

POSTĘPY TECHNIKI JĄDROWEJ

VOL. 64 Z. 1 ISSN 0551-6846 WARSZAWA 2021



**Instytut Fizyki Jądrowej
im. Henryka Niewodniczańskiego
Polskiej Akademii Nauk**

czytaj na str. 2, (fot. ze zbioru IFJ)

1-2021

INSTYTUT CHEMII I TECHNIKI JĄDROWEJ
POLSKIE TOWARZYSTWO NUKLEONICZNE

SPIS TREŚCI NR 1/2021

ROZMOWA Z PROF. TADEUSZEM LESIAKIEM – DYREKTOREM NACZELNYM INSTYTUTU FIZYKI JĄDROWEJ PAN IM H. NIEWODNICZAŃSKIEGO Małgorzata Nowina Konopka	2
ENERGETYKA JĄDROWA NA ŚWIECIE I W POLSCE W 2020 ROKU Andrzej Mikulski	7
PRACA REAKTORA BADAWCZEGO MARIA W 2020 ROKU Piotr Witkowski.....	17
LEKCJE DLA POLSKI Z NIEMIECKIEJ TRANSFORMACJI ENERGETYCZNEJ "ENERGIEWENDE" Andrzej Strupczewski	23
AMERYKAŃSKI MODEL SPÓŁDZIELNI ENERGETYCZNYCH Łukasz Sawicki	29
WIADOMOŚCI Z KRAJU	37
WIADOMOŚCI ZE ŚWIATA.....	42
WYDARZENIA.....	45
INFORMACJE O KSIĄŻKACH KOSMOS W NASZYM DOMU Wiktor Niedzicki	54
PAN RACZY ŻARTOWAĆ PANIE FEYNMAN PRZYPADKI CIEKAWEGO CZŁOWIEKA Richard P. Feynman.....	55
FELIETON MIĘDZY SCYLLĄ PROGNOZOWANIA A CHARYBDĄ POŻĄDANIA, CZYLI AUTORYTETÓW SŁALOM Z PRZESZKODAMI Marek Bielski	56
LISTY DO REDAKCJI.....	59



Kwartalnik naukowo-informacyjny
Postępy Techniki Jądrowej

Wydawca:
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej
ul. Dorodna 16, 03-195 Warszawa,

Kontakt Telefoniczny:
Tel. 22 504 12 48
Fax.: 22 811 15 32

Redaktor naczelny:
Stanisław Latek
S.Latek@ichtj.waw.pl

Komitet redakcyjny:
Wojciech Głuszewski
Marek Rabiński
Łukasz Sawicki
Elżbieta Zalewska

Współpracują z nami:
Andrzej Mikulski
Małgorzata Nowina-Konopka
Małgorzata Sobieszczak-Marciniak

Redakcja:
PTJ-redakcja@ichtj.waw.pl

Adres strony internetowej PTJ:
<http://ptj.waw.pl>

Opracowanie graficzne:
Daniel Jaskóła (Agencja Reklamowa TOP)

Zastrzegamy sobie prawo skracania i adjustacji
tekstów oraz zmian tytułów.

Recenzowanie artykułów
Większość manuskryptów przesyłana jest do recenzowania
przez 1-2 ekspertów z dziedziny, której dotyczy artykuł. Na
podstawie opinii recenzentów artykuły są akceptowane do
druku, kierowane do poprawy, lub odrzucane.

Prenumerata
Zamówienia na prenumeratę kwartalnika
POSTĘPY TECHNIKI JĄDROWEJ
należy składać na adres redakcji jak wyżej.
Wpłaty proszę przekazać na konto:
Bank Pekao SA,
45 1240 3480 1111 0000 4278 2935
Koszt prenumeraty rocznej
(4 zeszyty łącznie z kosztami przesyłki) wynosi 52 zł.
Składając zamówienie należy podać adres osoby
lub instytucji zamawiającej, na który
ma być przesłane czasopismo oraz numer NIP.

Skład i druk:
Agencja Reklamowa TOP,
ul. Toruńska 148, 87-800 Włocławek

Szانونi Państwo

Jest rok 2021. **Rozpoczynamy 10. rok wydawania naszego czasopisma w Instytucie Chemii i Techniki Jądrowej.** Umowa podpisana pomiędzy Państwową Agencją Atomistyki i Instytutem Chemii i Techniki Jądrowej zawiera m.in. następujący zapis: „Państwowa Agencja Atomistyki przekazuje nieodpłatnie, a IChTJ przejmuje prawa i obowiązki wydawcy kwartalnika PTJ oraz prawa do tytułu tego kwartalnika, z dniem 1 lutego 2012 r.” Na wniosek IChTJ dokonane zostały odpowiednie zmiany w rejestrze sądowym dzienników i czasopism. Warto zauważyć, że z powodu zmiany wydawcy, którego siedziba znajduje się na Pradze, zmienił się sąd rejestrujący czasopismo. Jest nim obecnie Sąd Okręgowy Warszawa-Praga. W imieniu Czytelników i Redakcji chciałbym podziękować kierownictwu IChTJ za pełnienie funkcji wydawcy naszego kwartalnika w ostatnich 9. latach. Przypomnijmy, że to ten instytut był także wydawcą PTJ od roku 1993, aż do przejęcia czasopisma przez PAA w roku 2007. Myślę, że decyzja Dyrekcji IChTJ usankcjonowana wspomnianą umową przyniosła wymierne pożytki zarówno dla Instytutu, jak i „Postępów”.

W bieżącym numerze PTJ odnotowujemy inny ważny jubileusz: **60-lecie powstania Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych (KSOP)** znajdującego się w Różanie nad Narwią (90 km od Warszawy). Składowisko, eksploatowane przez Zakład Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych (ZUOP), jest przeznaczone do składowania krótkożyłowych odpadów nisko- i średnioaktywnych oraz okresowego przechowywania odpadów długożyłowych. Z okazji 60-lecia KSOP zaplanowano liczne działania promocyjne w wielu obszarach – m.in. wystawy, webinarium, konferencje. Rocznicę powstania składowiska będzie również poświęcony trzeci tegoroczny numer PTJ. (Więcej na ten temat na stronie 37).

W ostatnim, ubiegłorocznym, numerze naszego czasopisma pisaliśmy o kilku pozytywnych wydarzeniach dotyczących rozwoju energetyki jądrowej w Polsce. Ta pozytywna passa trwa. **Rada Ministrów zatwierdziła „Politykę energetyczną Polski do 2040 r.” „2 lutego 2021 r. to nowa ważna data dla polskiego sektora paliwowo-energetycznego. Po 12 latach od ustanowienia poprzedniej polityki, przyjęto nowy dokument strategiczny, wyznaczający kierunki rozwoju tego sektora” – poinformował minister klimatu i środowiska Michał Kurtyka.**

Jednym z celów PEP2040 jest wdrożenie energetyki jądrowej, począwszy od 2033 r.

Energetyki jądrowej dotyczy kilka artykułów w bieżącym numerze „Postępów”. Dr Andrzej Mikulski jest autorem tekstu pod tytułem: „**Energetyka jądrowa na świecie i w Polsce w 2020 roku**”.

Artykuł przedstawia przegląd dokonań w energetyce jądrowej na świecie w 2020 r. z rozdziałem opisującym, co wydarzyło się w Polsce. Liczba reaktorów na świecie zmalała do 442 bloków, przy czym wyłączono 5 nowych bloków i wyłączono 6 starych bloków. Ogólna ich moc zainstalowana nieznacznie wzrosła do 392,5 GWe. Prowadzone są prace przy budowie 50 bloków jądrowych w krajach posiadających energetykę jądrową. W Polsce prace ruszyły do przodu poprzez przyjęcie przez rząd aktualizacji Programu Polskiej Energetyki Jądrowej (PPEJ) i przygotowanie do podpisania porozumienia o współpracy z USA przy budowie pierwszej elektrowni jądrowej w Polsce. Spółka Synthos Green Energy działała na rzecz budowy małego reaktora modułowego BWRX-300 poprzez przygotowanie wspólnie z amerykańskim koncernem Exelon Generation studium wykonalności i rozpoczęciem dialogu regulacyjnego z PAA.

„**Lekcje dla Polski z niemieckiej transformacji energetycznej**”. Taki jest tytuł artykułu prof. Andrzeja Strupczewskiego. Autor pisze w streszczeniu: „Ogromne koszty finansowania niemieckiej transformacji energetycznej „Energiewende” w 2020 r. przekroczyły nawet oczekiwania zwolenników energetyki wiatrowej i słonecznej, osiągając ponad 30 mld euro rocznie. Ale energetyka wiatrowa nie może zapewnić ciągłości zasilania elektrycznego. Wykresy w artykule pokazują okresy ciszy wiatrowej na lądzie i na morzu, sięgające 120 godzin w morskich farmach wiatrowych i 170 godzin w wiatrakach na lądzie. Dlatego Niemcy muszą uzupełniać produkcję energii elektrycznej, spalając węgiel brunatny i importowany gaz. Nie jest to droga do ochrony środowiska...”.

Łukasz Sawicki – z Departamentu Energii Jądrowej Ministerstwa Klimatu i Środowiska przygotował do PTJ artykuł pod tytułem „**Amerkański model spółdzielni energetycznych**”, w którym przedstawił jedną z metod finansowania projektów

inwestycyjnych w energetyce jądrowej stosowaną w USA. Opisane zostały główne cechy modelu, rozpowszechnienie, przykłady zrealizowanych i realizowanych inwestycji. Dokonano także porównania z podobnym modelem Mankala stosowanym w Finlandii i opisanym przez Autora w poprzednich artykułach w PTJ (4/2019, 1/2019).

Jak co roku publikujemy informację na temat pracy **reaktora badawczego MARIA**. Autorem artykułu jest Piotr Witkowski. Wysokostrumieniowy reaktor badawczy MARIA, eksploatowany w Narodowym Centrum Badań Jądrowych w Świerku, wykorzystywany jest do produkcji radioizotopów oraz do prowadzenia badań z wykorzystaniem wiązek neutronów. W 2020 r. z powodu pandemii COVID-19 ograniczono działalność edukacyjną NCBJ. Sytuacja epidemiczna nie wpłynęła na pracę reaktora, jedynie z powodu ograniczeń w pracy szpitali można zauważyć zmniejszone zapotrzebowanie na izotopy promieniotwórcze. Podsumowując, należy stwierdzić, że praca reaktora w 2020 r. przebiegała bez większych zakłóceń, potwierdzając jego dobrą dyspozycyjność oraz spełnianie warunków bezpiecznej eksploatacji.

Artykułową część niniejszego numeru otwiera **zapis rozmowy/wywiadu, jaki przeprowadziła nasza współpracowniczka z Krakowa dr Małgorzata Nowina Konopka z nowym Dyrektorem Instytutu Fizyki Jądrowej prof. Tadeuszem Lesiakiem.**

A oto pierwsze pytanie do Pana Dyrektora: „Stanowisko dyrektora szacownego Instytutu z ponad 60-letnią tradycją to zaszczyt, ale przede wszystkim ogromne wyzwanie logistyczne, organizacyjne, odpowiedzialność za naukę, finanse, ludzi, aparaturę... A na samym wstępie problem z organizacją pracy w czasie pandemii koronawirusa. Jakie emocje Ci towarzyszyły tuż po wygranych wyborach?” Zapraszam do lektury odpowiedzi na to i wiele innych interesujących pytań.

W części informacyjnej numeru znajdują Państwo kilkanaście doniesień/informacji, które warto przeczytać. Mnie bardzo ucieszyła informacja, że od grudnia 2020 r. zasięg Postępów Techniki Jądrowej (PTJ) uległ poszerzeniu. PTJ dotarł do mediów społecznościowych, a konkretnie można go znaleźć na Facebook’u pod adresem: www.facebook.com/PTJICHTJ/. W tym samym czasie na tym portalu wznowił swoje działania fanpage Instytutu Chemii i Techniki Jądrowej (IChTJ). Obecnie obie strony mają już w sumie ponad 500 obserwujących, a liczba ta ciągle rośnie.

W Doniesieniach ze świata rekomenduję naszym Czytelnikom ciekawe teksty na temat koreańskiej oferty jądrowej dla Polski.

11 lutego po raz kolejny obchodzony był przez ONZ i inne organizacje międzynarodowe Międzynarodowy Dzień Kobiet i Dziewcząt w Nauce, a 8 marca to Międzynarodowy Dzień Kobiet. Z tej okazji, zainspirowana przez Wydawcę redakcja Postępów Techniki Jądrowej postanowiła przybliżyć społeczności Instytutowej sylwetki kilku, samodzielnych pracowniczek Instytutu Chemii i Techniki Jądrowej, posiadających stopień doktora habilitowanego. W części Wydarzenia naszego kwartalnika znajdują Czytelnicy krótkie informacje przygotowane przez kilka Pań na temat Ich działalności, osiągnięć, sukcesów, doświadczeń. Na trzeciej stronie okładki prezentujemy zdjęcie naszych autorek. Kolejny tekst („Badaczki z IChTJ w projekcie ARIES”) opisuje udział pracowniczek IChTJ w realizacji projektu, którego zadania przyczynią się do rozwoju nowych i mało zbadanych obszarów zastosowań wiązek elektronów w ochronie środowiska, medycynie i przemyśle. Dwa pozostałe teksty w tej części Wydarzeń nie dotyczą co prawda Pań z IChTJ, ale Kobiet jak najbardziej.

Znany popularyzator nauki Wiktor Niedzicki przedstawia na naszych łamach swoją kolejną, nową książkę „Z kamerą wśród uczonych” oraz informuje o kanale na YouTube pod tytułem CIEKAWIZJA. Książkę Richarda Feynmana omawia Krzysztof Rzymkowski, a Marek Bielski w swoim wielowątkowym felietonie pisze o słalomie autorytetów z przeszkodami.

W dziale LISTY DO REDAKCJI udostępniamy Czytelnikom skierowany do nas tekst Dariusza Kulczyńskiego z Kanady o niedoszłej budowie ITERa w tym kraju i zapowiadającego przygotowanie artykułu na temat realizacji PPEJ.

Życząc naszym Czytelnikom spokojnych, wesołych Świąt Wielkiejnocy i jak najszybszego ustąpienia pandemii – koronawirusa!

Stanisław Latek,
redaktor naczelny

Z PROF. TADEUSZEM LESIAKIEM – DYREKTOREM NACZELNYM INSTYTUTU FIZYKI JĄDROWEJ PAN IM. H. NIEWODNICZAŃSKIEGO

rozmawia Małgorzata Nowina Konopka

*With prof. Tadeusz Lesiak - managing director
of the H. Niewodniczański Institute of Nuclear
Physics of the Polish Academy of Sciences talks
Małgorzata Nowina Konopka*

Małgorzata Nowina Konopka

Streszczenie: Prof. Tadeusz Lesiak objął stanowisko dyrektora Instytutu Fizyki Jądrowej PAN po trwającej 16 lat kadencji prof. Marka Jeżabka (1.09.2004-30.09.2020), w wyniku wygranego konkursu rozpisanego przez Komisję Konkursową, powołaną przez Radę Kuratorów Wydziału III Nauk Ścisłych i Nauk o Ziemi PAN. W rozmowie przedstawia aktualną sytuację instytutu: jego pozycję w strukturach PAN, szeroko zakrojony profil badawczy, projekty aplikacyjne medyczne i środowiskowe, imponująco rozwijane studia doktoranckie. Opisuje też potencjał ludzki, bazę aparaturową oraz perspektywy rozwoju Instytutu w przyszłości.

Abstract: Prof. Tadeusz Lesiak became the director of the Institute of Nuclear Physics of the Polish Academy of Sciences after a 16-year term of office of prof. Marek Jeżabka (September 1, 2004 - September 30, 2020), as a result of winning the competition announced by the Competition Commission, appointed by the Council of Curators of the III Department of Exact Sciences and Earth Sciences of the Polish Academy of Sciences. In the interview, he presents the current situation of the institute: its position in the structures of the Polish Academy of Sciences, wide-ranging research profile, medical and environmental application projects, and impressively developed doctoral studies. He also describes the human potential, the equipment base and the future development prospects of the Institute.

Słowa kluczowe: struktura instytutu, profil badawczy, centrum cyklotronowe, studia doktoranckie

Key words: institute structure, research profile, cyclotron center, doctoral studies

MNK — Stanowisko dyrektora szacownego Instytutu z ponad 60-letnią tradycją to zaszczyt, ale przede wszystkim ogromne wyzwanie logistyczne, organizacyjne, odpowiedzialność za naukę, finanse, ludzi, aparaturę... A na samym wstępie problem z organizacją pracy w czasie pandemii koronawirusa. Jakie emocje Ci towarzyszyły tuż po wygranych wyborach?

TL — Sama decyzja o złożeniu dokumentów na konkurs na nowego Dyrektora IFJ PAN należała do najtrudniejszych w moim życiu. Miałem bowiem świadomość, że praca dyrektora to bardzo wyczerpujące i złożone zajęcie. Z jednej strony wiedziałem, iż Instytut znajduje się w ogromnej części obszarów w doskonałym stanie, dzięki pracy mojego poprzednika prof. Marka Jeżabka. Jednocześnie co najmniej kilka istotnych dziedzin działalności Instytutu było nadal, z natury rzeczy, w stanie wymagają-

cym pilnych działań, bieżących korekt, decyzji i nadzoru. Tę bieżącą sytuację znacznie komplikowały ograniczenia epidemiczne. Wielką pomocą w podjęciu decyzji o udziale w konkursie na dyrektora były liczne rozmowy i wyrazy poparcia ze strony koleżanek i kolegów z Instytutu.

MNK — Od 2003 r. Instytut jest w strukturach PAN. Jakie zalety ma ta przynależność, a jakie zobowiązania są jej konsekwencją?

TL — Przynależność do tak szacownej i rozpoznawalnej w świecie instytucji, jaką jest Polska Akademia Nauk, z całą pewnością stanowi dla Instytutu wielką wartość, zwłaszcza prestiżową. W świetle reformatorskich zmian, które objęły polską naukę, nie ma ona jednak istotnego przełożenia na finansowanie Instytutu ze środków budżetowych.

Obecnie, w obliczu reformy polskiej nauki oraz szybkich zmian zachodzących w społeczeństwie i gospodarce, istnieje potrzeba przemyślenia na nowo roli i funkcjonowania Instytutów naukowych PAN. W oparciu o nasze dotychczasowe doświadczenia mam nadzieję, iż te zmiany pójdą w kierunku dalszego zwiększenia podmiotowości i samorządności jednostek naukowych Akademii. Taka „decentralizacja” przyniosła doskonałe efekty w ostatnich dekadach. Wszelkie reformy idące w przeciwnym kierunku uważałbym za niebezpieczne dla przyszłego funkcjonowania Instytutu.

MNK — Które kierunki badań podstawowych, prowadzonych w Instytucie są najważniejsze dla postępu nauki światowej? Czy udział Polaków w wielkich światowych kolaboracjach stanowi jedyną możliwość uprawiania „gorących tematów”?

TL — Z całą pewnością możemy poszczycić się uczestnictwem w niezwykle szerokim wachlarzu badań podstawowych, doświadczalnych i teoretycznych, w dziedzinach fizyki jądrowej i cząstek elementarnych. Wystarczy, chociażby wspomnieć o aktywnym udziale grup badawczych z IFJ PAN w aż trzech z czterech wielkich współprac naukowych pracujących przy Wielkim Zderzaczu Hadronów LHC.

MNK — A co się tam teraz bada po odkryciu bozonu Higgsa?

TL — Odkrycie bozonu Higgsa było przełomem, ale zarazem otwarciem niezwykle szerokiego pola badań mających na celu zrozumienie własności tej cząstki oraz jej roli w naturze. Równolegle, przy LHC trwają intensywne poszukiwania sygnatur doświadczalnych efektów wykraczających poza Model Standardowy, a także m.in. plazmy kwarkowo-gluonowej.

MNK — A poza CERN-em?

TL — Badamy zagadki współczesnej astrofizyki m.in. przy wykorzystaniu badań promieniowania kosmicznego w Obserwatorium Pierre Auger w Argentynie. Nasi fizycy jądrowi odgrywają kluczową rolę w badaniach fizycznych i rozbudowie dwóch prestiżowych, międzynarodowych układów detekcyjnych dla fizyki jądrowej: AGATA i PARIS. Głównym zadaniem naukowym tych spektrometrów jest badanie struktury jąder atomowych za pomocą spektroskopii promieniowania gamma. Grupy teoretyczne z IFJ PAN *na bieżąco* dostarczają szeroko uznawanych w świecie wyników dotyczących m.in. opisu fundamentalnych zjawisk w ramach Modelu Standardowego, fenomenologii oddziaływań silnych oraz opisu ultra relatywistycznych zderzeń ciężkich jonów, układów złożonych czy nawet ekonofizyki.

MNK — A co w zakresie materii skondensowanej?

TL — Niemniej ważne i ciekawe prace są prowadzone w mniejszych zespołach, zwłaszcza w domenach



Fot. 1. Prof. Tadeusz Lesiak

fizyki ciała stałego, zastosowań fizyki oraz badań interdyscyplinarnych. Te aktywności naukowe są realizowane zarówno na miejscu, w oparciu o lokalną, często unikatową aparaturę, jak i w prestiżowych ośrodkach zagranicznych. Stanowią one, na równi z poprzednio wspomnianymi badaniami z fizyki jądrowej i cząstek elementarnych, nasze „perełki” i są dowodem wielkiej różnorodności i prężności naukowej Instytutu. Tylko w ostatnim okresie możemy się tu pochwalić badaniami własności magnetycznych kryształów magnonicznych (struktur w postaci cienkiej, regularnej siatki „dziur”) czy też opracowaniem sposobu wytwarzania układu zawierającego nanocząstki złota wraz z jego zastosowaniem w terapii przeciwnowotworowej (właśnie uzyskaliśmy patent dotyczący tego osiągnięcia).

