

2/23 (831)  
Kwartalnik

58.14.12.0  
ISSN 1734-8013



kierunekchemia.pl

# Chemia

PRZEMYSŁOWA

TEMAT NUMERU | REMONTY I UTRZYMANIE RUCHU

## NOWOCZESNE PODEJŚCIE DO UR

- | Utrzymanie ruchu a Przemysł 4.0
- | Wyzwania i nowe technologie
- | Diagnostyka i monitoring



PRZEMYSŁ 4.0 TO EWOLUCJA,  
NIE REWOLUCJA

> 23

APLIKACJA DLA  
NIETECHNICZNYCH

> 42

DIAGNOSTYKA OGNIW  
PALIWOWYCH

> 73

# POMYSŁ NA WODĘ

17-18  
października 2023 r.

GDYNIA

## XVII KONGRES GOSPODARKI WODNO-ŚCIEKOWEJ

30 LAT 

budujemy możliwości  
porozumienia

- ŚLAD WODNY – jak go ograniczyć?
- UNIJNA DYREKTYWA ściekowa
- OCZYSZCZALNIA przyszłości
- PRZEBUDOWA SYSTEMU ENERGETYCZNEGO w kontekście gospodarki wodno-ściekowej

ORGANIZATOR



HONOROWI GOSPODARZE



Rafineria  
Gdańska

PATRONAT MEDIALNY



**TEMAT NUMERU: REMONTY I UTRZYMANIE RUCHU**

- 8 | **Wyzwania współczesnego utrzymania ruchu**  
 Jerzy Marcinko, Kamil Ćwikła
- 23 | **Przemysł 4.0 to ewolucja, nie rewolucja**  
 rozmowa z Pawłem Sierakowskim,  
 dyrektorem Obszaru Utrzymania Ruchu ANWIL S.A.
- 27 | **Agregaty pompowe w projekcie Polimery Police**  
 Adrian Antonowicz
- 34 | **AI a bezpieczeństwo**  
 Tomasz Klinkosz
- 42 | **Aplikacja dla nietechnicznych**  
 Anna Kondek
- 46 | **Światłowodowy – czujniki dla przemysłu**  
 Wojciech Karaś
- 50 | **Smarowanie a żywotność maszyn**  
 Joanna Jankowska
- 57 | **Od zielonego do... zielonego utrzymania ruchu**  
 Ryszard Nowicki
- 69 | **Remonty zbiorników i rurociągów**  
 Katarzyna Krasieńska
- 73 | **Diagnostyka ogniw paliwowych**  
 Łukasz Gawęł
- 79 | **Tolerować uszkodzenia**  
 Mariusz Pawlak
- 84 | **Energetyczny aspekt utrzymania ruchu**  
 Rafał Rutkowski
- 87 | **Grupa Azoty Police Serwis poszukuje pracowników**  
 Grupa Azoty Police Serwis
- 88 | **Ograniczyć przestoje, minimalizować błędy,  
 poprawić efektywność**  
 Piotr Bonarski

**ENERGETYKA**

- 92 | **SMR-owe okno konieczności**  
 rozmowa z prof. Wacławem Gudowskim  
 z Narodowego Centrum Badań Jądrowych,  
 doradcą ORLEN Synthos Green Energy
- 96 | **Mikroreaktor jądrowy w Policach**  
 Grupa Azoty Police
- 98 | **Zielony amoniak**  
 Marek Kubiak
- 103 | **Skąd czerpać wodę do produkcji wodoru?**  
 Andrzej Sikora

**NOWE TECHNOLOGIE I INNOWACJE**

- 111 | **Być blisko rynku, blisko wdrożenia**  
 Dorota Wardzińska
- 116 | **Krzem dla nowej energetyki**  
 Bartosz Bańkowski
- 124 | **Inwestycje obiegu zamkniętego w ORLEN Południe**  
 Karolina Koziarz

**BEZPIECZEŃSTWO**

- 126 | **Rafineria Gdańska podmiotem infrastruktury  
 krytycznej**  
 Rafineria Gdańska Sp. z o.o.
- 129 | **Amoniak. Jak uniknąć awarii?**  
 Katarzyna Stolecka-Antczak

**GOSPODARKA WODNO-ŚCIEKOWA**

- 135 | **Wodny most w Płocku**  
 Andrzej Wiśniewski, Małgorzata Hermanowska

**TEMAT NUMERU: REMONTY I UTRZYMANIE RUCHU**


8

Fot. 123rf

**WYZWANIA WSPÓŁCZESNEGO  
 UTRZYMANIA RUCHU**

Kamil Ćwikła, Jerzy Marcinko

**ENERGETYKA**


Fot. BWP

92

**SMR-OWE OKNO KONIECZNOŚCI**
rozmowa z prof. Wacławem Gudowskim z Narodowego Centrum  
 Badań Jądrowych, doradcą ORLEN Synthos Green Energy
**PALIWA**


Fot. PKV ORLEN S.A.

**BYĆ BLISKO RYNKU,  
 BLISKO WDROŻENIA**

Dorota Wardzińska

111


**Aleksandra Grądzka-Walasz**

redaktor wydania  
 tel. 32 415 97 74 wew. 20  
 tel. kom. 602 115 264  
 e-mail: aleksandra.walasz@e-bmp.pl

## Dla ludzi UR

Siedząc spokojnie przy biurku, popijając ciepłą herbatę i pisząc te kilka zdań wstępu mam świadomość, jak wiele w tej chwili dzieje się na terenie państwa zakładów. Że w wielu miejscach trwa właśnie gorący okres związany z corocznym przestojem instalacji, przygotowaniem do remontów czy rozruchem nowych inwestycji, jak chociażby tych z projektu Polimery Police.

Wszystko często bez chwili wytchnienia dla służb utrzymania ruchu, bez chwili spokoju nawet przy codziennych, rutynowych czynnościach, wymagających przecież nieustannej uwagi. Niech właśnie te kilka zdań wstępu będzie dzisiaj ukłonem dla Waszej pracy i zaangażowania. Zaangażowania ludzi, dla których utrzymanie ruchu – cytując fragment z artykułu Jerzego Marcinki i Kamila Ćwikły – „to nie tylko procesy techniczne, ale również relacje międzyludzkie, [...] dla których utrzymanie ruchu stanowi naturalną przestrzeń nie tylko zawodową”. Ludzi, którzy pomimo coraz to nowszych systemów, aplikacji, wdrożeń przemysłu 4.0 są nadal i będą niezastąpieni, mierząc się z problemami i wyzwaniami współczesnego UR. A czym ono się charakteryzuje? Zapraszam do lektury wspomnianego artykułu na str. 8.

O determinacji pracowników mówi też Paweł Sierakowski, dyrektor Obszaru Utrzymania Ruchu w ANWIL S.A., dzięki

której w czasie pandemii udało się kontynuować realizację zamierzonych projektów. Dyrektor ocenia również zaawansowanie polskich zakładów we wdrażaniu Przemysłu 4.0. i tutaj podkreśla: „[...] bardziej należy mówić o ewolucji niż rewolucji”. Czy tak jest faktycznie?

Utrzymanie ruchu w zakładach przemysłowych stale ewoluuje w celu znalezienia optymalnych, efektywnych kosztowo rozwiązań z zachowaniem wszelkich standardów bezpieczeństwa. Dlatego niezbędne stało się dla wielu firm inwestowanie w remonty i służby UR, ich wiedzę, poziom kompetencji czy narzędzia wykorzystywane w pracy. Spójrzmy chociażby na PERN, który w ubiegłym roku przeznaczył 80 mln zł na program remontów infrastruktury. W tym roku wydatki na ten cel mają być już o 10 mln zł wyższe (więcej w artykule: „Remonty zbiorników i rurociągów”, str. 69). Zakładów jest wiele, co tylko pokazuje, jak temat UR i służb odpowiedzialnych za ten obszar jest ważny. Dlatego poruszamy go nie tylko w tym numerze, ale również po raz 16. na naszej konferencji „Remonty i Utrzymanie Ruchu w Przemysle”, na którą serdecznie zapraszam do Kazimierza.

*Aleksandra Grądzka-Walasz*

**Wydawca:**

BMP spółka z ograniczoną odpowiedzialnością spółka komandytowa

KRS: 0000406244, REGON: 242 812 437  
 NIP: 639-20-03-478  
 ul. Morcinka 35  
 47-400 Racibórz  
 tel./fax 32 415 97 74  
 tel.: 32 415 29 21, 32 415 97 93  
 e-mail: biuro@e-bmp.pl  
 www.kierunekchemia.pl

BMP to firma od ponad 30 lat integrująca środowiska branżowe, proponująca nowe formy budowania porozumienia, integrator i moderator kontaktów biznesowych, wymiany wiedzy i doświadczeń. To organizator branżowych spotkań i wydarzeń – znanych i cenionych ogólnopolskich konferencji branżowych, wydawca profesjonalnych magazynów i portali.

**Rada Programowa:**

**Adam S. Markowski** – Katedra Inżynierii Systemów Ochrony Środowiska, Wydział Inżynierii i Ochrony Środowiska Politechniki Łódzkiej

**Tomasz Zieliński** – Polska Izba Przemysłu Chemicznego

**Paweł Bielski** – Łukasiewicz – Instytut Chemii Przemysłowej imienia Profesora Ignacego Mościckiego

**Jacek Kijęński** – Politechnika Warszawska

**Andrzej Biskupski** – Politechnika Wrocławska

**Krzysztof Romaniuk** – Polska Organizacja Przemysłu i Handlu Naftowego

**Andrzej Szczęśniak** – niezależny ekspert rynku paliw

**Artur Kopeć** – Grupa Azoty S.A.

**Andrzej Sikora** – Instytut Studiów Energetycznych Sp. z o.o., Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie

**Agnieszka Gajek** – Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

**Arkadiusz Kamiński** – PKN ORLEN S.A.

**Dorota Brzezińska** – Politechnika Łódzka

**Wojciech Blew** – Grupa Azoty Polyolefins S.A.

**Prezes zarządu BMP Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością Sp. k.**  
 Adam Grzeszczuk

**Redaktor naczelny**  
 Przemysław Płonka

**Redaktor wydania**  
 Aleksandra Grądzka-Walasz

**Redakcja techniczna**  
 Marcelina Gąsior

**Kolportaż**  
 rafal.uczaj@e-bmp.pl

**Sprzedaż**  
 Ewa Dombek, Jolanta Mikołajec-Piela,  
 Magda Widrińska, Marta Mika, Krzysztof Sielski

Magazyn kierowany jest do prezesów, dyr. ds. technicznych i głównych specjalistów (mechaników, automatyków, technologów) reprezentujących branżę chemiczną, organizatorów targów, sympozjów, imprez branżowych, urzędów, ministerstw, instytutów, wyższych uczelni oraz biur projektowych.

**Redakcja nie odpowiada za treść reklam.**  
 Niniejsze wydanie jest wersją pierwotną czasopisma

Wykorzystywanie materiałów i publikowanie reklam opracowanych przez wydawcę wyłącznie za zgodą redakcji. Redakcja zastrzega sobie prawo do opracowywania nadesłanych tekstów oraz dokonywania ich skrótów, możliwości zmiany tytułów, wyróżnień i podkreśleń w tekstach. Artykułów niezamówionych redakcja nie zwraca.

Źródło grafiki na okładce: 123rf



## BIOGAZOWNIA

Zgodnie z nową strategią, do 2030 r. Grupa ORLEN zbuduje efektywny ekonomicznie i energetycznie system odnawialnych źródeł energii, w który wpisuje się rozwój działalności w obszarze biogazu. Aktualnie ORLEN Południe posiada w swojej strukturze trzy biogazownie, m.in. w Konopnicy (na zdj.). Więcej w artykule „Inwestycje obiegu zamkniętego w ORLEN Południe” na str. 124

Fot. ORLEN Południe

## CIECH I CARGILL Z UMOWĄ NA SPRZEDAŻ SOLI

Grupa CIECH zawarła umowę z firmą Cargill na sprzedaż i dystrybucję soli spożywczej pochodzącej z nowoczesnej warzelni CIECH w Stassfurcie oraz z zakładu produkcyjnego CIECH w Janikowie.

Współpraca z Cargillem rozpoczyna się w okresie stopniowego zwiększania ilości soli produkowanej w warzelni w Stassfurcie, której docelowe moce produkcyjne mają sięgnąć 450 tys. ton rocznie.

– To bardzo ważny etap w rozwoju biznesu solnego Grupy CIECH. Wspierani ogromnym doświadczeniem Cargilla będziemy oferować najwyższą jakość produkty solne na rynkach europejskich – mówi Philipp Kley, dyrektor Business Unitu Sól w Grupie CIECH.

Grupa CIECH jest największym producentem soli warzonej w Polsce. Moce produkcyjne zakładu w Janikowie (na Kujawach) sięgają 500 tys. ton soli rocznie. Asortyment fabryki obejmuje m.in. sól spożywczą, tabletki solne do uzdatniania wody, a także granulaty solny.

Źródło, fot.: Grupa CIECH



## SYNTHOS: KONKURS NA OPRACOWANIE PRZEŁOMOWYCH TECHNOLOGII

Celem konkursu o charakterze naukowo-badawczym jest zaangażowanie naukowych talentów w opracowanie przełomowych technologii dla kauczuku syntetycznego i mieszanek stosowanych w produkcji opon.

– Konkurs pozwoli nam wspierać rozwój najnowocześniejszych technologii, ostatecznie prowadząc Synthos do celu, jakim jest osiągnięcie 100% zrównoważonych produktów do 2030 r. Jesteśmy dumni z wyjątkowych, utalentowanych naukowców i naukowców, którzy tworzą Centrum Badawczo-Rozwojowe Synthos Rubber w Oświęcimiu i w Schkopau w Niemczech. Jednocześnie nie możemy się doczekać współpracy z młodymi badaczami z całego świata – mówi dr Malte Wohlfahrt, dyrektor ds. badań i rozwoju Dywizji Kauczuku Syntetycznego Synthos.

Zwycięski instytut badawczy lub uniwersytet otrzyma środki finansowe na realizację trzyletniego programu wsparcia zespołu badawczego. Wnioskodawcy mają czas na złożenie swoich propozycji do 31 sierpnia br.

Źródło: [synthosgroup.com](http://synthosgroup.com)



Fot. 123rf



## PIERWSZA TAKA INWESTYCJA W POLSCE

Miedziowy gigant niemal całkowicie wyeliminuje emisje arsenu i rtęci dzięki nowej Instalacji Oczyszczania Gazów Poprocesowych. To pierwsza taka inwestycja w Polsce i jedna z kilku na świecie.

Obecnie zespół specjalistów z Huty Miedzi Legnica, wspólnie z przedstawicielami wykonawcy, prowadzi rozruch technologiczny nowego węzła SOLINOX, który doczyści gazy z tych pierwiastków do poziomu nie większego niż 0,05 mg/Nm<sup>3</sup>.

Instalacja wykorzystuje sprawdzoną na świecie technikę kalomelową. Jej największą zaletą jest m.in. mała ilość odpadów. KGHM to pierwsza firma w Polsce, która wdraża tę zaawansowaną technologicznie metodę.

Źródło, fot.: KGHM

## 200 MILIONÓW EURO

Grupa Boryszew podpisała umowę z jednym z wiodących koncernów motoryzacyjnych na dostawę gumowych części do samochodów elektrycznych. Wartość umowy wynosi 200 milionów euro.

W związku z zawartym na lata 2024-2034 kontraktem planowana jest rozbudowa zakładów należących do Grupy Boryszew w Chinach, we Włoszech i w Polsce.

Źródło: Boryszew



Fot. 123rf



## CORAZ BLIŻEJ BUDOWY MORSKIEJ FARMY BALTICA 2

**Grupa PGE i duński Ørsted zrobili duży krok na drodze do realizacji farmy wiatrowej, z której prąd ma popłynąć już za cztery lata.**

Projekt Baltica 2 to dopiero pierwszy etap planu inwestycyjnego, który przewiduje w nadchodzących latach potężne inwestycje w morskie elektrownie wiatrowe. Cała inwestycja o nazwie Morska Farma Wiatrowa Baltica będzie jedną z największych tego typu na świecie.

– Baltica 2 zakłada budowę 1,5 GW nowej energii elektrycznej z wiatraków na Morzu Bałtyckim, 107 turbin o mocy 14 MW wyprodukowanych przez uznaną międzynarodową firmę Siemens Gamesa. Turbiny będą osadzone na masztach przewyższających Pałac Kultury i Nauki, co pokazuje, jak ogromna będzie skala tej inwestycji – mówi Wojciech Dąbrowski, prezes zarządu PGE Polskiej Grupy Energetycznej.

Źródło, fot.: *Newseria.pl*



## ZMIANY W SKŁADZIE ZARZĄDU PERN

**Nadzwyczajne Walne Zgromadzenie PERN S.A. powołało 1 maja br. Mirosława Skowrona na członka zarządu i powierzyło mu funkcję prezesa zarządu PERN S.A.**

30 kwietnia 2023 r. Nadzwyczajne Walne Zgromadzenie odwołało Rafała Milanda z funkcji wiceprezesa zarządu oraz Pawła Stańczyka z stanowisko prezesa zarządu, powierzając mu funkcję wiceprezesa zarządu PERN.

Źródło: *PERN*

## ROZMAITOŚCI

# 1002 TONY,

– tyle propylenu trafiło 8 kwietnia br. pierwszą dostawą do inwestycji Polimery Police. Surowiec został dostarczony drogą kolejową przez Grupę Azoty ZAK

Źródło:  
*Grupa Azoty*



– Już w 2021 r. wartość globalnej gospodarki wodorowej była szacowana na ok. 150 mld USD, a prognozy wskazują na wzrost tej wartości do 220,37 mld USD w 2028 r. Polska chce czynnie uczestniczyć w tym procesie. Już dziś nasz kraj jest jednym z państw o najwyższych zdolnościach produkcyjnych wodoru na świecie – minister klimatu i środowiska **Anna Moskwa**.

Źródło: *gov.pl*

## GRUPA AZOTY S.A. URUCHOMIŁA KOMORĘ FITOTRONOWĄ

**Kontenerowa komora fitotronowa umożliwiłi spólcie prowadzenie badań przy kontrolowanych parametrach, takich jak: temperatura, natężenie światła, poziom dwutlenku węgla czy wilgotność.**



Inwestycja uruchomiona przy Centrum Badawczo-Rozwojowym w Tarnowie pozwoli sprawdzić wpływ testowanych preparatów nawozowych na badane rośliny w różnych dawkach i formacjach, niezależnie od pory roku i warunków zewnętrznych.

Koszt fitotronu to ok. 1,5 mln złotych. Docelowo przy CBR powstanie również szklarnia badawcza, która zwiększy możliwości Grupy Azoty S.A. w zakresie badań wzrostu roślin i procesów zachodzących w glebie.

Źródło, fot.: *Grupa Azoty*

## ORLEN DLA STRAŻAKÓW

**4 maja wystartował nabór wniosków do programu grantowego, w ramach którego PKN ORLEN i Fundacja ORLEN od ponad 20 lat wspierają Ochotniczą oraz Państwową Straż Pożarną w zakupie niezbędnego sprzętu.**

W tym roku wnioski do udziału w programie „ORLEN dla Strażaków” można składać do 24 lipca za pośrednictwem formularza dostępnego na stronie internetowej Fundacji ORLEN.

Łączna kwota przeznaczona na granty w tegorocznej edycji programu to 3 miliony złotych.

Źródło: *PKN ORLEN S.A.*

# WYZWANIA WSPÓŁCZESNEGO UTRZYMANIA RUCHU

Jerzy Marcinko, Kamil Ćwikła  
Grupa Azoty Zakłady Azotowe „Puławy” S.A.

Czym charakteryzuje się współczesne utrzymanie ruchu w świetle wymagań dzisiejszych czasów, w dobie toczących się gwałtownych zmian rewolucjonizujących nie tylko procesy techniczne, ale również relacje międzyludzkie, oczami tych, dla których utrzymanie ruchu stanowi naturalną przestrzeń nie tylko zawodową...

Niniejszy artykuł stanowi pewną wymianę spostrzeżeń, myśli na temat współczesnego utrzymania ruchu funkcjonującego w przestrzeni przemysłu chemicznego, reprezentowanego przez jedną z kluczowych spółek. W artykule staraliśmy się zawrzeć podstawowe informacje na temat historii procesów związanych z utrzymaniem ruchu na kanwie tzw. rewolucji przemysłowych i ich wpływu na stan techniki. Następnie przedstawiliśmy główne kierunki rozwoju strategii i metod utrzymania technicznego, po czym podjęliśmy próbę zobrazowania wymagań tzw.

współczesnego utrzymania ruchu. Naszą ambicją było również ukazanie praktycznych działań realizowanych w codziennej praktyce inżynierskiej stanowiącej odpowiedź na coraz bardziej wymagające wyzwania współczesnego przemysłu chemicznego.

## Utrzymanie ruchu, definicje, rola w procesie produkcyjnym

Istnieje wiele definicji trafnie określających pojęcie „utrzymania ruchu”. Według jednego ze źródeł literaturowych [1] utrzymaniem ruchu nazywane są





Fot. 123rf

działania i procesy realizowane w ramach ogólnej produkcji, związane głównie z zapewnieniem dostępności infrastruktury technicznej zakładu (takiej jak maszyny, urządzenia, instalacje, obiekty przemysłowe itp.) i mające na celu zagwarantowanie jej prawidłowej eksploatacji. W ujęciu tym utrzymanie ruchu maszyn i urządzeń jest terminem odnoszącym się do teorii, metod, technologii oraz technik, które są stosowane w celu zapewnienia sprawnego funkcjonowania maszyn i urządzeń. Według innego opracowania [2] utrzymanie ruchu to codzienna systematyczna praca,

związana z wykonywaniem zadań w celu zapobiegania degradacji stanu technicznego maszyn i urządzeń oraz występowaniu awarii.

Ogólnie, nie wdając się w szczegółową analizę literatury branżowej, można uznać, że utrzymanie ruchu to szereg procesów i działań, które mają na celu zapewnienie jak największej efektywności wykorzystywanej infrastruktury technicznej podmiotu gospodarczego, na rzecz którego funkcjonują.

Zwyczajowo główne zadania utrzymania ruchu koncentrują się na realizacji celów biznesowych/



**RYS. 1**  
Główne cele utrzymania ruchu

produkcyjnych wyszczególnionych na schemacie (rys. 1). Cele te identyfikowane są jako bazowe dla realizacji elementarnych procesów produkcyjnych przedsiębiorstw przemysłowych – stąd działalność służb utrzymania ruchu ma bezpośredni wpływ na wynik ekonomiczny, bezpieczeństwo procesowe, bezpieczeństwo pracy personelu, a także – co istotne – we współczesnej rzeczywistości przemysłowej spełnienie wyśrubowanych wymagań środowiskowych. Oczywiście, aby sprostać tym wyzwaniom można, a w zasadzie należy, przypisać zadania szczegółowe na różnych poziomach – od operacyjnego poziomu zarządzania utrzymaniem ruchu, poprzez specjalistyczny inżynierski poziom sprawowania nadzoru nad procesami UR, po poziom wykonawczy czy to zasobami własnymi, czy zewnętrznymi. Czyli od

wymaga personelu o wysokich kwalifikacjach w podstawowych branżach technicznych: mechanicznej, pomiarowej (zarówno systemowej, jak i obiektowej), elektrycznej, ale też z zakresu inżynierii budowlanej, środowiska, inżynierii produkcji, przy założeniu bardzo ścisłej współpracy ze specjalistami inżynierii chemicznej i procesowej, technologami chemicznymi prowadzącymi skomplikowane procesy produkcyjne, charakteryzujące się nierzadko ekstremalnymi parametrami procesowymi (w zakresie ciśnień, temperatur, parametrów przepływowych).

Struktury organizacyjne utrzymania ruchu nie są jednolite, zależą ogólnie od kultury organizacyjnej danych przedsiębiorstw, czasami tworzą oddzielne piony w przedsiębiorstwach i skupiają się na realizacji procesów zarządczych i nadzorczych utrzymania ruchu, poziom wykonawczy pozostawiając w outsourcingu. Nieraz są skupione w strukturach pionów produkcyjnych i odpowiadają za całość realizowanych procesów łącznie z realizacją podstawowych obsług i konserwacji zasobami własnymi. W spółce, którą reprezentujemy, realizowany jest ten drugi model działania służb utrzymania ruchu wzbogacony o strukturę sztabową Szefa Utrzymania Ruchu – pełniącemu funkcje koordynacyjno-nadzorcze. Poziom wykonawczy zaś wspierany jest również przez wyspecjalizowane podmioty zewnętrzne w zakresie realizacji skomplikowanych specjalistycznych remontów i modernizacji. Procesy realizacji umów, zamówień i zleceń na wykonawstwo prac remontowych czy zakupy części zamiennych prowadzi Pion Zakupów, przy istotnej współpracy ze specjalistami branżowymi utrzymania ruchu. Struktura taka jest efektywna i komplementarna.

”

Jesteśmy gotowi w pełni realizować dalsze wyzwania współczesnego utrzymania ruchu

działań związanych z wyznaczaniem szczegółowych celów, strategii, opracowywania planów i harmonogramów zamierzeń, poprzez nadzorowanie pracy maszyn i urządzeń (generalnie majątku/infrastruktury produkcyjnej), po fizyczne wykonawstwo przeglądów, konserwacji, napraw i remontów służbami własnymi lub podmiotami zewnętrznymi. Trzeba przyznać, że realizacja utrzymania ruchu w przemyśle, zwłaszcza chemicznym, charakteryzującym się pokaznym zróżnicowaniem w zakresie złożoności obiektów technicznych, tj. maszyn i urządzeń, ale też urządzeń transportu bliskiego, sieci przesyłowych, armatury, aparatury procesowej, w tym energetycznej, aparatury kontrolno-pomiarowej, aparatury i sieci elektrycznych, a także obiektów infrastruktury, zwłaszcza: zbiorników stalowych, żelbetowych, silosów, bunkrów, estakad, wież, kominów, pozostałych budowli przemysłowych i hydrotechnicznych generuje wiele problemów natury interdyscyplinarnej. Stąd

### Rys historyczny rozwoju techniki i strategii utrzymania ruchu






Procesy utrzymania ruchu, zwłaszcza strategię i metody, ewoluowały wraz z rozwojem techniki. Na podstawie opracowania zawartego w pozycji literaturowej [3] [4] wyróżnić można trzy główne okresy rozwoju strategii utrzymania ruchu, ściśle powiązane ze stanem techniki (tzw. rewolucjami przemysłowymi). Pierwszy okres – reaktywne utrzymanie ruchu, trwający od początków stosowania maszyn i urządzeń (powiązany i w następstwie rewolucji przemysłowej 1.0 II, datowanej na II połowę XVIII w. – wynalezienie maszyny parowej) do początków drugiej wojny światowej charakteryzował się działaniem od awarii do awarii. Konstrukcja maszyn i urządzeń była prosta. Obsługa ich nie wymagała wysokich kwalifikacji. W okresie tym przeważał pogląd, iż stan techniczny uzależniony jest przede wszystkim od wieku i fizycznego starzenia się maszyny, urządzenia. Utrzymanie ruchu traktowane było jako działalność pomocnicza trudna do zaplanowania.

Drugi okres to prewencyjne utrzymanie ruchu, zwany również planowo-zapobiegawczym, powiązany

## **Polski producent. Jeden z europejskich liderów branży nawozowo-chemicznej**

Jednym z filarów strategii Grupy Azoty są inwestycje, a największym projektem realizowanym przez spółkę celową Grupę Azoty Polyolefins S.A. są Polimery Police.

Projekt obejmuje swoim zakresem:

-  Instalację odwodornienia propanu PDH;
-  Instalację do produkcji polipropylenu PP;
-  Infrastrukturę logistyczną polipropylenu PP;
-  Terminal Przeładunkowo-Magazynowy (gazoport);
-  Instalacje Pomocnicze.

Postęp rzeczowy budowy inwestycji jest już na finiszu. Dzięki niej, Polska dołączy do czołowych producentów Polipropylenu w Europie, stając się największym wytwórcą w regionie CEE.

[grupaazoty.com](http://grupaazoty.com)



## Wiarygodny partner

Już od ponad 30 lat wspieramy naszych klientów w opiece serwisowej ich urządzeń pompowych



### Wyprzedzamy awarie

Kluczem do sprawności układów pompowych jest ich regularne serwisowanie o konserwacja



### Optymalizacja energetyczna

Wspieramy naszych klientów w generowaniu oszczędności zakresie zużytej energii i kosztów



### Kompleksowa opieka serwisowa

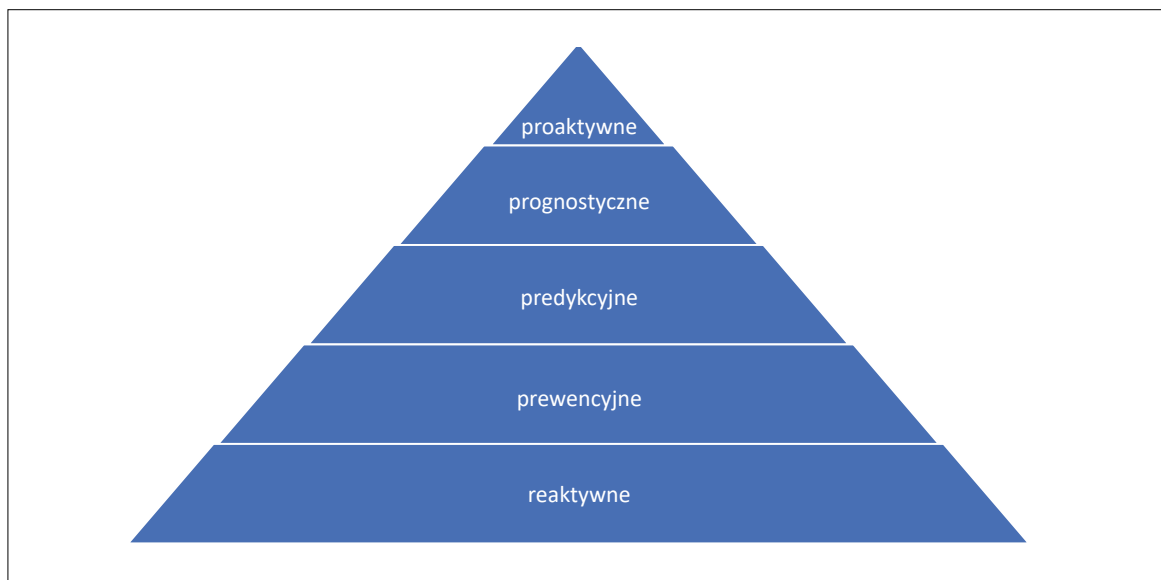
Stacjonarne centrum serwisowe wraz z mobilnymi serwisantami 24 h gwarantuje kompleksową obsługę każdego klienta



### Certyfikowany partner

Posiadamy certyfikaty potwierdzające najwyższą jakość i bezpieczeństwo realizowanych usług





**RYS. 2**  
Rozwój strategii utrzymania ruchu

z rewolucją przemysłową 2.0. Datowany jest od drugiej wojny światowej do połowy lat siedemdziesiątych dwudziestego wieku. Dynamiczny rozwój technologii przyniósł ogromny postępy również w dziedzinie budowy i eksploatacji maszyn i urządzeń. Konstrukcja ich stała się coraz bardziej skomplikowana. Rozwój techniki, wzrost zapotrzebowania na wyroby przemysłowe, zapewnienie ciągłości produkcji spowodowały z jednej strony zwiększenie stopnia mechanizacji linii produkcyjnych, z drugiej zaś zasadnicze zmiany w postrzeganiu utrzymania ruchu. Powstała koncepcja systemu planowo-zapobiegawczego skierowana na realizację czynności obsługowych w ustalonych okresach lub po przepracowaniu odpowiedniej ilości maszynogodzin, czyli tzw. resursu. Zaczęto opracowywać koncepcje zapobiegania uszkodzeniom (prewencyjne utrzymanie ruchu), które miały wydłużać czas bezawaryjnej eksploatacji maszyn i urządzeń, zwiększać zdolności produkcyjne i bezpieczeństwo prowadzenia ruchu.

Trzeci okres to rozwój metod utrzymania ruchu szczególnie predykcyjnych, następnie prognostycznych (proaktywnych). Datowany od połowy lat siedemdziesiątych ubiegłego stulecia powiązany bezpośrednio z rewolucją przemysłową 3.0. wyróżniał się intensywnymi zmianami w przemyśle polegającymi na wzroście ilości, różnorodności i stopniem skomplikowania maszyn i urządzeń, a także automatyzacją, robotyzacją procesów produkcyjnych. Nastąpił rozwój narzędzi diagnostyki technicznej, powstały nowe koncepcje zarządzania przedsiębiorstwem (np. doskonalenie jakości wyrobów TQM – Total Quality Management). Okres ten charakteryzował się m.in. wykonawstwem inspekcji zapobiegawczych, monitorowaniem stanu technicznego maszyn i urządzeń, udziałem tzw. operatorów (obsługujących) maszyn i urządzeń w utrzymaniu ruchu, koncepcjami RCM, TPM, 5S.

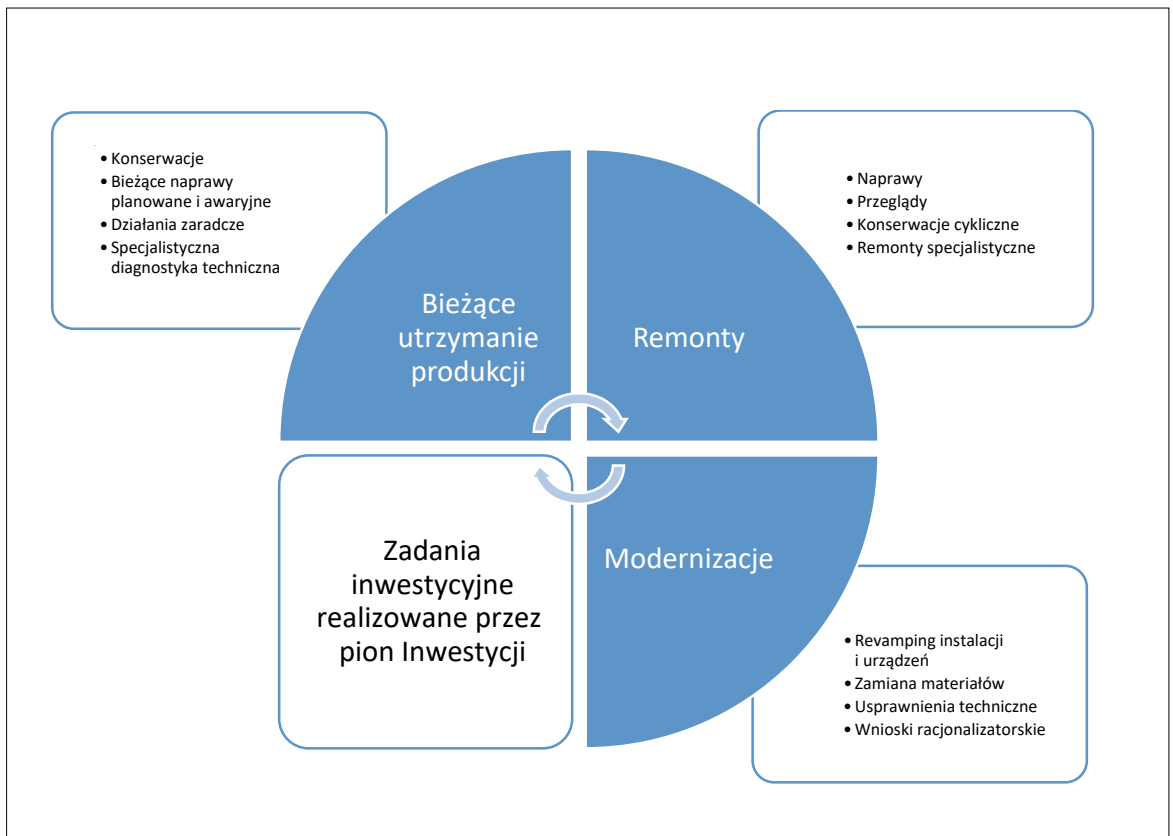
Aktualnie możemy mówić o czwartym okresie rozwoju tzw. nowoczesnego współczesnego utrzymania

ruchu powiązanego z kolejną rewolucją przemysłową, czyli 4.0, charakteryzującym się pełną informatyzacją procesów produkcyjnych i utrzymania ruchu. Ogromny postęp techniczny w obszarze czujników i sieci informatycznych, przemysłowych systemów komunikacyjnych przyczynił się do powstania tzw. technologii Przemysłowego Internetu Rzeczy, stymulujących rozwój automatyki, robotyki, czego konsekwencją jest wdrażanie elementów sztucznej inteligencji w obsłudze procesów technologicznych, maszyn i robotów przemysłowych, wraz z obsługą zaawansowanych usług monitorowania, sterowania i diagnostyki z wykorzystaniem analizy danych Big Data oraz użyciem nieograniczonych możliwości, jakie niesie za sobą stosowanie archiwizacji danych w tzw. chmurze. Technologiczność bazująca na technikach internetowych w kontekście realizacji coraz to nowych wymagań prawnych, środowiskowych, bezpieczeństwa pracy, bezpieczeństwa procesowego wymusiły powstanie nowych koncepcji utrzymania ruchu, zwanych ogólnie prognostycznym utrzymaniem ruchu. W okresie tym występuje gwałtowny rozwój zastosowań predykcyjnych, prognostycznych strategii utrzymania ruchu, co w połączeniu z dostosowaniem odpowiednich analiz biznesowo-zarządczych i znanych omówionych strategii i metod zarządzania utrzymaniem ruchu tworzy najnowocześniejszą strategię określaną mianem proaktywnej.

#### Strategie i wyzwania utrzymania ruchu w praktyce

Na podstawie wyżej przedstawionych okresów rozwoju techniki, w powiązaniu ze strategiami utrzymania ruchu nasuwa się pytanie, w którym miejscu jesteśmy realizując zadania utrzymania ruchu w przedsiębiorstwach Wielkiej Syntezy Chemicznej. Jak wygląda i na ile nowoczesne i współczesne jest zarządzanie utrzymaniem ruchu w praktyce funk-

**RYS. 3**  
Procesy utrzymania ruchu realizowane w otoczeniu spółki



cjonowania? Spróbujemy ustosunkować się do tych kwestii na przykładzie doświadczeń GA ZAP.

Procesy utrzymania ruchu ściśle związane są nie tylko z bieżącym utrzymaniem produkcji, jak zwyczajowo się przyjmuje, ale mają również znaczący wpływ na procesy modernizacyjne związane z odbudowywaniem i ulepszaniem środków produkcji czy determinują w pewnym stopniu podjęcie działań inwestycyjnych, jak zostało to zobrazowane na diagramie.

Należy wyróżnić ścisłą współpracę służb eksploatacyjnych (produkcyjnych) ze służbami utrzymania ruchu przejawiającą się wspólną troską o właściwe utrzymanie obiektów technicznych, stąd wszystkie czynności związane z planowaniem, budżetowaniem, realizacją gospodarki remontowo-modernizacyjnej, a także jej nadzorem są wspólnie uzgadniane zarówno na poziomie organizacyjnym, jak i zarządczym, co znacznie ułatwia komunikację oraz procesy podejmowania decyzji, a także podnosi świadomość wspólnej odpowiedzialności za funkcjonowanie procesów związanych z niezawodnością i bezpieczeństwem obiektów technicznych na poziomie zakładu produkcyjnego.

Utrzymanie obiektów technicznych, maszyn i urządzeń, infrastruktury w Grupa Azoty PUŁAWY obejmuje trzy poziomy (co jest zbieżne i wynika z rozwoju technicznego procesów utrzymania ruchu):

- poziom naprawczy (reaktywny) – opierający się na strategii naprawczej,
- poziom prewencyjny (zapobiegawczy) – bazujący na strategii planowo-zapobiegawczej,

- poziom predykcjo-prognostyczny (podejście prognostyczne) – opierający się na strategii predykcjo-prognostycznej z wnioskowaniem prognostycznym, co daje solidne podstawy działań proaktywnych, szczególnie istotnych w nowoczesnym utrzymaniu ruchu.

W Grupie Azoty PUŁAWY wszystkie aspekty definiujące strategię jw. mają swoje odzwierciedlenie zarówno w procesach zarządczych spółki bazujących na wdrożonym i ciągle doskonalonym Zintegrowanym Systemie Zarządzania Jakością, Środowiskiem i Bezpieczeństwem oraz Systemie Zarządzania Energią (procedury i instrukcje Systemu ISO...), jak i przepisach wewnętrznych (zarządzeniach i poleceniach służbowych, instrukcjach) – i w obszarze strategicznym, i operacyjnym jej funkcjonowania.

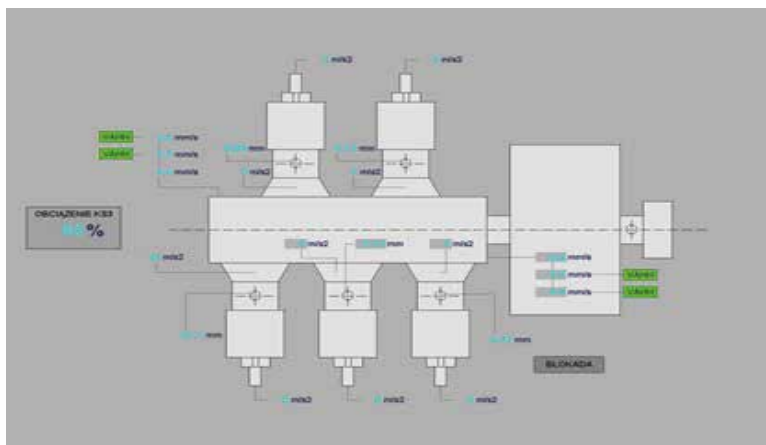
W dokumentach tych są szczegółowo opisane zarówno merytoryczne wymagania związane m.in. z utrzymaniem ruchu, jak również czynności, odpowiedzialności i uprawnienia poszczególnych służb, komórek, stanowisk w procesie przygotowania, realizacji, kontroli wszystkich zdarzeń związanych, występujących (mogących wystąpić) w działaniu praktycznym.

W zakresie praktycznych działań wynikających z przyjętej w Grupie Azoty PUŁAWY strategii (w zasadzie metod i sposobów utrzymania ruchu) należy podkreślić, że realizowane są wszystkie znane w literaturze przedmiotu, tj.: reaktywne, prewencyjne i pre-

dykcyjno-prognostyczne stosowane w zależności od złożoności technicznej i roli w procesie produkcyjnym.

Zastosowanie odpowiedniej strategii uzależnione jest od ważności tzw. krytycznej maszyny/urządzenia (patrz ramka).

Maszyny i urządzenia gr. I i II (patrz ramka) objęte są strategią prewencyjną, ale też predykcyjno-prognostyczną, co przejawia się prowadzeniem w ustalonych czasookresach oceny stanu dynamicznego (analiza drgań, przemieszczeń), badań termowizyjnych, prognozowaniem i ustalaniem optymalnych przebiegów międzyokresowych. Dla maszyn i urządzeń tych grup ustala się również planowe terminy postojów remontowych (tzw. remonty średnie i kapitalne) – w ramach strategii prewencyjnej opracowuje się zakresy remontowe dla poszczególnych rodzajów remontów. Nieocenioną pomocą w realizacji strategii predykcyjno-prognostycznej oraz prewencyjnej stanowi Zakład Dozoru i Badań Technicznych wraz ze swoimi nowoczesnymi laboratoriami i możliwościami wykonawczymi w zakresie realizacji badań radiograficznych, magnetycz-



**RYS. 4**  
Monitoring drgań on-line jednego z urządzeń – zrzut ekranu

no-proszkowych, wiroprądowych, ultradźwiękowych, termograficznych. Na większości maszyn gr. I i II realizowany jest monitoring drganiowy stały on-line (zrzut z ekranu systemu monitoringu, rys. 4), a także off-line w ustalonych odstępach czasowych dwa razy lub raz w miesiącu w zależności od rodzaju urządzenia (realizowany w stałych interwałach czasowych oraz „na żądanie”).

Grupę III stanowią maszyny i urządzenia, które nie są krytyczne w rozumieniu prowadzenia procesu produkcyjnego. Zwykle to urządzenia „ważne” w sensie technicznym, ale mające swoje rezerwy. Niemniej systematycznie realizowane są prace, które zmierzają do tego, by w ramach nowoczesnej diagnostyki remontowej, a także innych innowacyjnych przedsięwzięć, obiekty techniczne należące do grupy III „przenieść” na wyższy poziom, tak aby można było zastosować strategię prewencyjną. Sukcesywnie w ramach remontów i modernizacji obiekty te wyposażane są w czujniki diagnostyczne (diagnostyka drganiowa), stosowane są coraz częściej badania termograficzne jako narzędzie diagnostyczne; służby utrzymania ruchu Grupy Azoty PUŁAWY częściej wykorzystują specjalne testery przenośne mierzące poziom drgań, temperaturę łożysk.

Oczywiście bez względu na przyjętą strategię utrzymania ruchu (dla poszczególnych typów maszyn i urządzeń) nie jest możliwe wyeliminowanie strategii naprawczej, jednak ambicją pracowników służb utrzymania ruchu odpowiedzialnych za stan techniczny obiektów jest znaczne jej ograniczenie.

Analizując procesy utrzymania ruchu, szczególnie w kontekście nowoczesności w odniesieniu do bezpieczeństwa obiektów technicznych, należy stwierdzić, że w Grupa Azoty PUŁAWY nie tylko znamy, ale również stosujemy najlepsze praktyki wynikające z doświadczeń podobnych nam profilem produkcji wiodących firm krajowych, a także światowych.

Ważnym elementem strategii utrzymania ruchu jest ciągle wdrażanie postępu technicznego w zakresie wykorzystania nowoczesnych materiałów eksploatacyjnych (co skutkuje wydłużeniem okresów

## TRZY GRUPY MASZYN I URZĄDZEŃ



Fot. 123rf

W Grupie Azoty PUŁAWY maszyny i urządzenia podzielone są na trzy grupy wg kryterium ważności:

- **Gr I** – są to maszyny o szczególnej ważności (krytyczne), tj.: turbozespoły, sprężarki, kompresory.
- **Gr II** – to maszyny średniej wielkości i o większej liczbie występowania, pracujące często przy braku rezerwowych (wentylatory, dmuchawy, pompy wody obiegowej itp.).
- **Gr. III** – są to wszystkie pozostałe maszyny i urządzenia, które charakteryzują się względnie dużą pewnością ruchu, bądź pracują okresowo, gdzie brakuje dostępu do łożysk lub są niskie prędkości obrotowe.

W poszczególnych grupach krytyczności maszyny i urządzenia objęte są różnymi strategiami utrzymania ruchu.

międzyremontowych i „przedłużeniem życia”) obiektu technicznego, np. zastosowanie wkładów rurowych ze stali duplexowych do przerurowania chłodnic kompresorów syntezowych znacznie przedłuża ich żywot techniczny, co ma bezpośrednie przełożenie na bezpieczeństwo, stosowanie nowoczesnych rozwiązań uszczelnień połączeń kołnierzowych (uszczelki spiralne, wielokrawędziowe) itp.

Ważnym elementem implementacji nowoczesnych metod utrzymania ruchu jest również rozwój systemów diagnostycznych szczególnie związanych z monitoringiem drganiowym, a także unowocześnieniem aparatury kontrolno-pomiarowej sterującej bezpieczną pracą instalacji produkcyjnych.

Istotny aspekt stanowi też wprowadzanie nowych technik remontowych, wykonawczych podnoszących efektywność i bezpieczeństwo pracy, co z jednej strony znacznie ułatwia i przyspiesza sam proces wykonawczy, z drugiej zaś poprawia istotnie jakość prac remontowych czy modernizacyjnych (używanie rozpiereków hydraulicznych do montażu połączeń kołnierzowych, klucze dynamometryczne na wysokie max momenty robocze, ściągacze hydraulicznych do łożysk).

Nie do przecenienia jest również rola oprogramowania komputerowego wykorzystywanego do zarządzania utrzymaniem ruchu, w tym gospodarką częściami zamiennymi. W Grupie Azoty PUŁAWY jest to system MAXIMO/SAP.

Bez względu na strategii utrzymania ruchu istotny nacisk kładziemy na dalszy rozwój technik informatycznych służących sterowaniu procesami, a także monitorujących parametry stanu technicznego związanych

z rozbudową systemów SCADA i DCS (zrzut z ekranu z systemu przedstawiony został na rys. 5), dzięki któremu urządzenia nadzorowane i monitorowane są zdalnie z zastosowaniem istniejącego cyfrowego systemu sterowania DCS. Systemy te zapewniają realizację funkcji operatorsko-sterowniczych, takich jak:

- wizualizację parametrów procesowych w czasie rzeczywistym,
- rejestrację parametrów procesowych, przyjmowanie oraz realizację alarmów i zdarzeń,
- przeglądanie trendów w czasie historycznym i rzeczywistym.

Traktujemy tę potrzebę jako konieczność związaną z gwałtownym rozwojem „inteligentnej technologiczności” majątku produkcyjnego (przemysł 4.0).

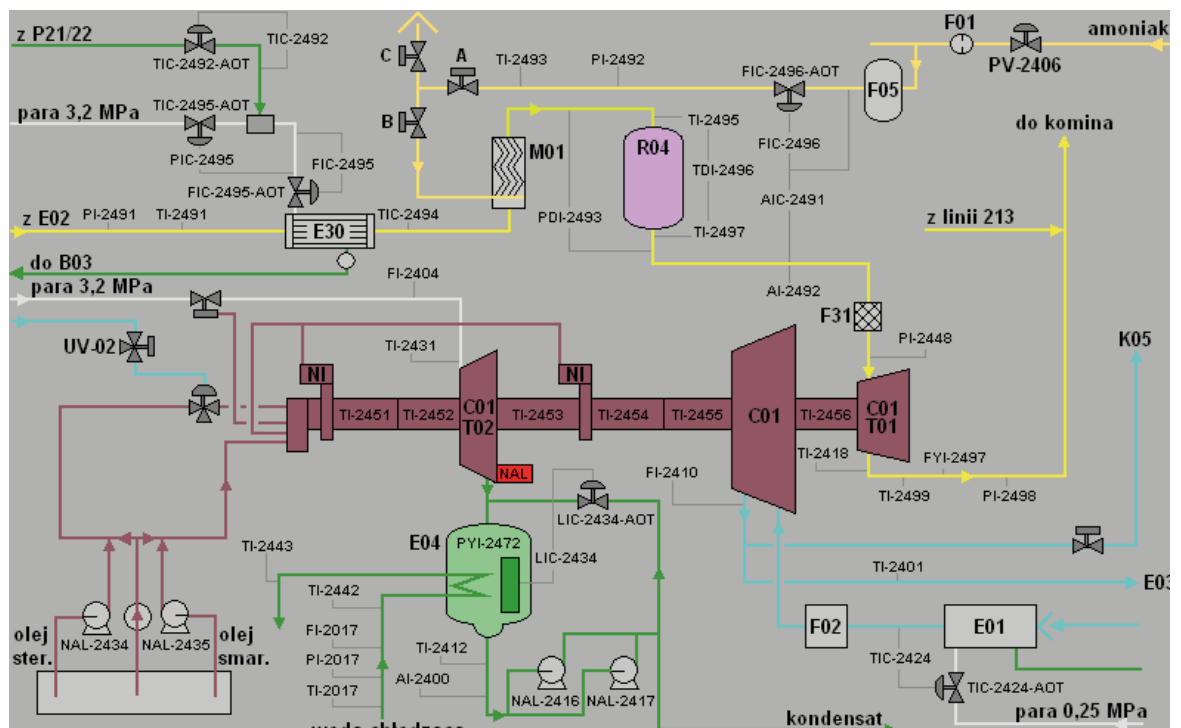
Dla zobrazowania implementacji nowoczesnych strategii utrzymania ruchu poniżej podajemy kilka przykładów realizacji

### Jak realizujemy wyzwania współczesnego utrzymania ruchu?

Uwzględniając zdobycze nowoczesnych technologii, aktualne trendy rozwojowe, z żelazną konsekwencją, świadomi korzyści biznesowych, a także w kontekście coraz większych wymagań środowiskowych prowadzimy program modernizacji istotnych dla procesów produkcyjnych maszyn, urządzeń czy obiektów technicznych infrastruktury. Poniżej przytaczamy kilka z nich.

Na instalacjach produkcji amoniaku przeprowadzona została modernizacja układu smarowania dwóch pomp cyrkulacyjnych gazu syntezowego

**RYS. 5**  
SCADA – wycinek instalacji produkcyjnej – zrzut z ekranu





# SCMS™ Innowacyjne Uszczelnienie Wałów Mieszadeł

## SCMS - Uszczelnienie ze skróconym korpusem do mieszadeł w wersji do pracy na mokro lub na sucho

Innowacyjne uszczelnienie SCMS zostało zaprojektowane specjalnie do stosowania w szerokiej gamie mieszalników, mieszadeł i reaktorów. Nadaje się do montażu z boku zbiornika (praca w zanurzeniu) lub od góry (praca w oparach). Modułowa konstrukcja SCMS ułatwia zarówno pracę na mokro, jak i na sucho.

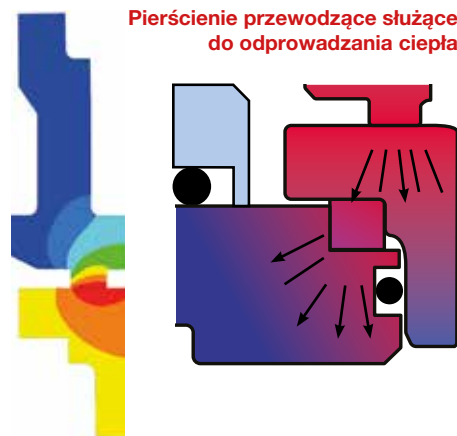
### Zaprojektowane specjalnie do stosowania na mikserach, mieszadłach i reaktorach



- Spełnia wymagania ATEX / IECEx do stosowania w strefach zagrożonych wybuchem
- Do stosowania na mieszadłach bocznych i z wejściem od góry
- Dostępne w konfiguracji podwójnej lub pojedynczej

### CECHY I ZALETY

- Podwójne i pojedyncze uszczelnienia **do nowoczesnych i tradycyjnych konstrukcji** mieszadeł
- **Zmniejszona wysokość** - idealne w sytuacjach, gdy przestrzeń jest ograniczona
- **Podwójnie hydraulicznie odciążone** - utrzymuje szczelność w pełnym zakresie zmian parametrów pracy i wahań procesu
- **Zabezpieczone przed awarią** – niezależny docisk pierścieni uszczelnienia przy użyciu unikalnej wspólnej konstrukcji wielosprężynowej (zgłoszenie patentowe)
- **Toleruje całkowite bicie promieniowe wału do 4 mm** (w zależności od wielkości)
- **Ciągła regulacja i kompensacja ruchu osiowego** wspólna konstrukcja wielosprężynowa utrzymuje precyzyjny docisk powierzchni w obu zestawach pierścieni uszczelniających (dotyczy uszczelnień podwójnych)
- Opcjonalnie **dostępne z kołnierzem montażowym chłodzonym płaszczem wodnym**, dla zwiększenia zakresu stosowalności dla wyższych klas termicznych wg ATEX
- **Dostępne certyfikaty:**  
ATEX / IECEx Strefa 0/20, 1/21 & 2/22  
Materiały zgodne z Rozporządzeniem FDA (Agencja Żywności i Leków)



**Zoptymalizowana przy użyciu MES powierzchnia uszczelniająca zapewnia stabilną pracę na sucho**



Uszczelnienia dla wymagających

[aes seal.com.pl](http://aes seal.com.pl)

# Pioneering Sensor Technology

DO

pH

Cond

## Innovating Sensor Solutions to Solve Chemistry Challenges

Hamilton Company Process Analytics' innovative sensor technologies enable real-time, in-line measurement of critical process parameters such as pH, DO, and Conductivity.

**HAMILTON**

Hamilton Bonaduz AG | 7402 Bonaduz, Switzerland  
contact.pa.ch@hamilton.ch | www.hamiltoncompany.com

Learn more  
about Hamilton  
Process Analytics



poprzez montaż systemu smarowania centralnego uznanej firmy specjalistycznej. Obie maszyny posiadają teraz oddzielny centralny układ smarowania podający olej do dławic oraz cylindrów, natomiast na pozostałych eksploatowanych czterech pracuje „tradycyjny” układ składający się z pompy głównej, segmentów tłoczących i rurociągów doprowadzających olej w poszczególne punkty układu. Długoletnia eksploatacja doprowadziła do wypracowania układów smarujących oraz powstania szeregu nieszczelności na połączeniach.

