem 700 bar? Jakie są metody magazynowania wodoru? Te i inne równie ciekawe zagadnienia znajdą Państwo w kolejnych artykułach.

Literatura:
[1] IPCC Report _ 08.2021 – Climate Change 2021 The Physical Science Basis
[2] Twitter, 27.08.2019 –Dr. Buzz Aldrin
[3] Tadeusz Chmielniak, Sebastian Lepszy, Paweł Mońka. Energetyka wodorowa – podstawowe problemy. Polityka Energetyczna, 2017, Tom 20, Zeszyt 3, s. 55–66
[4] Piotr Tomczyk. Szanse i bariery rozwoju energetyki jądrowej. Polityka energetyczna. Tom 12, Zeszyt 2/2, 2009, s. 593–607
[5] Tadeusz Chmielniak, Tomasz Chmielniak. Energetyka wodorowa. PWN, Warszawa, 2020
[6] Adam Smoliński, Natalia Howaniec. Produkcja wodoru z wydzieleniem dwutlenku węgla przygotowanego do sekwestracji jako perspektywiczne rozwiązanie technologiczne. Prace Naukowe GIG. GÓRNICTWO I ŚRODOWISKO, Kwartalnik 3/2006, s. 5–21
[7] Kamil Berdechowski. Analiza metod produkcji biowodoru pod kątem wielkości emisji GHG. Nafta-Gaz 2019, nr 4, s. 230–235
[8] Magdalena Maj, Aleksander Szpor. Kierunki rozwoju gospodarki wodorowej w Polsce. Polski Instytut Ekonomiczny. Working Paper 7/2019
[9] Jacek Nowicki. XXII Sympozjum Oddziału Poznańskiego Stowarzyszenia elektryków polskich. Współczesna urządzenia oraz usługi elektroenergetyczne, telekomunikacyjne i informatyczne. Sieci i instalacje. „Wstęp do energetyki wodorowej". 20–21.11.2019
[10] https://sj.umg.edu.pl/sites/default/files/ZN470.pdf (Robert Starosta, Akademia Morska w Gdyni, Czy wodór będzie uniwersalnym nośnikiem energii?)
[11] Michał Ludwiczak. Właściwości i aktywność modyfikowanych perowskitów tytanowych w fotokatalitycznym rozkładzie wody. Rozprawa doktorska, Poznań 2012
[12] www.leamericas.com/en/technologies/fired-process-equipment/steam-reforming-furnaces/index.html
[13] www.uky.edu/KGS/coal/coal-for-chemical-gasification
[14] www.researchgate.net/figure/ALKALINE-WATER-ELECTROLYSIS-PROCESS-39 _ fig5 _ 319497471
[15] Sebastian Kozikowski, Krzysztof Szymlek. „Wodór – zielone złoto. Szansa czy wybór, a może jedno i drugie?" Biuletyn Bezpieczna Chemia, 2/2022

Sebastian Kozikowski
Ekspert Urządzeń Ciśnieniowych Urząd Dozoru Technicznego Oddział w Gdańsku

Krzysztof Szymlek
Ekspert Urządzeń Ciśnieniowych Urząd Dozoru Technicznego Oddział w Gdańsk

PROGRAM ODPOWIEDZIALNOŚĆ I TROSKA W 2023 ROKU

Światowy Program Responsible Care, znany w Polsce pod nazwą „Odpowiedzialność i Troska" jest wyjątkową międzynarodową inicjatywą przemysłu chemicznego, której celem jest ciągłe dążenie do poprawy **w obszarze zdrowia, bezpieczeństwa oraz ochrony środowiska**. Programowi na całym świecie przyświecają te same idee, choć realizowane są odmiennie, w zależności od specyfiki i potrzeb firm w danym członkowskim kraju. W Polsce założenia Programu realizuje obecnie **20 przedsiębiorstw**. Są to kluczowe przedsiębiorstwa przemysłu chemicznego, realnie kształtujące polską gospodarkę.