MNK — Spośród różnego rodzaju badań interdyscyplinarnych niewątpliwie największe znaczenie ma unikatowe Centrum Cyklotronowe Bronowice. Jak wygląda wykorzystanie tego ośrodka do leczenia nowotworów?

TL — Centrum Cyklotronowe Bronowice (CCB) jest jedynym ośrodkiem w naszym kraju, umożliwiającym nowoczesną radioterapię protonową. Jego funkcjonowanie w zakresie dostarczania wiązki protonów dla celów terapii oraz badań naukowych jest perfekcyjne, co stanowi ogromną zasługę młodego zespołu pracowników Centrum oraz całego Instytutu. W okresie ostatnich pięciu lat (do początku listopada br.), napromienianiom na stanowiskach gantry i terapii oka poddano ponad 500 osób. Corocznie liczba pacjentów poddawanych terapii ulega zwiększeniu, choć nasz ośrodek nie osiągnął jeszcze zaplanowanej liczby pacjentów. Wynika to głównie z faktu, iż lista wskazań medycznych do protonoterapii, sformułowana przez Ministerstwo Zdrowia, jest drastycznie zawężona i w znacznym stopniu nie uwzględnia postępu w badaniach naukowych nad zastosowaniem protonoterapii do leczenia nowotworów

w różnych lokalizacjach. W celu zwiększenia wykorzystania potencjału terapeutycznego CCB nasz Instytut prowadzi rozmowy z podmiotami oferującymi dostęp do komercyjnej terapii protonowej. Warto także zaznaczyć, iż przy CCB prowadzone są wartościowe badania naukowe z dziedzin fizyki medycznej i fizyki jądrowej, a także testy radiacyjne aparatury naukowej i materiałów. Tym samym CCB pełni jednocześnie dwie, nierozzerwalnie ze sobą związane funkcje: terapeutyczną i naukową.

MNK — Są jeszcze inne projekty o charakterze medycznym czy środowiskowym?

TL — O tak! Lista projektów o charakterze medycznym czy środowiskowym jest bardzo długa.

Zacznę od wybranych projektów związanych ze zmianami klimatycznymi i środowiskowymi. Należą do nich z pewnością prace badawcze związane z projektem tokamaka ITER. Wyrastają one w znacznym stopniu z wieloletnich doświadczeń Instytutu w badaniach oddziaływań neutronów z materią. Niemniej istotne są prace oceniające zmiany klimatu poprzez badanie transportu radionuklidów w środowisku naturalnym. Wreszcie nasz Instytut mógłby z całą pewnością odegrać istotną rolę w rozwoju polskiego programu energetyki jądrowej, oczywiście w przypadku, gdyby nasi decydenci podjęli jakieś decyzje zmierzające w tym kierunku. Znaczenie dla środowiska ma także cały wachlarz prac z fizyki ciała stałego, zwłaszcza dotyczących nowych materiałów, choćby tych, które mogłyby znaleźć zastosowanie w magazynowaniu wodoru, co jest bardzo istotne m.in. dla przemysłu motoryzacyjnego.

Zakres projektów o charakterze medycznym, prowadzonych w IFJ PAN jest niezwykle szeroki. Obejmuje on m.in. prace z wykorzystaniem obrazowania spektroskopowego dla potrzeb radiobiologii i terapii, a także badania uszkodzeń radiacyjnych komórek oraz oddziaływania promieniowania jonizującego i wybranych leków na organizmy żywe. Aktywnie wykorzystujemy także mikroskopię sił atomowych, w szczególności do badania patologicznych zmian komórek i tkanek. Obrazowanie i spektroskopia magnetycznego rezonansu jądrowego przynosi liczne prace, głównie dotyczące struktury narządów w stanach normalnych i patologicznych oraz badania własności nośników leków, jak i nowoczesnych środków kontrastowych.

Chciałbym także szczególnie mocno uwydatnić naszą obecność w badaniach przy wykorzystaniu promieniowania synchrotronowego, a ostatnio również z użyciem laserów na swobodnych elektronach: E-XFEL w Hamburgu oraz SwissFEL w Villingen. Te urządzenia stanowią zupełnie nową jakość w badaniach materii żywej i nieożywionej. Możemy np. obserwować zmiany czasowe układów biologicznych i chemicznych oraz badać dynamikę elektronów w molekułach.

W Instytucie działają aż cztery laboratoria akredytowane. Największe z nich, LADIS, prowadzi pomiary do-

zymetryczne dawek indywidualnych i środowiskowych dla ponad 10 tys. instytucji w Polsce i Europie. Jednocześnie LADIS testuje rocznie ponad 1000 aparatów RTG w polskich placówkach medycznych. Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych przeprowadza corocznie wzorcowanie ponad 4 tys. aktywnych przyrządów dozymetrycznych w zakresie promieniowania gamma. Laboratorium Analiz Promieniotwórczości stanowi ważny element sieci polskich placówek specjalistycznych, prowadzących pomiary i ciągły monitoring skażeń promieniotwórczych oraz oceniających stopień narażenia radiacyjnego naszej populacji. Wreszcie Laboratorium Ekspertyz Radiometrycznych specjalizuje się w pomiarach i ekspertyzach w zakresie stężeń radonu. Jest ono obecnie w pełni gotowe do realizowania pomiarów radonowych wynikających z Dyrektywy Rady EURATOM oraz ustawy – Prawo atomowe. Warto podkreślić, iż wszystkie cztery laboratoria akredytowane wyrosły na bazie, często wieloletniej, aktywności naukowej w obszarach ich działalności i obecnie nadal korzystają z tej istniejącej na miejscu ekspertyzy.

Jesteśmy także obecni na arenie badań kosmicznych. Wieloletnie doświadczenie pracowników Instytutu w dozymetrii owocuje badaniami nad wykorzystaniem nowych detektorów dozymetrycznych m.in. na orbicie Ziemi oraz w misjach międzyplanetarnych.

Przytoczę jeszcze jako ciekawostkę, iż nasi naukowcy uczestniczyli także w pracach dotyczących zachowania dziedzictwa narodowego, wykorzystując aparaturę wcześniej wspomnianego Laboratorium Obrazowania Spektroskopowego do określania składu badanego materiału, oceny postępującego procesu degradacji dzieł sztuki, planowania zabiegów konserwatorskich i renowacyjnych oraz uzyskania cennych informacji o pochodzeniu i historii badanego obiektu. Nasze badania dotyczyły m.in. Ołtarza Wita Stwosza z Kościoła Mariackiego w Krakowie, zabytkowego obrazu „Koronacja i Wniebowzięcie NMP”, znajdującego się w Klasztorze ss. Katarzynek w Orniecie. Ponadto byliśmy zaangażowani w badania nad analizą zanieczyszczeń i produktów korozji srebrnych monet z czasów Bolesława Chrobrego i Mieszka II Lamberta, pochodzących z numizmatycznej kolekcji Muzeum Narodowego w Krakowie.

MNK — Jaka jest struktura organizacyjna Instytutu?

TL — W instytucie działa sześć głównych struktur naukowych (zwanych oddziałami). Zajmują się one odpowiednio: fizyką cząstek elementarnych, fizyką jądrową, fizyką ciała stałego, fizyką teoretyczną, badaniami interdyscyplinarnymi i zastosowaniami fizyki. Dodatkowo badania naukowe są prowadzone także w Centrum Cyklotronowe Bronowice (ostatnio powstał w nim nawet zakład naukowy) oraz w Dziale Budowy Aparatury i Infrastruktury Naukowej, a także w czterech laboratoriach akredytowanych. W obrębie oddziałów naukowych

zasadniczą rolę odgrywają grupy badawcze, tworzące, w pojedynkę lub po kilka, zakłady naukowe.

Stosunkowo skromne zespoły administracyjne zajmują się obsługą projektów naukowych, inwestycjami i remontami, księgowością, sprawami pracowniczymi, BHP itp.

MNK — Najważniejszymi urządzeniami badawczymi Instytutu są:

TL — Chlubę Instytutu, a zarazem flagowe urządzenie badawcze stanowi cyklotron izochroniczny Proteus C-235 (wraz z dwoma stanowiskami gantry, służącymi bezpośrednio do terapii). Pozwala on na przyspieszanie protonów do energii maksymalnej 230 MeV. Jednocześnie mamy nadal możliwość wykorzystywania do badań naukowych oraz testów na wiązce tzw. „starego” cyklotronu AIC-144 (z możliwością przyspieszania protonów do energii 60 MeV, a także deuteronów i cząstek alfa). Tym samym należymy do elitarnego grona ośrodków, w których na miejscu można prowadzić badania naukowe z wykorzystaniem akceleratorów. I są one intensywnie prowadzone. Na przestrzeni ostatnich pięciu lat, przy wykorzystaniu tej infrastruktury opublikowano aż 46 prac z obszaru fizyki medycznej, dozymetrii i radiobiologii oraz 17 z fizyki jądrowej.

Unikalnym i bardzo nowoczesnym wyposażeniem, umożliwiającym m.in. prowadzenie badań nad wpływem promieniowania jonizującego na organizmy żywe, dysponuje Laboratorium Obrazowania Spektroskopowego. Jego główne „przyrządy” to zintegrowany system RAMAN AFM (pozwalający na wykonywanie mikro- i nano-spektroskopii ramanowskiej wraz z mikroskopią sił atomowych), System NANOIR (mikroskop w zakresie podczerwieni, umożliwiający pomiary z nanometrową zdolnością rozdzielczą), próżniowy spektrometr FTIR (Fourier Transform Infrared) oraz nowoczesny mikroskop sił atomowych.

Nie sposób wymienić wszystkich innych urządzeń. Wspomnę zatem o tomografie badawczym 9.4T, impulsowym generatorze neutronów prędkich, aparaturowym źródle neutronów termojądrowym Plasma-Focus oraz o dwuwiązkowym implantatorze jonów. W ostatnich latach niezwykle wzbogaciło się także wyposażenie laboratoriów fizyki ciała stałego.

MNK — Zanim Polska została członkiem CERN, Polacy mieli dostęp do eksperymentów dzięki uczestnictwie w budowie wielkich urządzeń badawczych. Obecnie polscy naukowcy zajmują się zbieraniem danych i ich interpretacją. Czy zaniechano budowy aparatury?

TL — Ależ nie! Szczególnym skarbem IFJ PAN jest ok. 60-osobowy, młody i entuzjastyczny zespół inżynierów i techników, tworzący Dział Budowy Aparatury i Infrastruktury Naukowej (DAI). Wniósł on ogromny wkład w budowę tak znaczących infrastruktur badawczych,

jak europejski laser na swobodnych elektronach (E-XFEL) w ośrodku DESY w Hamburgu, stellarator W7-X w Wendelstein, czy zderzacz LHC. Przy realizacji tych projektów nasi inżynierowie i technicy wyrobili sobie zasłużoną markę „zespołu ekspertów” posiadających „masę krytyczną” wiedzy m.in. w dziedzinie testów wnęk nadprzewodzących i kriomodułów. Ich zaangażowanie przynosi także każdorazowo wymierne przychody materialne. Obecnie zespół DAI uczestniczy m.in. w budowie europejskiego źródła spallacyjnego ESS, tokamaka ITER oraz modernizacji zderzacza LHC.

MNK — Instytut prowadzi działalność dydaktyczną w zakresie różnego rodzaju studiów doktorskich a także doktoraty „z wolnej stopy”. Ile osób korzysta z takiego kształcenia?

TL — Studia doktoranckie w IFJ PAN działają od 1984 r. Na przestrzeni minionych 36 lat wypromowaliśmy ponad 260 młodych badaczy na stopień doktora nauk fizycznych. Biorąc pod uwagę wielkość Instytutu, to naprawdę imponująca liczba, a zarazem wielki wysiłek i radość. W IFJ PAN zawsze kładliśmy szczególny nacisk na ich umiędzynarodowienie (nasze Studium Doktoranckie zostało formalnie przekształcone w Międzynarodowe Studium Doktoranckie IFJ PAN w roku 1999 i wypromowało od tego czasu ponad 20 obcokrajowców) oraz nadanie im charakteru środowiskowego poprzez włączanie się Instytutu we wszelkie inicjatywy prowadzące do powstania i prowadzenia międzyinstytucjonalnych interdyscyplinarnych studiów doktorskich. Nasza bliska współpraca z krakowskimi uczelniami oraz instytutami Polskiej Akademii Nauk zaowocowała przygotowaniem i realizacją szeregu wspólnych projektów doktoranckich. Pierwszym z nich był projekt Interdyscyplinarne Studia Doktoranckie „Zaawansowane materiały dla nowoczesnych technologii i energetyki przyszłości”, finansowany w latach 2009-2015 ze środków UE w ramach Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki, zrealizowany przez konsorcjum AGH, Instytutu Katalizy i Fizykochemii Powierzchni PAN (IKiFP PAN) oraz IFJ PAN i zakończony wypromowaniem ze stopniem doktora, nauk fizycznych bądź chemicznych, 58 osób. Kolejne, prowadzone od 2017 r. przy wsparciu finansowym Programu Operacyjnego Wiedza – Edukacja – Rozwój, nasze projekty to Interdyscyplinarne Środowiskowe Studia Doktoranckie „FCB” (75 doktorantów) oraz „InterDokMed” (50 doktorantów) prowadzone wspólnie przez konsorcja krakowskich uczelni (AGH – koordynator FCB oraz UJ, Wydział Chemii) i instytutów PAN (IKiFP PAN – koordynator „InterDokMed”, IFJ PAN oraz IFJ PAN). Cechą charakterystyczną tych studiów, a zarazem wymogiem stawianym przez reguły obu projektów, jest prowadzenie opieki nad doktorantami przez dwóch promotorów reprezentujących różne dyscypliny, co dowodzi interdyscyplinarności powstających w ramach projektu prac doktorskich.

Doświadczenie międzyinstytucjonalnej współpracy w prowadzeniu studiów doktoranckich zaowocowało w maju 2019 r., w myśl postanowień Prawa o szkolnictwie wyższym i nauce, utworzeniem przez IFJ PAN, IKiFP PAN, IF PAN, Instytut Metalurgii i Inżynierii Materiałowej im. Aleksandra Krupkowskiego PAN – IMIM PAN oraz Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej AGH i Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki AGH szkoły doktorskiej pod nazwą Krakowska Interdyscyplinarna Szkoła Doktorska „KISD”. Instytut jest jednostką wiodącą KISD i odpowiada za całokształt jej działalności. Obecnie, po przeprowadzeniu dwóch rekrutacji, KISD kształci 62 doktorantów, przygotowując do uzyskania stopnia doktora w pięciu dyscyplinach: nauk fizycznych, chemicznych, o zdrowiu, farmaceutycznych i inżynierii materiałowej. Koordynując działania KISD, nie zaniedbujemy Międzynarodowego Studium Doktoranckiego IFJ PAN – na pozostałych dwóch latach studiów doktoranckich i ewentualnych rocznych przedłużeniach studiów przygotowuje prace doktorskie ponad 60 doktorantów, w tym czterech obcokrajowców, którzy, wraz z siedmioma obcokrajowcami-doktorantami KISD, nadają naszej społeczności doktorantów charakter międzynarodowy.

MNK — Skąd się biorą adepci studiów doktoranckich, skoro drastycznie maleje liczba studentów fizyki? Liczby wypromowanych doktorów są imponujące!

TL — Pomimo stale malejącej liczby studentów (także studentów fizyki i kierunków pokrewnych) stale, corocznie mamy do czynienia z grupą zdolnych młodych ludzi, dla których uprawianie nauki jest bardziej pasją niż sposobem zarabiania na życie. Nie mając jako instytut badawczy „własnych” studentów, prowadzimy niezwykle aktywnie różne akcje, mające na celu ich pozyskanie z uczelni. Należą do nich cykle praktyk studenckich, kontakty z kołami naukowymi, szkoły letnie, organizowanie dnia otwartego dla studentów itp. To duży wysiłek organizacyjny, ale przynosi on wymierne owoce. Nadal mamy zapewne ustaloną, dobrą markę wśród młodych zapaleńców, iż warto przyjść do nas i spróbować swych naukowych talentów.

MNK — Czy aby nie jest to nadprodukcja overeducated people? Jaki jest ich dalszy los w karierze naukowej, czy wszyscy znajdują zatrudnienie?

TL — Staramy się dla najlepszych młodych doktorów przygotować jasną ścieżkę dalszej kariery naukowej w Instytucie. Typowo sprowadza się ona do odbycia dłuższego stażu podoktorskiego w prestiżowej zagranicznej instytucji, a następnie do powrotu do IFJ PAN jako adiunkt z perspektywą stworzenia własnego zespołu naukowego, szybkiej habilitacji, a następnie profesury.

Część naszych absolwentów-doktorów wybiera dalszy rozwój w różnych gałęziach naszej gospodarki i stosunkowo łatwo znajduje zatrudnienie. Trzeba w tym miejscu podkreślić, iż wnoszą oni do swojego nowego

środowiska bardzo cenne wartości takie jak znajomość najnowocześniejszych technologii i oprogramowania, umiejętność pracy w zespole badawczym i ogólne „szerokie horyzonty”.

MNK — Jakie są perspektywy rozwoju Instytutu?

TL — Instytut znajduje się obecnie w bardzo dobrej kondycji, w ogromnej mierze dzięki bardzo dobremu nim zarządzaniu na przestrzeni ostatnich dwóch dekad. Powodów do optymizmu dostarcza dynamicznie rosnąca z każdym rokiem liczba wartościowych publikacji naukowych (676 z listy MNiSW w 2019 r.). Jest ona owocem przemyślanej polityki naukowej, stawiającej na zrównoważony rozwój i dywersyfikację strategicznych kierunków badań naukowych prowadzonych w instytucie, wsparcie ich inwestycjami w aparaturę oraz, co może najważniejsze, dzięki znacznemu odmłodzeniu kadry Instytutu. Obecna struktura osobowa zawiera właściwą mieszankę przeważającej, dynamicznej „młodości”, w postaci całej armii pracowników świeżo po doktoracie oraz doktorantów, uzupełnionej o „rutynę” grona profesorów. Tę przemianę w znacznym stopniu umożliwiło uzyskanie przez IFJ PAN kategorii A+ w dwóch ostatnich ewaluacjach jednostek naukowych. Obecnie dokładamy wszelkich starań, by utrzymać się nadal w tym prestiżowym gronie.

Dalszy rozwój Instytutu powinien także zmierzać do pełnego wykorzystania potencjału Centrum Cyklotronowego Bronowice.

Zespół DAI ma dalekosiężne perspektywy obejmujące udział w projektach i budowie akceleratorów planowanych w przyszłości w Stanach Zjednoczonych i ośrodku CERN.

Zespół DAI stanowi też bezpośrednie zaplecze dla prac przy budowie aparatury doświadczalnej dla eksperymentów, w których uczestniczy Instytut. Strategicznym kierunkiem dalszego rozwoju tej sfery działalności IFJ PAN byłoby zbudowanie w Instytucie infrastruktury umożliwiającej testowanie na miejscu modułów akcelerycyjnych oraz przewodów nadprzewodzących. Podjęliśmy już intensywne kroki w celu realizacji tego zamierzenia.

Mam nadzieję, iż następne lata będą dla Instytutu okresem dalszego, harmonijnego i spokojnego rozwoju. Nie sposób jednak przewidzieć wpływu wielu czynników zewnętrznych, związanych choćby z koniunkturą gospodarczą, ewentualnymi zmianami w krajowej polityce naukowej, czy też w strukturze Polskiej Akademii Nauk.

MNK — Dziękuję za rozmowę, życzę Ci realizacji wszystkich planów i satysfakcji z kierowania Instytutem.

*Wywiad przeprowadziła
dr Małgorzata Nowina Konopka,
Oddział Krakowski Polskiego
Towarzystwa Fizycznego, Kraków*

ENERGETYKA JĄDROWA NA ŚWIECIE I W POLSCE W 2020 ROKU

Nuclear Power in the World and in Poland in 2020

Andrzej Mikulski

Streszczenie: Artykuł przedstawia przegląd dokonań w energetyce jądrowej na świecie w 2020 r. z rozdziałem zawierającym informacje, co wydarzyło się w Polsce. Liczba reaktorów na świecie zmalała do 442 bloków, przy czym włączono 5 nowych bloków i wyłączono 6 starych bloków. Ogólna ich moc zainstalowana nieznacznie wzrosła do 392,5 GWe. Prowadzone są prace przy budowie 50 bloków jądrowych w krajach posiadających energetykę jądrową. W Polsce prace ruszyły do przodu poprzez przyjęcie przez rząd aktualizacji Programu Polskiej Energetyki Jądrowej (PPEJ) i przygotowanie do podpisania porozumienia o współpracy z USA przy budowie pierwszej elektrowni jądrowej. Planowo realizowany jest projekt Gospostrateg-HTR dotyczący wysokotemperaturowego reaktora chłodzonego gazem (HTGR). Zgodnie z harmonogramem przebiegała praca reaktora badawczego MARIA w Świerku. Spółka Synthos Green Energy działała na rzecz budowy małego reaktora modułowego BWRX-300 poprzez przygotowanie wspólnie z amerykańskim koncernem Exelon Generation studium wykonalności i rozpoczęciem dialogu regulacyjnego z Państwową Agencją Atomistyki – PAA.

Abstract: The article presents an overview of achievements in nuclear energy in the world in 2020, with a chapter indicating what happened in Poland. The number of reactors in the world has decreased to 442 units, with 5 new units being added and 6 old units shut down. Their overall installed capacity slightly increased to 392.5 GWe. Work is underway on the construction of 50 nuclear units in countries with nuclear energy. In Poland, work has been moved forward by the government's adoption of the update of the Polish Nuclear Power Program (PPEJ) and preparation for the signing of a cooperation agreement with the US in the construction of the first nuclear power plant in Poland. The Gospostrateg-HTR project for a high-temperature gas-cooled reactor (HTGR) is underway. The work of the MARIA research reactor in Swierk was according to the schedule. The company Synthos Green Energy acted to build a small modular reactor BWRX-300 by preparing a feasibility study together with the American concern Exelon Generation and starting a regulatory dialogue with PAA.

