

Szklane Domy

PERIODYK FUNDACJI ŚWIĘTOKRZYSKIEJ GRUPY PRZEMYSŁOWEJ INDUSTRIA S.A. „KAGANEK”

WYDANIE SPECJALNE
MARZEC 2024

Atom to podstawa



W numerze:

3

Atom to podstawa

Szczepan Ruman, Prezes ŚGP Industria S.A.

4

Modułowa metoda dostaw Rolls-Royce SMR

Michael Crawforth, menedżer ds. rozwoju biznesu w firmie Rolls-Royce SMR

7

Produkcja wodoru za pomocą energii jądrowej

Matt Moore, Rolls-Royce SMR

9

Zielona reforma, dekarbonizacja transportu

mgr inż. Konrad Piotrowski, mgr inż. Konrad Piotrowski, Manager ds. Projektów Energetycznych Industria S.A.

13

Rodzaje systemów chłodzenia – charakterystyka, stan obecny i trendy rozwoju

Tomasz Hanusek, Industria S.A.

17

Zjawiska ciśnieniowych reaktorów wodnych

Katarzyna Zasadni, Senior Lead Engineer, Pallas reactor, Netherlands

20

Korzyści z budowy Rolls-Royce SMR w województwie świętokrzyskim

Sławomir Malara, Zastępca Dyrektora Programu SMR

24

Wywiad z Wójtem gminy Choczewo Wiesławem Gębką

Wskazanie korzyści w gminie oraz przedstawienie jak wygląda proces, PEJ

rozmawia Aleksandra Niemczyk

Obserwuj nas:

na Facebooku



na LinkedIn



Atom to podstawa

Najnowsze analizy pokazują, że gospodarka przyszłości będzie jeszcze bardziej energochłonna niż się do tej pory wydawało. Sama technologia sztucznej inteligencji ma za trzy lata konsumować tyle energii co Niderlandy lub Szwecja, a centra przetwarzania danych już w tej chwili stanowią 30% zużycia energii w Irlandii. Rosnąca w tempie wykładniczym konsumpcja energii w tej gałęzi gospodarki dokłada się do już i tak ogromnych potrzeb związanych z elektryfikacją transportu, przemysłu chemicznego i dekarbonizacją wytwarzania energii i ciepła. W tym kontekście OZE są tylko odpowiedzią częściową i przejściową: jedyną odpowiedzią na tak zarysowane potrzeby jest energetyka jądrowa – tylko ona umożliwi stabilne wytwarzanie potężnych ilości energii przez wiele dekad, z niewielkich ilości paliwa. Energetyka jądrowa stanie się w nadchodzących dekadach podstawą każdej nowoczesnej gospodarki.



Szczepan Ruman

INDUSTRIA
 Świętokrzyska Grupa Przemysłowa



Zaraz po osiągnięciu kamienia milowego jakim było powołanie Stowarzyszenia Centralna Dolina Wodorowa im. Braci Łaszczyńskich przystąpiliśmy do dalszych działań. Z końcem roku został zawiązany Zespół ds. Łańcucha Dostaw SMR, który powstał dla realizacji celów Centralnej Doliny Wodorowej w oparciu o współpracę ŚGP INDUSTRIA z Rolls-Royce SMR w celu wdrożenia jednostek SMR w technologii Rolls-Royce na terenie Polski, a także rozwoju łańcucha dostaw w oparciu o firmy zrzeszone w Centralnych Kłastrze Wodorowym. Te działania odbywają się w kontekście m.in. umieszczenia energetyki jądrowej na liście technologii uważanych za zrównoważone pod kątem zeroemisyjności oraz nowych regulacji w pakiecie „Net Zero Industry Act” UE.

Główne założenia Zespołu ds. łańcucha dostaw SMR, to:

- określenie potencjału firm zrzeszonych w Stowarzyszeniu pod kątem udziału w łańcuchu dostaw oraz działań

zmiernych do udziału polskich firm w łańcuchu dostaw;

- ścisła współpraca z Rolls-Royce SMR w celu wypracowania wspólnej strategii certyfikacji firm (wzorec brytyjski Fit for Nuclear);
- podjęcie działań zmierzających do budowy w Kielcach centrum R&D na wzór brytyjskiego NAMRC;
- działania na rzecz stworzenia w Polsce certyfikowanych fabryk modułów (gdzie moduły będą składane oraz testowane, a następnie transportowane na plac budowy).

Powołanie zespołu zaowocowało organizacją pierwszej międzynarodowej konferencji **INDUSTRIA NUCLEAR DAYS**, która odbywa się w dniach 11-12.03.2024 r. w Korzecku. Specjalnie na to wydarzenie prezentujemy piąty numer periodyku Szklane Domy, poświęcony w całości energetyce jądrowej. W niniejszym numerze znajdują Państwo informacje na temat przyszłości energetyki jądrowej jako kluczowej technologii prowadzącej do zrównoważonej

przyszłości w zakresie wytwarzania energii i ciepła. Menedżer ds. rozwoju biznesu w firmie Rolls-Royce SMR Michael Cawforth opisuje wyróżniające aspekty technologii SMR spośród innych technologii na rynku, a w szczególności jej modularyzację i odpowiedzialność Rolls-Royce za wybudowanie elektrowni w założonym terminie. Kierownik rozwoju biznesu w firmie Rolls-Royce SMR Matt Moore przedstawia możliwości wykorzystania energii jądrowej do wytworzenia zielonego wodoru.

Eksperti ŚGP Industria poruszają natomiast tematy związane z technicznymi aspektami działania reaktorów SMR oraz rozwoju technologii wodorowych w sektorze motoryzacyjnym. W części społecznej znajdują Państwo artykuł na temat potencjalnych korzyści dla województwa świętokrzyskiego wynikającymi z budowy elektrowni SMR oraz wywiad redaktora Aleksandry Niemczyk z Wójtem gminy Choczewo przedstawiający proces wdrażania elektrowni jądrowej w pierwszej w Polsce lokalizacji, w tym korzyści dla gminy i jej mieszkańców.

Życzę Państwu miłej lektury!

Szczepan Ruman

Prezes Zarządu Świętokrzyskiej Grupy Przemysłowej INDUSTRIA S.A.

Modułowa metoda dostaw Rolls-Royce SMR

Rolls-Royce SMR został stworzony, aby zrewolucjonizować sposób dostarczania energii jądrowej. Wykorzystując dobrze rozumianą technologię i stosując unikalną filozofię produkcji przy jej wytwarzaniu i montażu. Rolls-Royce SMR to modułowy, ustandaryzowany, produkowany fabrycznie produkt, który jest przystępny cenowo, łatwy w transporcie, i w który można inwestować.



Michael Crawfordth



Warto podkreślić zasady „Pewność wykonania”, „modularyzacja” i „standaryzacja” stanowią kluczowe elementy podejścia do usług Rolls-Royce SMR, aby zapewnić, że wdrożenie globalnej floty Rolls-Royce SMR będzie możliwe w opłacalny, przewidywalny i powtarzalny sposób.

Dzięki wdrożeniu naszych zasad modularyzacji i standaryzacji fabryka Rolls-Royce SMR osiąga wysoki stopień modularyzacji całej elektrowni, co zapewnia wyjątkową pozycję w branży. Podejście Rolls-Royce SMR obejmuje kombinację modułów zaprojektowanych przez Rolls-Royce SMR z łatwo dostępnymi modułami „gotowemu” do zakupu z półki”, które można bezproblemowo zintegrować ze znormalizowaną i powtarzalną konstrukcją opracowaną przez Rolls-Royce SMR.

Sześć celów związanych z zasadą Pewność Wykonania w programie SMR definiuje się jako:

1. Zmaksymalizuj możliwości budowy i montażu poza siedzibą firmy
2. Uprość przepływ logistyki w przypadku budowy na miejscu
3. Minimalizuj wahania we wszystkich obszarach
4. Zmniejsz i uprość interfejsy (podłącz i używaj)
5. Zwiększ odporność na wahania
6. Ogranicz interakcję międzyludzką

Podczas procesu projektowania cele pewności budowy stanowiły kluczowy punkt przy opracowywaniu ogólnej architektury, koncepcji systemu i projektu komponentów, a wszystkie te elementy zostały uwzględnione w opracowywaniu projektu, zapewniając powtarzalność i standaryzację wszystkich komponentów, systemów i modułów.

Oprócz tego unikalnego podejścia zastosowaliśmy sprawdzone techniki stosowane w sektorze lotniczym i obronnym, aby zapewnić dojrzałość projektu przed rozpoczęciem produkcji komponentów. Odpowiedni proces podzielony na odcinki zapewnia dojrzałość danych w kluczowych momentach opracowywania projektu, umożliwiając kontrolę bez utraty szybkości. Na przykład umożliwienie wczesnego rozpoczęcia produkcji w celu zabezpieczenia dostawy komponentów o długim czasie realizacji, co dodatkowo zmniejsza ryzyko opóźnień w harmonogramie.

Modularyzacja i budowanie pewności

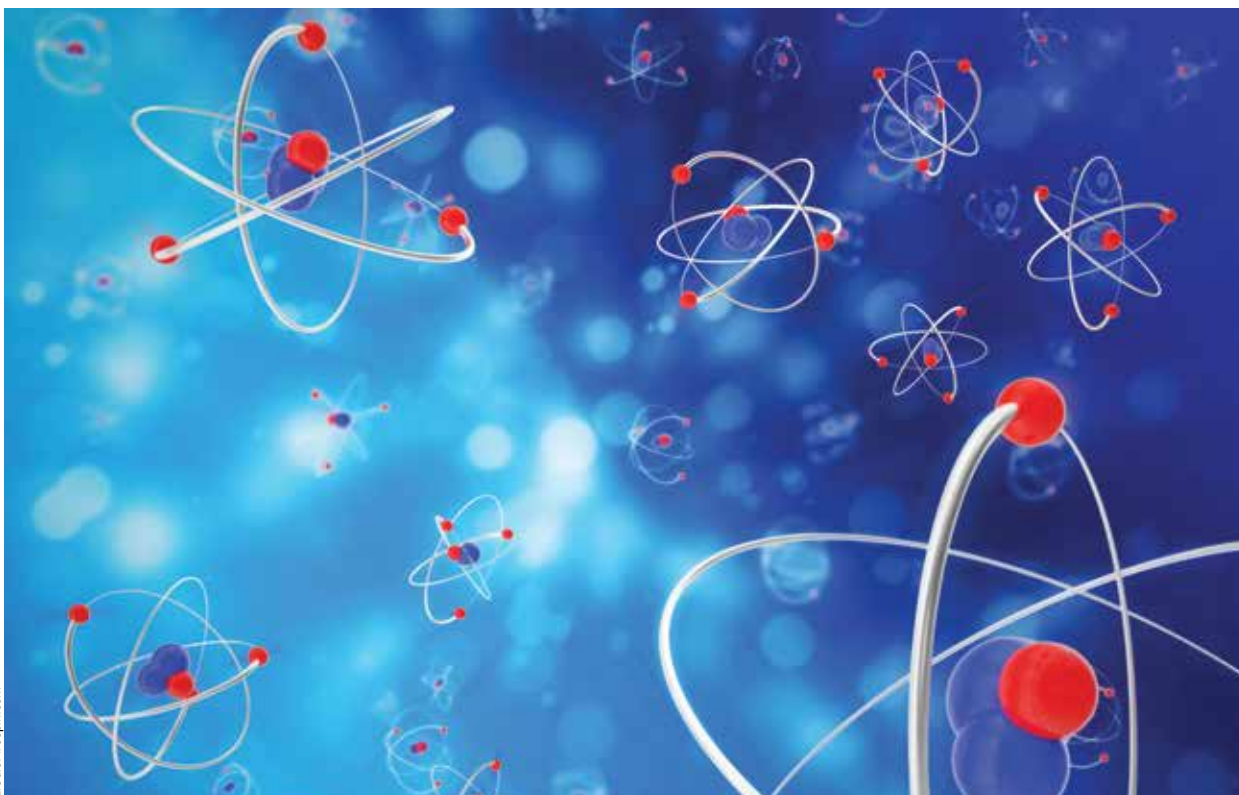
Rolls-Royce SMR wierzy, że zasady pewności budowy, takie jak „Maksymalizacja budowy i montażu poza miejscem budowy” oraz „Ograniczenie i uproszczenie interfejsów (Podłącz i używaj)” mają największy wpływ na ogólny czas, koszt

i ryzyko produktu, a zatem są to najważniejsze aspekty, aby firma mogła zająć się nimi w sposób konsekwentny i skuteczny. W tym celu na początku projektu zdecydowano, że modularyzacja będzie stanowić jeden z kluczowych czynników odróżniających ten projekt od tradycyjnych projektów dotyczących energii jądrowej, a żeby zapewnić jego skuteczność modularyzacja musi obejmować całą elektrownię.

Zakłada się, że większość małych reaktorów modułowych Rolls-Royce SMR będzie montowana w fabrykach oraz dostarczana i instalowana w postaci serii modułów. Moduły muszą być zaprojektowane w taki sposób, aby umożliwić realizację jak największej liczby złożonych procesów w fabryce, a instalacja na miejscu była możliwie najprostszą i z możliwie najmniejszą liczbą interfejsów.

Wymagania dotyczące pewności wykonania zwiększają rozmiar i wagę modułu, zmuszając projektantów do maksymalizacji wykorzystania fabryki i procesów tamże i minimalizacji liczby procesów na miejscu. Jednakże konkurencyjne ograniczenia nałożone na pewność wykonania przez przepisy dotyczące transportu drogowego wyznaczają ograniczenia, które doprowadziły do opracowania w ramach projektu strategii dotyczącej rozmiaru modułów i powiązanych wymagań. Ta „górną granicą” wielkości modułów to ograniczenie prowadzące do maksymalnej mocy wyjściowej Rolls-Royce SMR wynoszącej 470 MW mocy elektrycznej netto. Jest to kompromis pomiędzy korzyścią wielkości a korzyścią skali.

Należy zauważyć, że modularyzacja sama w sobie nie jest celem, celem jest



Źródło: freepik.com

osiągnięcie pewności wykonania, a modularyzacja jest postrzegana jako jedno z najskuteczniejszych narzędzi, jakimi dysponujemy, aby to osiągnąć. Dlatego też podczas modularyzacji systemów ważne jest, aby zapewnić, że proces osiągnięte pożądane korzyści w zakresie pewności wykonania.

Standaryzacja

Obok modularyzacji standaryzacja jest jednym z kluczowych narzędzi wdrażanych przez Rolls-Royce SMR w celu osiągnięcia pewności wykonania, niższych kosztów i ograniczenia ryzyka. Standaryzując komponenty, procesy, oprzyrządowanie i niemal każdy aspekt montażu instalacji, zyskujemy znaczną pewność wykonania i szereg korzyści kosztowych, które mogą utrzymywać się przez cały cykl życia instalacji.

1. Zmniejszenie liczby numerów katalogowych produktów, a następnie zmniejszenie kosztów logistyki, maksymalizacja efektu skali i zmniejszenie wymagań dotyczących inwentaryzacji części zamiennych.

2. Większa biegłość i zwiększona efektywność uczenia się poprzez standaryzację procesów i procedur. Zwiększenie jakości wykonania, co skutkuje wyższym wskaźnikiem sukcesu i cel „Sukces za pierwszym razem”.

3. Zwiększona odporność na nieoczekiwane zmiany w wymaganiach dotyczących harmonogramu budowy, umożliwiająca zmiany w harmonogramie produkcji w celu zapewnienia ciągłości budowy.