Po przeprowadzeniu modernizacji odnotowaliśmy korzyści:

- podniesienie bezpieczeństwa i kultury pracy pomp. Podawanie precyzyjnej ilości oleju w konkretne miejsca maszyny podniosło bezawaryjność pracy. Stary układ w momencie braku smarowania mógł doprowadzić do zatarcia współpracujących części, a to do powstania awarii, której usunięcie wiąże się z poniesieniem wysokich kosztów;
- ograniczenie kosztów eksploatacji. Przeprowadzona modernizacja miała wpływ na zmniejszenie kosztów związanych ze zużyciem oleju (o ok. 20%) poprzez podanie ściśle określonej ilości oleju do punktów smarowania maszyny. Stary układ w momencie awarii podaje w sposób niekontrolowany olej, który jest porywany przez gaz syntezowy do instalacji syntezy;
- montaż układu smarowania na pompach cyrkulacyjnych przyczynił się do zmniejszenia oporów technologicznych w pętli instalacji syntezy, co bezpośrednio wpłynie na większą ilość gazu przereagowanego. Większa ilość gazu przyczyni się do wzrostu produkcji amoniaku;
- zmniejszona ilość oleju w gazie syntezowym na wlocie filtra gazu syntezowego wydłuża bezawaryjny czas pracy świec filtracyjnych, które wskutek zanieczyszczenia oleju ulegały uszkodzeniom, nie spełniając swojej roli. Zmniejszeniu ulegnie również ilość oleju usuwanego przez filtry i separowanego w odstojnikach olejowych, a następnie utylizowanego jako olej zrzutowy z instalacji;
- zmniejszenie zawartości oleju w gazie syntezowym wpływa korzystnie na pracę wymienników płaszczowo-rurowych poprzez zmniejszenie oporów przepływu, tym samym zmniejszenie energii na sprężenie gazu świeżego i jego cyrkulowanie w pętli syntezy oraz zwiększenie wymiany cieplnej;
- zmniejszenie ilości oleju w gazie syntezowym przyczynia się do zwiększenia czystości produktu końcowego, tj. amoniaku.

Do innej ciekawej realizacji w ramach programu modernizacji krytycznych maszyn i urządzeń należy zaliczyć prace zrealizowane na turbozespołe instalacji kwasu azotowego.

Turbozespół ten jest kluczowym zespołem urządzeń odpowiadającym bezpośrednio za wtłoczenie powietrza

technologicznego do procesu. Składa się z turbiny parowej, sprężarki powietrza oraz turbiny ekspansyjnej.

#### Modernizacja polegała na:

- wprowadzeniu monitoringu on-line drgań bezwzględnych i przesuwu osiowego przez zabudowanie nowego, dedykowanego tej maszynie elektronicznego systemu sterowania wraz z nową szafą sterowniczą,
- zautomatyzowaniu pracy pomocniczych pomp olejowych i pomp kondensatu turbinowego,
- zastąpieniu mechanicznego zabezpieczenia od nadobrotów nowoczesnym układem elektrohydraulicznym,
- zabudowie dodatkowych sensorów pomiarowych: układów pomiaru prędkości obrotowej układów pomiarów drgań względnych wału turbiny i sprężarki, detektor przyrostu temperatury w komorze sprężania, dodatkowych układów pomiarów ciśnień i temperatury,
- zabudowie inteligentnego systemu sterowania pracą głównego zaworu odcinającego dopływ pary świeżej,



Aktualnie możemy mówić o czwartym okresie rozwoju tzw. nowoczesnego współczesnego utrzymania ruchu powiązanego z kolejną rewolucją przemysłową, czyli 4.0

- doposażeniu wszystkich elementów wykonawczych (zaworów, przepustnic) w czujniki położenia,
- zintegrowaniu unowocześnionego systemu monitoringu z istniejącym systemem DCS w zakresie wymiany sygnałów blokadowych oraz wizualizacji wskazań.

Do głównych korzyści z przeprowadzonej modernizacji zaliczyć należy zwiększenie pewności ruchowej poprzez minimalizację ryzyka wystąpienia nieplanowanych przestojów instalacji, tym samym ograniczenie strat produkcyjnych, poprawę pracy instalacji produkcyjnej poprzez ustabilizowanie parametrów ruchowych, zwiększenie bezpieczeństwa procesowego poprzez możliwość analizowania charakterystyk diagnostycznych drganiowych i procesowych poprzez monitoring on-line sprzęgnięty z systemem blokad technologicznych, łatwiejszą obsługę pracą maszyny poprzez wizualizację parametrów i procesów z możliwością sterowania z poziomu operatorskiego.

Modernizację o podobnym zakresie prowadzimy aktualnie na sprężarkach amoniaku na instalacjach amoniakalnych. Zakres prac obejmuje:

**PROGRAM  
MODERNIZACJI**

Uwzględniając m.in. aktualne trendy rozwojowe i nowoczesne technologie, korzyści biznesowe, a także coraz większe wymagania środowiskowe, w Grupie Azoty Puławy prowadzony jest program modernizacji istotnych dla procesów produkcyjnych maszyn, urządzeń czy obiektów technicznych infrastruktury



Fot.: Grupa Azoty PUŁAWY

- modernizację sterowania i układu zabezpieczeń maszyn,
- montaż systemu monitoringu drgań on-line,
- wymianę zaworu antypompażowego oraz niezbędnej aparatury.

Monitoring drgań bazuje na jednym z najnowocześniejszych systemów wiodącej światowej firmy branżowej. Umożliwia on poprzez czujniki pomiarowe, pełną diagnostykę pracy maszyn, jak również wyłączenie maszyn po osiągnięciu poziomów blokadowych. Przewidujemy korzyści z prowadzonej modernizacji, podobne jak dla turbozespołu opisanego powyżej.

Niezależnie od ww. przykładów modernizacji maszyn krytycznych realizujemy szereg usprawnień/ulepszeń majątku produkcyjnego w zakresie przynależnym dla każdej z branż technicznych, przede wszystkim mechanicznej, pomiarowej, elektrycznej, mając na względzie poprawę bezpieczeństwa procesów produkcyjnych/technologicznych poprzez wprowadzania możliwości diagnostyki zdalnej on-line dla mniej krytycznych maszyn i urządzeń, dalsze rozbudowywanie systemów wizualizacji i sterowania zwiększającego również bezpieczeństwo oraz poprawiającego warunki pracy.

\*\*\*

Analizując trendy w strategiach, metodach utrzymania ruchu należy stwierdzić, że w Grupie Azoty PUŁAWY realizowane są nowoczesne metody opierające się na strategiach prewencyjnych, ale też w dużej mierze predykcyjno-prognostycznych. Dobór strategii jest ściśle skorelowany z krytycznością maszyn i urządzeń. Realizujemy i rozwijamy też metody utrzymania ruchu bazujące na niezawodności (RCM – Reliability

Centered Maintenance), a także koncepcje autonomicznego utrzymania ruchu. Zakładamy ich dalszy rozwój i udoskonalanie, jak również unowocześnianie technik informacyjnych nie tylko zarządczych, ale również do sterowania procesami i monitorowania stanu technicznego maszyn, urządzeń i pozostałej infrastruktury przemysłowej.

W wyniku tak realizowanych wyzwań współczesnego utrzymania ruchu osiągamy m.in. korzyści takie jak:

- wysoki wskaźnik ciągłości produkcji,
- wysoki poziom dostępności urządzeń produkcyjnych,
- wydłużenie czasu eksploatacji,
- redukcja ryzyka postojów i awarii,
- maksymalizacja produkcji,
- optymalizacja kosztów jednostkowych.

Jesteśmy gotowi w pełni realizować dalsze wyzwania współczesnego utrzymania ruchu dla osiągnięcia coraz ambitniejszych celów biznesowych, środowiskowych, dla rozwoju nie tylko naszej spółki, również regionu czy kraju, aby z powodzeniem konkurować na rynkach światowych.

**Literatura**

1. Sławomir Szymaniec, Marek Kacperak – „Diagnostyka drganiowa maszyn i zespołów maszynowych” - Napędy i Sterowanie nr 05/2020.
2. Ryszard Nowicki – „Utrzymanie Ruchu a Przemysł 4.0” – Napędy i Sterowanie nr 09/2020.
3. Stanisław Legutko – „Trendy rozwoju utrzymania ruchu urządzeń i maszyn” – Eksploatacja i Niezawodność nr 2/2009.
4. Leszek Binięda, Jerzy Marcinko, Ryszard Mioduch – „Modernizacje i innowacje...” – Chemia Przemysłowa Kwiecień 2016. ■

# Rafineria Gdańska

## NAPĘDZANA INNOWACJAMI

**Najnowocześniejszy  
zakład produkcyjny  
w Europie  
Środkowo-Wschodniej**

[rafineriagdanska.pl](http://rafineriagdanska.pl)



#### SPECJALIZUJEMY SIĘ W DOSTAWACH PRODUKTÓW:

- taśmy przenośnikowe
- maty gumowe
- urządzenia przeładunkowe cystern, DPPL-i, statków, barek
- węże przemysłowe gumowe, kompozytowe, stalowe i PTFE
- końcówki do węży i szybkozłącza
- złącza sucho-odcinające
- złącza awaryjnego rozłączania
- przeguby obrotowe
- kontrolery uziemienia i przepełnienia
- schodki z koszem bezpieczeństwa
- podesty obsługowe cysterny

#### ŚWIADCZYMY USŁUGI POWIĄZANE Z ZAKRESEM DOSTAW:

- serwis wulkanizacyjny taśm przenośnikowych
- przygotowanie i uzgodnienie dokumentacji UNO w TDT
- montaż mechaniczny UNO
- badania ciśnieniowe i rezystancji przewodów elastycznych
- odbiory TDT
- doradztwo techniczne w zakresie dostarczanych produktów



Posiadamy uprawnienia  
Transportowego Dozoru Technicznego  
na projektowanie, budowę i montaż  
oraz badania urządzeń przeładunkowych, tzw. UNO.

**www.elgum.net**

**ELGUM-PLUS Sp. z o.o. Sp.k.**

01-327 Warszawa, ul. Sochaczewska 13  
tel. +48 22 666 17 23/24  
biuro@elgum.net  
NIP 522-301-32-84

Jarosław Szumski  
wiceprezes  
tel. +48 606 446 049  
j.szumski@elgum.net

Dominik Wojtas  
Urządzenia NO, węże, złącza  
tel. +48 696 041 501  
d.wojtas@elgum.net

Tomasz Bohusz  
Urządzenia NO, węże, złącza  
tel. +48 889 484 688  
t.bohusz@elgum.net

# PRZEMYSŁ 4.0

## to ewolucja, nie rewolucja

– Pandemia i wojna w Ukrainie nie wpłynęły na rozwój nowych technologii, natomiast spopularyzowały możliwość wykorzystania niektórych dostępnych od dawna, lecz niewykorzystywanych zbyt często narzędzi, jak choćby komunikatory internetowe. Nie jest to nic nowego, jeśli chodzi o technologię IT, ale potrzeba jej stosowania uświadomiła nam drzemiący w niej potencjał – mówi **Paweł Sierakowski**, dyrektor Obszaru Utrzymania Ruchu, ANWIL S.A.

**Aleksandra Grądzka-Walasz:** Jak dzisiaj ocenia pan zaawansowanie polskich zakładów w temacie wdrożenia Przemysłu 4.0? Co zrobić, by transformacja ta mogła przyspieszyć?

**Paweł Sierakowski:** Jeżeli rozmawiamy o Przemysłu 4.0, w tym o Utrzymaniu Ruchu 4.0, powinniśmy mieć świadomość, że dla już istniejących zakładów przemysłowych w Polsce – a ich historia powstania często sięga lat 60. XX wieku – bardziej należy mówić o ewolucji niż rewolucji w tym zakresie. Wdrożenie Przemysłu 3.0 poszło dość gładko, gdyż z powodzeniem i na masową skalę udało się zastąpić układy pneumatyczne nowoczesnymi systemami kontrolno-pomiarowymi, a w wielu przypadkach zainstalować także tzw. inteligentne urządzenia obiektowe. Myślę, że na tym polu jesteśmy już bardzo dojrzały i etap ten w pewnym sensie możemy uznać za zamknięty. Z fazy innowacji przeszliśmy do rutynowego wykorzystania tych rozwiązań jako narzędzia codziennego użytku.

### Jak zatem jest z Przemysłem 4.0?

Myślę, że to kolejny krok rozwoju, wyższy poziom potrzeb i zastosowań. O ile Przemysł 3.0 w bardzo dużym stopniu to była tylko technika, o tyle rozwiązania spod sygnatury 4.0 dają znacznie szerszą odpowiedź na pytania o potrzeby biznesowe, w tym organizacyjne, finansowe i zarządcze.

Skupienie wiedzy i doświadczenia z eksploatacji obiektów przemysłowych w scentralizowanych systemach zarządzania majątkiem produkcyjnym, połączenie tego wszystkiego z systemami księgowymi, elektroniczny dostęp do dokumentacji, historii badań i przeglądów, planowanie remontów – te wszystkie cele i możliwości są nam już doskonale znane w kon-



**PAWEŁ SIERAKOWSKI**  
dyrektor Obszaru Utrzymania Ruchu, ANWIL S.A.

Fot.: ANWIL S.A.

tekście zarówno dostępnych rozwiązań informatycznych, lecz także, a może przede wszystkim, z punktu widzenia naszych obecnych doświadczeń i percepcji dnia jutrzejszego.

Jeżeli mówimy o nowych inwestycjach, tzw. Green Field, to tutaj jest nieco łatwiej i niektóre z dostępnych rozwiązań są już standardowo oferowane przez biura projektowe, np. pełna dokumentacja elektroniczna, modele 3D instalacji, wirtualizacja rozwiązań OT i IT, trenażery OTS, systemy APC, a nieraz nawet cyfrowe bliźniaki. Gorzej, jeśli chodzi o instalacje już istniejące, gdyż liczba barier stojących na drodze do cyfryzacji jest znacznie większa: począwszy od papierowej dokumentacji, poprzez rozproszone systemy IT dedykowane do pojedynczych zadań, a skończywszy na czasochłonności i kosztach implementacji nowych rozwiązań. Utrudnienia te są do pokonania, lecz niezbędne jest tu dokładne zdefiniowanie potrzeb i celów oraz duża determinacja we wdrożeniu na poszczególnych szczeblach organizacji.

#### Jak w ANWILU wygląda zmierzanie w „kierunku UR 4.0”?

ANWIL cierpliwie, systematycznie wkracza na ścieżkę Przemysłu 4.0. Przykłady? Przy okazji wykonywania aktualizacji systemów DCS niektóre rozwiązania budowaliśmy w oparciu o częściową wirtualizację – dedykowaną głównie dla stacji operatorskich i nadrzędnych warstw serwerowych. Aplikacje te pracują stabilnie, a ich główną zaletą jest uniezależnienie się na przyszłość od zmian sprzętowych, które w starszych rozwiązaniach bardzo często wymuszały konieczność wykonywania pełnej aktualizacji celem dopasowania do współczesnych rozwiązań IT, w tym bezpieczeństwa teleinformatycznego.

#### Z jakich innych nowoczesnych technologii korzystacie na co dzień?

Rozpoczynamy właśnie wdrażanie trenażerów OTS, które są obecnie w końcowej fazie implementacji na

dwóch kluczowych instalacjach produkcyjnych. Od kilku lat, między innymi przy współpracy z ORLEN Serwis, stosujemy mechanizmy inżynierii odwrotnej do odtwarzania dokumentacji technicznej dla starszych urządzeń i maszyn. A na pięciu największych instalacjach wdrożone są systemy zaawansowanego sterowania APC, których główna rola to optymalizacja energetyczna prowadzonych procesów technologicznych.

”

### ANWIL cierpliwie, systematycznie wkracza na ścieżkę Przemysłu 4.0

Ponadto w nowych projektach inwestycyjnych mamy możliwość dokonywania oceny proponowanych rozwiązań technicznych w oparciu o modele 3D.

#### Na czym to polega?

Poruszając się po wirtualnym obszarze instalacji jesteśmy w stanie przeanalizować np. przebieg rurociągów, tras kablowych, lokalizację poszczególnych aparatów technologicznych i urządzeń AKPiA. Umożliwia nam to na stosunkowo wczesnym etapie projektu wyeliminować potencjalne kolizje montażowe oraz lokalizację i dostęp do poszczególnych obiektów instalacji w kontekście przyszłych działań eksploatacyjnych i serwisowych.

Obecnie rozpoczynamy również proces implementacji systemu CMMS (Central Maintenance Management System), którego zadaniem będzie szeroka integracja danych dotyczących majątku produkcyjnego, w tym dokumentacji technicznej i technologicznej, rejestrów i zapisów z historii badań i przeglądów, tworzenie planów konserwacji i eksploatacji aparatów i urządzeń, itp. Cechą tego systemu będzie duża elastyczność i skalowalność, a planowane wdrożenie rozłożone zostanie na kilka lat.

#### Wspomniał pan o cyfrowych bliźniakach – gdy staną się już codziennością, zmienią rolę człowieka w utrzymaniu ruchu?

Moim zdaniem nie. Będą natomiast silnym narzędziem do prowadzenia analiz dla alternatywnych scenariuszy pracy instalacji w sytuacjach anormalnych, np. ograniczeń technologicznych lub technicznych. Efektem tych analiz mogą być decyzje operacyjne mające pozytywny wpływ na dostępność mechaniczną i bezpieczeństwo procesowe instalacji produkcyjnych. Innym zastosowaniem cyfrowych bliźniaków może być próba optymalizacji energetycznej lub produktowej prowadzonych procesów oraz możliwość ich wykorzystania w zakresie szkolenia pracowników produkcji i utrzymania ruchu.

**CYFRYZACJA**  
Liczba barier stojących na drodze do cyfryzacji jest znaczna: począwszy od papierowej dokumentacji, poprzez rozproszone systemy IT dedykowane do pojedynczych zadań, a skończywszy na czasochłonności i kosztach implementacji nowych rozwiązań







**UR 4.0**  
Odnosnie istniejących zakładów przemysłowych w Polsce bardziej należy mówić o ewolucji niż rewolucji w zakresie Przemysłu 4.0, w tym Utrzymania Ruchu 4.0

**Mówił pan o nowych technologiach, systemach wprowadzanych na terenie zakładu we Włocławku. Czy pandemia i wojna w Ukrainie wpłynęły w znaczący sposób na kierunek tych zmian?**

Z naszej perspektywy pandemia i wojna w Ukrainie nie wpłynęły na rozwój nowych technologii, natomiast spopularyzowały możliwość wykorzystania niektórych dostępnych od dawna, lecz niewykorzystywanych zbytnio narzędzi, jak choćby komunikatory internetowe. Nie jest to nic nowego jeśli chodzi o technologię IT, ale potrzeba jej stosowania uświadomiła nam drzemiący w niej potencjał. Okres pandemii zbiegł się u nas w czasie z realizacją dużego projektu inwestycyjnego z udziałem wykonawców zagranicznych i potrzebą przeprowadzania testów odbiorowych maszyn oraz urządzeń u producentów w Europie. Ze względu na ograniczenia wyjazdowe, jedyną możliwością okazały się wówczas zdalne inspekcje audio/wideo. Nie było to zadanie łatwe, ale dzięki determinacji naszych pracowników mogliśmy kontynuować realizację projektu.

**Nowe technologie to nowe kompetencje i wiedza wymagana od służb UR. Jak ocenia pan przygotowanie młodych specjalistów, którzy muszą się z tym zmierzyć?**

Nowe technologie mają za zadanie poprawić organizację pracy, zwiększyć efektywność ekonomiczną przy zachowaniu wymogów bezpieczeństwa oraz uporządkować i usystematyzować liczne procesy biznesowe funkcjonujące w przemyśle. To oznacza konieczność opanowania wielu nowych narzędzi nie

tylko w kwestii ich obsługi, lecz przede wszystkim zrozumienia wzajemnych relacji i zasad funkcjonowania współczesnych przedsiębiorstw. Zauważmy, że jeszcze kilkanaście lat temu od pracowników utrzymania ruchu oczekiwaliśmy przede wszystkim wiedzy technicznej; obecnie jest ona oczywiście wciąż priorytetem, ale do tego dochodzi bardzo wiele innych kompetencji związanych z zarządzaniem, finansami, organizacją pracy własnej i zespołów.

**A jak wygląda współpraca z podwykonawcami? Czy różni się od tej sprzed 10-20 lat?**

Dzisiejsze spółki remontowe charakteryzuje znacznie większy obszar działania w sensie geograficznym, dynamika posiadanych zasobów kadrowych i poziom ich kompetencji. Część pracowników stała się zasobem ruchomym, przypisywanym do konkretnych projektów i firm w ramach kontraktów zadaniowych lub terminowych. Organizacją takich procesów zajmują się specjalistyczne przedsiębiorstwa dysponujące odpowiednimi zasobami „na wynajem”, zwłaszcza w branży mechanicznej.

ANWIL, podobnie jak inne spółki produkcyjne z Grupy ORLEN, wspierany jest przez firmę ORLEN Serwis, która oprócz własnych możliwości wykonawczych w prowadzeniu remontów cechuje się także dużą elastycznością we współpracy z podwykonawcami zewnętrznymi przy zachowaniu własnego nadzoru.

*Rozmawiała Aleksandra Grądzka-Walasz  
redaktorka czasopisma Chemia Przemysłowa ■*



## URZĄDZENIA I INSTALACJE Z TERMOPLASTYCZNYCH TWORZYW SZTUCZNYCH



**IMFITEX Sp. z o.o.** jest wiodącym producentem zbiorników oraz innych zaawansowanych technologicznie urządzeń i produktów z termoplastycznych tworzyw sztucznych. Na rynku instalacji chemicznych jesteśmy obecni od 1991 roku. Nasza oferta, poparta wieloletnim doświadczeniem, jest adresowana wszędzie tam, gdzie zalecane jest stosowanie tworzyw sztucznych.

Do produktów naszej firmy, które znajdują zastosowanie w różnych aplikacjach i gałęziach przemysłu zaliczyć można m.in.:

- ✓ **Zbiorniki** magazynowe i procesowe (również mieszalniki, reaktory i osadniki) do różnych celów i zastosowań, także dla przemysłu chemicznego, oczyszczalni ścieków, stacji uzdatniania wody.
- ✓ **Tworzywowe instalacje** technologiczne różnego przeznaczenia.
- ✓ **Systemy oczyszczania powietrza** (absorbery, skrubery, płuczki itp.).
- ✓ **Strumienice wodne** (injektory).
- ✓ **Wanny trawialnicze** i kompletne linie do trawienia dla ocynkowni ogniowych.
- ✓ **Tworzywowe wentylatory** przemysłowe.
- ✓ **Urządzenia do napełniania i opróżniania** zbiorników transportowych
  
- ✓ **NOWOŚĆ W OFERCIE:** zbiorniki (również poziome i podziemne) wykonywane w technologii nawojowej oraz inne aplikacje z wykorzystaniem cylindrów wykonanych w tej technologii.

Podstawowy zakres usług:

- Wizja lokalna u klienta
- Doradztwo techniczne, projekt
- Oferta poparta obliczeniami i rysunkiem
- Wykonanie urządzenia
- Transport, rozładunek, posadowienie
- Uruchomienie, szkolenie



**IMFITEX Sp. z o.o.** jest nowoczesnie zarządzaną firmą, w której warunki współpracy są partnerskie i dostosowane do indywidualnych potrzeb klientów.

*Zapraszamy Państwa do kontaktu i współpracy.*

# AGREGATY POMPOWE

## w projekcie Polimery Police

**Adrian Antonowicz**

inżynier ds. diagnostyki maszyn, Grupa Azoty Polyolefins S.A.

Do nadzoru stanu technicznego agregatów ważnych i krytycznych w projekcie Polimery Police wdrażany jest odpowiedni system monitorowania. W artykule skupiono uwagę głównie na agregatach pompowych – najczęściej pojawiających się błędach, przyczynach ich wystąpienia i wskazówkach dotyczących wdrażania tego typu systemów w przyszłości, tak aby zapobiec podobnym nieprawidłowościom.

W 2019 roku rozpoczęto budowę projektu Polimery Police – jednego z największych projektów petrochemicznych w Europie, w ramach Umowy o kompleksową realizację projektu Polimery Police według formuły „pod klucz”, za cenę ryczałtową (Kontrakt EPC). Wartość projektu szacowana jest na około 1,8 mld dolarów amerykańskich.

Pompy stanowią zdecydowanie największą liczbę maszyn wchodzących w skład instalacji. Biorąc pod uwagę ciągle dążenia do zmniejszenia kosztów utrzymania ruchu, niezbędne jest dobranie odpowiedniej strategii utrzymania ruchu do danej maszyny. Do

monitorowania stanu technicznego agregatów ważnych i krytycznych od wielu lat stosuje się odrębne od systemów sterowania systemy monitorowania stanu technicznego (MMS ang. Machine Monitoring System). Ma to istotne znaczenie dla planowania prac remontowych, minimalizacji nieplanowanych przestojów, a także zwiększania dostępności instalacji [6] [8].

### Podział maszyn ze względu na krytyczność

Pracę nad wdrażaniem systemu MMS rozpoczyna się od podziału maszyn ze względu na ich krytyczność, celem doboru odpowiedniego zakresu moni-

torowanych parametrów. Na omawianym projekcie wyróżniono cztery grupy krytyczności maszyn (A, B, C, D), biorąc pod uwagę takie kryteria, jak bezpieczeństwo ludzi, ryzyko skażenia środowiska naturalnego, bezpieczeństwo procesu produkcyjnego, jak również bezpieczeństwo majątku oraz koszty i czas naprawy. Maszyny zakwalifikowane do grupy A określono jako najbardziej krytyczne, natomiast zakwalifikowane do grupy – D najmniej. Maszyny z grup A, B oraz C objęto systemem monitorowania stanu technicznego online. Część maszyn grupy D zakwalifikowano do obchodowego monitorowania stanu (biorąc pod uwagę kryterium mocy napędu), za pomocą przenośnego analizatora drgań.

”

Naprawa błędów wraz z postępowaniem każdego kolejnego etapu projektu jest coraz trudniejsza i wymaga większego nakładu środków

#### Ocena systemu monitorowania stanu technicznego agregatów pompowych

Omawiany system jest dostarczany przez jednego z potentatów na rynku systemów monitorowania stanu technicznego. Na potrzebę niniejszych rozważań wyróżniono tu cztery poziomy Systemu:

- Poziom 1 – obejmuje dobór odpowiednich czujników do wykrywania określonych niesprawności charakterystycznych dla danego typu pomp, poprawną lokalizację czujników, ich montaż, jak i orientację przestrzenną.
- Poziom 2 – obejmuje sprzęt (ang. hardware) niezbędny do przetwarzania danych pomiarowych oraz zabezpieczenia maszyn – w przypadku przekroczenia progu niebezpiecznego maszyna zostanie odstawiona.
- Poziom 3 – obejmuje oprogramowanie (ang. software) służące do akwizycji, prezentacji oraz analizy danych diagnostycznych.
- Poziom 4 – obejmuje system ekspercki, który z wykorzystaniem odpowiednich algorytmów dostarcza gotowych informacji o stanie technicznym danej maszyny [1].

#### Analiza poprawności wdrożenia systemu

Wdrażany system monitorowania jest jednym z największych i najnowocześniejszych tego typu systemów w Polsce, jak i w Europie. Monitoringiem online zostało objętych 85 maszyn, do którego trafia około 1200 sygnałów. Wszystkie sygnały trafiają do jednego systemu, który umożliwia akwizycję oraz analizę danych. Dodatkowo ten sam system został

także przewidziany do nadzoru stanu technicznego offline. Jeden duży system diagnostyczny posiada szereg korzyści, takich jak:

- usprawnienie wnioskowania diagnostycznego (wszystkie dane dostępne w jednym miejscu)
- zmniejszenie kosztów szkoleń specjalistycznych
- zmniejszenie kosztów na utrzymanie samego systemu (zarządzanie częściami zamiennymi, koszt serwisu).

Analizując poziom pierwszy, należy zwrócić uwagę na jego niewątpliwą zaletę, którą jest zastosowanie prawie wszystkich czujników od jednego producenta (producenta systemu), dzięki temu dla tych czujników nie odnotowano problemów z kompatybilnością. Unifikacja umożliwi także łatwiejsze zarządzanie częściami zamiennymi.

Główne problemy napotkane podczas realizacji projektu to nieodpowiednia lokalizacja oraz orientacja czujników sejsmicznych, jak również błędy montażowe czujników, polegające na nieodpowiednim przygotowaniu powierzchni montażowej. W wielu przypadkach czujniki temperatury łożysk tocznych również nie zostały umieszczone w miejscu największego obciążenia łożyska. Może to wynikać z braku wystarczającego zainteresowania dostawcy maszyny prawidłowym monitorowaniem stanu, braku dostępności miejsca lub wyborem maszyny, która nie została zaprojektowana do realizacji tego typu pomiaru. W odniesieniu do montażu bezkontaktowych czujników drgań nie odnotowano nieprawidłowości.

Na fot. 1 przedstawiono błędną orientację czujników sejsmicznych na silniku pomp depropanizera. Czujniki zostały umieszczone pod kątem 25° od osi pionowej, niezgodnie do zaleceń normy ISO 20816, która w przypadku instalacji dwóch czujników zaleca montaż na kierunku pionowym oraz poziomym. Jest to związane z różną sztywnością na kierunku pionowym i poziomym maszyn z poziomą osią wirnika. Na fot. 1 widoczny jest również czujnik temperatury, realizujący pomiar temperatury w górnej części łożyska, a więc przeciwnie do największego obciążenia łożyska, które w przypadku normalnej pracy maszyny poziomej występuje w dolnej części łożyska i w tym miejscu standard API 670, wyspecyfikowany w wymaganiach kontraktowych zaleca realizację tego pomiaru. Można przyjąć, że dla łożysk o małej średnicy zewnętrznej około 100 mm i mniej nie byłoby to dużym błędem, ze względu na małą odległość od miejsca największego obciążenia i tym samym małym gradientem temperatury, jednak łożysko maszyny ze zdjęcia ma średnicę zewnętrzną 240 mm [2] [7].

W licznych przypadkach w miejscu montażu czujników pojawiła się korozja, przykład pokazano na fot. 2. Producent czujnika zaleca bardzo dokładne przygotowanie powierzchni pod względem chropowatości oraz prostopadłości otworu montażowego, dodatkowo na powierzchnię pomiarową przed mon-



# Degazyfikacja

Proces degazyfikacji jest w pełni bezpieczny i szybki. W zależności od spalanego czynnika/ gazu/ oparów, parametry procesu są tak dobierane, by jego efektywność wynosiła >99.9%. Produktem ubocznym utylizacji jest dwutlenek węgla (CO<sub>2</sub>) oraz para wodna.

Proces utylizacji polega na wypaleniu szkodliwych gazów przy użyciu mobilnych modułów spalających (unitów). Są one zainstalowane na standardowych naczepach samochodowych, co ułatwia ich transport i pozwala na szybkie reagowanie na potrzeby klientów, także w sytuacjach awaryjnych.

## Spalamy wszelkiego rodzaju gazowe zanieczyszczenia

- Amoniak
- Pygas
- Metan
- Benzyna
- Ropa naftowa
- Nafta
- Metaksylen
- Etanol
- Benzen
- Propan
- MBTE
- Butan
- Styren
- Wodór
- n-heksan
- Akrylonitryl
- Propylen
- Butadien
- Etylen

## Korzyści z zastosowania:

- ✓ Krótki czas wykonania usługi, a tym samym szybka ponowna dostępność odgazowywanej instalacji w procesach technologicznych
- ✓ Niskie koszty realizacji procesu bez konieczności wyłączenia pobocznych instalacji z użycia
- ✓ Bezpieczne środowisko pracy w zakładzie
- ✓ Realizacja wymogów środowiskowych
- ✓ Brak powstawania odpadów
- ✓ Bezpieczeństwo w pełni certyfikowanej technologii

# interFOS

## światłowód jako ciągły czujnik pomiarowy

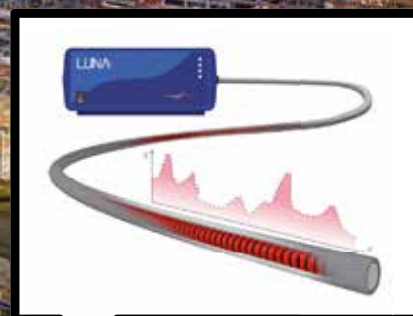
- Detekcja wycieku na rurociągach i w zbiornikach
- Pomiar dla reaktorów i gazyfikatorów
- Monitoring konstrukcji
- Ochrona perymetryczna obiektów i instalacji
- Badanie obciążalności kabli energetycznych
- Pomiar drgań maszyn z elementami wirującymi
- Wykrywanie mikropęknięć
- Określanie cyklu życia elementów

MONITORING  
KONSTRUKCJI

DETEKCJA  
WYCIEKU

POMIARY  
REAKTORÓW  
I GAZYFIKATORÓW

OCHRONA  
PERYMETRYCZNA



fibrisTerre

LIOS  
TECHNOLOGY

LUNA

MICRON  
OPTICS

OptaSense®

YOKOGAWA ◆

**INTERLAB®**

www.INTERLAB.pl ■ TEL.: (+48) 22 840 81 80



**FOT. 1**  
Zdjęcie przedstawiające błędną orientację czujników sejsmicznych drgań oraz czujnika temperatury na silniku pompy depropanizera

tażem czujnika powinna zostać nałożona warstewka oleju. Zapewnia to największą sztywność połączenia oraz brak odkształcenia obudowy czujnika, które może powodować naprężenia kryształu piezoelektrycznego, a co za tym idzie – błędy pomiarowe [3].

Pojawiły się także incydentalne problemy, takie jak nieodpowiedni dobór czujników dla silnika wchodzącego w skład stosunkowo dużego agregatu pompowego wody chłodzącej o mocy około 2 MW. Dla silnika łożyskowanego ślizgowo zastosowano tylko czujniki sejsmiczne, które nie pozwalają na odpowiednio szybkie wykrycie wielu podstawowych niesprawności maszyny. Jest to uwarunkowane dużym tłumieniem drgań przez klin smarny w łożysku – w wyniku tego zmniejsza się znacznie poziom drgań przenoszonych na obudowę łożyskową. W tym przypadku winny być zastosowane czujniki drgań względnych obserwujące zachowanie się wału w łożysku.

Kolejnym jednostkowym problemem dla pompy łożyskowanej ślizgowo jest to, że producent zapewnił monitorowanie drgań względnych wału przy pomocy dwóch czujników XY, przy każdym z łożysk, jednak bez znacznika fazy. Uniemożliwia to wykorzystanie pełnych możliwości, jakie daje dostarczony system diagnostyczny, takich jak na przykład: śledzenie wektorów 1X, 2X oraz analizę stanów przejściowych.

Biorąc pod uwagę poziom 2, wszystkie sygnały z czujników trafiają do jednego systemu renomowanej firmy, który jest na rynku od ponad 20 lat, co niewątpliwie wpłynęło na wyeliminowanie wszystkich problemów „wieku dziecięcego”. Główną zaletą tego rozwiązania jest właśnie jego niezawodność, ale także modułowość konstrukcji, wykonanie zgodnie ze standardem API 670, jak i możliwość zastosowania do wszystkich typów maszyn przewidzianych w projekcie.



**FOT. 2**  
Zdjęcie przedstawiające skorodowaną powierzchnię montażu czujnika sejsmicznego na pompie cyrkulacyjnej wody

Główną wadą systemu (poziom 2) w tym wypadku jest to, że został zoptymalizowany pod kątem maszyn łożyskowanych ślizgowo. W przypadku maszyn łożyskowanych tocznic system zapewnia głównie funkcje zabezpieczeń, gdyż nie umożliwia on analizy widma obwiedni, a tym samym wykrywania wczesnego stadium rozwoju uszkodzeń łożysk tocznych [4].

Mimo że system (poziom 2) został zoptymalizowany pod kątem monitorowania maszyn łożyskowanych ślizgowo, włączono do niego także maszyny łożyskowane tocznic. W tym przypadku system umożliwia zabezpieczenie tych maszyn. Ze względu na konieczność monitorowania stanu technicznego łożysk tocznych wprowadzone zostaną pomiary analizatorem przenośnym ze złącz buforowych, wychodzących z przedniej części monitorów systemowych. Umożliwia to znacznie szybszą realizację pomiarów, gdyż dla danej

instalacji wszystkie szafy systemowe są zlokalizowane w jednym pomieszczeniu.

Przechodząc do oprogramowania (poziom 3) należy zwrócić uwagę na jego niewątpliwy plus, którym jest dostępność w jednym systemie danych diagnostycznych wszystkich maszyn, zarówno tych monitorowanych on-line, jak i offline. Tutaj problemem może być wyegzekwowanie odpowiednich danych do konfiguracji systemu, takich jak na przykład luzy łożyskowe, liczba łopatek stacjonarnych oraz wirnika, co nie jest kluczowe dla poprawnego działania systemu.

System ekspercki (poziom 4) jest narzędziem umożliwiającym tworzenie reguł, które pozwalają na autonomiczne śledzenie rozwijania się danej niesprawności. Dostawca systemu dostarcza usługę implementacji reguł dopasowanych do danego typu maszyny, bazując na doświadczeniach swojego serwisu diagnostycznego, lecz tego typu usługa nie została przewidziana dla pomp. Zostały nią objęte najważniejsze sprężarki, turbina parowa oraz turbiny rozprężne. System umożliwia tworzenie reguł, które mogą pomóc w identyfikacji problemów, takich jak na przykład niestabilność łożysk, nadmierna niewyważa wirnika, przytarcie, nadmierne zużycie łożysk, a także nadmierna nieosiowość. Ponadto umożliwia tworzenie reguł przez użytkownika końcowego. Producent systemu prowadzi szkolenie w tym zakresie, więc po odpowiednim przeszkoleniu będzie możliwość zaimportowania odpowiednich reguł przez użytkownika końcowego systemu. Do tego celu pomocne mogą się okazać zmienne procesowe, które mogą być importowane do systemu MMS z systemu sterowania (DCS) [5].

”

Wdrażane systemy są tak dobre, jak dobre są wymagania kontraktowe oraz kadra nadzorująca

#### Wskazanie przyczyn oraz remedium na uniknięcie podobnych błędów w przyszłości

Biorąc pod uwagę skalę całej inwestycji, nie sposób jest zapobiec wszystkim błędom. Należy jednak dążyć do minimalizacji wszelkich możliwych do przewidzenia nieprawidłowości. Na początku kluczowym jest sformułowanie odpowiednich wymagań kontraktowych, które winny zawierać odpowiednią specyfikację techniczną, dalej istotny jest odpowiedni nadzór nad pracami na każdym z etapów projektu, tj. od momentu formułowania wymagań kontraktowych poprzez projektowanie systemu, prace konstrukcyjne, aż do testów odbiorczych. Naprawa błędów wraz z postępowaniem każdego kolejnego etapu projektu jest coraz trudniejsza i wymaga większego nakładu środków.

Do nadzoru nad inwestycją została powołana nowa spółka celowa, która nie posiada wypracowanych standardów technicznych na okoliczność nadzoru stanu technicznego. W przypadku nowej inwestycji formułowanie wymagań technicznych zleca się firmie zewnętrznej i tak było w tym wypadku. W tak dużych projektach, gdzie w jednym czasie tworzone są wymagania dla wszystkich branż, nie sposób jest sformułować ich idealnie, takowe wymagania nie istnieją. Na podstawie zdobytych doświadczeń oraz analizy wymagań można zauważyć następujące punkty, które mogą zostać poprawione na ewentualność przyszłych wdrożeń lub rozbudowy tego typu systemów:

- W wymaganiach zabrakło wytycznych dotyczących odpowiedniej lokalizacji, orientacji oraz montażu czujników sejsmicznych (w standardzie API 670 brakuje takowych zapisów, a norma ISO 20816 zawiera jedynie typowy montaż czujników).
- W wymaganiach winno się zapewnić odpowiednią diagnostykę łożysk tocznych.
- Wymagania powinny zawierać sposób/algorytm podziału maszyn ze względu na krytyczność (krytyczność została określona na podstawie wypracowanego algorytmu, który w przyszłości powinien zostać zawarty w wymaganiach).
- Wymagania winny zobowiązać producentów do odpowiedniego przygotowania ścieżki pomiarowej dla czujników bezkontaktowych oraz dostarczenia odpowiednich certyfikatów potwierdzających (z ang. *glitch/runout certificate*).
- Należy zawrzeć wymagania dla producentów maszyn dostarczenia odpowiednich danych, w celu jak najlepszej konfiguracji systemu diagnostyki.
- Wymagania kontraktowe skupiały się głównie na opomiarowaniu maszyn w zależności od krytyczności, jednak zabrakło szczegółowych wymagań do monitorowania w zależności od typu maszyny oraz typu łożyskowania.
- Dużym problemem były także nieścisłości w wymaganiach. Przykładowo, jeżeli gdziekolwiek pojawiał się zwrot „if required” (z ang. „jeżeli wymaga tego sytuacja”) i temu podobne, główny wykonawca uważał te zapisy za niebyłe.

Zapisy i praktyki w wymaganiach kontaktowych, które powinny być kontynuowane, są następujące:

- wskazano odpowiednie standardy ISO oraz API,
- zapewniono wymóg dostarczenia systemu eksperckiego,
- zapewniono, że wszystkie czujniki są dostarczane od jednego producenta,
- zapewniono, że kable czujnikowe powinny być dostarczane od producenta czujników,
- zapewniono wymóg ekranowania kabli czujnikowych,
- zapewniono redundantne zasilanie oraz zapasowe źródło zasilania (UPS),



- zapewniono dwustronną komunikację DCS z MMS,
- zapewniono, aby wszystkie pomiary trafiały do jednego systemu akwizycji i diagnostyki,
- zawarto zapis, który wymuszał pisemną zgodę inwestora na wszelkie odstępstwa od wymagań.

### Wnioski na przyszłość, jak ustrzec się przed tego typu problemami

O jakości systemów monitorowania stanu decydują nie tylko rozwiązania techniczne. Wdrażane systemy są tak dobre, jak dobre są wymagania kontraktowe oraz kadra nadzorująca. W związku z tym, że jest to największy od lat projekt petrochemiczny Grupy Azoty, z jednym z największych systemów monitorowania stanu w Europie, to na podstawie doświadczeń przy realizowaniu projektu winny zostać wypracowane standardy techniczne na okoliczność nadzoru stanu technicznego. Powinny one pozwolić na znaczne zminimalizowanie nieprawidłowości w razie realizacji podobnego projektu lub modernizacji systemu w spółkach wchodzących w skład grupy. Mogą być przyczynkiem do zorganizowania centrum diagnostycznego całej Grupy Azoty. Standardy te powinny być tworzone na okoliczność implementacji odpowiedniego systemu monitorowania stanu technicznego dostosowanego do typu, jak i krytyczności danej maszyny. Powinny obejmować unifikację rozwiązań, śledzić bieżące trendy i być na bieżąco udoskonalane.

Bazując na wielu publikacjach przedstawiających przykłady zysków po wprowadzeniu lub modernizacji systemu nadzoru stanu technicznego można progno-

zować, że wdrożony system przyczyni się do znacznych oszczędności spółki, ze względu na zmniejszenie nakładów na utrzymanie ruchu, wraz ze zmniejszeniem nieplanowanych przestoju remontowych, a także zwiększeniem dostępności instalacji. Nie należy jednak zapominać, że sam system i jego możliwości to nie wszystko. Do jego obsługi wymaga się odpowiednio wyszkolonej kadry, tylko wtedy możliwe jest stosowanie najlepszych strategii utrzymania ruchu [1] [8].

### Literatura

- [1] Antonowicz A.: „Analiza poprawności wdrożenia systemu monitorowania stanu technicznego maszyn w oparciu o realizację projektu w zakładzie przemysłowym z branży petrochemii”, 2022.
- [2] API STD 670 Machinery Protection Systems, American Petroleum Institute (API), 2014.
- [3] Bently Nevada 330400 and 330425 Accelerometer Operation Manual Part Number 127088-01 Rev. N (08/140).
- [4] [https://dam.bakerhughes.com/m/10ee90ce3dc0491b/original/Bently-Nevada-Orbit60-3500-Comparison-Factsheet.pdf?\\_ga=2.140990450.1756653814.1678878677-950192191.1645619893](https://dam.bakerhughes.com/m/10ee90ce3dc0491b/original/Bently-Nevada-Orbit60-3500-Comparison-Factsheet.pdf?_ga=2.140990450.1756653814.1678878677-950192191.1645619893) [Data uzyskania dostępu: 15.03.2023]
- [5] <https://dam.bakerhughes.com/m/278e632b16965fd3/original/BN-SystemI-Decision-Support-Brochure.pdf> [Data uzyskania dostępu: 15.03.2023].
- [6] <https://polyolefins.grupaazoty.com/> [Data uzyskania dostępu: 13.03.2023].
- [7] ISO 20816-1 Mechanical vibration - Measurement and evaluation of machine vibration - Part 1: General guidelines, 2016.
- [8] Nowicki R.: „Projektowanie i wdrażanie systemów bezpieczeństwa uwzględniających bieżące potrzeby systemów nadzoru stanu technicznego - kryteria wyboru i kluczowe aspekty”, 2015. ■

REKLAMA

## POSZUKUJEMY pracowników z branży:



Elektrycznej



Automatycznej



Mechanicznej

**[policerwis.grupaazoty.com/kariera](https://policerwis.grupaazoty.com/kariera)**  
rekrutacja.gaps@grupaaoty.com, tel. +48 693 936 888

**GRUPA  
AZOTY**  
POLICE SERWIS



Fot. 123rf

# AI A BEZPIECZEŃSTWO

**Tomasz Klinkosz**  
Urząd Dozoru Technicznego

Wykorzystanie systemów sztucznej inteligencji (AI) w procesie zarządzania integralnością mechaniczną urządzeń ciśnieniowych może wiązać się z zagrożeniami i negatywnymi konsekwencjami dla społeczeństwa. Czy w takim przypadku możliwe jest zapewnienie bezpieczeństwa?

Sztuczna inteligencja (AI) to szybko rozwijająca się rodzina technologii, która może przynieść szeroki wachlarz korzyści ekonomicznych i społecznych w całym spektrum branż i działań społecznych, poprzez poprawę przewidywania, optymalizację operacji i alokację zasobów, a także personalizację świadczenia

usług. Wykorzystanie sztucznej inteligencji może wspierać korzystne społecznie i środowiskowo zmiany oraz zapewnić przedsiębiorstwom i gospodarce europejskiej kluczową przewagę konkurencyjną.

Jednak te same elementy i techniki, które napędzają korzyści społeczno-ekonomiczne z zastosowa-

nia AI, mogą również wiązać się z nowymi zagrożeniami i negatywnymi konsekwencjami dla jednostek i społeczeństwa, czego dowodem są niedawne doniesienia prasowe związane z zastosowaniem innowacyjnego rozwiązania, którym jest ChatGPT wdrożony przez firmę Open AI oraz ograniczenia w dostępie do tej technologii wprowadzone przez włoski rząd, jak podaje portal money.pl<sup>1</sup>. Komisarz ds. rynku wewnętrznego Thierry Breton powiedział: „Sztuczna inteligencja jest środkiem, a nie celem. Ta technologia istnieje od kilkudziesięciu lat, ale osiągnęła nowe możliwości dzięki dostępnej obecnie mocy obliczeniowej. Oferuje ona ogromne możliwości w tak różnorodnych dziedzinach, jak zdrowie, transport, energia, rolnictwo, turystyka czy bezpieczeństwo cybernetyczne, to wiąże się jednak również z szeregiem zagrożeń”<sup>2</sup>.

W świetle tempa zmian technologicznych i możliwych wyzwań Unia Europejska również jest zdecydowana dążyć do wyważonego podejścia w zakresie AI<sup>3</sup>. W tym celu w kwietniu 2021 roku powstał projekt rozporządzenia Parlamentu Europejskiego w sprawie ustanowienia zharmonizowanych przepisów dotyczących sztucznej inteligencji, tzw. ARTIFICIAL INTELLIGENCE ACT. Tworzony akt prawny ma być stosowany bezpośrednio, czyli w ten sam sposób we wszystkich państwach członkowskich. W celu zapewnienia bezpieczeństwa AI przyjęto w nim podejście bazujące na analizie ryzyka.

Projekt rozporządzenia Unii Europejskiej dotyczy ustanowienia:

- a. zharmonizowanych przepisów dotyczących wprowadzania do obrotu, oddawania do użytku i użytkowania systemów sztucznej inteligencji w Unii;
- b. zakazy niektórych praktyk związanych ze sztuczną inteligencją;
- c. szczególne wymogi dotyczące systemów sztucznej inteligencji wysokiego ryzyka oraz obowiązki operatorów takich systemów;
- d. zharmonizowane przepisy dotyczące przejrzystości systemów sztucznej inteligencji przeznaczonych do interakcji z osobami fizycznymi, systemów rozpoznawania emocji i systemów kategoryzacji biometrycznej oraz systemów sztucznej inteligencji wykorzystywanych do generowania treści obrazowych, dźwiękowych lub wideo oraz manipulowania nimi;
- e. przepisy dotyczące monitorowania i nadzoru rynku<sup>4</sup>.

### System sztucznej inteligencji

Pojęcie sztucznej inteligencji nie jest jednoznaczne i może być różnie interpretowane. W tym celu w projekcie ww. rozporządzenia podjęto próbę zdefiniowania AI jako „systemu sztucznej inteligencji”, co oznacza oprogramowanie, które zostało opracowane z wykorzystaniem jednej lub kilku technik i podejść wymienionych w załączniku I do rozporządzenia

i które może, dla danego zestawu celów określonych przez człowieka, generować dane wyjściowe, takie jak treści, prognozy, zalecenia lub decyzje wpływające na środowiska, z jakimi wchodzi w interakcję.

Jakie zatem technologie objęte są definicją systemu sztucznej inteligencji? W załączniku pierwszym do projektu rozporządzenia znajdziemy technologie mieszczące się w definicji systemu sztucznej inteligencji i są to:

- a. podejścia bazujące na uczeniu maszynowym, w tym uczeniu nadzorowanym, nienadzorowanym i uczeniu wzmacniającym, z wykorzystaniem szerokiej gamy metod obejmujących uczenie głębokie (Deep Learning);
- b. podejścia opierające się na logice i wiedzy, w tym reprezentacja wiedzy, programowanie indukcyjne (logiczne), bazy wiedzy, mechanizmy wnioskowania i dedukcji, wnioskowanie (symboliczne) i systemy eksperckie;
- c. podejścia statystyczne, estymacja bayesowska, metody wyszukiwania i optymalizacji.

”

Istotne jest, aby w dążeniu do optymalizacji z wykorzystaniem systemów AI zachować szczególną ostrożność i analizować potencjalne ryzyka

Jak widać, w definicji ujęto dość szeroką gamę technologii, w tym stosowanych już obecnie w wielu gałęziach przemysłu. Definicja ta, a szczególnie uwzględnione w niej technologie, obecnie budzi szereg kontrowersji i być może ulegnie modyfikacji w trakcie dalszych prac nad tym aktem prawnym. Niemniej istotne jest uwzględnienie ryzyka we wdrażaniu nowych technologii, które niesie ich wdrażanie i użytkowanie. Wymaga to zastosowania odpowiednich rozwiązań konstrukcyjnych, organizacyjnych oraz prawnych mających na celu ich wyeliminowanie lub ograniczenie.

### Systemy AI wysokiego ryzyka

Mając na uwadze wykorzystanie ww. technologii przemysłu, a zwłaszcza w zakresie mającym wpływ na bezpieczeństwo i ciągłość działania infrastruktury krytycznej, należy zwrócić szczególną uwagę na zastosowania w elementach związanych z bezpieczeństwem. Omawiany projekt rozporządzenia UE w części trzeciej zawiera wymagania dla tzw. systemów AI wysokiego ryzyka. Niezależnie od tego, czy system sztucznej inteligencji jest wprowadzany do obrotu czy

do użytku, uznaje się go za system wysokiego ryzyka, jeżeli spełnione są oba następujące warunki:

- a. system AI ma być stosowany jako element bezpieczeństwa produktu lub sam jest produktem objętym unijnym prawodawstwem harmonizacyjnym wymienionym w załączniku II projektu;
- b. produkt, którego elementem zabezpieczającym jest system AI, lub sam system AI jako produkt, musi przejść ocenę zgodności przeprowadzoną przez stronę trzecią w celu wprowadzenia tego produktu do obrotu lub oddania do użytku zgodnie z prawodawstwem harmonizacyjnym wymienionym w załączniku II projektu.

Wśród aktów prawa zharmonizowanego wymienionych w załączniku II znalazła się między innymi dyrektywa 2014/68/UE dotycząca urządzeń ciśnieniowych oraz dyrektywa maszynowa 2006/42/WE. Zatem systemy AI stanowiące elementy zabezpieczające lub mające wpływ na bezpieczeństwo produktów objętych m.in. wspomnianymi dyrektywami, zgodnie z projektem rozporządzenia dotyczącego AI będą musiały spełniać wymagania określone dla systemów AI wysokiego ryzyka.

Jako systemy AI wysokiego ryzyka uznaje się również systemy AI wymienione w załączniku III projektu rozporządzenia, do których zaliczamy między innymi systemy AI w obszarze zarządzania i eksploatacji infrastruktury krytycznej przeznaczone do stosowania jako elementy bezpieczeństwa w zarządzaniu ruchem drogowym i prowadzeniu go oraz w dostawie wody, gazu, ogrzewania i energii elektrycznej.

W załączniku III do projektu rozporządzenia wymieniono część obszarów zaliczanych do infrastruktury krytycznej, jednakże lista może zostać

rozszerzona, jeżeli systemy sztucznej inteligencji stwarzają zagrożenie dla zdrowia i bezpieczeństwa lub ryzyko niekorzystnego wpływu na prawa podstawowe jest większe albo równoważne niż ryzyko stwarzane przez systemy sztucznej inteligencji wysokiego ryzyka, o których mowa już w załączniku III projektu rozporządzenia.

Analizując powyższe zapisy można wnioskować, że wymagania te mogą objąć również instalacje chemiczne, rafineryjne i petrochemiczne zaklasyfikowane jako systemy infrastruktury krytycznej.

Komisja Europejska w projekcie rozporządzenia UE określiła następujące główne obszary wymagań dla systemów AI wysokiego ryzyka:

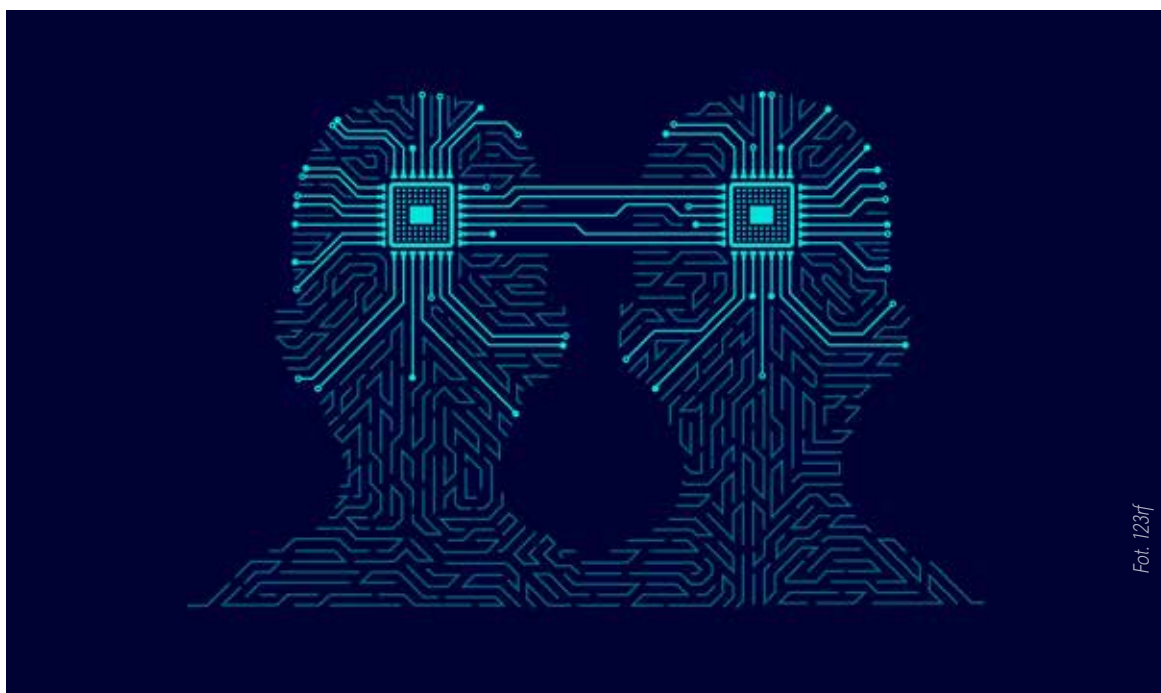
- zgodność z wymaganiami,
- system zarządzania ryzykiem,
- dane i zarządzanie danymi,
- dokumentacja techniczna,
- utrzymywanie zapisów,
- przejrzystość i dostarczanie informacji użytkownikom,
- nadzór ludzki,
- dokładność, solidność i cyberbezpieczeństwo.