Słowa kluczowe: energetyka jądrowa, elektrownie jądrowe (EJ), SMR, HTGR, BWRX-300

Keywords: nuclear power, nuclear power plants (NPP), SMR, HTGR, BWRX-300

Wstęp

Rok 2020 w świecie zostanie zapewne zapamiętany jako rok, kiedy rozpoczęła się pandemia COVID-19 i nastąpiło zintensyfikowanie przemian w systemach elektroenergetycznych, a w tym w energetyce jądrowej. Mniej było rozpoczynanych inwestycji i liczby oddawanych bloków do eksploatacji. Dwa nowe kraje, czyli Zjednoczone Emiraty Arabskie i Białoruś, dołączyły do grona eksploatatorów elektrowni jądrowych, więcej słyszało się o małych reaktorach modułowych (SMR), a w Polsce dokonano aktualizacji Programu Polskiej Energetyki Jądrowej (PPEJ) i trzy kraje (USA, Francja i Korea Płd.) zgłosiły gotowość dostarczenia technologii jądrowej.

Przedstawiony materiał pochodzi z informacji dostępnych na krajowych (biznesalert.pl, cire.pl, wnp.pl, wysokienapiecie.pl i energetyka24.com) i zagranicznych (world-nuclear-news.org, neimagazine.com i powermag.com) portalach internetowych oraz portalach National Atomic Agency (PAA), Narodowego Centrum Badań Jądrowych (NCBJ) i Instytutu Chemii i Techniki Jądrowej (ICHTJ).

Sytuacja energetyki jądrowej na świecie

Międzynarodowa Agencja Energii Atomowej w Wiedniu opublikowała informacje statystyczne o energetyce jądrowej na świecie na koniec 2020 r., które przytoczono w Tabeli 1, z podziałem reaktorów na trzy kategorie:

- przyłączane do sieci energetycznej,
- wyłączane z eksploatacji,
- nowobudowane.

Z tabeli wynika, że liczba reaktorów na świecie w 2020 r. zmniejszyła się o jeden blok, gdyż oddano do eksploatacji 5 nowych o mocy 5521 MWe i wyłączono 6 starych bloków o mocy 5165 MWe, zatem ogólna moc elektrowni jądrowych zwiększyła się o 356 MWe i na koniec 2020 r. wynosiła 392,5 GWe w 442 blokach. Liczba uruchomionych nowych bloków dużej mocy zmalała w porównaniu z 2019 r. z 6 do 5 bloków i obejmowała po jednym bloku w Europie (Białoruś i Rosja), na Bliskim Wschodzie (Zjednoczone Emiraty Arabskie) i dwa bloki w Chinach (w tym pierwszy nowego typu HPR1000). Rozpoczęto budowę 5 bloków, w tym 3 w Chinach (właśnie typu HPR1000), a wszystkie należą do klasy reaktorów wielkoskalowych, czyli o mocy ponad 1000 MWe.

Tabela 1. Statystyka reaktorów jądrowych w 2020 r. na podstawie danych IAEA/PRIS**Table 1.** Nuclear reactor statistics for 2020 based on IAEA/PRIS data

Lp.	Nazwa bloku	Kraj	Typ	Model	Moc[MWe]	Data
Podłączenie do sieci energetycznej: 5 521 MWe						
1	TIANWAN-5	Chiny	PWR	CNP-1000	1 000	8 sierpień
2	BARAKAH-1	ZEA	PWR	APR-1400	1 345	19 sierpień
3	LENINGRAD II-2	Rosja	PWR	WWER-V491	1 066	22 październik
4	BELARUSIAN-1	Białoruś	PWR	WWER-V491	1 110	3 listopad
5	FUQING-5	Chiny	PWR	HPR1000	1 000	27 listopad
Wyłączenie z eksploatacji: 5 165 MWe						
1	FESSENHEIM-1	Francja	PWR	CPO	880	22 luty
2	INDIAN POINT-2	USA	PWR	WH 4LP	998	30 kwiecień
3	FESSENHEIM-2	Francja	PWR	CPO	880	30 czerwiec
4	DUANE ARNOLD-1	USA	BWR	BWR-4 (Mk 1)	601	12 październik
5	LENINGRAD-2	Rosja	LWGR	RBMK-1000	925	10 listopad
6	RINGHALS-1	Szwecja	BWR	AA-I	881	31 grudzień
Nowobudowane: 4 473 MWe						
1	AKKUYU-2	Turcja	PWR	WWER- V509	1 114	8 kwiecień
2	SANAOCUN-1	Chiny	PWR	HPR1000	1 117	31 grudzień
3	TAIPINGLING-2	Chiny	PWR	HPR1000	1 116	15 październik
4	ZHANGZHOU-2	Chiny	PWR	HPR1000	1 126	4 wrzesień

Z zapowiedzianych na początku 2020 r. uruchomien 10 nowych bloków realizowano tylko 5 bloków.¹

Wykres zmian mocy zainstalowanej w elektrowniach jądrowych na przestrzeni ostatnich 20 lat pokazany jest na rys.1. Widać na nim systematyczną tendencję wzrostową od 2000 r. do czasu awarii w EJ Fukushima, załamanie się po roku 2011 i dalszy wzrost do roku 2018, a następnie stabilizację w latach 2019 i 2020.

Dyrektor Generalny Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (MAEA) w Wiedniu powiedział, że w 2020 r. elektrownie jądrowe dostarczyły 2 600 TWh energii elektrycznej wolnej od emisji gazów cieplarnianych, co stanowiło 10% całkowitej produkcji na świecie i blisko jedną trzecią niskoemisyjnej produkcji², to znaczy z farm wiatrowych i fotowoltaicznych oraz elektrowni wodnych. Statystyki Agencji wyliczają 50 bloków pozostających w budowie o łącznej mocy 53,2 MWe, ale po roku trwania pandemii koronawirusa zapowiadane są dalsze opóźnienia w ich uruchamianiu, a dwa najdłużej budowane bloki, Olkiluoto-3 w Finlandii i Flamanville-3 we Francji notują już rekordowe opóźnienia w terminach oddania ich do eksploatacji.

Graficzne przedstawienie informacji z Tabeli 1 z podziałem na bloki podłączane do sieci, wyłączone z eksploatacji i rozpoczynane inwestycje, ale na przestrzeni ostatnich 20 lat przedstawia rys.2. Pokazano na nim stałą tendencję wzrostową rozpoczynanych inwestycji do 2010 r., jej wyraźne załamanie w 2011 r. po awarii w EJ Fukushima i pewną stabilizację od 2014 r. Podłączane moce do sieci utrzymywały się na stałym poziomie w latach 2015-2018, by obniżyć się ponad dwukrotnie w 2019 r. W odniesieniu do wyłączonych bloków obserwuje się znaczny wzrost ich liczby w latach 2016-2019 wynikający z wycofywania z eksploatacji najstarszych bloków o mocy nieprzekraczającej 1000 MWe.

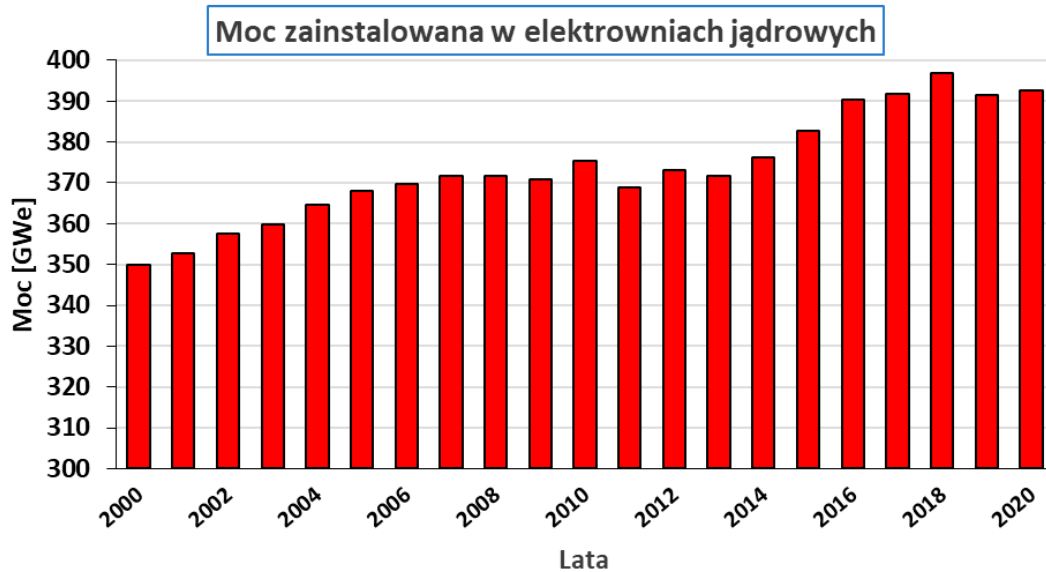
Na podstawie dostępnych informacji publikowanych w 2020 r. i w pierwszych dwóch miesiącach podsumowujących ubiegły, 2019 rok, sytuacja w (podanych alfabetycznie) poszczególnych, najbardziej zaangażowanych w energetykę jądrową krajach, kształtowała się następująco.

Bangladesz – realizuje budowę 2 bloków w EJ Roppor typu WWER-1200 i w ubiegłym roku dla pierwszego z nich dostarczony został zbiornik ciśnieniowy i elementy wytwornicy pary. Zgodnie z planem pierwszy blok ma być uruchomiony w 2023 r.

Białoruś – zrealizowała uruchomienie pierwszego bloku w EJ Ostrowiec mimo protestów Litwy (odległość od granicy wynosi tylko 20 km, a od stolicy Wilna

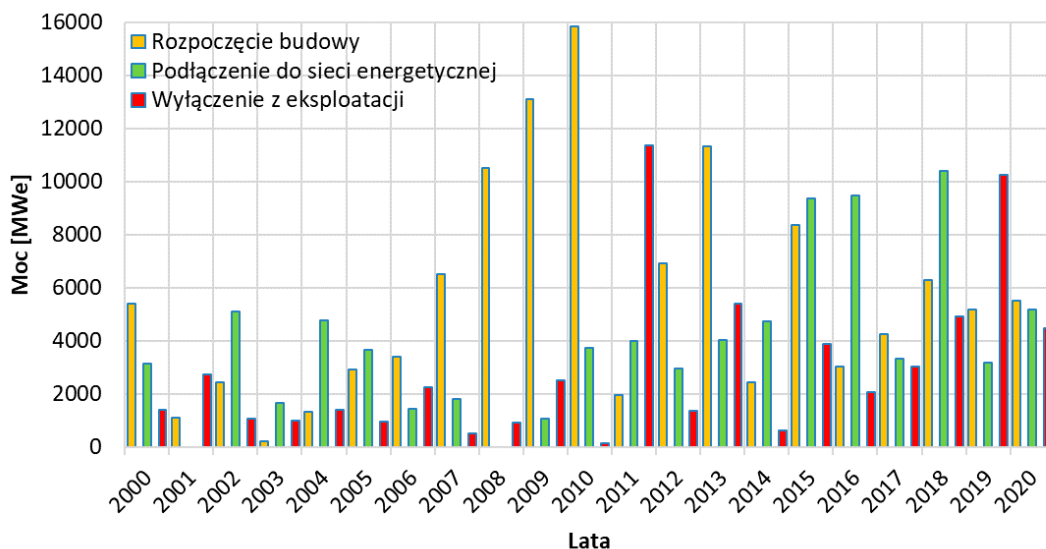
¹ A. Mikulski: Energetyka jądrowa na świecie i w Polsce w 2019 roku, PTJ nr 2/2020, s.18-26

² IAEA Director General's Introductory Statement to the Board of Governors | IAEA, Mar 1, 2021



Rys. 1. Zmiana zainstalowanej mocy w elektrowniach jądrowych na świecie w latach 2000-2020
Fig. 1. Installed capacity of nuclear power plants in the world in years 2000-2020

Zestawienie liczbowe reaktorów jądrowych (2000-2020)



Rys. 2. Statystyka rozpoczętych inwestycji, podłączeń do sieci i wyłączeń z eksploatacji bloków jądrowych w latach 2000-2020
Fig. 2. Statistics of construction start, connections to the grid and permanent shutdowns of nuclear reactors in years 2000-2020

50 km) i odmowy kupna wyprodukowanej energii elektrycznej przez Polskę i sąsiednie kraje. Upowszechniane są informacje o występujących kłopotach w czasie testowej pracy i podnoszenia mocy bloku. Od uruchomienia do końca lutego br. dostarczył do sieci 1,5 GWh energii elektrycznej. W spór o bezpieczeństwo tego reaktora włączyła się Unia Europejska, przeprowadzono debatę w Parlamencie Europejskim i wysłano misję grupy ENSREG w dniach 9-10 lutego br. z udziałem specjalistów z Austrii, Belgii, Finlandii, Litwy, Niemiec, Ukrainy, Węgier i Wielkiej Brytanii (szkoda, że nie było w niej

przedstawiciela Polski, jako kraju sąsiedniego). Obecnie oczekiwane jest opublikowanie raportu z tej misji.³

Bulgaria – w kolejnym roku pobiła rekord produkcji energii elektrycznej w blokach nr 5 i 6 w EJ Kozłoduj wynoszący 16,62 TWh. Oba bloki w 2017 i 2019 r. otrzymały zgodę na przedłużenie okresu eksploatacji o dalsze 10 lat. Blok nr 6 uzyskał zgodę na eksploatację na poziomie 104% mocy projektowej i dysponuje obecnie

³ Z własnego doświadczenia udziału w trwających dwa tygodnie misjach przeglądowych przeprowadzanych przez WANO mogą stwierdzić, że dwudniowy pobyt w elektrowni nie może dostarczyć żadnych wiarygodnych informacji.

mocą 1003 MWe i trwają prace nad podobną modernizacją bloku nr 5.

Chiny – są drugim krajem, w którym budowanych jest najwięcej reaktorów. W ubiegłym roku ukończono co prawda tylko 2 bloki, ale jednym z nich jest najnowsza własna konstrukcja typu HPR1000 i rozpoczęto budowę 3 takich bloków, które mają promować eksport chińskiej technologii jądrowej (czynione są starania, by taki blok budować w Wielkiej Brytanii w EJ Bradwell). Równolegle rozwijane są nowe konstrukcje reaktorów. I tak zakończono przygotowanie do pracy eksperymentalnego reaktora prędkiego chłodzonego sodem CEFR o mocy 20 MWe oraz na ukończeniu jest budowa prototypowych dwóch bliźniaczych bloków wysokotemperaturowych chłodzonych helem typu HTR-PM, o mocy 205 MWe każdy, których gorące testy zakończyły się w styczniu bieżącego roku. Ten reaktor ma stanowić modelowe rozwiązanie dla reaktorów typu HTGR i ma być powielany w wielu krajowych lokalizacjach.

Finlandia – ogłosiła kolejne przesunięcia terminu podłączenia do sieci energetycznej bloku typu EPR w EJ Olkiluoto do października 2021 r. i rozpoczęcia regularnej produkcji energii elektrycznej w lutym 2022 r. Nieprzerwanie planowana jest budowa jednoblokowej elektrowni EJ Hanhikivi. W 2010 r. parlament podjął zasadniczą decyzję o budowie, ale dopiero w grudniu 2020 r. dostarczono pełną dokumentację Wstępnego Raportu Bezpieczeństwa do fińskiego urzędu dozoru jądrowego (STUK). Warto tu wspomnieć o modernizacji EJ Loviisa z dwoma blokami o mocy nominalnej po 440 MWe (420 MWe netto) każdy. Obecnie zmodernizowano je do mocy 507 MWe netto, co wymagało zainstalowania nowych dwóch generatorów na każdy blok i ze zdziwieniem przeczytaliśmy, że wykonała je w Polsce firma EthosEnergy z Lublińca.⁴

Francja – również ogłosiła przesunięcie terminu pierwszego załadunku paliwa do reaktora EPR w EJ Flamanville na koniec 2022 r. Po licznych dyskusjach i zmianach decyzji zdecydowano się wyłączyć z eksploatacji dwa pierwsze bloki EJ Fessenheim należące do najstarszych bloków serii 900 MWe, pracujących odpowiednio od 1977 i 1978 r., czyli ponad pierwotnie przewidywany dla nich 40-letni okres eksploatacji. Ostatnio francuski urząd dozoru jądrowego ASN wyraził zgodę na pracę pozostałych reaktorów z tej serii do 50 lat po wprowadzeniu niezbędnych modyfikacji.

Indie – podobnie, jak Chiny idą własną drogą i opierają swoją energetykę jądrową głównie na reaktorach ciężkowodnych (PHWR), najpierw o mocy 200 MWe, a w ubiegłym roku przeprowadziły doświadczenie kry-

tyczne w pierwszym z 15 reaktorów o mocy 700 MWe tj. w bloku nr 3 w EJ Kakrapar (synchronizacja z siecią nastąpiła w styczniu br.). Oprócz tego w tym kraju pracują 2 bloki typu WWER-1000 w EJ Kudankulam, a 2 dalsze znajdują się w budowie w tej samej lokalizacji.

Korea Południowa – która może być dostawcą technologii jądrowej dla Polski, zanotowała w ubiegłym roku wzrost produkcji energii elektrycznej w elektrowniach jądrowych o 9,8% do poziomu 160,2 TWh. Kraj ten eksploatuje obecnie 24 energetyczne reaktory jądrowe o sumarycznej mocy 23,17 GWe, a 4 reaktory typu APR1400 o mocy 5,36 GWe znajdują się w budowie. Ponadto Korea uruchomiła w ubiegłym roku jeden taki reaktor w Zjednoczonych Emiratach Arabskich, a 3 pozostają w budowie.

Japonia – niestety nie uruchomiła w 2020 r. ponownie żadnego reaktora z tych wyłączonych po katastrofie w EJ Fukushima w 2011 r. Aktualnie 9 bloków uzyskało zezwolenia na uruchomienie, 7 bloków podlega przeglądowi, a dalszych 11 oczekuje na przeprowadzenie przeglądu bezpieczeństwa. Jeśli te wszystkie 27 bloków zostanie uruchomionych to udział ich w produkcji energii elektrycznej będzie wynosił 20-22%.

Niemcy – planują wyłączenie wszystkich reaktorów, ale w 2020 r., zgodnie z przyjętym harmonogramem, nie wyłączono żadnego bloku. Tymczasem trwa publiczna dyskusja, czy należy przedwcześnie wyłączać reaktory, które mogą jeszcze pracować, ale decyzja o wyłączeniu wszystkich bloków do końca 2022 r. nadal obowiązuje.

Rosja – zanotowała wzrost produkcji energii elektrycznej w 2020 r. o 3,3% i wyprodukowano 217,7 GWh energii elektrycznej w 37 pracujących blokach, co stanowi 19% całkowitej produkcji energii. Najwięcej energii zostało wyprodukowanej w EJ Rostowska z 4 bloków po 1000 MWe każdy tj. 32,8 GWh. W chwili obecnej ukończono budowę bloku Leningrad-II-2 i kontynuowana jest budowa bloków Kursk-II-1 i Kursk-II-2, a także teoretycznie bloku Baltic-1 w obwodzie kalininogradzkim. Natomiast za granicą Rosja realizuje budowę bloku Ostrowiec-2 na Białorusi, Kudnakulam-3 i -4 w Indiach, Rooppur-1 i -2 w Bangladeszu oraz Akkuyu-1 i -2 w Turcji, wszystkie typu WWER-1000 (różnych rodzajów). Poza tym Rosja przygotowuje się do rozpoczęcia budowy bloków Tianwan-7 i -8 oraz Xudabao-3 i -4 w Chinach, Akkuyu-3 w Turcji, Hanhikivi-1 w Finlandii, Busher-2 w Iranie i Metsamor-3 w Armenii. Na zakończenie trzeba wymienić planowane inwestycje rosyjskich reaktorów w takich krajach jak: Egipt (EJ Dabaa), Indie (Kudnakulam-5 i -6), Węgry (Paks-5 i -6). Przegląd ten stawia Rosję na pierwszym miejscu w świecie pod względem liczby budowanych bloków. Wynika to

⁴ <https://www.cire.pl/item,193431,1,0,0,0,0,kolejna-polska-firma-realizuje-kontrakt-dla-inwestycji-jadrowej-zagranica.html>

z chęci politycznego uzależnienia energetycznego poszczególnych krajów przez fakt łatwego udzielania długoterminowych kredytów lub uzgodnienia prowadzenia eksploatacji przez co najmniej 20 lat i korzystania ze sprzedaży energii elektrycznej, a także braku przerwy produkcyjnej w przemyśle jądrowym. Poza tym w Rosji prowadzone są prace przygotowawcze do budowy drugiej elektrowni pływającej. Pierwsza elektrownia pływająca Akademik Łomonosow z dwoma reaktorami KLT-40S została uruchomiona w 2019 r., po budowie trwającej od ułożenia stępki w 2009 r. i rozpoczęciu instalacji reaktorów w 2013 r. Ostatnio (grudzień 2020) podpisana została umowa w sprawie budowy pierwszego lądowego małego reaktora modułowego (SMR) w Jakucji na Dalekim Wschodzie. Byłby to zaawansowany reaktor wodno-ciśnieniowy typu RITM-200 o mocy elektrycznej 50 MWe. Rosja jako jedyny kraj na świecie eksploatuje dwa prędkie reaktory energetyczne BN-600 i BN-800. W drugim reaktorze załadowano ostatnio w całości paliwo uranowo-plutonowe, typu MOX. Kontynuowana jest również budowa wielozadaniowego reaktora badawczego MBIR dużej mocy w Instytucie Badań Jądrowych w Dimitrowgradzie z terminem uruchomienia w 2028 r.