4. Zmniejszona liczba niedostatecznie wykwalifikowanych pracowników potrzebnych do ukończenia procesów produkcyjnych poprzez wprowadzenie zmechanizowanych narzędzi w celu osiągnięcia wymaganych standardów procesu. Umożliwienie automatyzacji w celu zapewnienia spójności działań, dalsze podniesienie jakości i zmniejszenie liczby osobo godzin wymaganych do wykonania procesu.

5. Osiągamy cel, jakim jest zapewnienie „podejścia w oparciu o linię produktów”, dzięki projektowi, który jest elastyczny i można go zainstalować w niezmięnionej formie w różnych lokalizacjach,

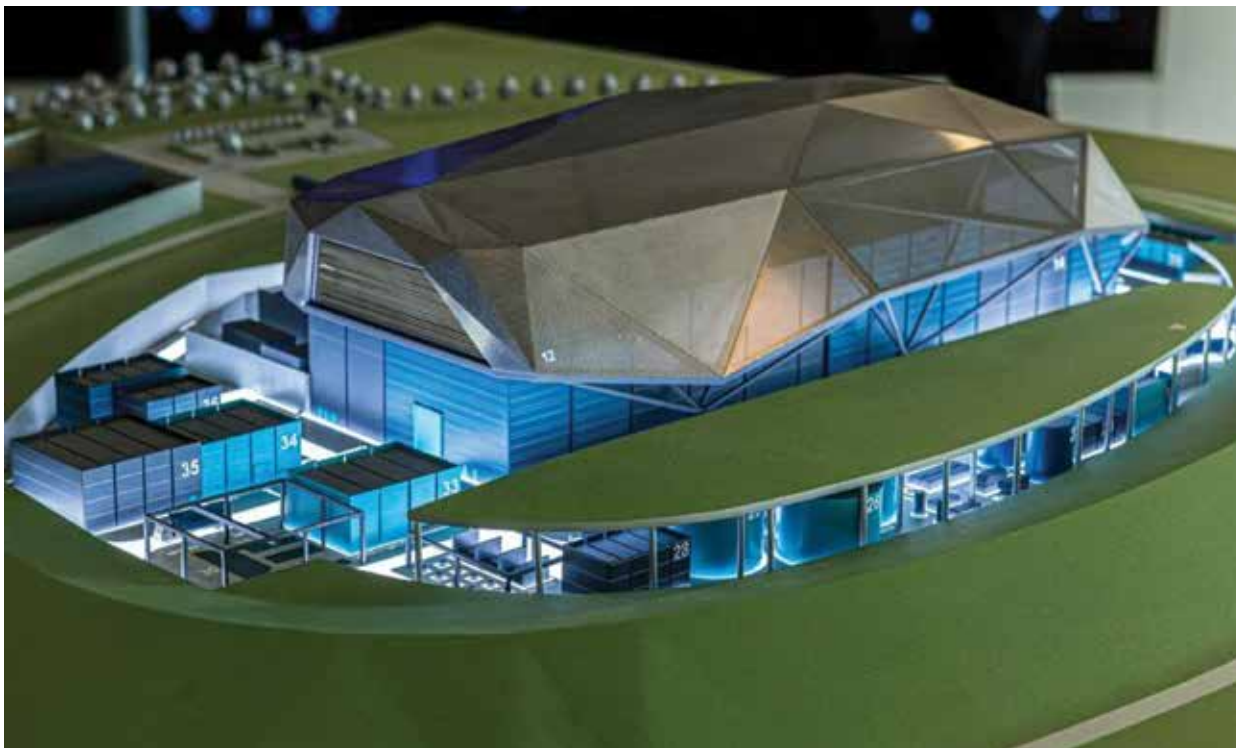
unikając kosztów i opóźnień związanych z przeprojektowaniem specyficznym dla danego miejsca.

Korzyści płynące ze standaryzacji są dobrze udokumentowane w całej branży i nie są nową koncepcją. Jednak jego zastosowanie w kontrolowany sposób w połączeniu z modułowalnością charakterystyczną dla Rolls-Royce SMR umożliwia dostarczenie kompletnego rozwiązania nieporównywalnego z jakąkolwiek inną ofertą SMR na rynku.

Produkcja fabryczna

Rolls-Royce SMR opracowuje powtarzalny projekt wykonania modułów, który będzie w stanie zaspokoić rosnące globalne zapotrzebowanie na czystą energię. Rolls-Royce SMR zarządza projektowaniem i wykonaniem używając modelu Rolls-Royce Plc. Factory Project Model (FPM). FPM to sprawdzony, solidny proces zarządzania stosowany do wspierania projektowania i rozwoju wszystkich fabryk Rolls-Royce’a.

Produkcja fabryczna zapewnia szeroką gamę korzyści, wspierając pewność



wykonania i standaryzację. Spójność środowiska fabrycznego poprawia jakość i spójność produktów oraz umożliwia lepszą realizację korzyści związanych z krzywą uczenia się w celu obniżenia kosztów.

Jednym z głównych wyzwań związanych z wdrażaniem SMR na dużą skalę jest wymagany wzrost całego łańcucha dostaw energii jądrowej i wykwalifikowana siła robocza w jego obrębie. Minimalizacja aktywności na miejscu i **maksymalizacja aktywności** w fabryce Rolls-Royce SMR gwarantuje, że wykwalifikowane stanowiska pracy będą mogły być zlokalizowane w jednym miejscu przez nadchodzące dziesięciolecia, usprawniając rekrutację, zatrzymywanie i wykorzystanie kluczowych umiejętności oraz zapewniając długoterminowe korzyści ekonomiczne społecznościom lokalnym.

Rozwiązanie produkcyjne Rolls-Royce SMR, obejmujące modułowość w całej elektrowni, wspiera wzrost mocy produkcyjnych tam, gdzie jest to wymagane w celu zaspokojenia regionalnego zapotrzebowania. Produkcja na kluczowych rynkach nuklearnych zwiększy możliwość udziału lokalnego łańcucha dostaw

i zapewni nowe możliwości rynkowe dla globalnego łańcucha dostaw Rolls-Royce SMR wspieranego w ramach programu.

Filozofia transportu

Filozofia transportu wpływa bezpośrednio na filozofię pewności wykonania i z nią współdziała. Elektrownię Rolls-Royce SMR zaprojektowano tak, aby można ją było zbudować w wielu różnych lokalizacjach, w tym **w lokalizacjach lądowych** i terenach przemysłowych, które mogą nie odpowiadać profilowi tradycyjnego cywilnego obiektu jądrowego. Wszystkie moduły Rolls-Royce SMR muszą nadawać się do transportu drogowego i być zoptymalizowane pod kątem zminimalizowania wpływu na lokalną sieć drogową i społeczności lokalne. Nie oznacza to, że w stosownych przypadkach nie można zastosować innych metod transportu.

Kraje posiadające zaawansowane sieci kolejowe, ale nieodpowiednie lub przeciążone sieci drogowe mogą dostrzec ogromne korzyści w maksymalizacji wykorzystania kolei do transportu modułów

Rolls-Royce SMR. Rolls-Royce SMR spotkał się już z komercyjnym zainteresowaniem ze strony krajów, które chcą wykorzystać swoje sieci kolejowe do obsługi jak największej części logistyki Rolls-Royce SMR.

Michael Crawforth jest menedżerem ds. rozwoju biznesu w firmie Rolls-Royce SMR i wnosi 12-letnie doświadczenie w przemyśle nuklearnym, aby pomóc sprostać podwójnym wyzwaniom: dekarbonizacji i bezpieczeństwa energetycznego. Specjalizując się w programach wprowadzania technologii, Mike pracował w różnych obszarach przemysłu nuklearnego, w tym przy brytyjskim programie łodzi podwodnych, likwidacji, nadchodzących wyzwaniach w europejskim łańcuchu dostaw medycznych izotopów promieniotwórczych, opracowaniu mikroreaktora do dekarbonizacji wykorzystywanej energii oraz genezie brytyjskiego kosmicznego programu nuklearnego.

Mike, obecnie pracujący dla Rolls-Royce SMR, współpracuje z przemysłowymi użytkownikami energii i decydentami nad opracowaniem nowych sposobów zastosowania rozwiązań nuklearnych w ekosystemach energetycznych jutra, obniżając koszty systemowe transformacji energetycznej.

Produkcja wodoru za pomocą energii jądrowej



Matt Moore



Do czego można używać wodoru?

Wodór ma kluczową rolę do odegrania w osiągnięciu Net Zero, może być stosowany bezpośrednio jako źródło paliwa, wykorzystywany do produkcji energii elektrycznej, wykorzystywany do wytwarzania ciepła o wysokiej temperaturze, a także jako surowiec do paliw alternatywnych i innych procesów chemicznych.

Spalanie gazowego wodoru umożliwia dekarbonizację wysokotemperaturowych procesów przemysłowych, które obecnie opierają się na metodach wysokoemisyjnych, na przykład przy produkcji szkła i stali.

Wodór jest także kluczowym surowcem do produkcji wielu produktów, takich jak amoniak (wykorzystywany do produkcji nawozów i potencjalnego przyszłego paliwa umożliwiającego dekarbonizację przemysłu morskiego) oraz tworzyw sztucznych. Przyszłe zastosowania, w tym zrównoważone paliwo lotnicze (SAF), długoterminowe magazynowanie energii i ogrzewanie, mogą spowodować znaczny wzrost zapotrzebowania na czysty wodór.

Jak można wykorzystać energię jądrową do wytworzenia zielonego wodoru?

Produkcja czystego wodoru wymaga dużych ilości energii, do produkcji na skalę niezbędną do dekarbonizacji społeczeństwa będziemy potrzebować ogromnych ilości czystej energii. Energia jądrowa umożliwia wydajne i ekonomiczne skalowanie w zależności od wymaganej

ilości energii i zapewnia szereg korzyści w zakresie produkcji wodoru i produktów ubocznych.

Energia jądrowa ma niewielki wpływ na środowisko, charakteryzując się najniższym poziomem emisji CO₂ i najniższym zużyciem materiałów na kW wytworzonej energii¹. Niski wpływ cyklu życia energii jądrowej jest dodatkowo zwiększany poprzez produkcję wodoru i produktów ubocznych. Ciągła produkcja energii w elektrowni jądrowej powoduje wysokie współczynniki eksploatacji urządzeń wykorzystywanych do produkcji wodoru, co skutkuje zmniejszeniem całkowitego zapotrzebowania i zapewnia produkcję wodoru przy najniższym zużyciu materiałów i najniższej emisji dwutlenku węgla i równoważnych gazów cieplarnianych.

Ze względu na wysoki koszt urządzeń elektrolizerów i zakładów produkcyjnych, **wysoki współczynnik dyspozycyjności napędów jądrowych, wysokie współczynniki wykorzystania, minimalizowane są koszty wyprodukowanego wodoru.** Firma Rolls-Royce SMR przeprowadziła badania z dostawcami technologii elektrolizerów, integratorami zakładów produkcyjnych i hurtowniami gazu w celu opracowania propozycji wodoru wykorzystującego energię jądrową i jego produktów następczych. Procesy produkcyjne wielu produktów następczych, takich jak paliwa i chemikalia, muszą działać w sposób ciągły i na dużą skalę, aby wspierać ekonomikę produkcji. To właśnie w tych produktach następczych gęstość mocy i współczynnik ciągłego obciążenia energii jądrowej tworzą dalszy potencjał gospodarczy.

Ciągłość produkcji wodoru wspiera szerszą gamę modeli odbioru wodoru, umożliwiając zapewnienie dostaw bez konieczności stosowania kosztownych rozwiązań w zakresie magazynowania lub importu sieciowego, co wiąże się z niepewnością dotyczącą emisji dwutlenku węgla i cen.

Kolokacja

Wysoka gęstość mocy energii jądrowej i elastyczność lokalizacji SMR pozwalają na kolokację źródła energii w zależności od zapotrzebowania, eliminując potrzebę ponoszenia kosztów i strat mocy związanych z przesyłem energii elektrycznej do sieci, która może znacznie przyczynić się do zwiększenia kosztu energii. Umożliwia to wykorzystanie energii jądrowej do produkcji energii oraz wodoru tam, gdzie jest to potrzebne, eliminując koszty i ryzyko związane z przesyłaniem wodoru na duże odległości, a także oszczędności w zakresie przesyłu sieciowego.

Zalety kolokacji jeszcze bardziej różnicują koszt wodoru produkowanego w elektrowniach jądrowych i mogą zmniejszyć ryzyko projektów związanych z produkcją wodoru na dużą skalę w stopniu wystarczającym do ugruntowania uzasadnienia biznesowego umożliwiającego ciągłą produkcję na dużą skalę taniego i niskoemisyjnego wodoru, który będzie niezbędny do dekarbonizacji.

Możliwości kogeneracyjne

Reaktory jądrowe działają na zasadzie wytwarzania energii cieplnej z kontrolowanego rozszczepienia atomów, która następnie jest przekształcana za pomocą pary i turbiny parowej w energię elektryczną. Jednak **to pozyskiwanie energii elektrycznej z ciepła wiąże się ze stratami,**



Zródło: freepik.com

prawa termodynamiki ograniczają ilość energii cieplnej, którą można przekształcić w energię elektryczną. W przypadku ciśnieniowych reaktorów wodnych pracujących w temperaturze około 300°C zwykle przyjmuje się, że sprawność konwersji wynosi ~36%.

Wykorzystanie technologii elektrolizera wysokotemperaturowego, np. ogniwa do elektrolizy ze stałym tlenkiem (SOEC), do produkcji wodoru, który wykorzystuje energię cieplną do kompensacji wejściowej energii elektrycznej, może poprawić wydajność całego układu poprzez uniknięcie strat związanych z przetwarzaniem energii cieplnej na energię elektryczną. Wyższa temperatura wejściowa zmniejsza energię elektryczną wymaganą do rozdzielania pary na wodór i tlen, poprawiając wydajność procesu elektrolizy, a także poprawiając wydajność energetyczną SMR. Złożony charakter tych efektów

powoduje znaczny wzrost wydajności systemu, co radykalnie zmniejsza koszty wytwarzania wodoru i zwiększa jego ilość. Rolls-Royce SMR w połączeniu z technologią SOEC może wyprodukować do 270 ton wodoru dziennie po konkurencyjnej cenie.

SOEC to rodzaj ogniwa paliwowego, które można uruchomić w odwrotnym kierunku, aby wytworzyć energię elektryczną z wodoru w okresach szczytowego zapotrzebowania, oferując dalsze opcje elastycznych trybów pracy w celu wspierania stabilności lokalnej sieci. Jednak technologia SOEC jest obecnie na niższym poziomie dojrzałości niż rozwiązania wyłączone elektryczne, takie jak membrana do wymiany protonów (PEM), a obecne szacunki wskazują, że poziom gotowości technologicznej (TRL) wynosi 6, przy czym oczekuje się, że osiągnie on poziom TRL 9 w 2030 r., zgodnie z harmonogramem

wdrożenia SMR w latach trzydziestych, czterdziestych i pięćdziesiątych XXI wieku.

Możliwe jest wykorzystanie kogeneracji wodorowej jako sposobu na zwiększenie elastyczności SMR. W przypadkach, gdy produkcja energii odnawialnej jest niska, co skutkuje wysokimi cenami energii, elektrownia SMR może wytwarzać energię elektryczną i wprowadzać ją do sieci, uzyskując premię rekompensującą straty w produkcji wodoru. W przypadku dużych ilości energii odnawialnej wytwarzanej elektrownia SMR może skoncentrować się na produkcji wodoru. Elastyczność ta pozwala operatorowi elektrowni na wybór najbardziej atrakcyjnej ekonomicznie w danym momencie produkcji, zarówno poprawiając ekonomikę wdrożenia SMR, jak i wspierając stabilizację sieci przed wahaniami nieregularnego wytwarzania energii.