Poza wymaganiami dla procesu oceny zgodności, oznakowania znakiem CE, wymagań dla producentów, importerów czy dystrybutorów, projekt rozporządzenia określa obowiązki i wymagania również dla użytkowników systemów AI wysokiego ryzyka.

Obszary wymagań wskazane w projekcie rozporządzenia nie odbiegają co do zasady od praktyki stosowanej w zarządzaniu bezpieczeństwem instalacji z użyciem metodologii RBI (Risk Based Inspection) opisaną standardem API RP 580, uzupełnionej wymaganiami zawartymi w Warunkach Technicznych Urzędu

#### CYFROWY BLIŹNIAK

Rozwiązanie to stosowane jest w zarządzaniu niezawodnością i optymalizacją kosztów eksploatacji maszyn. Największym jednak wyzwaniem aplikacji cyfrowych bliźniaków jest problem silosów danych



Fot. 123rf

**LOCTITE®**

# ROZWIĄZANIA HENKEL W PRZEMYŚLE CHEMICZNYM

Utrzymanie ruchu, naprawy, odbudowa  
i ochrona urządzeń przemysłowych.

Henkel

## Posiadamy 30 lat doświadczenia w technice mieszania



Spółka REDOR to polski producent mieszadeł przemysłowych. Nasze flagowe urządzenia stosowane są w sektorach: chemicznym, petrochemicznym, energetycznym, farb i powłok, baterijnym, spożywczym, biogazowniach i ochronie środowiska. Dostarczamy mieszadła wysoce dopasowane do indywidualnych potrzeb odbiorców.

[marketing@redor.com.pl](mailto:marketing@redor.com.pl)  
tel. +48 33 827 14 00

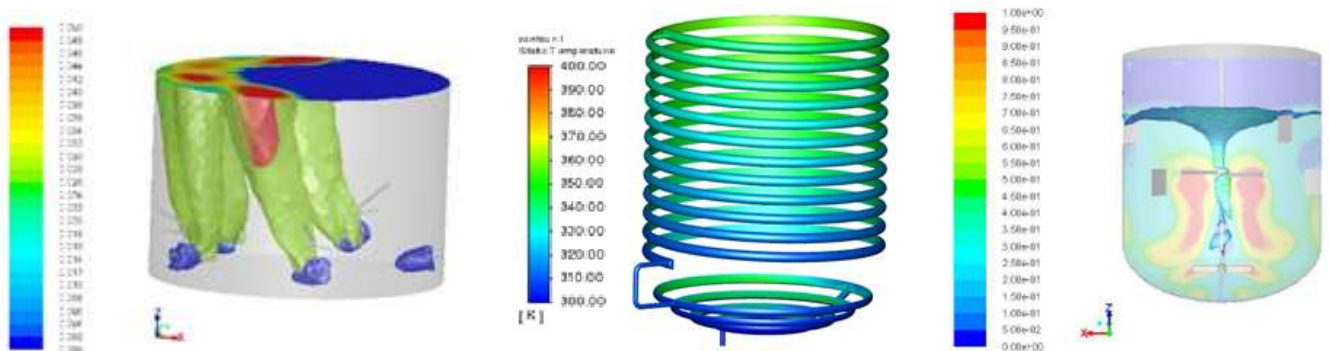
## Wytwarzamy w oparciu o własny park maszynowy i spawalnię



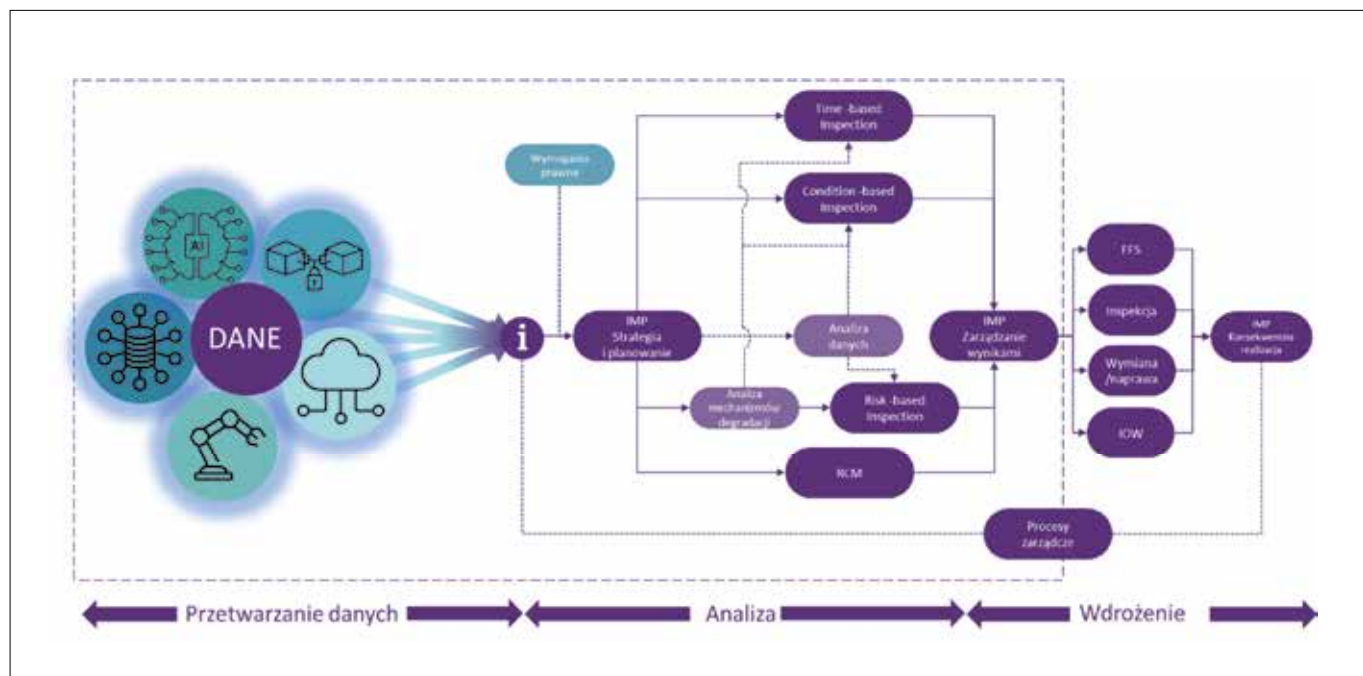
## Produkujemy mieszadła do strefy zagrożenia wybuchem 0

Oferujemy zintegrowane podejście do projektowania obejmujące:

- Dobór mieszadła w oparciu o analizę CFD (Computational Fluid Dynamics),
- Analiza procesu (wymiana masy, pędu i energii),
- Badania modelowe w laboratoryjnym zbiorniku testowym,
- Weryfikacja modeli obliczeniowych CFD zwłaszcza dla płynów nienewtonowskich, zawiesin itp.,
- Badania wirników w zbiorniku testowym,
- Analiza parametrów hydraulicznych wirników (siła osiowa, wydajność, moc mieszania),
- Projektowanie mieszadła wspomagane metodami numerycznymi (MES).



Realizujemy ponad 400 spersonalizowanych analiz procesów mieszania rocznie, udostępniając klientom ich wizualizacje



**RYS. 1**  
Struktura przepływu danych i informacji podczas tworzenia i realizacji programu zarządzania integralnością mechaniczną (IMP Integrity Management Program) urządzeń ciśnieniowych w przemyśle rafinerijnym

Dozoru Technicznego WUDT-RBI. Ogólne informacje dotyczące tej metodologii można znaleźć w serii artykułów zamieszczonych w Biuletynie INSPEKTOR<sup>5</sup> wydawanym przez Urząd Dozoru Technicznego oraz artykule „Dynamiczne zarządzanie ryzykiem instalacji przemysłowych. Optymalizacja procesu zarządzania ryzykiem z wykorzystaniem narzędzi przemysłu 4.0”<sup>6</sup>.

### Cyfrowy bliźniak

Rozwój technologii i umożliwienie dzięki temu gromadzenia danych, ich zautomatyzowane analizowanie i wnioskowanie musi być uwzględnione w procesie analizy i oceny ryzyka związanego z ich zastosowaniem. Oczywiście ryzyka te będą zależały od konkretnego zastosowania.

Jednym z takich zastosowań, w których technologie te są wdrażane, jest predykcyjne utrzymanie ruchu urządzeń i instalacji technologicznych, w tym dynamiczne przewidywanie uszkodzeń oraz planowanie niezbędnych działań w celu monitorowania ryzyka. Przykładem takiego systemu może być tzw. cyfrowy bliźniak (Digital Twin). Rozwiązanie to szeroko stosowane jest w zarządzaniu niezawodnością i optymalizacją kosztów eksploatacji maszyn, takich jak turbozespoły, wieże wiatrowe, a coraz częściej również stosowane jest dla urządzeń i instalacji ciśnieniowych w przemyśle wydobywcia i przerobu ropy naftowej.

UDT również rozwija swoje kompetencje w zakresie tej technologii, uczestnicząc jako partner merytoryczny w pilotażowym wdrożeniu cyfrowego bliźniaka dla części instalacji procesowej Rafinerii Gdańskiej<sup>7,8</sup>. Jednym z największych wyzwań aplikacji cyfrowych bliźniaków jest często omawiany problem silosów danych. W przemyśle petrochemicznym generowana jest ogromna różnorodność danych, którymi trzeba

zarządzać za pomocą kilku różnych narzędzi informatycznych, baz danych i dokumentów. Wiąże się to z brakiem ustandaryzowanych struktur danych. Konieczna jest poprawa integracji danych w całym cyklu życia instalacji oraz zapewnienie ujednoliconego standardu danych i jednego wiarygodnego źródła danych do wymiany i udostępniania<sup>9</sup>. Poza oczywiście dokładnością i wiarygodnością zastosowanych modeli predykcyjnych, kwestia ta ma zasadniczy wpływ na wiarygodność uzyskanych danych oraz możliwość ich wykorzystania w procesie podejmowania decyzji. Kluczowe jest bowiem dostarczenie właściwych informacji w odpowiednim czasie do odpowiednich adresatów.

Na rysunku 1 przedstawiono przykładową strukturę przepływu danych i informacji w procesie podejmowania decyzji podczas tworzenia i realizacji programu zarządzania integralnością mechaniczną (IMP Integrity Management Program) urządzeń ciśnieniowych w przemyśle rafinerijnym.

### Odróżnić dane od informacji

Przedstawiony proces stanowi uzupełnienie stosowanej obecnie metodologii RBI w dążeniu do optymalizacji procesu pozyskiwania danych i generowania informacji. Należy bowiem odróżnić dane od informacji. Oczywiście niektóre dane mogą bezpośrednio stanowić nośnik informacji, jak np. rodzaj materiału konstrukcyjnego urządzenia ciśnieniowego czy wymiary geometryczne. Inaczej jest jednak w przypadku informacji niezbędnych do wyznaczenia prawdopodobieństwa uszkodzenia urządzenia, którą jest m.in. szybkość korozji wynikająca z aktywności mechanizmów degradacji oraz jej charakter (tzw. Corrosion Rate CR). W przypadku informacji o wartości

prędkości korozji CR, która ma zostać przyjęta do wyliczenia prawdopodobieństwa uszkodzenia, niezbędne jest pozyskanie niekiedy wielu danych, takich jak:

- gatunek materiału konstrukcyjnego,
- rodzaj konstrukcji i jego cechy geometryczne,
- dane o uszkodzeniach i naprawach,
- rodzaj medium procesowego oraz rodzaj i ilość zawartych tzw. zanieczyszczeń przyczyniających się do aktywności konkretnego mechanizmu degradacji,
- temperatura robocza,
- ciśnienie robocze,
- zakres i efektywność przeprowadzonych inspekcji,
- wyniki przeprowadzonych inspekcji, w tym pomiarów grubości ścianek urządzenia, mapowania korozji, badań wizualnych, ocena dokumentacji fotograficznej uszkodzeń korozyjnych,
- zakres i efektywność przeprowadzonych inspekcji,
- dane o zaburzeniach/odchyleniach procesowych.

”

W świetle tempa zmian technologicznych i możliwych wyzwań Unia Europejska jest zdecydowana dążyć do wyważonego podejścia w zakresie AI

Zakres danych, które należy wziąć pod uwagę, jest w tym przypadku obszerny. Oczywiście w każdym indywidualnym przypadku wpływ poszczególnych danych może być różny. W procesie RBI dane te są gromadzone, dokumentowane i analizowane przez inżyniera ds. korozji, a następnie informacja weryfikowana przez zespół RBI<sup>10</sup>. Proces ten jest jednak czasochłonny i wymaga zaangażowania specjalistów z kilku branż. Jego optymalizacja jest jednym z obszarów, w których np. algorytmy bazujące na uczeniu maszynowym mogą stanowić wsparcie w poszukiwaniu korelacji pomiędzy danymi pozyskiwanymi z systemów monitorowania procesu.

Kluczowe zatem jest ustalenie wiarygodności uzyskanej na podstawie danych informacji o CR. Procesy korozyjne są złożone, zmienne w czasie, a w przypadku procesów rafineryjnych – również trudne do monitorowania. Zatem niepewność wynikająca z oszacowania zarówno prędkości korozji, ale również charakteru spodziewanych uszkodzeń (tzn. czy spodziewamy się ubytków o charakterze np. lokalnym czy ogólnym) wskazuje, jaką strategię planowania zarządzania integralnością urządzenia należy przyjąć.

W przypadku urządzeń objętych dozorem technicznym UDT wymagania dla tego procesu, w tym jego dokumentowania, zawarto w warunkach WUDT-RBI<sup>11</sup>.

W przypadku, gdy proces ten realizowany jest przy wsparciu systemów sztucznej inteligencji może istnieć również konieczność uwzględnienia wymagań wspomnianego wcześniej projektu rozporządzenia UE.

\*\*\*

Czy da się zatem zapewnić bezpieczeństwo stosując rozwiązania opierające się na AI? Obecnie chyba nie można jednoznacznie udzielić odpowiedzi, jednak należy dążyć do zapewnienia ich bezpiecznego stosowania, o ile będzie to możliwe. Zależy to bowiem od użytej technologii, jak również zakresu jej wykorzystania. Istotne jest, aby w dążeniu do optymalizacji z wykorzystaniem systemów AI zachować szczególną ostrożność i analizować potencjalne ryzyka. Systemy te należy traktować jako wsparcie, a nie zastąpienie doświadczenia i wiedzy inżynierskiej, która szczególnie w początkowym procesie wdrażania odgrywa kluczową rolę. Bardzo ważne jest także odpowiednie dokumentowanie wszystkich przyjmowanych założeń dotyczących danych, ich obróbki oraz założeń i „uproszczeń” w stosowanych modelach. Aspekt ten został również uwzględniony w przytoczonym projekcie wymagań prawnych UE.

#### Przypisy

- <sup>1</sup> <https://www.money.pl/gospodarka/chatgpt-zablokowany-kolejne-kraje-mysla-o-podobnym-kroku-wlosi-dali-sygnal-6884970980604832a.html>
- <sup>2</sup> [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/document/print/pl/ip\\_21\\_1682/IP\\_21\\_1682\\_PL.pdf](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/document/print/pl/ip_21_1682/IP_21_1682_PL.pdf)
- <sup>3</sup> EUROPEAN COMMISSION Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL LAYING DOWN HARMONISED RULES ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE (ARTIFICIAL INTELLIGENCE ACT) AND AMENDING CERTAIN UNION LEGISLATIVE ACTS, Brussels, 21.4.2021.
- <sup>4</sup> EUROPEAN COMMISSION Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL LAYING DOWN HARMONISED RULES ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE (ARTIFICIAL INTELLIGENCE ACT) AND AMENDING CERTAIN UNION LEGISLATIVE ACTS, Brussels, 21.4.2021.
- <sup>5</sup> <https://www.udt.gov.pl/inspektor-on-line>
- <sup>6</sup> [https://www.kierunekbmp.pl/Resources/magazyn/3\\_2022\\_chemia\\_portal.pdf](https://www.kierunekbmp.pl/Resources/magazyn/3_2022_chemia_portal.pdf)
- <sup>7</sup> Powstanie cyfrowa wersja gdańskiej rafinerii. Cyfrowy bliźniak infrastruktury <https://biznes.trojmiasto.pl/Powstanie-cyfrowa-wersja-gdanskiej-rafinerii-Cyfrowy-blizniak-infrastruktury-n169178.html>
- <sup>8</sup> Microsoft stworzy cyfrowego bliźniaka rafinerii LOTOS, <https://www.computerworld.pl/news/Microsoft-stworzy-cyfrowego-blizniaka-rafinerii-LOTOS,440136.html>
- <sup>9</sup> Libing Gaoorcid, Mengda Jia, Dongqing Liu, Process Digital Twin and Its Application in Petrochemical Industry, Journal of Software Engineering and Applications > Vol.15 No.8, August 2022.
- <sup>10</sup> T.Klinkosz Biuletyn Inspektor 1/2021 PREDYKCJA ZUŻYCIA URZĄDZEŃ CIŚNIENIOWYCH I PLANOWANIE INSPEKCJI URZĄDZEŃ CIŚNIENIOWYCH Z WYKORZYSTANIEM METODOLOGII RBI RISK BASED INSPECTION
- <sup>11</sup> Warunki Urzędu Dozoru Technicznego - specyfikacja techniczna (wydanie 11.2022). Planowanie inspekcji urządzeń ciśnieniowych w oparciu o analizę ryzyka RBI (Risk Based Inspection). ■





**PUMPS & VALVES GROUP**  
pompy i armatura przemysłowa

**„Tam gdzie inne pompy osiągają limity swoich możliwości, pompy PVG przekonują swoją niezawodnością w najbardziej ekstremalnych warunkach, długoterminową i niezawodną pracą.”**

**mgr inż. Adam Dowhopoluk**

*Inżynier sprzedaży PVG*

**[www.pvg.pl](http://www.pvg.pl)**





# APLIKACJA DLA NIETECHNICZNYCH

**Anna Kondek**

Digital Ambassador, BASF Polska

Rozwój narzędzi cyfrowych jest niezaprzeczalnie jednym z kluczowych wyzwań dla naszych organizacji. Odpowiedzią BASF jest tu ruch Citizen Development, gdzie nawet „nietechniczni” pracownicy mogą samodzielnie tworzyć aplikacje.

Jesteśmy w ciągłej zmianie, kolejne procesy są digitalizowane i automatyzowane. To ciągnie ze sobą jednak szereg trudności: od poszukiwania odpowiednich narzędzi na rynku, przez kosztowne dostosowywanie do potrzeb firmy, po kłopoty z pozyskaniem i utrzymaniem programistów, jeśli decydujemy się na tworzenie rozwiązań wewnątrz (in-house). Jedną z odpowiedzi na te wyzwania, wdrażaną od kilku lat w BASF, jest ruch Citizen Development, w ramach którego osoby bez znajomości profesjonalnych

języków programowania i bez doświadczenia w IT są w stanie samodzielnie tworzyć aplikacje.

## **Czym są rozwiązania niskokodowe (low-code) i bezkodowe (no-code)**

W skrócie można powiedzieć, że rozwiązania bezkodowe i niskokodowe zakładają tworzenie aplikacji, automatyzacji czy wizualizacji danych bez znajomości (no-code) lub z minimalną znajomością (low-code) profesjonalnych języków programowania (tj. Java,

PHP, Python itp.). Zwykle korzysta się z prostych interfejsów graficznych, gdzie na zasadzie: przeciągnij i upuść (drag and drop) można konfigurować aplikację czy automatyzację z predefiniowanych elementów, zmieniając jej określone parametry. W przypadku bardziej zaawansowanych funkcji czasem trzeba skorzystać z kodu i tutaj może przydać się doświadczenie programistyczne, ale powinny z tym sobie poradzić osoby dobrze odnajdujące się w Excelu, mające ogólną umiejętność tworzenia algorytmów.

Głównym środowiskiem niskokodowym w BASF jest Power Platform z firmy Microsoft, chociaż w poszczególnych dywizjach i zespołach korzystamy także z rozwiązań innych dostawców. Warto wybrać platformę, która będzie dobrze komunikowała się z kluczowymi elementami środowiska IT w firmie, co ułatwi proces tworzenia aplikacji bez konieczności budowania dedykowanych łączników (connectorów).

### Bezpieczeństwo przede wszystkim

Pierwsze i kluczowe pytanie, które stawiamy w naszej firmie, wprowadzając jakiegokolwiek narzędzie, dotyczy bezpieczeństwa informacji. Stąd wybór rozwiązania Microsoft, które zapewnia spójny dostęp w oparciu o certyfikaty Azure Active Directory. W skrócie, każdy twórca aplikacji ma dostęp tylko do tych danych, do których miałby także dostęp poza środowiskami niskokodowymi, a jeśli ma on być rozszerzony, właściciel danych musi wyrazić na to zgodę. Analogicznie podchodzimy do zarządzania uprawnieniami w samych środowiskach deweloperskich, gdzie tworzone są docelowe rozwiązania. Domyślnie dostęp i uprawnienia twórców są minimalne i zarządza nimi administrator danego środowiska. A nad wszystkim czuwa zespół centralny, który odpowiada za tworzenie środowisk, wsparcie przy wszelkiego rodzaju szczególnych potrzebach (np. autoryzacja dostępu) czy cykl życia aplikacji.

### Od wiedzy do praktyki, od amatorów do profesjonalistów

Aby „nietechniczni” pracownicy chcieli tworzyć samodzielnie rozwiązania przede wszystkim muszą wiedzieć, że to jest możliwe, a w razie problemów – ktoś im pomoże. W BASF korzystamy z różnych narzędzi komunikacyjnych, aby przekazywać wiedzę o platformach niskokodowych. Jest dostępnych kilka ścieżek edukacyjnych, zarówno w formie zorganizowanych szkoleń, jak i umożliwiających samodzielnie zdobywanie wiedzy z przygotowanych materiałów. Niezwykle aktywne są różnego rodzaju komunikatory i grupy dyskusyjne, gdzie twórcy wymieniają się swoimi pomysłami lub zadają pytania o konkretne rozwiązania. Organizowane są konferencje oraz hackatony. Dzięki temu utrwalił się taki model, że pracownik samodzielnie może rozpocząć tworzenie swojego rozwiązania, a w razie problemów skonsultować ze społecznością w firmie lub zwrócić o pomoc

## ZADBAĆ O BEZPIECZEŃSTWO DANYCH

Każda duża organizacja zna ten problem: ktoś czuje, że jego proces mógłby być usprawniony. Coś mogłoby działać się automatycznie, cyfrowo zamiast papierowo, może na aplikacji mobilnej w telefonie, bezpośrednio na linii produkcyjnej, bez późniejszego przepisywania do komputerów. Ale od pomysłu do wdrożenia jest daleka droga. Kto może to zrobić? Skąd wziąć budżet? Jak zadbać o bezpieczeństwo danych w nowym rozwiązaniu? Kto będzie je potem wspierał? – W BASF postanowiliśmy dać pracownikom wiedzę, narzędzia oraz bezpieczne środowisko, aby samodzielnie mogli poradzić sobie przynajmniej z częścią tych wyzwań – podkreśla **Anna Kondak**, Digital Ambassador, BASF Polska.



fot. BASF

do profesjonalnego dewelopera. Widzimy też, że platformy niskokodowe ulegają coraz większej profesjonalizacji, oferując takie opcje, jak repozytorium kodu z kontrolą wersji czy testy automatyczne. Predefiniowane elementy pozwalają i profesjonalnym deweloperom na szybsze tworzenie aplikacji. Zatem z tego samego narzędzia korzystają osoby nietechniczne, chcące stworzyć coś na własne potrzeby, jak i zaawansowani deweloperzy.

### Mało kodu, dużo korzyści

I właśnie w obszarze połączenia potrzeb biznesu i możliwości IT można dostrzec jedną z głównych korzyści z platform low-code/no-code. Każdy, kto kiedyś wdrażał projekt IT wie, ile wysiłku wymaga dobre zrozumienie potrzeb biznesu przez ekspertów technicznych i przełożenie ich na możliwości określonego narzędzia. Tutaj sam zainteresowany – ktoś, kto wykonuje dane zadanie – może zaplanować, wdrożyć, przetestować i modyfikować automatyzację. A jeśli potrzebuje wsparcia, udaje się do profesjonalisty już uzbrojony w wiedzę techniczną dotyczącą danej platformy. Łatwiej wówczas osiągnąć porozumienie. Aplikacje są też bardziej elastyczne, firma nie musi iść na kompromisy, korzystając z nie zawsze idealnych rozwiązań pudełkowych (out of the box) lub inwestować czas i pieniądze w skomplikowane adaptacje. Naturalnie nie wszystko jest możliwe, zwłaszcza w zakresie strony wizualnej rozwiązań, ale dzisiejsze platformy niskokodowe stały się już bardzo plastyczne. Takie benefity jak oszczędności finansowe, rozwój kompetencji pracowników czy

przyspieszenie usprawniania procesów są właściwie oczywiste i bardzo mocno potwierdzają to doświadczenia BASF.

”

Platformy niskokodowe ulegają coraz większej profesjonalizacji, oferując takie opcje, jak repozytorium kodu z kontrolą wersji czy testy automatyczne

### Świadomi wyzwań

Jak każde rozwiązanie, platformy no-code/low-code niosą ze sobą także wyzwania. Naturalnie to również inwestycja: w licencję, w zbudowanie infrastruktury czy zespołu, który będzie zarządzał ruchem Citizen Development, w szkolenie pracowników czy wreszcie czas, jaki poświęcą na tworzenie własnych rozwiązań. Centralny nadzór jest też o tyle istotny, że łatwo doprowadzić do sytuacji, kiedy w różnych obszarach organizacji powstają duplikujące się rozwiązania podobnych problemów i finalnie zamiast jednej aplikacji do rezerwowania biurek mamy ich 20 w różnych

lokalizacjach. Jeśli jednak powstanie centralnej aplikacji zajmuje w naszej firmie dwa lata, a pracownicy sami mogą przygotować dostosowane do ich lokalnych potrzeb rozwiązanie w miesiąc, może to wcale nie być negatywne zjawisko. Staramy się też nie powierzać deweloperom – amatorom tworzenia rozwiązań dla procesów krytycznych dla firmy, głównie ze względu na wyzwania związane z dokumentacją projektu i cyklem życia aplikacji. Nadal jednak są one tworzone na platformach niskokodowych, ale raczej przez profesjonalne zespoły deweloperów low-code/no-code, które w międzyczasie powstały w BASF, uwzględniając długoterminowe utrzymanie rozwiązania.

Z perspektywy ponad 5 lat doświadczenia w kompleksowym wdrażaniu platform niskokodowych i ruchu Citizen Development w BASF możemy powiedzieć, że to jeden z najbardziej udanych projektów z obszaru IT w naszej organizacji. Nie tylko pozwala na ogromne oszczędności, ale też zmienia kulturę, stawiając transformację digitalną w centrum naszych działań oraz wspierając rozwój kompetencji pracowników. Sprawia, że narzędzia IT są dostępne na wyciągnięcie ręki, mogą powstawać szybko, elastycznie, w bliskiej relacji do potrzeb biznesowych. Coraz częściej sięgamy też po bardziej zaawansowane rozwiązania, uwzględniające usługi kognitywne czy złożone przepływy, zbliżając BASF do bycia prawdziwą organizacją przyszłości. ■

REKLAMA

 kierunek**chemia**.pl

W GRUPIE  
PORTALI  


W NASZYM  
WYDANIU  
CHEMIA NIE JEST  
SKOMPLIKOWANA



# ZBIORNIKI I INSTALACJE

KREUJEMY ROZWIĄZANIA ODPOWIADAJĄCE NA WYZWANIA RYNKU I ZMIENIAJĄCĄ SIĘ SYTUACJĘ GOSPODARCZĄ



Poprawa bezpieczeństwa produkcji i pracy personelu



Optymalizacja kosztów realizowanych procesów



Plany rozwojowe, poprawa jakości i wzrostu produkcji



Zachowanie ciągłości procesów produkcyjnych



Ochrona środowiska i zwiększenie efektywności energetycznej



Unowocześnienie produkcji i wdrażanie automatyzacji



**Jesteśmy dla naszych Klientów partnerem i wspieramy ich już od etapu koncepcji**

PROJEKTOWANIE I AUDYTY • ZBIORNIKI I INSTALACJE CHEMOODPORNE • ZBIORNIKI NA WODĘ PITNĄ, PRZECIWPOŻAROWĄ, TECHNOLOGICZNĄ • STACJE UNO • WANNY OCIEKOWE • POWŁOKI CHEMOODPORNE  
OCZYSZCZANIE POWIETRZA I GAZÓW • SERWIS ZBIORNIKÓW I INSTALACJI • PÓŁPRODUKTY Z TWORZYW

# ŚWIATŁOWODY

## – czujniki dla przemysłu

Wojciech Karaś

INTERLAB sp. z o.o.

W ramach rozwoju technologii światłowodowych w różnych branżach przemysłowych, coraz częściej mówimy nie tylko o przesyłaniu danych czy telekomunikacji, ale o różnego typu czujnikach, gdzie elementem pomiarowym jest samo włókno światłowodowe, które może być zarówno detektorem wybranych substancji, jak i czujnikiem temperatury czy odkształceń.

Technologia światłowodowa pozwala nam na zastosowanie rozwiązań pasywnych, bez konieczności instalacji kabli zasilających, oraz montaż w strefach zagrożonych wybuchem bez stosowania separatorów. Jedynym elementem wymagającym zasilania lub montażu poza strefą zagrożoną wybuchem jest interrogator, czyli urządzenie analizujące dane wracające do niego. W artykule przybliżę obecnie stosowane rozwiązania wraz z przykładami zastosowań.

Sam interrogator to urządzenie zawierające nadajnik (źródło światła, jakim jest laser) oraz odbiornik (ultraczuły detektor promieniowania laserowego). W odbiorniku analizowany jest sygnał rozproszony we włóknie światłowodowym i odbity z powrotem w kie-

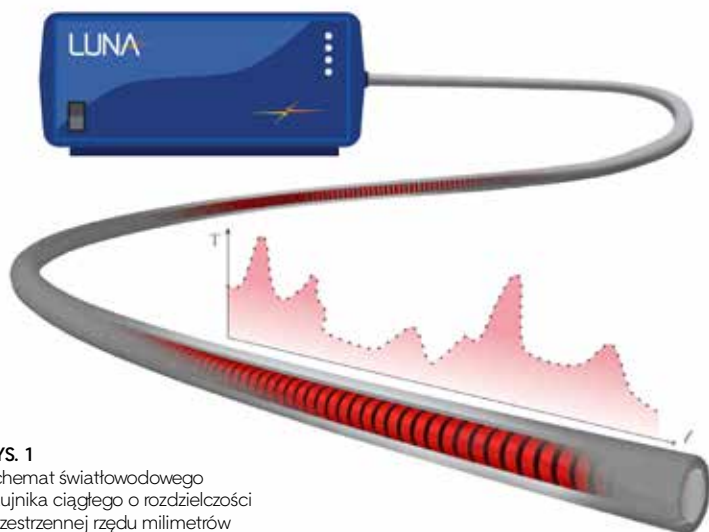
runku instrumentu. Analizując amplitudę i fazę wracającego sygnału można określić wielkości fizyczne, jakie działały na czujnik, czyli światłowód na całej jego długości. Na podstawie czasu przelotu określimy dokładną lokalizację zarejestrowanego zjawiska fizycznego.

Interrogator do czujników światłowodowych posiada wbudowany laser, z którego sygnał przemierza światłowód z prędkością światła. Mikroskopijne niejednorodności w strukturze światłowodu powodują, że drobna część światła rozprasza się wewnątrz włókna, a około jedna milionowa wraca do miernika. To właśnie powracający sygnał jest analizowany i przeliczany na temperaturę, odkształcenia lub analizowany pod względem akustycznym. Znając czas przelotu można łatwo obliczyć lokalizację danego zdarzenia.

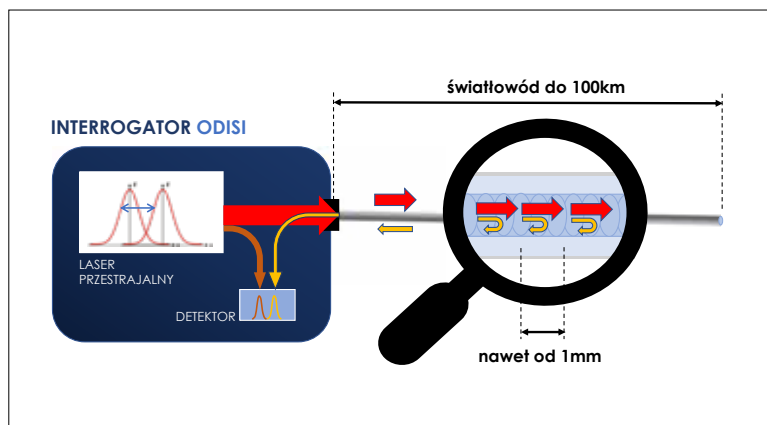
Na rys. 3 pokazano schematyczne zobrazowanie odpowiedzi światłowodu na skutek zjawisk rozproszenia sygnału pomiarowego w światłowodach czujnikowych. „Lambda-0” to długość światła sygnału podawanego. Jak widać, najsilniejsza odpowiedź jest wynikiem rozpraszania Rayleigha i ma tę samą długość fali co sygnał podawany. Pozostałe zjawiska mają nieco inną długość fali i wynikają z bardziej złożonych mechanizmów rozpraszania mających związek ze stanami energetycznymi atomów.

### Wykorzystując rozproszenie

Światło w światłowodzie rozpraszane jest na skutek różnych zjawisk fizycznych, z których jedne bardziej wrażliwe są na zmiany temperatury, a inne na rozciąganie lub skracanie włókna. Inne znow to efekt interakcji światła z otaczającymi światłowód substancjami chemicznymi.



**RYS. 1**  
Schemat światłowodowego czujnika ciągłego o rozdzielczości przestrzennej rzędu milimetrów



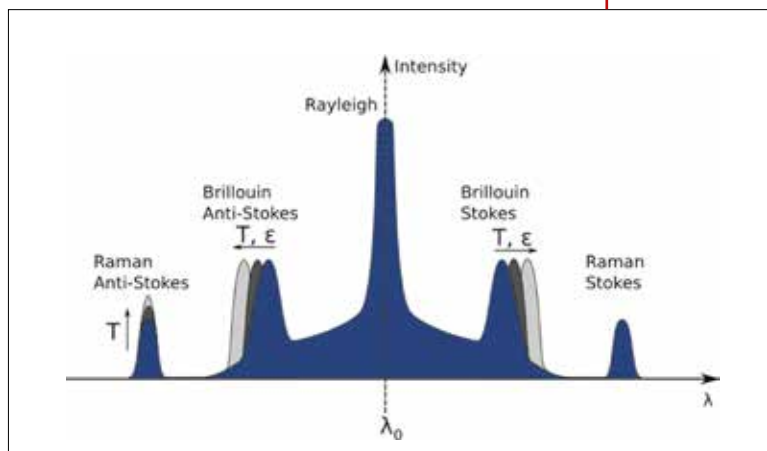
**RYS. 2**  
Interrogator do czujników światłowodowych posiada wbudowany laser

Wykorzystując rozproszenie Rayleigha, Brillouina i Ramana (nazwiska odkrywców poszczególnych zjawisk) możemy mierzyć temperaturę i odkształcenia, jakim zostało poddane włókno światłowodowe, a tym samym element, do którego włókno było zamocowane. To wszystko w szerokich zakresach temperatur (od  $-200^{\circ}\text{C}$  do  $+500^{\circ}\text{C}$ ) oraz odkształceń ( $\pm 15\,000\ \mu\epsilon/\pm 4\%$ ). Wyższe zakresy również mogą być dostępne, ale to wymaga już doboru indywidualnego rozwiązania. Dokładność lokalizacji uzyskujemy „dzieląc” światłowód na wirtualne odcinki, gdzie każdy z nich jest oddzielnym czujnikiem pomiarowym. Dla badań wytrzymałościowych najmniejsza rozdzielczość przestrzenna to jedynie  $650\ \mu\text{m}$  (odpowiednik bazy pomiarowej tensometru). Dla czujnika o długości 10 m uzyskujemy ponad 15 tysięcy wirtualnych odcinków pomiarowych. Jednocześnie, jeżeli wystarczająca jest rozdzielczość kilku metrów, to możemy dokonywać pomiarów na odległościach ponad 100 km bez stosowania wzmacniaczy sygnału i bez żadnych urządzeń aktywnych (np. monitoring zapór i wałów przeciwpowodziowych).

### Pomiar temperatury

Jednym z najbardziej popularnych pomiarów w przemyśle jest pomiar temperatury. W tym celu analizie poddajemy rozproszenie Ramana. Im wyższa temperatura dotrze do samego włókna światłowodowego,

**RYS. 3**  
Schematyczne zobrazowanie odpowiedzi światłowodu na skutek zjawisk rozproszenia sygnału pomiarowego w światłowodach czujnikowych



tym mocniejsze będzie rozproszenie. Technologia ta nosi nazwę DTS (Distributed Temperature Sensing), a najczęstszą używaną rozdzielczością przestrzenną jest 1 m. Tym samym podpinając światłowód o długości 50 km otrzymujemy 50 000 „czujników” usytuowanych jeden obok drugiego. W praktyce można odczytać miejsce podwyższonej temperatury, średnią wartość temperatury na długości 1 m oraz otrzymać sygnał o ostrzeżeniu lub alarmie w danym punkcie. W celu zwiększenia zakresu zastosowań producenci urządzeń udostępniają szerszą gamę alarmów niż jedynie przekroczenie lub spadek wartości temperatury. Wartości ostrzeżeń i alarmów są swobodnie konfigurowane przez użytkownika. Oprócz wartości temperatury możemy ustawić alarm zależny od czasu narostu (lub spadku) temperatury na danym odcinku w porównaniu do metrów sąsiednich, czy ustawić sygnały uruchamiające procedurę bezpiecznego wyłączenia instalacji. Co nam daje taka konfiguracja alarmów? Możemy na przykład określić faktyczne źródło ciepła. Być może to wyciek na rurociągu z parą, ale równie dobrze rurociąg mógł nagrzać się od słońca i nie ma potrzeby generowania fałszywych alarmów, co prowadzi do nieużywania systemu przez operatorów.

Dobrymi przykładami zastosowania pomiarów temperatury są: detekcja wycieku (rurociągi z gazem ziemnym, mediami niebezpiecznymi, parą, wodą), detekcja powstawania zatorów i hydratów wzdłuż tych samych rurociągów, monitoring rolek taśmociągów, pomiary obciążalności sieci energetycznych, wykrywanie „hot spotów” w reaktorach – stworzenie mapy ciepła itp.

### Pomiar odkształceń

Podobne zjawiska fizyczne, tylko dla innych długości fal, wykorzystujemy do pomiarów odkształceń z możliwością obliczenia naprężeń. Stosując pomiary odkształceń możemy budować modele 3D, w sposób ciągły monitorować konstrukcje zbiorników, rurociągów czy obiektów budowlanych, jak słupy konstrukcyjne, wiadukty, estakady, tunele i szyby górnicze. Możemy weryfikować jakość spawów, prowadzić zaawansowane i długoterminowe analizy materiałowe oraz monitorować zużycie elementów, jednocześnie zwiększając bezpieczeństwo instalacji.

### W połączeniu ze sztuczną inteligencją

Światłowód w połączeniu ze sztuczną inteligencją jest doskonałym rozwiązaniem do ochrony obiektów strategicznych w systemach ochrony perymetrycznej. Włókno światłowodowe działa tu jak długi ciąg mikrofonów, który zbiera vibracje i odgłosy z każdego metra swojej długości. Nie jest to dźwięk wyraźny dla ucha ludzkiego, ale wykorzystując zaawansowane algorytmy i sztuczną inteligencję da się rozpoznać kroki zbliżającego się człowieka, zidentyfikować próbę podkopu albo pracę koparki.

**RYS. 4**

Detekcja zdarzeń wzduż infrastruktury. Schemat wykrywania potencjalnych zdarzeń, zanim dojdzie do dewastacji



**System akustyczny**

Największą zaletą systemu jest zapobieganie poprzez wykrycie zdarzenia jeszcze przed dewastacją. Zanim intruz dokopie się do kabli energetycznych czy gazociągu, już będziemy „słyszeć” próbę. Ciężki sprzęt typu ciężarówka czy koparka można wykryć z kilkunastu metrów, a ludzkie kroki – z kilku. Równie szybko zobaczymy niepowołane wtargnięcia: czy to w formie uszkodzeń ogrodzenia, podkopu czy próby przeskoczenia. System akustyczny bazujący na światłowodzie możemy zintegrować z systemem kamer i ochrony. Oczywiście bardzo istotną kwestią jest umiejscowienie światłowodu i tu konieczna jest konsultacja z dostawcą systemu.

Systemy akustyczne wykorzystuje się do detekcji intruzów, ale to nie jedyne zastosowanie. Bardzo dobrze sprawdza się także wykrywanie wycieków na rurociągach. Światłowod „słyszy” hałas, jaki powoduje wyciek i dużą dokładnością wskaże miejsce, gdzie nastąpił.

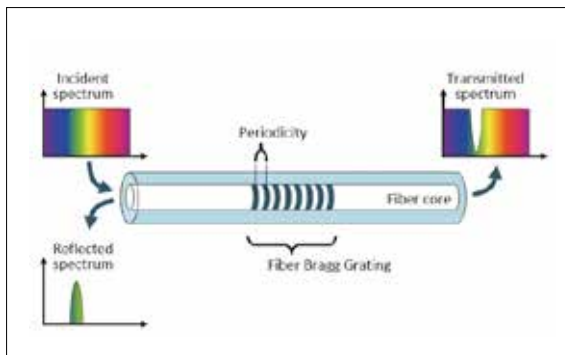
rozciągania takiego światłowodu wydłuża się też okres struktury, co powoduje odbijanie wstecznie fali o nieco większej długości (np. 1552 nm zamiast początkowej 1550 nm). Znając właściwości światłowodu można bardzo łatwo i z ogromną precyzją przeliczyć zmianę długości odbijanej fali na wydłużenie samego światłowodu albo elementu, do którego był przymocowany. Można też mierzyć rozciąganie/skracanie dłuższych odcinków, używając siatki FBG analogicznie do tradycyjnych czujników strunowych. Dłuższa będzie jedynie baza pomiarowa, ale zakres pomiarowy rzędu  $\pm 4\%$  i rozdzielczość  $\pm 1\mu\epsilon$  pozostają bez zmian.

Do czujników FBG stosuje się odpowiednie mierzniaki (interrogatory), które umożliwiają pomiar różnej ilości czujników, zależnie od szerokości zakresu spektralnego, jaki obsługują. Typowym jest zakres 80 nm (od 1510 do 1590 nm), który przy założeniu zakresu pracy siatki FBG wynoszącego  $\pm 2\text{nm}$  umożliwia podłączenie do jednego kanału (na jednym światłowodzie) do 20 czujników różnego typu. Niemniej bardziej zaawansowane instrumenty mają zakres 160 nm i pozwalają na podłączenie nawet do 80 czujników na kanał, co przy 16 kanałach daje ciągły pomiar z częstotliwością np. 1 kHz aż 1280 czujników. Systemy takie szeroko stosowane są do monitoringu rurociągów – w szczególności gazociągów i ropociągów, farm wiatrowych, odwiertów wydobywczych czy konstrukcji budowlanych. Co istotne, przy odpowiednim ułożeniu czujniki pozwalają na odwzorowanie charakterystyki odwiertu. Inne popularne zastosowanie czujników FBG to sondy do pomiaru temperatur i ciśnienia w przemyśle, detektory gazów, inklinometry oraz czujniki drgań i przyspieszenia. Istnieją też superczułe czujniki sejsmiczne.

W INTERLAB zajmujemy się technologią światłowodową już od 1987 roku. Jesteśmy pionierem na polskim rynku, przedstawicielem wielu renomowanych firm – zarówno producentów systemów czujników światłowodowych (m.in. LUNA, LIOS, OptaSense, MicronOptics, Yokogawa), jak również producentów spawarek i reflektometrów do światłowodów telekomunikacyjnych (FITEL, AFL, YOKOGAWA). Zapewniamy nie tylko sprzęt, ale też wiedzę i szkolenia w wykonaniu doświadczonych instalatorów. Świadczymy również konsultacje techniczne dla operatorów i przemysłu. ■

**RYS. 5**

Schematyczne zobrazowanie zasady działania siatki Bragga. Odbijana długość fali ma bezpośredni związek z długością okresu struktury periodycznej danej siatki Bragga. W celu instalacji wielu czujników FBG na jednym światłowodzie trzeba tak dobrać siatki FBG, aby ich charakterystyczne długości fali się nie pokrywały ani na siebie nie zachodziły



**Czujniki liniowe i punktowe**

Oprócz czujek liniowych, gdzie cały światłowod jest czujnikiem pomiarowym, stosujemy także dedykowane światłowodowe czujniki punktowe, wykorzystujące światłowodowe siatki Bragga. Siatka Bragga to fragment światłowodu, którego strukturę celowo zmodyfikowano, tworząc periodyczne zmiany współczynnika załamania światła na długości np. 10 mm. Zmiany te powodują powstanie wewnątrz światłowodu czegoś w rodzaju zwierciadła, ale działającego tylko dla jednej długości fali. Ta długość ma związek z okresem wspomnianej struktury periodycznej. W wypadku np.





**WATERJETTING  
SOLUTIONS**



**TANK CLEANING**



**HIGH-PRESSURE PUMPS  
& PROCESS PUMPS**



Hammelmann GmbH  
Carl-Zeiss-Straße 6-8  
D-59302 Oelde

☎ (0) 25 22 / 76 - 0  
✉ [mail@hammelmann.de](mailto:mail@hammelmann.de)  
🌐 [www.hammelmann.de](http://www.hammelmann.de)

**HAMMELMANN®**



# SMAROWANIE A ŻYWOTNOŚĆ MASZYN

**Joanna Jankowska**

inżynier wsparcia produkcji, Dział Maszyn  
Wirujących i Mechaniki, PKN ORLEN S.A.

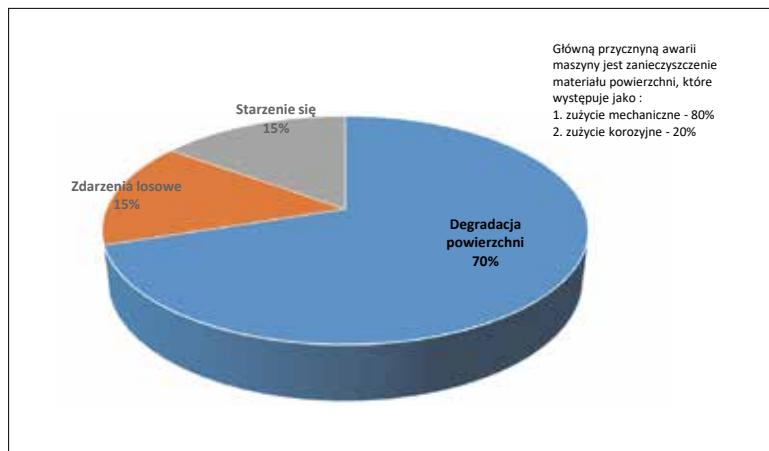
Dynamicznie rozwijający się w ostatnich latach przemysł znacząco wpłynął na rozwój w dziedzinie tribologii. Smarowanie, będące jednym z jej elementów, do niedawna traktowane jeszcze „po macoszemu”, z biegiem czasu zyskało na ważności i jakości, a tym samym wzrosła świadomość jego istotnej roli w wydłużaniu żywotności maszyn.

Niewłaściwe smarowanie jest przyczyną przedwczesnego zużycia elementów maszyn i urządzeń i nierzadko kosztownych awarii. Ponadto to źródło nadmiernego zużycia olejów, smarów oraz części zamiennych. Powoduje przestoje i obniża dyspozycyjność urządzeń, generując koszty napraw czy straty w produkcji.

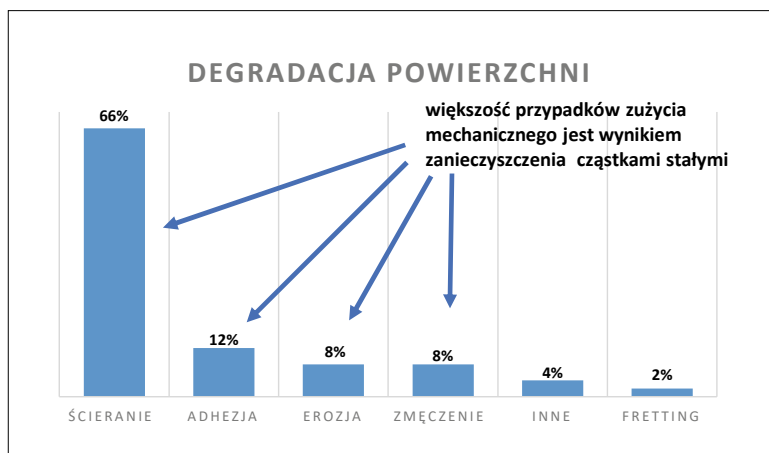
## Mechaniczna degradacja

Na mechaniczną degradację powierzchni składają się następujące zjawiska:

- ścieranie – może nastąpić w wyniku ścierania powierzchni współpracujących wszędzie tam, gdzie powierzchnie o różnej budowie stykają się, lub w wyniku ścierania w obecności ciała obcego, np. cząstki zanieczyszczenia. Oba tym zjawiskom można zapobiegać poprzez zwiększenie grubości filmu olejowego (musi być ona większa niż rozmiar cząstki zanieczyszczenia), albo użycie środków smarnych wzbogaconych o dodatki przeciwzatarciowe;



RYS. 1 Wykres obrazujący najbardziej popularne przyczyny awarii



RYS. 2 Przypadki degradacji mechanicznej

- adhezja, zwana również zużyciem adhezyjnym, może się pojawić tam, gdzie pomiędzy dwoma powierzchniami o podobnej budowie występują warunki smarowania granicznego. Głównym sposobem zapobiegania adhezji jest stosowanie dodatków przeciwzatarciowych oraz wzmocnienie filmu olejowego poprzez zwiększenie lepkości oleju;
- erozja – występuje tam, gdzie twarde cząstki stałe uderzają o powierzchnie maszyny ze znaczną prędkością. W celu zapobiegania erozji należy usunąć zanieczyszczenia cząstkami stałymi, np. poprzez filtrację oleju;
- zużycie zmęczeniowe – może występować wszędzie tam, gdzie obecne są cząstki stałe mieszczące się w prześwicie między powierzchniami w styku tocznym. Zapobiegając zmęczeniu należy usunąć z oleju cząstki stałe znajdujące się w prześwicie lub zwiększyć grubość filmu olejowego do grubości większej niż rozmiar cząstki.

Precyzyjna gospodarka olejowo-smarownicza stanowi podejście holistyczne, łączące w spójną całość dane techniczne urządzenia, parametry techniczne



- gwarancja profesjonalnego serwisu smarowniczego – powinien gwarantować i służyć pełną wiedzą o produkcie i jego zastosowaniu, doradzać dobór i ewentualne stosowanie odpowiednich zamienników,
- kompleksowa kontrola oraz pełen monitoring w obszarze smarowania i eksploatacji maszyn,
- zmniejszenie awaryjności parku maszynowego, a co za tym idzie obniżenie kosztów eksploatacji, w tym kosztów napraw,
- poprawa dyspozycyjności, a nawet w niektórych przypadkach eliminacja awaryjnych przerw produkcji, a tym samym poprawienie wskaźnika MTBF (ang. MeanTime Between Failures),
- obniżenie kosztów zużycia środków smarnych poprzez odpowiednią ich pielęgnację,
- zapewnienie wiarygodnych wyników analiz fizykochemicznych eksploatowanych środków smarnych poprzez realizację analiz w akredytowanym laboratorium i właściwe zarządzanie ich wynikami, aby możliwa była ocena stanu oleju oraz maszyny,
- eliminowanie błędów wynikających z wadliwego poboru próbek olejów,
- wyeliminowanie generowania zbędnych wydatków poprzez zakupy nadmiernych ilości olejów i smarów,
- pełen nadzór nad normatywami zapasu awaryjnego,
- zredukowanie zbyt dużej liczby magazynów do jednego centralnego punktu przechowywania środków smarnych, a tym samym usprawnienie dystrybucji,
- ograniczenie do minimum ryzyka zmieszania środków smarnych,
- większe doświadczenie oraz fachowa wiedza specjalistyczna wśród pracowników serwisu,
- możliwość wykorzystania personelu w ramach własnego potencjału zawodowego,
- zabezpieczenie utylizacji odpadów.

## GOSPODARKA SMAROWNICZA W ZAKŁADZIE

– Proces wprowadzania czy usprawniania i porządkowania gospodarki smarowniczej w zakładzie powinien być starannie zaprojektowany i przygotowany w oparciu o zasoby personalne, bazy danych urządzeń, dane techniczne pochodzące z DTR, dostępnej historii związanej ze stosowanymi środkami smarnymi czy interwałem czasowym wymian, uzupełnień lub dosmarowań – podkreśla **Joanna Jankowska, inżynier wsparcia produkcji w PKN ORLEN S.A.**

Fot. Zasoby własne autora



oleju, jego właściwą aplikację, właściwe składowanie i przechowywanie oraz ochronę przed zanieczyszczeniami, a także monitoring stanu urządzenia. Natomiast zwiększenie częstotliwości smarowania w ramach konserwacji prewencyjnej czy używanie lepszych i droższych środków smarnych, nie jest już precyzyzną gospodarką smarowniczą.

Na rynku istnieje wiele firm oferujących usługi serwisowe na zasadzie tzw. outsourcingu. W praktyce to nic innego, jak przejęcie przez podmiot specjalizujący się w danej dziedzinie części obowiązków innego podmiotu, na podstawie zawartej wcześniej umowy. Outsourcing oczywiście ma zarówno swoich zwolenników, jak i przeciwników – jednak decyzja dotycząca realizacji gospodarki smarowniczej zależy od wielu złożonych czynników. Co zatem zyskujemy (patrz ramka)?

### Etapy kompleksowej gospodarki olejowo-smarowniczej

Etapy wprowadzania i realizowania kompleksowej oraz w pełni profesjonalnej gospodarki olejowo-smarowniczej, kształtowane są w następującej kolejności:

1. Inwentaryzacja urządzeń i ich punktów smarnych – aby była wiarygodna musi być przeprowadzona w sposób dokładny i skrupulatny. Podczas tzw. „spisu z natury” należy uzyskać wszelkie dostępne informacje pochodzące z tabliczek znamionowych maszyn, dokumentacji techniczno-ruchowej, dokumentacji smarowniczej – w przypadku, gdy jest prowadzona w danym zakładzie. Pozyskane dane, to.: instalacje, nazwa obiektu, nazwy i numery technologiczne, nazwy producentów, typy maszyn, numery fabryczne, rok produkcji, moc, nazwy, rodzaje i gatunki stosowanych środków smarnych, pojemności układów olejowych, zalecane klasy czystości dla urządzeń mających samodzielne układy olejowe, częstości i zakresy badań olejów i innych pomiarów oraz parametrów alarmowych

i granicznych dotyczących użytkowych własności olejów, interwały czasowe obejmujące wymiany oraz korekty poziomów czy dosmarowań, punkty smarne, informacje dotyczące węzłów łożyskowych.