Stany Zjednoczone (USA) – kontynuują budowę dwóch bloków typu AP1000 w EJ Vogtle, gdzie blok nr 3 wykonany był w grudniu w 96% z planowanym uruchomieniem w listopadzie 2021 r., a blok nr 4 rok później. Będą to pierwsze bloki zbudowane od ponad 30 lat w USA (nie licząc dokończenia w 2016 r. rozpoczętej w 1973 r. budowy bloku Watts Bar-2). Bloki nr 1 i 2 w EJ Surry oczekują na zatwierdzenie kolejnego wniosku o przedłużenie do 80 lat licencji na ich eksploatację.

Szwecja – wyłączyła przedwcześnie kolejny blok jądrowy typu BWR w EJ Ringhals w dniu 31 grudnia i kilka tygodni później (luty 2021 r.) doświadczyła ogromnych braków energii elektrycznej.

Turcja – trwa budowa 4 bloków w EJ Akkuyu zgodnie z pierwotnymi planami i kolejne bloki mają być uruchamiane w odstępach rocznych od 2023 do 2026 r., przy czym budowa pierwszego bloku rozpoczęła się w 2018 r.

Węgry – przygotowują się do rozpoczęcia budowy drugiego etapu EJ Paks wyposażonej w reaktory typu WWER o mocy 1200 MWe, a w pierwszym etapie zbudowano tu 4 bloki o mocy 440 MWe w latach 1982-1987.

Wielka Brytania – realizuje budowę 2 bloków typu EPR w EJ Hinkley Point C i nie przewidywane są opóźnienia z powodu epidemii koronawirusa, tak że pierwszy blok powinien być uruchomiony do końca 2025 r.

Zjednoczone Emiraty Arabskie – z dumą ogłosiły uruchomienie pierwszego bloku reaktora konstrukcji koreańskiej typu APR1400 w EJ Barakah i kontynuują budowę trzech pozostałych. Nie obyło się przy tym bez rocznego opóźnienia, gdyż zakończenie budowy pierwszego bloku ogłoszono w lutym 2019 r., ale brakowało wyszkolonego i posiadającego odpowiednie uprawnienia personelu, co spowodowało przesunięcie prawie o rok uruchomienia tego bloku. Budowa drugiego bloku zakończyła się w lipcu 2020 r. i obecnie oczekuje on na uruchomienie.

Energetyka jądrowa w Polsce

Patrząc z perspektywy początku 2021 r. jako najważniejsze wydarzenie ubiegłego roku należy uznać uchwalenie przez rząd aktualizacji Programu Polskiej Energetyki Jądrowej (PPEJ) w październiku 2020 r. W drugiej kolejności jest podpisanie porozumienia między Polską i USA o współpracy w cywilnym sektorze jądrowym. A trzecim wydarzeniem, mającym miejsce już w 2021 r. było przyjęcie przez rząd Polityki Energetycznej Polski do 2040 r. (PEP2040), nad którą prace trwały cały rok.

Program Polskiej Energetyki Jądrowej (PPEJ) w swoich zasadniczych konkluzjach nie różni się od wersji przyjętej w 2014 r. oprócz przesunięcia terminu, czyli planowana jest budowa 6 bloków o łącznej mocy 6000-9000 MWe uruchamianych co 2 lata od 2033 r. czyli do 2043 r. (zakres podanej mocy zależy od tego, czy będą to bloki AP1000 o mocy 1100 MWe, czy EPR o mocy 1600 MWe). W tej chwili trwają (już bardzo długo, bo od 2014 r.) badania środowiskowe i lokalizacyjne w Żarnowcu i Kopalinie-Lubiatowie (trzecia proponowana lokalizacja w Gąskach została skreślona po protestach okolicznych mieszkańców) i aktualnie oczekuje się podjęcia decyzji o wyborze dostawcy technologii, sposobu finansowania i ostatecznej lokalizacji pierwszego bloku. Patrząc z szerszej perspektywy, należy się cieszyć, że prace nad PPEJ doznały dużego przyspieszenia, z początkiem sierpnia przedstawiono je do konsultacji publicznych. Po dwóch tygodniach zebrano opinie i opracowywano je do początku października. Podczas konsultacji zgłoszono ogółem 517 uwag przez 57 podmiotów gospodarczych, organizacji społecznych (w tym Polskie Towarzystwo Nukleoniczne – PTN, Stowarzyszenie Ekologów na Rzecz Energii Nuklearnej – SEREN i Obywatelski Ruch na rzecz Energetyki Jądrowej) i osób prywatnych. Wyniki konsultacji ogłoszono jednego dnia, a już następnego dnia (9 października) zostały przyjęte przez rząd. Przeglądając zgłoszone uwagi w czasie tych konsultacji, to poza zasadniczą negatywną oceną wyrażoną przez Polskie Stowarzyszenie Energetyki Wiatrowej słowami „Prezentowaną w programie wizję [energetyki jądrowej] oceniamy jako nieefektywną zarówno z punk-

tu widzenia ekonomicznego, jak i środowiskowego” oraz zastrzeżeniami, dlaczego musi upłynąć kolejnych 13 lat do uruchomienia pierwszego reaktora i uwagami precyzującymi pewne sformułowania, to najwięcej wątpliwości. Najwięcej wątpliwości wzbudziło kategoryczne odrzucenie sugestii, by zająć się również małymi reaktorami modułowymi – SMRami. Skrót ten występuje aż 117 razy w opublikowanych wynikach konsultacji, a najczęściej powtarzającym się zarzutem jest stwierdzenie, że reaktory SMR będą dostępne komercyjnie dopiero ok. 2040 r. Natomiast wielu dyskutantów twierdziło, że będzie to znacznie wcześniej i pierwsze reaktory mogą powstać już ok. 2028 r. Reaktory SMR, które mogą być interesujące dla Polski, zostaną przedstawione w dalszej części artykułu.

Porozumienie o współpracy między Polską i USA

w cywilnym sektorze jądrowym podpisano w październiku 2020 r. na okres trzydziestu lat. Pierwszym etapem ma być przygotowanie przez Amerykanów w ciągu 18 miesięcy propozycji finansowej i technicznej umożliwiającej budowę pierwszej polskiej elektrowni jądrowej. W perspektywie wieloletniej umowa definiuje zakres współpracy między Polską i Stanami Zjednoczonymi. Teraz pozostaje nam tylko czekać na wyniki tych prac, w których będą uczestniczyli przedstawiciele obu rządów, agend i instytucji finansowych oraz eksperci z sektora energetyki. Pierwszym rezultatem tego porozumienia jest przypuszczalnie podpisanie porozumienia amerykańskiego Export-Import Banku i Ministerstwa Klimatu i Środowiska o współpracy przy finansowaniu projektów wspierających transformację klimatyczną w Polsce, a w tym między innymi energetykę jądrową.

Polityka Energetyczna Polski do 2040 r. (PEP2040) potwierdza termin uruchomienia pierwszego bloku jądrowego w 2033 r. i uzasadnia to potrzebami nowych mocy w systemie energetycznym oraz zobowiązaniami redukcji emisji CO₂. Ustalenia te są bardzo słuszne, ale jeśli chcemy, by w tym terminie pracowała już elektrownia jądrowa na pełnej mocy, (a ponieważ wiadomo, że należy liczyć się z opóźnieniami uruchomienia pierwszego bloku jądrowego w każdym kraju), to planowane uruchomienie należy przyspieszyć o co najmniej 2 lata, czyli do 2031 r. Czy jest to możliwe i co należy zrobić w tym względzie to już inne pytanie.

Ministerstwo Klimatu, a następnie Ministerstwo Klimatu i Środowiska w odniesieniu do energetyki jądrowej na swojej stronie internetowej zamieściło w 2020 r. następujące informacje:

- W trakcie wizyty w Japonii w dniach 19-22 stycznia minister Michał Kurtyka odwiedził Japońską Agencję Energii Atomowej (Japan Atomic Energy Agency) oraz Centrum Badań i Rozwoju w Oarai.

- Podczas rozmowy z sekretarzem handlu USA Wilburem Rossem w dniu 14 lutego pełnomocnik rządu ds. strategicznej infrastruktury energetycznej Piotr Naimski wskazał, że energia jądrowa ma być ważnym elementem polskiego mixu energetycznego w kontekście wyzwań dla Polski związanych z celami polityki energetycznej i klimatycznej UE. Zaznaczył też, że „Polska jest zainteresowana pogłębieniem dwustronnej współpracy strategicznej w dziedzinie energii jądrowej i rozwojem współpracy w tym obszarze między firmami z Polski i USA”.
- Podczas trzeciego dialogu strategicznego Polska-USA w Waszyngtonie w dniach 26-27 lutego z udziałem ministra Michała Kurtyki i ministra Piotra Naimskiego oraz sekretarza ds. energii Stanów Zjednoczonych Dana Brouillette’a, ministrowie potwierdzili zaawansowaną współpracę w dziedzinie energii jądrowej między Polską i USA. „Chcemy, aby energia jądrowa jako zeroemisyjne źródło energii, była ważnym komponentem polskiego mixu energetycznego w kontekście wyzwań związanych z celami polityki energetyczno-klimatycznej UE” – powiedział minister Kurtyka.
- Zdaniem ministra klimatu realizacja elektrowni jądrowej w Polsce pozwoli ograniczyć krajową emisję gazów cieplarnianych i zanieczyszczeń powietrza z sektora energii oraz zapewni stabilność dostaw i bezpieczeństwo energetyczne. Jak zaznaczył Michał Kurtyka, minister klimatu, Polska liczy na udział USA w realizacji programu polskiej energetyki jądrowej. „Jesteśmy zainteresowani także pogłębieniem bilateralnej współpracy w obszarze energetyki jądrowej pomiędzy firmami z Polski i USA” – poinformował minister.
- Prezes Rady Ministrów Mateusz Morawiecki 11 maja na wniosek ministra klimatu Michała Kurtyki, powołał na stanowisko prezesa Państwowej Agencji Atomistyki dr. Łukasza Młynarkiewicza, dotychczas p.o. prezesa PAA.
- Minister klimatu Michał Kurtyka powołał 1 czerwca Krzysztofa Madaję na stanowisko dyrektora Zakładu Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych.
- Państwowa Agencja Atomistyki będzie rozbudowywać sieć stacji wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych. Do końca roku łącznie 15 nowych urządzeń będzie monitorować wschodnią granicę Polski. W obecności ministra klimatu Michała Kurtyki oraz ministra środowiska Michała Wosia w dniu 14 lipca zostały podpisane w tej sprawie listy intencyjne z wojewodami oraz porozumienie ramowe z Dyrektorem Generalnym Lasów Państwowych.
- Ministerstwo Klimatu w dniu 6 sierpnia skierowało do konsultacji publicznych projekt uchwały Rady Ministrów w sprawie aktualizacji wieloletniego „Programu Polskiej Energetyki Jądrowej”.

- Minister Michał Kurtyka przedstawiając w dniu 8 września dokument „Polityka energetyczna Polski do 2040 r.” stwierdził, że w 2040 r. ponad połowę mocy zainstalowanych będą stanowić źródła zero-emisyjne. Szczególną rolę odegra w tym procesie wdrożenie do polskiego systemu elektroenergetycznego morskiej energetyki wiatrowej i uruchomienie elektrowni jądrowej. Będą to dwa strategiczne nowe obszary i gałęzie przemysłu, które zostaną zbudowane w Polsce.
- Szef resortu klimatu Michał Kurtyka występując na Forum Ekonomicznym w Karpaczu w dniu 9 września powtórzył dokładnie informację podaną poprzedniego dnia.
- Minister Klimatu Michał Kurtyka 10 września na wniosek Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki dr. Łukasza Młynarkiewicza, powołał na stanowisko Wiceprezesa Państwowej Agencji Atomistyki Andrzeja Głowackiego, dotychczasowego dyrektora Departamentu Bezpieczeństwa Jądrowego PAA.
- Minister Michał Kurtyka w dniu 10 września podczas panelu World Nuclear Association w wystąpieniu „Energetyka atomowa jest szansą dla polskiego przemysłu” stwierdził, że Polska to kraj, w którym, w przeciwieństwie do pozostałych państw Europy Środkowo-Wschodniej, za poprzedniego ustroju nie powstały elektrownie atomowe. Z tego względu, nasz miks energetyczny obciążony jest bardzo wysokim udziałem węgla. Obecnie stoimy przed ogromnym wyzwaniem, jakim jest przebudowa systemu elektroenergetycznego. Dużą rolę ma w nim odegrać czysta energia z atomu. „Wnioski z raportów IPCC (Międzynarodowego Zespołu ds. Zmian Klimatu) i IEA (Międzynarodowej Agencji Energetycznej) jasno wskazują na znaczący potencjał energii jądrowej w osiągnięciu wymiernych i radykalnych redukcji emisji gazów cieplarnianych w skali globalnej” powiedział minister klimatu.
- Rada Ministrów przyjęła w dniu 2 października uchwałę w sprawie aktualizacji rządowego programu wieloletniego pt. Program Polskiej Energetyki Jądrowej, przedłożoną przez ministra klimatu. W tej chwili dokument oczekuje na ogłoszenie w Dzienniku Urzędowym Monitor Polski. Celem Programu Polskiej Energetyki Jądrowej, jest budowa oraz oddanie do eksploatacji w Polsce elektrowni jądrowych o łącznej mocy zainstalowanej od ok. 6 do ok. 9 GWe w oparciu o sprawdzone, wodne ciśnieniowe reaktory jądrowe generacji III(+).
- Perspektywy rozwoju energetyki jądrowej w Europie, w kontekście Zielonego Ładu, to główny temat sesji podczas konferencji „High Temperature Reactors for deep decarbonisation: the Polish example from the Gemini+ research project towards demonstration”. W wydarzeniu, które odbyło się 25 listopa-

da, wziął udział minister klimatu i środowiska Michał Kurtyka.

- Wiceminister klimatu i środowiska Piotr Dziadzio spotkał się 10 grudnia z Prezes Export-Import Bank of the United States panią Kimberly Reed w celu omówienia możliwości współpracy w polskim sektorze energetycznym, w tym przy projekcie jądrowym. Podczas rozmów przedstawiciele obu delegacji podkreślili wagę energetyki jądrowej dla walki ze zmianami klimatu zaznaczając, że jest to technologia zero-emisyjna i podnosząca bezpieczeństwo energetyczne. Strona polska podkreśliła, że oczekuje partnerstwa przy realizacji Programu Polskiej Energetyki Jądrowej, na wiele dekad.

Państwowa Agencja Atomistyki, urząd dozoru jądrowego w Polsce w swojej aktywności w 2020 r., również w odniesieniu do energetyki jądrowej, skupiła się na następujących zagadnieniach:

- współpraca polsko-amerykańska w zakresie ochrony fizycznej obiektów i materiałów jądrowych oraz źródeł promieniotwórczych (07 lutego),
- spotkania dwustronne prezesa PAA dra Łukasza Młynarkiewicza z szefami urzędów dozoru jądrowego z Francji Bernardem Doroszczukiem (04 lutego) i ze Słowacji panią Martą Žiakovą (21 lutego),
- szkolenie dotyczące oceny zagrożeń oraz podstawowego zagrożenia projektowego obiektów jądrowych (06 marca),
- publikacja Raportu Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki za 2019 r. (16 lipca),
- zatwierdzenie raportu z oceny okresowej bezpieczeństwa reaktora MARIA (23 października),
- prowadzenie wstępnego dialogu regulacyjnego z firmą Synthos Green Energy S.A. w sprawie dokonania oceny bezpieczeństwa planowanego reaktora BWRX-300 (2 listopada),
- udział prezesa i wiceprezesa Andrzeja Głowackiego w spotkaniu plenarnym Europejskiej Grupy Regulatorów Jądrowych ENSREG (9-10 listopada) i międzynarodowym Forum Współpracy Dozorowej RCF (17-18 listopada),
- udział prezesa w cyklicznym Spotkaniu Grupy Szefów Europejskich Urzędów Dozoru Radiologicznego HERCA (19-20 listopada) i w posiedzeniu Komitetu ds. Działalności Dozorów Jądrowych (CNRA) Agencji Energii Jądrowej NEA OECD (30 listopada do 1 grudnia).

Narodowe Centrum Badań Jądrowych eksploatuje jedyny w Polsce reaktor badawczy MARIA i jego praca w 2020 r. przebiegała zgodnie z harmonogramem, a roczne sprawozdanie zamieszczone jest w tym numerze PTJ.

Temat energetyki jądrowej był w 2020 r. przedmiotem trzech ogólnodostępnych dyskusji/seminariów, wsparcia przez SEP, konferencji NUTECH2020 i posiedzenia Komitetu Elektrotechniki Polskiej Akademii Nauk, co wymaga zauważenia w rocznym sprawozdaniu:

1. Instytut Jagielloński i Studenckie Koło Energetyki SGH zorganizowało debatę „Budować czy nie budować elektrownię jądrową” (25 luty) z głosami mniej więcej równo podzielonymi na tak i nie,
2. Partia Zieloni zorganizowała (4 marca) w Sejmie debatę pt. „Atom – technologia jutra czy technologia przeszłości?” w czasie której pan Mycle Schneider omówił „Raport o stanie światowego przemysłu jądrowego 2019”, którego jest jednym z dwóch prowadzących autorów i zakończył konkluzją, że „energetyka jądrowa jest najkosztowniejsza i wprowadzenie jej zajmuje najwięcej czasu ze wszystkich technologii niskoemisyjnych”, a wniosek o „konieczności walki ze zmianami klimatycznymi poprzez inwestycje w najbardziej efektywne technologie jest słuszny” i tą technologią są odnawialne źródła energii (OZE),
3. Fundacja Instytut na rzecz Ekorozwoju i Fundacja im. Heinricha Bölla zorganizowali seminarium w Warszawie (2 lipca) połączone z prezentacją broszury „Czy zasadny jest rozwój energetyki jądrowej w Polsce?” i jak można się było spodziewać, cytując za udostępnioną informacją prasową „Autorzy [raportu] piszą, że trudno jest określić rozwój technologii [jądrowej] i jej cen w perspektywie kilkunastu lat, lecz wskazują, że przyszłość polskiej energetyki to zapewne nowe elektrownie wiatrowe (na lądzie i morzu) oraz słoneczne, poprawa efektywności energetycznej oraz magazynowanie energii w większej skali, a także rozbudowa połączeń transgranicznych, a w przyszłości postawienie na zielony wodór.”
4. Stowarzyszenie Elektryków Polskich przypomniało o wspieraniu energetyki jądrowej wyrażone na kolejnych Kongresach Elektryki Polskiej w latach 2009, 2014 i 2019 i złożyło deklaracje pełnego włączenia potencjału SEP w program budowy energetyki jądrowej w Polsce (17 lipiec)
5. Konferencja NUTECH2020 (4-7 października) odbyła się w Instytucie Chemii i Techniki Jądrowej w formie hybrydowej i poświęcona była rozwojowi i zastosowaniom technologii jądrowych. Streszczenia referatów dostępne są na stronie internetowej⁵, a jej omówienie zostało zamieszczone w PTJ.⁶ W konferencji wzięło udział 100 naukowców z całego świata, w tym 38 z zagranicy. Na konferencję zgłoszono łącznie 92 abstrakty, w tym 45 prezentacji ustnych oraz 47 prezentacji posterowych w postaci krótkich (5 min) komunikatów. W omówieniu konferencji

warto zwrócić uwagę na trzy referaty polskich autorów dotyczące ogólnych zagadnień energetyki jądrowej z sesji plenarnej, a mianowicie: „Polski projekt GOSPOSTRATEG-HTR – co zostało zrobione i co pozostało do zrobienia” (prof. Mariusz Dąbrowski), „Współczesne technologie wytwarzania energii i strategia optymalnego wyboru miksu energetycznego (dr Ziemowit Iwański) i „Reaktory wysoko temperaturowe – dobry wybór dla Polski by rozpocząć projekt rozwoju energetyki jądrowej” (prof. Wacław Gudowski). Wybrane referaty zostaną wydrukowane w czasopiśmie Nukleonika.

6. Komitet Elektrotechniki Polskiej Akademii Nauk na zebraniu plenarnym w dniu 25 listopada zapoznał się z referatem prof. Bolesława Zaporowskiego pt. „Budowa bezpiecznego i zeroemisyjnego systemu elektroenergetycznego z elektrowniami jądrowymi w Polsce”. Przeprowadzono dyskusję nad stanowiskiem KE PAN dot. budowy elektrowni atomowej w Polsce i wydano opinię w tej sprawie⁷. W podsumowaniu tej opinii czytamy: „Oznacza to [transformacja technologiczna] wyzwanie dla polskiej elektroenergetyki rozpoczęcia budowy bezpiecznego, zeroemisyjnego systemu elektroenergetycznego, którego filarami powinny być elektrownie jądrowe oraz elektrownie wykorzystujące odnawialne źródła energii (OZE), w tym lądowe i morskie elektrownie wiatrowe oraz elektrownie fotowoltaiczne.” Dalej czytamy „W ostatnich latach zostały uruchomione i włączone do systemów elektroenergetycznych w kilku krajach nowoczesne, jądrowe reaktory wodno-ciśnieniowe (PWR) generacji III+, charakteryzujące się wysokim bezpieczeństwem i niezawodnością pracy, takie jak: AP1000 (Westinghouse), EPR 1650 (EdF), WWER1200 (Rosatom), Hualong 1 (CNNC) i APR1400 (KHNP).” W odniesieniu do spraw krajowych stwierdzono, że „Istnieją dwa ważne problemy, które muszą być rozwiązane w związku z wejściem Polski na drogę rozwoju energetyki jądrowej, a mianowicie akceptacja społeczna i efektywność ekonomiczna przedsięwzięcia inwestycyjnego z tym związanego” i „Przyjęcie modelu finansowego przedsięwzięcia inwestycyjnego, w które będzie zaangażowane Państwo i konsorcjum z dostawcą reaktorów i podstawowych urządzeń energetycznych, z gwarancjami zakupu wyprodukowanej energii elektrycznej. Państwo powinno pozwolić, w możliwie krótkim czasie, na rozpoczęcie i terminowe zakończenie realizacji inwestycji, związanych z programem energetyki jądrowej w Polsce, ...”. Opinia ta oznacza zdecydowane poparcie przez Komitet budowy w Polsce wielkoskalowej energetyki jądrowej z pełnym zaangażowaniem państwa.