Dzięki zastosowaniu Rolls-Royce SMR można zminimalizować koszty produkcji czystego wodoru i zmaksymalizować jego wolumen. Rolls-Royce SMR umożliwi także ciągłą produkcję wymaganą do dostarczenia na istniejące rynki dalszych produktów, takich jak SAF i amoniak, zmniejszając w ten sposób ryzyko dla projektów produkcji wodoru na dużą skalę, które będą niezbędne dla dekarbonizacji i Net Zero.

Matt Moore jest absolwentem mechanicznej inżynierii jądrowej oddelegowanym jako kierownik rozwoju biznesu w firmie Rolls-Royce SMR oraz tytułem magistra inżynierii mechanicznej uzyskanym na Uniwersytecie w Loughborough. Zdobywał doświadczenie w GE-Aviation, UKAEA i Rolls-Royce Submarine jako inżynier, wnosząc wiedzę techniczną i nową perspektywę. Poza Rolls-Royce SMR Matt jest dyrektorem zarządzającym Explore Nuclear, witryny internetowej promującej przemysł nuklearny wśród młodych ludzi w angażujący sposób, próbując zaradzić niedoborom kadrowym w zakresie potencjału nuklearnego, przed którym stoi branża.

Bibliografia

1. United Nations. (2022). Carbon Neutrality in the UNECE Region: Integrated Life-cycle Assessment of Electricity Sources. United Nations Economic Commission for Europe.

Zielona reforma, dekarbonizacja transportu

Transport odgrywa kluczową rolę w dzisiejszym społeczeństwie, umożliwiając mobilność, handel i interakcje społeczne na globalną skalę. Jednakże, wraz z rosnącą liczbą pojazdów na drogach i zwiększającym się ruchem transportowym, nasiliła się także emisja gazów cieplarnianych i innych zanieczyszczeń powietrza. W obliczu zmian klimatycznych i potrzeby redukcji emisji CO₂, dekarbonizacja transportu stała się nieodzownym priorytetem. W tradycyjnym modelu transportowym, dominującym źródłem energii są paliwa kopalne, takie jak benzyna i olej napędowy, które podczas spalania emitują duże ilości dwutlenku węgla (CO₂) oraz inne szkodliwe substancje. W związku z tym, rozwój alternatywnych, ekologicznych źródeł energii stał się imperatywem dla przemysłu transportowego. W kontekście poszukiwania takich alternatyw, wodór wyłonił się jako obiecujący kandydat do dekarbonizacji transportu. Wodór jako czysty nośnik energii, oferuje potencjał redukcji emisji CO₂ oraz eliminacji zanieczyszczeń powietrza. Proces spalania **wodoru** nie generuje emisji CO₂; jedynym produktem ubocznym jest czysta woda.



**Konrad
Piotrowski**



Wprowadzenie technologii wodorowych w transporcie ma potencjał przekształcenia sektora motoryzacyjnego. Samochody wodorowe (FCEV), napędzane ogniwami paliwowymi, oferują podobną wydajność i zasięg do tradycyjnych pojazdów z silnikami spalinowymi, przy jednoczesnej eliminacji emisji spalin. Jednakże, wykorzystanie wodoru w transporcie nie jest pozbawione wyzwań. Jednym z **głównych wyzwań** jest rozbudowa infrastruktury tankowania wodoru oraz produkcji samego wodoru. Ponadto, koszty związane z technologią wodorową, w tym produkcją ogniw paliwowych, mogą stanowić barierę dla masowej adaptacji tego rozwiązania. Mimo tych wyzwań, rosnąca świadomość ekologiczna i naciski regulacyjne skłaniają producentów samochodów, operatorów transportu publicznego oraz inwestorów do poszukiwania zrównoważonych alternatyw. Wodór staje się coraz bardziej atrakcyjnym wyborem dla

przyszłości transportu, dając nadzieję na ekologiczny i zrównoważony rozwój branży motoryzacyjnej i transportowej. W dalszej części artykułu przyjrzymy się bliżej potencjałowi wykorzystania wodoru w różnych sektorach transportu oraz aktualnym projektom mającym na celu promowanie tej technologii. Będziemy analizować zarówno korzyści, jak i wyzwania związane z dekarbonizacją transportu za pomocą wodoru, w kontekście globalnych działań na rzecz walki ze zmianami klimatycznymi.

Wielobarwny świat wodoru

Wodór jako jeden z najprostszycy pierwiastków, kryje w sobie różnorodność, która może być zaskakująca dla wielu osób. Jednym z aspektów, który może być niezwykle interesujący, jest jego różnorodne zabarwienie, które symbolizuje różne metody produkcji oraz stopień czystości. W tym rozdziale zgłębimy tajniki kolorowego świata wodoru i wyjaśnimy,

na czym polega poszczególne kolor tego niezwykłego pierwiastka.

Szary wodór to rodzaj wodoru, który możemy spotkać w codziennych zastosowaniach. Jest to wodór, który jest produkowany poprzez destylację ropy naftowej lub gazów ziemnych. Proces ten jest stosunkowo prosty i szeroko stosowany w przemyśle chemicznym. Jednakże, szary wodór często zawiera zanieczyszczenia, takie jak siarka i metale ciężkie.

Zielony wodór jest symbolem czystości i ekologii. Jest to wodór produkowany z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii, takich jak energia słoneczna lub wiatrowa, w procesie elektrolizy wody. W efekcie tego procesu, wodór jest produkowany bez emisji CO₂ i innych zanieczyszczeń.

Purpurowy wodór to rodzaj wodoru, który jest produkowany z wykorzystaniem energii jądrowej. Proces produkcji purpurowego wodoru jest skomplikowany i wymaga zaawansowanych technologii, jednak rezultatem jest **wodór** o najwyższej czystości. Zabarwienie purpurowe jest często symboliczne, odzwierciedlając jego powiązanie z energią jądrową.

Niebieski wodór to termin używany do opisu wodoru, który został poddany procesowi przekształcenia pary lub gazów ziemnych. Proces ten polega na konwersji węglowodorów z gazów ziemnych lub ropy naftowej na wodór, z wydzieleniem CO_2 . Niebieski wodór jest wykorzystywany w różnych gałęziach przemysłu, ale nadal wiąże się z emisją gazów cieplarnianych.

Zrozumienie różnych kolorów wodoru jest kluczowe dla zrozumienia procesów jego produkcji oraz wpływu na środowisko. Poznając tę różnorodność, możemy lepiej zrozumieć, jak wodór może odgrywać kluczową rolę w przyszłości energetycznej naszego świata.

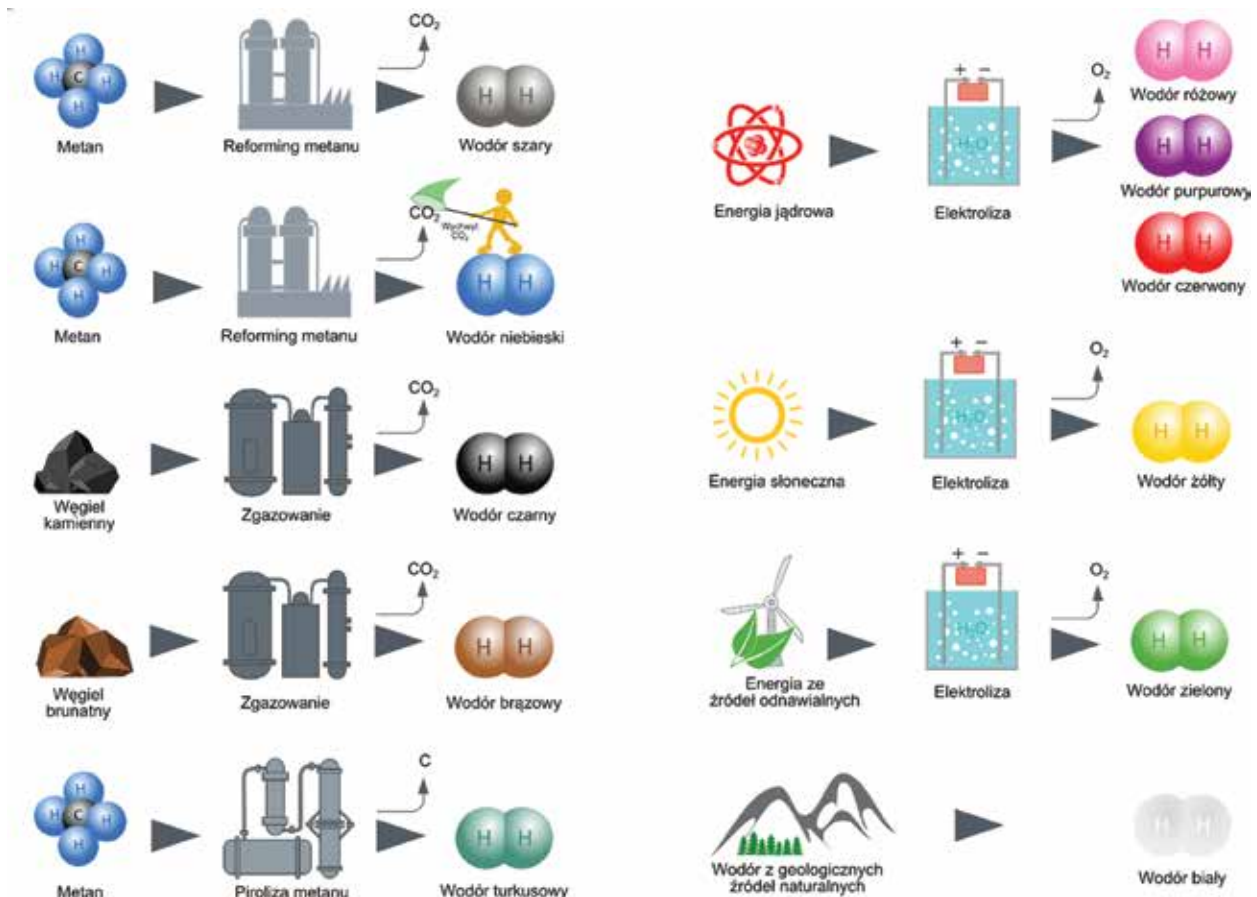
Purpurowy Wodór: Nowe rewiry Zrównoważonego Transportu

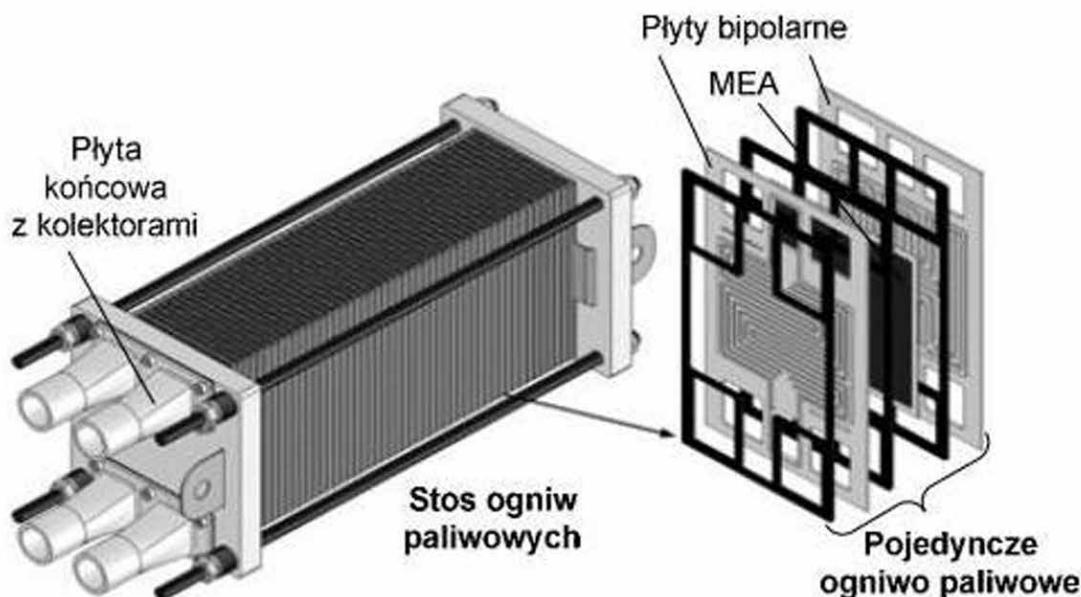
Wraz z nieustannym rozwojem nowych technologii, naukowcy i inżynierowie

poszukują coraz bardziej innowacyjnych sposobów dekarbonizacji sektora transportu. W ostatnich latach, koncepcja purpurowego wodoru pojawiła się jako potencjalna rewolucja w tej dziedzinie. Purpurowy wodór to nowy termin, który odnosi się do wodoru produkowanego z wykorzystaniem energii jądrowej. Proces produkcji wodoru w ten sposób może odbywać się poprzez elektrolizę wody, wykorzystując energię pochodzącą z reaktorów jądrowych. Wynikiem tego procesu jest wodór, który jest całkowicie odnawialny i nie emituje żadnych gazów cieplarnianych podczas produkcji.

Głównym źródłem energii w procesie produkcji purpurowego wodoru są reakcje termojądrowe, które zachodzą w kontrolowanych warunkach w specjalnych reaktorach jądrowych. Najczęściej wykorzystywaną metodą jest fuzja jądrowa, która polega na łączeniu atomów

lekkich pierwiastków, takich jak deuter i tryt, w cięższe pierwiastki, generując przy tym ogromne ilości energii. Proces fuzji jądrowej, który ma miejsce w reaktorach jądrowych, wymaga bardzo wysokich temperatur i ciśnień, aby zapewnić odpowiednie warunki dla zachodzenia reakcji. W wyniku fuzji powstaje ogromna ilość energii, która może być wykorzystana do produkcji wodoru poprzez rozdzielanie wody na wodór i tlen za pomocą elektrolizy. Po uzyskaniu wodoru, następuje proces oczyszczania i przechowywania wodoru, który ma na celu usunięcie wszelkich zanieczyszczeń i zapewnienie bezpiecznego przechowywania wodoru do dalszego wykorzystania. Produkcja purpurowego wodoru jest nadal obszarem intensywnych badań i prac rozwojowych. Jednakże, pomimo obiecujących perspektyw, proces ten pozostaje wyzwaniem zarówno technicznym, jak i ekonomicznym.





Źródło: <https://instsani.pl/technik-urzadzen-i-systemow-energetyki-odnawialnej/materialy-do-zajec-2/magazynowanie-energii/ogniwa-paliwowe>

nym ze względu na wysokie koszty i skomplikowane procesy związane z wykorzystaniem energii jądrowej. Niemniej jednak, potencjalne korzyści z produkcji **purpurowego wodoru** mogą przyczynić się do dalszego rozwoju tej technologii jako alternatywy dla tradycyjnych źródeł energii i paliw. Wykorzystanie purpurowego wodoru w transporcie może otworzyć nowe możliwości dla dekarbonizacji. Ze względu na swoją czystość, **purpurowy wodór** może być wykorzystywany do zasilania różnych rodzajów pojazdów, od samochodów osobowych po ciężarówki i statki. Jego potencjał może również przynieść rewolucję w transporcie lotniczym, gdzie tradycyjne źródła napędu są szczególnie szkodliwe dla środowiska.