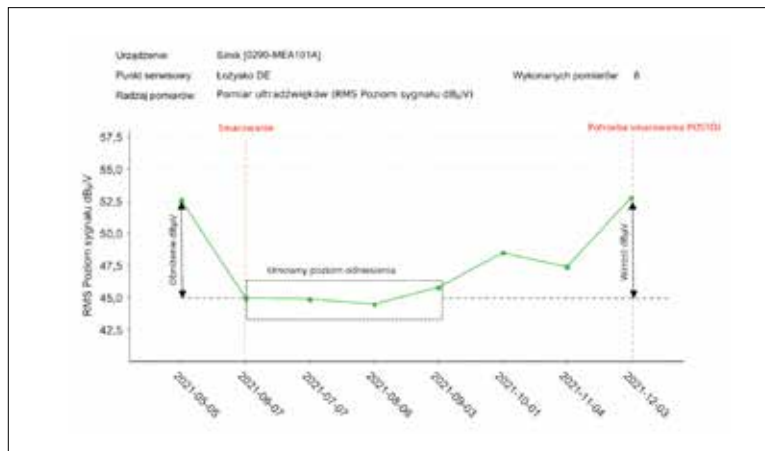
2. Weryfikacja pozyskanych danych – to kolejny etap po rzetelnym zebraniu informacji. Krok ten jest również bardzo istotny z uwagi na fakt, że nie tylko daje gwarancję wyeliminowania ewentualnych rozbieżności lub błędów, ale i możliwość utworzenia kompletnej bazy danych potrzebnej do opracowania, skomponowania i modernizowania systemu służącego do prowadzenia w pełni profesjonalnej gospodarki olejowo-smarowniczej.
3. Dobór odpowiednich narzędzi i metod wykonywania czynności smarowniczych – oprócz niezbędnych narzędzi do prowadzenia prac manualnych pracownicy serwisu powinni być wyposażeni w urządzenia pomiarowe, takie jak: pirometr, kamera termowizyjna, stetoskop elektroniczny, miernik ultradźwięków, kamera endoskopowa, oprogramowanie klasy CMMS. Pojemniki służące do aplikacji środka smarnego czy smarownice powinny być podpisane i podzielone dla każdego rodzaju środka smarnego aplikowanego do układu. Pozwoli to na wyeliminowanie zmieszania środków smarnych.
4. Utworzenie dokumentacji smarowniczej dla maszyn objętych serwisem olejowo-smarowniczym – dla każdego urządzenia powinna powstać tzw. „karta smarowania”, natomiast dla maszyn krytycznych, mających samodzielne układy olejowe, dobrą praktyką jest (oprócz karty smarowania) utworzenie tzw. „instrukcji smarowania”. Powinna ona zawierać wszelkie dane techniczne urządzenia, opis układu olejowego wraz z instrukcją uruchomienia układu olejowego, zalecenia techniczne obejmujące poprawną eksploatację, zalecenia dotyczące doboru oleju lub dopuszczenia jego ewentualnego zamiennika, parametry określające dedykowany środek smarny. Winna określać interwały czasowe dotyczące wymian, korekt poziomów czy dosmarowań łożysk, zalecaną klasę czystości oleju dla wybranego urządzenia. Karta smarowania natomiast to dokument utworzony dla każdego urządzenia, bez względu na fakt, czy maszyna posiada samodzielny układ olejowy, czy nie. Powinna zawierać wszelkie informacje techniczne, istotne dla urządzenia, tj. numer technologiczny, nazwę producenta, numer fabryczny, rok produkcji, zalecany środek smarny wraz z klasą lepkości, interwały czasowe dotyczące wymian oraz uzupełnień, objętość układu olejowego, ilości zużycia na uzupełnienie, ilość wytworzonego odpadu. Powinna również mieć zobrazowane punkty smarne, np. w formie fotografii wraz z opisem poszczególnych elementów.
5. Ustalenie harmonogramu wykonywanych czynności obsługowych – kadra inżynierska na podstawie danych zebranych podczas inwentaryzacji



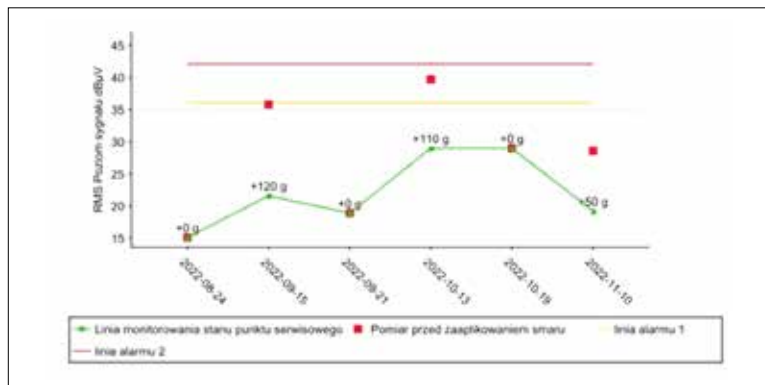
FOT. 2  
Wizualizacja punktów smarowania



FOT. 3  
Wizualizacja punktów smarowania



RYS. 4  
Wykres obrazuje potrzebę smarowania wynikającą z pomiarów aż do momentu przekroczenia granicy potrzeby smarowania



RYS. 5  
Wykres przedstawia ilości aplikowanego smaru wg potrzeb, zapewniając ochronę przed przesmarowaniem łożyska

przez producentów w zależności od rodzaju urządzenia. Badana jest wg normy ISO 4406. Zwartość wody określa się natomiast metodą Karla-Fishera wg normy PB 07.31.00\_01, stopień zawilgocenia dobiera się w zależności od rodzaju i zastosowania oleju.

Dobłą praktyką jest ewidencjonowanie wyników badań olejów i smarów oraz związanych z nimi diagnoz i zaleceń. Precyzyjna i dokładna analiza otrzymanych wyników badań pozwala już na etapie predykcijnym wychwycić potencjalny problem, a tym samym zapobiec awarii. Na rysunku 4 i 5 przedstawiono przykłady precyzyjnego smarowania.

8. Właściwe magazynowanie i przechowywanie środków smarnych w oparciu o obowiązujące przepisy – wszystkie środki smarne powinny być magazynowane w pomieszczeniu zamkniętym, ograniczającym wpływ czynników zewnętrznych, tj. deszcz czy kurz. Wszystkie opakowania muszą być odpowiednio oznaczone i podpisane. Odpady natomiast powinny w opisie zawierać kod odpadu.

\*\*\*

Przejście na outsourcing i prowadzenie profesjonalnej gospodarki smarowniczej w początkowej fazie wdrażania wymusza duże zaangażowanie osób odpowiedzialnych za dane urządzenia oraz poniesienie kosztów związanych z adaptacją starych układów olejowych. Działania te są jednak niezbędne, ponieważ przynoszą wymierne efekty ze względu na eliminowanie awarii, wydłużenie żywotności maszyn i poprawę dyspozycyjności parku maszynowego, a w konsekwencji – zmniejszenie kosztów utrzymania urządzenia. ■

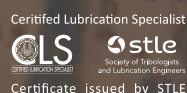


PRZEMYSŁOWY SERWIS OLEJOWY  
smarowaniemaszyn.pl



## Przemysłowy Serwis Olejowy

- outsourcing olejowo-smarowniczy wspierany nowoczesną diagnostyką maszyn
- kontrola smarowania z wykorzystaniem technologii ultradźwiękowej
- analizy olejowe
- rozwiązania IT wspierające służby utrzymania ruchu
- dostawy środków smarnych
- wymiany, filtracja i pielęgnacja olejów
- czyszczenie układów olejowych i hydraulicznych
- zagospodarowanie odpadów



# NOWOCZESNE ROZWIĄZANIA DLA PRZEMYSŁU CHEMICZNEGO

- kamery szybkie do obserwacji linii produkcyjnych
- kamery termowizyjne do wykrywania wycieków gazów, monitorowania temperatury, obudowy ATEX
- kamery spawalnicze
- czujniki drgań, czujniki ciśnienia



**EC TEST SYSTEMS**

drgania • akustyka • termowizja • szybkie kamery

EC TEST Systems Sp. z o.o.

ul. Ciepłownicza 28  
31-574 Kraków

tel.: 12 627 77 77

biuro@ects.pl

www.ects.pl

VISION  
RESEARCH

AMETEK®  
MATERIALS ANALYSIS DIVISION

TELEDYNE  
FLIR

CAVITAR  
VALUE IN SIGHT

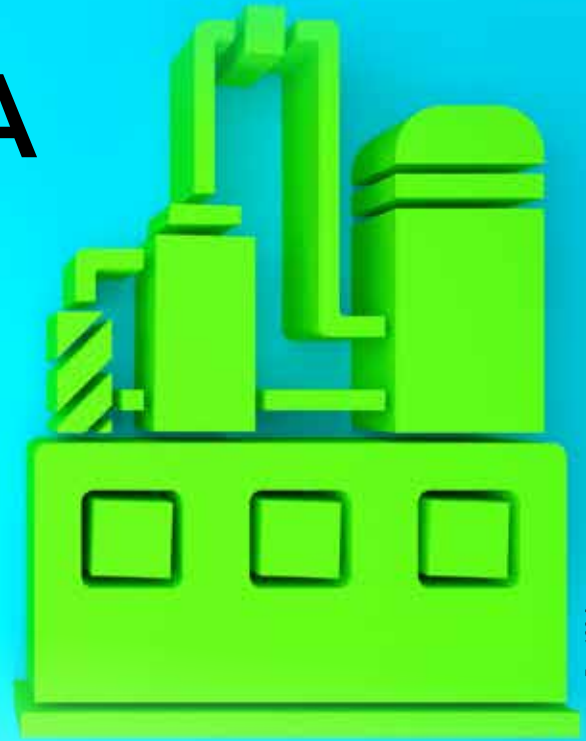
PCB PIEZOTRONICS  
AN AMPHENOL COMPANY



# OD ZIELONEGO DO... ZIELONEGO UTRZYMANIA RUCHU

dr inż. Ryszard Nowicki

niezależny ekspert w obszarze systemów zabezpieczenia maszyn i urządzeń, diagnostyki stanu technicznego maszyn oraz systemów wspomaganie UR na poziomie przedsiębiorstwa i koncernu



Fot. 123rf

Zróznicowanie przedsiębiorstwa wpływa bezpośrednio na zróznicowanie potrzeb utrzymania ruchu (UR) i wykorzystywanych przez pracujące w nim służby technik.

Możliwość i celowość ich wdrażania, na rzecz wspomaganie nadzoru stanu technicznego, może być interesująca także dla innych obszarów produkcji. Czy jest sens zaprzętać sobie głowę myśleniem o tym, jak od „zielonego” przechodzić do „zielonego”?

Zamieszczenie tego tekstu w czasopiśmie „Chemia Przemysłowa” wskazuje na rodzaj obszaru produkcyjnego, dla którego poruszone tu kwestie są pierwszoplanowo adresowane. To przedsiębiorstwa wykorzystujące maszyny i urządzenia o bardzo dużych zróznicowaniach zapotrzebowania mocy i cech konstrukcyjnych. Jak zatem przechodzić od zielonego do zielonego? To wszystko zależy od tego, o jakich zielonościach myślimy...

Zielony owoc oczywiście może być dojrzały, ale często mówiąc o owocach: „zielone” ma się na myśli, że są jeszcze niedojrzałe. Powiedzieć komuś, że jest zielony oznaczać może, iż niewiele rozumie z przekazywanych

treści lub dużo mu brakuje do kompetencji, które winien posiadać ze względu na zajmowane stanowisko. Jeszcze gorzej, gdy pesel tak zielonej osoby nie przystaje do lat zielonych, o których słychać w „Odzie do młodości” [1].

## Dlaczego UR jest zielone

Gdyby popatrzeć ze statystycznego punktu widzenia, to wciąż jeszcze sposób podejścia do nadzoru stanu technicznego w przedsiębiorstwach krajowych odstaje od tego, który jest wykorzystywany przez wiodące koncerny międzynarodowe oraz przedsiębiorstwa zlokalizowane w krajach wyżej rozwiniętych.

„Statystycznie” bowiem są w kraju pewne przedsiębiorstwa, które robią to w sposób bliski najlepszym praktykom inżynierskim. Nie zmienia faktu, że sporo prezentuje w tym obszarze podejście bliskie „zielonemu” w pejoratywnym tego słowa znaczeniu.

Oto kilka faktów przemawiających za taką oceną:

- Większość przedsiębiorstw nie posiada własnych standardów w zakresie wymagań dla systemów monitorowania i zabezpieczeń w zależności od krytyczności maszyn wykorzystywanych w procesie produkcyjnym.
- W ciągu minionych dwóch dekad zostały w wielu przypadkach wygenerowane SIWZy, które prezentowały wymagania niezabezpieczające inwestora wystarczająco dobrze w zakresie implementacji systemów monitorowania i zabezpieczeń dla wspomagania UR w przyszłości, a w niektórych przypadkach sformułowane w SIWZach wymagania nie tylko nie przystawały do uznanych norm międzynarodowych, ale były z nimi wręcz sprzeczne. Stało tak się mimo tego, że SIWZy były redagowane przez czołowe krajowe biura projektowe. Ale nawet takie biuro w pewnych tematach zatrudnia niekompetentnych projektantów.

”

Wciąż jeszcze dominuje podejście preferujące prewencyjne UR, a do predykcyjnego podchodzi się bez niezbędnego zaufania

- W ciągu minionych dwóch dekad doszło do poważnych zmian w zorganizowaniu kluczowych krajowych przedsiębiorstw (a także międzynarodowych, które posiadają część struktur produkcyjnych w Polsce), natomiast w większości koncernów brak jest kroków na rzecz optymalizacji zorganizowania w kierunku umożliwiającym bardziej efektywne wspomaganie UR. Kroków tych nie może być, bowiem kadra managerska często prezentuje zbyt niską świadomość potrzeby polepszenia zorganizowania w tym obszarze lub też nie widzi potrzeby stymulowania zmian organizacyjnych mających na celu zwiększenie efektywności UR. Wciąż jeszcze dominuje podejście preferujące prewencyjne UR, a do predykcyjnego podchodzi się bez niezbędnego zaufania, co może wynikać z niewystarczającego procesu szkolenia, a w szeregu przypadków jest konsekwencją niewystarczająco nowoczesnego zorganizowania. Jeśli nie jest osiągnięty poziom proaktywnego UR, to trudno oczekiwać kroków na rzecz implementacji systemów, które pojawiły

się wraz z nadejściem PRZEMYSŁU 4.0 i każdą oczekiwać ewolucji w kierunku preskryptywnego UR.

- Niedostatki profesjonalizmu w implementacji systemów diagnostyki maszyn wyrażają się m.in. w braku stosowania systemów akwizycji danych dostosowanych do krytyczności maszyn oraz (często) w braku równoległej akwizycji wybranych zmiennych procesowych, które mogą wpływać na wartości pomiarów symptomatycznych dla stanu technicznego. Zaniedbania w tym zakresie radykalnie obniżają jakość wnioskowania o postępującej destrukcji stanu technicznego maszyn i urządzeń.
- Brak profesjonalizmu w zakresie modernizacji systemów nadzoru. Wyraża się on po pierwsze w braku audytu pierwotnej poprawności wdrożonego systemu monitorowania oraz jego zgodności ze współcześnie obowiązującymi normami; w konsekwencji przeprowadza się retrofity bazując na podejściu „1-do-1”.
- Po drugie, przez zaniechanie kompletności retrofitu<sup>1</sup>, co powoduje, że system wspomagający UR i pracujący w przeszłości na poziomie umożliwiającym predykcje UR, po przeprowadzeniu częściowego retrofitu obniżył swoją funkcjonalność do poziomu bliskiego reakcyjnemu UR. Taka forma UR była dość powszechna pół wieku temu, natomiast przy obecnych kosztach maszyn, robocizny oraz konsekwencji finansowych przestojów nie jest to już powszechnie opłacalna forma UR dla maszyn o nieco wyższej ważności dla systemu produkcyjnego. Taka forma UR jest tania w realizacji, ale jej konsekwencje dla maszyn semikrytycznych i krytycznych mogą być dramatyczne.
- Brak dojrzałych systemów wspomagających ocenę stanu technicznego na poziomie PRZEMYSŁU 3.0 hamuje implementację narzędzi, które pojawiły się wraz z nadejściem epoki PRZEMYSŁU 4.0. W związku z tym nie widać w kraju, na kierunku UR, korzyści wynikających z możliwości wykorzystywania dużych zbiorów (Big Data), stosowania uczenia maszynowego (ML = Machine Learning) czy samodzielnego wykorzystywania przez przedsiębiorstwo metod sztucznej inteligencji (AI = Artificial Intelligence).
- Od wielu lat jest znane (i wciąż wzrastające) zagrożenie bezpieczeństwa cybernetycznego. Wzrost tego ryzyka może być także powodowany przez implementację skomputeryzowanych systemów wspomagania nadzoru stanu technicznego, co może być spowodowane przez niewystarczającą dojrzałość przygotowania się do realizacji projektu. Autorowi nie jest znany ani jeden przypadek krajowych SIWZ-ów, który by formułował wymagania w zakresie cybersecurity dla implementacji systemów nadzoru stanu technicznego. W konsekwencji, jeśli nawet w przypadku większej inwestycji pojawiają się wymagania skutkujące

Od 60 lat wspieramy rozwój polskiego przemysłu.

Pomagamy zapewnić sprawną i bezawaryjną pracę instalacji technologicznych.  
Budujemy, wykonujemy i modernizujemy obiekty i instalacje przemysłowe.  
Współpracujemy z zakładami z branży chemicznej, petrochemicznej,  
cementowej i energetycznej.

Odwiedź nas na [remzap.pl](http://remzap.pl)



## BUDOWNICTWO, INWESTYCJE I REMONTY PRZEMYSŁOWE





# Energomechanika



## SYSTEMY ZABEZPIECZEŃ I OCENY STANU TECHNICZNEGO MASZYN I URZĄDZEŃ

**Baker  
Hughes**

Channel Partner



PROJEKT  
DOSTAWY  
INSTALACJA  
I URUCHOMIENIE



WSPARCIE  
TECHNICZNE  
I UTRZYMANIE



OBSŁUGA  
SERWISOWA



USŁUGI DIAGNOSTYCZNE  
MASZYN I URZĄDZEŃ



SZKOLENIA

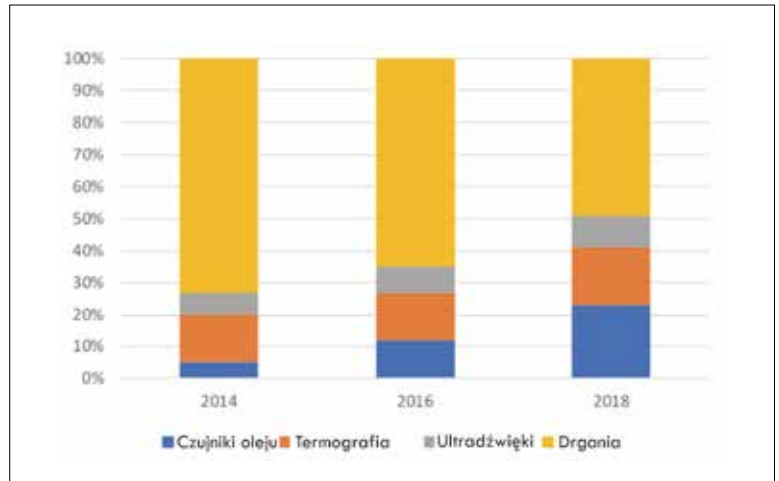
[www.energomechanika.com](http://www.energomechanika.com)

Energomechanika Sp. z o.o., ul. Czerniakowska 26B/25, 00-714 Warszawa, Poland  
email: [biuro@energomechanika.com](mailto:biuro@energomechanika.com), tel: +48 22 355 29 18

dostawą serwera akwizycji danych diagnostycznych, to sposób implementacji systemu nadzoru wciąż jest daleki od podstawowych zasad bezpieczeństwa, bowiem (a) może zostać zastosowany cyfrowy system monitorowania nieposiadający certyfikacji bezpieczeństwa cybernetycznego, (b) w praktyce dochodzi do wdrożenia systemu diagnostyki na fizycznie wyizolowanym serwerze, do którego brak jest bezpiecznego dostępu z poziomu sieci przedsiębiorstwa, a tym bardziej sieci korporacyjnej.

### Techniki wspomagające UR

Monitorowanie stanu technicznego różnych maszyn i urządzeń wykorzystuje zróżnicowane pomiary, takie jak m.in.: drgania mechaniczne (poszerzone o pomiary statyczne położenia i kształtów), temperatury (włączając w to termografię), statyczne i dynamiczne pomiary sygnałów elektrycznych oraz elektrodynamicznych (w tym także wyładowań niezupełnych), pomiary ciśnień także z uwzględnieniem pulsacji rozchodzących się w medium, pomiary akustyczne (również wykonywane w wyższych pasmach częstotliwości, tzn. w paśmie ultradźwięków i w paśmie emisji akustycznej). W ciągu minionej dekady obserwuje się upowszechnienie i wzrost zainteresowania technikami wspomagającymi ocenę stanu



**RYS. 1**  
Ewolucja intensywności stosowania najpopularniejszych technik wspomagających ocenę stanu technicznego

technicznego, które w przeszłości były rzadziej wykorzystywane. Na rys. 1 [2] pokazano zmianę proporcji między najczęściej wykorzystywanymi technikami na rzecz wspomagania oceny stanu technicznego po roku 2014. Grafika ta pokazuje, że w ciągu minionej dekady nastąpiło znaczne zwiększenie zainteresowania badaniami olejów.

Na ostatni słupek wykresu nie należy przypadkiem patrzeć w taki sposób, że zmniejszyło się zainteresowanie pomiarami drgań mechanicznych. Grafika nie komentuje ważności różnych pomiarów, a jedynie ilustruje udział wybranych, najważniejszych technik w ogóle tych wykorzystywanych.

W ciągu minionych 20 lat nastąpił systemowy wzrost liczby pomiarów dla wszystkich rodzajów symptomów. Wdrożenie ww. technik wymaga określonych kwalifikacji personelu. Z tego punktu widzenia możemy je zaszerzować do technik mało wymagających i wymagających. Do tej drugiej kategorii wpisują się te, które wykorzystują sygnały dynamiczne, bowiem wymagają one dobrej znajomości analizy sygnałów oraz wiedzy w zakresie relacji zachodzących między zróżnicowanym stanem technicznym, a zmianami obserwowanymi w analizach funkcyjnych. Natomiast w przypadkach, w których wysublimowana wiedza nie jest potrzebna, takie efektywne wdrożenie może nastąpić bardzo szybko.

### Techniki mało wymagające – monitorowanie temperatury

Pierwszą z technik mało wymagających jest monitorowanie temperatury, które prawie zawsze prowadzi się równoległe z monitorowaniem drgań, przede wszystkim wykorzystywane do pomiarów temperatury łożysk/węzłów łożyskowych, uzwojeń stojanów, a także uszczelnień w niektórych maszynach. Czasami z pomocą pomiaru temperatury określa się również naruszenie szczelności zaworów w sprężarkach tłokowych. Wyzwaniem było realizowanie pomiarów temperatury łożysk w ruszających się w maszynie węzłach łożyskowych (jak np. łożysk korbowodów



w sprężarkach tłokowych), natomiast problem ten został już skutecznie rozwiązany.

Na pomiary temperatury gromadzone przez za-instalowane na stałe czujniki należy patrzeć jednak z pewną rezerwą, bowiem nie w każdym przypadku brak zmienności trendu pomiaru jest równoznaczny z brakiem zmiany stanu technicznego. Dla przykładu może się zdarzyć, że sondy temperatury:

- umieszczone są w określonym miejscu promieniowego łożyska ślizgowego; jeśli w wyniku statycznych przeciążeń promieniowych (spowodowanych np. naruszeniem poprawności osiowania) dojdzie do przytarcia łożyska daleko od miejsca usytuowania czujnika – to fakt ten może być w systemie monitorowania niezauważony;
- nadzorujące temperaturę stojana mogą być zlokalizowane nie dość blisko miejsca, w którym z pewnych przyczyn elektrycznych pojawia się dodatkowe źródło ciepła;
- zainstalowane są w sposób dalece odbiegający od najlepszych praktyk inżynierskich i w konsekwencji gromadzone z nich pomiary słabo informują o zmianach stanu technicznego; najczęstsze błędy popełniane dla łożysk to instalacja czujnika: (a) w punkcie dalekim od miejsca statystycznie największego obciążenia łożyska, (b) daleko od powierzchni, na której wydziela się ciepło, (c) w sposób, jaki nie gwarantuje ciągłego kontaktu fizycznego między czujnikiem a powierzchnią, której temperatura jest monitorowana.

**RYS. 2**  
Przystawka FLIR ONE® Edge Pro współpracująca ze smartfonem [3]



Upowszechnia się również sprawdzanie stanu technicznego z pomocą termowizorów. Ich historia jest datowana w przybliżeniu na te same lata co zastosowanie drgań w celu oceny stanu technicznego<sup>2</sup>. Współcześnie termowizory umożliwiają szybkie i bezinwazyjnie stwierdzenie zmiany pola temperatury określonego fragmentu maszyny (np. wzrost temperatury pokrywy łożyskowej w konsekwencji grzania się łożyska), instalacji (np. wzrost temperatury na połączeniu kolejnych elementów rurociągów instalacji sprężonego medium będący efektem przedmuchu), połączeń elektrycznych (np. wzrost temperatury na terminalach łączących kable zasilające jako rezultat wzrastających luzów takiego połączenia).

Termowizory popularyzują się w UR, bowiem do wymienionych wyżej celów niekoniecznie muszą być wykorzystywane urządzenia wysokiej klasy i w konsekwencji kosztowne (tzn. urządzenia o wysokiej rozdzielczości). Od kilku lat na rynku dostępne są przystawki umożliwiające wykorzystanie w tym celu aplikacji na telefony komórkowe. Przykład takiego rozwiązania oferowany przez firmę TELEDYNE FLIR dla urządzeń inteligentnych z systemami iOS® i Android™ pokazano na rys. 2.

#### Techniki mało wymagające – monitorowanie oleju

Ważnym podsystemem większości maszyn jest układ smarowania. Jego podstawowymi zadaniami są: zmniejszenie oporu tarcia oraz odprowadzanie ciepła, którego wytwarzanie zawsze towarzyszy procesom ciernym. W niektórych przypadkach olej ma także zapewnić szczelność między współpracującymi powierzchniami. Stawiane czasami przed nim dodatkowe zadania to: oczyszczanie powierzchni trących oraz zabezpieczanie ich przed korozją.

Każdy system monitorowania oleju umożliwia śledzenie postępującego zaawansowania zużycia zarówno oleju, jak i majątku produkcyjnego dzięki temu, że dostarcza użytkownikowi ilościowych i jakościowych danych umożliwiających przeprowadzenie bieżących korekt mających na celu spowolnienie zużywania oraz planowanie niezbędnych działań w ramach UR. Natomiast wykorzystywanie systemu olejowej diagnostyki w czasie rzeczywistym zwiększa wrażliwość i skuteczność działania systemu UR, bowiem:

- niektóre pierwotne przyczyny wpływające na szybkie pogarszanie jakości oleju mogą pojawić się w krótkim czasie; w konsekwencji system diagnostyki On-Line będzie zdecydowanie bardziej wrażliwy na takie zdarzenia niż system diagnostyki Off-Line;
- dołączenie systemu diagnostyki oleju On-Line do nadrzędnego systemu wspomagania nadzoru stanu technicznego majątku produkcyjnego (w którym np. znajdują się już takie moduły, jak diagnostyka drganiowa, termowizja, ultradźwięki, etc.) będzie skutkowało wartością dodaną, bo-

Tapflo jest rodzinną firmą produkcyjną, założoną w 1980 w Kungälv, w Szwecji. Poprzez lata obecności na rynku organizacja rozwinęła się i przekształciła w globalną Grupę Tapflo. Obecnie Tapflo posiada własne oddziały oraz niezależnych dystrybutorów w niemal każdym zakątku Świata.

# POMPY I SYSTEMY NOWOCZESNE I BEZPIECZNE



PALIWA, BIOPALIWA  
I PETROCHEMIA



PRZEMYSŁ  
MECHANICZNY



PROCESY  
CHEMICZNE



OCZYSZCZALNIE ŚCIEKÓW



PRZEMYSŁ  
FARBIARSKI



PRZEMYSŁ  
PAPIERNICZY



OBRÓBKA  
POWIERZCHNI



CHEMIA GOSPODARCZA



Mieszadła Przemysłowe



Membranowe  
pneumatyczne



Wirowe tworzywowe  
ze sprzęgłem magnetycznym



Wirowe tworzywowe  
z uszczelnieniem mechanicznym



Wirowe pionowe



Wirnik  
stały



Wirnik  
składany



Wirnik typu  
„Kicker”



Procesowe wirowe ze sprzęgłem  
magnetycznym



Wysociśnieniowe  
membranowe

# MONITOROWANIE STANU OLEJU W CZASIE RZECZYWISTYM

## OBNIŻ KOSZT UTRZYMANIA RUCHU I ZWIĘKSZAJ NIEZAWODNOŚĆ

Rozwiązania wykorzystujące optyczną technikę pomiarową do monitoringu parametrów oleju smarowego i stanu technicznego maszyn krytycznych.

Cyfrowe, precyzyjne, łatwo dostępne w czasie rzeczywistym informacje ułatwiające podejmowanie decyzji.



### LICZNIK

Licznik cząstek i klasa czystości oleju (ISO / NAS)



### DEGRADACJA

Poziom degradacji oleju



### KSZTAŁT

Analiza kształtu cząstek



### WILGOĆ

Poziom zawartości wody





wiem pewne analityki (np. realizowane w ramach Uczenia Maszynowego dostępnego w ramach PRZEMYSŁU 4.0) mogą doprowadzić do formułowania konkluzji, które nie byłyby możliwe, gdyby pozostawać jedynie na płaszczyźnie analityk wykorzystujących dane gromadzone w systemie diagnostyki oleju.

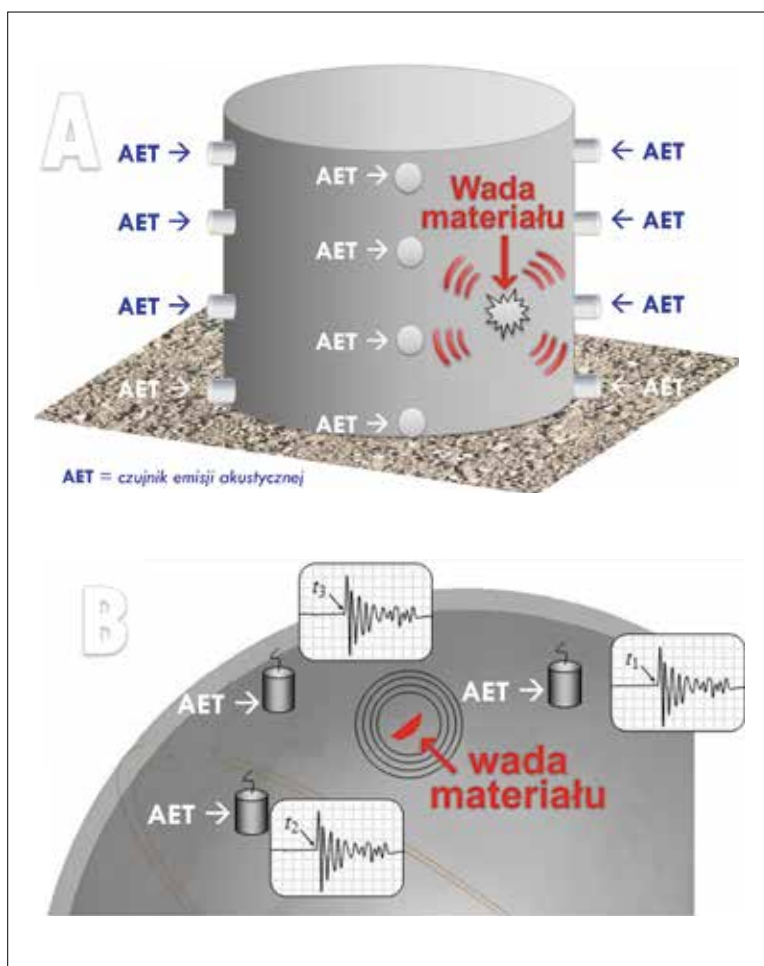
System On-Line będzie przyczyniał się do zwiększenia efektywności wykorzystania zarówno monitorowanego majątku produkcyjnego, jak i wykorzystywanych w tym celu smarów poprzez zwiększenie prędkości rozpoznawania zmian jakościowych oraz niesprawności w funkcjonowaniu. Daje to możliwość prowadzenia niezbędnych korekt i napraw we wcześniejszej fazie zaawansowania dewiacji niż to jest możliwe przy wykorzystywaniu systemu Off-Line. To zwiększenie reaktywności będzie minimalizować liczbę spóźnionych akcji służb UR i optymalizować czas wymaganych wymian oleju, a także prowadzić do wydłużenia czasu między remontami. W konsekwencji powoduje obniżenie zarówno kosztów operacyjnych, jak i UR, a także zwiększenie efektywności produkcji.

Wykorzystywanie systemów monitorowania oleju w czasie rzeczywistym jest szczególnie przydatne w następujących przypadkach dla obszaru O&G: monitorowanie urządzeń produkcyjnych, w tym m.in. agregatów sprężarkowych, pompowych oraz wykorzystywanych w ciepłej energetyce zakładowej, tzn. dla turbozespołów głównych, wybranych innych maszyn wirnikowych maszynowni oraz części kotłowej, transformatorów itp. Wymienione agregaty często wykorzystują przekładnie zębate. Monitorowanie oleju, szczególnie z punktu widzenia występujących w nim produktów zużycia, stanowi bardzo cenne uzupełnienie ich diagnostyki drganiowej – tym cenniejsze, im są to przekładnie wolniej obrotowe.

W serii publikacji rozpoczętej przez [4] omówiono szereg pomiarów, które wykonuje się dla olejów w reżimie On-Line i to nie tylko z punktu widzenia potrzeby określenia jego właściwości, ale także w celu lepszego monitorowania stanu technicznego majątku produkcyjnego, w którym ten olej jest używany.

Korzyści, jakie płyną z monitorowania stanu oleju, które winny być brane pod uwagę przy szacowaniu zwrotu nakładów inwestycyjnych, to m.in.: (i) zmniejszone zużycia olejów, (ii) zmniejszone zużycia energii, a także (iii) zmniejszenie odsetka wad produkowanych wyrobów.

Z praktyki wiadomo, że nie w każdym przypadku proces remontu maszyn został przeprowadzony poprawnie i w konsekwencji oddane do ruchu po remoncie maszyny nie charakteryzują się dobrym stanem technicznym. Podobnie jest z procesami obsługowymi. Systemy On-Line monitorowania oleju są wysoce pomocne w ocenie jakości zarówno remontów, jak i procesów obsługowych, bowiem natychmiast wychwytyują przypadki zanieczyszczenia nowego oleju



**RYS. 3**  
(A) Zbiornik monitorowany czujnikami emisji akustycznej i (B) triangulacyjna technika lokalizacji osłabienia konstrukcji

oraz inne uchybienia obsługowe, co także zapobiega przyspieszonemu uszkodzeniu majątku produkcyjnego.

### Techniki mało wymagające – monitorowanie akustyczne

Monitorowanie akustyczne jest realizowane w różnych pasmach częstotliwości. Rzadko jest to pasmo faktycznie akustyczne (do 20 kHz), choć okazjonalnie w przemyśle można znaleźć jego zastosowanie na rzecz wspomagania UR. Poza typowym pasmem akustycznym jest wykorzystywane pasmo ultradźwiękowe (typowo: 20-100 kHz) oraz tzw. emisji akustycznej (typowo 0,1-1 MHz, jednakże w zastosowaniu są systemy, które wychodzą poza podane wartości graniczne zarówno w niższe pasmo częstotliwości i pracują od 20...50 kHz, jak i w wyższe, tzn. aż do 100 MHz).

Pasmo ultradźwiękowe używające mikrofony jest techniką stosowaną od ponad 30 lat<sup>3</sup> i nie należy jej mylić z technikami NDT wykorzystującymi głowice ultradźwiękowe. Kontrola emisji ultradźwięków jest używana w różnych obszarach UR, poczynając od diagnostyki węzłów maszyn łożyskowych tocznie, poprzez kontrolę poprawności połączeń kabli zasilających silniki, kończąc na lokalizacji przecieków z instalacji sprężonego gazu<sup>4</sup>. Jedną z pozytywnych cech tej techniki jest dobra kierunkowość instru-

mentu i możliwość jej efektywnego wykorzystywania w warunkach wysokiego poziomu hałasu, który generowany w paśmie częstotliwości słyszalnych nie maskuje źródeł ultradźwięków. Te ostatnie są lokalne i na ogół nie są zakłócane.

Emisja akustyczna, stosująca jeszcze wyższe pasmo częstotliwości niż techniki ultradźwiękowe, służy przede wszystkim monitorowaniu integralności konstrukcji mechanicznych (SHM = Structure Health Monitoring), takich jak np. zbiorniki ciśnieniowe, rurociągi czy mosty.

Na rys. 3 pokazano ideę pomiaru na przykładzie zbiornika ciśnieniowego. Na rys. 3A widoczny jest zbiornik z macierzą czujników emisji akustycznej. Wada w ścianie zbiornika powoduje lokalne osłabienie konstrukcji. Ta z kolei skutkuje w poślizgach materiału w czasie wzrostu ciśnienia. Pojawiające się w czasie poślizgu szumy rozchodzą się w materiale i dochodzą do czujników emisji z różnym opóźnieniem czasowym (bowiem są różnie zlokalizowane w stosunku do wady), co pokazano na rys. 3B. Opóźnienie jest proporcjonalne do odległości wady od czujnika. Zróżnicowanie czasów  $t_i$  umożliwia lokalizację wady materiałowej z pomocą metod wykorzystywanych w triangulacji.

Emisja akustyczna jest stosowana w branży chemicznej od wczesnych lat 80. i dorobiła się kilku dobrych norm, które umożliwiają jej efektywne wykorzystywanie. O ile początkowo była ona aplikowana

dla wysokociśnieniowych zbiorników stalowych, to współcześnie jest także efektywnie stosowana dla zbiorników i rurociągów kompozytowych – tyle, że w tym przypadku niezbędne jest bardziej gęste rozstawienie czujników ze względu na większe tłumienie materiałów konstrukcyjnych skutkujące w szybszym wytłumieniu emitowanego w czasie poślizgów szumu.

### Przypisy

- <sup>1</sup> Przykład: w latach 90. zrealizowano wdrożenie systemu nadzoru dla grupy sprężarek krytycznych. Zaimplementowany system posiadał moduł systemu diagnostyki umożliwiający akwizycję danych w stanach transjentowych. Po ponad ćwierć wieku dla jednej z tych sprężarek (o mocy ~10 MW) zrealizowano retrofit (1-do-1) systemu monitorowania i zabezpieczeń oraz zaniechano retrofitu systemu diagnostyki. Pomiar z systemu monitorowania są transmitowane do systemu DCS. Wiadomo jednak, że co jest wystarczająco dobre dla pomiarów procesowych (prezentacja trendów pomiarów), jest dalece niewystarczające dla gromadzenia i wizualizacji danych mających wspomagać UR.
- <sup>2</sup> Pierwsza kamera telewizyjna czuła na podczerwień została opracowana przez węgierskiego fizyka Kálmána Tihanyi i wdrożona w 1929 roku jako element systemu obrony przeciwlotniczej w Wielkiej Brytanii.
- <sup>3</sup> Pierwsze badania prowadzone w Polsce z pomocą przyrządu Ultraprobe opracowanego przez UE Systems Inc[5] zostały zrealizowane przez Politechnikę Poznańską już na początku lat 90. Szacuje się, że od tamtego czasu wdrożonych zostało w Polsce kilkaset tego typu instrumentów. Natomiast wciąż są przedsiębiorstwa i miejsca na świecie, gdzie technika ta jest mało znana, np. energetyka w Indiach postrzega monitorowanie stanu technicznego w paśmie ultradźwiękowym (pasmo 20...100 kHz) jako „nową technikę”[6].
- <sup>4</sup> Tak więc w procesie rozpoznawania niektórych defektów technika ta stanowi alternatywę do omówionej wcześniej termowizji.
- <sup>5</sup> SMRP = Society for Maintenance & Reliability Professionals, czyli Towarzystwo Specjalistów ds. Utrzymania Ruchu i Niezawodności.

### Literatura

- [1] Mickiewicz A. Do młodości, Kraków, 26 grudnia 1820.
- [2] Bureau Veritas SMRP<sup>5</sup>, 2019.
- [3] <https://www.flir.eu/products/flir-one-edge-pro/>
- [4] Nowicki R., Monitorowanie olejów smarnych w czasie rzeczywistym (cz. 1 z. 4), SUR, Nr 4 2022, 60-66.
- [5] <https://www.uesystems.com/pl/product/ultraprobe-100/>
- [6] Naik R. P.: A New Method for Condition Monitoring, Reliable Plant, <https://www.reliableplant.com/Read/20554/ultrasonic-condition-monitoring> ■

W artykule wyspecyfikowano przyczyny wskazujące na słabe wykorzystywanie przez służby UR technik pozwalających na polepszenie wyniku finansowego przedsiębiorstwa (co usprawiedliwia określenie: zielonkawe UR) oraz omówiono takie techniki, które umożliwiają zwiększenie jego efektywności i nie wymagają wysoko kwalifikowanego personelu. W części drugiej artykułu, który opublikowany będzie w Chemii Przemysłowej 3.2023, omówione zostaną techniki wymagające nieco bardziej specjalizowanego personelu oraz zostaną wylistowane korzyści płynące z zielonego UR, tzn. takiego, które z jednej strony polepsza wynik finansowy przedsiębiorstwa, a z drugiej jest bardziej proekologiczne.

REKLAMA



@kierunekbmp

BUDUJEMY MOŻLIWOŚCI POROZUMIENIA





- Zawory membranowe DK/CP
- Zawory kulowe VKD, VXE i VEE
- Przepływomierze FLS
- Kształtki i rury FIP
- Dostępne materiały: PVC-U; PVC-C; PP-H; PVDF; ABS; PE

**60** lat  
doświadczenia

**Unikatowe rozwiązania**  
i potwierdzona **jakość.**

**+48 601 484 526**

**[przemysl.pl@aliaxis.com](mailto:przemysl.pl@aliaxis.com)**

Aliaxis Poland Sp. z o.o., ul. Energetyczna 6  
56-400 Oleśnica



Nasze produkty znalazły zastosowanie podczas budowy i modernizacji instalacji w wielu gałęziach przemysłu. Posiadamy doświadczoną kadrę inżynierów, konstruktorów i technologów.

Dla nas **NIE DA SIĘ** nie istnieje, podejmujemy się realizacji nawet najbardziej skomplikowanych zadań.

## Producent armatury przemysłowej od 1985 r.



- kurki kulowe
- kurki kulowe trójdrogowe
- kurki kulowe ogrzewane
- kurki kulowe metal-metal
- kurki kulowe teflonowane
- kurki kulowe odtłuszczone
- przezierniki i wzierniki



### ZAKRES ŚREDNIC

DN6 ÷ DN300  
NPS ¼" ÷ NPS 12"



### CIŚNIENIE

PN16 ÷ PN250  
CLASS150 ÷ 1500



### TEMPERATURA

-196°C ÷ +400°C

### MATERIAŁY

stale węglowe  
stale kwasoodporne  
stale specjalne



[www.andrex-vg.com](http://www.andrex-vg.com)



[biuro@andrex-vg.com](mailto:biuro@andrex-vg.com)



+48 17 785 28 93

# REMONTY ZBIORNIKÓW I RUROCIĄGÓW

Katarzyna Krasińska

rzecznik prasowy PERN

Strategiczne inwestycje PERN w infrastrukturę, takie jak nowe zbiorniki na ropę naftową i paliwa czy nowe rurociągi przesyłowe, to tylko jedna strona medalu. Równie ważna jest dbałość o istniejące już elementy, tak aby były ciągle sprawne i mogły zostać wykorzystane w energetycznej układance bezpieczeństwa.

**N**owe zbiorniki na ropę naftową i paliwa oraz nowe rurociągi przesyłowe to strategiczne inwestycje PERN, będące dziś jednym z fundamentów bezpieczeństwa energetycznego Polski. To kluczowy czynnik zwłaszcza po wybuchu wojny w Ukrainie. Dzięki inwestycjom, które firma realizuje od 2016 roku, możemy spać spokojnie, gdyż mimo sankcji na rosyjską ropę naftową i paliwa, nasza gospodarka może normalnie funkcjonować. Nie zapominamy jednak o elementach i instalacjach istniejących od lat, a służących do dziś.

## Czas inwestycji

W ciągu ostatnich sześciu lat pojemności na paliwa wybudowane przez PERN zwiększyły się aż o blisko 0,6 mln m<sup>3</sup>. Spółka wybudowała w tym czasie 20 nowych zbiorników paliwowych, w 2022 roku do eksploatacji trafiło siedem z nich. Jednocześnie pod koniec czerwca ubiegłego roku ruszyła budowa kolejnych ośmiu magazynów – pięć z nich już zostało zadaszonych, a pozostałe trzy, stawiane inną technologią, będą „rosnąć” razem z dachami.

Fot. PERN

## BLABO

Od 2019 roku PERN realizuje czyszczenie swoich zbiorników na ropę naftową za pomocą nowatorskiego rozwiązania – systemu BLABO. Jednym z głównych jego atutów jest bezpieczeństwo

## KONCENTRUJEMY SIĘ NA ROZBUDOWIE

– PERN jest kluczową spółką, która zawiaduje infrastrukturą krytyczną naszego kraju w zakresie ropy naftowej i paliw. W ostatnich latach koncentrujemy się na jej rozbudowie. Dzięki naszej pracy dziś Polska jest po bezpiecznej stronie i nie musi się obawiać zawirowań rynkowych w energetyce. Pamiętajmy jednak, że to, co zostało wybudowane wcześniej, wymaga naszej nieustannej uwagi, aby zarówno zbiorniki, jak i rurociągi wciąż pozostawały w optymalnym stanie, warunkując tym samym nasze bezpieczeństwo – podkreśla **Paweł Wysocki, dyrektor Pionu Technicznego PERN.**



Fot. PERN

Dzięki realizacji tej części projektu, PERN dostarczy klientom w tym roku kolejne 256 tys. m<sup>3</sup> nowych pojemności do magazynowania produktów naftowych. Firma oddała także do eksploatacji prawie 100 km odcinek rurociągu produktowego do Trzebnicy, wzmacniającego bezpieczeństwo energetyczne południa kraju.

W ostatnich latach o około 1 mln m<sup>3</sup> powiększyły się również pojemności PERN na ropę naftową, co istotnie ułatwia klientom dywersyfikowanie dostaw surowca. Firma zbudowała aż 13 zbiorników na surowiec – wszystkie u wybrzeża Bałtyku, bo to właśnie dostawy morskie są dzisiaj kluczem bezpieczeństwa energetycznego naszego kraju.

Dzięki wdrożeniu tej strategicznej wizji bezpieczeństwa energetycznego, Polska jest przygotowana na nieprzewidziane zdarzenia i zawirowania w dostawach surowca i paliw. Łącznie w skład krajowej infrastruktury naftowej, którą zawiaduje PERN, wchodzi 19 baz paliwowych o pojemności ponad 2,4 mln m<sup>3</sup> oraz cztery bazy ropy naftowej o łącznej pojemności ponad 4,1 mln m<sup>3</sup>.

### Istniejące zbiorniki i rurociągi w dobrych rękach

PERN posiada rozbudowaną strukturę znajdującą się na obszarze całej Polski, która składa się z rurociągów ropy naftowej, rurociągów produktowych, baz magazynowych ropy naftowej i baz magazynowych paliw. To ogromna sieć, wymagająca ciągłej troski o utrzymanie sprawności i jak najwyższej wydajności.

PERN przeznaczona pokaźne środki, by wywiązać się z tego zadania. W ubiegłym roku program remontów infrastruktury sięgnął 80 mln zł. Dotyczył on zarówno konserwacji zbiorników na ropę naftową i paliwa, ale także rurociągów, infrastruktury kole-

jowej, pompowni czy remontów instalacji i urządzeń przeciwpożarowych.

W tym roku wydatki na ten cel będą o 10 mln zł wyższe. Program remontowy na lata 2024-2025 realizowany jest konsekwentnie – mając głównie na względzie bezpieczeństwo infrastruktury spółki – i przewiduje coroczne koszty na poziomie 90-100 mln zł.

Z uwagi na różnorodność posiadanej infrastruktury i jej utrzymanie, planowanie programu remontowego wykonywane jest w oparciu o szereg dokumentów. Podstawowymi parametrami określającymi czynności utrzymaniowe prowadzone na poszczególnych składnikach infrastruktury technologicznej są instrukcje oraz uregulowania prawne. Na ich podstawie opracowuje się harmonogramy czynności serwisowych w zakresie utrzymania zapobiegawczego.

### Przepisy czuwają nad bezpieczeństwem

Zbiorniki paliwowe podlegają rewizjom zgodnie z okresami opisanymi w Rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 31 marca 2008 zmieniającego uregulowania prawne w sprawie warunków dozoru technicznego, jakim powinny odpowiadać zbiorniki beciśnieniowe i niskociśnieniowe przeznaczone do magazynowania materiałów ciekłych – zapalnych.

Obligatoryjnie zbiorniki podlegają badaniom określonym stanem technicznym – w szczególności rewizji wewnętrznej i zewnętrznej oraz próbie szczelności. Częstotliwości tych badań uzależnione są od wieku i typu zbiornika. Dla zbiorników naziemnych do 30 lat rewizja wewnętrzna i próba szczelności wykonywana jest co 10 lat, rewizja zewnętrzna – co 2 lata. Dla zbiorników naziemnych starszych: odpowiednio rewizja wewnętrzna i próba szczelności – co 6 lat, a rewizja zewnętrzna co roku.

Dla zbiorników podziemnych do 20 lat rewizja wewnętrzna i próba szczelności prowadzona jest co 10 lat, rewizja zewnętrzna – co 2 lata. Dla zbiorników podziemnych starszych odpowiednio rewizja wewnętrzna i próba szczelności – co 5 lat, rewizja zewnętrzna również co roku.

### Kiedy zbliża się czas na remont?

Zaklasyfikowanie zbiornika do remontu wynika z rezultatów wykonanych badań i rewizji oraz badań doraźnych prowadzonych ze względu na usterki. Zbiorniki na ropę podlegają rewizjom wynikającym z czasokresów opisanych w Rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 31 marca 2008 zmieniającego rozporządzenie w sprawie warunków dozoru technicznego, jakim powinny odpowiadać zbiorniki beciśnieniowe i niskociśnieniowe przeznaczone do magazynowania materiałów ciekłych zapalnych oraz Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 21 listopada 2005 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać bazy i stacje paliw płynnych, rurociągi przesyłowe dalekosiężne służące do transportu ropy naftowej i produktów naftowych i ich usytuowanie.



**NOWE ZBIORNIKI** na ropę naftową i paliwa to jedne z wielu strategicznych inwestycji PERN, będących fundamentem bezpieczeństwa energetycznego kraju. Na zdjęciu montaż dachu na zbiorniku w Nowej Wsi Wielkiej

Zbiorniki podlegają także legalizacjom co 10 lat – w przypadku zbiorników ropy naftowej wiąże się to z koniecznością ich wyczyszczenia i wejścia do wnętrza.

Obligatoryjnie zbiorniki podlegają badaniom okresowym stanu technicznego, w szczególności rewizji wewnętrznej i zewnętrznej oraz próbie szczelności. Częstotliwości tych badań uzależnione są od wieku i typu zbiornika – i tak dla zbiorników naziemnych do 30 lat rewizja wewnętrzna i próba szczelności wykonywana jest co 10 lat, rewizja zewnętrzna – co 2 lata. Dla zbiorników naziemnych starszych odpowiednio rewizja wewnętrzna i próba szczelności – co 6 lat, a rewizja zewnętrzna co roku.

#### System BLABO – bezpieczeństwo konserwacji zbiorników

Od 2019 roku PERN realizuje czyszczenie swoich zbiorników na ropę naftową za pomocą nowatorskiego rozwiązania, jakim jest system BLABO. To system ceniony przez operatorów infrastruktury na całym świecie, pozwalający na czyszczenie zbiornika z osadów, a także ich separację i odzysk węglowodorów na bardzo wysokim poziomie.

Jednym z głównych atutów tego systemu jest bezpieczeństwo. Dzięki automatyzacji udział pracowników w ramach zadania czyszczenia zbiornika został ograniczony do czynności porządkowych w końcowej części procesu. System spełnia wymogi standardów i dyrektyw ATEX, UL i CSA, a współpracujący z nim generator azotu przeciwdziała ryzykom zdarzeń niebezpiecznych poprzez intertyzację (redukcję zawartości

tłenu) gazem obojętnym, jakim jest azot. W przypadku przekroczenia poziomu tlenu w zbiorniku niezbędnego dla bezpiecznej pracy systemu, w sposób automatyczny zostaje ona wstrzymana. System jest modułowy (kontenerowy), co zapewnia mobilność, elastyczność dostosowania do istniejącej instalacji oraz możliwość konfiguracji wedle potrzeb i oczekiwań klienta.

”

W ubiegłym roku program remontów infrastruktury sięgnął 80 mln zł

#### Rurociągi to krwiobieg gospodarki

Rurociągi, które transportują ropę naftową i paliwa, są odpowiednikiem krwiobiegu w organizmie. Dzięki temu, że surowiec i produkty naftowe na czas docierają w wyznaczone miejsce, kierowcy na stacjach mogą tankować bez żadnych utrudnień.

Rurociągi także podlegają badaniom w terminach określonych w Rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 21 listopada 2005 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać bazy i stacje paliw płynnych, rurociągi przesyłowe dalekosiężne służące do transportu ropy naftowej i produktów naftowych oraz ich usytuowanie. ■



[WWW.PRAHER.PL](http://WWW.PRAHER.PL)



# DIAGNOSTYKA OGNIW PALIWOWYCH

dr inż. Łukasz Gawęł

Katedra Elektrochemii, Korozji i Inżynierii Materiałowej, Politechnika Gdańska

Rosnące zapotrzebowanie na zieloną energię elektryczną, ograniczenia związane z normami emisji spalin, większa świadomość ekologiczna społeczeństwa czy rozwój dolin wodorowych determinują fakt, że ogniwa paliwowe typu PEM stanowiąc będą ważne źródło energii elektrycznej w niedalekiej przyszłości.

Ogniwa paliwowe z membraną protonowymienianą (ang. PEM – *Proton Exchange Membrane Fuel Cells*) to rodzaj urządzeń elektrochemicznych, które przetwarzają wodór i tlen na energię elektryczną. Produktami tego procesu są jedynie woda

i ciepło jako produkty uboczne. Ogniwa paliwowe PEM są obiecującą technologią dla szerokiego spektrum zastosowań, od elektroniki przenośnej do generatorów energii stacjonarnej czy wykorzystanie ich w układach dynamicznych, jak automotive.



Fot. 123rf

**METODY  
DIAGNOSTYKI  
OGNIW  
PALIWOWYCH PEM**  
są wykorzystywane do oceny ich wydajności, trwałości i niezawodności oraz do identyfikacji i rozwiązywania problemów z ich komponentami lub podsystemami

Aby zapewnić wymaganą wydajność, trwałość i niezawodność ogniwa paliwowego PEM stosuje się różnorodne metody diagnostyki, pozwalające na ocenę jego zachowania w różnych warunkach pracy. Na poprawną pracę ogniwa paliwowego wpływa wiele różnych czynników, które przed komercjalizacją danego układu muszą zostać bezwzględnie zweryfikowane. Badania nad komponentami ogniwa paliwowego, wpływem jakości dostarczanego paliwa, temperaturą, ciśnieniem, odpowiednim nawilżeniem w układzie, wydajnością układu chłodzenia, jak i wielu innych parametrów pracy są kluczowe, by w pełni wykorzystać potencjał danej konstrukcji i zapewnić długotrwałą i bezpieczną pracę urządzenia.

#### Kilka poziomów diagnostyki ogniw paliwowych

Diagnostykę ogniw paliwowych można prowadzić na kilku poziomach. Pierwszy z nich dotyczy badań nad zdolnością katalityczną „serca” ogniwa, czyli zespołu elektrod membranowych (ang. MEA – *Membrane Electrode Assembly*), na którą składa się membrana polimerowa, materiał katalityczny oraz warstwa gazodifuzyjna.

Kolejny poziom dotyczy bezpośrednio konstrukcji samego ogniwa, rodzaju wykorzystanych do jego budowy materiałów, właściwej dystrybucji reagentów do MEA czy odprowadzenia wody.

Ostatnim poziomem są badania całego układu, czyli ogniwa wraz z podsystemami, odpowiadającymi

choćby za kontrolę temperatury układu czy właściwe doprowadzenie reagentów do ogniwa.

Każda z metod diagnostycznych ma swoje zalety i wady, a naukowcy i inżynierowie muszą dobrać prawidłowe metody diagnostyczne na podstawie swoich konkretnych celów badawczych i wymagań aplikacyjnych. Każdy z ośrodków naukowo-badawczych czy też zakładów komercyjnych dysponuje własnymi procedurami testowymi mającymi na celu uzyskanie interesujących ich właściwości. Należy również podkreślić, iż wybór pojedynczej metody nie pozwala uzyskać pełnego spektrum informacji dot. właściwości danego ogniwa czy stosu ogniw. W tym artykule zostaną przedstawione tylko niektóre z najczęściej stosowanych metod diagnostycznych w badaniach i rozwoju ogniw paliwowych PEM. Zostały one podzielone na dwie grupy badań wydajnościowych i wytrzymałościowych, jednakże w rzeczywistości są one często łączone i wykorzystywane naprzemiennie.