⁵ <http://www.nutech2020.pl/materials>

⁶ ptj.waw.pl [numer 4-2020, s.44-46]

⁷ http://www.kel.pan.pl/images/stories/Aktualnosci/Opinia_KE_PAN_vs_Elekt_Jadrowp.pdf

Instytut Sobieskiego opublikował dwa raporty omawiające energetykę jądrową w Polsce, których nie można pominąć:

a) „Małe modułowe reaktory (SMR) dla Polski”⁸ (co prawda wydany w grudniu 2019 r.), w którym „autorzy raportu podkreślają, że technologia SMR nie stanowi konkurencji dla obecnego programu jądrowego w Polsce i powinna rozwijać się równocześnie.” Sformułowano wówczas następujące rekomendacje:

1. Polska powinna jak najszybciej wdrożyć program redukcji emisji dwutlenku węgla poprzez ukierunkowanie działań na zwiększenie wykorzystania jądrowych i odnawialnych źródeł energii.
2. Zmiana polityki energetycznej Polski powinna przebiegać w sposób zrównoważony, oparty na synergii źródeł jądrowych i odnawialnych.
3. Polska powinna zmierzać w kierunku stworzenia przyjaznego otoczenia prawnego dla zwiększenia wykorzystania synergii odnawialnych i jądrowych źródeł energii oraz redukcji emisji gazów cieplarnianych.
4. Istnieje w Polsce potencjalny rynek zbytu SMR, nie będący konkurencją dla wielkoskalowej energetyki jądrowej.
5. Tylko zdecydowane działania polskich decydentów mogą skutkować aktywnym uczestnictwem w tworzącym się rynku SMR.
6. Znalezienie finansowania dla projektów SMR bez udziału lub z niewielkim udziałem państwa jest możliwe.

b) „Energetyka Jądrowa dla Polski”⁹ (listopad 2020 r.), który zawiera 8 rekomendacji dla Polski:

1. Energetyka jądrowa to sprawdzone zeroemisyjne źródło energii, które powinno być wdrożone w Polsce.
2. Energetyka jądrowa to technologia bezpieczna.
3. Energetyka jądrowa jest niezbędna w realizacji neutralności klimatycznej przez Polskę.
4. Energetyka jądrowa korzystnie oddziałuje na gospodarkę.
5. Elektrownie jądrowe zapewniają tanią energię elektryczną.
6. Poparcie społeczne dla energetyki jądrowej w Polsce jest stabilnie wysokie.
7. Polski przemysł ma doświadczenie przy realizacji projektów jądrowych i skorzysta na rozwoju energetyki jądrowej w Polsce.
8. Model biznesowy dla polskiej energetyki jądrowej powinien uwzględniać zarówno interesy inwestorów, jak i odbiorców energii.

Na zapoznanie się uzasadnieniem przytoczonych rekomendacji w obu raportach odsyłam czytelnika do samych raportów (adresy dostępu podane przy tytułach raportów).

⁸ Raport-SMR-dla-Polski-Instytut-Sobieskiego-12-2019.pdf

⁹ ENERGETYKA_JADROWA_E-BOOK.pdf (sobieski.org.pl)

Przedstawiciele polskiego przemysłu w ramach swoich możliwości uczestniczą w przetargach na dostawę różnych urządzeń do elektrowni jądrowych, i tak w 2020 r. ukazały się informacje, że:

- firma EthosEnergy zrealizowała pierwszą część kontraktu na projektowanie, dostawę i uruchomienie nowych generatorów w EJ Loviisa w Finlandii w ramach modernizacji i zwiększenia mocy pracujących tam generatorów,¹⁰
- firma APS Energia wyposaży w systemy zasilania bezprzerwowego bloki w EJ Akkuyu w Turcji,¹¹
- firma Rockfin dostarczy krytyczne elementy maszynowni – układów pomocniczych turbin parowych oraz turbogeneratorów do EJ Hinkley Point C w Wielkiej Brytanii i EJ Akkuyu w Turcji.¹²

Zagadnienie małych reaktorów modułowych

(SMR) było w latach poprzednich i w 2020 r. przedmiotem wielu publikacji i dyskusji. Trudno zrozumieć, dlaczego autorzy i recenzenci (jeśli tacy byli) Programu Polskiej Energetyki Jądrowej traktują jednakowo wszystkie małe reaktory modułowe (SMR) bez uwzględnienia stopnia zaawansowania poszczególnych konstrukcji twierdząc, że będą one dostępne komercyjnie dopiero ok. 2040 r. W tym kontekście pojawia się pytanie, o jakie małe reaktory chodzi i w jakiej technologii wykonane. Jeśli można się zgodzić, że nowe technologie reaktorów chłodzonych gazem (hel) lub ciekłym metalem (sód), czy na krążących w obiegu ciekłych solach zawierających materiał rozszczepialny (uran lub tor) będą dostępne w tym odległym terminie, to istnieją co najmniej trzy dobrze znane rozwiązania techniczne reaktorów wodno-ciśnieniowych, które mogą być uruchomione znacznie wcześniej. Do nich należy:

- zestaw 12 reaktorów firmy NuScale o łącznej mocy 924 MWe (po ostatnich zmianach) umieszczonych obok siebie w jednej hali,
- zintegrowany reaktor wodno-ciśnieniowy (iPWR) typu SMR-160 firmy Holtec Int. o mocy 160 MWe,
- reaktor wodno-wrzący typu BWRX-300 firmy General Electric Hitachi o mocy 300 MWe.

Wszystkie one są przedmiotem mniejszego lub większego zainteresowania w takich krajach jak: USA, Kanada, Estonia, Czechy, Rumunia, Ukraina i Polska. Dwie ostatnie konstrukcje amerykańskich firm mogą być interesujące dla Polski, gdyż oferują pojedyncze bloki o mocy w przedziale 160-300 MWe, a ich uruchomienia w USA i/lub w Kanadzie można spodziewać się przed 2030 r. Ta ostatnia konstrukcja (BWRX-300) została praktycznie sprawdzona w dwóch pracujących wiele lat blokach

¹⁰ Kolejna polska firma realizuje kontrakt dla inwestycji jądrowej zagranicą - Serwis informacyjny (cire.pl)

¹¹ Polska firma dostarczy komponenty do budowanej w Turcji elektrowni jądrowej - Serwis informacyjny (cire.pl)

¹² Polska firma Rockfin z kontraktem 30 mln zł dla elektrowni jądrowej na Węgrzech - Serwis informacyjny (cire.pl)



Fot. 1. Widok dwublokowej elektrowni jądrowej z reaktorem BWRX-300 (za zezwoleniem GEH Nuclear Energy Americas LLC)
Photo 1. General view of NPP with two BWRX-300 reactors

o mocy 65 MWe (EJ Humboldt Bay w USA) i 60 MWe (EJ Dodewaard w Holandii) oraz podobny zaprojektowany reaktor (ESBWR) o mocy 1520 MWe uzyskał licencję amerykańskiego urzędu dozoru jądrowego (US NRC), ale ze względów finansowych nigdzie nie został zbudowany. Reaktor BWRX-300, szczegółowo opisany w miesięczniku Energetyka¹³, jest na pewno bliżej realizacji, gdyż od 2019 r. zajmuje się nim w Polsce spółka Synthos Green Energy (SGE) należąca do Michała Sołowowa właściciela kombinatu chemicznego w Oświęcimiu. Przewidywana jest jego budowa w tym kombinacie jako zero-emisyjnego źródła energii elektrycznej pracującego w podstawie zasilania. Dla tej spółki amerykański koncern Exelon Generation przygotował studium wykonalności tego reaktora w Polsce, a SGE rozpoczął już z PAA dialog regulacyjny dotyczący możliwości wydania zezwolenia na jego budowę. Reaktor ten jest przedmiotem zainteresowania w kilku krajach i wspólne działanie na tym polu powinno być bardzo korzystne, szczególnie przy wykorzystaniu potencjału polskiego przemysłu. Opublikowany został projekt widoku dwublokowej elektrowni z tym reaktorem (fot.1), na którym można zauważyć zastosowanie chłodni wentylatorowych do chłodzenia skraplacza pary za turbiną jako uzupełnienie chłodzenia wodą z rzeki.

Argumenty merytoryczne przemawiające za podjęciem dyskusji o budowie wielu reaktorów o mniejszej mocy (termin mała moc jest tu mylący, gdyż rozważano reaktory o mocy powyżej 200 MWe) niż obecnie rozważane reaktory wielkoskalowe przedstawione zostały w liście do redakcji PTJ¹⁴ i warto je tu przytoczyć:

Argumentami za budową reaktorów o mocy 200-400 MWe jest to, że mogą być one zrealizowane: znacznie wcześniej, taniej w perspektywie niższego kredytu

¹³ A. Mikulski: Małe reaktory modułowe – reaktor BWRX-300, Energetyka, nr 12/2020, s.648-653

¹⁴ A. Mikulski: Duże czy małe – polemika z dr. Józefem Sobolewskim, PTJ nr 4/2020, s.73

zaciąganego w momencie rozpoczynania kolejnych inwestycji, przy większym udziale rodzimego przemysłu, znacznie jaśniejszych perspektywach eksportu, a poza tym mniejsze reaktory łatwiej wpisują się w nasz system energetyczny.

Reaktor BWRX-300 stanowi konstrukcję sprawdzoną w praktyce i możliwą do zbudowania w miejscach przewidzianych do budowy na Pomorzu oraz w miejscach likwidowanych elektrowni na węgiel brunatny, czyli w Bełchatowie i Pątnowie.

Podsumowanie

Podsumowując przedstawione informacje, można stwierdzić, że sprawy energetyki jądrowej w Polsce w 2020 r. nabrały pewnego rozpędu po latach zastoju. Wymagane jest jednak dalsze przyspieszenie prac, by zapewnić uruchomienie pierwszego wielkoskalowego bloku w 2033 r. lub wcześniej, jak zapisano w dokumencie PPEJ. Innym kierunkiem działania może być rozwiązanie wspólnie w ramach współpracy z USA ewentualnych korzyści z budowy kilku małych reaktorów modułowych (przykładowo reaktor BWRX-300) w Polsce i na eksport do zainteresowanych krajów w Europie.

Przedstawiony materiał przeglądowy oparty jest na powszechnie dostępnych, wiarygodnych materiałach z portali internetowych i mimo wielkiej staranności w zbieraniu informacji autor nie rości sobie pretensji, że materiał jest kompletny w stu procentach.

*dr inż. Andrzej Mikulski,
 Polskie Towarzystwo Nukleonicy,
 Warszawa*

PRACA REAKTORA BADAWCZEGO MARIA W 2020 ROKU

Research reactor MARIA operation in 2020

Piotr Witkowski

Streszczenie: Wysokostrumieniowy reaktor badawczy MARIA, eksploatowany w Narodowym Centrum Badań Jądrowych w Świerku, wykorzystywany jest do produkcji radioizotopów oraz do prowadzenia badań z wykorzystaniem wiązek neutronów. W artykule opisano parametry techniczne reaktora i charakterystykę jego pracy w 2020 r.

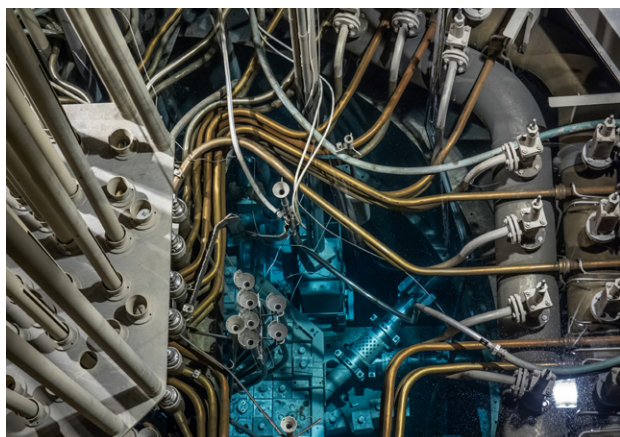
Abstract: The MARIA high-flux research reactor operated at the National Centre for Nuclear Research at Swierk (Poland) is used for targets irradiation and to run physical experiments. The technical parameters of the reactor and characteristics of its operation in 2020 are presented.

Słowa kluczowe: reaktor MARIA, Narodowe Centrum Badań Jądrowych (NCBJ), eksploatacja reaktora MARIA w 2020 r.

Keywords: MARIA reactor, National Center for Nuclear Research (NCNR), operation of MARIA reactor in 2020

Wysokostrumieniowy reaktor badawczy MARIA, eksploatowany w Narodowym Centrum Badań Jądrowych w Świerku, wykorzystywany jest do produkcji izotopów promieniotwórczych dla potrzeb medycyny i przemysłu oraz do prowadzenia badań fizycznych. Jest to reaktor kanałowo-basenowy z paliwem umieszczonym w matrycy berylowej otoczonej reflektorem grafitowym, moderowany i chłodzony zwykłą wodą. Nominalna moc cieplna reaktora wynosi 30 MW przy strumieniu neutronów termicznych równym $2 \cdot 10^{14}$ n/(cm²s). W 2020 r. wykorzystywane były dwa rodzaje elementów paliwowych: typu MC-5 i MR-6, o wzbogaceniu 19,75% oraz 19,7% w izotop U-235 (tzw. paliwo LEU) w kształcie 5 lub 6 koncentrycznych rur o długości 1000 mm koszulkowanych aluminium.

Na fot. 1. przedstawiono widok z góry rdzenia reaktora MARIA wraz widocznymi rurociągami i kolektorami doprowadzającymi i odprowadzającymi wodę chłodzącą z kanałów paliwowych.



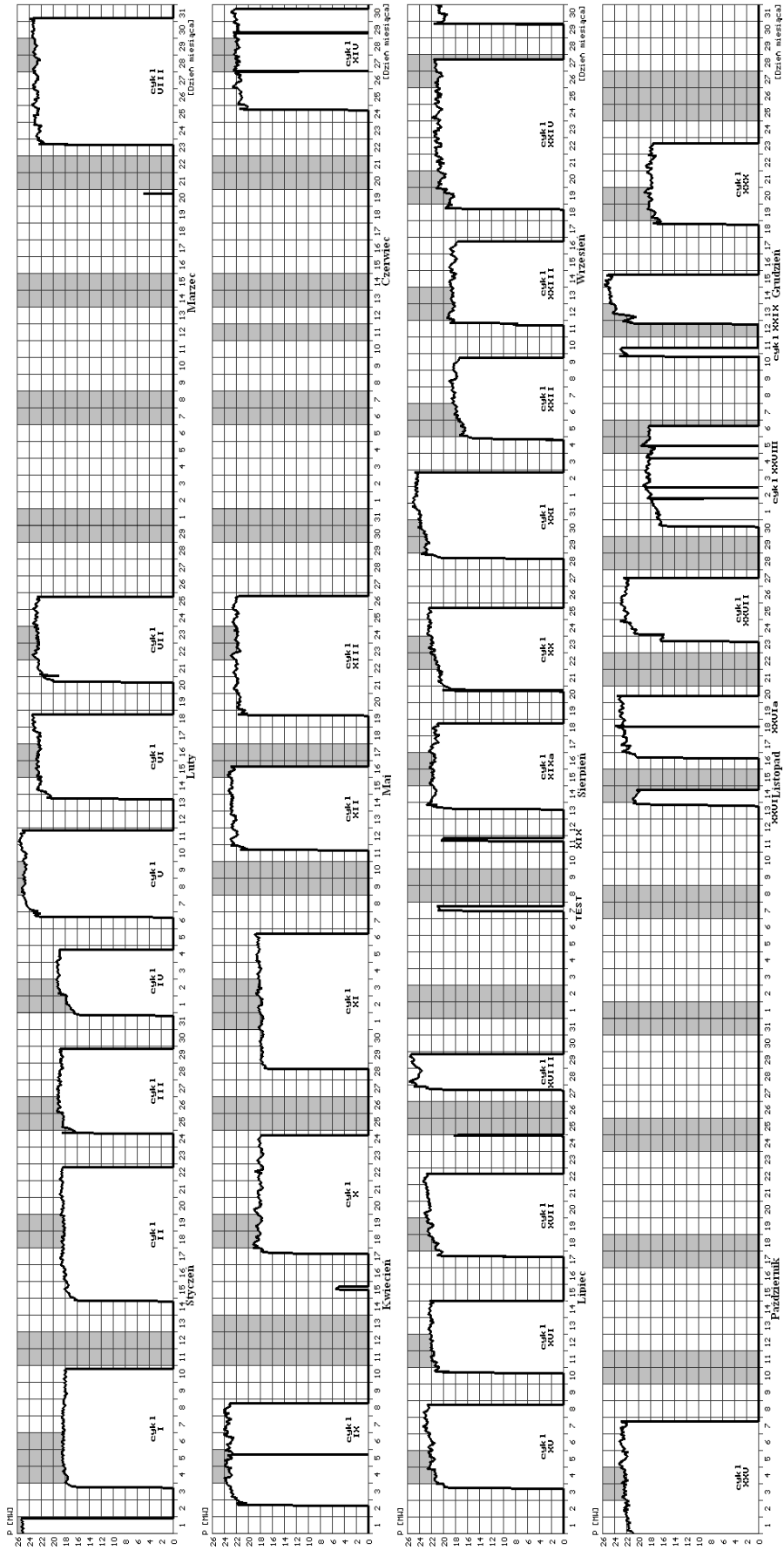
Fot. 1. Widok rdzenia reaktora MARIA (fot. NCBJ)
Photo 1. View of the MARIA reactor (photo NCBJ)

W roku 2020 reaktor MARIA przepracował łącznie 4058 godzin na mocy cieplnej od 18 do 27 MW, co przedstawiono na załączonym zestawieniu (rys. 1). Eksploatacja reaktora dostosowana była w szczególności do zapotrzebowań na napromienianie płytek uranowych do produkcji molibdenu (Mo-99) dla amerykańskiej firmy Curium oraz do zapotrzebowania Ośrodka Radioizotopów POLATOM, Instytutu Chemii i Techniki Jądrowej na napromienianie materiałów tarczowych oraz realizacji programów badawczych.

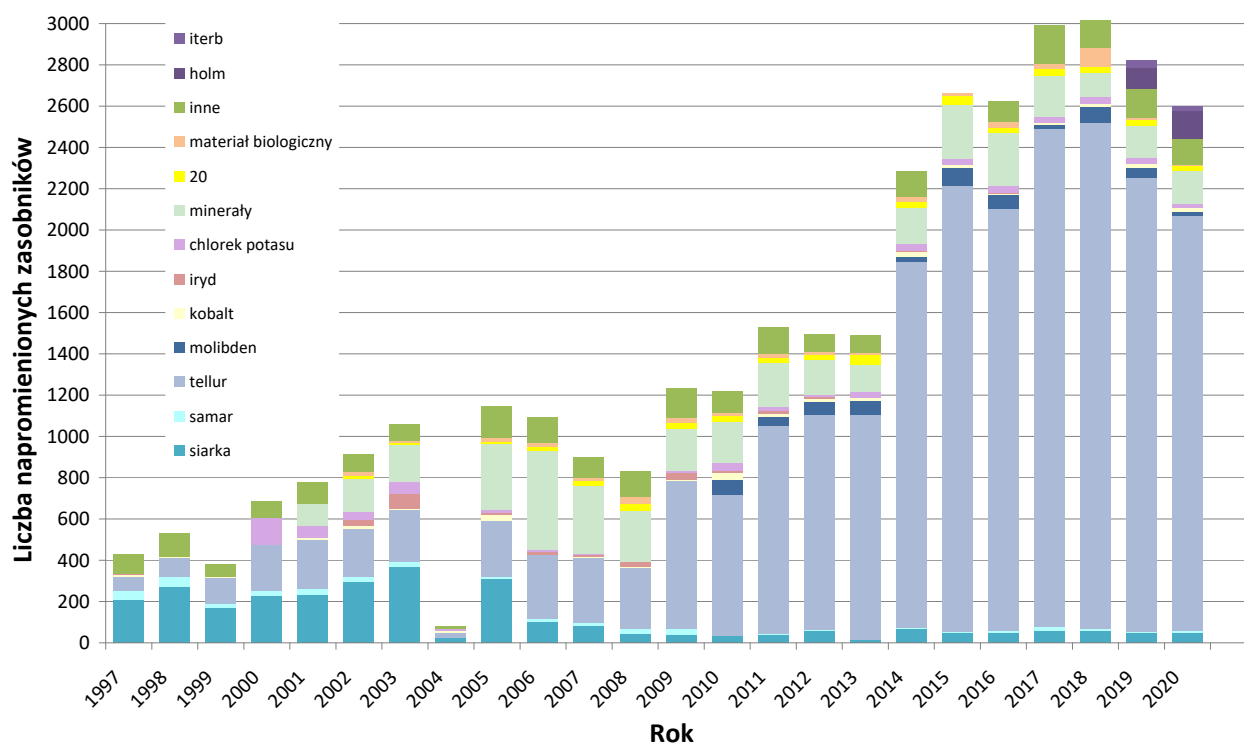
Zestawienie pracy reaktora „MARIA” w 2020 roku

Napromieniania dotyczyły głównie takich materiałów tarczowych jak: dwutlenek telluru (do produkcji I-131), siarka (do produkcji P-32), chlorek potasu (do produkcji S-35), iryd, bromek potasu, związki samaru, lutet, lantan, miedź, kobalt, próbki materiałów alkalicznych, biologicznych i geologicznych. Całkowita aktywność napromienionych materiałów wyniosła ok. 1200 TBq oraz 1658,7 TBq dla molibdenu-99. Wykaz napromienianych materiałów tarczowych w reaktorze MARIA, w postaci liczby załadowanych zasobników przedstawiono na załączonym zestawieniu (rys. 2). Ponadto w 2020 r. prowadzono napromienianie minerałów, w trzech specjalnych stanowiskach, co wymaga stosowania „nietyposwej” konfiguracji rdzenia reaktora z ośmioma blokami wodnymi zawierającymi filtr, modelujący widmo neutronów (konfiguracja rdzenia jest identyczna jak w 2019 r.¹ z tym, że uległa zmniejszeniu liczba bloków paliwowych po wymianie bloków berylowych na nowe, nie zatrute helem i litem).