Źródło energii pojazdów wodorowych

Ogniwo paliwowe w samochodzie wodorowym, które jest oparte na technologii elektrochemicznej, działa na zasadzie „odwrotnej” do elektrolizy wody. W procesie P2G (power to gas) prąd elektryczny dostarczany do elektrolizerów produkuje wodór, natomiast w procesie odwrotnym G2P (gas to power) dostarczany do og-

niw paliwowych gazowy wodór, który w reakcji z tlenem skutkuje wygenerowaniem prądu elektrycznego. Proces ten inicjuje się od dostarczenia wodoru (H_2) do anody, która jest jednym z elementów ogniw paliwowych. Wodorowy zbiornik w samochodzie przechowuje wodór w postaci sprężonej lub skroplonej, gotowy do reakcji. W anodzie zachodzi reakcja katalityczna, w której cząsteczki wodoru są rozkładane na jony wodorowe (protony) oraz elektrony. Protony przechodzą przez membranę elektrolityczną (PEM – proton exchange membrane), podczas gdy elektrony przepływają przez obwód zewnętrzny, tworząc prąd elektryczny.

Ten prąd jest wykorzystywany do zasilania silnika elektrycznego pojazdu. Jednocześnie, jony wodorowe przechodzą przez membranę elektrolityczną, docierając do katody, gdzie łączą się z cząsteczkami tlenu (O_2) pobieranymi z powietrza atmosferycznego. Reakcja elektrodowa między protonami, elektronami i tlenem generuje czystą wodę (H_2O) jako jedyny produkt uboczny. Ogniwo paliwowe, działając na zasadzie konwersji energii chemicznej wodoru na energię elektryczną, charakteryzuje się wysoką sprawnością i czystością

całego procesu. Jest to kluczowy element, który czyni samochody wodorowe efektywnymi, jednocześnie będąc przyjaznymi dla środowiska.

Samochód Wodorowy – Ekologiczna Alternatywa w Transporcie

Pojazdy wodorowe, znane również jako pojazdy z ogniwami paliwowymi (FCEV), są napędzane przez ogniwo generatora paliwowe, które przekształcają wodór i tlen w energię elektryczną, napędzającą silnik elektryczny pojazdu. W porównaniu do pojazdów elektrycznych z bateriami, pojazdy wodorowe mają kilka istotnych zalet. Przede wszystkim, mają one znacznie większy zasięg, co eliminuje problemy z zasięgiem, które nadal są przeszkodą dla wielu osób przy wyborze pojazdów elektrycznych. Ponadto, tankowanie wodoru jest szybsze niż ładowanie baterii, co przekłada się na większą wygodę dla użytkowników.

Jedną z największych zalet pojazdów wodorowych jest ich pozytywny wpływ na dekarbonizację transportu. Emisja dwutlenku węgla i innych zanieczyszczeń powietrza jest całkowicie eliminowana.



Źródło: freepik.com



Źródło: <https://motofakty.pl/toyota-mirai-2019-oto-ii-generacja-auta-na-wodor/ar/c4-16278131>

Co więcej, jeśli wodór jest produkowany z odnawialnych źródeł energii, takich jak **energia słoneczna lub wiatrowa**, cały proces transportu staje się bezemisyjny. Korzystanie z pojazdów wodorowych nie różni się znacząco od użytkowania tradycyjnych pojazdów spalinowych czy też elektrycznych. Kierowca może cieszyć się pełnym zakresem funkcji i wygody, które oferuje tradycyjne auto.

Procedura tankowania wodoru jest również szybka i łatwa do wykonania.

Proces tankowania wodoru jest zbliżony do tradycyjnych jednostek spalinowych. Kierowca podłącza wąż tankowania do zbiornika wodoru w pojeździe, a następnie wodór jest dostarczany do zbiornika pod wysokim ciśnieniem (H350 – 350bar lub H70 – 700bar). Proces tankowania trwa zwykle od 3 do 5 minut, co czyni go wygodnym i efektywnym. Ważnym aspektem tankowania wodoru jest również bezpieczeństwo. Stacje tankowania wodoru

są projektowane z myślą o najwyższych standardach bezpieczeństwa.

Bezpieczeństwo na stacjach tankowania wodoru odgrywa kluczową rolę w zapewnieniu pewności użytkownikom oraz ochronie przed ewentualnymi zagrożeniami związanymi z obsługą tego rodzaju paliwa. **Stacje tankowania wodoru, będąc częścią infrastruktury wspierającej rozwój pojazdów wodorowych, są projektowane z myślą o najwyższych standardach bezpieczeństwa.** Ważnym elementem bezpieczeństwa na stacjach tankowania wodoru jest obecność detektorów wycieku wodoru. Te zaawansowane urządzenia są skonfigurowane do wykrywania nawet najmniejszych ilości wodoru, które mogą przedostać się podczas procesu tankowania lub manipulacji zbiornikiem wodoru.

W momencie wykrycia wycieku, detektory natychmiast uruchamiają alarm, informując personel stacji oraz kierowców o potencjalnym zagrożeniu. **Ponadto, stacje tankowania wodoru są starannie zaprojektowane pod kątem minimalizacji ryzyka wycieku i maksymalizacji bezpieczeństwa.** Wykorzystywane są specjalne materiały i technologie, które zapewniają szczelność i trwałość instalacji, a także minimalizują ryzyko uszkodzeń czy awarii. Personel stacji tankowania wodoru **również** odgrywa kluczową rolę w zapewnieniu bezpieczeństwa. Przeszkoleni pracownicy monitorują proces tankowania oraz reagują na wszelkie sytuacje awaryjne czy potencjalne zagrożenia. Są również wyposażeni w odpowiednią wiedzę i umiejętności, aby skutecznie zarządzać sytuacjami kryzysowymi i zapewnić bezpieczne środowisko dla klientów.

Pojazdy wodorowe reprezentują potencjalną przyszłość transportu, oferując znaczną redukcję emisji gazów cieplarnianych i poprawy jakości powietrza. Jednakże, ich pełny potencjał wymaga dalszego rozwoju infrastruktury, wsparcia rządowego oraz kontynuacji badań i rozwoju technologicznego.

mgr inż. Konrad Piotrowski, Manager ds. Projektów Energetycznych Industria S.A.

Rodzaje systemów chłodzenia

- charakterystyka, stan obecny i trendy rozwoju

Elektrownie oparte na cyklach termodynamicznych, są zazwyczaj oparte na obiegu wodno-parowym - dla którego używa się obiegu Clausiusa-Rankine'a jako obiegu porównawczego, lub na obiegu gazowym, dla którego używa się obiegu Braytona jako obiegu porównawczego.



Tomasz Hanusek



Zdecydowana większość elektrowni ciepłych (wyjątek stanowią elektrownie gazowe w układzie prostym), jest opartych na cyklu wodno-parowym. Takimi elektrowniami są na przykład: elektrownie jądrowe, węglowe, gazowe w układzie łączonym, na olej opałowy czy biomasę. Wszystkie z wyżej wymienionych do swojej pracy potrzebują układu chłodzenia, który odpowiada za kondensację pary mokrej na wylocie z turbiny.

Parametrami, które decydują o ilości ciepła odbieranego są wydajność elektrowni oraz jej moc. Bloki jądrowe mają wydajność około 33-35% a elektrownie węglowe około 35-45% (i więcej). W związku z powyższym, blok jądrowy o danej mocy elektrycznej będzie potrzebował wydajniejszego systemu chłodzenia niż blok węglowy o takiej samej mocy.

Można wyróżnić 2 podstawowe systemy chłodzenia:

1. O układzie otwartym - stosowany przy chłodzeniu wodą morską, w pobliżu dużych rzek lub jezior. W układach tego typu woda chłodząca przechodzi przez

skraplacz, a następnie podgrzana o kilka, kilkanaście stopni, jest zrzucana do tego samego zbiornika (morze, duże jezioro) lub ciekłu wodnego.

2. O układzie zamkniętym - stosowany w miejscach, gdzie dostępność wody chłodzącej do zastosowania cyklu otwartego jest niewystarczająca. Można go podzielić na poszczególne rodzaje:

a) chłodzenie mokre, które z kolei można podzielić na 2 podkategorie:

- chłodzenie mokre przy użyciu chłodni kominowych bądź wentylatorowych - w tym przypadku woda chłodząca po wyjściu ze skraplacza jest kierowana do wnętrza chłodni. Tam woda jest rozdrabniania i podczas opadania chłodzona przez powietrze poruszające się ku górze. Wysokie chłodnie kominowe o przeważnie hiperbolicznym kształcie (lub chłodnie wentylatorowe), zapewniają przepływ powietrza. W wyniku tego procesu część wody zostaje odparowana (3-5%)¹. Wobec czego odparowana woda musi być stale uzupełniana.

- drugą możliwością dla chłodzenia mokrego jest zastosowanie basenów

chłodzących. Są to sztuczne zbiorniki utworzone na potrzeby chłodzenia jednostek wytwórczych. Woda chłodząca jest pobierana z basenu i kierowana do skraplacza w celu kondensacji pary. Następnie ogrzana woda chłodząca trafia ponownie do basenu. Podgrzanie wody w basenie chłodzącym powoduje jej ubytek przez odparowanie, dlatego wodę w basenie należy uzupełniać.

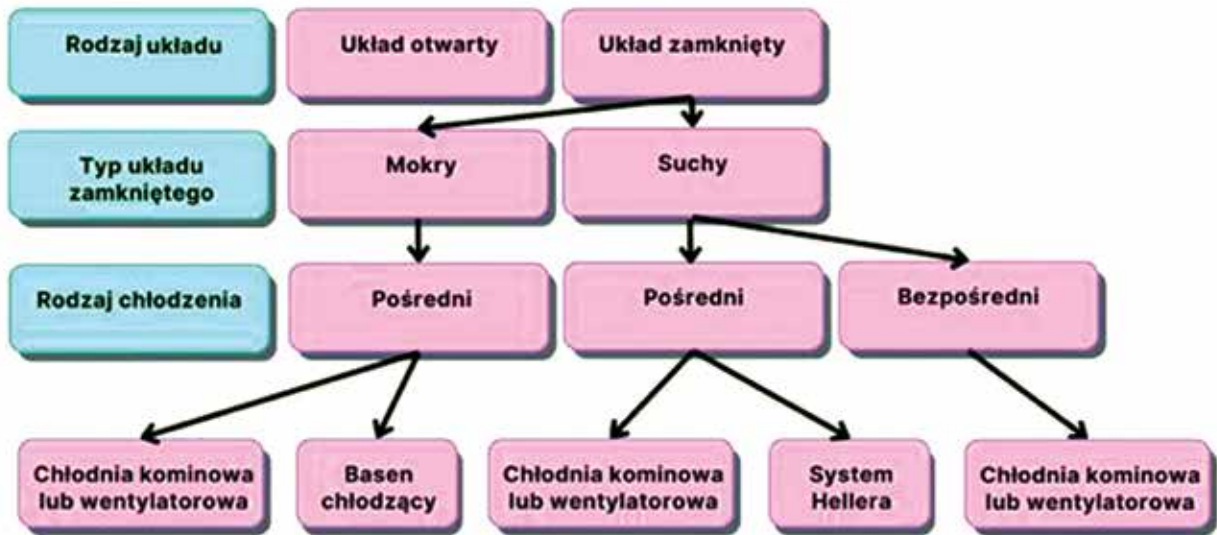
b) chłodzenie suche - to rozwiązanie posiada dwie podkategorie:

- pierwsza, gdzie czynnik po wyjściu z turbiny trafia bezpośrednio do skraplacza chłodzonego przez powietrze - zwane chłodzeniem bezpośrednim

- druga możliwość polega na zastosowaniu pętli pośredniczącej - zwane chłodzeniem pośrednim

Do chłodzenia suchego po jego można użyć chłodni kominowej bądź wentylatorowej - podobnie jak w chłodzeniu mokrym. Jednakże w przypadku systemu suchego, woda trafiająca do chłodni nie ma bezpośredniego kontaktu z powietrzem - woda ogrzana w skraplaczu trafia do chłodni, gdzie przepływa przez wymiennik ciepła, który jest chłodzony przez przepływające powietrze. Zastosowanie wymiennika zapobiega odparowaniu wody.

Jednym z wariantów dla systemu suchego pośredniego jest system Heller'a². W takim systemie woda chłodząca trafia



Rysunek 1. Podstawowe systemy chłodzenia stosowane w elektrowniach ciepłych, bazując na ³

do skraplacza, gdzie jest rozpylana. W tym układzie skraplacz nie jest orurowany. Woda chłodząca jest rozpylana w tej samej przestrzeni, w której znajduje się para po wylocie z turbiny. Wobec tego, skroplona para oraz woda chłodząca mieszają się i trafiają ponownie do obiegu jako woda zasilająca (około 2-3% czynnika) oraz do chłodni (odpowiednio 98-97%).

W kontekście zamkniętych układów chłodzenia, warto dodać, że istnieją elektrownie posiadające hybrydowe układy chłodzenia. W takiej konfiguracji, mogą to być dwa osobne urządzenia, albo też mogą być zintegrowane razem: w ramach jednej chłodni kominowej (bądź wentylatorowej), która posiada dwie sekcje: do chłodzenia suchego oraz do chłodzenia mokrego. W okresie chłodniejszych miesięcy korzysta się z chłodzenia suchego, natomiast w okresach cieplejszych z chłodzenia mokrego.

Podsumowując, systemy chłodzenia w elektrowniach ciepłych, można podzielić zgodnie ze schematem zaprezentowanym na rysunku 1. Należy mieć na uwadze, iż poniższy diagram nie uwzględnia chłodzenia hybrydowego.

Wszystkie opisane wyżej sposoby chłodzenia posiadają swoje wady i zalety.

Chłodzenie otwarte wodą morską zapewnia niższą temperaturę chłodzenia niż w przypadku innych systemów chłodzenia,

niewielkie zmiany temperatury w ciągu roku oraz brak problemu z dostępnością wody. Niższe temperatury oznaczają większą wydajność elektrowni. Minusem tego rozwiązania jest potrzeba wykonania skraplacza z wyższej klasy materiałów - woda morską jest bardziej korozyjna niż woda słodka.

Chłodzenie otwarte wodą pobraną z rzeki lub jeziora, niesie ze sobą kilka kwestii: temperatura wody chłodzącej będzie ogólnie wyższa niż w przypadku morza, podobnie jak wahania temperatury wody słodkiej w ciągu roku będą wyższe aniżeli w przypadku wody morskiej. Ma to znaczenie zwłaszcza w okresie letnim, w dniach bardzo wysokich temperatur. Po pierwsze wyższa temperatura wody chłodzącej może być przyczyną pogorszenia próżni w skraplaczu, co niesie za sobą spadek sprawności elektrowni, a co za tym idzie spada ilość energii elektrycznej oddawanej do sieci. Po drugie okresy letnie mogą charakteryzować się niższym poziomem wód, co potencjalnie może przyczynić się do ograniczenia w poborze wody chłodzącej. Należy zwrócić uwagę także na przepisy dotyczące zrzutu wody użytej do chłodzenia. Przykładem może być paragraf 13 rozporządzenia dot. m.in. zrzutu wody chłodzącej⁴, który brzmi następująco: „Wody chłodnicze z otwartych układów chłodzenia oraz z zamkniętych układów chłodzących mogą

być wprowadzane do wód lub do ziemi pod warunkiem, że ich temperatura nie jest wyższa niż 35°C.” To niesie za sobą kolejne ograniczenia, zwłaszcza w okresach bardzo wysokich temperatur.