Program ten promuje zarówno etykę prowadzenia działalności wytwórczej, jak również buduje zaufanie do przemysłu, który jest niezbędny w poprawie standardów życia oraz jego jakości, włączając w to zrównoważony rozwój. Realizacja założeń Programu, pozwala również przedsiębiorstwom na swobodną wymianę doświadczeń na polu organizowanych spotkań branżowych oraz wspomaga w prowadzeniu działań edukacji społecznej.

Nadchodzący rok zapowiada się niezwykle interesująco jeśli chodzi o działania skierowane dla Realizatorów Programu Odpowiedzialność i Troska. Będziemy kontynuować sprawdzony format szkoleń dedykowanych branży chemicznej **„Spotkania z ekspertem"**. Ideą każdego z nich jest otwarta dyskusja, debata z ekspertem dotycząca aktualnych i bieżących wyzwań stojących przed branżą chemiczną.

Na pewno powróci nasza sztandarowa inicjatywa proekologiczna **„Drzewko za butelkę"**. Sama akcja w trochę zmodyfikowanej wersji dalej cieszy się niesłabnącą popularnością. Niezmiennie co roku udaje się w ramach inicjatywy zbierać tysiące kilogramów uciążliwych dla środowiska odpadów, za które przekazujemy do dalszego nasadzenia setki drzewek i krzewów owocowych.

A pod koniec roku planowana jest organizacja konferencji **TECHCO Forum** (dawniej **Forum Ekologiczne Branży Chemicznej**), będącą bardzo dużym forum spotkań przedstawicieli całego krajowego przemysłu – płaszczyzną dyskusji, prezentacji case-study i najnowszych rozwiązań produktowych dla całej branży chemicznej.

W przypadku zainteresowania udziałem w Programie lub uzyskania dodatkowych informacji zapraszamy serdecznie do kontaktu:

Sekretariat Programu „Odpowiedzialność i Troska"
tel. 693 305 361
redakcja@rc.com.pl
www.rc.com.pl

Odpowiedzialność i Troska®

ODPOWIEDZIALNOŚĆ I TROSKA

Program Responsible Care, w Polsce pod nazwą Odpowiedzialność i Troska, to prośrodowiskowy program realizowany przez przemysł chemiczny na całym świecie. Firmy sektora chemicznego i branż pokrewnych dobrowolnie realizują działania na rzecz:

Odpowiedzialność i Troska®

www.rc.com.pl

PIPC
POLSKA IZBA PRZEMYSŁU CHEMICZNEGO

1988-2023
35 lat

chemHR

PROGRAM ChemHR

- Wspieranie rozwoju współpracy nauka-przemysł;
- Dialog branży chemicznej z przedstawicielami uczelni;
- Promocja osiągnięć naukowych na wydarzeniach PIPC;
- Kampanie informacyjne dla studentów i pracowników naukowych;
- Bezpłatne uczestnictwo w Programie.

Więcej o Programie ChemHR:

www.chemhr.pl

PIPC
POLSKA IZBA PRZEMYSŁU CHEMICZNEGO
1988-2023
35 lat

Chemia 4.0

KONFERENCJA
PROJEKTU CHEMIA 4.0

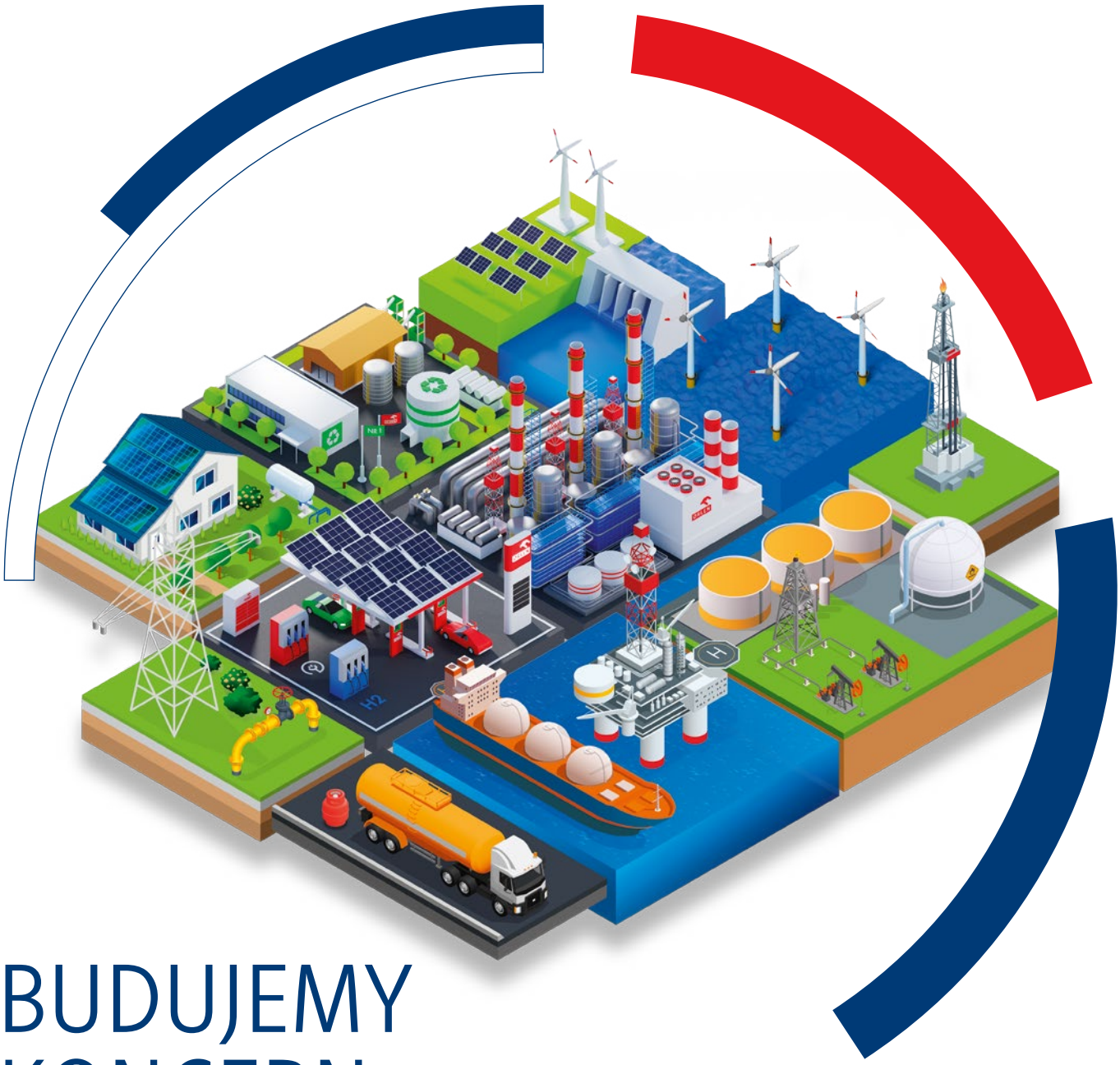
Sound Garden Hotel Airport Warszawa

30 marca 2023 r., godz. 10.00-15.00

- Diagnoza wyzwań i braków kompetencyjnych we wdrażaniu 4.0 w przemyśle;
- Dyskusje i sesje prezentacji w formule case-study i pokazów;
- Lunch biznesowy w formule moderowanych rozmów round-table;
- Możliwość uczestnictwa zarówno stacjonarnie, jak i online;
- Bezpłatny udział Członków PIPC.

Więcej informacji i rejestracja:

www.pipc.org.pl/projekt-chemia-4-0



BUDUJEMY KONCERN **MULTIENERGETYCZNY**

Połączony potencjał i kompetencje ORLENu oraz PGNiG to lepsze warunki zakupu surowców, szybsze wdrażanie nowych technologii i bogatsza oferta dla klientów. Inwestujemy w odnawialne źródła energii i małe reaktory jądrowe. Produkujemy nowoczesne tworzywa. Wydobywamy ropę i gaz na całym świecie. Teraz jeszcze skuteczniej napędzamy transformację Europy Środkowej. **Silny koncern multienergetyczny to bezpieczeństwo milionów Polaków. Orlen dla Polski**

ORLEN

PGNiG
GRUPA ORLEN