¹ I. Owsianko: Praca reaktora badawczego MARIA w 2019 r., PTJ nr 1/2020, s.6-11



Rys. 1. Zestawienie pracy reaktora MARIA w 2020 r. (Opracowanie i wykonanie Andrzej Frydrysiak – DOM EJZ)
 Fig. 1. The MARIA reactor operation diagram in 2020



Rys. 2. Wykaz napromienionych materiałów tarczowych w reaktorze MARIA w 2020 r. Widoczne na wykresie obniżenie liczby napromienionych zasobników w 2004 r. spowodowane było wyłączeniem reaktora z powodu braku paliwa jądrowego

Fig. 2. List of irradiated targets in the MARIA reactor in 2020. Decreased number of irradiated targets in 2004 year was caused by limited hours of reactor operation due to lack of nuclear fuel

W roku 2020 prowadzono komercyjne napromienianie płytek uranowych służących do produkcji molibdenu ($Mo-99$), który to izotop ulega przemianie w technet ($Tc-99m$), będący najbardziej powszechnym na świecie radiofarmaceutykiem stosowanym w diagnostyce medycznej. Płytki uranowe napromieniano w 4 cyklach pracy reaktora, łącznie napromieniono 80 płytek niskowzbożonych (o wzbogaceniu 19,75% w uran-235). Napromienianie płytek prowadzone jest w tzw. kanałach molibdenowych, których konstrukcja jest identyczna jak kanałów paliwowych. Napromienianie realizowane jest w dwóch gniazdach i-6 i f-7 rdzenia reaktora, w czasie wydłużonych cykli pracy reaktora do 120 godz.

W ubiegłym roku prowadzono również współpracę z holenderską firmą QUIREM, w ramach której napromieniono 139 zestawów tarcz holmu w postaci mikrosfer ($Ho-165-PLLA MS$). Napromienione tarcze holmowe wykorzystywane są w selektywnej brachyterapii polegającej na podawaniu mikrosfer, zawierających izotop $Ho-165$ bezpośrednio do tętnicy wątrobowej w leczeniu nowotworu tego organu.

We współpracy z Ośrodkiem Radioizotopów POLATOM zrealizowano cztery testowe napromieniania materiałów tarczowych wzbogaconych do 96%

w izotop telluru. Działania zmierzają z jednej strony do uzyskania większej aktywności I-131 z tarczy, z drugiej do zmniejszenia odpadów promieniotwórczych. W odniesieniu do reaktora pozytywne efekty testów pozwolą na optymalizację wykorzystania kanałów izotopowych.

Można stwierdzić, że opisane wyżej technologie napromieniania zostały sprawdzone technologicznie i stanowią podstawę do przyszłych zastosowań w reaktorze MARIA.

W 2020 r. nie prowadzono badań na wiązkach neutronów wyprowadzanych z kanałów poziomych reaktora przez Środowiskowe Laboratorium Neutronografii. Kanały poziome zostały zamknięte. Rozpoczęto modernizację systemu wentylacji hali fizycznej, co pozwoli na przeprowadzenie jej remontu. Modernizacja umożliwi zainstalowanie, na wylocie kanałów poziomych reaktora, wysokiej klasy aparatury badawczej, pozyskanej z wyłączonego z eksploatacji reaktora, w niemieckim instytucie badawczym Helmholtz-Zentrum-Berlin (HZB) w Berlinie. Modernizacja dotyczyć będzie głównie wykonania nowej posadzki oraz takich układów technologicznych jak: układ sterowania zasuwami kanałów poziomych, instalacja dostawy sprężonego powietrza itp.

W 2020 r. uruchomiono dwukrotnie reaktor w celu pomiaru wiązki strumienia neutronów z kanału poziomego H2, który jest odbudowywany i umożliwi szersze wykorzystanie neutronów epitermicznych do badań biologicznych i materiałowych.

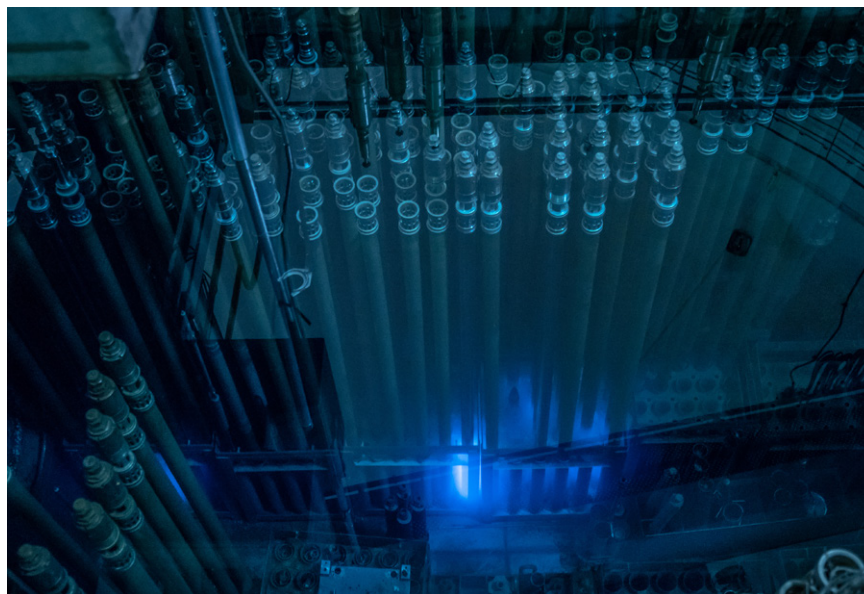
W omawianym roku prowadzone były prace mające na celu wprowadzenie sond termostatycznych do napromieniowań wysokotemperaturowych w rdzeniu reaktora MARIA, pierwsze z nich zostaną umieszczone w rdzeniu reaktora w 2021 r. Sondy wysokotemperaturowe są efektem współpracy NCBJ z ośrodkami naukowymi na całym świecie. I tak sonda MAKARONI (oficjalna nazwa) dla reaktora fuzyjnego budowanego w ramach projektu WP-ENS/EuroFusion ma za zadanie zbadać zachowanie drutów grzejnych oraz innych próbek materiałowych podczas pracy w polu promieniowania, a w tym materiałów konstrukcyjnych dla tokamaków (dla CCFE-UKAEA). Sonda JMTR służy do napromieniania układów, które potem wykorzystywane są w wykrywaniu uwolnień produktów rozszczepień w paliwie w elektrowniach zawodowych. Jest to pierwsza z sond prowadzona we współpracy JAEA, chcemy dostosować ich technologię do konstrukcji naszego rdzenia, a w przyszłości rozwinąć współpracę o inne sondy. Prowadzone są także prace nad sondą ISHTAR z projektu Gospostrateg HTR, która ma służyć do napromieniania próbek grafitu od różnych producentów w warunkach zbliżonych do panujących w rdzeniach reaktorów HTR, przy zachowaniu bezpiecznej pracy w rdzeniu reaktora MARIA.

W 2020 r. zakończono eksploatację paliwa typu MC-5, wyprodukowanego przez francuską firmę AREVA. Jest to paliwo 5-rurowe, zawierające 485 g uranu o wzboga-

gaceni 19,75% w izotop U-235, a więc paliwo nisko-wzbogacone (LEU). Materiałem rozszczepialnym jest krzemek uranu w dyspersji z aluminium (U_3Si_2-Al) koszulkowany aluminium i umieszczony w pięciu koncentrycznych rurach. Paliwo to jest bardzo dobrej jakości i dzięki temu, możliwe było jego głębsze wypalanie, przewyższające 55%, co zdecydowanie podniosło efektywność ekonomiczną wykorzystania tego paliwa. Od 2018 r. rozpoczęto eksploatację paliwa typu MR-6, produkcji rosyjskiej firmy TVEL. Jest to paliwo 6-rurowe, w którym materiałem paliwowym jest dyspersja UO_2 w aluminium, o wzbogaćeniu 19,7% w izotop U-235 i zawartości uranu 485 g. Od roku 2018 do końca 2020 r. rozpoczęto eksploatację w rdzeniu reaktora 36 elementów paliwowych typu MR-6. Obecnie prowadzony jest dialog techniczny przed procedurą przetargową na kolejną dostawę paliwa dla reaktora MARIA.

Wypalone elementy paliwowe, po wyjęciu z rdzenia reaktora, schładzane są w basenie przechowawczym reaktora (fot. 2.), gdzie poddawane są systematycznej kontroli uwolnień produktów rozszczepienia, do wody chłodzącej. W ramach tej kontroli (tzw. sipping test) wykonywane są pomiary poziomów aktywności produktów rozszczepienia uwalnianych z tych elementów do wody, w tym głównie Cs-137. Na podstawie spektrometrycznych pomiarów aktywności produktów rozszczepienia, oceniana jest szczelność wypalonych elementów paliwowych. Dotychczasowe pomiary wykazują dobry stan koszulek wypalonych elementów paliwowych, umieszczonych w basenie przechowawczym reaktora. W przypadku dwóch prototypowych elementów paliwowych MC001 i MC002 (produkcji firmy AREVA) oraz prototypowego elementu paliwowego MR 2212 zaobserwowano wzrost uwolnienia Cs-137, co wskazuje na pogorszenie stanu koszulek tych elementów. Elementy te zamknięte są w kapsułach przechowawczych i systematycznie monitorowane. Wzrost koncentracji produktów rozszczepienia zmierzono także w dwóch elementach paliwowych typu MR-6, które zostały wycofane z eksploatacji z powodu zwiększonego poziomu uwolnień podczas pracy w rdzeniu reaktora.

Reaktor MARIA jest wyposażony w układ wykrywania nieszczelności elementów paliwowych (WNEP), pozwalający na monitorowanie stanu elementów paliwowych pracujących w rdzeniu reaktora. Działają-



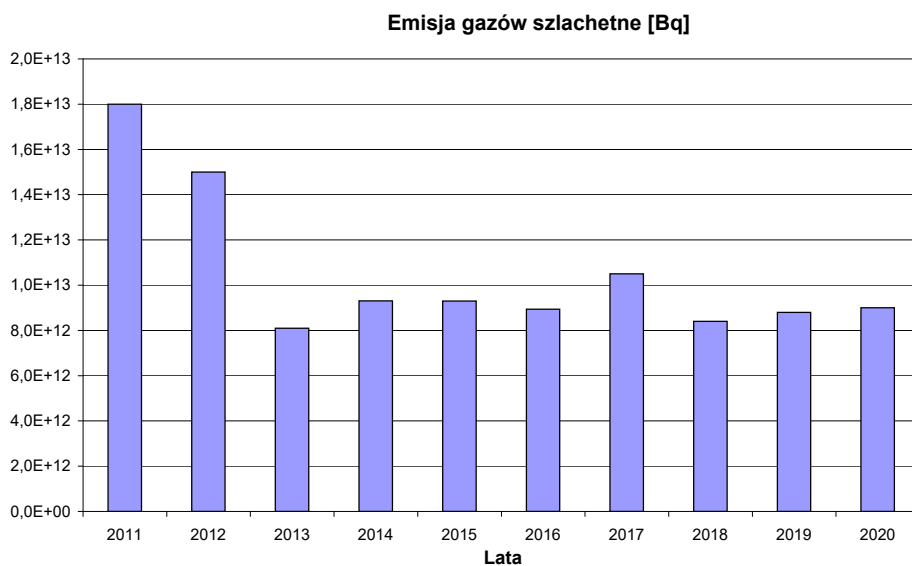
Fot. 2. Basen przechowawczy wypalonego paliwa z reaktora MARIA (fot. NCBJ)
Photo 2. Spent fuel pool of the MARIA reactor (photo NCBJ)

nie układu polega na okresowym próbkowaniu wody z każdego kanału paliwowego i pomiarze aktywności neutronów opóźnionych, emitowanych przez produkty rozszczepienia znajdujące się w wodzie przepływającej przez dany element paliwowy w sytuacji jego rozszczelnienia. W przypadku dwóch elementów paliwowych typu MR-6 układ WNEP bardzo szybko wykrył źródło zwiększonych uwolnień do obiegu chłodzenia. Uwolnienia nie spowodowały zagrożenia dla personelu czy zwiększenia poziomu emisji produktów rozszczepienia do środowiska. Obecnie prowadzone są ustalenia z producentem paliwa, mające na celu zbadanie przyczyny zwiększonych uwolnień.

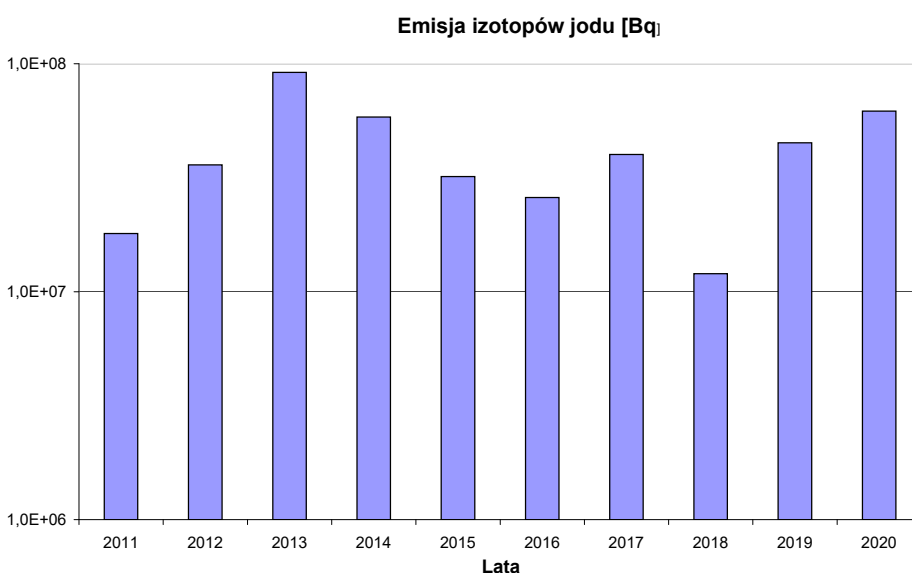
Reaktor badawczy MARIA jest w sposób ciągły monitorowany pod względem uwolnień produktów radioaktywnych do środowiska. Poziomy uwolnień do atmosfery przedstawione na rys. 4 i 5 wyniosły:

- emisja gazów szlachetnych (głównie Ar-41 oraz izotopy ksenonu i kryptonu) – $9,0 \cdot 10^{12}$ Bq, co stanowi ok. 0,9% limitu uwolnień,
- emisja jodów – $6,2 \cdot 10^7$ Bq, co stanowiło 0,9% rocznego limitu uwolnień.

W 2020 r. 121 pracowników reaktora otrzymało dawkę mierzalną na całe ciało (Hp-10) zawierającą się



Rys. 4. Roczne uwolnienia gazów szlachetnych z reaktora MARIA w ciągu ostatnich dziesięciu lat
Fig. 4. Yearly noble gases emission from the MARIA reactor in the last 10 years



Rys. 5. Roczne uwolnienia jodów z reaktora MARIA w ciągu ostatnich dziesięciu lat
Fig. 5. Yearly iodine's emission from the MARIA reactor in the last 10 years

w granicach 0,10-1,96 mSv, a 10 pracowników otrzymało dawkę mierzalną na skórę (Hp-0,07) w granicach 0,65-2,43 mSv, przy granicach dopuszczalnych wynoszących odpowiednio 20 i 500 mSv.

W 2020 r. odnotowano 17 nieplanowanych wyłączeń reaktora. Jedenaście krótkotrwałych wyłączeń nie spowodowało konieczności skrócenia cyklu pracy reaktora. Sześć wyłączeń spowodowało konieczność zmiany harmonogramu pracy reaktora. Większość z przyczyn pogorszonej dyspozycyjności reaktora została wyeliminowana lub zostanie usunięta podczas najbliższych modernizacji.

Na rys. 6 przedstawiono dwa parametry, mówiące o dyspozycyjności reaktora MARIA na przestrzeni ostatnich 10 lat:

1. stosunek liczby przepracowanych godzin do sumy liczby przepracowanych godzin i liczby godzin nieplanowanych wyłączeń w 2020 r. (A_1), który wynosił 95,3 %,
2. stosunek liczby godzin pracy reaktora do liczby godzin w 2019 r. (A_2) wynoszący 46,2%.

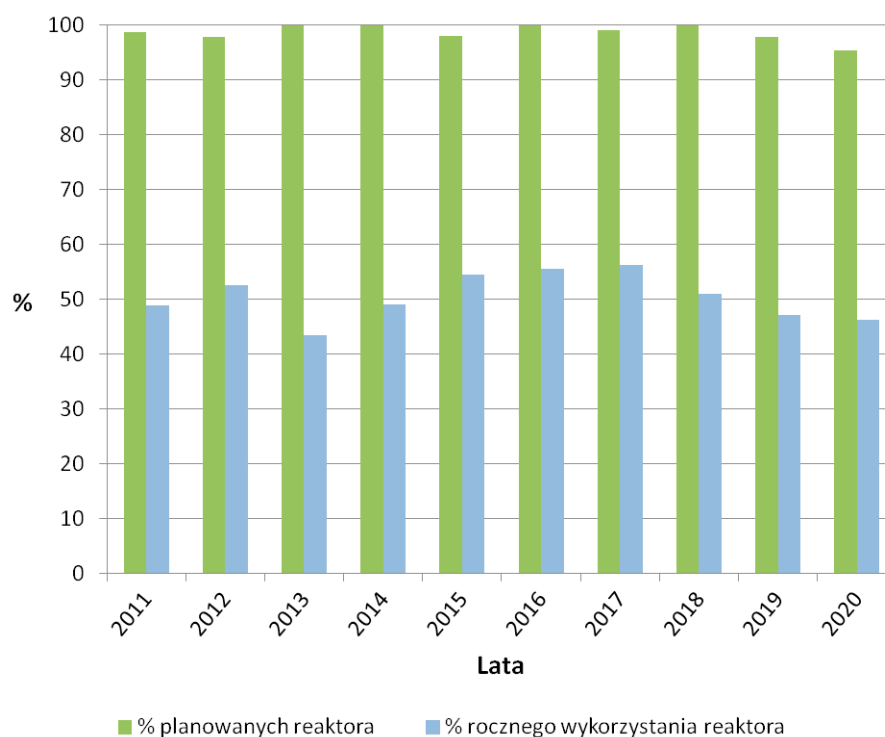
Reaktor MARIA jest stale modernizowany w celu zachowania wysokiego poziomu bezpieczeństwa, a także niezawodności reaktora. Z ważniejszych prac modernizacyjnych zrealizowanych w 2020 r. należy wymienić modernizację układów progowych oraz separatorów

zasilaczy współpracujących z torami pomiarowymi nateżenia przepływów, pomiarów ciśnień oraz poziomów wody w obiegach reaktora MARIA. Kontynuowano też wymianę bloków berylowych w matrycy reaktora MARIA. Wymieniono 4 bloki o najwyższej fluencji neutronów, wymiana 4 kolejnych jest planowana na 2021 rok. Ponadto przygotowano dokumentację (zatwierdzoną przez Państwową Agencję Atomistyki) na modernizację systemu zasilania oraz sterowni reaktora MARIA. W trakcie realizacji jest także modernizacja impulsowej linii rozruchowej polegająca na dobudowaniu drugiej nowej linii i wymianie istniejącej. Impulsowa linia rozruchowa służy do pomiaru strumienia neutronów przy niskim poziomie mocy reaktora.

W 2020 r. z powodu pandemii COVID-19 ograniczono działalność edukacyjną Narodowego Centrum Badań Jądrowych. Sytuacja epidemiczna nie wpłynęła na pracę reaktora, jedynie z powodu ograniczeń w pracy szpitali można zauważyć zmniejszone zapotrzebowanie na izotopy promieniotwórcze.

Podsumowując, należy stwierdzić, że praca reaktora w 2020 r. przebiegała bez większych zakłóceń, potwierdzając jego dobrą dyspozycyjność oraz spełnianie warunków bezpiecznej eksploatacji.

*inż. Piotr Witkowski,
Narodowe Centrum Badań Jądrowych,
Świerk*



Rys. 6. Roczne wskaźniki pracy reaktora MARIA
Fig. 6. Yearly indicators of the MARIA reactor operation

LEKCJE DLA POLSKI Z NIEMIECKIEJ TRANSFORMACJI ENERGETYCZNEJ "ENERGIEWENDE"

Lessons for Poland from German energy transition "Energiewende"

Andrzej Strupczewski

Streszczenie: Ogromne koszty finansowania niemieckiej transformacji energetycznej "Energiewende" w 2020 r. przekroczyły nawet oczekiwania zwolenników energetyki wiatrowej i słonecznej, osiągając ponad 30 mld euro rocznie. Ale energetyka wiatrowa nie może zapewnić ciągłości zasilania elektrycznego. Wykresy w artykule pokazują okresy ciszy wiatrowej na lądzie i na morzu, sięgające 120 godzin w morskich farmach wiatrowych i 170 godzin w wiatrakach na lądzie. Dlatego Niemcy muszą uzupełniać produkcję energii elektrycznej, spalając węgiel brunatny i importowany gaz. Nie jest to droga do ochrony środowiska. Wiatraki mają negatywny wpływ na zdrowie ludzi i na środowisko, powodując setki tysięcy zgonów ptaków, nietoperzy i owadów. Strategię Energiewende ostro krytykują niemieccy eksperci energetyczni, zarówno z uczelni technicznych, jak i z przemysłu.

Abstract: The extreme costs of German energy transition "Energiewende" in 2020 exceeded even the expectations of advocates of renewable energy sources and reached above 30 billion euro per year. However, the wind cannot assure continuity of electric power supply. The graphs in the paper show the periods of wind lulls on the land and on the sea reaching into 120 hours at offshore wind mills or 170 hours on land. Thus Germany has to provide electric energy by burning lignite and imported gas. This is no way for environment protection. The wind mills have a negative impact on human health and environment, causing hundreds of thousands kills of birds, bats and insects. The strategy of Energiewende is sharply criticised by German energy experts, both from technical universities and from the industry.