Jeśli chodzi o zamknięte układy chłodzenia, to pobierają one znacznie mniej wody niż układy otwarte. W przypadku mokrych chłodni kominowych, pobierają one wodę w ilościach odpowiadających tej odparowanej podczas chłodzenia. Natomiast jeśli chodzi o chłodzenie suche, to zasadniczo, nie pobierają one wody na potrzeby chłodzenia, ponieważ nie jest ona odprowadzana w procesie. Z uwagi na to, że w układzie zamkniętym czynnikiem, który odbiera ciepło do otoczenia jest powietrze, również te systemy są narażone na problemy związane z dostatecznym chłodzeniem podczas ekstremalnie wysokich temperatur. Ponadto, wahania temperatury powietrza są na ogół zauważalnie większe niż wahania temperatury wód w ciekach lub zbiornikach wodnych. Niemniej jednak, ilość wody potrzebna do chłodzenia jest znacznie mniejsza, co prezentuje tabela 1.

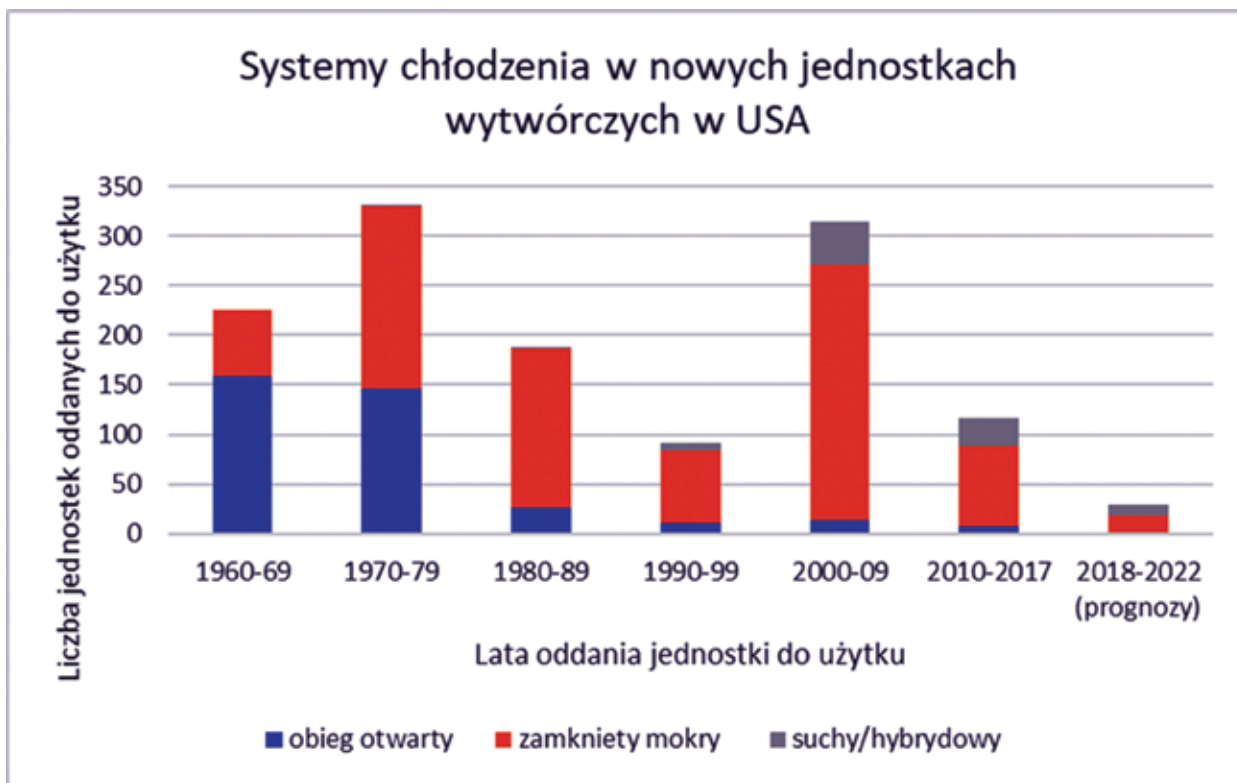
Kolejnym istotnym czynnikiem porównawczym systemów chłodzenia elektrowni jest ich koszt. W publikacji “Power Plant Cooling System Overview for Researchers and Technology Developers”⁶ dokonano porównania bloków węglowych o mocy 500 MW elektrycznych. Pod uwagę wzię-

Tabela 1. Zapotrzebowanie na wodę chłodzącą dla różnych systemów chłodzenia ⁵

Rodzaj bloku energetycznego	System chłodzenia	Ilość wody chłodzącej, l/kWh
Węglowy/biomasowy	Układ otwarty	76–189
Węglowy/biomasowy	Mokry układ zamknięty	1,89 - 2,27
Węglowy/biomasowy	Chłodzenie suche	0
Jądrowy	Układ otwarty	95-227
Jądrowy	Mokry układ zamknięty	3-4,16
Jądrowy	Chłodzenie suche	0.0

 Tabela 2. Porównanie kosztów układów chłodzenia dla elektrowni o mocy 500 MW ⁶

Rodzaj chłodzenia	Koszt systemu chłodzenia w jednostkach względnych
Chłodzenie mokre w układzie zamkniętym	1,0
Chłodzenie w układzie otwartym	0,4 - 0,75
Chłodzenie suche w układzie zamkniętym	2,4 - 5
Chłodzenie hybrydowe	2 - 4

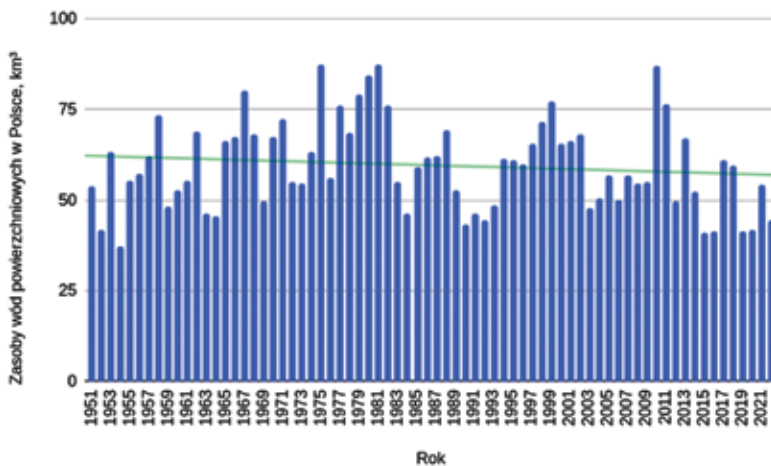

 Rysunek 2. Liczba nowych jednostek wytwórczych oddanych do użytku w danym dziesięcioleciu w USA, z podziałem na rodzaj systemu chłodzenia ⁷

to kilka istotnych parametrów - jednym z nich są koszty tych układów, które (w jednostkach względnych) zostały zaprezentowane w tabeli 2.

Widać zdecydowanie, ile niższy jest koszt układu chłodzenia w układzie ot-

wartym w porównaniu do pozostałych systemów. Wariant ten jest około 2 razy tańszy od chłodzenia mokrego w układzie zamkniętym i nawet do 10 razy tańszy od chłodzenia suchego bądź chłodzenia hybrydowego.

Na rysunku 2, zaprezentowano liczbę jednostek wytwórczych oddanych w danym dziesięcioleciu w Stanach Zjednoczonych z podziałem na systemy chłodzenia. Dane pochodzą z publikacji z 2017 roku, dlatego ostatni słupek (lata 2018 - 2022)



Rysunek 3. Zasoby wód powierzchniowych w Polsce w latach 1951-2022, bazując na ⁸

był wtedy jedynie prognozą. Aby zoabsorbować zmianę trendów w systemach chłodzenia, zdecydowano się zaprezentować dane ze Stanów Zjednoczonych, które posiadają dużą liczbę jednostek wytwórczych, a co za tym idzie, dobrze nadają się do celów statystycznych.

Na rysunku 2 widać, że w latach sześćdziesiątych oraz siedemdziesiątych oddano bardzo dużo jednostek wytwórczych z otwartym układem chłodzenia. Natomiast począwszy od lat 80-tych ich udział w nowo oddanych do użytku jednostkach wytwórczych znacząco spadł. Jednocześnie (oprócz lat sześćdziesiątych) systemem, który był najczęściej stosowanym był zamknięty, mokry układ chłodzenia. Zrzut podgrzanej wody o kilka, kilkanaście jednostek do rzeki wpływa na żyjącą w niej florę i faunę.

W celu zmniejszenia wpływu na środowisko, w wielu miejscach, w tym w USA oraz w Europie, na skutek zmian prawnych, zaczęto częściej stosować zamknięte systemy chłodzenia - stąd znaczny spadek obiegów otwartych począwszy od lat 80-tych. Co istotne, w celu dalszego ograniczenia zużycia wody, zaczęto z powodzeniem stosować systemy hybrydowe bądź suche. Począwszy od początku XXI w. zaczęły być one częściej stosowane niż systemy otwarte, co prezentuje poniższy wykres.

W kontekście potrzeby dużej dostępności wody w przypadku systemów otwartych warto zwrócić uwagę na zasoby wód powierzchniowych w Polsce, które są przedstawione na rysunku 3. Widać, że dla ostatnich 70 lat, występuje trend spadkowy (umieszczony na wykresie

kolorem zielonym), z około 62.2 km³ do 57 km³, co oznacza spadek o około 8.3%. W związku z tym stosowanie systemów chłodzenia wymagających mniejszej ilości wody lub niewymagającej jej w ogóle, wydaje się w pełni zasadne.

Poza kwestiami szeroko związanymi ze zmniejszeniem oddziaływania systemów chłodzenia na środowisko, inną istotną konsekwencją stosowania systemów chłodzenia o małym zużyciu wody jest dostępność większej liczby lokalizacji. Potencjalnie może to ograniczyć potrzebę budowy długich linii najwyższych napięć.

W przypadku rynku ciepła w Polsce, potencjalne nowe lokalizacje jednostek wytwórczych z relatywnie małymi potrzebami chłodzenia mogą być szansą na budowę nowych elektrociepłowni lub rozbudowę obecnych. Systemy hybrydowe bądź suche, stosuje się przede wszystkim w miejscach, gdzie dostępność wody jest bardzo ograniczona.

Podsumowując, sposób chłodzenia elektrowni jest zależny od wielu czynników takich jak np. uwarunkowania środowiskowe czy dostępność wody chłodzącej. Z drugiej strony, jest to istotny czynnik przy wyborze lokalizacji elektrowni, ponieważ może wykluczyć pewne lokalizacje oraz znacząco wpłynąć na opłacalność inwestycji, jakim jest budowa jednostki wytwórczej.

Dr inż. Tomasz Hanusek, ekspert ds. energetyki jądrowej, *Industria S.A.*



Bibliografia

- World Nuclear Association, Cooling Power Plants, online: <https://world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/cooling-power-plants.aspx>, dostęp: 15.02.2024.
- Ashwood, A, and Bharathan, D. Hybrid Cooling Systems for Low-Temperature Geothermal Power Production. United States: N. p., 2011. Web. doi:10.2172/1009690.
- International Atomic Energy Agency, Efficient Water Management in Water Cooled Reactors, online: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/P1569_web.pdf, dostęp: 15.02.2024.
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 12 lipca 2019 r. w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego oraz warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu do wód lub do ziemi ścieków, a także przy odprowadzaniu wód opadowych lub roztopowych do wód lub do urządzeń wodnych (Dz.U. z 2019 r., poz. 1311)
- Gary Vine, Cooling Water Issues and Opportunities at U.S. Nuclear Power Plants Cooling Power Plants, online: <http://large.stanford.edu/courses/2018/ph241/duboc2/docs/4731807.pdf>, dostęp: 15.02.2024.
- Jessica Shi, EPRI, Power Plant Cooling System Overview for Researchers and Technology Developers, online: https://www.mcilvainecompany.com/Decision_Tree/subscriber/Tree/DescriptionTextLinks/EPRIoverview.pdf, dostęp: 15.02.2024.
- Suparna Ray, The U.S. Energy Information Administration, Some U.S. electricity generating plants use dry cooling, online: <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=36773>, dostęp: 15.02.2024.
- Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Rocznik hydrologiczny 2022, online: https://danepubliczne.imgw.pl/data/dane_pomiarowo_obseryacyjne/Roczniki/Rocznik%20hydrologiczny/Rocznik%20Hydrologiczny%202022.pdf, dostęp: 15.02.2024.

Zjawiska ciśnieniowych reaktorów wodnych

Zrównoważone dostawy energii są jednym z najważniejszych czynników wzrostu gospodarczego. Jednak w dzisiejszym, mocno zanieczyszczonym produktami paliw kopalnych świecie, to właśnie czysta energia stała się niekwestionowanym priorytetem. Energia jądrowa jest bezemisyjnym i najbardziej wydajnym źródłem energii, dlatego odgrywa ważną rolę w światowych dostawach energii. Według systemu informacyjnego Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej na całym świecie pracuje obecnie 413 dużych reaktorów jądrowych, a 58 nowych jest w budowie.



Katarzyna Zasadni



Większość jednostek operacyjnych stanowią reaktory lekko wodne, w skład których wchodzi 304 jednostki reaktora ciśnieniowego moderowanego i chłodzonego lekką wodą (PWR) oraz 41 jednostek reaktora wrzącego chłodzonego i moderowanego wodą lekką (BWR). Analogicznie, reaktory lekko wodne stanowią także większość budowanych bloków z 49 blokami PWR i 2 BWR. Woda jest tanim, najpowszechniejszym i bardzo skutecznym chłodziwem rdzenia reaktora. Woda jest również skutecznym moderatorem neutronów, który dzięki określonym dodatkom chemicznym może stłumić reakcję rozszczepienia w rdzeniu, aby kontrolować moc reaktora. Nic więc dziwnego, że reaktory lekko wodne były dotychczas wyborem numer jeden w technologii energii jądrowej. Zarówno PWR, jak i BWR są uważane za dobre technologie i oba mają swoje zalety i wady, jednak liczba jednostek operacyjnych PWR znacznie przewyższa liczbę BWR, przy jeszcze dalszej tendencji wzrostowej w przypadku jednostek w fazie budowy.

Polska planuje także budowę dwóch dużych elektrowni jądrowych w technologii PWR od różnych dostawców, dlatego to nie są bloki BWR? Może istnieje kilka potencjalnych przyczyn, które mogą wyjaśnić

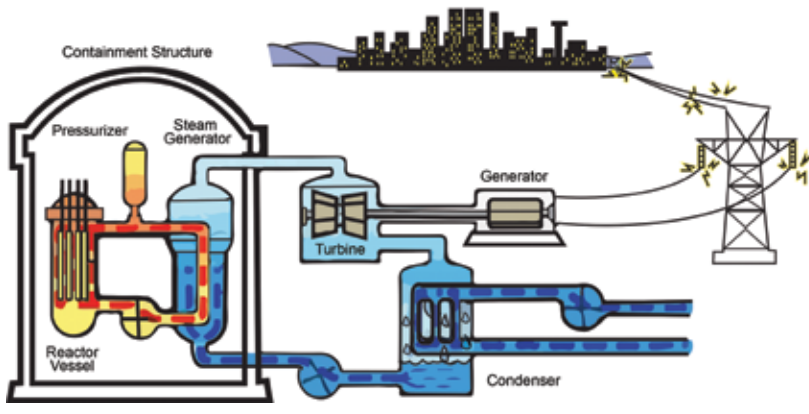
fenomen zastosowania technologii PWR, w tym obsługa i konserwacja, bezpieczeństwo, kwestie łańcucha dostaw i wiedza specjalistyczna. Zacznijmy od ogólnego porównania głównych różnic pomiędzy tymi technologiami. Należy jednak pamiętać, że istnieje również kilka technologii PWR różniących się między sobą pod względem technicznym, co skutkuje bardziej niezawodnymi, przyjaznymi w obsłudze lub zorientowanymi na bezpieczeństwo rozwiązaniami.