#### Testy wydajnościowe

Badania wydajnościowe są używane do oceny efektywności i wydajności ogniw paliwowych PEM w różnych warunkach pracy. Testy te mogą być stosowane do optymalizacji projektowanego MEA, w celu zwiększenia jego wydajności, a także do porównania wydajności różnych systemów ogniw paliwowych względem siebie. Pozwalają one również na identyfikację problemów dotyczących komponentów ogniwa czy też elementów podsystemu.

Istnieje kilka różnych rodzajów badań wydajnościowych, które są powszechnie stosowane do diagnostyki ogniw paliwowych typu PEM. Jednym z podstawowych typów są badania krzywej polaryzacyjnej. Polegają one na pomiarze spadku napięcia ogniwa paliwowego pod wpływem zmiany obciążenia, w różnych warunkach pracy ogniwa. Otrzymujemy tu spektrum informacji dot. zachowania ogniwa przy różnym obciążeniu oraz różnych parametrach pracy ogniwa, takich chociażby jak temperatura, ciśnienie gazów czy poziom nawilżenia membrany. W związku z powyższym, można zdefiniować i dobrać parametry pracy ogniwa paliwowego w zależności od obciążenia, pod jakim pracuje ogniwo, bądź też pod jaką wielkością mocy jest projektowane. Pozwala na optymalizację procesu, a co za tym idzie również na zmniejszenie kosztów i prawidłowe zaprogramowanie kontrolera układu, by ograniczać straty występujące w systemie.

Często wykorzystywaną techniką badawczą jest również elektrochemiczna spektroskopia impedancyjna (EIS). Metoda EIS polega na pomiarze impedancji ogniwa paliwowego poprzez pobudzenie układu sygnałem przemiennym o zmiennej częstotliwości. Ten rodzaj testów pozwala na identyfikację elementów ogniwa paliwowego ograniczających wydajność. Dzięki tej technice można zidentyfikować chociażby, czy problem z wydajnością występuje po stronie anody, katody czy też membrany. Można również uzyskać in-

formację, czy skutkiem spadku wydajności są ograniczenia dyfuzyjne, czy też katalizator uległ degradacji.

Niestety występują pewne ograniczenia dotyczące tej techniki. Podstawowym jest brak możliwości jej wykorzystania przy dynamicznych zmianach parametrów pracy. W związku z powyższym, podczas pomiaru trzeba zapewnić możliwie jak najbardziej stabilne warunki pracy. Jest to również technika skomplikowana pod względem interpretacyjnym. Wymaga ona posiadania od operatora odpowiedniej wiedzy i doświadczenia w tym zakresie.

Rozwinięciem tej klasycznej techniki impedancyjnej jest technika Dynamicznej Elektrochemicznej Spektroskopii Impedancyjnej (DEIS). Z powodzeniem została ona zaimplementowana do badań wydajnościowych ogniw paliwowych typu PEM przez naukowców z Politechniki Gdańskiej. Podstawową różnicą pomiędzy nią a techniką klasyczną jest sposób uzyskania danych. W przypadku techniki DEIS możliwym jest pomiar przy zmiennych warunkach pracy, dzięki czemu można obserwować zmiany zachowania poszczególnych komponentów ogniwa w trakcie jego dynamicznej pracy. Dzięki niej można między innymi badać zmiany dotyczące membrany, kinetyki reakcji, jakości dostarczanego paliwa czy aktywności katalizatorów. Poprzez analizę odpowiedzi impedancyjnej ogniw paliwowych w różnych warunkach pracy, naukowcy i inżynierowie mogą zidentyfikować ograniczenia lub problemy wydajności, które wpływają na efektywność i niezawodność technologii oraz opracować strategie poprawy jej parametrów.

Odpowiednie rozproszanie gazów reakcyjnych, jak i szybkość odprowadzenia produkowanej wody, jest równie istotnym badaniem wydajności ogniw paliwowych. W tym celu można wykonać badania szybkości gazów w warstwie dyfuzyjnej ogniwa pali-

wowego, która odpowiada za prawidłową dystrybucję substratów i produktów całej powierzchni elektrod. Równie ważnym testem jest badanie przenikalności gazów przez membranę protonowymienną.

”

Można zdefiniować i dobrać parametry pracy ogniwa paliwowego w zależności od obciążenia, pod jakim pracuje ogniwo, bądź też pod jaką wielkość mocy jest projektowane

Oprócz diagnostyki samego stosu czy pojedynczego ogniwa paliwowego, ważna jest również ocena komponentów systemów wspomagających działanie układu ogniwa paliwowego (ang. BoP – *Balance of Plant components*). System wspomagający obejmuje wiele podsystemów i komponentów, takich jak sprężarka powietrza, nawilzacze, systemy zarządzania wodą czy systemy zarządzania ciepłem, które są kluczowe dla utrzymania właściwych warunków pracy w stosie ogniwa paliwowego. Jednym z ważnych aspektów badań układów wspomagających jest ocena ogólnej wydajności i efektywności systemu. Polega to na pomiarze wydajności i sprawności układu ogniwa paliwowego jako całości, w tym komponentów BOP, w różnych warunkach pracy.

Testy wydajnościowe są *de facto* pierwszym etapem, który należy przeprowadzić w przypadku budowy i konstrukcji systemów ogniw paliwowych typu PEM. Kolejnym, niezbędnym krokiem są badania wytrzy-

REKLAMA

## Silniki przeciwwybuchowe ognioszczelne w klasie sprawności IE3 (E)cSTe(b) produkcji Celma Indukta S.A.



**Cantoni**  
GROUP  
www.cantonigroup.com

małościowe, dzięki którym można uzyskać informacje na temat zmian wydajności i trwałości ogniw w czasie eksploatacji.

### Testy wytrzymałościowe

Testy wytrzymałościowe są kluczowym elementem procesu diagnostyki i walidacji technologii ogniw paliwowych typu PEM. Służą one do oceny długoterminowej wydajności i niezawodności ogniw paliwowych w rzeczywistych warunkach pracy oraz do identyfikacji i możliwości rozwiązywania problemów z ich komponentami lub podsystemami, które nie występują na wczesnym etapie badań. Jest to szczególnie istotne dla zastosowań komercyjnych i przemysłowych, gdzie ogniom paliwowym są stawiane warunki zapewnienia niezawodnej pracy i bezpieczeństwa przez tysiące godzin.

”

Badania wydajnościowe są używane do oceny efektywności i wydajności ogniw paliwowych PEM w różnych warunkach pracy

Istnieje kilka różnych rodzajów testów wytrzymałościowych, które są powszechnie stosowane do oceny wydajności i niezawodności ogniw paliwowych PEM. Wśród nich znajdują się między innymi długoterminowe badania w stanie ustalonym. Polegają one na poddaniu ogniwa paliwowego stałemu obciążeniu prądowemu przez długi czas. Ten rodzaj testów służy do oceny długoterminowej stabilności i wytrzymałości ogniw paliwowych wykorzystywanych w układach stacjonarnych, gdzie najważniejsza jest praca w stanie ustalonym. Ponadto, można dzięki nim uzyskać informacje na temat najbardziej optymalnych warunków pracy danej konstrukcji, a co za tym idzie – informację na temat ewentualnej zmiany charakterystyki pracy urządzenia i wydajności w dłuższym okresie.

Kolejnymi badaniami wytrzymałościowymi ogniw paliwowych typu PEM są testy starzeniowe. Polegają one na poddaniu stosu ogniw paliwowych serii różnych cykli obciążenia przez dany czas. Cykle obciążenia można dostosować, aby symulować różne warunki pracy, takie jak praca w stanie ustalonym lub dynamiczne zmiany obciążenia. Można również zastosować chociażby specjalne cykle imitujące pracę rzeczywistego układu automotive, dzięki czemu obserwuje się degradację ogniw wykorzystywanych w układach dynamicznych. Warto tu również wymienić testy Start-Stop, które służą do oceny trwałości ogniw paliwowych w warunkach częstych uruchomień i wyłączeń, mogących powodować stres i degradację

elementów ogniw paliwowych. Badania Start-Stop są niezwykle istotne, gdyż pozwalają na identyfikację i rozwiązywanie problemów z komponentami (lub podsystemami) ogniw paliwowych, które mogą nie być widoczne podczas innych rodzajów testów. Ponadto testy cykliczne dotyczą również innych parametrów pracy ogniwa, nawilżenia ogniwa czy zmiany prędkości przepływu reagentów.

Innym ważnym aspektem są testy wytrzymałościowe urządzeń peryferyjnych. Głównym kierunkiem badań urządzeń BOP jest ocena trwałości i niezawodności samych ich komponentów. Polega to na poddaniu poszczególnych komponentów szeregowi różnych metod testowych, takich jak cykle termiczne, testy drgań i testy przyspieszonego starzenia, w celu symulacji rzeczywistych warunków pracy, z jakimi zetkną się one w ciągu całego okresu eksploatacji. Testując trwałość i niezawodność komponentów BOP inżynierowie mogą zidentyfikować ewentualne rodzaje uszkodzeń lub problemy, które wpływają na długoterminową wydajność i niezawodność układu ogniwa paliwowego jako całości.

Testy wytrzymałościowe są istotnym elementem procesu diagnostyki i walidacji układów ogniw paliwowych typu PEM. Korzystając z tych metod, naukowcy i inżynierowie mogą ocenić długoterminową wydajność i niezawodność ogniw paliwowych w realistycznych warunkach pracy po dłuższym czasie eksploatacji, a także zidentyfikować i rozwiązać ewentualne problemy z ich komponentami lub podsystemami, które mogą wystąpić w przyszłości. Jest to kluczowe dla rozwoju i optymalizacji technologii ogniw paliwowych oraz dla zapewnienia, że są one w stanie sprostać wymaganiom aplikacji komercyjnych i przemysłowych, w tym również wymaganiom bezpieczeństwa.

\*\*\*

Metody diagnostyki ogniw paliwowych PEM są niezbędnymi narzędziami do rozwoju i optymalizacji tej technologii. Wykorzystywane do oceny wydajności, trwałości i niezawodności ogniw paliwowych PEM oraz do identyfikacji i rozwiązywania problemów z ich komponentami lub podsystemami. W miarę jak technologia ogniw paliwowych PEM będzie się rozwijać, prawdopodobnie będą opracowywane nowe, ulepszone metody i procedury diagnostyki, umożliwiające uzyskanie potrzebnych informacji do poprawy wydajności i niezawodności tej technologii. Ponadto, w miarę jak rośnie zapotrzebowanie na rozwiązania czystej energii, technologie ogniw paliwowych PEM będą odgrywać coraz ważniejszą rolę w zaspokajaniu tego zapotrzebowania, co czyni rozwój i optymalizację metod diagnostycznych ogniw paliwowych PEM kluczowym obszarem badań i rozwoju. ■

## IP&S Sp. z o.o.

Firma **IP&S Sp. z o.o.** jest firmą inżynierską, działającą w dziedzinie automatyki przemysłowej, oferującą realizację dostaw, doradztwo techniczne, projektowanie a także montaż, serwis, uruchomienie i optymalizację w dziedzinach:

- ❑ *kompletnych, przemysłowych instalacji palnikowych*
- ❑ *instalacji zapłonowych i systemów automatyki palników przemysłowych*
- ❑ *systemów monitoringu zagrożeń gazowych*
- ❑ *systemów detekcji i zwalczania zagrożeń pożarowych*

Nasza Firma jest jedynym dystrybutorem w Polsce firm:



**FIREYE Inc.** z Derry, NH, USA, firmy produkującej w świecie w produkcji systemów dozoru płomienia dla palników przemysłowych



**FORNEY Corp.** z Carrollton, TX, USA, producenta wysokiej jakości palników przemysłowych, zapalarek elektrycznych i gazowych



**DETECTOR-ELECTRONICS Corp.** z Minneapolis, MN, USA, firmy produkującej w detekcji płomienia pożarowego, detekcji gazów oraz unikalnych systemach monitoringu zagrożeń dla instalacji o najwyższym stopniu niebezpieczeństwa



**AUTRONICA Fire and Security A.S.** z Trondheim, Norwegia, producenta systemów bezpieczeństwa pożarowego i gazowego dla przemysłu w tym petrochemicznego, przemysłu ropy i gazu - instalacji o wysokim stopniu zagrożenia a także Systemów Sygnalizacji Pożaru dla budynków i obiektów użyteczności publicznej, administracji publicznej oraz mieszkalnych



**GTE GmbH** z Niemiec oferującej system **ADICOS** do detekcji wczesnych faz pożarów, oparty o gazowe czujniki pożarowe typu **GSME** do detekcji wczesnych faz tlenia paliw organicznych np. węgla, oraz matrycowe czujniki temperatury IR typu **HOTSPOT** do monitorowania temperatury stref i urządzeń

**Firma nasza od wielu lat produkuje zapalarki gazowe i elektryczne urządzenia zapłonowe dla palników przemysłowych, sprzedawane na całym świecie.**

**Oferta IP&S jest skierowana głównie do przemysłu rafineryjnego i petrochemicznego, przemysłu wydobywczego, przesyłu i składowania ropy i gazu, do energetyki i ciepłownictwa a także do innych zakładów przemysłowych.**

**Mamy 28 lat doświadczenia w instalacjach palnikowych, a także w systemach detekcji zagrożeń gazowych i pożarowych w szerokim zakresie instalacji przemysłowych i cywilnych oraz wiele zrealizowanych instalacji w Polsce i na świecie**

**Wdrożyliśmy System Zarządzania Jakością zgodny z wymaganiami normy PN-EN ISO 9001: 2015, potwierdzony stosownym Certyfikatem**

**Ponieważ jesteśmy producentem urządzeń do stref zagrożonych wybuchem ATEX Ex, nasz System Zarządzania Jakością co roku jest audytowany przez GIG**



**IP&S Spółka z o.o.**

**05-082 Stare Babice, ul. Warszawska 77C**

**e-mail: [ipands@ipands.pl](mailto:ipands@ipands.pl); strona: <http://www.ipands.pl>**





## Tymczasowy najem mobilnych stacji uzdatniania wody w celu spełnienia szeregu zastosowań:

- Rozruchy, remonty, awarie
- Zmiana jakości wody surowej lub niedobory wody
- Odsalanie (RO), dejonizacja, redukcja żelaza lub manganu
- Redukcja ChZT, zawiesiny i innych

## Nasze Mobilne Technologie

- Filtracja • Odwrócona Osmoza • Dejonizacja • Odgazowywanie • Klaryfikacja • Zmiękczenie • Ultrafiltracja • DAF • Inne



**Wspieramy przemysł od ponad 25 lat. Skontaktuj się z nami, aby uzyskać więcej informacji:**  
**Email: [mws@nijhuisindustries.com](mailto:mws@nijhuisindustries.com)**  
**Web: [www.nsimobilewatersolutions.com](http://www.nsimobilewatersolutions.com)**

# TOLEROWAĆ USZKODZENIA

## Diagnostyka torów pomiarowych w układach sterowania

dr inż. Mariusz Pawlak

Instytut Elektroenergetyki, Politechnika Łódzka

W ostatnim czasie zauważyć można dynamiczny rozwój prac badawczych nad teorią oraz metodami projektowania układów automatyki odpornych na uszkodzenia różnego rodzaju. Szczególną grupę stanowią układy tolerujące uszkodzenia torów pomiarowych.

Niezawodna praca układów sterowania jest ważnym wyzwaniem dla dalszego rozwoju teorii i praktyki układów automatyki i diagnostyki. Stosowane są odpowiednie systemy diagnostyczne zapobiegające awariom.

Podstawowym celem układu diagnostycznego jest podwyższenie stopnia niezawodności urządzeń systemu automatyki. Oznacza to dążenie do osiągnięcia możliwie dużej wykrywalności oraz rozróżnialności uszkodzeń, przy zachowaniu jak najniższych kosztów.

W rozbudowanych instalacjach technologicznych w przemyśle chemicznym i wielu innych, pomimo stosowania elementów o dużej niezawodności nieuchronne są jednak uszkodzenia komponentów instalacji technologicznej, m.in. urządzeń pomiarowych dla systemów automatyki i zabezpieczeń. Powodują one znaczne i długotrwałe zakłócenia przebiegu procesu produkcyjnego, zmniejszające jego wydajność, a czasami prowadzą do zatrzymania procesu. Straty ekonomiczne w takich przypadkach są bardzo duże. Niektóre uszkodzenia prowadzą do stanów awaryjnych, zniszczenia instalacji technologicznej, skażenia środowiska naturalnego, a także mogą stanowić zagrożenie dla życia ludzi.

W systemach automatyki procesów przemysłowych do rozpoznawania stanów nienormalnych zazwyczaj służy moduł sygnalizacji alarmów, stanowiący

najprostszą wersję systemu diagnostycznego. Stosowane powszechnie sposoby wykrywania i sygnalizacji alarmów mają jednak wiele wad:

- duże opóźnienia wykrycia uszkodzenia,
- mała czułość, brak wykrycia małych odchyłek od normy,
- brak możliwości zdiagnozowania uszkodzeń ze względu na maskujące działanie układów regulacji,
- duża liczba alarmów sygnalizowanych w krótkim przedziale czasu, powodująca zjawisko przeciążenia informacyjnego operatorów,
- brak mechanizmów wnioskowania.

### WYKRYWANIE USZKODZEŃ

Zadaniem diagnostyki procesów przemysłowych jest wczesne wykrywanie i dokładne rozpoznawanie powstających uszkodzeń, wpływających negatywnie na pracę układu sterowania obiektem technologicznym

Fot. 123rf

### Wykrywanie i rozpoznawanie uszkodzeń

W ostatnim czasie można zauważyć dynamiczny rozwój prac badawczych nad teorią oraz metodami projektowania układów automatyki odpornych na uszkodzenia różnego rodzaju. Szczególnie zauważono systematyczny rozwój układów tolerujących uszkodzenia torów pomiarowych, m.in. układów FTC (Fault Tolerant Control). Układy tego rodzaju definiowane są jako układy regulacji, które potrafią tolerować uszkodzenia komponentów systemów oraz zapewnić stabilność i akceptowalny stopień wydajności nie tylko w stanach bez uszkodzeń, ale również przy błędnym działaniu składowych systemu. Zatem wyznacznikiem tolerancji uszkodzeń jest możliwość ciągłej pracy obiektu sterowania także w momencie wykrycia uszkodzenia.

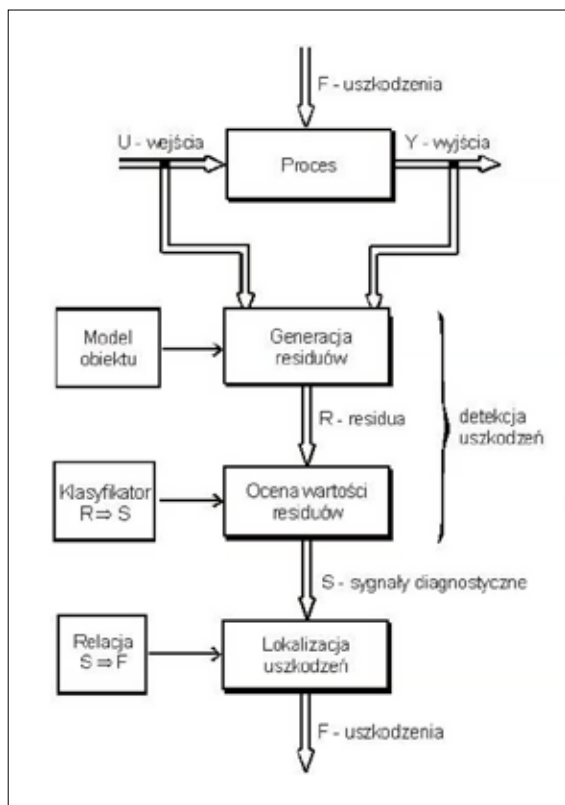
Modelowanie i wszelkiego rodzaju modele są często wykorzystywane w procesie diagnozowania wielu obiektów lub fragmentów instalacji technologicznej.

”

W trakcie projektowania układu FTC należy skupić się przede wszystkim na tolerancji uszkodzeń urządzeń wykonawczych i pomiarowych

Podstawą wielu znanych metod projektowania układów sterowania, diagnostyki i prognozowania jest znajomość modelu analitycznego wybranego fragmentu procesu technologicznego obiektu, tzw. modelu cząstkowego opracowanego na podstawie praw fizyki i związków przyczynowo-skutkowych. Niestety budowa takich modeli jest często wręcz niemożliwa albo uzyskane modele są niewygodne w zastosowaniu. Z kolei stosowanie modeli uproszczonych i niedokładnych uniemożliwia używanie redundancji analitycznej toru pomiarowego – może to prowadzić do generowania fałszywych diagnoz przez systemy diagnostyki. Dlatego też w systemach diagnostycznych są coraz powszechniej stosowane modele „sztucznej inteligencji”: modele rozmyte i sieci neuronowe lub połączenia obu technik, czyli rozmyte sieci neuronowe.

Zadaniem diagnostyki procesów przemysłowych jest wczesne wykrywanie i dokładne rozpoznawanie powstających uszkodzeń, rozumianych jako wszelkiego rodzaju zdarzenia wpływające negatywnie na pracę układu sterowania obiektem technologicznym. Podstawowymi etapami działań diagnostycznych jest detekcja i lokalizacja uszkodzeń. Na etapie detekcji na podstawie sygnałów sterujących i mierzonych, z wykorzystaniem modeli obiektu lub bez zastosowania modeli, wyznaczane są wartości sygnałów diagnostycznych, które niosą informacje o stanie obiektu.



RYS. 1

Schemat diagnostowania z wykorzystaniem modeli procesów

Symptodem uszkodzenia jest wystąpienie takiej wartości sygnału diagnostycznego, która świadczy o powstaniu uszkodzenia w kontrolowanej części obiektu. W fazie lokalizacji na podstawie bieżących wartości sygnałów diagnostycznych oraz znajomości związku między uszkodzeniami i wartościami sygnałów diagnostycznych wypracowywane są diagnozy, które wykrywają zaistniałe uszkodzenia.

### Układy regulacji tolerujące uszkodzenia torów pomiarowych

Idea projektowania systemów automatyki tolerujących uszkodzenia polega na budowie układu, który prowadzi na bieżąco diagnostykę elementów regulatora i rekonfiguracji jego struktury programowej i sprzętowej, po zlokalizowaniu uszkodzenia.

Znaczący postęp diagnostyki procesowej jest w głównej mierze spowodowany korzyściami materialnymi wynikającymi z jej zastosowania, co można zaobserwować śledząc osiągnięcia z tej dziedziny.

Układy diagnostyki dzięki wczesnemu wykryciu i zlokalizowaniu uszkodzenia mogą skutecznie przeciwdziałać ich negatywnym skutkom. Zapobiegnięcie krytycznemu uszkodzeniu zwykle pociąga za sobą duże oszczędności wynikające z braku (lub zmniejszenia czasu) przestoju awaryjnego. Co więcej, w skrajnych przypadkach uszkodzenia mogą powodować zagrożenie dla środowiska naturalnego, a nawet zdrowia lub życia ludzi.



## PODSTAWOWE CECHY UKŁADÓW FTC:



Fot. Zasoby własne autora

- aktywne układy FTC wymagają zaawansowanej diagnostyki on-line,
- stosowana jest rekonfiguracja on-line układu regulacji,
- zamiast nadmiarowości sprzętowej w układach FTC stosowana jest redundancja analityczna,
- skuteczność układu FTC zależy silnie od czasu wypracowania diagnozy, dlatego istnieje potrzeba realizacji algorytmu diagnostycznego w jednostce sterującej,
- efekty stosowania FTC to zwiększenie bezpieczeństwa,
- dzięki systemom FTC zwiększa się niezawodność,
- redukcja strat w stanach z uszkodzeniami.

Podstawowym celem układu diagnostycznego jest podwyższenie stopnia niezawodności urządzeń systemu automatyki. Oznacza to dążenie do osiągnięcia możliwie dużej wykrywalności oraz rozróżnialności uszkodzeń przy zachowaniu jak najniższych kosztów.

W systemach diagnostycznych wykorzystywane są modele cząstkowe obiektu sterowania w celu diagnozowania m.in. torów pomiarowych. Schemat takiego układu jest przedstawiony na rys. 1. Dzięki wprowadzeniu modeli można zastosować analityczną redundancję torów pomiarowych. Redundancja analityczna toru pomiarowego występuje wówczas, gdy dodatkowa wartość zmiennej obiektowej jest uzyskiwana na podstawie modelu matematycznego wiążącego wyliczoną zmienną z innymi mierzonymi sygnałami.

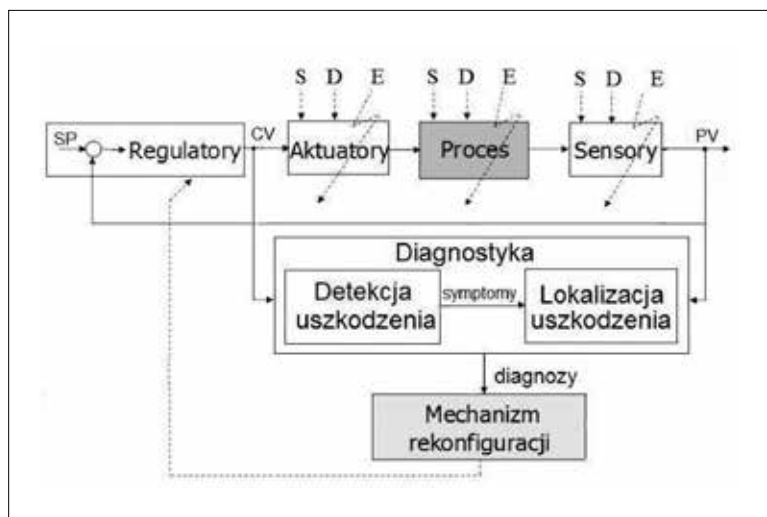
Wykorzystanie diagnostyki procesowej w dzisiejszych czasach jest znacznie prostsze z uwagi na powszechność stosowania rozproszonych systemów sterowania DCS, jak również systemów monitoringu procesu SCADA. Systemy te umożliwiają m.in. akwizycję danych potrzebnych do stworzenia residuów, jak i późniejszą implementację algorytmów detekcji, lokalizacji i identyfikacji uszkodzeń.

Systemy Fault Tolerant Control (układy regulacji tolerujące uszkodzenia, FTC) w porównaniu do konwencjonalnych układów diagnostyki są stosunkowo nowym rozwiązaniem. Definiuje się je jako układy regulacji, które potrafią tolerować uszkodzenia komponentów systemów oraz zapewnić stabilność i akceptowalny stopień wydajności nie tylko w stanach bez uszkodzeń, ale również przy błędnym działaniu składowych systemu. Zatem wyznacznikiem tolerancji uszkodzeń jest możliwość ciągłej pracy obiektu sterowania, także w momencie wykrycia uszkodzenia, zwłaszcza układów regulacji dla skomplikowanych instalacji w przemyśle chemicznym.

Linii technologicznych w zakładach chemicznych nie należy traktować, pod względem niezawodnościowym, jako obiekt dwustanowy: zdalny/niezdalny do pracy. Przede wszystkim występują tam tzw. awarie częściowe, które nie powodują konieczności natychmiastowego wyłączenia wszystkich urządzeń.

Układy FTC dzieli się zasadniczo na układy aktywne (AFTC) oraz pasywne (PFTC). W podejściu PFTC układ toleruje jedynie niektóre z uszkodzeń, które w trakcie projektowania zostały uznane za najbardziej krytyczne. Układ typu PFTC kompensuje przewidziane uszkodzenia bez bieżącej informacji na ich temat. Przez to posiadają one niewielką tolerancję uszkodzeń. Wśród głównych cech systemów PFTC można wyróżnić: wrażliwość tylko na niektóre uszkodzenia, wykorzystywanie redundancji sprzętowej oraz bardziej zachowawcze działanie.

Z uwagi na brak możliwości zmiany lub powiększenia liczby urządzeń poprzez wprowadzenie redundancji sprzętowej, częściej używane są układy typu AFTC. Ich zasadniczym wyróżnikiem jest stosowanie



**RYS. 2**  
Zasada działania aktywnego układu FTC (SP – wartości zadane, CV – sygnały sterujące, PV – zmienne procesowe, E – uszkodzenia, D – zakłócenia, S – szumy pomiarowe)

zarówno redundancji sprzętowej (o ile jest dostępna) oraz analitycznej. Dzięki temu, takie układy są w stanie tolerować także uszkodzenia nieprzewidziane na etapie projektowania systemu. Układy AFTC kompensują uszkodzenia poprzez wybór jednego z wcześniej zaprojektowanych układów regulacji lub poprzez syntezę nowego układu regulacji w czasie rzeczywistym. Oba podejścia wymagają zastosowania detekcji oraz lokalizacji uszkodzeń oraz rekonfiguracji systemu. Tego rodzaju układy regulacji cechuje użycie redundancji analitycznej, wykorzystanie metod detekcji i lokalizacji uszkodzeń, zastosowanie modeli cząstkowych obejmujących wybrany fragment instalacji, dopuszczanie zmniejszenia wydajności w czasie trwania uszkodzenia.

W trakcie projektowania układu FTC należy skupić się przede wszystkim na tolerancji uszkodzeń urzą-

dzeń wykonawczych i pomiarowych. Dzięki układom FTC w przypadku uszkodzenia układ automatyki dostosowuje swoją strukturę w celu zniwelowania wpływu danego uszkodzenia. W szczególności tor pomiarowy może zostać np. zastąpiony przez pomiar redundantny (także z zastosowaniem wirtualnych sensorów). Innym rozwiązaniem może być również zmiana samej struktury układu regulacji, np. z kaskadowego na jednoobwodowy.

Zasadniczą trudnością w trakcie projektowania układu tolerującego uszkodzenia jest stworzenie algorytmów zachowania się układu regulacji dla każdego z uszkodzeń. Dochodzą do tego również trudności charakterystyczne także dla konwencjonalnych układów diagnostyki, takich jak: opóźnienia symptomów, uszkodzenia wielokrotne czy błędne diagnozy. Szczególną uwagę należy zwrócić na uodpornienie systemu na błędne diagnozy, które mogą spowodować zmianę struktury układu regulacji i pogorszyć wydajność systemu w stanie bez uszkodzenia.

\*\*\*

Dzięki zastosowaniu aktywnych układów tolerujących uszkodzenia torów pomiarowych następuje skrócenie czasu diagnostyki, co wpływa na zmniejszenie czasu postoju instalacji technologicznej, a tym samym powoduje podwyższenie wartości współczynnika dyspozycyjności. W praktyce w systemach automatycznych czas diagnostyki dla torów pomiarowych jest bardzo szybki. Natomiast w przypadku uszkodzeń, które są tolerowane przez układy regulacji, czas automatycznie realizowanej rekonfiguracji zostaje skrócony nieomal do zera. Dzięki temu można uzyskać wskaźnik gotowości układu równy w przybliżeniu 1. ■

REKLAMA

# Mezap

Grupa Mostostal Puławy



**Zakład Budowy Aparatury i Remontów Specjalistycznych MEZAP Sp. z o.o. powstał w 1993 r. Spółka wchodzi w skład grupy – Mostostal Puławy S.A.**

Główny zakres produkcji stanowi wykonawstwo, modernizacja i naprawa aparatury i urządzeń dla przemysłu chemicznego, petrochemicznego i energetycznego, tj:

- zbiorniki ciśnieniowe i walczaki,
- kotły wodne i parowe,
- wymienniki ciepła płaszczowo - rurowe,
- reaktory, aparatury kolumnowe,
- mieszalniki, wyparki, separatory.

**Ponadto wykonujemy:**

- obróbkę skrawaniem,
- obróbkę cieplno-chemiczną,
- usługi antykorozyjne,
- przeglądy i remonty urządzeń dźwignicowych, wózków widłowych i wag,
- zawiesia z lin stalowych.

Działalność swoją opieramy na uprawnieniach i przepisach polskiego Urzędu Dozoru Technicznego (UDT), niemieckiego Technischer Überwachungs-Verein (TÜV), europejskich norm EN- 13445, EN-12952 i Dyrektywy PED 2014/68/UE oraz amerykańskiego The American Society of Mechanical Engineers (ASME). Posiadamy zintegrowany system zarządzania zgodny z wymogami norm PN-EN ISO 9001:2015, PN-EN ISO 14001:2015, PN-ISO 45001:2018, który daje dodatkową gwarancję dobrej jakości naszych wyrobów i usług.

**Zakład Budowy Aparatury i Remontów Specjalistycznych MEZAP Sp. z o.o.**

**24-110 Puławy, ul. Ignacego Mościckiego 10  
tel. (081) 473 15 30, fax (081) 473 15 31  
e-mail: info@mezap.pl, www.mezap.pl**





# ENERGETYCZNY ASPEKT UTRZYMANIA RUCHU

Rafał Rutkowski

Danfoss

Zmieniające się ceny energii elektrycznej wpływają na duże zakłady produkcyjne i stanowią kolejny argument za unowocześnianiem infrastruktury i optymalizacją wewnętrznych procesów, również tych z zakresu utrzymania ruchu.

Obecna sytuacja przyspieszyła proces zwiększania efektywności energetycznej, na którą Unia Europejska konsekwentnie zwraca uwagę w realizowanej od lat polityce. Wprowadzenie klasyfikacji i norm dotyczących sprawności silników oraz ustanowienie ogólnych zasad ich projektowania w taki sposób, by zmniejszać oddziaływanie na środo-

wisko przy zachowaniu funkcjonalności, wyznaczyło kierunek zmian dla całego przemysłu.

## Rola przetwornic częstotliwości

Wiele zakładów w krótkim czasie „zderzyło się jednak ze ścianą” na skutek braku dalszych możliwości znaczącego podwyższania sprawności silników.

Walka o ułamki procenta była dalece nieefektywna, dlatego kolejne przedsiębiorstwa zaczęły przyglądać się potencjałowi stosowania przetwornic częstotliwości. Wynika to z prostego faktu, że dużo większe przełożenie na efektywność i oszczędności ma zmniejszanie obrotów silnika w maszynach wirowych, jak pompy czy wentylatory, zamiast wysterowywania silników bezpośrednio z sieci na 100% i sterowania przepływem poprzez jego dławienie zaworami bądź przepustnicami.

Badania przeprowadzone przez Danfoss pokazują, że już 10% redukcja prędkości zmniejsza zużycie energii o jedną trzecią, a spowolnienie o połowę prowadzi do oszczędności na poziomie 80%. W sytuacji, kiedy dużą część energii elektrycznej konsumują silniki elektryczne, a większość napędów AC jest stosowana w pompach, wentylatorach i sprężarkach, rola przetwornic częstotliwości jako narzędzia do zmniejszenia zużycia energii elektrycznej zauważalnie wzrosła.

”

Prawidłowo funkcjonujący system CBM może zapewnić oszczędności na poziomie 8-12% w stosunku do tradycyjnych programów utrzymania ruchu

### Monitorowanie stanu urządzeń

Obecnie przetwornice pełnią również funkcje inteligentnych czujników, które w trybie ciągłym zbierają dane o procesie i stanie urządzeń, a tym samym wpisują się w konserwację predykcyjną. Dzięki otrzymywanym z wyprzedzeniem informacjom przedsiębiorstwa zapobiegają kosztownym przestojom i niespodziewanym awariom. Ponadto, jak wskazują źródła, monitorowanie stanu urządzeń (Condition-Based Monitoring, CBM) może przynieść również korzyści w zakresie zmniejszenia kosztów utrzymania ruchu nawet o 30%, skrócenia przestoju o 45% i poprawy efektywności o jedną czwartą.

Jak pokazują przykłady zastosowania Condition-Based Monitoringu w zakładach przemysłowych, taki system może wspierać specjalistów dbających o utrzymanie ruchu w wykrywaniu na wczesnym etapie zanieczyszczenia filtrów, niewyważenia wałów, pęknięć wirnika czy uszkodzeń uzwojeń. Wszystkie te zbierane i przechowywane dane mogą być również z powodzeniem wykorzystane w procesie analizy linii produkcyjnych i jako fundament poprawy ich wydajności.

Nie sposób przy tym zapomnieć, że miliony silników na całym świecie działają obecnie bez zabez-



Fot. Danfoss

### STRATEGIA KONSERWACJI

Coraz więcej organizacji sięga po rozwiązania konserwacji opartej na stanie urządzeń, a więc zmniejszające awaryjność i koszty, a także dostarczające danych niezbędnych do poprawy efektywności

pieczeń. Dodanie przetwornicy z oprogramowaniem pozwalającym na zaimplementowanie Condition-Based Monitoringu zapewnia stałą kontrolę jego parametrów, optymalizację pracy i zużycia energii, jak również integrację z czujnikami ciśnienia, przepływu lub temperatury.

\*\*\*

Condition-Based Monitoring to dzisiaj świadomy wybór przemysłu, który nie tylko chce spełniać normy i zwiększać efektywność energetyczną, ale też praktycznie korzystać z nowych możliwości technologicznych, by optymalizować procesy i lepiej gospodarować zasobami. Konserwacja predykcyjna to ku temu sprawdzony sposób, bo jak pokazują dane, prawidłowo funkcjonujący system CBM może zapewnić oszczędności na poziomie 8-12% w stosunku do tradycyjnych programów utrzymania ruchu. Trudno o lepsze zobrazowanie słynnego już w jednej branży zdania: „najtańszą energią jest energia niewykorzystana”. ■



**SPRZEDAŻ I SERWIS POMP  
UTRZYMANIE RUCHU**



## **Indar**

*Ingeteam Group*

POMPY · AGREGATY GŁĘBINOWE

## **caprari**

pumping power

POMPY · ZESPOŁY POMPOWE

## **Dewater**

PRASY FILTRACYJNE

### NASZE USŁUGI

- serwisy gwarancyjne i pogwarancyjne
- remonty kapitalne z dostawą nowych części
- pomiary elektryczne
- modernizacje na urządzeniach
- przewajanie i suszenie silników elektrycznych
- obróbka strumieniowo-ścierna z antykorozją
- obróbka mechaniczna
- utrzymanie ruchu na powierzonym zakładzie
- osiowanie zespołów wirujących
- przygotowanie dokumentacji odtworzeniowej



+48 (32) 726 36 01



biuro@flowcontrol.com.pl  
serwis@flowcontrol.com.pl



ul. Pszczyńska 106,  
43-175 Wiry

# GRUPA AZOTY POLICE SERWIS POSZUKUJE PRACOWNIKÓW

## Grupa Azoty Police Serwis

Grupa Azoty Police Serwis sp. z o.o. planuje w najbliższym czasie zatrudnić około 100 specjalistów z branży elektrycznej, automatycznej i mechanicznej.

Grupa Azoty Police Serwis sp. z o.o. specjalizuje się w pracach serwisowych, remontowych, montażowych, inwestycyjnych, a także w świadczeniu usług utrzymania ruchu w zakresie automatyki, elektryki, mechaniki na rzecz Grupy Azoty i innych klientów zewnętrznych.

Spółka powstała w wyniku restrukturyzacji Zakładów Chemicznych „Police” S.A. W 2002 roku zostały utworzone trzy spółki remontowe: Remech Grupa Remontowo-Inwestycyjna Sp. z o.o., Automatyka Sp. z o.o. oraz Centrum Sp. z o.o. W czerwcu 2015 roku, w wyniku połączenia, powstała Grupa Azoty Police Serwis Sp. z o.o., zatrudniająca obecnie ponad 640 pracowników.

### Nowe wyzwania czekają

Od 20 lat spółka, jako profesjonalne przedsiębiorstwo remontowo-serwisowe, świadczy usługi utrzymania ruchu na rzecz m.in. Grupy Azoty Zakłady Chemiczne „Police” S.A.

We wrześniu 2022 roku Grupa Azoty Police Serwis sp. z o.o. zawarła umowę dotyczącą utrzymania ruchu z Grupą Azoty Polyolefins S.A. W związku z kontynuacją dotychczasowych projektów oraz ambitnym planem realizacji nowych wyzwań obecnie prowadzona jest rekrutacja na stanowiska związane z utrzymaniem ruchu, remontami, inwestycjami na terenie Grupy Azoty Zakłady Chemiczne „Police” S.A. oraz Grupy Azoty Polyolefins S.A.

### Oferta pracy dla 100 specjalistów

Grupa Azoty Police Serwis sp. z o.o. planuje zatrudnić w najbliższym czasie około 100 osób: specjalistów z branży elektrycznej, automatycznej, mechanicznej. Poszukiwani są pracownicy techniczni z wykształceniem zawodowym, średnim i wyższym, m.in. specjalista ds. elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeń, elektryk, elektromonter, automatyk, automatyk ds. pomiarów fizykochemicznych, mechanik, diagnosta maszyn wirujących, spawacz, ślusarz.



Spółka zapewnia stałe i stabilne zatrudnienie na umowę o pracę, atrakcyjne warunki wynagrodzenia, w tym system premiowy, dodatki (m.in. zmianowy i szkodliwy), bogaty pakiet socjalny – m.in. dofinansowanie do wypoczynku, pakiet usług medycznych, Pracowniczy Program Emerytalny finansowany przez pracodawcę, 10 dni dodatkowo wolnych od pracy w każdym roku kalendarzowym (poza urlopem wypoczynkowym), a także dofinansowanie do szkoleń i studiów. Firma współpracuje ze średnimi szkołami technicznymi oraz wyższymi uczelniami w Szczecinie, oferując staże i praktyki zawodowe.

Każdy pracownik ma szansę na rozwój i zdobycie unikalnego doświadczenia na nowoczesnych instalacjach przemysłowych oraz na udział w specjalistycznych szkoleniach między innymi w ramach realizacji projektu „Polimery Police”.

Oferty pracy zamieszczone są na stronie internetowej spółki Grupa Azoty Police Serwis pod adresem: [policenserwis.grupaazoty.com/kariera/oferty-pracy](https://policenserwis.grupaazoty.com/kariera/oferty-pracy).

Zapraszamy do współpracy. ■

We wrześniu 2022 roku Grupa Azoty Police Serwis sp. z o.o. zawarła umowę dotyczącą utrzymania ruchu z Grupą Azoty Polyolefins S.A.



# OGRANICZYĆ PRZESTOJE, MINIMALIZOWAĆ BŁĘDY, POPRAWIĆ EFEKTYWNOŚĆ

Piotr Bonarski

Katedra Systemów Zarządzania i Rozwoju Organizacji, Politechnika Wrocławska

Świat Industry 4.0 wkracza na dobre do fabryk i zakładów. Jednym z nowych rozwiązań dla przemysłu może być eLean – TPM Autonomus Maitenance.

Rozwiązania rozszerzonej rzeczywistości, kobotów, internetu rzeczy czy big data pomagają w codziennym funkcjonowaniu w przemyśle. Coraz więcej firm próbuje także wykorzystywać zdobycze nowoczesnych technologii, by wspomagać się w obszarach związanych ze znużonym wypełnianiem dokumentów, ich analizą oraz wdrażaniem usprawnień wynikających z tych dokumentów. Jednym z rozwiązań, jakie

zostało opracowane przez firmę Industrial Support oraz uczelnię Collegium Witelona Uczelnia Państwowa z Legnicy, jest wykorzystanie technologii we wsparciu operatora produkcji w realizacji zadań z dziedziny TPM Autonomus maintenance (AM). Jednak czym jest TPM? W jakim zakresie Autonomus Maitenance jest realizowane w firmach? Czy zastosowanie eLean rzeczywiście wspiera TPM-AM wykonywany przez pracownika?



## Czym jest TPM?

Jednym z kluczowych narzędzi Lean Manufacturing jest TPM. Dzięki zastosowaniu rozwiązań proponowanych w tym narzędziu można osiągnąć maksymalną wydajność urządzeń produkcyjnych – kluczowym jest zaangażowanie wielu pracowników w proces utrzymania ruchu. TPM umożliwia sprawną i bieżącą diagnostykę, która często wymaga monitorowania szeregu parametrów, a jest szczególnie ważna

z punktu widzenia eksploatacji elementów maszyn i urządzeń oraz ciągłości procesów produkcyjnych.

Podstawowym celem TPM jest ograniczenie przestoju sprzętu, minimalizowanie błędów i poprawa ogólnej efektywności sprzętu (wykazywana przez kluczowy wskaźnik efektywności – OEE) poprzez zaangażowanie wszystkich pracowników w proces konserwacji. Skłania to operatorów do wzięcia odpowiedzialności za konserwację i odpowiednie wykorzystanie – eksploatację sprzętu oraz zapewnienie im niezbędnych do tego umiejętności i wiedzy. TPM zakłada strategię zero strat, zero przestoju, zero marnotrawstw, zero wypadków i wysokie morale zespołu.

Kluczowe elementy TPM pokazano w ramce.

Podsumowując, TPM to kompleksowe podejście do konserwacji maszyn i urządzeń oraz poprawy produktywności, które obejmuje wszystkich w organizacji: od najwyższego kierownictwa po pracowników bezpośrednio pracujących na hali produkcyjnej. Wspierając kulturę ciągłego doskonalenia oraz dając pracownikom możliwość przejmowania odpowiedzialności za swój sprzęt, TPM prowadzi do poprawy niezawodności, zwiększenia produktywności i rozwoju jakości eksploatowanego sprzętu technicznego.

### KLUCZOWE ELEMENTY TPM:

Fot. 123rf



- Autonomiczne utrzymanie ruchu zwane także niezależną konserwacją: operatorzy są szkoleni w zakresie prowadzenia prostych i rutynowych zadań konserwacyjnych, np. czyszczenie, przeglądy, smarowanie. Wykonywanie tych codziennych czynności w dużej mierze zapobiega awariom sprzętu i zmniejsza zapotrzebowanie na zewnętrzne serwisy czy wsparcie służb utrzymania ruchu.
- Specjalistyczne utrzymanie ruchu lub też planowana konserwacja: czynności konserwacyjne planuje się z wyprzedzeniem, w celu zminimalizowania przestoju i optymalizacji zasobów konserwacyjnych. Są wykonywane przez przeszkolony i zaopatrzone w odpowiednie narzędzia zespół specjalistów techników i inżynierów z odpowiednich dziedzin, tj.: elektryka, mechanika, automatyka, mechatronika czy inne.
- Utrzymanie jakości: jako element eliminowania wad produktu powstającego na maszynie czy urządzeniu. Takie błędy czy braki powstają przez pracę na wadliwym lub niesprawnym sprzęcie. Zadaniem TPM – Quality Maintenance jest także zapobieganie ponownemu występowaniu wad w celu poprawy jakości produktów i zmniejszenia ilości odpadów.
- Szkolenia i rozwój: pracownicy powinni podnosić swoje kwalifikacje, chcąc sprostać wymaganiom rynku. Powinni być szkoleni i rozwijani, aby skutecznie wykonywać swoją pracę oraz stale podnosić umiejętności i wiedzę.
- Udoskonalanie sprzętu: to jeden z kluczowych elementów TPM, jakim jest rozwój techniki. Cel to ciągła poprawa niezawodności, łatwości konserwacji i operatywności sprzętu, by zwiększyć wydajność i obniżyć koszty.

”

TPM umożliwia sprawną i bieżącą diagnostykę, która często wymaga monitorowania szeregu parametrów

### W jakim zakresie Autonomus Maintenance jest realizowane w firmach?

Autonomiczne utrzymanie ruchu to podstawowy element funkcjonowania narzędzia Lean Manufacturing – odchudzonego wytwarzania, jakim jest TPM. Często Autonomus Maintenance jest utożsamiane z całym TPM, czyli kompleksowym produktywnym utrzymaniem maszyn i urządzeń w ruchu (Total Productive Maintenance). Zadania stawiane przed AM są jednak sprowadzone do prostych i rutynowych rzeczy, w których specjalistyczna wiedza i umiejętności oraz stosowne uprawnienia nie są wymagane. Operatorzy powinni jedynie zostać przeszkoleni z wykonywania tych prostych zadań konserwacyjnych i wykonywać je zgodnie z zadanymi, zalecanymi przez producentów czy służby utrzymania ruchu, częstotliwościami. W praktyce jednak realizowanie tych codziennych czynności nie jest tak oczywistą kwestią, a konsekwencje złego wykonywania zadań autonomicznego utrzymania ruchu objawiają się w awariach, długotrwałych przestojach i przede wszystkim w erozji urządzenia, w którym codzienna konserwacja zawiodła.

Główne problemy, z jakimi można spotkać się podczas wdrażania, a następnie operowania narzędziem TPM AM, to brak konsekwencji i samodyscypliny w wykonywaniu w odpowiednich czasookresach rutynowych zadań. Zaniedbanie sprawdzenia stanu oleju, utrzymania odpowiedniego ciśnienia w układzie pneumatycznym czy hydraulicznym lub naciągu łańcucha w przekładniach albo wycieku oleju ze zbiornika w konsekwencji może doprowadzić do uszkodzeń, nieodwracalnych zmian (np. rdzewienia) czy awarii. Kierownictwo chcąc kontrolować zakres wykonywanych czynności, często wdraża procedury konieczności wypełniania list kontrolnych i składania przez operatorów podpisów przed rozpoczęciem lub po zakończeniu pracy, po sprawdzeniu wymaganych elementów. Niestety, zgodnie z maksymą: „papier przyjmie wszystko”, w praktyce dokumenty są wypełniane, a czynności konserwacyjne niewykonywane. Powoduje to dodatkowe zakłamanie rzeczywistości i często uniemożliwia właściwą diagnozę awarii i zapobieganie pojawieniu się jej w przyszłości.

”

Aplikacja eLean – moduł TPM AM zawiera funkcjonalność dotyczącą utrzymania ruchu maszyn i urządzeń produkcyjnych, która sprzyja poprawie efektywności produkcji

Opieszałość czy też niezdolność do realizacji podstawowych działań może brać się z kilku czynników:

- lenistwa i niechęci operatorów do wykonywania „dodatkowych” w ich mniemaniu obowiązków, które – według operatora – powinna wykonywać służba utrzymania ruchu,
- braku wiedzy z zakresu wykonywania danych czynności oraz wagi tych czynności w funkcji pracy danego urządzenia,
- braku świadomości konieczności prowadzenia czynności konserwacyjnych i konsekwencji braku ich wykonania.

Dlatego w celu poprawy funkcjonalności i wydajności narzędzia TPM AM opracowano specjalistyczne oprogramowanie usprawniające utrzymanie parku maszynowego w ciągłej gotowości produkcyjnej o nazwie eLean i szczególnie w tym kontekście ważny moduł eTPM.

#### Jak rozwiązanie eLean – TPM AM może wspierać firmy?

Aplikacja eLean – moduł TPM AM zawiera funkcjonalność dotyczącą utrzymania ruchu maszyn i urządzeń produkcyjnych, sprzyjającą poprawie efektywności produkcji. Charakterystyka maszyn i urządzeń musi zostać wprowadzona do systemu, dla którego

funkcjonowania kluczowe jest zdefiniowanie punktów kontrolnych oraz zgodnie z planem systematyczne przeprowadzanie zdefiniowanych kontroli.

W celu budowania świadomości u operatora na temat znaczenia wykonywania inspekcji można, a nawet zaleca się, zamieszczenie dokumentacji fotograficznej, przypisania piktogramów jako wskaźników informacyjnych oraz umieszczenia instrukcji postępowania, np. w pliku PDF, MP3 czy AVI.

Kolejnym krokiem jest określenie w systemie zaplanowania kontroli TPM (np. wartość ciśnienia na manometrze, stan oleju itp.) w odpowiednim czasie. Harmonogram kontroli powinien bazować na konkretnym dniu tygodnia czy konkretnej dacie.

Dzięki opracowaniu szczegółowych kontroli i określeniu czasu, w jakim dane elementy maszyny czy urządzenia powinny zostać skontrolowane oraz czasu wykonania samej czynności kontrolnej, przebieg procesu konserwacji staje się bardzo uproszczony, a zastosowanie instrukcji w formie pisemnej czy wideo ułatwia zrozumienie jego istoty.

Sama kontrola odbywa się poprzez zastosowanie smartfona, na którym jest zainstalowana aplikacja eLean: określenie miejsca, użycie telefonu jako elementu potwierdzającego (przy wykorzystaniu technologii QR code, NFC czy RFID) przebywanie operatora w konkretnym miejscu kontroli, a następnie wpisanie zaobserwowanych parametrów w zadania, przed jakimi stanie użytkownik aplikacji. Oprogramowanie samo porówna wpisany/zaobserwowany rezultat do zakładanych nastaw i wskaże wynik kontroli. Dane z przeprowadzania inspekcji czy konserwacji są zbierane na serwerze przedsiębiorstwa i przy zastosowaniu modułów statystycznych prowadzona jest wstępna diagnoza urządzenia.

Aplikacja e-Lean, służąca do wykonywania kontroli TPM, posiada funkcjonalność wyszukiwania raportów w zadanym okresie dla wszystkich pracujących maszyn. Oprócz wyniku kontroli wyrażonego w procentach jako stosunek punktów poprawnych do wszystkich wynik raportu przedstawiany jest liczbowo dla poszczególnych punktów kontrolnych.

\*\*\*

Cyfryzacja TPM spowodowała istotne zwiększenie funkcjonalności samego narzędzia, redukcję czasu wykonywanych przeglądów, ale przede wszystkim realną możliwość monitorowania zadań. Ponadto nastąpił wzrost efektywności prowadzonych przeglądów, co w efekcie spowoduje wcześniejsze wykrycie nieprawidłowości oraz możliwość zaplanowania prewencyjnych działań, eliminując potencjalne wystąpienie awarii podczas produkcji.

Przy konwencjonalnych metodach nie ma możliwości dokładnej weryfikacji wykonanych prac, natomiast cyfrowa wersja wymusza na użytkowniku podawanie odpowiednich wyników. Przeglądy stają się realne, jest możliwość ich monitorowania i oceniania skuteczności na podstawie rzetelnych danych. ■

# TWÓJ PARTNER

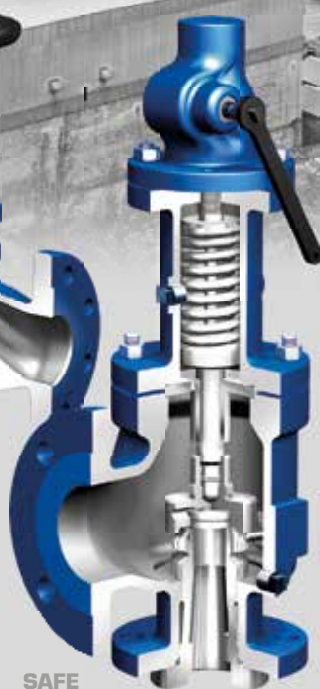
## w armaturze przemysłowej



**STEVI®**  
Zawory regulacyjne



**FABA®**  
Zawory odcinające



**SAFE**  
Zawory bezpieczeństwa



**ZEDOX® HEXO**  
Przepustnice podwójnie mimośrodowe



**ZETRIX®**  
Przepustnice potrójnie mimośrodowe

### Armatura ARI z myślą o kliencie.

Jeden partner gwarantujący szybkość dostaw, dużą elastyczność i optymalny koszt. ARI-Armaturen jest firmą będącą projektantem, producentem i dystrybutorem armatury i komponentów do pary i kondensatu a także armatury przeznaczonej do przemysłu chemicznego i petrochemicznego. Nasza szeroka oferta dotycząca armatury przemysłowej obejmuje obszary regulacji i odcięcia przepływu, bezpieczeństwa i odwadniania. Zawsze oferujemy naszym klientom najlepsze rozwiązanie z 20000 starannie dobranych produktów w 200000 wariantach.

Poznaj naszą rodzinną firmę z ponad 70-letnim doświadczeniem oraz zapoznaj się z naszą innowacyjną, wysokiej jakości i niezawodną armaturą.

**ARI-Armaturen Albert Richter GmbH & Co. KG**  
D-33750 Schloß Holte-Stukenbrock  
Tel. +49 (0)5207 / 994-0 · info.sales@ari-armaturen.com



[www.ari-armaturen.com](http://www.ari-armaturen.com)

# SMR-owe okno konieczności



fot. BMP

**PROF. WACŁAW GUDOWSKI**  
Narodowe Centrum  
Badań Jądrowych,  
doradca ORLEN  
Synthos Green  
Energy (OSGE)

**Hanna Uhl:** SMR-y. Rozwiązanie, o którym ostatnio sporo się mówi, ale wciąż nie wszyscy zdają sobie sprawę, co to za technologia. Na początek: czy w ogóle istnieje, czy pozostaje jedynie w sferze planów? Możemy wierzyć, że powstanie w najbliższej przyszłości?