Słowa kluczowe: Koszty niemieckiej transformacji energetycznej Energiewende, przerywany charakter energii wiatrowej, okresy ciszy wiatrowej na lądzie i na morzu, ujemne skutki oddziaływania wiatraków na środowisko

Keywords: costs of German energy transition Energiewende, wind power intermittency, wind lull periods on land on the sea, negative impacts of wind mills on environment

W opublikowanym w połowie stycznia 2021 r. artykule w portalu Wysokie Napięcie¹, pp. K. Szulecki i P. Stępień bronią przyjętej przez rząd niemiecki strategii transformacji energetycznej, twierdząc, że krytyka jej wysokich kosztów oparta jest na błędzie. Przyznają oni wprawdzie, że dopłaty do energii z OZE osiągnęły rekordowy poziom w wysokości 30,9 mld euro, ale zarzucają krytykom, że popełniają „prosty błąd”, kwotę sumy dopłat określają jako „abstrakcyjną”, rozumienie przemian w Niemczech jest „powierzchowne” a dane „błędnie zinterpretowane”. Autorzy – niewątpliwie dobrze zorientowani w polityce partii „Zielonych” w Niemczech, bo jeden z nich jest od 2005 r. aktywnym członkiem partii Zielonych w Polsce – piszą o zmianach prawnych rządzących dopłatami dla deweloperów OZE i o przyczynach rekordowo wysokiego poziomu dopłat. Przyznają też, że „Wraz z rozwojem OZE dochodzi do coraz częstszej nadprodukcji energii, co wywołuje presję na ceny. W ekstremalnych przypadkach kończy się to nawet cenami ujemnymi”. Ale szybko dodają, że kwoty rzucane przez przeciwników mają niewiele wspólnego

z rzeczywistością, bo sumują oni „po prostu koszty dopłat i uzyskaną abstrakcyjną kwotę podają jako rachunek za transformację”.

Ale dopłata dla deweloperów OZE wynosząca 30,9 mld euro rocznie to nie jest „abstrakcyjna kwota”. Proponuję popatrzeć na rysunek zaczerpnięty z materiałów o Energiewende zebranych przez Politechnikę w Braunschweig – jak najbardziej sprzyjającą polityce transformacji energetycznej rządu – i przeczytać napis niemiecki głoszący, że na rysunku pokazano koszty za jednostkę energii ct/kWh (EEG-Umlage in ct/kWh) i całkowite nakłady na EEG (EEG Gesamtumlage) – a więc nie abstrakcyjne koszty, ale koszty ponoszone łącznie przez Niemcy na transformację energetyczną! I na tym tle – nie „abstrakcyjnych kosztów”, ale kosztów przewidywanych przez ośrodki rządowe i publikowanych jako koszty EEG – transformacji energetycznej – należy patrzeć na wynik 30,9 mld euro w 2020 r.! Jeszcze wyższy o 1800 mln euro od przewidywanego.

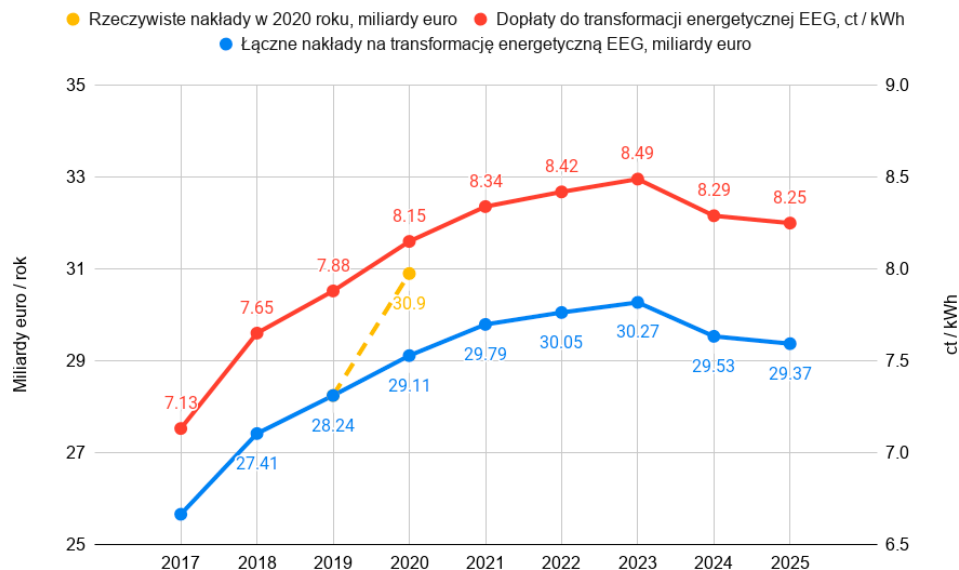
Dalej autorzy bronią Energiewende pisząc, „nawet jeśli ceny prądu rosną, to średnie roczne rachunki za energię w społeczeństwie niekoniecznie” i postulują porów-

¹ Energiewende kosztuje miliardy euro, ale to tylko połowa medala - WysokieNapięcie.pl

nanie cen płaconych przez odbiorców w Niemczech z cenami, jakie byłyby płacone za prąd z elektrowni węglowych. Wystarczy popatrzeć na ceny płacone przez odbiorców energii elektrycznej w Niemczech (30 ct/kWh) i we Francji (18 ct/kWh)² publikowane corocznie przez Eurostat – a więc organ niezależny od polityki – by przekonać się, że strategia forsownego rozwijania OZE przyniosła Niemcom najwyższe ceny energii elektrycznej w Europie. I to są właśnie „średnie roczne rachunki w społeczeństwie”.

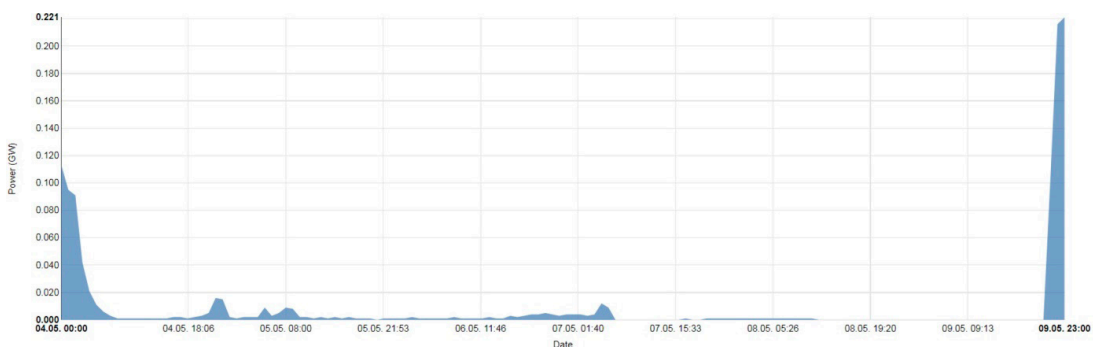
Czy wiatr może zapewnić ciągłość zasilania elektrycznego

Nikt nie postuluje, by bez końca spalać węgiel – lepsza jest strategia wybrana przez Francję, Szwecję czy Belgię polegająca na wprowadzeniu energetyki jądrowej. Ale to właśnie Niemcy w dalszym ciągu spalają węgiel – lub importowany gaz ziemny z Rosji – bo jest to im niezbędnie potrzebne dla wypełnienia okresów ciszy wiatrowej występujących nieubłaganie w różnych



Rys. 1. Przewidywane przez instytuty niemieckie łączne subwencje dla OZE i indywidualne dopłaty do ceny energii w latach 2017-2025², a rzeczywiste łączne subwencje w 2020 r.³ (rysunek własny)

Fig. 1. Total subsidies for renewable energy sources foreseen by German institutions and individual additions to energy bills within energy transformation EEG program in the period of 2017-2025, with true expenditures in 2020 (author's drawing). True subsidies in 2020, billions euro, additional costs of EEG per electric energy unit, ct/kWh, Summary subsidies for energy transformation EEG, billions euro



Rys. 2. Moc morskich farm wiatrowych MFW na Bałtyku źródło: dane dla MFW Baltic 1 i 2⁵

Fig. 2. Offshore wind power in Baltic sea, data for windmills in Baltic and Baltic 2

² https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/images/3/38/Electricity_prices_for_household_consumers%2C_first_half_2020_%28EUR_per_kWh%29_v4.png

³ Materialien zur Energiewende: Zusammengestellt und eingeleitet von Edmund Brandt, str 528, 30 May 2018, Berliner Wissenschafts Verlag, Technische Universitaet Braunschweig, RATUBS -02/2018

⁴ Rekordowe dopłaty do OZE w Niemczech - BiznesAlert.pl

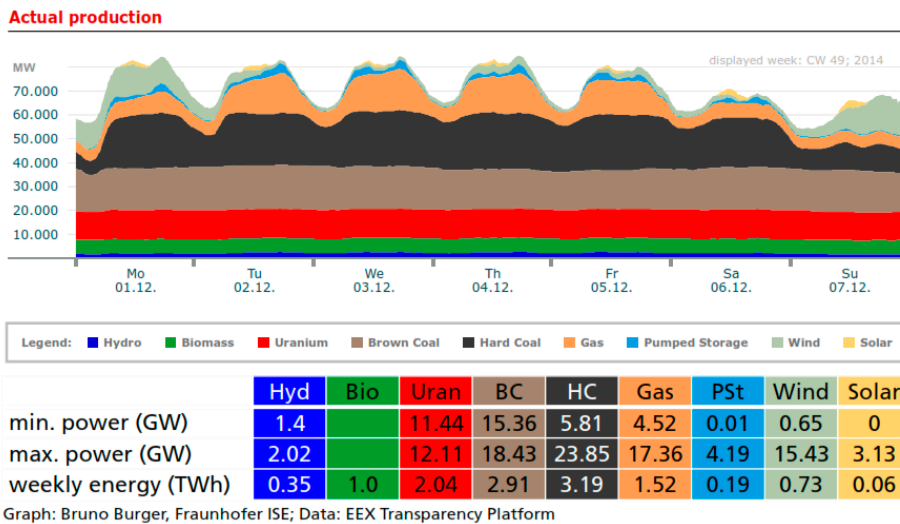
⁵ https://energy-charts.info/charts/power/chart.htm?l=en&c=DE&year=2017&week=18&source=wind_offshore_unit

miesiącach każdego roku. Przykład ciszy wiatrowej na Bałtyku trwającej przez ponad 120 godzin pokazany jest na rys. 2, opracowanym na podstawie danych publikowanych przez Instytut Fraunhofera, a więc główny instytut wspierający politykę transformacji energetycznej EEG.

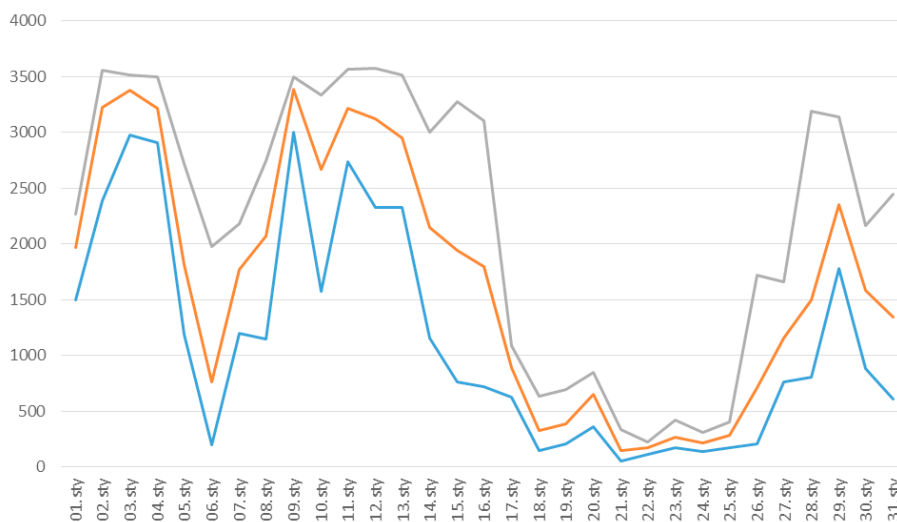
Oczywiście okresy ciszy wiatrowej występują również na lądzie, a wtedy lądowe farmy wiatrowe przestają produkować prąd.

Przykład okresu ciszy wiatrowej w Polsce pokazuje rys. 4

Takich przykładów jest wiele, a w efekcie dla utrzymania ciągłości zasilania elektrycznego trzeba poza wiatrakami i panelami słonecznymi mieć drugi system energetyczny, oparty na sterowalnych źródłach energii jak energia jądrowa, gaz lub węgiel. Niemcy wykorzystują węgiel – właśnie zbudowali dużą kolejną kopalnię węgla brunatnego – ale to nie jest droga od czystości powietrza i redukcji emisji gazów cieplarnianych.



Rys. 3. Załamanie produkcji z OZE, Niemcy, grudzień 2014⁶. cytowane za zezwoleniem Kolorowe pola przedstawiają produkcję energii elektrycznej w ciągu tygodnia 49 w 2014 r. w Niemczech. Na osi pionowej moc rzeczywista w MW. Kolorem jasno zielonym oznaczono moc wiatru, żółtym – paneli PV
Fig. 3. The collapse of RES production, Germany, December 2014. Cited with the permit. Colored fields represent electricity production during week 49 in 2014 in Germany. On the vertical axis, real power in MW. Light green is for wind power, yellow - for PV panels



Rys. 4. Przykład okresu ciszy wiatrowej w Polsce
Fig. 4. An example of a wind silence period in Poland

⁶ FRAUNHOFER INSTITUTE FOR SOLAR ENERGY SYSTEMS ISE Electricity production from solar and wind in Germany in 2014 Prof. Dr. Bruno Burger, January 2015, <http://www.ise.fraunhofer.de/en/downloads-english/pdf-files-english/data-nivc/electricity-production-from-solar-and-wind-in-germany-2014.pdf>

Skutki pracy wiatraków dla zdrowia człowieka

Autorzy wspomnianego artykułu sugerują, że w debacie zapomina się o kosztach zewnętrznych jak np. koszty zdrowotne czy środowiskowe. Nie można jednak zapominać, że to właśnie ogromne koszty środowiskowe sprawiły, że prawdziwi ekolodzy wołają o powstrzymanie rosnącego zanieczyszczenia środowiska hałasem wiatraków i ich śmiertelnościowego wpływu na przelatujące ptaki, nietoperze i owady.

Raport Francuskiej Akademii Medycznej stwierdza, że osoby mieszkające w pobliżu farm wiatrowych skarżą się na zaburzenia czynnościowe, zwane zespołem turbiny wiatrowej, czyli zespołem dolegliwości związanych z pracą turbin (tj. problemy ze snem z powodu hałasu, bóle głowy, zawroty głowy, niepokój, szum w uszach). Symptomy te przypominają objawy, które występują u osób zamieszkujących okolice portów lotniczych. Prowadzone w pobliżu lotnisk badania wykazały jednoznacznie, że chroniczny hałas powoduje reakcje neurologiczne prowadzące do nadciśnienia i chorób układu krążenia.

Jak pisze Fritz Vahrenholt, twórca pierwszych wysokich wiatraków dużej mocy w XX wieku, a w późniejszym okresie twórca i prezes Windenergie-Anlagenbauer REpower Systems, następnie koncernu Innogy, jednego z największych inwestorów OZE w Europie, a od 2012 r. do 2019 r. prezes fundacji niemieckich dzikich zwierząt i profesor honoris causa na wydziale chemii uniwersytetu w Hamburgu: „Dźwięki o niskiej częstotliwości przenoszą się przez warstwy podziemne bliskie powierzchni na wiele kilometrów bez redukcji natężenia i w domach wchodzą w rezonans ze strukturami budynków” Cytowane w jego książce⁷ badania doświadczalne wykazały, że dźwięki o częstotliwości poniżej 20 herców wydawane przez wiatraki, a niesłyszalne zwykle dla ludzkiego ucha, powodują silne symptomy ucisku

na bębenki i piersi, uczucie zmęczenia, bezsenność, zaburzenia rytmu serca i bóle głowy. W Danii przeprowadzono wielkie studium obejmujące ponad 24 000 pielęgniarek, z których 2519 mieszkało w odległości od wiatraka mniejszej niż 6 km, a pozostałe 21 000 dalej. Po uwzględnieniu czynników ubocznych naukowcy z uniwersytetu w Kopenhadze stwierdzili, że wśród osób mieszkających blisko wiatraków wystąpiły zaburzenia pracy serca o 30% częściej niż w drugiej grupie.

Nic dziwnego, że ludność protestuje przeciw budowie wiatraków. W Niemczech działa ponad 1000 takich organizacji anti-wiatrakowych, a w Wielkiej Brytanii jest ich też wiele i zamieszczają w mediach społecznościowych doniesienia potwierdzające w pełni negatywne wyniki badań opisywanych przez prof. Vahrenholta.

Wiatraki – mordercze działanie na ptaki, nietoperze i owady

Chociaż branża wiatrakowa nie chce o tym mówić, wiatraki rzeczywiście zabijają ptaki i nietoperze. Jak wykazały badania w ciągu ostatniego dziesięciolecia, turbiny wiatrowe zabijają ok. pół mln nietoperzy rocznie, grożąc całkowitym wyćpieniem niektórych ich gatunków⁹. Nietoperze giną, chociaż są one wyposażone w najczulsze „radary”. Giną one z powodu rozerwania się ich płuc. Przelatując przez płaszczyznę wirnika wiatraka od spiętrzonego ciśnienia do bardzo obniżonego poza wirnikiem nie wytrzymują zmiany ciśnienia i giną w męczarniach.

Naukowcy stwierdzili, że turbiny wiatrowe są największą stworzoną przez człowieka groźbą dla migrujących nietoperzy, które przebywają w różnych środowiskach w zimie i w lecie. W 2017 r. zespół naukowców ostrzegł, że już wtedy zginęły setki tysięcy nietoperzy rocznie, a w razie dalszej rozbudowy farm wiatrowych niektóre ich gatunki mogą zostać całkowicie wyćpię-



Fot. 1. Strona internetowa jednej z organizacji protestujących przeciw wiatrakom – pokazująca jak blisko od domów mieszkalnych budowane są wiatraki

Photo 1. Website of one of the organizations protesting against windmills - showing how close to residential houses windmills are built

⁷ F. Vahrenholt, S. Luening: Unerwünschte Wahrheit, Langenmueller, October 2020

⁸ <https://www.windwahn.com/>

⁹ Schellenberg M. Why Wind Turbines Threaten Endangered Species With Extinction 26 June 2019, <https://www.forbes.com/sites/michaelschellenberger/2019/06/26/why-wind-turbines-threaten-endangered-species-with-extinction/?sh=71aaf0b664b4>

ne¹⁰. W samych Niemczech z powodu pracy wiatraków ginie rocznie 250 000 nietoperzy. Prawdziwa liczba zabitych jest większa, bo nietoperze w większości jeszcze kawałek lecą i kończą życie w lesie, gdzie ich małe ciała szybko są zjadane przez zwierzęta. I dziwna rzecz: gdy projektuje się budowę autostrady, lotniska, mostu lub jak w Polsce podziemnego składowiska odpadów promieniotwórczych (Nietoperek), grożących gniazdom nietoperzy, to następuje wieloletnia walka z obrońcami przyrody i nierzadko trzeba zrezygnować z takiego projektu. Ale masowe mordy nietoperzy na skrzydłach wiatraków nie budzą żadnych sprzeciwów partii Zielonych.

Turbiny wiatrowe okazały się także jednym z największych powodowanych przez człowieka zagrożeń dla wielu gatunków ważnych dla zachowania różnorodności biologicznej. Zagrożone są orły złociste, orły łyse, sowy ziemne, myszołowy rdzawosterne, sokoły preiowe, a także wiele innych¹¹. Niemieckie Towarzystwo Ornitologiczne już w 2013 r. oświadczyło, że „Wskutek nieprzemysłanej i zbyt pośpiesznej rozbudowy energetyki odnawialnej wykorzystującej biomasę i energię wiatrową wyraźnie zmniejszyła się liczba niemal 50% wszystkich gatunków ptaków¹².

Deweloperzy wiatraków bagatelizują ich działanie, twierdząc, że koty zabijają więcej ptaków niż wiatraki. Ale podawane przez nich porównania z działaniem kotów są mylące, bo koty napadają na ptaki małe i występujące w dużych ilościach, jak rudziki lub jaskółki, podczas gdy wiatraki zabijają duże i cenne ptaki, o małej liczbie potomstwa – z jednym lub dwoma pisklętami rocznie.

Co więcej, wiatraki zabijają owady – a zanik populacji owadów może skutkować utratą ptaków. Prowadzone przez 27 lat studia w Niemczech wykazały dramatyczny spadek masy owadów w powietrzu, wynoszący ok. 76%.¹³ Zdaniem specjalistów niemieckich jedną z głównych przyczyn zaniku owadów są właśnie turbiny wiatrowe. Powierzchnia wirujących skrzydeł wiatraków wynosząca w Niemczech 200 mln m² powoduje zgony 1200 mld owadów wskutek bezpośrednich uderzeń skrzydeł. Organizacje ekologiczne w Wielkiej Brytanii oceniają¹⁴, że odpowiada to jednej trzeciej całkowitej migracji wszystkich owadów w południowej Anglii. Jest to z pewnością znacząca strata. Istotnym powodem

zgonów owadów jest fakt, że latające samice w okresie tuż przed złożeniem jajeczek wyszukują szybkie prądy powietrzne, które mają zanieść je do miejsc wylęgu. I te samice z setkami jajeczek natrafiają na ścianę wiatraków, rozciągającą się na setki kilometrów na wysokości 200 m, a każdy wiatrak omiata powierzchnię równą wielkości boiska piłki nożnej. Unoszący owady prąd powietrza ma przepływ 10 mln km³ rocznie – a więc prąd unosi wielokrotnie więcej powietrza, niż obejmuje cała atmosfera do wysokości 2000 m nad Niemcami. I to powietrze przepływa między wirnikami wiatraków, unosząc na śmierć owady i nietoperze.