Ogólnie rzecz biorąc, reaktory PWR i BWR są bardzo podobne pod wieloma względami technologicznymi i oba są przeznaczone przede wszystkim do wytwarzania pary potrzebnej do wirowania łopatek turbin generatorów do produkcji energii elektrycznej. Energia cieplna pary jest zamieniana wewnątrz turbiny parowej na energię mechaniczną wykorzystywaną do wytwarzania energii elektrycznej. W obu typach instalacji schłodzona para jest następnie skraplana, doczyszczana w wysokowydajnych demineralizatorach, ponownie podgrzewana i pompowana z powrotem do zbiornika ciśnieniowego reaktora (RPV) w celu powtórzenia cyklu.

Główna różnica pomiędzy reaktorami PWR i BWR polega na samym procesie wytwarzania pary. W BWR woda podgrzewana przez rdzeń reaktora wrze,

wytwarzając parę bezpośrednio w RPV. Zatem w tej technologii reaktorowej istnieje tylko jedna pętla, która chłodzi reaktor, pełni funkcję moderatora reaktora i napędza turbinę. Ponieważ woda może wrzeć wewnątrz reaktora, ciśnienie w obwodzie chłodzącym można utrzymać na niższym poziomie, co zmniejsza potrzebę stosowania stabilizatora ciśnienia i innych elementów. Zmniejszona ilość elementów obwodu pierwotnego obniża koszty inwestycyjne elektrowni.

W jednostce PWR obieg chłodzenia reaktora jest oddzielony od turbiny obiegiem wtórnym. Tutaj woda podgrzewana przez rdzeń reaktora jest utrzymywana pod wyższym ciśnieniem, aby zapobiec wrzeniu, a ciśnienie to jest utrzymywane przez urządzenie zwiększające ciśnienie. Woda podgrzana do temperatury ponad 300°C jest pompowana do wytwornic pary, gdzie może przekazać ciepło do wtórnego obiegu wody, zamieniając je w parę. W wytwornicach pary obieg pierwotny i wtórny nie mieszają się ze sobą, dzięki czemu obieg wtórny, a w konsekwencji turbina, są wolne od zanieczyszczeń produktami rozszczepienia. W sensie radiologicznym turbogenerator bloku PWR nie różni się zbyt wiele od konwencjonalnego turbogeneratorsa elektrowni. Nie musi znajdować się bezpośrednio przy reaktorze i jest w pełni dostępny podczas pracy, bez dodatkowej kontroli promieniowania i środków ochronnych. Turbinogenerator, a co za tym idzie, skraplacz w blokach BWR, w przypadku nieszczelności rdzenia reaktora, mogą



fot. Wikipedia

Reaktor wodny ciśnieniowy (PWR)

zostać zanieczyszczone krótkotrwałymi produktami rozszczepienia przenoszonymi wraz z parą wodną z reaktora. Możliwość wystąpienia takiego ryzyka pociąga za sobą szereg dodatkowych niezbędnych środków bezpieczeństwa.

W reaktorach BWR turbina należy do strefy kontrolowanego dostępu i musi być zlokalizowana w sąsiedztwie reaktora. Hala turbin nie jest dostępna także w czasie pracy elektrowni oraz w krótkim czasie po wyłączeniu i jest konieczność zastosowania dodatkowej osłony radiacyjnej w tym obszarze. Jednakże oczekiwane produkty rozszczepienia mają bardzo krótki okres półtrwania (liczony w sekundach), po tym czasie pracownicy mogą ostatecznie przedostać się do tego obszaru. Zastosowanie wytwornic pary w jednostkach PWR pozwala na oddzielne utrzymanie jakości wody chłodzącej, specjalnie dostosowanej do warunków strony reaktora i strony turbiny. Na przykład, część mieszaniny wody i pary z obiegu wtórnego jest w sposób ciągły przedmuchiwana w celu sprawdzenia jakości i oczyszczenia, a następnie zawrócona do obiegu wtórnego. System odpowiedzialny za tę czynność pełni funkcję głównego narzędzia czyszczącego obwód, pozostawiając demineralizatory kondensatu jako rezerwę i wyłącznie do określonego użytku.

Reaktory BWR wykorzystują paliwo UO₂ podobne do jednostek PWR, ale zespoły paliwowe BWR są mniejsze. Natomiast RPV jest większe w przypadku jednostek BWR. Kolejna różnica między tymi dwoma typami reaktorów polega na kontroli reak-

tywności. PWR wykorzystują głównie kwas borowy do kontroli reaktywności, kwas musi zostać rozpuszczony w obwodzie pierwotnym i dlatego musi być dozowany w ramach układu kontroli chemicznej i objętości podczas pracy. Dozowanie kwasu borowego należy dokładnie kontrolować, gdyż związek ten działa silnie korodująco na składniki stali, obniżając pH wody. Dlatego też należy dokładnie regulować pH za pomocą dodatkowych dodatków alkalicznych, co sprawia, że reżim chemiczny jest kluczową cechą tej technologii. Jednakże bor dostarczany wraz z kwasem borowym jest bardzo wydajnym medium do wychwytywania neutronów, które faktycznie jest stosowane również do awaryjnych wtrysków w obu typach reaktorów. Kwasu borowego nie można stosować do kontroli reaktywności podczas normalnej pracy jednostek BWR. Nie byłby wystarczająco skuteczny w środowisku pęcherzyków pary RPV, ponieważ do rozpuszczenia potrzebuje wody.

Reaktywność w jednostkach BWR jest kontrolowana innymi sposobami, w tym palnymi truciznami, ruchem prętów regulacyjnych i kontrolą przepływu chłodziwa w zakresie 60-100% obciążenia. Zatem w górnym zakresie obciążenia reaktor BWR może być w stanie dostosować się do obciążenia bardziej elastycznie niż jednostka PWR, ale niekoniecznie poniżej tego zakresu. Proces tworzenia się i suszenia pęcherzyków pary w górnej części RPV powoduje, że pręty regulacyjne w BWR muszą być umieszczone na dnie reaktora.

W instalacjach PWR nie ma takiego wymogu, a pręty sterujące można włożyć od góry RPV, chociaż stosuje się je głównie do rozruchów, zestrzeleń, kontroli zmian poziomu mocy i stanów nieustalonych.

Przeanalizujemy teraz głębiej niektóre konsekwencje trudnych warunków powstałych w tych reaktorach podczas pracy, aby uświadomić sobie pewne ukryte różnice. Zazwyczaj reaktory jądrowe projektuje się na 60 lat pracy. Oznacza to, że wiele używanych tam systemów i komponentów będzie musiało przepracować ten czas w niezmiennym stanie, oczywiście o ile nie ulegną awarii. Starzenie się materiału, zużycie i korozja mogą być w tym przypadku dużym problemem, prowadzącym do poważnych wypadków i nieprzewidywanych kosztów. Warunki pracy reaktora nie ułatwiają tego zadania, gdyż temperatura chłodziwa w omawianych reaktorach lekko nadzwyczaj oscyluje wokół 300°C.

Woda zdemineralizowana jest stosowana jako chłodziwo w celu zmniejszenia prawdopodobieństwa korozji, ale pękanie korozyjne naprężeniowe jest problemem wciąż spotykanym podczas eksploatacji istniejących zakładów. Zawartość tlenu jest bardzo ważnym czynnikiem w rozwoju korozji. Właściwy skład chemiczny wody jest warunkiem długotrwałej pracy instalacji, wolnej od zdarzeń korozyjnych, które napotkano podczas eksploatacji reaktorów BWR i PWR. W przypadku BWR podczas dotychczasowej eksploatacji ujawniono pękanie korozyjne naprężeniowe rurociągów stalowych, wycieki lub materiał radioaktywny z płaszcza paliwa, wysokie dawki promieniowania zawodowego oraz tendencję do międzykryształicznego pękania korozyjnego naprężeniowego (IGCC). PWR również doświadczyło pewnych problemów, szczególnie związanych z obwodem pierwotnym i pękaniem korozyjnym naprężeniowym w rurach i spoinach wytwornic pary, co spowodowało zastosowanie dodatkowych środków ochronnych wytwornic pary. Dlatego kluczowym czynnikiem zapobiegającym tym problemom jest dostosowanie składu chemicznego wody do stanów pracy instalacji.



fot. Wikipedia

Głowice zbiorników reaktorów PWR

Niektóre jednostki PWR stosują wtryskiwanie cynku w celu kontroli korozji i ogólnie do usuwania tlenu z wody stosuje się dodatki alkaliczne. Dzięki tym dodatkom oraz efektowi dozowania wodoru w wyniku radiolizy, można wyeliminować tlen. Nie zapominajmy o dozowaniu amoniaku w celu wspomaganie tlenu, zastosowaniu litu do stabilizacji pH czy hydrazynie stosowanej w rosyjskich reaktorach ciśnieniowych (VVER). Z drugiej strony reaktory BWR działają na wodzie o wysokiej czystości, zawierającej wodór, wtryskiwanie cynku i metale szlachetne na elementy wewnętrzne reaktora i rurociągi. Środki te mają zaradzić powyższym brakom, które wyrażają się w przypadkach IGCC i wyższych dawkach promieniowania.

Jak widać różnic pomiędzy dość podobnymi technologiami wody lekkowodnej jest wiele, a zagłębienie się w ich szczególności z pewnością odkryje wiele innych cech charakterystycznych każdej technologii. Szczerze mówiąc, dalsze szczegóły i specyfika poszczególnych rozwiązań technologicznych będą jedynie konsekwencją określonych wcześniej zasadniczych różnic między nimi.

Teraz, w oparciu o powyższe różnice techniczne, spróbujmy sformułować kilka wniosków, które mogą mieć wpływ na ilość eksploatowanych i budowanych elektrowni PWR:

- Instalacje PWR wykorzystują występującą w dużych ilościach i tanią wodę lekką jako chłodziwo, moderator i nośnik energii
- Przy użyciu 2 obwodów reaktory PWR zawierają wszystkie potencjalnie radioaktywne płyny występujące podczas normalnej pracy w reaktorze. Zmniejsza to ryzyko skażenia radioaktywnego, dzięki czemu turbina jest wolna od produktów rozszczepienia i jest w pełni dostępna. W przypadku elektrowni jądrowych PWR istotna jest wiedza personelu z turbin konwencjonalnych.
- Pręty sterujące w jednostkach PWR umieszcza się na górze zbiornika ciśnieniowego reaktora, podobnie jak w większości innych elektrowni jądrowych. Zatem w przypadku zaniku zasilania można je całkowicie wsunąć grawitacyjnie (argument ten można również zakwestionować, ponieważ moc mechanizmu pneumatycznego wstawiania od dołu będzie bardziej niezawodna w przypadku zatkania).
- Obwód wtórny jest wolny od zanieczyszczeń, więc ciepło kogeneracyjne do wykorzystania w innych gałęziach przemysłu lub ciepłownictwie można pobrać z dowolnej części pętli bez potrzeby stosowania dodatkowego obwodu oddzielającego.

Powyższe wnioski są na tyle dobrymi argumentami, aby uzasadnić największą liczbę obecnie eksploatowanych jednostek PWR, jednak wątpliwe by były

wystarczające, aby uzasadnić zwiększenie współczynnika budowy PWR i prawie brak konkurencji w liczbie przyszłych planowanych jednostek. Patrząc na 3 ważne awarie w historii energetyki jądrowej, nie można zastosować jednoznacznego wzorca. Wypadek w Three Mile Island, który miał miejsce 45 lat temu, dotyczył PWR, katastrofa w Czarnobylu, która miała miejsce 38 lat temu, dotyczyła reaktora wrzącej wody z dodatkiem grafitu, a ostatnia awaria w Fukushima dotyczyła BWR.

Fakt, że Fukushima była najnowszym wydarzeniem, może mieć wpływ na odczucia ogółu społeczeństwa dotyczące tej technologii, ale w rzeczywistości największy wpływ ma praktyka operacyjna. Reaktory PWR są najczęściej stosowaną technologią na świecie. Oznacza to, że mają największe doświadczenie operacyjne i wyciągnięte wnioski, aby zakwalifikować tę technologię jako najbardziej dojrzałą. Zwiększając się współczynnik budowanych jednostek tylko potwierdza tę tendencję poszerzającą i tak już dużą grupę dostawców, doświadczonych wykonawców i producentów komponentów. W związku z tym technologia PWR jawi się jako świetna opcja dla nowych elektrowni jądrowych, szczególnie w nowych krajach, takich jak Polska, nieposiadających doświadczenia w energetyce jądrowej. Nie zapominajmy o doświadczeniach z budowy ostatnio budowanych obiektów PWR, takich jak Olkiluoto 3, gdzie największą grupę pracowników zagranicznych stanowili Polacy.

Podsumowując, technologia PWR ma wszelkie atuty, aby być i pozostać liderem w energetyce jądrowej, zwłaszcza jeśli na horyzoncie nie widać żadnych przełomowych odkryć w dziedzinie energetyki. Nowe technologie nuklearne i zmiany w zastosowaniach energetyki jądrowej mają ogromny potencjał. Jednakże, dopóki nie zapewnią one naprawdę znaczącej redukcji kosztów i korzyści w zakresie niezawodności, będą musiały poczekać, aby najpierw udowodnić swoją wartość, przez kilka dekad eksploatacji.

Katarzyna Zasadni, Senior Lead Engineer, Pallas reactor, Netherlands

Korzyści z budowy Rolls-Royce SMR w województwie świętokrzyskim

Wszelkie prognozy dotyczące liczby ludności Polski, przewidują spadek populacji nawet do 30,4 mln osób w 2060 r.¹ Największa relatywna depopulacja nastąpi w województwie świętokrzyskim. Analizy pokazują, iż w przeciągu następnych 11 lat liczba ludności tylko miasta Kielce zmniejszy się o blisko 27 000 osób². Niestety będzie to odpływ osób głównie w wieku produkcyjnym 25-45 lat. Jednym z powodów tego jest fakt, iż województwo świętokrzyskie charakteryzuje się jednym z najniższych w Polsce wskaźników innowacyjności gospodarki. Niskie nakłady na działalność badawczo-rozwojową, prowadzą do małej ilości przedsiębiorstw innowacyjnych. Wszystko to przekłada się na jeden z najniższych wskaźników konkurencyjności regionu w skali europejskiej. W 2022 r. było to 187 miejsce spośród 235 regionów Unii Europejskiej³. Co zrobić zatem, aby zatrzymać niebezpieczny trend depopulacji regionu, a także pobudzić jego rozwój.



**Sławomir
Malara**



Odpowiedzią jest industrializacja województwa świętokrzyskiego. Zlokalizowanie tutaj dużych fabryk i przedsiębiorstw będzie zapewnieniem miejsc pracy, a zatem magnesem nie tylko do pozostania, ale także do migracji na tutejszy obszar. Nie ma „silnego” przemysłu bez inwestycji w działalność badawczo-rozwojową, zatem industrializacja zapewni również wzrost nakładów na ten sektor. Jednak, aby do niej doszło, potrzebny jest czynnik, który przyciągnie inwestorów. Stabilne, niezawodne, niskoemisyjne źródło energii elektrycznej oraz ciepłej wraz z możliwością produkcji wodoru, a zatem SMR (mały modułowy reaktor) jest właśnie takim magnesem.