**Wacław Gudowski:** Odpowiem jednym zdaniem: to nie jest sprawa wiary, gdyż już się dzieje.

Zacznijmy od tego, skąd się właściwie wzięły SMR-y? Określenie pochodzi z języka angielskiego – *small modular reactors*, czyli małe, modułowe reaktory. Patrząc na wielkość – w porównaniu do klasycznych reaktorów jądrowych są rzeczywiście mniejsze, choć to definicja umowna. Przyjęto na świecie, że mamy tu na myśli jednostki do 300 MW elektrycznych.

SMR są modułowe – ich stawianie przypomina budowanie z klocków LEGO. Ogromna większość elementów powstaje w fabrykach, następnie poszczególne części transportowane są na plac budowy i składane. Zaletą takiego rozwiązania są niższe koszty, a równocześnie wnikliwa kontrola jakości elementów wykonywanych na taśmie fabrycznej.

Owa modułowość jest też rozumiana w drugim aspekcie – umożliwia dobudowanie do większej tur-

– Mogę przyjąć zakład, że przed rokiem 2030 będziemy mieli pierwszy SMR w Polsce – mówi **prof. Wacław Gudowski** z Narodowego Centrum Badań Jądrowych i doradca ORLEN Synthos Green Energy (OSGE). – Małe reaktory są dziś realne do wprowadzenia i nie skończy się tak „jak zawsze”, gdyż teraz nie pojawiło się „okno możliwości”, a „okno konieczności” – dodaje.

biny drugiego, trzeciego reaktora. Można uruchomić jeden reaktor, a kolejny budować w czasie, gdy ten pierwszy będzie już produkował energię. To powoduje niższe ryzyko inwestycyjne, mniejsze zagrożenie opóźnienia budowy.

**Podkreślił pan, że „to już się dzieje”.**

SMR to nie wynalazek obecnych czasów. Tak naprawdę w technologii jądrowej wszystko zostało wymyślone w latach 50.-60. ubiegłego wieku. Anegdoticznie powiem, że zdarzały mi sytuacje, gdy o godzinie 22.00 dzwonił do mnie pełen entuzjazmu doktorant, mówiąc: „Profesorze, mam świetny pomysł, musimy się jutro spotkać!”. Gdy następnego dnia przychodziłem do niego rano, witał mnie ponurym głosem: „Cholera, znalazłem, że to opisano już w latach 50...”.

Zatem technologia od dawna jest znana, zasady – jasne, natomiast problem polega na tym, że w latach 60.-70. linia dużych reaktorów lekkowodnych wyparła ekonomicznie wszystkie inne rozwiązania. Technologia ta stała się tak popularna i znana, że oddawano wówczas jeden reaktor w ciągu kilku tygodni.

Można zapytać, dlaczego tych małych SMR-ów wciąż nie ma „na półce”, żeby je kupić. Otóż przez

ostatnie 20 lat tak naprawdę nie pojawiały się zamówienia na nowe reaktory. Energetyka jądrowa była krytykowana jako nietaksonomiczna i nieekologiczna. Wbrew zdrowemu rozsądkowi.

### Sytuację zmieniała m.in. wojna w Ukrainie.

Tak, w znacznej mierze wpłynęła na zmianę myślenia o SMR-ach. Dziś tylko w samych Stanach Zjednoczonych działa 30-40 firm, zatrudniających po kilkaset osób, rozwijających różne typy reaktorów. Które – przypomnę – wymyślono lata temu. Co się natomiast zmieniło? Technologie, pozwalające na to, by dziś wszystko zrobić szybciej, lepiej, taniej i bezpieczniej.

### Rzeczywiście bezpieczniej? Potencjalne skutki awarii elektrowni jądrowych to jeden z głównych argumentów przeciwników tej technologii.

Nie ma się co oszukiwać – nie ma czegoś takiego jak bezpieczeństwo absolutne. Każdy system techniczny jest narażony na awarię czy wypadek, natomiast tu prawdopodobieństwo jest bardzo małe. SMR są przygotowane na to, by zarządzać awarią, jeśli takowa by się wydarzyła. Istotna jest tu zasada, żeby nie było konieczności prowadzenia ewakuacji „za płotem” reaktora. Są one zatem wyposażone w systemy z pasywnym chłodzeniem kluczowych elementów reaktora. W reaktorze BWR mamy także ciśnienie pochodzące z gotującej się wody, co pozwoliło na wyeliminowanie wielu pomp i tym samym ograniczenie ryzyka.

### Czyli technologia istnieje. Zatem kiedy pojawi się na rynku? Kiedy zostanie zastosowana?

Mogę przyjąć zakład, że przed rokiem 2030 będziemy mieli pierwszy SMR w Polsce, zapewne model BWRX-300. Myślę, że to typ najlepiej pasujący do potrzeb naszej energetyki, bazującej na blokach 200-400, z których wiele w najbliższych latach zostanie wyłączonych.

### 2030 r. to ambitny plan. Wcześniej w Polsce kilkakrotnie ogłaszano budowę elektrowni jądrowych i nic z tych programów nie wyszło.

Przez 35 lat uczyłem studentów, że błędem „dużej” energetyki jądrowej było oddanie władzy księgowym, czyli zgoda na realizację założenia: „Wyciągnijcie jak najwięcej z jednego reaktora. 1000 MW to za mało! Zróbcie 1200!”. Tymczasem każde zwiększenie mocy powoduje zwielokrotnienie problemów bezpieczeństwa i podniesienie ryzyka. Niektórzy specjaliści uznali, że ten trend ku jednostkom jak największym nie jest właściwy. Małe też jest piękne. Powstał więc BWRX – ze zmniejszenia dużego reaktora, z zastosowaniem wszystkich jego rozwiązań technologicznych. To trochę tak, jakby z vana zrobić samochód osobowy.

Te małe reaktory są realne do wprowadzenia w Polsce. Uważam, że tym razem nie skończy się tak jak zawsze.

## SMR-Y – CZY ROZWIĄŻĄ WSZELKIE PROBLEMY ENERGETYCZNE?



Materiał opracowano na podstawie wywiadu publicznego: „SMR-y – czy rozwiążą wszelkie problemy energetyczne?”, który odbył się 1 lutego 2023 r. w ramach XXIX Sympozjum Naukowo-Technicznego CHEMIA 2023. W wywiadzie wzięli udział: Hanna Uhl, dyrektor Biura Wsparcia Transformacji Energetycznej PKN ORLEN S.A., oraz prof. Wacław Gudowski z Narodowego Centrum Badań Jądrowych i doradca ORLEN Synthos Green Energy (OSGE).

### Na rynku jest kilka rodzajów SMR-ów. Które są najlepsze?

Na takie pytanie zawsze odpowiadam niezmiennie: te, które najbardziej odpowiadają wymaganiom klienta. Nie ma jednego uniwersalnego rozwiązania, każde ma swoje plusy i minusy. Jak wspomniany samochód. Ten jest najlepszy, który odpowiada mojemu budżetowi, moim potrzebom. Jeżeli dziennie robię 30-40 km to np. w Szwecji najlepsza jest hybryda. Pod warunkiem jednak ładowania jej w domu. Jeśli mamy do przewiezienia cztery osoby – bierzemy fiata, opla, lexusa... Jeśli 40 osób – decydujemy się na autobus, a jak kilkaset – na pociąg. Podobnie jest z energetyką jądrową. Do każdego zastosowania należy dopasować reaktor.

### Nasuwają się mi tu dwa pytania. Po pierwsze: czy nas będzie na to stać? A po drugie: na przykładzie Francji widzimy, że kadra do projektów jądrowych nie jest nieograniczona. Czy znajdziemy specjalistów, którzy będą umieli obsługiwać nowe reaktory?

Odpowiedź na pytanie 1: czy nas na to stać? Myślę, że zamiast przewidywać przyszłość i patrzeć w kryształową kulę, zerknijmy najpierw wstecz. Przez 40 lat byłem profesorem w Szwecji, znam więc bardzo dobrze tamtejsze „energetyczne” realia. Decyzja o budowie pierwszego reaktora zapadła w Sztokholmie w roku 1965, jednostka powstała w 1971 r. Później, przez kolejne lata, wybudowano 12 następnych reaktorów, w tym dwa

mniejsze. Spłaciły się po zaledwie 15 latach. Przyjmijmy, że teraz inwestycja taka jest droższa, ale równocześnie pamiętajmy, że stawiamy reaktory na 60 – 90 lat. Spłaca się za 20, 30 lat...? To nie problem. Wciąż będą miały przed sobą kilkadziesiąt lat funkcjonowania.

Zresztą w wielu krajach przedłuża się dziś żywotność reaktorów jądrowych zaprojektowanych na 30-60 lat i nie ma z tym większych trudności. We wspomnianej Szwecji wymieniano np. wszystko poza zbiornikiem reaktora O1 w Oskarshamn, całość prac zajęła pół roku.

Powtarzam więc: popatrzmy, jak było i jest w innych krajach, które mają już doświadczenie w energetyce jądrowej. Nie czytamy, jaki będzie *levelized cost of electricity*, nie oczekujemy pewnych odpowiedzi dla niepewnej przyszłości, a raczej popatrzmy na pewną przeszłość i z niej wyciągamy wnioski.

### A co z kadrami?

Muszę z dumą, ale i żalem powiedzieć, że przez 15 lat na Królewskiej Politechnice w Sztokholmie wychowałem więcej polskich specjalistów z energetyki jądrowej niż wszystkie rodzime uczelnie. Po prostu tam przyjeżdżali ci, którzy mieli szansę pracy w Europie.

Dzisiaj musimy działać wcześniej. Czas na wykształcenie i pozyskanie kadr mamy do roku 2029-30, gdy powinien działać pierwszy reaktor.

### Niedawno, 31 stycznia 2023 r., podpisano w Ministerstwie Edukacji i Nauki list intencyjny właśnie w sprawie kształcenia specjalistów dla energetyki jądrowej w Polsce.

Na tym spotkaniu rektorzy sześciu uczelni i minister edukacji rzeczywiście ogłosili pomysł organizacji studiów inżynierskich i magisterskich na potrzeby energetyki jądrowej: dużej i małej. To krok w dobrym kierunku.

Tu – jak pani wspomniała – warto zaznaczyć, że wcześniejsze próby budowania energetyki jądrowej w Polsce nie powiodły się. Już chyba po raz trzeci zaczynamy rozwijać tę technologię w naszym kraju i widać już „zmęczenie materiału”. Miał być Żarnowiec, wykształcono specjalistów, którzy potem zostali bez pracy. 12-13 lat temu ponownie głośno było o stawianiu elektrowni jądrowej, znów wiele osób decydowało się na studia w tym kierunku... Powtórzę, że dzisiaj tak nie będzie, gdyż teraz nie pojawiło się „okno możliwości”, a „okno konieczności”.

### Dodam tylko, że wspomniane spotkanie odbyło się z inicjatywy ORLEN Synthos Green Energy, czyli spółki, która powstała, by reaktory wyprodukować i wdrożyć – początkowo w ORLENIE, a następnie w innych spółkach z sektorów energochłonnych.

Doprecyzuję, że moja przynależność to Narodowe Centrum Badań Jądrowych, ale doradzam również spółce OSGE.

### Wspomniał pan o modułowości reaktorów, montowanych na miejscu budowy. Czy program rozwoju SMR-ów to szansa jedynie dla specjalistycznych firm, czy może i inne spółki wejdą w łańcuch dostaw i skorzystają z tej okazji, by rozszerzyć, zmienić swoje portfolio?

Gdy przechodziłem korytarzem do sali konferencyjnej, obok stoisk wystawców (Symposium Chemia 2023 odbywało się w płockim Domu Technika – red.), spostrzegłem, że chyba z 80% firm oferuje rozwiązania z łańcucha dostaw dla energetyki jądrowej! Zawory, rury, izolacje, oprzyrządowanie... Jedyne, co może być tu potrzebne, to określona certyfikacja. Myślę więc, że z tym tzw. lokalnym kontentem nie będzie problemu, niezbędny jest tu natomiast sygnał rynkowy: działamy, są określone fundusze i szczegółowy plan pracy.

O jeszcze jednym – w kontekście SMR-ów – muszę powiedzieć. Oferują to, czego duże reaktory nie potrafią – wykorzystanie każdego wata. Uważam, że drugim błędem przy budowaniu założeń energetyki jądrowej – poza tym, że księgowi „wyciągali” najwyższe poziomy mocy – było lekceważenie kwestii ciepła. Pamiętam mój pierwszy projekt, który realizowałem po przybyciu do Szwecji w 1983 r. – a przyjechałem tam na pół roku, zostałem 40 lat. Polegał na doprowadzeniu ciepła do ogrzewania Sztokholmu z elektrowni w Forsmarku. Trzy reaktory, 155 km odległości. Zapadła decyzja polityczna, że dużego miasta nie można uzależnić od jednego źródła energii – prądu i ciepła. Dzisiaj pewnie inaczej by to wyglądało, ale chcę podkreślić, że już wówczas opłacało się ogrzewać miasto tak oddalone od elektrowni. Tymczasem małe reaktory możemy wybudować 10, 20 km od aglomeracji. Ogrzewanie i nietracenie ani jednego wata powinno być filozofią rozwoju SMR-ów w Polsce. Mamy tu nawet taką angielską nazwę: *not single watt wasted*. I to jest jedna z ogromnych zalet omawianej technologii, czego nie ma w dużej energetyce. Kto bowiem znajdzie odbiorcę np. na 12 GW termicznych? Co ważne: w Polsce jesteśmy świetnie „orurociagowani”. Pozostaje jedynie dopiąć odpowiednie źródła energii.

### Powiedział pan, że SMR w Polsce powinien powstać do 2030 r. Bylibyśmy wówczas jednymi z pierwszych krajów dysponujących tą technologią.

Niedawno Ontario Power Generation podpisało kontrakt na dostawę reaktora SMR do Darlington, do roku 2028. Spółka OSGE zawiązała bardzo ścisłą współpracę z OPG i jesteśmy tu „drudzy w kolejce”, nie biorąc na siebie ryzyka bycia pionierami. W gruncie rzeczy niektóre zamówienia na ten long lasting items są zrobione. Podążamy zatem ścieżką, która została już leciutko „uklepana”.

Opracowanie: Przemysław Płonka, BMP ■

**VERG**

# SPRZEDAŻ WYPOŻYCZALNIA VERG SERWIS I USŁUGI

[www.verg.pl](http://www.verg.pl)

**Lider wśród dostawców** specjalistycznych urządzeń i maszyn wykorzystywanych w przemyśle ciężkim głównie w branży petrochemicznej, gazowniczej oraz stoczniowej. **Bogata oferta asortymentu** pozwala na zapewnienie kompleksowych rozwiązań w zakresie napraw czy utrzymania ruchu infrastruktury krytycznej i przesyłowej.

**Kilkanaście tysięcy pozycji asortymentu** w portfolio, w tym kilka tysięcy dostępnych „od ręki”. Oferta od wielu lat jest dostosowywana i rozwijana w odpowiedzi na oczekiwania klientów oraz wniosków z obserwacji wymagań rynku i dostępności innowacyjnych, nowoczesnych rozwiązań.

W NASZEJ OFERCIE  
ZNAJUDE SIĘ  
ASORTYMENT  
WIODĄCYCH  
PRODUCENTÓW



## WYPOŻYCZALNIA ZE SZKOLENIEM Z OBSŁUGI

Gdy potrzebne jest szybkie wsparcie sprzętowe, zdarzył się nieplanowany postój czy awaria, lub gdy chcesz przetestować urządzenie przed zakupem, WYPOŻYCZALNIA Verg stanowi najlepsze rozwiązanie. Zasoby VERG Rental to największa flota urządzeń w Polsce, gdzie znajdują się m.in.:

- » obrabiarki mobilne,
- » klucze dynamometryczne hydrauliczne nasadowe i kasetowe,
- » pompy hydrauliczne,
- » napinacze hydrauliczne,
- » rozpieraki mechaniczne oraz hydrauliczne do kotłowni,
- » urządzenia do osiowania połączeń kotłowniczych,
- » docieraczki do zaworów,
- » stacje do testowania zaworów.

## VERG SERWIS I USŁUGI

Zapewniamy kompleksową obsługę połączeń kotłowniczych. Oferujemy usługi w zakresie rozkręcania bądź denapinania połączeń śrubowych, demontażu, wymiany uszczelek, osiowania kotłowni, montażu i skręcania dynamometrycznego lub napinania śrub.

Świadczymy usługi mobilnej obróbki skrawaniem, z zachowaniem wymogów tolerancji wykonawczych, identycznych jak w przypadku zastosowania maszyn stacjonarnych. Wykonujemy również usługi z zakresu kalibracji narzędzi dynamometrycznych o zakresie do 68000 Nm.

Obecnie finalizujemy prace nad wdrożeniem oferty szkoleniowej realizowanej przez wysoko wyspecjalizowaną kadrę przy wsparciu Urzędu Dozoru Technicznego.



## VERG Sp. z o.o.

Leśna 8 | 83-010 Straszyn | tel.: +48 58 380 04 75  
NIP: 5833196716



# MIKROREAKTOR JĄDROWY W POLICACH

Grupa Azoty Police

Grupa Azoty Police, amerykańska spółka Ultra Safe Nuclear Corporation i Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny podpisały porozumienie w zakresie budowy w Policach badawczego reaktora modułowego MMR czwartej generacji.

Grupa Azoty Police, Ultra Safe Nuclear Corporation (USNC) i Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie podpisały porozumienie dotyczące rozwoju i budowy badawczego obiektu energetyki jądrowej wyposażonego w technologię ultrabezpiecznego reaktora jądrowego MMR® (Micro-Modular™ Reactor) od USNC. W najbliższym półroczu strony opracują kompleksowy program badawczy oraz wspólnie przygotują plan budowy, eksploatacji i utrzymania instalacji MMR.

## Istotny krok w kierunku dekarbonizacji

Zgodnie z założeniami, w pierwszym etapie planowane jest wybudowanie reaktora MMR o mocy 30 MWt., który ma służyć jako obiekt szkoleniowy, badawczy i testowy. Zostanie on podłączony do infrastruktury energetycznej Grupy Azoty Police, co zapewni unikalną możliwość badania, testowania, optymalizacji i integracji zeroemisyjnego źródła energii MMR z obiektem przemysłowym. Współpraca w tym zakresie pozwoli na opracowanie planu wdrożenia na pełną skalę wykorzystania energii jądrowej

do procesów chemicznych i wytwarzania pary oraz wodoru w obiektach Grupy Azoty Police. Będzie to kolejny, istotny krok w kierunku dekarbonizacji procesów technologicznych Grupy Kapitałowej Grupa Azoty. – Doświadczenia ostatnich kilkunastu miesięcy, przede wszystkim sytuacja na rynku gazu, pokazały jak istotną kwestią dla funkcjonowania krajowego biznesu jest dywersyfikacja źródeł energii. Nie mam wątpliwości, że inwestycje w tym kierunku powinny być traktowane priorytetowo, stąd wspieramy wszystkie projekty – w tym oczywiście również technologie SMR i MMR – których celem jest rozwój źródeł stabilnej i niskoemisyjnej energii w Polsce – powiedział Karol Rabenda, wiceminister aktywów państwowych.

Z kolei Mark Brzeziński, ambasador Stanów Zjednoczonych w Polsce, podkreślił, że współpraca w zakresie bezpieczeństwa energetycznego jest kluczowa w stosunkach polsko-amerykańskich, a pomoc w rozwoju polskiego sektora energii jądrowej to istotny element tych wysiłków. – Ta umowa jest kolejnym krokiem na drodze do naszego wspólnego dobrobytu i bezpieczeństwa – zaznaczył Mark Brzeziński. – Wo-



jewództwo zachodniopomorskie w ostatnich latach stało się miejscem strategicznych inwestycji, którym towarzyszy rozwój ważnych dziedzin nauki. Cieszę się, że obok „Zachodniopomorskiej Doliny Wodorowej” powstanie ośrodek, w którym nasi naukowcy i studenci będą mieli możliwość prowadzenia badań nad zaawansowaną technologią mikroreaktorów jądrowych. – mówił Zbigniew Bogucki, wojewoda zachodniopomorski, który dodał, że współpraca zapewni Grupie Azoty Police dostęp do bezpiecznej, niezawodnej i bezemisyjnej energii

### Bateria jądrowa od USNC

USNC, z siedzibą w Seattle, Waszyngton, USA, jest światowym liderem i silnym integratorem pionowym technologii i usług jądrowych na Ziemi i w kosmosie. MMR firmy USNC to wysokotemperaturowa chłodzona gazem „bateria jądrowa” czwartej generacji, wykorzystująca całkowicie ceramiczne mikro kapsułki (FCM®) w celu uzyskania najwyższego poziomu bezpieczeństwa. MMR oferuje proste, skalowalne, bezemisyjne źródło energii, które chroni zasilane przez niego obiekty przemysłowe i jest niezbędne do dekarbonizacji zastosowań przemysłowych.

Ultra Safe Nuclear prowadzi aktywne projekty wdrażania mikroreaktorów w Kanadzie w Canadian Nuclear Laboratories w Chalk River, w Stanach Zjednoczonych na University of Illinois Urbana-Champaign oraz na Uniwersytecie LUT w Lappeenranta w Finlandii. Dodatkowe projekty są w trakcie opracowywania w Stanach Zjednoczonych, Kanadzie i Europie.

### Amerykańsko-polska współpraca

Porozumienie zostało zawarte w ramach amerykańsko-polskiej współpracy w tym obszarze, formalnie ustanowionej na mocy umowy międzyrządowej z lutego 2021 r.

Wysokotemperaturowy chłodzony gazem MMR jest postrzegany jako istotne rozwiązanie dla dekarbonizacji przemysłu. – Wdrożenie naszych wysokotemperaturowych baterii jądrowych wraz z Grupą Azoty i Zachodniopomorskim Uniwersytetem Technologicznym otwiera drogę do dekarbonizacji oraz budowy nowoczesnej infrastruktury jądrowej oraz rozwoju kadr energetyki jądrowej w Polsce. Projekt jest przykładem wsparcia USA w obszarze niezależności energetycznej Polski. Wraz z naszym partnerem, Hyundai Engineering Corporation, w pełni popieramy plany Grupy Azoty dotyczące redukcji śladu węglowego i mamy przyjemność zaoferować Uniwersytetowi Zachodniopomorskiemu możliwości badań przemysłowych naszego mikroreaktora wysokotemperaturowego – powiedział Francesco Venneri, dyrektor generalny i założyciel Ultra Safe Nuclear Corporation.

Porozumienie zakłada również możliwość organizacji szkoleń dla studentów Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie, w tym umożliwienie przeprowadzenia praktycznych badań

## ZIELONE AZOTY



Fot. Grupa Azoty Police

– Strategia Grupy Azoty na lata 2021-2030 i jej kluczowy projekt „Zielone Azoty” zakłada, że łączna moc nowych mocy OZE w 2030 roku osiągnie w Grupie Kapitałowej blisko 380 MW. W planie rozwoju komunikowaliśmy również wejście w segment energetyki wiatrowej oraz małych reaktorów, w tym MMR, co umożliwi pozyskanie dodatkowych megawatów zeroemisyjnych źródeł energii – powiedział **Tomasz Hinc**, prezes Grupy Azoty S.A. – Dzisiejsze trójstronne porozumienie podpisywane w Zachodniopomorskim Urzędzie Wojewódzkim w Szczecinie otwiera Grupie Azoty drogę do skutecznego wdrożenia technologii MMR 4. generacji na terenie naszych zakładów w horyzoncie naszej strategii do 2030 roku. Dążymy do jak najszybszej transformacji klimatyczno-energetycznej i dywersyfikacji naszych źródeł energii, dlatego chcemy, by szczegóły naszej współpracy zostały doprecyzowane już w najbliższym półroczu – zaznaczył prezes Grupy Azoty S.A.

stosowanych związanych z produkcją czystej energii MMR. – Do budowy badawczego reaktora modułowego MMR czwartej generacji potrzebni są ludzie – nowe, silne kadry, które będą specjalizowały się w energetyce atomowej. Przygotujemy je do pracy, zapoznamy z tą dziedziną, ponieważ mamy ku temu ogromne możliwości. Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie cały czas rozwija unikatową infrastrukturę badawczą, która umożliwia krajowym i zagranicznym podmiotom realizację badań i projektów badawczo-rozwojowych w zakresie nauk inżynieryjno-technicznych, ścisłych i przyrodniczych. Jesteśmy jednym z kluczowych podmiotów na Polskiej Mapie Infrastruktury Badawczej w dziedzinie nauk technicznych i energetyki i zarazem jedną z jedenastu krajowych politechnik. Nasze kompetencje potwierdzają krajowe instytucje, które wyznaczają standardy na rynku szkolnictwa wyższego i nauki – powiedział prof. Jacek Wróbel, rektor Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. ■

## WIDOK NA INSTALACJĘ

przygotowania gazu syntezowego. Na centralnym planie Parowy Reforming Gazu Ziarnego – źródło produkcji szarego wodoru i serce wytwórni amoniaku



Fot.: ANWIL S.A.

# ZIELONY AMONIAK

**Marek Kubiak**

kierownik Biura Technologicznego, ANWIL S.A.

Zielony amoniak może odegrać bardzo ważną rolę w tym, co wydaje się być nieuniknione, czyli w transformacji energetycznej. Droga do jego produkcji nie jest prosta, jednak z pewnością warto nią podążać by osiągnąć zdolności produkcyjne w Polsce.

Amoniak jest substancją, która była znana już w starożytności, a jej nazwa pochodzi od imienia starożytnego boga Amona, lecz dopiero odkrycie metody przemysłowej syntezy nadało amoniakowi istotne znaczenie dla ludzkości.

Thomas Hager, słynny amerykański pisarz literatury popularno-naukowej, nagrodzony m.in. przez American Chemical Society's czy National Academies Communication oraz dziennikarz publikujący m.in. w takich tytułach jak „Wall Street Journal” oraz

„Time”, dokładnie tymi słowami w swoim bestsellerze pt. „Alchemia powietrza” skategoryzował odkrycie przemysłowej metody syntezy amoniaku Habera-Boscha:

Fritz Haber and Carl Bosch „invented a way to turn air into bread... Their work stands, I believe, as the most important discovery ever made.”

„The Alchemy of Air” – T. Hager

Wodór (H<sub>2</sub>) + Azot (N<sub>2</sub>) → Metoda Habera-Bosch'a → Amoniak (NH<sub>3</sub>)

Odkrycie metody miało miejsce 100 lat temu, było efektem współpracy fizykochemika Fritza Habera oraz inżyniera chemii Carla Boscha i zrewolucjonizowało produkcję amoniaku – ponieważ była wielokrotnie mniej energochłonna od wcześniejszej metody cyjanoamidowej pochłaniającej ponad 200 GJ/t amoniaku. Odkrycie to przyniosło odkrywcom Nagrodę Nobla i stałe miejsce w panteonie nauki, nie wspominając o olbrzymiej fortunie finansowej. Natomiast, co ważniejsze, ludzkości dało możliwość ogromnego rozwoju określonego mianem eksplozji demograficznej (szacuje się, że połowa ludności na naszym globie ma zapewnione bezpieczeństwo żywnościowe, dzięki właśnie amoniakowi). Dziś ponad 90% światowej produkcji amoniaku jest produktem syntezy metodą Habera-Boscha.

Biorąc powyższe pod uwagę – opinia Thomasa Hagera nt. wagi odkrycia Habera-Boscha wydaje się być obiektywnie uzasadniona.

### Produkcja amoniaku

Roczna produkcja amoniaku wynosi ponad 200 mln ton, co czyni amoniak jednym z syntetycznych chemikaliów produkowanych na świecie w największej skali. Zdecydowana większość jest wykorzystywana do produkcji mineralnych nawozów azotowych, które spośród wszystkich nawozów mineralnych mają największe znaczenie gospodarczo-żywnościowe, wpływając w największym stopniu na plonowanie oraz wzrost masy zielonej większości roślin.

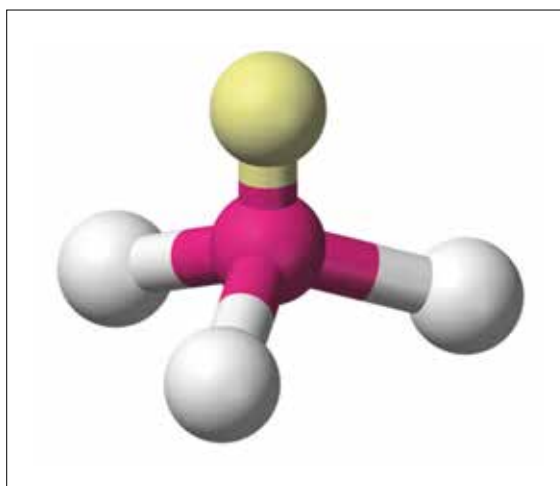
W związku z powyższym amoniak to najważniejsza cząsteczka, zaraz po wodzie, dla plonowania roślin na świecie, a tym samym najważniejsza cząsteczka, po wodzie, dla bezpieczeństwa żywnościowego na świecie.

### Amoniak i ANWIL

W ANWILU na wytwarzaniu wodoru i syntetyzowaniu amoniaku, można powiedzieć, że „zjedliśmy zęby”, ponieważ zajmujemy się tym od samego początku istnienia naszej organizacji, czyli prawie 60 lat. W tym czasie z amoniaku wyprodukowanego we Włocławku powstało 33 mln ton mineralnych nawozów azotowych, a energochłonność produkcji, dzięki wysiłkom naszych inżynierów, obniżono z 44 GJ/t na 33 GJ/t.

### Zielona przyszłość amoniaku jako ważnego elementu transformacji energetycznej

Zielony amoniak, czyli amoniak pozyskany w procesie, któremu nie towarzyszy emisja gazu cieplarnianego w postaci dwutlenku węgla, posiada potencjał do odegrania ważnej roli w tym, co wydaje się dzisiaj być nieuniknione – transformacji energetycznej. Droga do produkcji zielonego amoniaku w Polsce z pewnością nie jest łatwa, ale przy racjonalnym podejściu do dostępnych sił i środków z pewnością możliwa i na pewno warto ten wysiłek podjąć, ponieważ zielony amoniak ma przed sobą wielką przyszłość i doniosłą



**RYS. 1**  
Grafika prezentuje tetraedyczną strukturę cząsteczki amoniaku: 1 atom azotu (kolor różowy), 3 atomy wodoru (kolor biały) i wolna para elektronowa (kolorem żółtym)

rolę do odegrania w nowoczesnej, zrównoważonej gospodarce.

Zielony amoniak ze względu na jego „gęstość energetyczną” stanowić może relatywnie konkurencyjny pod względem zarówno kosztów, jak i szeroko pojętego bezpieczeństwa, magazyn „czystej” energii oraz nośnik do jej wielkoskalowego, transkontynentalnego przemieszczania na potrzeby sektorów energii i paliw w ujęciu globalnym. Również bezpośrednie jego wykorzystanie jest bardzo poważnie analizowane szczególnie jako zero i/lub niskoemisyjna alternatywa w stosunku do paliw kopalnych dla sektora morskiego czy też dekarbonizacja częściowa sektora konwencjonalnej energetyki bazującej na węglu kamiennym dzięki technologii współspalania węgla z „zielonym” amoniakiem.

Powyższa perspektywa zupełnie nowych zastosowań amoniaku w wersji „zielonej” jako „czystego” paliwa dla transportu morskiego, magazynów zielonego wodoru, optymalnego nośnika do wielkoskalowego transkontynentalnego przemieszczania „czystej” energii czy też środka przejściowego w drodze częściowej dekarbonizacji sektora energetyki opierającej się na węglu kamiennym, oznacza jedno – w ciągu najbliższych 30 lat nastąpi prawdopodobnie spektakularny rozwój rynku amoniaku w wersji zielonej na niespotykaną dotąd skalę.

### Projekt HyStrAm

ANWIL chce być liderem transformacji energetycznej w aspekcie zielonego amoniaku w Polsce. W tym celu realizujemy studia wykonalności, prowadzone ze światowymi liderami w sektorze technologii zielonego amoniaku oraz angażujemy się w projekty B+R w zakresie innowacji na tym polu. Jednym z takich projektów, o którym możemy dziś wspomnieć, jest HyStrAm.

Założeniem projektu badawczo-rozwojowego HyStrAm jest opracowanie metod transformacji wodoru w amoniak, mając na uwadze istotny w polityce europejskiej aspekt dekarbonizacji sektora ener-

## WSPÓŁCZYNNIK EMISYJNOŚCI ŹRÓDEŁ ENERGII ELEKTRYCZNEJ WYRAŻONY W DWUTLENKU WĘGLA (CO<sub>2</sub>) [G/KWH]:



Fot. 123rf

- węgiel – 820,
- słońce – farmy fotowoltaiczne – 48,
- słońce – fotowoltaika na dachach – 42,
- hydroenergetyka – 24,
- morskie farmy wiatrowe – 12,
- energetyka jądrowa – 12,
- lądowe farmy wiatrowe – 11.

Źródło danych: gov.pl - Międzyrządowy Zespół ds. Zmian Klimatu (IPCC)

tycznego. W ramach Ramowego Programu Badań i Innowacji (2021-2027) Horyzont Europa, konsorcjum pozyskało dla projektu HySTrAm 5,7 miliona euro na realizację prac B+R w celu wdrożenia zastosowań zielonego amoniaku w przemyśle niskoemisyjnym oraz przełomowych technologii w obszarze magazynowania wodoru. W najbliższych trzech latach w ramach projektu będą realizowane prace w obrębie poniższych celów:

- opracowanie funkcjonalnych materiałów katalitycznych/sorpcyjnych do syntezy amoniaku;
- opracowanie nowych ultraporowatych materiałów o wysokich możliwościach magazynowania H<sub>2</sub>;
- wykonanie lekkiego kompozytowego zbiornika do magazynowania wodoru po adsorpcji fizycznej;
- zaprojektowanie, budowa, optymalizacja i przedstawienie dynamicznie działającego reaktora ze złożem stałym do syntezy amoniaku;
- demonstracja rozwiązania na poziomie TRL5;
- opracowanie uzasadnienia biznesowego.

Nad opracowaniem innowacyjnych rozwiązań w ramach HySTrAm pracować będzie konsorcjum składające się z 16 partnerów, w tym dużych, małych i średnich przedsiębiorstw, a także jednostek badawczo-rozwojowych obejmujące cały europejski łańcuch wartości. Koordynatorem prac jest Uniwersytet w Aalborgu (Dania). Projekt realizowany jest od czerwca 2022 i zakończy się w połowie 2025 r.

Celem głównym wszystkich powyższych działań jest wybór optymalnego wariantu modernizacji aktywów produkcyjnych amoniaku poprzez łączenie szarego, błękitnego i zielonego amoniaku w kierunku osiągnięcia wymaganych poziomów dekarbonizacji i zapewnienia konkurencyjnego surowca do produkcji nawozów mineralnych i nie tylko...

## Idealny duet: zielony amoniak i zielony wodór

Zielony amoniak łączy się z zielonym wodorem nie tylko poprzez kolor, ale przede wszystkim poprzez silne synergie technologiczne, właściwie powinienem zatytułować tę część nierozłączne trio zielony amoniak-wodór i OZE&SMRs (czyli źródła nisko- i bezemisyjnej energii). Nie ma zielonego amoniaku bez zielonego wodoru, a zielonego wodoru nie ma bez źródeł nisko i/lub bezemisyjnej energii.

Woda (H<sub>2</sub>O) + OZE&SMRs → Elektroliza → Wodór „zielony” (H<sub>2</sub>) + Tlen (O<sub>2</sub>)

Wodór „zielony” (H<sub>2</sub>) + Azot (N<sub>2</sub>) → Konwersja → Amoniak „zielony” (NH<sub>3</sub>)

Amoniak „zielony” (NH<sub>3</sub>) → reKonwersja → Wodór „zielony” (H<sub>2</sub>) + Azot (N<sub>2</sub>)

Wodór „zielony” (H<sub>2</sub>) + Tlen (O<sub>2</sub>) → 0-/nisko emisyjna en. + woda (H<sub>2</sub>O)

Co możemy zyskać oprócz dekarbonizacji, rozwijając czyste źródła en. el.? Zastąpienie gazu ziemnego, na którego import ze względów geologicznych jesteśmy skazani, surowcem o niemal nieograniczonej dostępności, tj. wodzie w połączeniu z czystą, niskoemisyjną energią elektryczną, którą możemy skutecznie i efektywnie pozyskać poprzez hybrydę Small Modular Reactors (SMRs) z odnawialnymi źródłami energii z farm turbin wiatrowych i paneli fotowoltaicznych. Jeżeli uda nam się to zrobić, zabezpieczyć odpowiednie wolumeny „niskoemisyjnej” konkurencyjnej kosztowo energii to reszta jest już relatywnie łatwa, ponieważ we Włocławku, w ANWILU mamy kompetencje, aby zrobić z tego należyty użytek, wytwarzając zielony wodór i zielony amoniak.

Pewnie zastanawiają się Państwo w tym momencie, czy energia nuklearna jest energią „czystą” w ujęciu oddziaływania na globalne ocieplenie. Myślę, że dane (patrz ramka) nie pozostawiają w tej materii wątpliwości.

Prof. James Hansen, jeden z najsłynniejszych amerykańskich klimatologów, wiele lat temu, jako prekursor działań na rzecz walki z globalnym ociepleniem, zdefiniował cztery główne kierunki działania, które muszą się zmaterializować, aby ochrona klimatu stała się faktem – jednym z nich jest rozwój energetyki nuklearnej we współpracy hybrydowej z OZE.

\*\*\*

Produkcja amoniaku, jako kluczowego ogniwa kombinatu wielkiej syntezy chemicznej, od ponad pół wieku jest chlubą i jednym z kluczowych elementów działalności ANWILU. Wszystkie powyższe aspekty wynikające z ważnej roli, jaką przed amoniakiem roztacza transformacja energetyczna, powodują ogromną szansę, aby przez co najmniej kolejne pół wieku produkcja amoniaku, ale już zielonego, pozostała chlubą i fundamentem działalności ANWILU. ■

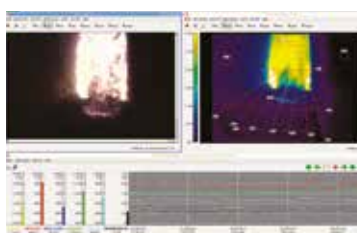
## Dostarczamy kompleksowe rozwiązania *pod klucz* do pomiaru gazów i płynów w spalinach

PROJEKT | DOSTAWA | MONTAŻ | URUCHOMIENIE | SZKOLENIE | SERWIS



- Systemy monitoringu emisji zanieczyszczeń powietrza z certyfikatem QAL1
- Systemy pomiarów ciągłych gazów i pyłów do sterowania węzłami oczyszczania spalin: SCR i SNCR, redukcji związków kwaśnych (HCl, HF i SO<sub>2</sub>), redukcji węglowodorów oraz odpylania
- Analizatory spalin, pyłomierze i przepływomierze - przenośne zestawy do badań okresowych
- Instalacje palnikowe, gazowe, olejowe i gazowo-olejowe
- Pochodnie

**Kamera rusztu kotła w spalarni odpadów**



**Zapalarka elektryczna D-HG 400**



**Skaner płomienia D-LX 201**



**Systemy palnikowe**

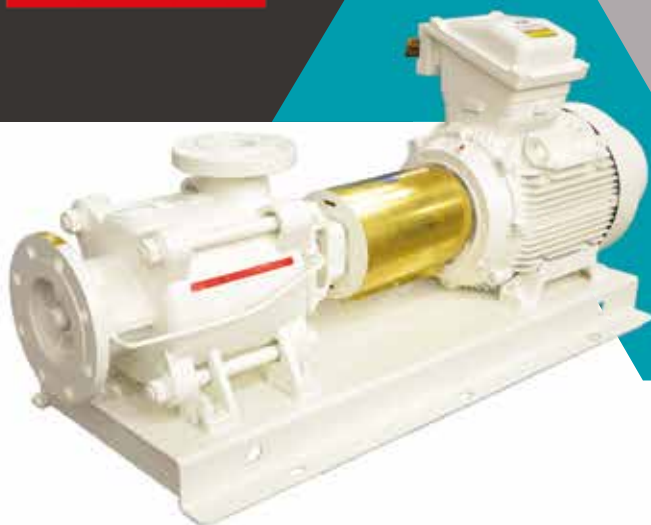


**Pochodnie**



# Wielostopniowe pompy wirowe typu WHG

**PRODUKT  
POLSKI**



Pompa WHG jest wielostopniową pompą odśrodkową o **obniżonym zapasie antykawitacyjnym NPSH**, z krążeniowym stopniem samozasysającym i wirnikiem wstępnym.

Pompa WHG samoistnie zasysa ciecz ze zbiornika położonego poniżej osi pompy. Umożliwia pompowanie mediów 2-fazowych, w których obok cieczy mogą pojawić się pary, gazy. Przy pompowaniu gazów ciekłych zalecana praca z napyłem.

Niska wartość NPSH, porównywalna z innymi podobnymi pompami dostępnymi na rynku, umożliwia **pompowanie cieczy z większych głębokości** a w przypadku gazów ciekłych z **niższym wymaganym napyłem**.

Rozwiązania techniczne zastosowane w pompie WHG zaowocowały **wyższą sprawnością** niż pompy krążeniowe, oraz **zwiększoną wydajnością**.

## Główne zastosowanie

### *Instalacje przetwarzania*

- destylatów
- rozpuszczalników
- paliw
- ciekłych gazów



# SKĄD CZERPAĆ WODĘ DO PRODUKCJI WODORU?

Fot. 123rf

dr inż. Andrzej P. Sikora

Instytut Studiów Energetycznych Sp. z o.o.  
w Warszawie

Do produkcji wodoru na drodze elektrolizy potrzeba ok. 46 kWh energii elektrycznej i około 10 l wody pobranej do uzdatnienia, demineralizacji i degazacji. Woda na Ziemi jest powszechna, ale dla pozyskania wodoru, przy obecnych technologiach, powinna zostać zdemineralizowana i oczyszczona – super, jak byłaby czysta i destylowana.

Przedstawiane w tekście sugestie co do technologii związanych z wytwarzaniem zielonego wodoru i innymi „zielonymi” technologiami są obecnie niekonkurencyjne do technologii bazujących na paliwach kopalnych, a ich wdrożenie będzie uzależnione od przyszłego postępu technologicznego, systemu dotacji oraz uregulowań prawnych.

22 lutego 2023 r. w prestiżowym czasopiśmie „Nature” ukazał się tekst powstały na bazie jednych z pierwszych badań prowadzonych przez JWST (teleskop James Webb). Z dużym prawdopodobieństwem mówimy o wykryciu 6 prastarych galaktyk – określonych przez naukowców jako „niszczycieli wszechświata” – które według ciągle obowiązujących teorii kosmologicznych w ogóle nie powinny istnieć. Autorzy artykułu są wyraźnie zaskoczeni swoim odkryciem, wprost nazywając je „obłądem”. To obłąd, gdyż te galaktyki nie powinny mieć czasu na uformowanie się. To szalone, że te obiekty wydają się naprawdę istnieć.

Naukowcy konkludują, że na wczesnym etapie istnienia wszechświata mógł pojawić się nieznan

jeszcze czynnik (Uwaga! Czy jak prąd elektryczny, iPad w czasach Kopernika?), który przyspieszał proces tworzenia się galaktyk. Z drugiej jednak strony autorzy artykułu wychodzą z założenia, że ich odkrycie wymaga dalszych obserwacji, zanim na dobre zaczniemy mówić o kosmologicznej rewolucji – planowane są już pełne badania spektroskopowe. Nie jest wykluczone, że po ich przeprowadzeniu część z „niszczycieli wszechświata” okaże się przesłoniętymi przez światło czarnymi dziurami. Choć Webb obserwował już starsze obiekty tego typu, których światło zaczęło wędrować w kierunku Ziemi ok. 350 mln po „początku istnienia” (Hej? Stworzenie Świata?), w przeciwieństwie do nich rzeczona grupa jest złożona z galaktyk niemal tak masywnych jak Droga Mleczna i jaśniejszych światłem starszych, czerwonych gwiazd, które po wypaleniu ogromnej części paliwa w postaci wodoru zaczynają powoli stygnąć. Hej! Gdzie my jesteśmy? Nic nie rozumiemy. Hej! Ziemianie, obudźcie się! Bo, jak okazuje się, najbliższa zidentyfikowana „czarna dziura” – GAIA BH1<sup>2</sup> to „tylko” 1400 lat świetlnych od Ziemi. Niby



Fot. 123rf

doru, nad którymi obecnie toczą się prace, to kolejne odsłony dyrektywy o odnawialnych źródłach energii RED II, RED III, a w związku ze środkami nadzwyczajnymi, które Komisja Europejska zaproponowała w odpowiedzi na wybuch wojny w Ukrainie, obecnie mówimy już o RED IV (w maju 2022 r., w ramach REPowerEU, Komisja zaproponowała nową zmianę celem przyspieszenia przejścia na czystą energię, gdzie pojawiły się plany zwiększenia mocy systemów fotowoltaicznych oraz importu odnawialnego wodoru i biometanu, aby zwiększyć do 45 proc. cel dotyczący odnawialnych źródeł energii na 2030 r.).

Równolegle w Unii toczą się prace nad przepisami, które wprost dotyczą rynku wodoru i mają określić zasady działania na nim. Należą do nich m.in. opublikowane 13 lutego 2023 roku przez Komisję Europejską dwa akty delegowane wymagane na mocy ww. dyrektywy w sprawie energii odnawialnej. Mamy opublikowaną definicję odnawialnego wodoru, a także wymagania dotyczące produkcji wodoru ze źródeł odnawialnych dla wytwórców z państw członkowskich UE, jak i spoza nich. W pierwszym akcie delegowanym określono warunki, na jakich wódór, paliwa wodoro-we lub inne nośniki energii można uznać za paliwa odnawialne pochodzenia niebiologicznego (z ang. RF-NBO – *Renewable Fuels of Non-Biological Origins*). Akt ten wyjaśnia też zasadę „dodatkowości” mocy zasilającej elektrolizę. Elektrolizery do produkcji wodoru będą musiały korzystać z nowo budowanych mocy OZE, aby uchronić rynek energii przed „wysysaniem” już wybudowanych źródeł energii przez produkcję wodoru. W akcie delegowanym określono też różne sposoby wykazania przez producentów, że odnawialna energia elektryczna wykorzystywana do produkcji wodoru jest zgodna z zasadami dodatkowości. W akcie tym wprowadzono ponadto kryteria mające gwarantować, że wódór odnawialny jest produkowany wyłącznie wtedy, gdy dostępna jest wystarczająca ilość lokalnej energii odnawialnej (tzw. korelacja czasowa i geograficzna).

Drugi akt delegowany zawiera metodę obliczania emisji gazów cieplarnianych w cyklu życia paliw odnawialnych pochodzenia niebiologicznego (tu mieści się także wódór). Metoda ta uwzględnia emisje gazów cieplarnianych w całym cyklu życia paliw, w tym emisje w segmencie wydobywczym, emisje związane z pobieraniem energii elektrycznej z sieci, z przetwórstwa oraz emisje związane z transportem tych paliw do konsumenta końcowego. Metodyka wyjaśnia również, w jaki sposób obliczać emisje gazów cieplarnianych z wodoru odnawialnego lub jego pochodnych w przypadku, gdy jest on produkowany w zakładzie produkującym paliwa kopalne. Parlament Europejski i Rada UE do połowy czerwca mają teraz czas, aby ocenić zapisy aktów delegowanych. Nie mogą wprowadzać do nich zmian, a co najwyżej – w całości odrzucić, co jednak jest bardzo mało prawdopodobne. Jeżeli wejdzie w życie zgodnie z planem, zasada dodatkowości będzie miała zastosowanie od dnia 1 stycznia 2038 r.

#### EUROPEJSKA STRATEGIA WODOROWA

W 2020 r. została przyjęta europejska strategia wodorowa, która zakłada uruchomienie do 2030 r. w Europie elektrolizerów o mocy 40 GW, które wyprodukują do 10 mln ton wodoru. Drugie tyle surowca Unia chce importować, by pokryć zapotrzebowanie europejskiego przemysłu

blisko. Szczególnie, jeśli weźmiemy pod uwagę czas płynący w prędkości bliskiej prędkości światła, który w moim pojęciu nie jest liniowy, a cyfrowy/digitalny, czyli nieciągły, dążąc wykładniczo do nieskończoności w swojej dziedzinie.

#### Unia Europejska stawia na wódór

W 2020 r. została przyjęta europejska strategia wodorowa, która zakłada uruchomienie do 2030 r. w Europie elektrolizerów o mocy 40 GW, które wyprodukują do 10 mln ton wodoru. Drugie tyle surowca Unia chce importować, by pokryć zapotrzebowanie europejskiego przemysłu. Tylko czy to jest właściwa droga? Unia jasno stawia cel. Pora opracować sposób, jak go zrealizować, a zacząć trzeba od stworzenia ram regulacyjnych, które umożliwią rozwój rynku wodoru w Europie.

Unia stawia na wódór w zielonej transformacji przemysłu. Rok 2023 może być kluczowy dla budowy tej nowej gałęzi gospodarki, bo właśnie wówczas powstać mają unijne ramy regulacyjne, które pomogą w rozwoju branży wodorowej. Dlatego w Unii nie ma złudzeń: nie będzie rewolucji wodorowej bez przyspieszenia inwestycji w odnawialne źródła energii i skokowego wręcz zwiększenia ich mocy. Dlatego tak kluczowe – również z perspektywy rynku wodoru – są prace nad aktami prawnymi dotyczącymi właśnie OZE. Główne instrumenty stymulujące rozwój rynku wo-



WARMAN PUMP  
1078 AH

**JEST TYLKO  
JEDNA CZĘŚĆ  
ZAMIENNA DLA  
WARMAN®**

**ORYGINALNA  
CZĘŚĆ  
WARMAN®**

Tylko oryginalne części zamienne zapewniają najwyższą wydajność i dłuższą żywotność, z której słynie Warman®.

Części Warman® są wykonane z najwyższej jakości materiałów popartych wiedzą techniczną i fachową obsługą.

Aby zapewnić wysoką wydajność Twojej pompy używaj oryginalnych części zamiennych Warman®.

Części do pomp Warman® dostępne są w naszym magazynie w Lesznie.

Zyskaj więcej dzięki Warman®. Odwiedź [www.warman.weir](http://www.warman.weir)

Copyright ©, Weir Minerals Australia Limited. All rights reserved. WARMAN is a trademark and/or registered trademark of Weir Minerals Australia Ltd and Weir Group African IP Ltd; AH is a trademark and/or registered trademark of Weir Minerals Australia Ltd; WEIR and the WEIR Logo are trademarks and/or registered trademarks of Weir Engineering Services Ltd. 167797/0316.

**WEIR**

**Minerals**

[www.global.weir](http://www.global.weir)

[www.e-weirminerals.pl](http://www.e-weirminerals.pl)



w odniesieniu do instalacji wodorowych oddanych do eksploatacji przed 1 stycznia 2028 r.

### Pozyskanie wodoru

Wodór znany jest ludzkości od kilku pokoleń. Możemy powiedzieć, „że znany”, ale do końca nie poznany. Oprócz najbardziej popularnego procesu elektrolizy wody wodór można pozyskiwać z zastosowaniem różnorodnych procesów technologicznych, przy wykorzystaniu różnorodnych substancji wyjściowych. Takimi procesami są np.: technologie wykorzystujące obróbkę surowców w wysokiej temperaturze (np. reforming, piroliza, zgazowanie), reakcje chemiczne i biologiczne, reakcje biologiczne (różnego rodzaju fermentacje).

Najszerzej dziś wykorzystywanym surowcem do produkcji wodoru jest najprostszy węglowodór – metan (gaz ziemny), a wytworzony z niego wodór jest kwalifikowany jako wodór „szary”, czyli wyprodukowany z surowców kopalnych, najczęściej w procesie reformingu parowego. Szary wodór produkowany jest również (ale z mniejszą efektywnością) z innych węglowodorów albo też w procesie zgazowania węgla kamiennego lub brunatnego (choć tu głównym źródłem wodoru jest woda biorąca udział w procesie zgazowania). Wodór pozyskiwany z tych dwóch rodzajów węgla nazywa się zazwyczaj wodorem szarym, ale czasami (odpowiednio) wodorem „czarnym” i „brązowym”. Jeśli do produkcji wodoru z paliw kopalnych zastosujemy metody wychwytu CO<sub>2</sub> (np. CCS – Carbon Capture and Storage lub CCU – Carbon Capture and Utilization), to otrzymujemy wodór „niebieski”. Wodór „niebieski” jest uzyskiwany również w procesie pirolizy gazu ziemnego dzięki ciepłu wytwarzanemu z energii elektrycznej. Otrzymywane w tym procesie produkty to wodór cząsteczkowy i węgiel w postaci stałej (nie ma potrzeby wychwytu CO<sub>2</sub>, a w przypadku pozyskiwania energii z OZE proces jest „prawie” nieemisyjny).

Natomiast wodór „zielony”, całkowicie nieemisyjny, powstaje w procesie elektrolizy wody z wykorzystaniem źródeł OZE. Wodór zielony można też wytwarzać w procesach rozkładu np. biomasy. Z punktu widzenia polityki klimatyczno-energetycznej UE wodór zielony jest rozważany jako najbardziej perspektywiczny nośnik energii i jedyne przyszłościowe źródło wodoru. Tabela 1 zbiera znane nam sposoby pozyskiwania wodoru, w tym z procesu elektrolizy. Tu powstaje proste pytanie: skąd czerpać czystą wodę do elektrolizy? Nieefektywnej elektrolizy?

### Skąd czerpać czystą wodę do elektrolizy?

Zastanówmy się, jak dokonać przebudowy systemu energetycznego w kontekście gospodarki wodno-ściekowej. W roku 1800 Nicholson i Carlisle odkryli zjawisko rozpadu wody na jony pod wpływem przyłożonego napięcia. Sto lat później funkcjonowało już ponad 400 przemysłowych elektrolizerów. W roku 1939 działanie rozpoczął pierwszy duży zakład wytwarzający 10

000 normalnych metrów sześciennych wodoru na godzinę. W kolejnych dziesięcioleciach pojawiały się różne technologie: stały elektrolit polimerowy (SPE), stały tlenek, elektrolizer alkaliczny oraz membrany do wymiany protonów (PEM). Obecnie te technologie są udoskonalane, a laboratoria wciąż testują nowe sposoby elektrolizy wody<sup>3</sup>.

”

Nie będzie rewolucji wodorowej bez przyspieszenia inwestycji w odnawialne źródła energii i skokowego wręcz zwiększenia ich mocy

W elektrolizerze alkalicznym katoda i anoda znajdują się w wodzie. Ponieważ czysta woda nie jest dobrym przewodnikiem, dodaje się do niej kwasy lub zasady, zazwyczaj H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, KOH lub NaOH. Aby zapobiec ponownemu łączeniu się cząsteczek tlenu i wodoru w wodę, między elektrodami umieszcza się separator, zazwyczaj porowaty materiał nasycony elektrolitem, przewodzący jony. Możliwa jest konfiguracja elektrod pozostawiająca kilkumilimetrowy odstęp od separatora lub taka, w której przylegają one ściśle do separatora. W pierwszym wypadku osiągalna gęstość prądu jest ograniczona do kilkuset miliamperów na cm<sup>2</sup> ze względu na to, że powstające pęcherzyki gazu tworzą na powierzchni elektrod rezystywną warstwę. W przypadku elektrod przylegających ściśle do separatora możliwe jest osiągnięcie większych gęstości prądu, ponieważ gaz powstaje po drugiej stronie elektrod. Efektywność ogniwa zależy od gęstości prądu, jednak im jest ona wyższa, tym większe są koszty operacyjne. Z tego powodu wartość tego parametru dobierana jest w wyniku kompromisu. Alkaliczna elektroliza wody to dojrzała technologia. Istnieją elektrolizery wytwarzające nawet 60 kg wodoru na godzinę. Ze względu na dostatecznie długi czas życia można powiedzieć, że ich wykorzystanie jest efektywnie ekonomicznie. Jednak elektrolizery alkaliczne nie wykazują się elastycznością w podążaniu za zmienną charakterystyką pracy źródła. Tymczasem jest to warunek konieczny współpracy ze źródłami niesterowalnymi, do których należą OZE, silnie zależne od warunków pogodowych.

### Wykorzystanie technologii PEM

Elektrolizery z polimerową membraną elektrolityczną (PEM) (ang. *polymer electrolyte membrane* lub *proton exchange membrane*) różnią się od opisanej powyżej technologii elektrolizerów alkalicznych rodzajem użytego elektrolitu. W tym przypadku jest to stały polimer. W takim elektrolizerze wykorzystuje się tylko zdejonizowaną wodę, bez dodatkowego

elektrolitu. Elektrody przylegają ściśle do elektrolitu tworzącego rozdzielającą membranę. Podczas elektrolizy na anodzie wytwarzany jest tlen oraz jony wodorowe, czyli protony. Te ostatnie są transportowane przez membranę i na katodzie łączą się z elektronami, tworząc wodór.