Zbudowanie na terenie województwa świętokrzyskiego jednostek SMR w technologii Rolls-Royce SMR to nie tylko

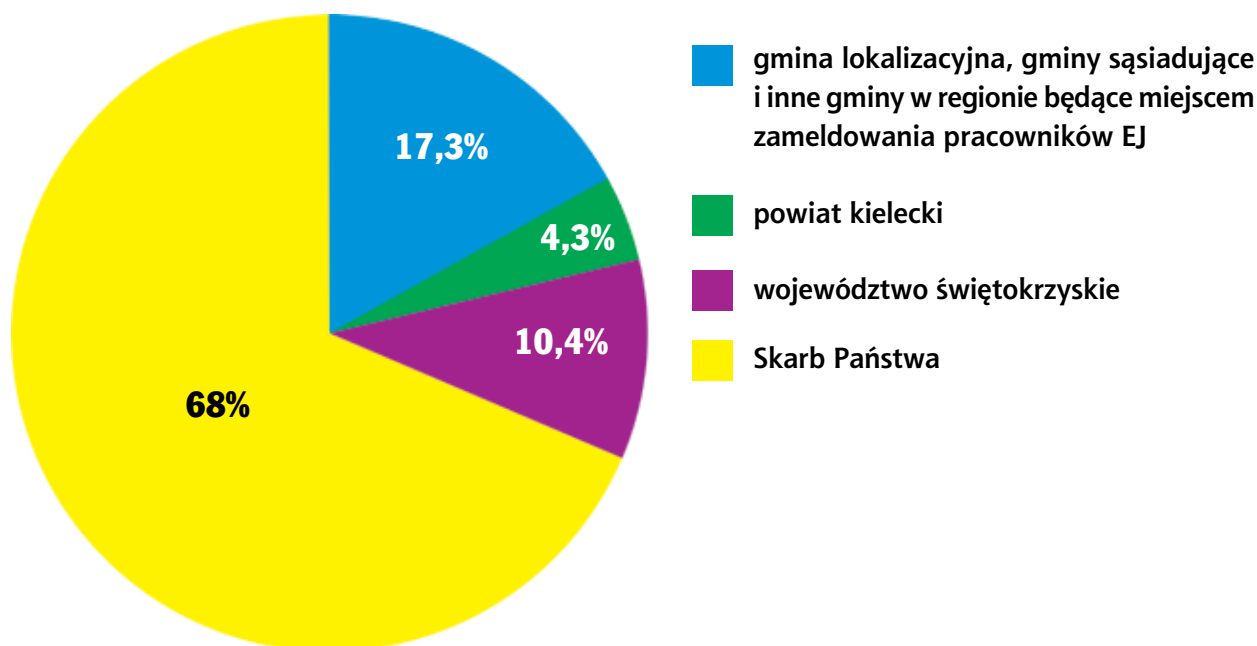
szansa na rozwój przemysłu, ale również wiele innych korzyści. Pierwszą podstawową są dochody z tytułu podatków. Posiadane szacunkowe dane pozwalają określić, że bezpośrednie wpływy podatkowe na etapie eksploatacji SMR (dwie jednostki) będą wynosić około 100 mln złotych rocznie, należy pamiętać, iż okres eksploatacji to minimum 60 lat. Suma ta obejmuje zakładane wpływy z tytułu podatku PIT pracowników, podatku CIT oraz podatku od nieruchomości. Dochody te będą dystrybuowane wg następującego klucza:

- gmina lokalizacyjna, gminy sąsiadujące i inne gminy w regionie będące miejscem zameldowania pracowników EJ: **17,3%**
- powiat kielecki: **4,3%**
- województwo świętokrzyskie: **10,4%**
- Skarb Państwa: **68%**.

Jak przedstawiono powyżej, tylko do gminy lokalizacyjnej oraz gmin ościennych co roku, przez kolejne minimum 60 lat trafiać będzie ponad 17 mln złotych rocznie. Natomiast całkowite wpływy dla województwa, powiatu oraz gmin to ok. 32 mln złotych rocznie, również przez minimum kolejnych 60 lat.

Wzrost przychodów podatkowych do budżetu gminnego, a także budżetów wszystkich poziomów jednostek samorządu terytorialnego spowoduje, że władze te zaspokoją swoje potrzeby wydatkowe i będą mogły aktywniej stymulować nowe inwestycje oraz aktywność gospodarczą (m.in. poprzez finansowanie koniecznej infrastruktury, zagospodarowanie terenów potrzebnych na inwestycje czy szkolenia zawodowe). Wpływy te nie będą jednorazowe, a przez cały okres eksploatacji elektrowni, co stanowi olbrzymią szansę na stabilny, planowy rozwój całego regionu.

Kolejną korzyścią związana z budową SMR są procesy migracyjne związane z potrzebą zapewnienia rozbudowanych



Wykres 1. Dystrybucja dochodów z tytułu podatku PIT pracowników, podatku CIT oraz podatku od nieruchomości

Tabela 1. Szacunkowa liczba pracowników przy realizacji Przedsięwzięcia oraz znaczenie procesów napływowych

	<i>Liczba pracowników</i>	<i>Możliwy udział pracowników napływowych</i>	<i>Charakter osiedlenia</i>
ETAP BUDOWLANY	1000	(60-80%*)	Przeważnie tymczasowy
ETAP EKSPLOATACYJNY	~ 600	(50-60%*)	Stały , potencjalnie osiedlenia wraz z rodzinami

kadr. Budowa oraz rozruch małej modułowej elektrowni jądrowej w technologii Rolls-Royce SMR to około 4-5 lat, do tego okresu należy zaliczyć dodatkowo prace przygotowawcze na terenie elektrowni trwające około 2 lat. Równolegle prowadzone będą prace związane z infrastrukturą towarzyszącą. Zakłada się, że dla jednej jednostki w czasie budowy otrzyma posadę ok. 500 osób, natomiast w trakcie eksploatacji około 300 pracowników. Przy założeniu budowy dwóch jednostek, a także na podstawie doświadczeń z innych obiektów energetyki jądrowej (Hinkley Point C, Sizewell B oraz Flamanville-3) można założyć, że procentowy udział pracowników napływowych będzie wynosił 60-80% w etapie budowy oraz 50-60% w etapie eksploatacyjnym.

Na obecnym etapie nie jest jeszcze możliwe określenie szczegółowej strategii zatrudnienia siły roboczej i kadr, w tym dokładnego udziału pracowników lokalnych w strukturze zatrudnienia. Mimo to jednak, można założyć, że budowa jednostek SMR będzie prowadzić do stałego osiedlenia setek osób, z czego często wraz z rodzinami. Będzie to szczególnie korzystne w kontekście demografii województwa świętokrzyskiego.

Zatrudnienie pracowników w etapach budowy oraz eksploatacji wiąże się z pobudzeniem lokalnej gospodarki oraz sektora usług. Na podstawie analiz innych projektów energetyki jądrowej w tym m.in. Sizewell B oraz Flamanville-3 zakłada się, że:

- Lokalni dostawcy z regionu mogą realizować zamówienia odpowiadają-

jące nawet 2-4% wartości nakładów konstrukcyjnych na miejscu budowy⁴. Ze względu na modułowy charakter Rolls-Royce SMR, współczynnik ten może być niższy niż w ww. projektach EJ z Francji i Wielkiej Brytanii, niemniej jednak, jeśli zostanie on nawet na poziomie 1%, będzie to oznaczało zamówienia w regionie liczone w milionach złotych.

- Zostaną stworzone nowe miejsca pracy, ok. 300 dodatkowych poza samą elektrownią. Związane są one z pobudzeniem lokalnej gospodarki i sektora usług wskutek napływu pracowników do realizacji budowy i eksploatacji obiektu. Zgodnie z danymi, tzw. „pośrednio tworzone miejsca pracy” mogą odpowiadać nawet 60% ilości stanowisk potrzebnych w trakcie eksploatacji elektrowni⁵.



fot. Patryk Pałk Photography

- Pracownicy napływowi (zarówno na etapie budowy, jak i eksploatacji) będą wydawać dużą część swoich zarobków lokalnie (m. in. na zakwaterowanie, media, żywienie czy usługi itp.). Biorąc pod uwagę zarówno skalę spodziewanych procesów osiedleńczych (setki osób, często wraz z rodzinami) oraz ich znacznie wyższe zarobki niż średnia krajowa, będzie to miało istotny pozytywny wpływ na lokalną gospodarkę.
- Każdy reaktor Rolls-Royce SMR, podobnie jak inne obiekty energetyki jądrowej będzie wymagał przestoju technicznego na przeładunek paliwa oraz konserwację. Zwyczajowo jest to raz na 18 lub 24 miesiące i trwa około 9-25 dni. W okresach tych na miejscu EJ będą zatrudniani bardzo duże ilości pracowników – Międzynarodowa Agencja Energii Atomowej⁶ sugeruje zatrudnienie nawet 1200 osób na czasu przestoju. Znajduje to potwierdzenie w praktyce branżowej – przykładowo EDF

Energy zakłada 1000 osób dla przestojów Hinkley Point C⁷. Tak olbrzymia liczba osób będzie przez czas swojego pobytu generowała bardzo znaczący wzrost popytu na usługi w regionie.

Przedstawione dane nabierają znaczenia, jeśli odniesiemy je do województwa świętokrzyskiego, a w szczególności do powiatu kieleckiego. Stworzenie łącznie pośrednio i bezpośrednio około 800 miejsc pracy przez okres 60 lat eksploatacji elektrowni, znacznie zredukuje liczbę bezrobotnych, a także będzie miało istotny wpływ na przychody lokalnej społeczności. Dla porównania w ujęciu bezwzględnym, liczba bezrobotnych w powiecie kieleckim oraz mieście Kielce w lipcu 2023 r. wynosiła 8,5 tys. Nowe miejsca pracy przy założeniu przedstawionym w tabeli 1, pozwolą ten współczynnik zredukować o ponad 6%.

Posadowienie jednostek Rolls-Royce SMR będzie wiązało się również z budową, bądź rozbudową dodatkowej infrastruktury

ry towarzyszącej, takiej jak infrastruktura transportowa, elektroenergetyczna czy sanitarna. Skala koniecznych do zrealizowania przedsięwzięć jest ściśle związana z końcową lokalizacją obiektu tj. z jego oddaleniem od istniejącej infrastruktury. Technologia Rolls-Royce SMR jest w pełni dostosowana do transportu wszystkich podzespołów potrzebnych do budowy elektrowni drogą kołową. Co potwierdza tylko fakt, że budowa elektrowni z pewnością przyczyni się do realizacji lokalnych inwestycji drogowych.

Musi zostać zapewniony odpowiedni szlak komunikacyjny zarówno dla transportu ciężkiego na etapie konstrukcyjnym, jak i dla przyszłych pracowników elektrowni. Modernizacje dodatkowo przyniosą udogodnienia dla lokalnych mieszkańców, takie jak drogi rowerowe, chodniki dla pieszych czy też przystanki autobusowe. Wiąże się to również z rozbudowaną sieci transportowej pomiędzy docelową lokalizacją, a dużymi miastami

np. Kielcami. W zależności od umiejscowienia może być to nie tylko rozbudowa sieci transportu drogowego, ale również kolejowego, co będzie swoistą korzyścią dla okolicznych mieszkańców.

Inwestycja będzie także wymagać rozbudowy lokalnej infrastruktury elektroenergetycznej, z uwagi na konieczność powstania linii należących do sieci najwyższych napięć oraz sieci wysokiego napięcia, a także budowy stacji elektroenergetycznych w bezpośredniej bliskości granic lokalizacji. Wszystko to umożliwi wprowadzenie energii elektrycznej wyprodukowanej z SMR do Krajowego Systemu Elektroenergetycznego. Dokonanie niezbędnych inwestycji będzie korzystne dla regionu z uwagi na impuls do modernizacji istniejących lub budowę nowych sieci elektroenergetycznych, a także stacji elektroenergetycznych. Wszystko to spowoduje poprawę dostępności sieci dla potencjalnych obiektów przemysłowych i usługowych, a zatem region stanie się dostosowany do potrzeb energochłonnego przemysłu.

Adekwatnie do rozbudowy infrastruktury transportowej i elektroenergetycznej również ta sanitarna musi zostać dostosowana do potrzeb budowy elektrowni. Podobnie jak we wcześniejszych przykładach poprawi to warunków życia lokalnych mieszkańców. Nie należy zapominać, iż inwestycja jaką jest budowa jednostek SMR wpłynie znacząco na wzrost aktywności gospodarczej w regionie. Napływ pracowników wymusi

inwestycje w mieszkalnictwo, branżę hotelarską, gastronomiczną oraz usługową.

Realizacja inwestycji w budowę elektrowni jądrowej wiąże się z bardzo znaczącymi wyzwaniem kadrowym na każdym etapie przedsięwzięcia - od okresu przygotowawczo-pozwoleńowego, przez budowę, aż po eksploatację reaktorów. Jednym ze środków w kierunku zapewnienia odpowiedniej gotowości inwestora w tym zakresie jest współpraca z ośrodkami uniwersyteckimi i szkolnymi oraz nadzorującymi je organami państwowymi.

W regionie funkcjonują jedynie dwie uczelnie publiczne (Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach i Politechnika Świętokrzyska w Kielcach) oraz 10 uczelni niepublicznych. Łącznie uczelnie i ich filie znajdują się w 6 miastach regionu, przy czym w Kielcach studiuje ok. 90% wszystkich studentów w województwie⁸. Współpraca z kieleckimi uczelniami w celu uruchomienia dedykowanych kierunków nauczania (lub przynajmniej specjalizacji) pod kątem zatrudnienia w planowanej elektrowni pozwoliłaby zwiększyć atrakcyjność a także zainteresowanie tymi ośrodkami naukowymi. Według danych GUS (stan na koniec 2022 r.), w woj. świętokrzyskim studiowało zaledwie 21,6 tys. osób (1,8% liczby studentów w kraju), co stanowi trzeci najniższy wynik spośród wszystkich województw (mniej studentów kształci się jedynie w woj. lubuskim i opolskim)⁹. Jednocześnie problemem pozostaje też ubytek studentów

i związana z tym presja na zamykanie uczelni. Dla porównania, w 2008 r. w województwie funkcjonowało o 25% więcej uczelni (15), a liczba studentów była ponad dwukrotnie większa¹⁰. Powstanie stabilnych i wysokopłatnych miejsc pracy w bezpośrednim sąsiedztwie uczelni, które kształcą w tych kierunkach z pewnością zachęci przyszłych studentów do wyboru tych ośrodków akademickich.

Opisane powyżej korzyści są niezwykle istotne z punktu widzenia przyszłości województwa świętokrzyskiego. Jednak to nie koniec benefitów związanych z budową i eksploatacją elektrowni jądrowej w technologii Rolls-Royce SMR. Należy pamiętać, że budowa jednostek SMR stanie się kółem zamachowym dla rozwoju przemysłu w regionie. Zapewnienie czystej, stabilnej i niezawodnej energii elektrycznej oraz ciepłej przy równoczesnej możliwości produkcji wodoru będzie stanowić magnes przyciągający polskich jak i zagranicznych inwestorów. W bezpośrednim sąsiedztwie elektrowni powstanie specjalna strefa ekonomiczna, a fabryki i przedsiębiorstwa będą mogły wykorzystywać bezpośrednio produkowaną energię. Zatem budowa stabilnego i bezemisyjnego źródła energii, jakim jest SMR, staje się remedium na niebezpieczny trend depopulacyjny w województwie świętokrzyskim, a także niezwykle szansą pobudzenia regionu.

Sławomir Malara, Zastępca Dyrektora
Programu SMR

Bibliografia

1. <https://forsal.pl/gospodarka/demografia/artykuly/9287989,ilu-osob-bedzie-mieszkac-w-polsce-do-2060-roku-gus-podal-porgonze.html>
2. <https://businessinsider.com.pl/wiadomosci/ranking-najlepszych-miast-do-zycia-w-polsce-to-o-wynikach-mysla-mieszkancy/p5fbns0>
3. https://ec.europa.eu/regional_policy/assets/regional-competitiveness/index.html#/
4. https://infrastructure.planninginspectorate.gov.uk/wp-content/ipc/uploads/projects/EN010012/EN010012-001815-SZC_Bk6_ES_V2_Ch9_Socio-economics.pdf
5. [https://infrastructure.planninginspectorate.gov.uk/wp-content/ipc/uploads/projects/EN010102/EN010102-000078-HPCMC1%20-%20Scoping%20Report%20\(App%20C%20Landscape%201%20of%205%20-%20Original%20ES%20Volume%202\).pdf](https://infrastructure.planninginspectorate.gov.uk/wp-content/ipc/uploads/projects/EN010102/EN010102-000078-HPCMC1%20-%20Scoping%20Report%20(App%20C%20Landscape%201%20of%205%20-%20Original%20ES%20Volume%202).pdf)
6. https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te_1315_web.pdf
7. [https://infrastructure.planninginspectorate.gov.uk/wp-content/ipc/uploads/projects/EN010102/EN010102-000078-HPCMC1%20-%20Scoping%20Report%20\(App%20C%20Landscape%201%20of%205%20-%20Original%20ES%20Volume%202\).pdf](https://infrastructure.planninginspectorate.gov.uk/wp-content/ipc/uploads/projects/EN010102/EN010102-000078-HPCMC1%20-%20Scoping%20Report%20(App%20C%20Landscape%201%20of%205%20-%20Original%20ES%20Volume%202).pdf)
8. <https://www.swietokrzyskie.pro/file/2021/03/Zalacznik-I-do-projektu-SRWS---Diagnoza-sytuacji-spoeczno-gospodarczej.pdf>
9. https://stat.gov.pl/files/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5488/8/9/1/szkolnictwo_wyzsze_w_roku_akademickim_2022-2023_-_wyniki_wstepne.pdf
10. <https://www.swietokrzyskie.pro/file/2021/03/Zalacznik-I-do-projektu-SRWS---Diagnoza-sytuacji-spoeczno-gospodarczej.pdf>

Wywiad z Wójtem gminy Choczewo – rozmawia Aleksandra Niemczyk

Wskazanie korzyści w gminie oraz przedstawienie jak wygląda proces, PEJ

Pierwsza w Polsce elektrownia jądrowa ma powstać w gminie Choczewo – w lokalizacji Lubiatowo-Kopalino. O inwestycji i jej znaczeniu dla lokalnego środowiska rozmawiamy z Wiesławem Gębka – wójtem gminy Choczewo.



Wiesław Gębka



Czy wierzy Pan, że dzięki tej inwestycji gmina Choczewo stanie się jedną z najbogatszych w Polsce?

Na pewno, gdy skończą te inwestycje, będziemy zamożną gminą.

Czy jest pan przekonany do tej inwestycji i czy cieszy się Pan, że na lokalizację elektrowni wybrano akurat Pana Gminę?

Nie wiem, czy się cieszyć, czy nie. To piękna gmina, ale ta inwestycja ją zdewastuje. Z drugiej strony da ogromne perspektywy. To nie jest łatwe. Gdy powstanie elektrownia, będzie na pewno inaczej.

Co zdecydowało o tym, że ostatecznie wybrano na lokalizację elektrowni Choczewo?

Wiadomo, że najtańsze elektrownie są nad morzem, dlatego wybrano te lokalizacje, bo nie było żadnych, innych lepszych w tym rejonie. Patrzy się też w takich sytuacjach na liczbę mieszkańców, na zaludnienie i na akceptację społeczną.

U nas, w Żarnowcu była już budowana elektrownia i akceptacja społeczeństwa dla takich inwestycji jest, bo ludzie pamiętają te „zamożne czasy”, gdy budowano tamtą elektrownię, która ostatecznie nie powstała. To są najważniejsze argumenty: akceptacja społeczeństwa i położenie nad morzem.

Budowa elektrowni potrwa około 10 lat. Na ile wpłynie to Pana zdaniem na lokalny rynek pracy i jak?

W fazie początkowej będzie potrzebnych najwięcej zbrojarzy, betoniarzy – u nas takiej liczby pracowników nie ma, może być nawet trudno, aby zebrać fachowców w całej Polsce - tak by nie zakłócić wielu projektów. Więc będzie na pewno wielu przyjezdnych pracowników z całego świata.

W tej chwili, są budowane u nas stacje wiatrowe - to następna wielka inwestycja, która zagwarantuje taką samą ilość wyprodukowanego prądu co atomówka. Więc mamy dwie takie duże inwestycje.

Jeżeli chodzi o aspekt gospodarczy: na pewno to będzie dla nas czas wielkich zmian i ludzie będą żyli dzięki temu „bogato”.

Jak ta inwestycja przełoży się na średnie miejsca pracy, rozwój takich branżach, jak: handel, gastronomia, baza noclegowa?

O bazę noclegową walczymy. To jest duży „tort” i każdy chciałby tutaj „złapać” kawałek, a my uważamy, że to się nam należy.

Tak samo te 10 do 12 tysięcy pracowników, trzeba będzie wykarmić – firmy z pewnością zagwarantują im obiady. Chcielibyśmy zbudować dużą kuchnię i gotować dla tych wszystkich osób. Na pewno będziemy zabiegać o to, aby było to nasze zadanie i dało nam jakby „kompensatę” za zniszczenie gminy i przekształcenie ją w gminę przemysłową. Trzeba pamiętać, że te dwie wielkie inwestycje (przyp.: elektrownia jądrowa, stacje wiatrakowe) powodują, że nasza, mała gmina będzie produkować 30 procent zapotrzebowania dla całego kraju.

Czy jest Pan w stanie wskazać, ile osób w sumie zostanie zaangażowanych w budowę elektrowni?

Nasze firmy mogą być podwykonawcami albo mogą przekazać pracowników,

o co walczymy przy każdej inwestycji. Nie umiem określić o jakiej skali zatrudnienia mówimy, ale nie chodzi tylko o pracowników z naszej gminy, ale o osoby z całego województwa i z Polski.

Jak duży teren zostanie przeznaczony pod elektrownię?

Na potrzeby samej elektrowni będzie przekazane około 150- 190 hektarów, a wyciętych ma być 330 – 335 hektarów lasu. Po wybudowaniu obiektu, część terenu zostanie ponownie zalesiona. Bo plac budowy, wymaga stworzenia miejsca do składowania i na inne rzeczy, dlatego w czasie budowy będzie na ten cel przekazany większy teren, a po wybudowaniu elektrowni mniejszy.

A na ile zmieni się infrastruktura drogowa, kolejowa? Czy jest przewidziana budowa nowych dróg, linii kolejowych?

Na pewno Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad już projektuje drogę przez łączycę z placu budowy. Jeżeli chodzi o kolej - jest parę punktów spornych, ale PKP też robi swoją koncepcję. O ile z Generalną Dyrekcją doszliśmy do porozumienia, tak pozostałe drogi są bardzo problematyczne, niektóre nie są przygotowane na taki duży ruch. **Dramat** będzie na „wewnętrznych” drogach, które zostaną zdemolowane. Proponowaliśmy stworzenie funduszu, aby po wybudowaniu elektrowni, udało się to poprawić - to będą tego typu problemy i to nie będzie łatwe. Dlatego chcemy stworzyć specjalny fundusz, aby rząd zagwarantował środki na remonty **po zdewastowaniu** tych dróg.

Najbardziej wymierną korzyścią, będą podatki odprowadzane do lokalnego budżetu, jakiego rzędu mogą być to kwoty?

Przy inwestycjach energetycznych ciężko się zorientować, bo niektóre rzeczy nie podlegają opodatkowaniu.

Myślę, że inwestycja będzie kosztowała około 150 miliardów: 1 procent zostaje dla gminy, 1 procent dla gmin sąsiednich – tak jest w ustawie, część podatku

trzeba będzie oddać, ale na pewno będą to wielkie pieniądze.

Byliśmy w podobnych gminach na zachodzie. W październiku zostają im jeszcze miliony euro - mają problem jak to wydawać. Chcielibyśmy przejąć też wody z chłodzenia na ogrzewanie. Zaproponowaliśmy, żeby pomyśleć o tym w projekcie, tak aby zbudować sieć grzewczą na terenie gminy, albo nawet dalej i nie trzeba by było pompować wody do Bałtyku, bo byśmy ją w ten sposób wykorzystali.

„ U nas, w Żarnowcu była już budowana elektrownia i akceptacja społeczeństwa dla takich inwestycji jest, bo ludzie pamiętają te „zamożne czasy”, gdy budowano tamtą elektrownię, która ostatecznie nie powstała. To są najważniejsze argumenty: akceptacja społeczeństwa i położenie nad morzem.

W odróżnieniu od powszechnie stosowanych nieodnawialnych źródeł, wytwarzanie energii jądrowej odbywa się przy niemal całkowitym braku emisji szkodliwych zanieczyszczeń, takich jak dwutlenek węgla czy inne gazy, do atmosfery. W odróżnieniu od np. energii wiatrowej elektrownia jądrowa wytwarza mniej hałasu, dzięki czemu jest mniej uciążliwa dla mieszkańców obszarów znajdujących się w jej bezpośrednim sąsiedztwie. Jakie jeszcze plusesy środowiskowe może Pan wskazać?

Na pewno jest nieporównywalnie atrakcyjniejsza dla wszystkich i dla środowiska **też**. Nic lepszego nie wymyślono. Najważniejsze jest to, że można łatwo tym sterować, bo wiatrakami nie można **sterować**. Elektrownia jądrowa na pewno ma wiele zalet, oprócz tego, że jej największą wadą jest to, że jest wielka i **brzydka**.

Nie obawia się Pan skażenia, w przypadku awarii takiej elektrowni?

Jeżeli byłyby gdzieś jakieś awarie, to byłyby one drobne, byłyby konsekwencją błędów konstrukcyjnych albo głupota tych którzy robili eksperymenty. Trzeba pamiętać, że sprawa techniczna jest tu najważniejsza.

Po katastrofie elektrowni jądrowej w Fukushima, już nikt nie robi eksperymentów, wyciągnięto wnioski, aby człowiek tym nie stertował, wypracowano automatyczne bezpieczeństwo. Dołożono pod reaktorem drugi zbiornik, który wyłączy wszystko w odpowiednim czasie, nie wystąpi reakcja łańcuchowa i nie dojdzie do wybuchu.

Naukowcy wyciągnęli wnioski, dlatego nie obawiam się tego.

W jaki sposób na terenie gminy zostanie rozwiązany problem niebezpiecznych odpadów, które będą powstawały w tej elektrowni?

W takim samym sposób, jak w każdej innej elektrowni. Na miejscu będzie to składowane, a po latach będzie przewożone do specjalnie stworzonych składowisk.

Będą przygotowane zbiorniki na odpady, które będą tu „przechekiwały” do momentu przewiezienia. Takie miejsca są w całej Europie: Finlandii, Szwecji i bez problemu można będzie tam je składować, ale myślę, że u nas też wcześniej czy później takie składowiska powstaną, bo ktoś będzie zainteresowany, żeby na tym zarobić.

Na jakim etapie jest aktualnie cała inwestycja?

Na razie musi zostać przygotowana infrastruktura techniczna, czyli drogowa i kolejowa no i molo, żeby przyjmować duże gabaryty.

W tej chwili, wycinany jest pod badania do projektu - las, na działkach na obszarze 20 – 30 hektarów.

Do końca 2026 roku miał być zbudowany kawałek drogi do drogi wojewódzkiej, przez Generalną Dyrekcję Dróg Krajowych i Autostrad, **no i kolej** z Wejherowa do Łeby, z Łęborka do Łeby. Ma być to taka pętla. **Zobaczymy – ale wiadomo, że w tym momencie jest już rok czy dwa opóźnienia.**

Dziękuję za rozmowę.

CENTRALNA DOLINA
WODOROWA



www.industria.eu

” przeszłość
ZOBOWIĄZUJE
PRZYSZŁOŚĆ
mówi

OD 150 LAT Z WAMI



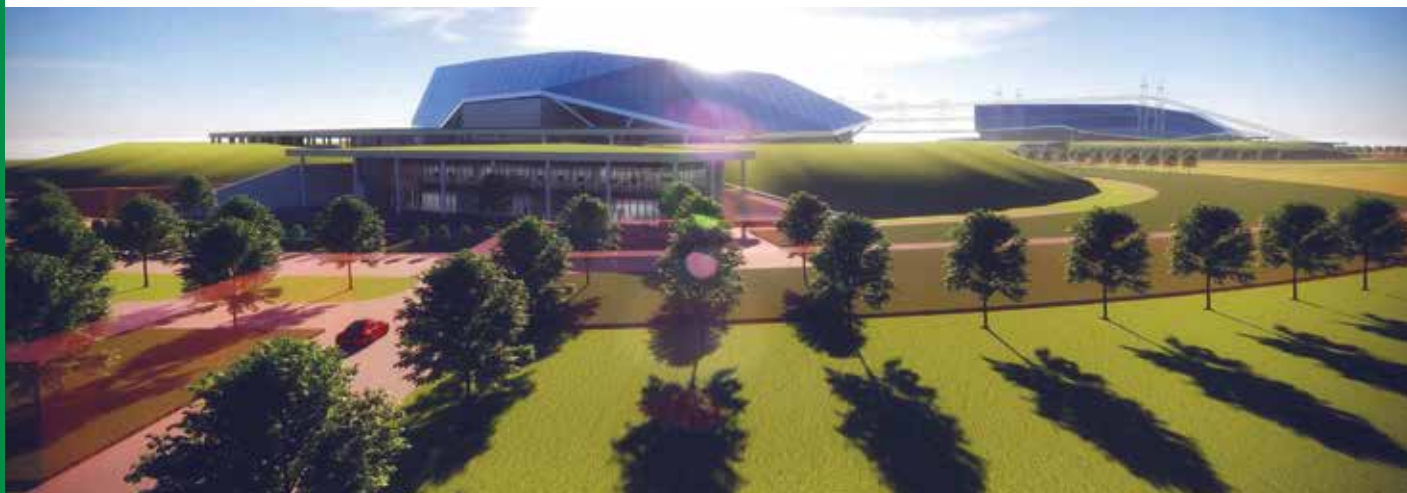
Świętokrzyskie
Kopalnie Surowców
Mineralnych

INDUSTRIA
Nawozy

INDUSTRIA
Zielona Energia

INDUSTRIA
Logistyka

DOŁĄCZ DO CENTRALNEJ DOLINY WODOROWEJ



Członkowie Doliny

Przedsiębiorstwa



47

Jednostki samorządu terytorialnego



19

Jednostki naukowo-badawcze i uczelnie



5

Cele



Tworzenie odpowiedniej wielkości zaplecza zeroemisyjnych źródeł energii dla zaspokojenia zapotrzebowania na energię i wodór ze strony Uczestników, przy czym celem Klastra jest osiągnięcie produkcji na poziomie 4TWh rocznie w roku 2030



Produkcja wodoru z zeroemisyjnych źródeł energii oraz dostępnych zasobów wody np. pochodzących z odwodnienia zakładów górniczych, przy czym celem Klastra jest osiągnięcie produkcji na poziomie 50.000 ton zielonego wodoru rocznie w roku 2030



Wspieranie instalacji urządzeń do produkcji wodoru służących zaspokojeniu potrzeb zamaszynowania, logistyki oraz magazynowania energii



Tworzenie instalacji do magazynowania, dystrybucji i tankowania wodoru, jak również parków maszyn oraz floty samochodowej napędzanych wodorem