Wykorzystanie technologii PEM do elektrolizy wody ma szereg zalet, do których należy możliwość osiągnięcia wysokiej gęstości prądu oraz sprawności, a dodatkowo użycie zdejonizowanej wody. To pozwala na uzyskanie wodoru o wysokim poziomie czystości. Ich wadą natomiast są jednak wysokie koszty

**TAB. 1**  
Technologie pozyskiwania wodoru – procesy i surowce  
(źródło: opracowanie własne ISE)

Parowy reforming CH <sub>4</sub>	Najpowszechniejszy przemysłowy proces produkcji wodoru. Zastosowanie wychwytu CO <sub>2</sub> daje niebieski wodór. Jednak takie rozwiązania drastycznie podnoszą CAPEX i OPEX.
Piroliza CH <sub>4</sub>	Proces w zasadzie niestosowany przemysłowo. Rozwijany m.in. przez BASF. Produktem jest wodór i węgiel w postaci sadzy. Perspektywnie podwójna redukcja CO <sub>2</sub> – z produkcji wodoru i z produkcji sadzy technicznych. Przy zastosowaniu energii z OZE – technologia bezemisyjna, tania i niskoenergetyczna.
Częściowe utlenianie metanu	Proces półspalania – mniejsze zapotrzebowanie na energię, ale mniejsza wydajność wodoru z jednostki gazu ziemnego. Niższe koszty wodoru. W przypadku wychwytu CO <sub>2</sub> możliwe uzyskanie niebieskiego wodoru.
Piroliza węglowodorów	Stosowana powszechnie w rafineriach jako źródło wodoru do procesów hydrokrakingu i hydrotreatingu. Surowcem mogą być odpady produkcyjne.
Piroliza węgla	W koksowniach gaz koksowniczy uzyskiwany ubocznie w produkcji koksu, tani surowiec, ale kłopotliwy w wyodrębnianiu wodoru.
Termoliza wody	Proces na etapie badań. Wysokotemperaturowy proces (katalitycznego) rozkładu wody na wodór i tlen. Był rozpatrywany jako proces prowadzony z użyciem energii jądrowej, obecnie w kontekście zastosowania skoncentrowanej energii słonecznej lub prądu z OZE. Kłopoty z rekombinacją i separowaniem wodoru od tlenu.
Pętle chemiczne	(Np. jodowo-SO <sub>2</sub> , FE = Para wodna, Zn+ Para wodna Al. + woda, Wapń +woda itd.) Badane perspektywicznie procesy zagospodarowania energii OZE w postaci ciepła. Duże perspektywy obniżenia kosztów inwestycji i w kontekście przechowywania pośrednich produktów jako pośrednich magazynów energii (główny kierunek).
Hydrogazowanie węgla	Proces analogiczny do parowego reformingu gazu ziemnego. Bardzo duża energochłonność, wysokie koszty inwestycyjne, powstaje dużo trudnych do zagospodarowania produktów ubocznych (kwaśna woda, smoły, benzopireny itd.), przy wychwycie i sekwestracji CO <sub>2</sub> możliwa produkcja niebieskiego wodoru.
Piroliza biomasy	W szczególnych warunkach prowadzenia procesu wodór powstaje jako produkt uboczny, w ilości od kilku do ponad 20% suchej masy. Jeśli proces prowadzony jest głównie w kierunku innych produktów, jest to tanie źródło zielonego wodoru (do podgrzewania stosuje się spalanie części produktów). Problem z dostępnością dużych strumieni biomasy.
Hydrogazowanie biomasy	Wydajny i tani proces produkcji zielonego wodoru o ile w procesie zastosuje się energię z OZE. Problem z dostępnością dużych strumieni biomasy.
Biofotokonwersja (sinice wodorowe)	Całkowicie czysty proces fotosyntezy niektórych sinic z wydzieleniem wodoru. Bardzo małe wydajności, niska koncentracja wodoru.
Fermentacja wodorowa	Wydajny proces wykorzystujący beztlenową termofilną fermentację wodorową. Duże strumienie produktów ubocznych. Konieczność stosowania specyficznych rodzajów biomasy (niska dostępność). Niskoenergetyczny proces produkcji zielonego wodoru przy niskim CAPEX.
Elektrofotokatalityczny rozkład wody	Proces produkcji zielonego wodoru bezpośrednio na fotoogniwach o specjalnej budowie. W trakcie rozwoju. Duże problemy związane z bardzo rozporozszonymi mikrostrumieniami wodoru. Trwają prace nad stworzeniem odpowiednich katalizatorów, membran przeźroczystych itd.
Elektroliza wody, energia z sieci	Dobrze opanowany proces wykorzystujący stabilne źródła prądu. Dojrzały technologicznie kompleks urządzeń. B. wysoki CAPEX i OPEX. Wysoki koszt wodoru (niezielonego).
Elektroliza prądem z OZE	Rozwijany proces produkcji zielonego wodoru – umożliwia zagospodarowanie nadwyżek energii el z OZE trudnych do wykorzystania. Wysoki CAPEX, umiarkowany OPEX, trudności z zasilaniem z niestabilnych źródeł. Bardzo dojrzałe technologie. Do rozwinięcia procesy sterowania i wykorzystania dużych wahań parametrów zasilania.

Technologia	Zużycie energii na 1 kWh/1 Nm <sup>3</sup> H <sub>2</sub>	CAPEX (względny, w porównaniu ro reformingu parowego)	OPEX (względny)	Poziom dojrzałości technologicznej	Sprawność procesu %	Koszt 1 kg H <sub>2</sub> (względny, w porównaniu ro reformingu parowego)
Parowy reforming CH <sub>4</sub>	2,4	1	1	PRODUKCJA	70-80	1
Piroliza CH <sub>4</sub>	1,1-1,3	0,8	0,4-0,5	R&D+++	65-80	0,5
Częściowe utlenianie CH <sub>4</sub>	2-3	1,2	0,7	PRODUKCJA	45-70	1,1
Piroliza węglowodorów ( w tym odpadów)	4-5	0,8	0,8	PRODUKCJA	40-60	0,8
Piroliza węgla	7-8	4	3,2	PRODUKCJA	35-55	0,7
Termoliza wody	1,2	6-10	3	R&D+	60-70	5-6
Reakcje chemiczne ( np. jodowo-SO <sub>2</sub> , Fe + Para wodna, Zn+ Para wodna itd.)	1,7	2-4	0,7	R&D+	30-80	0,9-2,3
Hydrogazowanie węgla	8,7	5-7	3-4	PRODUKCJA	50-70	2,2
Piroliza biomasy	0,6-0,8	0,3	1,2	PRODUKCJA	35-50	1,2
Hydrogazowanie biomasy	1,2 - 2,8	0,5	1,1	PRODUKCJA/R&D	60-80	0,7-1,3
Biofotokataliza ( śluzki wodorowe)	0	3	0,2	R&D+++	5	0,4
Fermentacja wodorowa (ciemna)	0,1	0,5-2	1,8	R&D+++	60-80	0,7-1,2
Elektrofotokatalizyczny rozkład wody	3-5	3-5	0,2	R&D+	10	3-5
Elektroliza wody z użyciem prądu sieciowego	4,9	0,2	4,5	PRODUKCJA	65-75	4,6
Elektroliza wody prądem z OZE	4,4	0,7-1,2	4-8	PRODUKCJA	65-75	2,8-5

**TAB. 2**  
Technologie produkcji wodoru – porównanie wybranych parametrów (źródło: opracowanie własne. Kolor w tabeli oznacza „kolor” uzyskiwanego w procesie wodoru)

materiałów, z których się składają i konieczność używania wody o wysokiej czystości, której uzyskanie również jest bardzo kosztowne. Możliwe jest także przeprowadzanie elektrolizy pary wodnej w wysokiej temperaturze. To proces efektywny ze względu na mniejszą ilość energii elektrycznej, jaka jest do niego potrzebna. Ciepło niezbędne do zwiększenia temperatury do odpowiedniego poziomu może być uzyskane ze źródeł odnawialnych lub być ciepłem odpadowym z elektrowni jądrowych czy z dowolnego wysokotemperaturowego procesu.

Wysokotemperaturowa elektroliza pary wodnej odbywa się zazwyczaj w temperaturze 1023°K – 1223°K. Dzięki wysokiej energii termicznej energia elektryczna wykorzystywana w tym procesie jest mniejsza o ok. 35% w porównaniu z elektrolizą przeprowadzaną w niskiej temperaturze. Dodatkowo sprawność elektrolizy wysokotemperaturowej jest bardzo wysoka (sięga 100%). Jednak jest to stosunkowo nowa technologia, wymagająca jeszcze wielu badań, aby jej wykorzystanie mogło stać się opłacalne.

\*\*\*

Elektroliza wody jest bardzo energochłonna, ale uzyskujemy wodór o bardzo wysokiej czystości; pod warunkiem wykorzystania energii źródeł OZE, może pomóc w dekarbonizacji. Najstarszą i najbardziej rozwiniętą technologią stanowi elektroliza alkaliczna, jednak są z nią związane ograniczenia powodujące, że naukowcy wciąż poszukują lepszych metod. Technologie PEM oraz elektrolizy wysokotemperaturowej są nieustannie udoskonalane, jak również pojawiają się nowe. Sprawność nowych instalacji wodorowych bazujących na ogniach PEM do elektrolizy sięga aktualnie nawet 60%. Oznacza to, że z 1 kWh energii wykorzystanej do wytworzenia wodoru w procesie odwrotnym uzyskamy 0,6 kWh plus ciepło, które również można wykorzystać<sup>4</sup>.

Woda na Ziemi jest powszechna, ale dla pozyskania wodoru (przy obecnych technologiach) powinna zostać zdeminalizowana i oczyszczona – super, jak jest to woda czysta, destylowana. Do produkcji wodoru na drodze elektrolizy potrzeba ok. 46 kWh energii elektrycznej i ok. 10 l wody pobranej do uzdatnienia i demineralizacji oraz degazacji. Maksymalny szacowany potencjał produkcji wodoru powiedzmy z farmy wiatrowej 10 MW uzupełnionej o instalację PV 12 MW i zapotrzebowaniu na energię elektryczną na 1 kg wodoru ok. 66 kWh daje nam roczną produkcję wodoru (przy produkcji rocznej 19200 MWh i zapotrzebowaniu brutto 66 kWh/kg) – 290-300 t. Wtedy zapotrzebowanie na wodę wyniesie rocznie ok. 3000 m<sup>3</sup>. Taka ilość jest możliwa do pobrania z istniejącej sieci wodociągowej albo przy zbieraniu wody opadowej z powierzchni 6000 m<sup>2</sup> (np. z terenu farmy fotowoltaicznej). Dlatego dla Polski „onshore”, dla takich lokalnych instalacji, rekomenduję na etapie lokalizacji przeanalizowanie możliwości zbierania wody opadowej ze zbiornikiem buforowym. Pamiętajmy, że do zbierania wody opadowej z działek inwestycji predystynowane są instalacje PV oraz odwodnienia liniowe.

I na zakończenie sugestia: przeanalizowanie możliwości zagospodarowania ciepła wydzielanego w procesach technologicznych. Ciepło wydzielane jest w urządzeniach zasilania elektrolizerów, w elektrolizerach, w sprężarkach, w instalacji skraplania. Mimo iż to ciepło niskotemperaturowe (przeciętna temperatura 70-80°C), to jest „produkowane” w bardzo dużych ilościach. W całym procesie na 1 MW produkowanej energii elektrycznej na ciepło przekształcane jest nie mniej niż 400 kW. Energia cieplna o takiej temperaturze może być użytkowana w wielu procesach (także wspomaganych dodatkową energią), na przykład do suszenia kruszyw, do suchych mieszanek cementowo-mineralnych (z dodatkową energią podwyższającą temperaturę), do suszenia drewna, biomasy itd. ■

GESTRA jest światowym liderem w dziedzinie projektowania i produkcji zaworów oraz systemów dla instalacji pary i kondensatu.

Nasze urządzenia można znaleźć wszędzie tam, gdzie:

- para wodna jest wytwarzana, przesyłana lub wykorzystywana
- występują przepływy czynników ciekłych lub gazowych
- istotne są oszczędności energii oraz ochrona środowiska
- ważną rolę odgrywa niezawodność działania i szczelność zamknięcia

Inżynierowie GESTRA zapewniają wsparcie przy realizowanych projektach a nasze urządzenia od lat sprawdzają się w krytycznych aplikacjach!

Nasze rozwiązania cechuje dobór pod konkretne wymagania klienta, co w połączeniu z wysoką jakością produktów gwarantuje długoletnią bezawaryjną pracę.



Firma GESTRA została doceniona przez EcoVadis, globalną platformę opracowującą ratingi zrównoważonego rozwoju, za doskonałe wyniki w zakresie dostarczania rozwiązań dla przemysłu wspierających oszczędności energii, wody i zmniejszenia emisji CO<sub>2</sub>.



FOT. 1  
Widok na Halę  
Odwzorowań  
i Pilotaży

# BYĆ BLISKO RYNKU, BLISKO WDROŻENIA

**Dorota Wardzińska**

Biuro Badań i Rozwoju Petrochemii i Rafinerii Przyszłości, PKN ORLEN

Do 2030 roku, na realizację przyjętej Strategicznej Agendy Badawczej w obszarze B+R, PKN ORLEN S.A. zamierza przeznaczyć aż 3 mld złotych. Jednym z jej narzędzi jest otwarte w 2021 roku Centrum Badawczo-Rozwojowe PKN ORLEN w Płocku, którego koncepcja zakłada połączenie świata biznesu ze światem nauki i poszukiwanie synergii na tym styku.

Limitowane zasoby ropy naftowej, odcięcie dostaw ropy z Rosji, planowane przez UE odejście od produkcji samochodów spalinowych to nowe realia wymagające elastycznych, ale i rozważnych decyzji. Nowego podejścia wymaga także polityka UE w kwestiach środowiskowych: cele porozumienia paryskiego, pakiet Fit for 55, strategia REPowerEU wymuszają transformację energetyczną i poszukiwanie innowacyjnych rozwiązań. Żeby sprostać tym wyzwaniom, w PKN ORLEN intensyfikujemy prowadzone prace badawczo-rozwojowe.

## Idea powstania Centrum Badawczo-Rozwojowego

Budowa koncernu multienergetycznego pozwala Grupie ORLEN umacniać pozycję lidera transformacji systemu energetycznego. Dzięki fuzjom spółka może realizować ogromne projekty rozwojowe w nowych obszarach oraz budować innowacyjne modele biznesowe. Przed Grupą ORLEN stoją też wyzwania wynikające z obecnej sytuacji geopolitycznej i zmieniających się trendów rynkowych.

Intensywnie współpracujemy z instytutami badawczymi oraz uczelniami w Polsce i za granicą. Doświadczenia z kilkuset zrealizowanych projektów badawczo-rozwojowych pokazały nam, że brakuje miejsca, w którym można by w bezpieczny sposób przetestować i przeskalować nowe technologie, zanim zostanie podjęta decyzja o ich wdrożeniu. Ewidentnie widać lukę dzielącą świat nauki i świat biznesu. Jest wiele obiecujących pomysłów będących na niskim stopniu gotowości technologicznej, często jeszcze w skali laboratoryjnej, dla których etap powiększenia skali jest etapem hamulcowym. Do przeskalowania, oprócz budżetu, potrzebna jest również odpowiednia infrastruktura i kadra ją obsługująca.

Tak właśnie powstała idea budowy własnego Centrum Badawczo-Rozwojowego (CBR) PKN ORLEN w Płocku. To tu realizujemy prace badawcze na wysokim poziomie gotowości technologicznej – tj. prace „blisko rynku, blisko wdrożenia”. Nasze Centrum pełni rolę zaplecza do efektywnej współpracy ze światem nauki, a tym samym jest platformą wymiany wiedzy i doświadczenia pomiędzy oboma tymi światami.

Zaletą CBR to jego bezpośrednie sąsiedztwo z zakładem produkcyjnym, które gwarantuje łatwość dostępu do surowców, mediów, ale też i do doświadczonych kadry technologów i operatorów z instalacji produkcyjnych. Dzięki własnemu Centrum Badawczo-Rozwojowemu mamy możliwość budowania wewnętrznego „know-how”, rozbudowy kompetencji pracowników w zakresie prowadzenia badań i zwiększenia potencjału innowacyjności wewnętrznej. Koncepcja CBR zakłada więc połączenie świata produkcyjno-techno-

logicznego ze światem nauki i poszukiwania synergii na tym styku.

### Infrastruktura hali Centrum Badawczo-Rozwojowego

Sercem Centrum Badawczo-Rozwojowego jest licząca blisko 2 000 m<sup>2</sup> Hala Odwzorowań i Pilotaży, stanowiąca trzykondygnacyjne zaplecze do budowy instalacji pilotowych i ćwierćtechnicznych (fot. 1).

Hala wyposażona jest w niezbędne gazy techniczne (m.in. wodór, azot, tlen) i media procesowe (woda chłodząca, woda DEMI, powietrze sprężone, woda lodowa). Sterowanie i monitorowanie procesów możliwe jest z poziomu pomieszczenia sterowni przez rozproszony system sterowania DCS. Zostały tam posadowione instalacje odwzorowujące procesy rafineryjno-petrochemiczne: Hydrokraking, Hydroodsiarczanie Olejów Napędowych, Reforming oraz Piroлиза. Pozwalają one na badania nowych wsadów, testowanie katalizatorów czy optymalizację parametrów procesowych. Dodatkowo w hali znajduje się instalacja służąca do otrzymywania biopaliw zaawansowanych, która stanowi doskonały przykład owocnej współpracy PKN ORLEN ze światem nauki. Wspomnianą technologię rozwijaliśmy przez kilka lat wraz z Instytutem Chemii Przemysłowej w Warszawie, przechodząc od badań w skali laboratoryjnej, przez projektowanie instalacji pilotowej, budowę, po badania z jej wykorzystaniem.

Czekamy również na kolejną instalację pilotową – do atmosferycznej i próżniowej destylacji ropy naftowej – szczególnie ważną z punktu widzenia dywersyfikacji surowcowej. Na instalacji tej planu-

FOT. 2  
Instalacja  
Blendingu Paliw





jemy prowadzenie testów wsadów rafineryjnych. Będą to różne gatunki ropy naftowej, surowce alternatywne, jak i ich mieszanki. Należy podkreślić, że infrastruktura hali została zaprojektowana w sposób przemyślany i elastyczny – tak, aby w przyszłości móc łatwo modyfikować już istniejące lub budować kolejne instalacje, w zależności od zmieniających się potrzeb badawczych. Jest to także miejsce, w którym przewidujemy współpracę z podmiotami dysponującymi rozwiązaniami na poziomie TRL 5-7, zgodnymi z kierunkami strategicznymi PKN ORLEN w zakresie rozwoju własnych technologii (przez to będą mogły być poddane testom w CBR jako etap przeskalowania).

Halę Odwzorowań i Pilotażu wspiera bogato wyposażone zaplecze laboratoryjne. Pracownie laboratoryjne to przeszło 50 nowoczesnych urządzeń: m.in. chromatografy GCMS, spektrofotometr FTIR, analizator TGA-FTIR-GCMS. Laboratorium ma za zadanie nie tylko analizowanie próbek pochodzących z instalacji pilotażowych, ale również przeprowadzanie badań na potrzeby realizowanych w Grupie ORLEN projektów badawczo-rozwojowych czy rozwiązywanie bieżących wyzwań technologicznych pojawiających się w naszych zakładach produkcyjnych.

### Pracownie CBR

W CBR są cztery pracownie: Pracownia Paliw, Biomasy i Petrochemii, Pracownia Korozji, Pracownia Olejów i Środków Smarowych oraz Pracownia Asfaltów. W tej ostatniej znajduje się kolejna instalacja pilotażowa (z ośmiu), służąca do produkcji próbek nowych mieszanek asfaltowych, na której do tej pory wytworzono i przetestowano kilkadziesiąt mieszanek różnego rodzaju asfaltów drogowych.

Głównym zadaniem Pracowni Korozji jest przeciwdziałanie awaryjności instalacji spowodowanej przez procesy korozyjne i związanej z tym utraty marży. Dzięki wyposażeniu pracowni możliwe jest badanie agresywności korozyjnej środowisk procesowych (m.in. elektrochemiczne badania korozyjne) oraz ocena odporności korozyjnej materiałów konstrukcyjnych.

Pracownia Olejów i Środków Smarowych powstała na potrzeby naszej spółki ORLEN Oil. Wspólnie rozwijamy i testujemy nowe środki smarowe. Posiadamy unikatowe w skali kraju urządzenia służące do badania cieczy obróbczych, tzw. Metal Working Fluids – m.in. test CNOMO do badania charakterystyk pienienia emulsji wodnych, czy Reichert Tester do oceny skuteczności dodatków przeciwzużyciowych (EP).

Największa pracownia w Centrum Badawczo-Rozwojowym to Pracownia Paliw, Biomasy i Petrochemii. To w niej testujemy nowe komponenty paliw, biopaliw, jak i opracowujemy oraz badamy formułacje nowych produktów. W ubiegłym roku przeprowadziliśmy kilka tysięcy analiz. Dysponujemy również pomieszczeniami rezerwowymi na przyszłe pracownie, a już dziś tworzymy Pracownię Wodorową do testowania ogniw paliwowych oraz Pracownię Badań Katalizatorów.



**FOT. 3**  
Elementy ścieżki edukacyjnej: miniaturka kiwonu i DRW

### Ze skali laboratoryjnej na instalacje

Formulacje, które mają obiecujące wyniki badań w skali laboratoryjnej, możemy skomponować w dużej skali na Instalacjach Blendingu Paliw i Olejów Smarowych i przekierować na testy na hamowniach silnikowych. Blending Paliw (fot. 2) to ultranowoczesna, w pełni zautomatyzowana i opomiarowana linia do komponowania olejów napędowych, benzyn oraz paliw lotniczych. Pozwala na łączenie jednocześnie do 12 różnych komponentów, precyzyjne dozowanie dodatków i otrzymanie aż 1 m<sup>3</sup> paliwa w jednej szarży. Podobnie instalacja Blendingu Olejów Smarowych daje możliwość precyzyjnego skomponowania do 200 litrów olejów smarowych.

W Hamowniach Silnikowych, z wykorzystaniem zautomatyzowanych i odpowiednio opomiarowanych silników (silnika o zapłonie iskrowym VW EA111 oraz silnika o zapłonie samoczynnym PSA DW 10), modelujemy skład naszych produktów. Oceniamy też skuteczność stosowanych dodatków zgodnie z międzynarodowymi standardami. W ubiegłym roku weryfikowaliśmy skuteczność dodatków detergencyjnych w naszych paliwach, a także testowaliśmy nowe formułacje paliw o zwiększonej zawartości biokomponentów. W planach mamy przeprowadzenie kolejnych serii testów produktów z naszej Grupy, jak i badania mieszanek z nowymi biokomponentami.

### Miejsce popularyzacji i spotkań z nauką

Oprócz działalności badawczej CBR stanowi również miejsce popularyzacji nauki. Dla najmłodszych organizujemy spotkania, w czasie których w ciekawy sposób opowiadamy o naszej branży i przybliżamy

FOT. 4  
Element ścieżki  
edukacyjnej  
– układ okresowy  
pierwiastków



historię działalności firmy. Dzieci i młodzież ze szkół podstawowych mają możliwość przejścia przez interaktywną ścieżkę edukacyjną (fot. 3 i 4) i poznać przetwórstwo ropy – od jej wydobycia, przez przerób, aż po zastosowanie w produktach końcowych.

”

Już dziś tworzymy Pracownię Wodorową do testowania ogniw paliwowych oraz Pracownię Badań Katalizatorów

Skupiamy się również na promowaniu postawy proekologicznej, przekazując wiedzę o segregacji i recyklingu odpadów, jak i o odnawialnych źródłach energii. Organizujemy akcje wolontariatu, jak np. Mali Naukowcy ORLENU, gdzie poprzez pokazy eksperymentów i szereg atrakcji zaznajamiamy młode pokolenie z tajnikami chemii. Chcemy zaszczyć w uczestnikach miłość do nauk ścisłych, bo w przyszłości to oni mogą stać się naszą kadrą pracowniczą. W realizację projektów badawczych angażujemy studentów i młodych naukowców, którzy odbywając u nas staże mają możliwość zdobycia cennego, praktycznego

doświadczenia. Niejednokrotnie nasi najlepsi stażyszczy znajdują zatrudnienie w strukturach Grupy ORLEN.

Budynek Centrum Badawczo-Rozwojowego został również wyposażony w szereg rozwiązań proekologicznych. Na dachu zainstalowano moduły fotowoltaiczne i wiatrak o pionowej osi obrotu, a przed budynkiem znajdują się wielostanowiskowe fotowoltaiczne zadaszenia miejsc parkingowych i stacja szybkiego ładowania samochodów elektrycznych.

\*\*\*

W Biurze Badań i Rozwoju Petrochemii i Rafinerii Przyszłości realizujemy szereg projektów będących odpowiedzią na pojawiające się wyzwania rynkowe. Działania te realizujemy we współpracy ze światem nauki, a dotyczą one m.in. ograniczenia emisji dwutlenku węgla, wykorzystania surowców alternatywnych czy gospodarki obiegu zamkniętego. W części z tych projektów już teraz planujemy kolejne instalacje do testowania wypracowanych technologii i rozwiązań.

Centrum Badawczo-Rozwojowe to narzędzie, które wspiera naszą innowacyjność, umożliwia realizację Strategicznej Agencji Badawczej oraz Programu Rozwoju Petrochemii. Mamy nadzieję, że CBR pozwoli też na skuteczne zniwelowanie bariery między nauką i przemysłem.

Fot. PKN ORLEN S.A. ■

## POMPY ODŚRODKOWE I POMPY ZĘBATE ROTAN®

Pompy do każdej aplikacji

Kluczowe czynniki we wszystkich obszarach produkcji przemysłowej to: niezawodność, produktywność i wydajność zakładu produkcyjnego.

Oferta produktów, systemów i usług DESMI przeznaczonych dla sektora przemysłowego w pełni spełnia te wymagania.

Typowe aplikacje obsługiwane przez pompy DESMI:

### Pompy zębate ROTAN®:

- ✓ Czekolady
- ✓ Oleje i smary
- ✓ Izocyjaniany i poliole
- ✓ Żywnice
- ✓ Farby i tusze
- ✓ Mydła i detergenty
- ✓ Asfalty i bitumy
- ✓ Smoły / Mazuty

### Pompy odśrodkowe:

- ✓ Chłodnie kominowe
- ✓ Woda chłodnicza
- ✓ Woda solankowa
- ✓ Woda surowa
- ✓ Woda gorąca
- ✓ Odwadnianie
- ✓ Glikole
- ✓ HVAC

### POMPY ZĘBATE ROTAN®



ROTAN® PD



ROTAN® CD



ROTAN® HD



ROTAN® ED



ROTAN® GP

### POMPY ODŚRODKOWE



DESMI ESL



DESMI NSL



Modular S



DESMI ESLH



DESMI  
DSL

# KRZEM DLA NOWEJ ENERGETYKI

dr Bartosz Bańkowski

dyrektor ds. nowych technologii, PCC Rokita SA

Na czym ma opierać się racjonalna i skuteczna transformacja energetyczna? Jaki model działania powinien przeważać w przemyśle i biznesie? Co przyniesie połączenie wydobycia własnych surowców i ich przetwórstwa z zastosowaniem nowoczesnych technologii produkcji, kluczowych dla energetyki urządzeń? Przeanalizujemy to na podstawie najpospolitszego pierwiastka – krzemu.

Wiemy, że nie wystarczy wyłączyć „atomu” czy przestać wydobywać węgiel, a skupić się wyłącznie na uruchamianiu kolejnych fabryk aut elektrycznych i budowie farm wiatrowych. Chyba że chcemy przyczynić się jeszcze bardziej do degradacji planety, a w najbliższej przyszłości uzależnić od wiodących potęg gospodarczych, głównie na skutek braku własnych źródeł podstawowych surowców i bazowych półproduktów przemysłu chemicznego.

W takiej sytuacji, czy też zagrożeniu, znalazła się Europa, która niejednokrotnie sama mocno ogranicza swój potencjał, blokując wydobycie u siebie cennych surowców i wypychając produkcję chemiczną głównie do Chin. Ostatnie lata pokazały, że w znacznym stopniu byliśmy w stanie przestawić się na alternatywne źródła energii, jednak proces ten przeprowadzony został bez uwzględnienia konsekwencji przyspieszonej rezygnacji z energetyki atomowej i bazującej

Fot. 123rf

na węglu. Sam proces przechodzenia na „zielone” technologie obnażył słabość Unii, Europy w ogóle, w zakresie zapewnienia surowców gwarantujących możliwość wytwarzania urządzeń kluczowych dla nowej energetyki, nowego przemysłu. Mowa oczywiście o zawsze deficytowych metalach, takich jak lit, mangan, kobalt czy nikiel, ale też o surowcach znacznie bardziej pospolitych, w tym jednym z najpospolitszych pierwiastków – krzemie. To samo dotyczy produktów całej gałęzi przemysłu chemicznego zajmującego się wytwarzaniem krytycznych dla nowej energetyki materiałów.

### Polityka surowcowa w Europie

Aktualnie w Parlamencie Europejskim trwa debata bezpośrednio pokazująca ułomność polityki surowcowej w Europie. Stało się jasne, że przechodzenie na alternatywne źródła energii wiąże się z koniecznością ułatwienia eksploatacji złóż kluczowych surowców oraz umożliwienie ich chemicznej obróbki, podczas gdy procedury związane z uzyskaniem pozwoleń na tego typu działalność niejednokrotnie dyskwalifikują dane przedsięwzięcie. Wspierane są inwestycje w panele fotowoltaiczne, ale bez jednoczesnego, symetrycznego wsparcia dla upstreamu dostarczającego komponenty do tych paneli. Tym sposobem skazujemy producentów finalnych rozwiązań na surowce spoza Europy, otrzymane niejednokrotnie w warunkach urągających wartościom, jakich wyznawanie Europa deklaruje.

Pocieszającym jest fakt, że problem ten został zauważony również przez część polityków. Podejmowane działania, mające na celu odwrócenie trendu uzależnienia się od materiałów spoza Europy, głównie z pretendujących do bycia pierwszym mocarstwem świata Chin, zaczynają przynosić realne efekty. Jest to jednak w dużej mierze oddolna inicjatywa biznesu, który mając świadomość pełnego uzależnienia od azjatyckich materiałów do produkcji baterii, ogniw fotowoltaicznych, elektroniki, wspiera lokalne inicjatywy i organizuje się w konsorcja pozwalające pracować nad kompletnym łańcuchem wartości. Przykładem może być tutaj EIT Raw Materials, czy też jedna z nowszych inicjatyw – European Solar Photovoltaic Industry Alliance.

### Alternatywne technologie

Ciekawe jest to, że nie mogąc dzisiaj konkurować z Chinami na polu produkcji np. polikrzemu, zaczynamy wdrażać technologie alternatywne, a dobrym przykładem niech będą choćby prace nad zwiększeniem wydajności technologii wykorzystujących epitaksję, eliminując z produkcji wafli krzemowych szereg energochłonnych i generujących straty procesów jednostkowych. Po raz kolejny może się okazać, że potencjał naukowy daje nam przewagę. Biorąc pod uwagę problemy z surowcami czy też komponentami niezbędnymi do produkcji ogniw fotowoltaicznych, zaczynamy wdrażać znacznie bardziej zaawansowane rozwiązania. Jak efektywne – czas pokaże. W kwestii

finalnych komponentów potrafimy stworzyć wartościowe, niejednokrotnie przełomowe rozwiązania. Dobrym i jednocześnie interesującym przykładem może być technologia wytwarzania anod na bazie czystego krzemu, wdrażana przez firmę LeydenJar<sup>1</sup> – rozwiązanie, które może zrewolucjonizować proces produkcji gotowych anod, ale jednocześnie bardzo wymagające technologicznie.

Opierając się na azjatyckich dostawcach polikrzemu czy gotowych waflach krzemowych, bez ułatwienia dostępu do kluczowych surowców, takich jak krzem i całe spektrum jego pochodnych, proces uniezależnienia się będzie nieefektywny. I tutaj wracamy do problemu błędnie pojmowanej odpowiedzialności za środowisko naturalne, znów stoimy na rozdrożu: krzem – tak, ale jego energochłonna i przypominająca wytop stali produkcja – już nie.

”

Aktualnie Grupa PCC rozważa uruchomienie własnej produkcji chlorokrzemianów – tri- i tetrachlorku krzemu

Odpowiedzialne działanie w zakresie budowy łańcucha wartości wiąże się z racjonalnym działaniem zarówno u podstaw, tam, gdzie mamy do czynienia z wydobyciem i wstępnym przetworzeniem danego surowca, jak i na dalszych etapach przetwarzania, aż do produktu finalnego.

Krzem jest o tyle specyficznym surowcem, że występuje niemal wszędzie, ale jego wytopem i obróbką zajmuje się stosunkowo niewiele przedsiębiorstw, przynajmniej w naszym regionie. Jeszcze mniej firm jest w stanie przetworzyć metalurgiczny krzem w tróchlorkek i czterochlorkek krzemu czy też silany, bez których to komponentów trudno myśleć o masowej produkcji ogniw fotowoltaicznych, baterii czy nawet światłowodów.

### Pokryć zapotrzebowanie na nowe inwestycje

W ostatnim czasie w Europie rozpoczęto szereg inwestycji mających na celu uniezależnienie od Azji i przynajmniej osłabienie jej dominacji. Problemy z dostawami surowców, które nastąpiły na skutek pandemii COVID, po raz pierwszy pokazały, jak niebezpieczne jest takie uzależnienie, pomijając już aspekt rywalizacji największych światowych gospodarek i powolne spychanie Europy na margines.

Najwięksi europejscy potentaci w branży półprzewodników, komponentów do elektroniki siłowej i fotowoltaiki zaczęli ogłaszać kolejne duże inwestycje. Enel pod szyldem 3Sun kończy budowę gigafabryki

**PRODUKCJA  
CHLORO-  
KRZEMIANÓW**

to dla PCC kierunek naturalny nie tylko ze względu na dostęp do krzemu, ale również pogłębienie integracji surowcowej i synergii w procesie od wydobycia krzemu do otrzymania finalnych surowców chemicznych, np. do produkcji baterii czy ogniw fotowoltaicznych



Fot. 123rf

nowoczesnych ogniw na Sycylii, ale prawdopodobnie znaczna część zaopatrzenia będzie pochodziła z Chin, przynajmniej w pierwszej fazie pracy wytwórni. Meyer Burger stawia na współpracę z Norwegian Crystals, która to firma w dużej mierze korzysta z krzemu wyprodukowanego w Europie i Ameryce Północnej, ale zdolności ma ograniczone, podczas gdy Meyer Burger planuje osiągnąć w 2023 ok. 1,2 GW mocy produkcyjnych, a docelowo ma to być nawet 5 GW. Wzrost produkcji finalnych elementów rośnie wykładniczo, a komponentów wydaje się nie nadążać – nie mamy dzisiaj takich mocy wytwarzania polikrzemu, żeby pokryć zapotrzebowanie nowych inwestycji.

Wzrasta również produkcja w branży półprzewodników – wystarczy spojrzeć na rozwój Wolfspeed<sup>2</sup>, Intel, niemieckiego potentata w branży – firmy Infineon czy też Bosch. Celem jest zwiększenie udziału Europy w globalnym rynku półprzewodników z 10 do 20% na przestrzeni następných 10 lat.

Każdy ze wspomnianych przypadków wygeneruje wzrost zapotrzebowania na polikrzem, chlorek krzemiany, monosilan, węgiel krzemu. Na pewno pozytywnym aspektem jest to, że europejskie firmy również rozwijają produkcję określonych półproduktów. Przykładem może być produkcja podłoży do wytwarzania wafli z węgla krzemu, który już dzisiaj jest szeroko wykorzystywany jako zamiennik krzemu w bardzo wymagających aplikacjach. Jest to częściowa integracja i w pewnym zakresie zapewnienie sobie bezpieczeństwa. Natomiast, aby dojść do podłoża SiC, trzeba wyjść z kwarcytu, wytopić krzem, następnie przeprowadzić go w silany i na drodze CVD (chemical

vapor deposition) wyprodukować płytkę mogącą stanowić dopiero podłoże do wyprodukowania finalnego wafła na drodze epitaksji. Dzisiaj zarówno płytki SiC, jak i polikrzem czy też gotowe monokryształy musimy importować. Efekt? Szacuje się, że ponad 90% ogniw fotowoltaicznych wytworzonych w Europie zawiera materiał chiński<sup>3</sup>. Uzależnienie w tym zakresie od Chin powoduje, że nie jesteśmy w stanie w pełni wykorzystać potencjału, jaki drzemie w opracowanych w Europie technologiach.

**Integracja produkcji na poziomie Europy**

W przypadku komponentów do produkcji baterii sytuacja wygląda podobnie, a mowa o bardzo podstawowych substancjach, jak grafit czy elektrolity, które również głównie sprowadzane są spoza Europy. Dlatego tak ważne jest, aby zapewnić pełną integrację produkcji na poziomie europejskim.

Przykładem tego, jak w skali Europy powinien wyglądać rozwój technologii umożliwiających efektywne przejście na zieloną energię, jest model działania Grupy PCC, która już dzisiaj konsekwentnie inwestuje w integrację produkcji – w przypadku PCC opierającej się o krzem oraz chlor i jego pochodne.

Uruchomiona kilka lat temu na Islandii fabryka krzemu metalurgicznego to projekt, który stał się załącznikiem działań podjętych przez koncern w zakresie produkcji kluczowych materiałów wykorzystywanych w produkcji baterii, ogniw fotowoltaicznych, elektroniki siłowej czy półprzewodników. Mowa tutaj zarówno o podstawowych surowcach, takich jak odpowiedniej jakości sproszkowany krzem metalurgiczny, czy np.



Firma **ZAMKON** - producent oraz dostawca armatury przemysłowej, działa na polskim rynku od 1989 roku i do dnia dzisiejszego jest jedynym polskim producentem odwadniaczy.

**Oferta ZAMKON obejmuje cztery grupy aktywności:**

#### I. PRODUKCJA ARMATURY PRZEMYSŁOWEJ:

- Armatura odwadniająca z całym typoszeregiem w zakresie PN40-630, separatory pary, odpowietrzniki, chłodniczkę próbek, tłumiki uderzeń wodnych,
- Armatura odcinająca i regulacyjna: zawory zaporowe grzybkowe, zasuwki klinowe, zawory kulowe, przepustnice mimośrodowe, filtry, zawory zwrotne,

#### II. KOMPLETACJA ARMATURY PRZEMYSŁOWEJ:

- Przepustnice poczwórnie mimośrodowe PN10-PN160
- Armatura średnio i wysokociśnieniowa PN63-500
- Zawory bezpieczeństwa
- Zawory redukcyjne i regulacyjne

#### III. PROJEKTY I INSTALACJE POD KLUCZ:

- Stacje rozdziału pary (RFM) i zbioru kondensatu (ZFM)
- Ogrzewanie satelitarne (parogrzeykowe)
- Stacje redukcyjno-schładzające pary (SRP)
- Stacje redukcyjno-pomiarowe gazu
- Przepompownie kondensatu (WZZ)
- Rozprężacze kondensatu (RWZ-1)
- Stacje termicznego odgazowania wody
- Układy odwadniające

#### IV. USŁUGI INŻYNIERYJNO-KONSULTACYJNE:

- Projekty wykorzystania pary wtórnej z rozprężania
- Projekty rurociągów przesyłowych pary
- Projekty przemysłowych instalacji grzewczych parowo-kondensacyjnych oraz systemów grzewczych wodnych
- Pomiary odwadniaczy i serwis armatury
- Szkolenia



# ZAMKON

# EKOHELP

**Twój partner w obsłudze  
płynów w procesach  
chemii przemysłowej**




**Dostarczymy kompleksowe rozwiązanie do każdej aplikacji chemicznej.  
Współpracujemy m. in. z Aro, WANGEN, Alfa Laval czy GemmeCotti**


**ARO**

**W**  
WANGEN PUMPEN

ALFA  
LAVAL  
Authorized Distributor

**GemmeCotti**  
EUROPEAN PUMPS

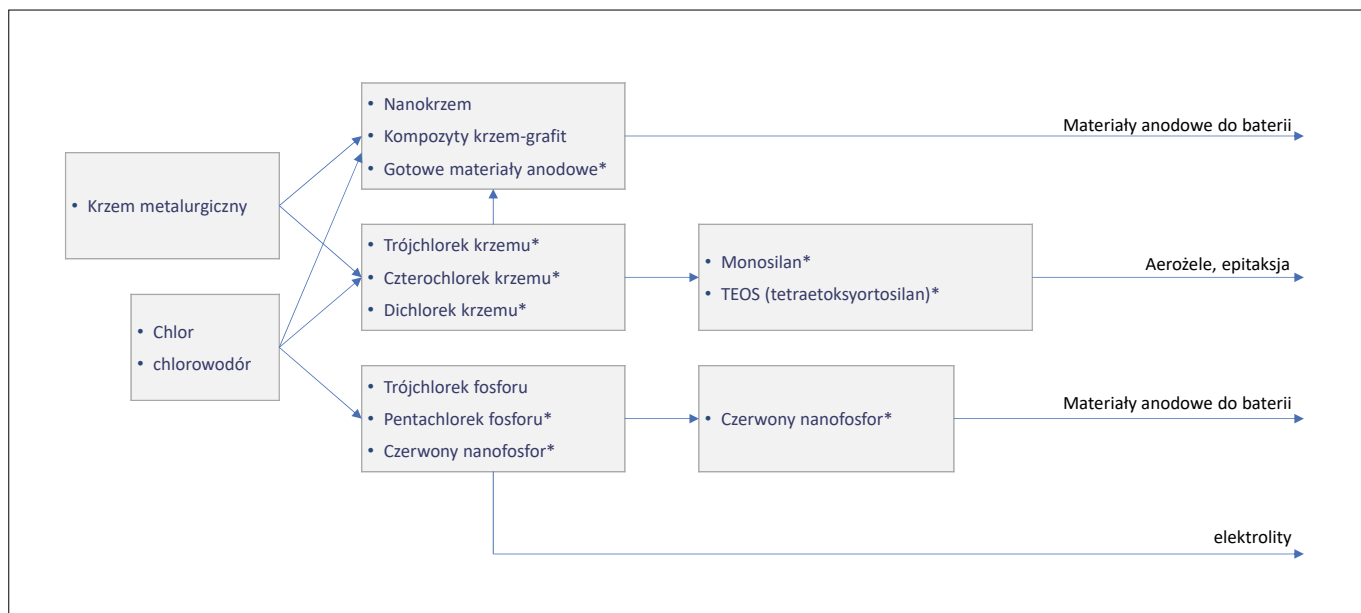
 [www.pompy-przemyslowe.pl](http://www.pompy-przemyslowe.pl)

 48 366 27 20

 [zapytanie@ekohelp.com.pl](mailto:zapytanie@ekohelp.com.pl)

**EKOHELP**





**RYS. 1**  
Spektrum produktów (z bieżącego i rozwijanego portfela) przeznaczonych dla branży baterii i ogniw fotowoltaicznych

materiały anodowe dla baterii litowo-jonowych, ale też chlorosilany. Te ostatnie to substancje o szerokim spektrum aplikacji, począwszy od produkcji światłowodów, poprzez modyfikację powierzchni szkieł wykorzystywanych w produkcji paneli fotowoltaicznych, a kończąc na zastosowaniu w epitaksjalnym wytwarzaniu wafli krzemowych i wafli SiC oraz objętościowego SiC dla elektroniki siłowej.

Niedobór tych materiałów jest dzisiaj główną bolączką europejskich producentów baterii i rozwiązań dla fotowoltaiki. Grupa PCC podeszła do tematu bardzo kompleksowo, rozwijając własne rozwiązania i technologie oraz nawiązując współpracę z kluczowymi jednostkami badawczymi.

### Produkcja krzemu i jego pochodnych

Krzem produkowany na Islandii wytwarzany jest w dużej mierze z surowca (kwarcytu) wydobywanego w Polsce i z wykorzystaniem energii pochodzącej w 100% ze źródeł odnawialnych. Trwają również prace nad rezygnacją z węgla jako czynnika redukującego w procesie produkcyjnym, na rzecz węgla drzewnego. Oznacza to, że taka produkcja krzemu będzie miała znacznie niższy ślad węglowy niż ten pochodzący z Azji – będzie jeszcze niższy jak tylko uda się wdrożyć układ odzysku dwutlenku węgla i konwertować go w wartościowe chemikalia. Kolejno podejmowane wyzwania pokazują, że nawet w tak wymagającym procesie jak wytop krzemu, jest miejsce na innowacje i ulepszenia.

Aktualnie Grupa PCC rozważa również uruchomienie własnej produkcji chlorokrzemianów – tri- i tetrachloru krzemu. Prowadzone są prace badawcze, a uruchomiona instalacja pilotażowa pozwala na optymalizację procesu produkcji, w tym na maksymalne wykorzystanie ciepła generowanego w czasie reakcji. Celem jest ułatwienie dostępu do podstawowych po-

chodnych krzemu tym firmom, które w tej chwili już wdrażają technologie produkcji wafli z krzemu i węgla krzemu z wykorzystaniem epitaksji. Kolejnym krokiem ma być też zapewnienie dostępu do dalszych pochodnych, takich jak monosilan, kluczowy czynnik umożliwiający rozwój nowych generacji materiałów anodowych.

Produkcja chlorokrzemianów to dla PCC kierunek w pewnym stopniu naturalny nie tylko ze względu na dostęp do krzemu. Dzięki PCC Rokita można mówić o pełnej integracji surowcowej, gdyż chlor i chlorowódor tam otrzymywane są nie mniej ważnymi od krzemu surowcami. Sam chlor rzadko rozpatrywany jest jako surowiec istotny dla produktów związanych z branżą baterii, jednak przykład chlorokrzemianów pokazuje, jak bardzo jest on w istocie potrzebny. Natomiast PCC Rokita to też dostawca innych związków na bazie chloru, bez których produkcja baterii byłaby niemożliwa. Mowa tutaj o trójchloru fosforu, który jest podstawowym surowcem do otrzymywania najpopularniejszego elektrolitu do baterii – heksafluorofosforanu litu ( $\text{LiPF}_6$ ).

Uruchomienie kompleksu chlorosilanowego jest zatem krokiem do dalszego pogłębienia integracji i wykorzystania efektu synergii w całym procesie przechodzenia od wydobycia krzemu do otrzymania finalnych surowców chemicznych dla producentów baterii i ogniw fotowoltaicznych (rys. 1).

Taki model działania daje też możliwość wsparcia klientów w zagospodarowaniu zawierających chlor strumieni odpadowych, powstających podczas przetwarzania chlorokrzemianów. Niewątpliwie wdrożenie przez PCC produkcji tych ostatnich, a także dalsze rozszerzenie portfela o monosilan, zabezpieczy surowcowo producentów rozwiązań końcowych i pozwoli im na rozwijanie swoich technologii oraz dalsze inwestowanie w Europie.

**FABRYKA  
KRZEMU**

Uruchomiona na Islandii fabryka krzemu metalurgicznego to projekt, który stał się załącznikiem działań podjętych przez PCC w zakresie produkcji kluczowych materiałów wykorzystywanych m.in. w produkcji baterii czy ogniw fotowoltaicznych



Fot. Grupa PCC

Krzem metalurgiczny, chlorokrzemiany, silany to natomiast dla PCC nie koniec aktywności w zakresie prac nad zapewnieniem surowców dla producentów ogniw fotowoltaicznych i baterii. Mając dostęp do doskonałej jakości surowca podjęto prace nad kolejnym istotnym materiałem, a mianowicie nanoproszkami krzemowymi do zastosowań w anodach. Utworzona w tym celu spółka Thorion<sup>4</sup> rozwija technologię produkcji nanoproszków krzemowych i materiałów kompozytowych. A to wszystko we współpracy z Instytutem Fraunhofera oraz Uniwersytetem Duisburg-Essen. Istotą wdrożenia materiałów na bazie krzemu jest znaczące zwiększenie udziału krzemu w materiale anodowym z jednoczesnym zapewnieniem ich kompatybilności z aktualnie stosowanymi na rynku technologiami produkcji baterii. Umożliwia to szybkie wdrożenie rozwiązania do masowej produkcji, znacznie zwiększając wydajność aktualnie oferowanych ogniw. A jest o co walczyć – zastosowanie nanokrzemu w materiałach anodowych do baterii pozwala na zwiększenie ich pojemności o 30%. Aktualnie w Thorion trwają prace nad różnymi formami i typami nanoproszków krzemowych oraz gotowymi anodami, a część prac jest na etapie wdrożenia przemysłowego i testów ogniw w pełnej skali.

\*\*\*

Jeśli umożliwimy sobie wydobycie surowców i ich wstępne przetwórstwo, zwykle obarczone największą energochłonnością i potencjalnie generujące największe obciążenie dla środowiska, ale za to realizowane w kontrolowanych warunkach i z zastosowaniem

odpowiednich technologii odzysku energii, wody, neutralizacji ścieków, i zestawimy to z nowoczesnymi technologiami produkcji ogniw, baterii, elektroniki siłowej, światłowodów, to *de facto* doprowadzimy do realnego w skali globalnej obniżenia emisji do środowiska i zmniejszenia stopnia jego degradacji. A to wyłącznie na skutek rezygnacji z roli bezwolnej marionetki, niemającej realnego wpływu na degradację środowiska na świecie. Marionetki, która własnymi regulacjami ogranicza rozwój przemysłu tylko na swoim własnym podwórku.

Pokazuje to, że dzisiaj w Europie cały przemysł potrzebuje wsparcia i racjonalnego podejścia do regulacji mających na celu ochronę środowiska, ale jest to też aspekt społeczny – należy w społeczeństwie budować świadomość, że tylko wspierając lokalny przemysł gwarantujemy realny wpływ na respektowanie przez przemysł regulacji chroniących środowisko. Docelowo zapewniamy sobie bezpieczny postęp technologiczny w pełnym zakresie – od etapu wydobycia surowców, poprzez przetwórstwo chemiczne, aż do zamontowania gotowego panelu słonecznego na dachu domu jednorodzinnego czy uruchomienia kolejnej elektrowni wiatrowej.

**Przypisy**

- <sup>1</sup> LeydenJar secures EU backing in financing of new battery factory - LeydenJar (leyden-jar.com).
- <sup>2</sup> Nowe technologie. Czypy made in Germany – DW – 01.02.2023.
- <sup>3</sup> Nadchodzi 5 lat z niedoborami krzemu na rynku! – GLOBENERGIA.
- <sup>4</sup> PCC Thorion | Silicon Powders for Lithium-Ion Batteries (pcc-thorion.eu). ■

# OLEJE BAZOWE

**ORLEN Południe** oferuje produkty adresowane do różnych gałęzi przemysłu chemicznego, zarówno wielko-, jak i małotonażowego. Do strefy tej zaliczamy między innymi oleje bazowe otrzymywane przez hydorafinację destylatu uzyskanego z regeneracji smarowych olejów odpadowych na własnych instalacjach DOP i HOP.

Są to jasne, klarowne oleje o dobrych właściwościach niskotemperaturowych, wysokiej czułości na dodatki uszlachetniające, a także o niskiej zawartości aromatów i siarki.

OLEJE BAZOWE: **N-80, 80, N-100, 100, N-150, 150, N-200, 200** stosowane są do produkcji przemysłowych olejów smarowych i technologicznych:

- maszynowych, hydraulicznych,
- do obróbki metali (skrawaniem, plastycznej, cieplnej),
- konserwacyjnych, ochronnych,
- antyadhezyjnych i antyzbrylaczy,
- wyrobów hydroizolacyjnych oraz olejów silnikowych i przekładniowych.

*Sprzedaż prowadzona jest w procedurze zwolnienia od akcyzy ze względu na przeznaczenie, w procedurze zawieszenia poboru akcyzy, z zapłaconą akcyzą. Kod CN 27101999.*



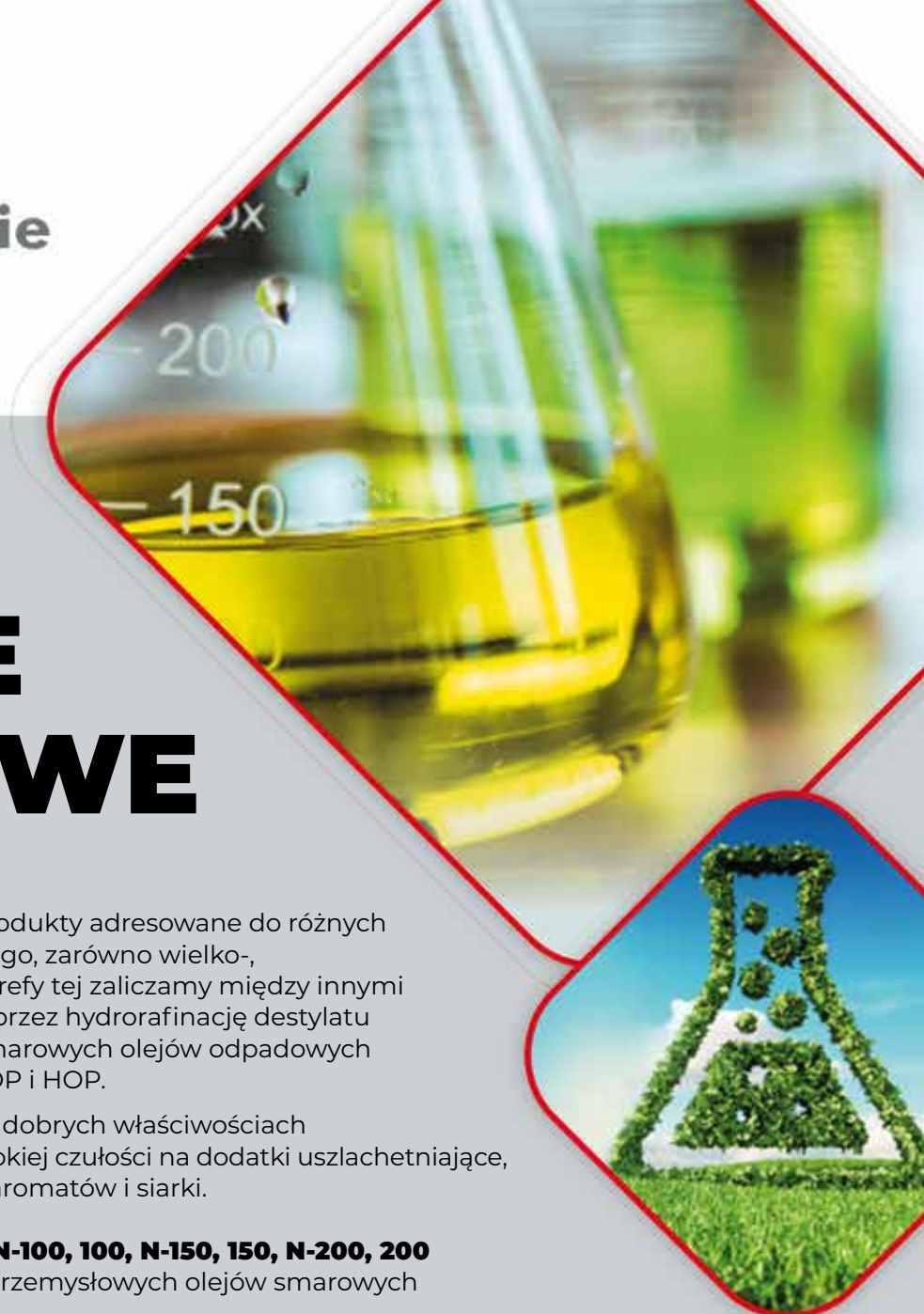
## KONTAKT:

### **Piotr Bugajski**

tel. +48 24 201 07 17  
kom. +48 603 950 885  
Piotr.Bugajski@orlen.pl

### **Maciej Niechaj**

tel. +48 24 201 01 39  
kom. +48 665 444 843  
Maciej.Niechaj@orlen.pl





WYDAJNOŚĆ UCO FAME, która zostanie uruchomiona w drugim kwartale tego roku, to 30 tys. t/rok

Fot. ORLEN Południe S.A.

# INWESTYCJE

## obiegu zamkniętego w ORLEN Południe

**Karolina Koziarz**  
Technologia i Rozwój, ORLEN Południe S.A.

W dobie dynamicznie zmieniających się trendów, trudnych do przewidzenia zmian makroekonomicznych i nieustannej presji środowiskowej, inwestycje w technologie i rozwiązania obiegu zamkniętego są niczym antidotum.

**W** ORLEN Południe realizowane są projekty, które doskonale oddają inicjatywę gospodarki obiegu zamkniętego.

### UCO FAME

Jedną z inwestycji, która wpisuje się w inicjatywę gospodarki obiegu zamkniętego, jest budowa w Trzebini instalacji UCO FAME, wykorzystująca do produkcji oleje posmażalnicze (UCO – used cooking oils). W wyniku

prowadzonego procesu wytwarzane będą estry metylowe zaawansowane. Wydajność budowanej instalacji to 30 tys. t/rok, a jej uruchomienie planowane jest na drugi kwartał 2023 r. Realizacja inwestycji pozwoli na przetworzenie odpadowego oleju posmażalniczego do wartościowych biokomponentów zaawansowanych. Dodatkowo produkcja biopaliwa zaawansowanego będzie miała pozytywny wpływ na realizację Narodowego Celu Wskaźnikowego przez Grupę Kapitałową ORLEN.

## Bioetanol II generacji

Kolejną inwestycją ORLEN Południe wpisującą się w powyższy trend jest budowana instalacja do produkcji bioetanolu drugiej generacji o wydajności 25 tys. t/rok. Instalacja powstaje obecnie w zakładzie produkcyjnym w Jedliczu. Surowcem do produkcji bioetanolu będzie słoma, a otrzymany produkt będzie paliwem zaawansowanym. Technologia produkcji bioetanolu ze słomy jest innowacyjnym rozwiązaniem, które pozwoli na przetworzenie surowca pochodzenia naturalnego do biokomponentu. Planowane rozpoczęcie produkcji to 2025 r.

## Produkcja biogazu

Niezwykle istotnym obszarem działalności ORLEN Południe w obszarze przetwarzania odpadów jest produkcja biogazu. Aktualnie ORLEN Południe posiada w swojej strukturze trzy biogazownie, które na drodze fermentacji beztlenowej przetwarzają odpady przemysłu rolno-spożywczego do biogazu. Obecnie biogaz jest wykorzystywany do produkcji energii elektrycznej i ciepłej w kogeneracji. Po oczyszczeniu do biometanu może być również doskonałym substytutem gazu ziemnego. Biogazownia jest zakładem, który znacząco redukuje ilości odpadów, powstających zarówno przy gospodarstwach rolnych, jak i w trakcie przetwórstwa rolno-spożywczego. Zaś produkt uboczny – poferment – może być wykorzystywany jako bionawóz.

## Produkcja kwasu mlekowego

Realizowany w ORLEN Południe projekt produkcji kwasu mlekowego z surowców pochodzenia naturalnego opiera się na własnej, innowacyjnej technologii. Opracowane przez ORLEN Południe rozwiązanie pozwoli na produkcję kwasu mlekowego w ilości do 5 tys. t/rok. Kwas mlekowy może zostać wykorzystany do produkcji polilaktydu lub bezpośrednio w przemyśle spożywczym i kosmetycznym. Jest bioproduktem łatwo biodegradowalnym, otrzymywanym z substratów pochodzenia naturalnego.



Fot. ORLEN Południe S.A.

**INSTALACJA BIOETANOLU** drugiej generacji w zakładzie produkcyjnym w Jedliczu

\*\*\*

Realizowane w ORLEN Południe projekty, wpisujące się w trend gospodarki obiegu zamkniętego, są niezwykle istotnym elementem strategii biorafinerii. Procesy produkcyjne, prowadzone dzięki tym inwestycjom pozwolą na przetwarzanie odpadów lub produktów ubocznych w kierunku wartościowych biopaliw i biosubstancji chemicznych. Inwestycje w rozwiązania prośrodowiskowe i ekologiczne procentują nie tylko w obszarze ochrony środowiska, ale również w kontekście ambitnych wymagań prawnych, obowiązujących producentów paliw i biopaliw w Unii Europejskiej. ■



**BIOGAZOWNIA** Jedna z trzech biogazowni, które Grupa ORLEN posiada w swojej strukturze

Fot. ORLEN Południe S.A.

# RAFINERIA GDAŃSKA

## PODMIOTEM INFRASTRUKTURY KRYTYCZNEJ

RAFINERIA GDAŃSKA SP. Z O.O.

Rafineria Gdańska Sp. z o.o. od 2 listopada 2021 roku jest operatorem Infrastruktury Krytycznej, a tym samym została wpisana do dokumentu o nazwie: „jednolity wykaz obiektów, instalacji, urządzeń i usług wchodzących w skład infrastruktury krytycznej z podziałem na systemy”.

Jest to skutek wydzielenia m.in. zakładu rafineryjnego jako mienia infrastruktury krytycznej w postaci Zorganizowanej Części Przedsiębiorstwa z ówczesnej Grupy LOTOS S.A. do Rafinerii Gdańskiej (wcześniej LOTOS Asphalt). Rafineria jest istotnym podmiotem funkcjonującym w ramach systemu zaopatrzenia w energię, surowce energetyczne i paliwa.

Co ważne, ustawa z dnia 18 marca 2010 r. o szczególnych uprawnieniach ministra właściwego do spraw aktywów państwowych oraz ich wykonywaniu w niektórych spółkach kapitałowych lub grupach kapitałowych prowadzących działalność w sektorach energii elektrycznej, ropy naftowej oraz paliw gazowych (tj. Dz.U. z 2020 r. poz. 2173), dalej ustawa, pozwala na wy-

rażenie sprzeciwu wobec niektórych uchwał organów Spółki (art. 2 ust. 1 i 2 ustawy – np. zbycia wydzierżawienia przedsiębiorstwa, wydzielenia ZCP) w sytuacji gdy uzna, że wykonanie takiej uchwały stanowiłoby rzeczywiste zagrożenie dla funkcjonowania, ciągłości działania oraz integralności infrastruktury krytycznej.

### Zapewnienie bezpieczeństwa na wielu płaszczyznach

Wszelkie działania podejmowane na rzecz zapewnienia bezpieczeństwa mają na celu minimalizację ryzyka zakłócenia infrastruktury krytycznej przez:

- zmniejszenie prawdopodobieństwa wystąpienia zagrożenia,

Fot. Archiwum Rafinerii Gdańskiej

- zmniejszanie podatności na zagrożenia,
- minimalizowanie skutków ich wystąpienia

Składają się na nie :

1. zapewnienie bezpieczeństwa fizycznego określane jako zespół działań organizacyjnych i technicznych mających na celu minimalizację ryzyka zakłócenia funkcjonowania IK w następstwie działań osób, które w sposób nieautoryzowany podjęły próbę dostania się lub znalazły się na terenie IK;
2. zapewnienie bezpieczeństwa technicznego - zespół działań organizacyjnych i technicznych mających na celu minimalizację ryzyka zakłócenia funkcjonowania IK w następstwie zaburzenia realizowanych procesów technologicznych;
3. zapewnienie bezpieczeństwa osobowego - zespół działań organizacyjnych i technicznych mających na celu minimalizację ryzyka zakłócenia funkcjonowania IK w następstwie działań osób, które posiadają uprawniony dostęp do infrastruktury krytycznej;
4. zapewnienie bezpieczeństwa teleinformatycznego - zespół działań organizacyjnych i technicznych mających na celu minimalizację ryzyka zakłócenia funkcjonowania IK w następstwie nieautoryzowanego oddziaływania na aparaturę kontrolną oraz systemy i sieci teleinformatyczne;
5. zapewnienie bezpieczeństwa prawnego - zespół działań organizacyjnych i technicznych mających na celu minimalizację ryzyka zakłócenia funkcjonowania IK w następstwie prawnych działań podmiotów zewnętrznych;
6. plany ciągłości działania i odtwarzania, rozumiane jako zespół działań organizacyjnych i technicznych

prowadzących do utrzymania i odtworzenia funkcji realizowanych przez IK.

Rafineria Gdańska jest jednym z wielu podmiotów wpisanych do wykazu obiektów, instalacji, urządzeń i usług wchodzących w skład infrastruktury krytycznej, a jej ochrona ma zmierzać do zapewnienia „funkcjonalności, ciągłości działań oraz integralności” infrastruktury krytycznej, w celu zapobiegania zagrożeniom, ryzykom oraz szybkiej regeneracji infrastruktury na wypadek awarii, ataków oraz innych zdarzeń zakłócających jej prawidłową funkcjonalność.

### Znaczenie obiektu infrastruktury krytycznej

– Wszelkie zakłócenia w ciągłości działania infrastruktury lub jej zniszczenie ma ogromne znaczenie dla globalnej gospodarki. Rola Rafinerii Gdańskiej dla całego systemu zaopatrzenia w energię, surowce energetyczne i paliwa podkreśla jej wartość – zaznacza Angelica Pegani, Szef Biura Komunikacji oraz Rzecznik Prasowy Rafinerii Gdańskiej.

Szczególną rolę Spółki, w której skład wcześniej wchodziła Rafineria Gdańska (LOTOS Asphalt - Grupa LOTOS S.A.) odzwierciedla umieszczenie Spółki w „wykazie podmiotów podlegających ochronie oraz właściwych dla nich organów kontroli” (poz. nr 13), co przedstawia się w rozporządzeniu Rady Ministrów w sprawie wykazu podmiotów podlegających ochronie oraz właściwych dla nich organów kontroli z dnia 16 grudnia 2022 r. (Dz.U. z 2022 r. poz. 2838).

Rafineria w Gdańsku ze względu na swoje szczególne znaczenie jest podmiotem wchodzącym w skład infrastruktury krytycznej, dlatego zapewnienie jej prawidłowej funkcjonalności, jak i ochrona przed zagrożeniami, jest kluczowe. ■





# FOCUS-1

**PIERWSZY INTELIGENTNY  
ZAWÓR POMIAROWY**



Pomiar

- przepływu
- ciśnienia
- temperatury

oraz

- diagnostyka
- komunikacja

- Przemysł 4.0
- cyfrowy bliźniak
- IoT
- Ethernet/WiFi
- HART®/PROFINET®



**SAMSON Sp. z o.o.**

Automatyka i Technika Pomiarowa  
02-180 Warszawa · al. Krakowska 197 · tel. (22) 57 39 777  
www.samson.com.pl · e-mail: samson@samson.com.



**FOCUS-ON VoF**

A SAMSON & KROHNE COMPANY  
The Netherlands



# AMONIAK. JAK UNIKNAĆ AWARII?

Katarzyna Stolecka-Antczak

Katedra Maszyn i Urządzeń Energetycznych, Politechnika Śląska

Amoniak, z roczną produkcją na poziomie 150 mln ton, jest jednym z dziesięciu najczęściej wytwarzanych chemikaliów na świecie. Pomimo ciągłych perspektywicznych i dobrze rokujących badań nad jego wykorzystaniem zarówno w już istniejących instalacjach, jak i w przyszłości, pozostaje substancją niebezpieczną.

liderem produkcji tego surowca są Chiny, a większość amoniaku wykorzystywana jest w rolnictwie do wytwarzania nawozów, np. azotanu amonu. Amoniak stosuje się również do wytwarzania innych chemikaliów, leków, kosmetyków, barwników, etc. Stanowi również czynnik chłodniczy oraz został sklasyfikowany jako bezemisyjne paliwo alternatywne, które może być wykorzystane w transporcie oraz energetyce.

W warunkach normalnych amoniak jest bezbarwnym gazem o charakterystycznym ostrym zapachu. Działa drażniąco na oczy, błony śluzowe oraz drogi oddechowe. Jest substancją dobrze rozpuszczającą się w wodzie. W kontakcie z np. rtęcią może tworzyć związki wybuchowe, gwałtownie reaguje również z mocnymi kwasami oraz tlenkami azotu.

Amoniak jest silnie korozyjny dla miedzi oraz stopów zawierających miedź, mosiądz lub cynk. W przypadku tworzyw sztucznych jego działanie nie jest agresywne. Wybrane podstawowe właściwości przedstawiono w tabeli 1 [1-5].

Produkcja amoniaku to jedna z najważniejszych gałęzi przemysłu na świecie. Substancję tę możemy pozyskiwać z wykorzystaniem paliw kopalnych lub

kolor	bezbarwny
zapach	ostry, charakterystyczny
masa molowa	17.031 g/mol
temperatura samozapłonu	650°C
minimalna energia zapłonu	680 mJ
temperatura krytyczna	406 K
ciśnienie krytyczne	113 bar
zakres granic palności w mieszaninie z powietrzem	15-28%
adiabatyczna temperatura płomienia	1800°C

TAB. 1  
Właściwości  
amoniaku

źródeł odnawialnych, a powstaje przede wszystkim w procesie Habera-Boscha, czyli reakcji azotu z wodorem. W skali globalnej ponad 90% amoniaku jest wytwarzane z paliw kopalnych za pomocą tej właśnie metody. Wadami tego procesu są przede wszystkim: wysokie zużycie energii oraz emisja gazów cieplarnianych. W procesie Habera-Boscha, w wyniku egzotermicznej reakcji łączenie wodoru i azotu w odpowied-

stężenie	skutek
5 ppm	odczuwalny po zapachu
50 ppm	zapach bardzo wyraźnie odczuwalny
100 ppm	podrażnienie dróg oddechowych, oskrzeli, oczu
700 ppm	natychmiastowo drażniący dla oczu i gardła
1000 ppm	utrudnione widzenie i oddychanie, podrażnienia skóry po kilku minutach
2000-5000 ppm	silny kaszel, skurcze gardła, silne uczucie zatykania oddechu wraz ze żrącym podrażnieniem śluzówki nosa, oczu i dróg oddechowych
powyżej 5000 ppm	stężenie śmiertelne

**TAB. 2**  
Skutki oddziaływania stężenia amoniaku

nim stosunku 3:1 pozwala na uzyskanie amoniaku. Proces ten zachodzi w zakresie odpowiedniej temperatury i ciśnienia oraz w obecności katalizatorów. Wymagany do przeprowadzenia tego procesu wodór może być pozyskiwany np. z gazu ziemnego, węgla, benzyny ciężkiej oraz gazu koksowniczego.

Najczęściej w skali przemysłowej wykorzystuje się jednak reforming parowy pierwszego z tych czynników. Produktami procesu są wodór i azot, stanowiące wsad do głównej syntezy amoniaku. Wodór można również pozyskiwać z wykorzystaniem procesu elektrolizy. W takim przypadku, gdy elektroliza wody jest stosowana do produkcji wodoru przy użyciu odna-

wialnego źródła, np. energii wiatru, synteza amoniaku będzie procesem przyjaznym dla środowiska.

Tańsze i bardziej ekologiczne metody pozyskiwania amoniaku wciąż stanowią istotny element wielu prowadzonych badań i analiz. Są to procesy prowadzone w oparciu o m.in. wykorzystanie obiegu termochemicznego czy też syntezę amoniaku w stanie stałym [1,6-8].

### Niebezpieczny amoniak

Zagrożenia związane z użytkowaniem amoniaku wynikają z jego właściwości fizykochemicznych, w tym zwłaszcza z jego toksyczności i palności. Ze względu na niską palność amoniaku statystyki wypadków z jego udziałem częściej dotyczą jego wycieku i toksycznego oddziaływania niż pożarów.

Ostry, charakterystyczny zapach amoniaku jest wyczuwalny w powietrzu przy stężeniu 5 ppm. Wpływa on na błony śluzowe i drogi oddechowe oraz silnie podrażnia oczy. Wdychanie wysokich stężeń może spowodować obrzęk płuc. Kontakt z tą substancją może również powodować oparzenia chemiczne na skórze. Granica tolerancji amoniaku w powietrzu dla ludzi wynosi ok. 500 ppm, z kolei dawka śmiertelna to stężenie powyżej 5000 ppm. Skutki oddziaływania na człowieka wysokich koncentracji amoniaku przedstawiono w tabeli 2 [3-5,9].

Amoniak jest substancją palną, ale trudno go zapalić. Wynika to m.in. z faktu jego wąskiego zakresu palności oraz wysokiej temperatury samozapłonu. Ponadto

**TAB. 3**  
Przykłady rurociągów ciekłego amoniaku w Europie

lokalizacja	funkcja	długość (km)	średnica (mm)	rodzaj
Belgia	dostawa klientom zewnętrznym	12	100 i 150	podziemny
Niemcy	przesył z portu do miejsca magazynowania	2.8	150	naziemny
Niemcy	dostawa klientom zewnętrznym	12	275	podziemny
Włochy	dostawa klientom zewnętrznym	74	200	podziemny
Holandia	przesył z portu do miejsca magazynowania	1	80	naziemny
Polska	przesył z miejsca produkcji do miejsca magazynowania	1.2	200	naziemny
Polska	przesył z miejsca magazynowania do portu	6	350	naziemny
Polska	przesył z miejsca magazynowania do portu	5.9	100	naziemny
Portugalia	przesył z miejsca produkcji do miejsca magazynowania	1.9	100	naziemny
Hiszpania	dostawa klientom zewnętrznym	10	150 i 350	65% naziemny
Wielka Brytania	przesył z portu do miejsca magazynowania	8.8	100 i 150	naziemny
Wielka Brytania	przesył z miejsca produkcji do miejsca magazynowania	6.8	150	naziemny
Wielka Brytania	dostawa klientom zewnętrznym	2.2	100	naziemny
Wielka Brytania	dostawa klientom zewnętrznym	1.6	100	naziemny

charakteryzuje się on również bardzo wysoką energią zapłonu. Prowadzone eksperymenty i obserwacje uwolnień amoniaku w przestrzeni otwartej wykazały, że stosunkowo rzadko osiąga on w mieszaninie z powietrzem stężenie mieszczące się w zakresie granic palności. Dlatego też zakłada się, że potencjalne zagrożenie pożarem lub wybuchem tej substancji na zewnątrz budynków jest zazwyczaj znikome. Sytuacja zmienia się w przypadku przestrzeni ograniczonych i wtedy ryzyko zajścia tych zjawisk w budynkach nie powinno być lekceważone. W aspekcie zagrożeń pożarowych należy również zwrócić uwagę na prowadzone procesy mieszania amoniaku np. z wodorem lub metanem. Tego typu działania stosowane są w celu polepszenia warunków procesu spalania amoniaku, np. w przypadku, gdy chcemy wykorzystać go jako paliwo alternatywne. Będą jednak również miały wpływać na bezpieczeństwo prowadzenia procesów, np. transportu i magazynowania mieszaniny. Dodanie wodoru lub metanu do amoniaku może bowiem prowadzić m.in. do rozszerzenia zakresu palności i wzrostu potencjalnego prawdopodobieństwa zajścia pożaru lub wybuchu.

### Transport amoniaku

Wieloletnia znacząca produkcja amoniaku pozwoliła na stworzenie ugruntowanej globalnej sieci jego dystrybucji. Z wykorzystaniem przede wszystkim rurociągów i statków związek ten jest transportowany od miejsc jego produkcji do rozproszonych po całym świecie użytkowników końcowych. Amoniak może być również transportowany z wykorzystaniem zbiorników, cystern samochodowych oraz kolejowych. Doświadczenie wskazuje jednak, że najbardziej ekonomiczną i dość bezpieczną metodą przesyłu dużych ilości ciekłego amoniaku są rurociągi i ta metoda pozostaje wiodącą m.in. w przemyśle produkcji nawozów [10,11].

Największe systemy rurociągowo amoniaku występują na terenie Stanów Zjednoczonych. Tworzą je rurociągi: Gulf Central o długości ponad 3000 km oraz *MidAmerica Pipeline System (MAPCO)* – 1754 km. Istotnym systemem rurociągowym jest również rurociąg o długości 2424 km, znajdujący się na terenie Rosji/Ukrainy. Jego znamionowa moc przesyłowa na poziomie ok. 2,5 mln ton rocznie pozwala na transport amoniaku z zakładów produkcyjnych w mieście Togliatti (Rosja) do portu w Odessie (Ukraina). Rurociągi amoniaku występują również na terenie Unii Europejskiej, np. w Polsce czy też Hiszpanii. Są to jednak stosunkowo krótkie systemy podziemne, jak i naziemne, działające w ramach np. zakładów produkcyjnych (tabela 3) [10,12].

### Awarie rurociągów transportujących amoniak

Szerokie zastosowanie amoniaku w światowej gospodarce w sposób nieunikniony wiąże się z prowadzeniem rozproszonych po całym globie procesów jego transportu, magazynowania i użytkowania. Znaczące ilości tej niebezpiecznej substancji prze-

tworzane każdego dnia nie pozwalają na całkowite wyeliminowanie awarii i wypadków nierzadko prowadzących do zgonów ludzi. Jedną z tego typu katastrof było uwolnienie amoniaku na skutek wykolejenia się pociągu w 2022 roku w Serbii. Incydent spowodował

## AWARIE PRZY TRANSPORCIE AMONIAKU

Kilka przykładów awarii związanych z transportem rurociągowym amoniaku [10,12,13]:

- Texas City, stan Texas (1975) – zewnętrzna korozja powstała w wyniku mechanicznego uszkodzenia powłoki rurociągu i ingerencji w ochronę katodową spowodowała wyciek amoniaku. 7 osób wymagało pomocy medycznej.
- Algona, stan Iowa (2001) – w czasie prowadzonych prac konserwacyjnych uszkodzony został zawór na rurociągu amoniaku. W ciągu kolejnych godzin nastąpił wyciek jego znacznych ilości, które przedostając się do rzeki spowodowały śnięcie ok. 1,3 mln ryb. Chmura uwolnionego amoniaku osiągnęła zasięg ok. 10 km, zarządzono więc ewakuację ludności w celu zminimalizowania skutków zagrożenia.
- Kingsman, stan Kansas (2004) – uszkodzenie rurociągu przez ciężki sprzęt podczas budowy lub późniejszych prac wykopaliskowych zapoczątkowało pęknięcie zmęczeniowe metalu, co ostatecznie doprowadziło do awarii skutkującej uwolnieniem 400 ton amoniaku. Miejsce pęknięcia znajdowało się na obszarze rolniczym. Awaria spowodowała śnięcie ok. 25 000 ryb, nikt nie zginął. Ewakuowano mieszkańców pobliskich domów.
- Clay Center, stan Kansas (2006) – pęknięcie rurociągu w wyniku korozji spowodowało uwolnienie ok. 350 ton amoniaku. Dwie osoby trafiły do szpitala z zaburzeniami oddychania wywołanymi oddziaływaniem amoniaku. W pobliżu miejsca awarii znaleziono kilka martwych zwierząt. Obszar ewakuacji obejmował zasięg 3 km od miejsca awarii.
- Mulberry, stan Floryda (2007) – trzech nastolatków wwierciło się w rurociąg, powodując znaczny wyciek amoniaku, którego zatamowanie zajęło dwa dni. Jeden z chłopców, na skutek kontaktu z amoniakiem, doznał znaczących oparzeń chemicznych. Obszar ewakuacji mieszkańców obejmował zasięg pół kilometra od miejsca zdarzenia.
- Tehamah, stan Nebraska (2016) – przyczyną awarii podziemnego rurociągu były pęknięcia zmęczeniowe spowodowane korozją. Na skutek incydentu nastąpiło uwolnienie amoniaku na terenie prywatnej posesji. Mieszkaniec, który opuścił swój dom w celu rozeznania sytuacji, zmarł na skutek niewydolności oddechowej w wyniku narażenia na oddziaływanie amoniaku. Dodatkowo dwie osoby odniosły lekkie obrażenia. W sumie ewakuowano 29 gospodarstw domowych.



Fot. 123rf



Fot. 123rf

#### WYPADKI Z UDZIAŁEM AMONIAKU

Ze względu na niską palność amoniaku statystyki wypadków z jego udziałem częściej dotyczą jego wycieku i toksycznego oddziaływania niż pożarów

obrażenia dziesiątek osób oraz przyczynił się do śmierci jednej z nich.

Analizując awarie związane z transportem rurociągowym amoniaku, należy zwrócić uwagę, że najwięcej tego typu zdarzeń miało miejsce w USA. Wynika to oczywiście z faktu największej sieci dystrybucyjnej amoniaku w tym kraju.

#### Jak uniknąć awarii?

Statystyki zdarzeń z przeszłości wskazują, że uszkodzenia rurociągów amoniaku najczęściej są wynikiem korozji, nadciśnienia, nieprawidłowości w prowadzeniu prac konserwacyjnych, pęknięcia zmęczeniowego metalu oraz uszkodzenia spoin. Awarie rurociągów były również wynikiem złośliwych działań osób trzecich. Doświadczenie w prowadzeniu eksploatacji rurociągów pozwala jednak na ciągłe wdrażanie szeregu działań pozwalających na minimalizowanie skutków lub uniknięcie potencjalnej awarii. Występowanie wypadków w czasie prowadzenia prac wykopaliskowych można zminimalizować np. poprzez zastosowanie odpowiedniej liczby widocznych znaczników przebiegu linii rurociągu oraz odpowiednio głębokie zakopanie rurociągu podziemnego. Rurociąg naziemny można z kolei chronić przez zastosowanie odpowiednich barier fizycznych lub nawet klatek ochronnych. Odcinki szczególnie wrażliwe dodatkowo mogą zostać zabezpieczone poprzez system monitoringu, który umożliwi operatorowi (w razie potrzeby) podjęcie działań zapobiegawczych.

Rurociągi amoniaku często wykonuje się ze stali nierdzewnej, która charakteryzuje się wysoką odpornością na korozję. W przypadku gdy materiałem konstrukcyjnym rurociągów naziemnych pozostaje stal węglowa, w celu ich ochrony przed korozją stosuje się powlekanie warstwą ochronną np. w postaci odpowiedniej farby. Na rurach wykonanych ze stali nierdzewnej tego typu ochrony nie stosuje się, chyba że rurociąg jest narażony na działanie pewnych chemikaliów, np. chlorków. Dodatkowo tam, gdzie jest to

wymagane, używa się również odpowiedniej izolacji rurociągów podziemnych, ponieważ wilgoć także przyczynia się do powstawania korozji. Do wystąpienia tego zjawiska mogą przyczyniać się są także podpory rurociągów – należy nie dopuszczać do gromadzenia się wody w przestrzeni pomiędzy rurą i jej obejmą. Operatorzy rurociągów stwierdzają, że zjawisko procesu pęknięcia naprężeniowego nie dotyczy ich obsługi.

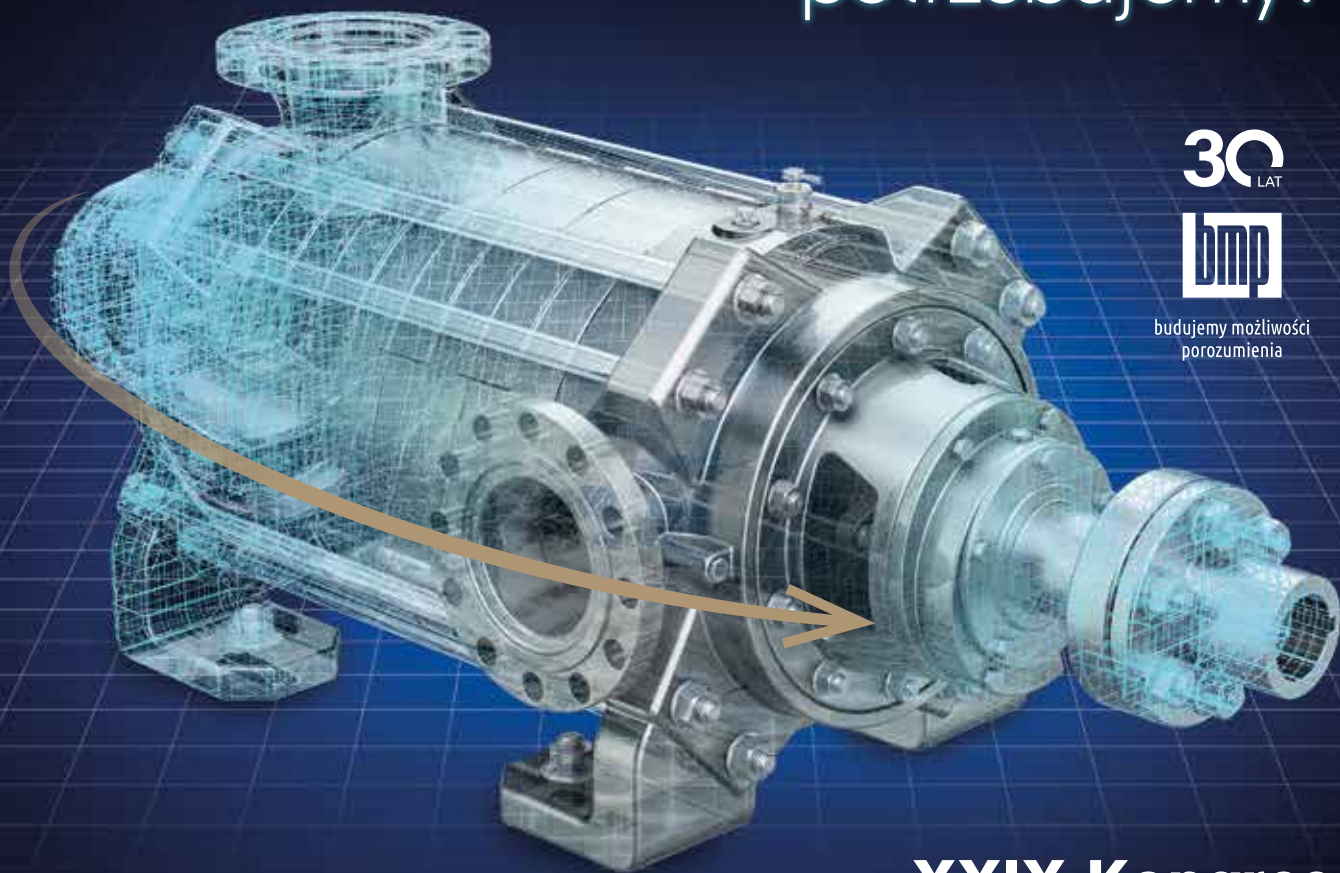
Podziemne rurociągi należy natomiast chronić przed prądami błędzącymi z zastosowaniem ochrony katodowej. Istotnym czynnikiem przyczyniającym się do bezpieczeństwa eksploatacji rurociągów amoniaku jest również zagadnienie wzrostu ciśnienia wewnątrz rurociągu, które może być wynikiem zwiększenia objętości ciekłego amoniaku na skutek wzrostu jego temperatury. Niska temperatura amoniaku w rurociągach może również skutkować tworzeniem się lodu, powodującego oblodzenie infrastruktury i ich awarię. Ostatnim istotnym elementem ochrony linii przesyłowych amoniaku jest szkolenie personelu oraz podnoszenie świadomości odnośnie potencjalnych zagrożeń wśród ludzi [10,12,14].

#### Literatura

- [1] Yapcioglu A., Dincer I., A review on clean ammonia as a potential fuel for power generations, *Renewable and Sustainable Review*, 2019, 103, 96-108.
- [2] Aziz M., Wijayantana A.T., Nandiyanto A.B.D., Ammonia as Effective Hydrogen Storage: A Review on Production, Storage and Utilization, *Energies*, 2020, 13(12), 3062.
- [3] Danasa A.S., Soesilo T.E.B., Martono D.N., Sodri A., Hadi A.S., Chandrasa G.T., The ammonia release hazard and risk assessment: A case study of urea fertilizer industry in Indonesia, *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 2019, 399, 012087.
- [4] <https://www.ammoniaknowhow.com/ammonia-toxicological-overview/>
- [5] Hensen O.R., Hydrogen and Ammonia Infrastructure Safety and Risk Information and Guidance, Report no: PRJ11100256122r1 Rev: 00, 2020.
- [6] Tan W., Dong L., Guo X., Du H., Liu L., Wang Y., Accident consequence calculation of ammonia dispersion in factory area, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 2020, 67, 104271.
- [7] Valera-Medina A., Morris S., Runyon J., Pugh D.G., Marsh R., Beasley P., Hughes T., Ammonia, Methane and Hydrogen for Gas Turbines, *Energy Procedia*, 2015, 75, 118-123.
- [8] Stancin H., Mikulicic H., Wang X., Duic N., A review on alternative fuels in future energy system, *Renewable and Sustainable Review*, 2020, 128, 109927.
- [9] Sremac S., Ziramow N., Tanackow I., Stevic Z., Ristic B., Ammonia-risk distribution by logistic subsystems and type of consequence, *Burns*, 2020, vol. 46, issue 2, 360-369.
- [10] Fertilizers Europe. Guidance for Inspection of and Leak Detection in Liquid Ammonia Pipelines; Fertilizers Europe: Etterbeek, Belgium, 2008.
- [11] Fertilizers Europe. Guidance for Transporting Ammonia by Rail; Fertilizers Europe: Etterbeek, Belgium, 2007
- [12] Assessing the case for EU legislation on the safety of pipelines and the possible impacts of such an initiative, European Commission Directorate-General Environment Final Report ENV.G.1/FRA/2006/007.
- [13] Accident Data (ntsb.gov).
- [14] Rusin A., Stolecka-Antczak K., Assessment of the safety of transport of the natural gas-ammonia mixture, *Energies*, 2023, 16(5), 2472. ■

# TRANSFORMACJA PRZEMYSŁU

## Jakich pomp potrzebujemy?



30  
LAT



budujemy możliwości porozumienia



## XXIX Kongres Użytkowników POMP

13-14 czerwca 2023 r. • Legnica

Szczegóły  
[www.kierunekpompy.pl](http://www.kierunekpompy.pl)

### W PROGRAMIE:

**NOWOCZESNE ROZWIĄZANIA**  
w zakresie układów pompowych

**MONTAŻ I UŻYTKOWANIE BEZ AWARII**  
– doświadczenia z eksploatacji

**ENERGOCHŁONNOŚĆ**  
– jak ją obniżyć

WYCIECZKA TECHNICZNA | WYSTAWA STOISK

Organizator



Honorowy Gospodarz



Partner główny



Partner branżowy



Rafineria  
Gdańska

Patronat medialny

Pompowie



# ENERGETYKA

- **W CZASIE** wielkich zmian
- **W UJĘCIU** lokalnym i globalnym
- **ROZWIĄZANIA** przyszłości
- **NEUTRALNA** klimatycznie



XXV Sympozjum Naukowo-Techniczne

## ENERGETYKA BEŁCHATÓW 2023

4-6 września  
2023 r.  
**BEŁCHATÓW**

8 paneli tematycznych • 2 debaty • Wywiady publiczne • Wystawy stoisk • Gala Energetyki

Organizator



Honorowy gospodarz



Patronat medialny



# WODNY MOST W PŁOCKU

**Andrzej Wiśniewski**

prezes zarządu, Wodociągi Płockie

**Małgorzata Hermanowska**

kierownik Działu Ochrony Środowiska, Wodociągi Płockie

Wodociągi Płockie Sp. z o.o., wspólnie z PKN ORLEN S.A., pracują dziś nad innowacyjnym projektem pn. BLUE BRIDGE, polegającym na odzysku wody ze ścieków komunalnych i wykorzystaniu jej w przemyśle.

Sytuacja w Polsce w zakresie zabezpieczenia potrzeb wodnych nie jest dobra. Nasz kraj, podobnie jak inne państwa należące do Unii Europejskiej, staje dziś przed problemem niedoborów wody. Powodów takiego stanu rzeczy jest kilka: zmiany klimatyczne, nieprzewidywalne wzorce pogodowe, susza, rozwój miast i rolnictwa, zmiany w gospodarce i przemyśle, w których wzrasta zapotrzebowanie na wodę i energię. Wszystkie te czynniki przyczyniają się do ograniczenia dostępności słodkiej wody. Środkiem zaradczym na rosnącą presję na zasoby wodne może być szersze upowszechnienie prowadzenia gospodarki o obiegu zamkniętym, bazującego na ponownym wykorzystaniu odzyskanej wody ze ścieków komunalnych.

## Jak chronić zasoby wodne?

Ponowne wykorzystanie wody, stosowanie w przemyśle technologii oszczędnego gospodarowania wodą i technik nawadniania to sposoby osiągnięcia dobrego stanu jednolitych części wód powierzchniowych i podziemnych, w ujęciu ilościowym i jakościowym.

Główne działania, które mogą prowadzić do ochrony zasobów wód, to:

- upowszechnianie ponownego wykorzystywania oczyszczonych ścieków;
- ograniczanie eksploatacji jednolitych części wód powierzchniowych i podziemnych;

- ograniczanie skutków uwalniania oczyszczonych ścieków do wód powierzchniowych;
- propagowanie oszczędzania wody poprzez wielokrotne wykorzystywanie ścieków komunalnych, przy zapewnieniu wysokiego poziomu ochrony środowiska.

Obecnie w Polsce największa ilość wody pobieranej, bo ok. 70%, wykorzystywana jest w przemyśle, natomiast zużycie wody na cele rolnicze i leśne stanowi zaledwie 10% całkowitego poboru wód.

## Płocki pomysł na oczyszczone ścieki

Z myślą o pogarszającej się sytuacji z dostępnością zasobów wodnych, w 2019 roku w Płocku powstał pomysł uzdatnienia oczyszczonych ścieków komunalnych z miejskiej oczyszczalni i wykorzystania ponownie odzyskanej wody w przemyśle do celów procesowych.

Wodociągi Płockie Sp. z o.o., w imieniu Prezydenta Miasta Płocka, zajmują się dostarczaniem mieszkańcom wody oraz odbiorem i oczyszczaniem ścieków. Spółka eksploatuje nowoczesną, mechaniczno-biologiczną, komunalną oczyszczalnię ścieków, z podwyższonym usuwaniem biogenów i pełną obróbką osadów, zmodernizowaną w latach 2009-2013, o przepustowości 160 000 RLM, która rocznie „produkuje” ponad 7 mln oczyszczonych ścieków. Obecnie ścieki spełniające wymagania określone w przepisach krajowych, jak

**RYS. 1**  
Poglądowy  
schemat projektu  
BLUE BRIDGE



również dyrektywie w sprawie oczyszczania ścieków komunalnych, odprowadzane są do Wisły.

Głównym zakładem przemysłowym zlokalizowanym w Płocku jest PKN ORLEN S.A., pobierający wodę do celów technologicznych i procesowych z ujęcia powierzchniowego z Wisły w ilości ok. 27 mln m<sup>3</sup> rocznie.

Od 2019, przez ponad dwa lata, prowadzone były wspólne rozmowy, ustalenia, badania i analizy możliwości zrealizowania pomysłu odzyskania wody ze ścieków i wykorzystania jej jako wody procesowej. Przeanalizowano (z kilku lat wstecz) wyniki ilości i jakości ścieków oczyszczonych odprowadzanych z oczyszczalni w Maszewie, przeprowadzono wiele nowych badań, sprawdzono kilka wariantów tras przebiegu rurociągu prowadzącego odzyskaną wodę z oczyszczalni do Zakładu Produkcyjnego PKN ORLEN S.A.

Istotną kwestią było ustalenie „gwarantowanego” strumienia odzyskanej wody, danych technicznych rurociągu oraz założeń do doboru metody odzysku wody ze ścieków, tak aby spełnione były warunki określone przez jej odbiorcę. Analizy pokazały, że roczna ilość ścieków, z której można odzyskać wodę, kształtuje się na poziomie ok. 7-7,5 mln m<sup>3</sup> (ok. 20 000 m<sup>3</sup>/dobę) i z uwagi na ogólnospławny system miejskiej sieci kanalizacyjnej uzależniona jest od warunków atmosferycznych i ilości dopływających do oczyszczalni wód opadowych i roztopowych.

Cheąc wykorzystać cały wolumen ścieków z oczyszczalni w Maszewie, konieczne jest zaprojektowanie zbiorników retencyjno-buforowych na oczyszczalni, które pozwolą na wyrównanie przepływów dobowych i godzinowych oraz pełniejsze wykorzystanie pojemności rurociągu z transportowaną wodą. Planuje się, że odzysk wody ze ścieków będzie procesem bezemisyjnym, ponieważ energia potrzebna do zasilania instalacji ma pochodzić z OZE.

Ustalono również, że najlepszym wariantem przebiegu rurociągu z odzyskaną wodą, pod względem warunków infrastrukturalnych, własnościowych, środowiskowych i ekonomicznych, jest trasa biegnąca wzdłuż koryta Wisły. W ten sposób odzyskana ze ścieków woda w instalacji zlokalizowanej na terenie oczyszczalni ścieków w Maszewie, rurociągiem trafi do ujęcia

## ZASOBY WODY W POLSCE



Polska jest krajem o stosunkowo niskich zasobach wód i w związku z tym – zagrożonym deficytem wody. Przyjmuje się, że przeciętne zasoby wód wynoszą około 60 mld m<sup>3</sup>/rok\*, przy czym udokumentowanych zasobów dyspozycyjnych zwykłych wód podziemnych jest 29 mln m<sup>3</sup>/dobę\*\*. Polska na tle innych państw Unii Europejskich znajduje się poniżej średniej (średnia europejska dla zasobów wodnych to około 70,5 mld m<sup>3</sup>/rok\*\*\*). Natomiast dostępna woda w przeliczeniu na mieszkańca w Polsce to zaledwie 1600 m<sup>3</sup>, podczas gdy średnia europejska jest znacznie wyższa i wynosi 4500 m<sup>3</sup>\*\*\*\*.

\*Ochrona środowiska 2018, GUS

\*\*<https://www.pgi.gov.pl/psh/zadania-psh/8886-zadania-psh-zasoby-wod-podziemnych.html> (dostęp 16.09.2019 r.)

\*\*\* Na podstawie danych AQUASTAT

\*\*\*\* Zarządzanie zasobami wodnymi w Polsce 2018, Warszawa, 2018



powierzchniowej wody wiślanej PKN ORLEN S.A., oddalonego o około 4 km, i powstanie pewnego rodzaju „wodny most”, który został nazwany „BLUE BRIDGE”.

### Smart City

Efektom prowadzonych analiz było zawarcie w październiku 2021 r. porozumienia pomiędzy zarządem Wodociągów Płockich Sp. z o.o. a zarządem PKN ORLEN S.A. dotyczącego realizacji projektu pod nazwą właśnie „BLUE BRIDGE”.

Korzyści z realizacji projektu wydają się być oczywiste dla obu stron, ale przede wszystkim dla środowiska poprzez:

- ochronę zasobów wodnych – PKN ORLEN S.A. pobierze ok. 25% mniej wody z Wisły na potrzeby procesów technologicznych,
- ochronę wód – ładunki zanieczyszczeń zawarte w ściekach z oczyszczalni Wodociągów Płockich Sp. z o.o nie trafią do Wisły.

Można powiedzieć, że projekt BLUE BRIDGE to po prostu Smart City z zasobooszczędną gospodarką, zgodną z ideą Europejskiego Zielonego Ładu oraz Gospodarką Obiegu Zamkniętego Wody.

### Koncepcja Programowo-Przestrzenna

Po zakończeniu pierwszego, wstępnego etapu, podjęto decyzję o konieczności opracowania Koncepcji Programowo-Przestrzennej wraz z przygotowaniem Zbiorczego Zestawienia Kosztów, które będą stanowić bazę do dalszych działań.

W lutym 2022 r. podpisano porozumienie dotyczące sfinansowania opracowania Koncepcji Programowo-Przestrzennej (w skrócie KPP) oraz Zbiorczego Zestawienia Kosztów (w skrócie ZZK) wraz z przeprowadzeniem badań pilotażowych wybranej technologii doczyszczania ścieków i odzysku wody dla projektu. Koncepcja ma zawierać propozycje najbardziej efektywnych rozwiązań technicznych i technologicznych instalacji, jak i doboru trasy rurociągu, którym będzie transportowana odzyskana woda do odbiorcy.

Kluczowymi kryteriami dla wyboru wykonawcy były następujące czynniki:

- rodzaj zaproponowanej technologii,
- koszty CAPEX,
- koszty OPEX (koszty eksploatacyjne, moc zainstalowania, czas pracy, zużycie energii),
- nadzór inżynierski,
- gwarancja parametrów,
- zastosowanie stacji pilotażowej i przeprowadzenie badań,
- deklaracja kompletności przygotowania KPP,
- deklaracja kompletności przygotowania ZZK,
- formalno-prawne możliwości pozyskania pozwoleń na zaproponowane rozwiązanie.

W wyniku postępowania wyłoniony został wykonawca mający, w ramach koncepcji, do końca 2023

roku opracować niezbędne dokumenty, które umożliwią przystąpienie do realizacji projektu.

Prace nad KPP trwają. Jesienią ubiegłego roku zakończony został pierwszy etap, w ramach którego prowadzone były badania pilotażowe na instalacji odzysku wody poprzez filtrację tkaninową wraz z kompletem badań. Jednocześnie wykonano badania geologiczne pod obiekty instalacji odzysku wody ze ścieków na terenie oczyszczalni w Maszewie oraz badania batymetryczne dna rzeki Wisły na trasie planowanego rurociągu.

”

Podjmując współpracę z PKN ORLEN S.A., mieliśmy nadzieję, że innowacyjny projekt będzie wyzwaniem dla innych i już docierają do nas głosy o podobnych pomysłach w Polsce

### List Intencyjny

W październiku 2022 r. miał miejsce kolejny bardzo ważny krok dotyczący projektu. Wodociągi Płockie Sp. z o.o. oraz PKN ORLEN S.A. podpisali z Państwowym Gospodarstwem Wodnym Wody Polskie List Intencyjny dotyczący współpracy na rzecz ograniczenia zużycia wody i ponownego jej wykorzystania przy realizacji projektu BLUE BRIDGE. PGW Wody Polskie zadeklarowało wsparcie merytoryczne i konsultacyjne projektu w zakresie osiągnięcia celów środowiskowych w stosunku do jednolitych części wód oraz zasad ochrony wód wynikających z przepisów ustawy z dnia 20 lipca 2017 r. Prawo wodne, a zwłaszcza art. 58 tej ustawy. Strony uznały, że podjęcie wspólnych działań przy realizacji projektu stanowi istotną wartość dla środowiska naturalnego, gospodarki wodnej regionu i kraju.

Zawarte porozumienie miało szczególne znaczenie przy uzgadnianiu trasy przebiegu planowanego rurociągu, ponieważ cała trasa biegnie wzdłuż koryta Wisły, a PGW Wody Polskie, w imieniu Skarbu Państwa, na mocy ustawy z dnia 20 lipca 2017 r. Prawo wodne, wykonuje prawa właścicielskie w stosunku do śródlądowych wód płynących.

Realizacja projektu pozwoli na ochronę wód poprzez zmniejszenie lub całkowite wyeliminowanie odprowadzania przez Wodociągi Płockie Sp. z o.o. oczyszczonych ścieków do Wisły, a PKN ORLEN S.A. zdecydowanie, bo aż o 25%, ograniczy pobór wody z rzeki. Rurociągiem będzie transportowana woda odzyskana ze ścieków komunalnych, zdezynfekowana, o parametrach spełniających wymagania odbiorcy końcowego, czyli Zakładu Produkcyjnego w Płocku PKN ORLEN S.A.



#### PODPISANIE LISTU INTENCYJNEGO

Od lewej: Armen Konrad Artwich, Członek Zarządu ds. Korporacyjnych w PKN Orlen S.A., Józef Węgrecki, Członek Zarządu ds. Operacyjnych w PKN Orlen S.A., Wojciech Skowyrski, Zastępca Prezesa Wód Polskich ds. Ochrony Przed Powodzią i Suszą, Andrzej Wiśniewski, Prezes Zarządu Wodociągów Płockich Sp. z o.o., Krzysztof Buczkowski, Wiceprezes Zarządu Wodociągów Płockich Sp. z o.o.

Prace nad KPP i ZZK będą prowadzone do końca bieżącego roku. Wykonawca opracuje niezbędną dokumentację, na podstawie której będzie możliwe uzyskanie decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach realizacji planowanego przedsięwzięcia, pozwolenia wodnoprawnego na lokalizowanie rurociągu na obszarze szczególnego zagrożenia powodzią (Wisła na odcinku planowanego rurociągu).

#### Co mówią przepisy?

Mamy nadzieję, że proces uzgodnień dokumentacji dotyczącej odzysku wody ze ścieków komunalnych w ramach projektu BLUE BRIDGE przebiegnie bez większych problemów. Na razie brak jest odniesienia w krajowych przepisach do odzysku wody ze ścieków komunalnych, jednak dyrektywa 91/271/EWG z dnia 21 maja 1991 r. dotycząca oczyszczania ścieków komunalnych (art. 12) wskazuje jednoznacznie kierunek działań i mówi, że: „Oczyszczone ścieki wykorzystuje się powtórnie, w każdym przypadku, gdy jest to właściwe”. Ponadto w nowelizacji tej dyrektywy, art. 15 zatytułowany „Odzysk wody i zrzuty ścieków komunalnych” mówi, że: „Państwa członkowskie systematycznie promują ponowne wykorzystanie oczyszczonych ścieków ze wszystkich oczyszczalni ścieków komunalnych”. Wsparciem przy pracy nad projektem jest również Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2020/741 z dnia 25 maja 2020 r. w sprawie minimalnych wymogów dotyczących ponownego wykorzystania wody. Co prawda rozporządzenie stosuje się we wszystkich przypadkach, gdy oczyszczone ścieki komunalne są ponownie wykorzystywane, zgodnie z art. 12 ust. 1 dyrektywy 91/271/EWG dotyczącej ścieków komunalnych, do nawadniania w rolnictwie, jednak zawiera wiele cennych uniwersalnych wskazówek, jak ponownie wykorzystać wodę do innych celów, np. w przemyśle.

\*\*\*

Wisła jest cennym źródłem wody, którą wykorzystujemy w naszym mieście jako wodę pitną, służy do rekreacji, do celów żeglugi, sportów wodnych, odpoczynku, dla potrzeb przemysłu. Jest także odbornikiem ścieków zrzucanych z oczyszczalni miejskiej i zakładów produkcyjnych. Z tego wynika, że stanowi bardzo ważny element środowiskowy, gospodarczy i społeczny w naszej przestrzeni. Podejmując współpracę z PKN ORLEN S.A., mieliśmy nadzieję, że innowacyjny projekt będzie wyzwaniem dla innych i już docierają do nas głosy o podobnych pomysłach w Polsce. Jest to szczególnie ważne w sytuacji, kiedy zasoby słodkiej wody są ograniczone. Koniecznie trzeba przestać marnować wodę i lepiej wykorzystywać jej zasoby. Środowisko naturalne i zasoby wodne to bezcenne dobro, o które powinniśmy dbać dla nas i przyszłych pokoleń.

Trudno dzisiaj wypowiedzieć się na temat kosztów tego projektu. Mamy nadzieję, że pojawią się możliwości wsparcia finansowego, szczególnie w sytuacji kryzysu i rosnących cen na rynku budowlanym i energetycznym. Zarówno PKN ORLEN S.A., jak i Wodociągi Płockie Sp. z o.o. liczą, że promowana ostatnio przez instytucje krajowe i europejskie gospodarka o obiegu zamkniętym, w którą wpisuje się BLUE BRIDGE, pozwoli na uzyskanie wsparcia i dotacji.

Należy podkreślić, że PKN ORLEN S.A. i Wodociągi Płockie Sp. z o.o. realizują długoterminowe strategie nakierowane na wieloaspektowy rozwój gospodarki wodnej i wodno-ściekowej w oparciu o technologie zmniejszające i ograniczające pobór surowca, umożliwiające jego ponowne wykorzystanie oraz optymalizację oddziaływania na środowisko. Dlatego też podjęcie wspólnych działań przy realizacji projektu wpłynie na obniżenie śladu wodnego i środowiskowego obu firm i stanowi istotną wartość dla środowiska naturalnego, gospodarki wodnej regionu i kraju. ■

# ZAINSTALUJ NOWĄ APLIKACJĘ BMP

bezpłatne narzędzie dla uczestników konferencji

## AKTUALNE INFORMACJE O WYDARZENIU

termin, program, miejsce, prelegenci, plan stoisk

## FUNKCJE INTERAKTYWNE

komentowanie debat, wymiana wizytówek

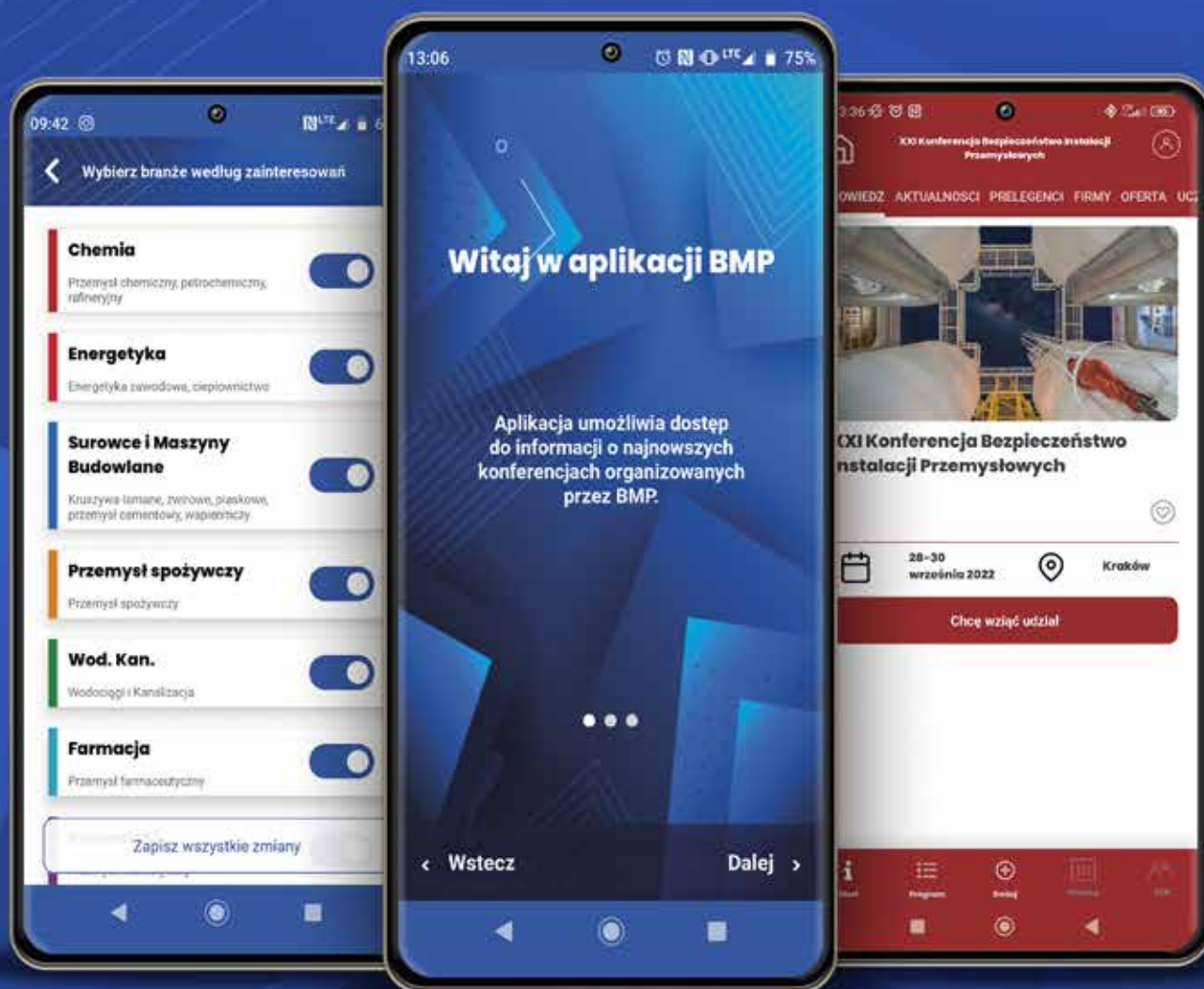
## BUDOWANIE RELACJI

aranżowanie spotkań pomiędzy uczestnikami

## CZYTAJ WSZYSTKIE CZASOPISMA BMP

masz dostęp do pełnych wydań wszystkich czasopism

ZESKANUJ KOD  
I POBIERZ:



budujemy możliwości  
porozumienia

XXII Konferencja Naukowo-Techniczna

# BEZPIECZEŃSTWO INSTALACJI PRZEMYSŁOWYCH

Infrastruktura krytyczna

- Zintegrowane podejście do bezpieczeństwa
- Bezpieczeństwo a nowe technologie
- Analizy procesowe jako element zarządzania ryzykiem

# BĄDŹ GOTOWY NA JUTRO JUŻ DZISIAJ

- Infrastruktura krytyczna w nowej rzeczywistości
- Aktualne zmiany prawne – dyrektywa CER
- Cyberbezpieczeństwo – jak je zapewnić?

**25-27**  
września 2023 r.

**WROCŁAW**



budujemy możliwości  
porozumienia

Organizator

Honorowy Gospodarz

Partner branżowy

Patronat medialny



Rafineria  
Gdańska



➤ kierunekenergetyka.pl

➤ kierunekchemia.pl