Krytyka Energiewende przez ekspertów niemieckich

Na koniec, by nie pozostawić wrażenia, że Energiewende jest krytykowana tylko przez anonimowych przeciwników nie rozumiejących istoty polityki Niemiec, popatrzmy na ekspertów niemieckich, którym nikt nie może odmówić wiedzy i obiektywności w kwestiach energetyki, krytykujących ostro Energiewende:

- prof. **Alfred Voss**, profesor Instytutu IKE (Instytut Energii Jądrowej i Systemów Energetycznych), wieloletni dyrektor Instytutu Gospodarki Energetycznej IER w Stuttgarcie¹⁵,
- prof. **Vahrenholt**, twórca pierwszych morskich farm wiatrowych, później senator do spraw środowiska w Hamburgu, prezes szeregu firm budujących farmy wiatrowe, profesor honorowy wydziału chemii Politechniki w Hamburgu i członek niemieckiej Akademii Nauk Technicznych,¹⁶
- prof. dr honoris causa **Gunther Specht**, profesor Politechniki w Darnstadt stwierdza, że polityka energetyczna rządu polegająca na wyłączaniu stabilnie i bezpiecznie pracujących elektrowni jądrowych, a wprowadzaniu wiatraków i paneli słonecznych wymagających rezerwowania przez elektrownie gazowe lub opalane węglem brunatnym jest fatalną pomyłką¹⁷.
- prof. Hans **Werner Sinn**, prezes instytutu badań nad gospodarką IFO (Institut für Wirtschaftsforschung) w Monachium, profesor ekonomii na Uniwersytecie Ludwika Maksymiliana w Monachium, który o programie Energiewende pisze „*Jest on zupełnie bezużyteczny dla ekologii, prowadzi do zniszczenia natury i obniżenia poziomu życiowego użytkowników. Gdy wieje silny wiatr Niemcy muszą płacić sąsiadom, by*

¹⁰ <https://docs.wind-watch.org/cryan-wind-turbines-migratory-bats.pdf>

¹¹ <http://windfarmaction.wordpress.com/page/2/>

¹² Vahrenholt, tamże

¹³ Where have all the insects gone? | Science | AAAS (sciencemag.org)

¹⁴ Interference-of-Flying-Insects-and-Wind-Parks.pdf (wind-watch.org)

¹⁵ Can the objectives of the „Energiewende“ be achieved? Prof. Dr.-Ing. Alfred Voß 10th International School on Nuclear Power, Warszawa, 27-28.11.2018, Warsaw, Poland

¹⁶ F. Vahrenholt, S. Luening: Unerwünschte Wahrheiten, Langenmueller Verlag, Muenchen, 3 Auflage, 2020

¹⁷ Gunther Specht, Fundamentale Irrtümer der Okostrompolitik - auf dem Weg zu einem neuen Paradigma, Vortrag beim Lions Club GroB-Umstadt, 2013

ci zgodzili się odebrać nadmiar prądu – jest to ekonomiczny obłąd.”

Zespół ekspertów rządowych w raporcie dla rządu Niemiec¹⁸ stwierdza, że „Środki polityczno-przemysłowe wybrane w *Energiewende* są błędne, ponieważ w centrum uwagi stawiają osiągnięcie mocy produkcyjnych określonych technologii, pomijając całość systemu energetycznego, i prowadzą do eksplozji cen energii elektrycznej”.

Raport McKinseya z końca 2018 r.¹⁹ stwierdza, że program *Energiewende* ma osiągnięcia tylko tam, dokąd płyną bezpośrednie subwencje. Natomiast wciąż nierealne jest osiągnięcie zasadniczych celów, które nie są bezpośrednio finansowane przez subwencje, przede wszystkim obniżenie emisji CO₂. Również nie udaje się utrzymanie ceny energii elektrycznej w granicach 25% powyżej średniej ceny w UE.

Ujawniony prasie niemieckiej **raport niemieckiego Federalnego Urzędu Audytów** czuwającego nad budżetem²⁰ poddał ostrej krytyce Ministerstwo Gospodarki i Energii prowadzące działania w zakresie transformacji energetycznej *Energiewende*, którymi szczyli się rząd niemiecki i którym zdecydowanie sprzeciwiają się eksperci. Urząd Audytów stwierdził, że działania te są prowadzone nieefektywnie, brak jest kompleksowej oceny kosztów czekających Niemcy, a wskutek nieudolnego zarządzania marnowana jest znaczna część z subwencji wynoszących obecnie znacznie powyżej 20 mld euro rocznie.

*„Koszty subwencji w 2016 r. wynosiły 23,1 mld euro rocznie, w 2017 r. 25,84 mld, w 2020 r. wyniosą 31,84 mld, a w 2025 r. 32,87 mld euro rocznie”²¹. Audytorzy uważają, że istnieje ryzyko ciągłego podnoszenia kosztów realizacji programu *Energiewende*²². Koszty tych subwencji ponoszą podatnicy, częściowo bezpośrednio w dopłatach na rachunkach za elektryczność, częściowo zaś pośrednio poprzez wzrost cen wynikający z kosztów energii elektrycznej dla przedsiębiorstw niemieckich.*

Profesorowie z Politechniki w Heidelbergu²³ pytają młodych entuzjastów Transformacji Energetycznej „*kiedy wreszcie obudzicie się i posłuchacie się zdania ekspertów, a nie tylko „zielonych ideologów”?*”

To tylko część głosów krytycznych. Czy naprawdę nie powinniśmy ich posłuchać?

PS... A oto list od dr inż. Jerzego Majchera, napisany po przeczytaniu mojej publikacji w Wysokim Napięciu.

„Jest jeszcze gorzej, bo ja sam widziałem w terenie z wiatrakami całe mnóstwo poległych ptaków i masę gryzoni (szczury, myszy, nornice) żerujące na padlinie ptaków, ale również niszczące plony rolnicze. Zatem, żeby przeciwdziałać gryzoniom trzeba by było jak królowa angielska na Cyprze spowodować wzrost populacji kotów na tych terenach. Rodzi się pytanie, czy to działanie człowieka wprowadzi trwałe zakłócenia w równowadze biologicznej w naturze dotychczas będącej w równowadze naturalnej.

A tym którzy mają wątpliwości co do rzekomej ekonomiczności morskich i lądowych farm wiatrowych oraz źródeł fotowoltaicznych, gorąco polecam brytyjski raport prof. Gordona Hughes'a, przestrzegającego akcjonariuszy przed bankrutem spółek specjalnego przeznaczenia budujących w UK i w Danii morskie farmy w oparciu o dane planistyczne będące pobożnymi życzeniami w zderzeniu z rzeczywistymi osiągnięciami operacyjnymi i obsługowymi. Są stale nierentowne i funkcjonują tylko dzięki horrendalnym dotacjom. Dotacje z nieba nie spadają, tylko są kosztem społecznym.”

dr inż. Andrzej Strupczewski, prof. NCBJ,
Narodowe Centrum Badań Jądrowych,
Otwock-Świerk

¹⁸ <http://www.sachverstaendigenrat-wirtschaft.de/presse-jahresgutachten-2015-16.html>

¹⁹ <https://www.mckinsey.de/branchen/chemie-energie-rohstoffe/energiewende-index>

²⁰ <http://www.dw.com/en/auditors-slam-gabriels-ministry-on-clean-energy-costs/a-37109415>

²¹ <http://www.et-energie-online.de/Zukunftsfragen/tabid/63/NewsId/2997/EEG-2017-Entwicklung-der-Forderkosten-und-politische-Implikationen.aspx>

²² <http://ef-magazin.de/2017/01/21/10449-kritik-an-der-energiewende-was-der-rechnungshof-unterschlaegt>

²³ Findet eine *Energiewende* statt? Physikalisches Institut der Universität Heidelberg Prof. Dr. Dr. h.c. Dirk Dubbers, Prof. Dr. Johanna Stachel, Prof. Dr. Ulrich Uwer 05.02.2015

AMERYKAŃSKI MODEL SPÓŁDZIELNI ENERGETYCZNYCH

The American energy cooperative model

Łukasz Sawicki

Streszczenie: W niniejszym artykule przedstawiono jedną z metod finansowania projektów inwestycyjnych w energetyce jądrowej stosowaną w USA – spółdzielnię energetyczną. Przedstawiono główne cechy modelu, rozpowszechnienie, przykłady zrealizowanych i realizowanych inwestycji. Dokonano także porównania z podobnym modelem Mankala stosowanym w Finlandii i opisanym przez autora w poprzednich artykułach w PTJ (4/2019, 1/2019).

Abstract: This paper presents one of the methods of financing of investment projects in nuclear power sector, employed in the United States – an electric cooperative. The article presents main features of this model, extension of use, examples of investment projects (concluded and just under way). It also presents a comparison with similar Mankala model used in Finland, which was a subject of Author's publication in previous PTJ editions (4/2019, 1/2019).

Słowa kluczowe: spółdzielnia energetyczna, Stany Zjednoczone, energetyka jądrowa, projekt inwestycyjny, odbiorcy energii, Oglethorpe, Mankala

Keywords: electric cooperative, United States, nuclear power, investment project, electricity consumers, Oglethorpe, Mankala

Informacje podstawowe

W Stanach Zjednoczonych bardzo rozpowszechniony jest model spółdzielni energetycznych (ang. co-ops), działających na zasadzie *not-for-profit*, których członkami są odbiorcy energii¹, zarówno gospodarstwa domowe (osoby fizyczne, często rolnicy), jak i odbiorcy instytucjonalni (w tym zakłady przemysłowe) i inne spółdzielnie. Zaczęły powstawać w latach 30. i 40. XX w., dzięki rządowemu programowi wsparcia. Na mocy specjalnej ustawy z 1936 r.² rząd federalny utworzył agencję USDA Rural Development, podległą Departamentowi Rolnictwa (US Department of Agriculture, odpowiednik polskiego ministerstwa rolnictwa), istniejącą do dziś. Jednym z zadań agencji jest elektryfikacja obszarów wiejskich, gdzie koszty budowy sieci dystrybucyjnej są zbyt wysokie dla prywatnych spółek energetycznych. Agencja udziela spółdzielniom energetycznym niskoprocentowanych pożyczek, gwarancji oraz dotacji na budowę infrastruktury elektroenergetycznej, w tym własnych źródeł wytwórczych (lub zakupu udziałów w istniejących źródłach prywatnych)³ poprzez fundusz RUS (Rural Utilities Service).

Podstawowe zasady funkcjonowania amerykańskiej spółdzielni energetycznej są zgodne z powszechnie

przyjętym na świecie wzorem organizacji spółdzielczej. Podstawą spółdzielni są jej członkowie. Majątek składa się z funduszu udziałowego (w USA jest to *patronage capital*), będącego odpowiednikiem kapitału zakładowego i kapitału zapasowego w spółkach akcyjnych i w spółkach z o.o., oraz z funduszu zasobowego (w USA nie posiada on własnej nazwy, ale jest wyodrębniony w sprawozdaniach), będącego odpowiednikiem kapitału rezerwowego w ww. spółkach. Choć spółdzielnie działają na zasadzie *non-profit*, zarówno amerykańskie przepisy federalne, stanowe, jak i wewnętrzne statuty i regulaminy spółdzielni, a także umowy z kredytodawcami, wymagają od nich generowania niewielkiej nadwyżki bilansowej, będącej w pewnym stopniu odpowiednikiem zysku w spółce. Nadwyżka bilansowa ma na celu zmniejszenie ryzyka utraty płynności finansowej. Można ją przeznaczyć na zwiększenie funduszu udziałowego i funduszu zasobowego⁴.

Członkowie amerykańskich spółdzielni energetycznych (gospodarstwa domowe, przedsiębiorstwa, inne spółdzielnie⁵) opłacają składki stałe oraz mają obowiązek zakupu określonej ilości energii i mocy po kosztach jej wytworzenia. Ilość jest proporcjonalna do wpłat

¹ Spółdzielnie mogą sprzedawać energię podmiotom nie będącym członkami, ale tylko jako nadwyżkę w stosunku do swoich potrzeb. Przychody ze sprzedaży finansują ulgi dla członków spółdzielni.

² Rural Electrification Act of 1936.

³ <https://www.rd.usda.gov/about-rd/agencies/rural-utilities-service> (dostęp: 2020-11-22)

⁴ Oglethorpe Power Corporation. Annual Report Pursuant to Section 13 or 15(d) of the Securities Exchange Act of 1934 for the fiscal year ended December 31, 2019, s. 1-3 [<https://www.sec.gov/ix?doc=/Archives/edgar/data/788816/000162828020003884/opc-20191231.htm>] (dostęp: 2021-01-03); <https://sip.lex.pl/akty-prawne/dzu-dziennik-ustaw/prawo-spoldzielcze-16791012/art-78> (dostęp: 2021-01-03)

⁵ Spółdzielnia, której członkami są inne spółdzielnie, to tzw. spółdzielnia drugiego (lub kolejnego) stopnia.

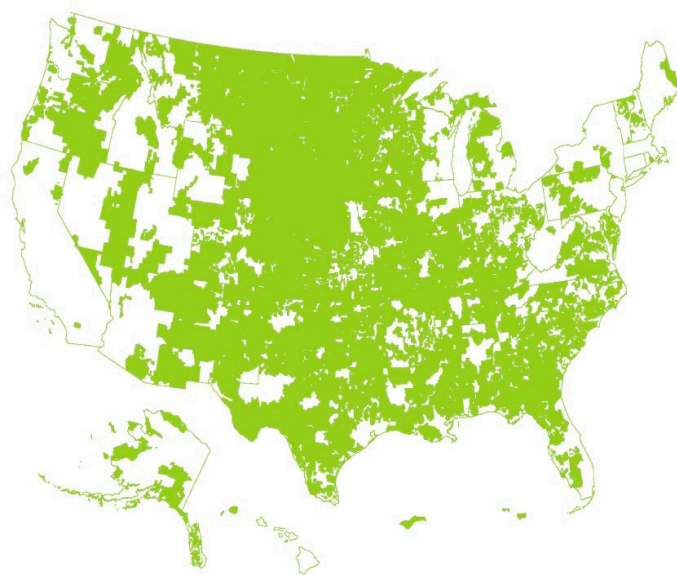
udziałów członkowskich lub wynika z odrębnej umowy na zakup energii i usług systemowych zawartej ze spółdzielnią, w zależności od przepisów wewnętrznych danej spółdzielni.⁶ Inwestycje są finansowane z kilku źródeł:

- dług, w tym niskooprocentowane pożyczki federalne (RUS),
- dotacje federalne (RUS),
- przedpłaty członków na zakup energii z przyszłego źródła (z odpowiednio wyliczonym rabatem),
- kapitał własny w formie funduszu udziałowego i funduszu zasobowego⁷.

Spółdzielnie są zwolnione z części podatków federalnych. Często zrzeszają się w większe podmioty, tj. spółdzielnie spółdzielni (spółdzielnie drugiego i trzeciego stopnia) w celu objęcia większych aktywów lub realizacji dużych inwestycji, podobnie jak w Finlandii w modelu Mankala. Wszystkie (ok. 900⁸) są zrzeszone w stowarzyszeniu NRECA (National Rural Electric Cooperative Association), które reprezentuje ich interesy na poziomie federalnym, w tym poprzez lobbing w rzą-

dzie oraz w Senacie i Izbie Reprezentantów. Działalność stowarzyszenia jest szersza, prowadzi ono również fundusz emerytalny, programy socjalne i prywatne ubezpieczenia grupowe (w tym medyczne) dla swoich członków⁹, a także realizuje programy badawcze w zakresie energetyki i ochrony środowiska we współpracy z rządem federalnym (poprzez umowy z Departamentem Energii USA).

Spółdzielnie działają w 47 stanach i pokrywają 56% terytorium kraju, obsługując 42 mln obywateli. Dzielą się na dwa typy: prowadzące działalność jednocześnie w podsektorach wytwarzania i dystrybucji energii (63 spółdzielnie) oraz te, które zajmują się jedynie dystrybucją (834 spółdzielnie). Udział energii elektrycznej w amerykańskim miksie energetycznym w 2018 r. wyprodukowanej w źródłach „spółdzielczych” wynosił 5%, natomiast udział spółdzielni w energii sprzedanej wynosił 12% (przyczyna tego zjawiska jest wyjaśniona w dalszych akapitach). W 2017 r. zatrudniały one ponad 68 tys. osób, plus prawie 170 tys. osób u podwykonawców i dostawców¹⁰. Dla porównania: wszystkie



Rys. 1. Obszar działalności spółdzielni energetycznych (co-ops) w USA – zaznaczony na zielono

Fig. 1. Land coverage of electrical co-ops across United States – marked green.

Źródło: America's Electric Cooperatives, NRECA 2020 [https://www.electric.coop/wp-content/uploads/2020/06/Coop_FactsAndFigures_June2020.pdf] (dostęp: 2021-01-03)

⁶ Oglethorpe Power Corporation (An Electric Membership Corporation) Bylaws, As Amended and Restated by the Board of Directors on December 6, 2016 [<http://opc.com/wp-content/uploads/2018/12/OPC-Bylaws-as-of-12-06-16.pdf>] (dostęp: 2021-01-03)

⁷ Oglethorpe Power Corporation. Quarterly Report Pursuant to Section 13 or 15(d) of the Securities Exchange Act of 1934 for the quarterly period ended September 30, 2020, s. 12 [<https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/788816/000162828020016328/pdf10q.pdf>] (dostęp: 2021-01-03)

⁸ <https://www.electric.coop/issues-and-policy/power-supply/> (dostęp: 2020-11-22)

polskie elektrownie zawodowe ciepłone, przedsiębiorstwa obrotu i Operatorzy Systemów Dystrybucyjnych zatrudniają łącznie nieco ponad 53 tys. osób (dane za 2019 rok)¹¹. Poniższa tabela przedstawia podstawowe

⁹ https://www.electric.coop/wp-content/uploads/2020/06/2019_nreca_annualreport_expanded_financials.pdf (dostęp: 2020-11-23)

¹⁰ America's Electric Cooperatives, NRECA 2020...

¹¹ „Statystyka Elektroenergetyki Polskiej 2019”, ARE S.A., Warszawa 2020, s. 191.

Tabela 1. Porównanie energetyki spółdzielczej (co-ops) z energetyką zawodową i komunalną w USA (dane za 2017 rok)
Table 1. Comparison of co-ops against investor-owned and publicly-owned power companies in US (data for 2017)

	Energetyka zawodowa (investor-owned)	Energetyka komunalna (publicly-owned)	Energetyka spółdzielcza (co-ops)	Udział energetyki spółdzielczej
Łączne przychody (mld USD)	284	60	45	12%
Liczba przedsiębiorstw/ podmiotów	200	2000	900	29%
Liczba odbiorców energii (mln)	107	22	19	13%
Średnia liczba odbiorców na podmiot	400 000	2 000	13 000	-
Ogólny udział w rynku (%)	73	15	12	-
Wolumen energii sprzedanej (TWh):				
- gospodarstwom domowym	960	211	237	17%
- przeds. handlowym i usługowym	1 036	219	91	7%
- przeds. produkcyjnym	704	144	104	11%
Udział w sieciach dystrybucyjnych	50%	7%	42%	-
Liczba odbiorców na 1 milę linii dystrybucyjnej	34	48	7,4	-
Przychody ze sprzedaży / 1 milę linii dystr. (USD)	75 500	113 000	16 000	-
Aktywa (mld USD)	1 025	280	169	11%
Kapitał własny (mld USD)	321	86	55	12%
Udział kapitału własnego w pasywach	31%	31%	32%	-

Źródło: <https://www.electric.coop/electric-cooperative-fact-sheet/> (dostęp: 2019-11-02)

dane liczbowe na temat amerykańskich spółdzielni energetycznych na tle pozostałych form właścicielskich w energetyce USA.

Co do zasady spółdzielnie obsługują obszary słabo zurbanizowane, o małej gęstości zaludnienia (wieś, mniejsze miasta), czyli te, w których koszty dostawy energii do odbiorców są najwyższe, a rentowność inwestycji najmniejsza. Działają w najtrudniejszych biznesowo warunkach, dysponują najmniejszym kapitałem (spośród wszystkich trzech typów energetyki w USA), a mimo tego są w stanie zapewnić swoim odbiorcom energię po akceptowalnych cenach, często niższych niż spółki energetyki zawodowej. Jest to możliwe dzięki temu, że energia sprzedawana jest po kosztach produkcji i przesyłu/dystrybucji, bez marży na sprzedaży i niektórych podatków, które występują w przypadku energii sprzedawanej przez przedsiębiorstwa energetyki zawodowej (zwłaszcza duże spółki energetyczne). Energetyka spółdzielcza rozwija się w USA dość dynamicznie – w 2018 r. NRECA odnotowała znaczące przyrosty w stosunku do roku 2017 zarówno liczby członków spółdzielni, jak i ilości energii sprzedanej (tu o 7%)¹².

Spółdzielnie posiadają udziały w elektrowniach różnego typu. Łączna moc zainstalowana odpowiadająca

udziałom spółdzielni w poszczególnych jednostkach wytwórczych w 2017 r. wynosiła ponad 62 GW.¹³ Energia wytwarzana w elektrowniach jądrowych stanowi 10,5% (23 TWh), dominują elektrownie węglowe (64,2%) oraz gazowe (22,9%). Jednakże wiele spółdzielni nie posiada własnych źródeł i sprzedają swoim członkom-odbiorcom energię zakupioną u innych wytwórców, stąd udział EJ w energii sprzedawanej przez spółdzielnie jest większy – 15,2% (66 TWh).¹⁴ Stowarzyszenie NRECA oficjalnie popiera rozwój energetyki jądrowej, w tym budowę reaktorów nowej generacji¹⁵.

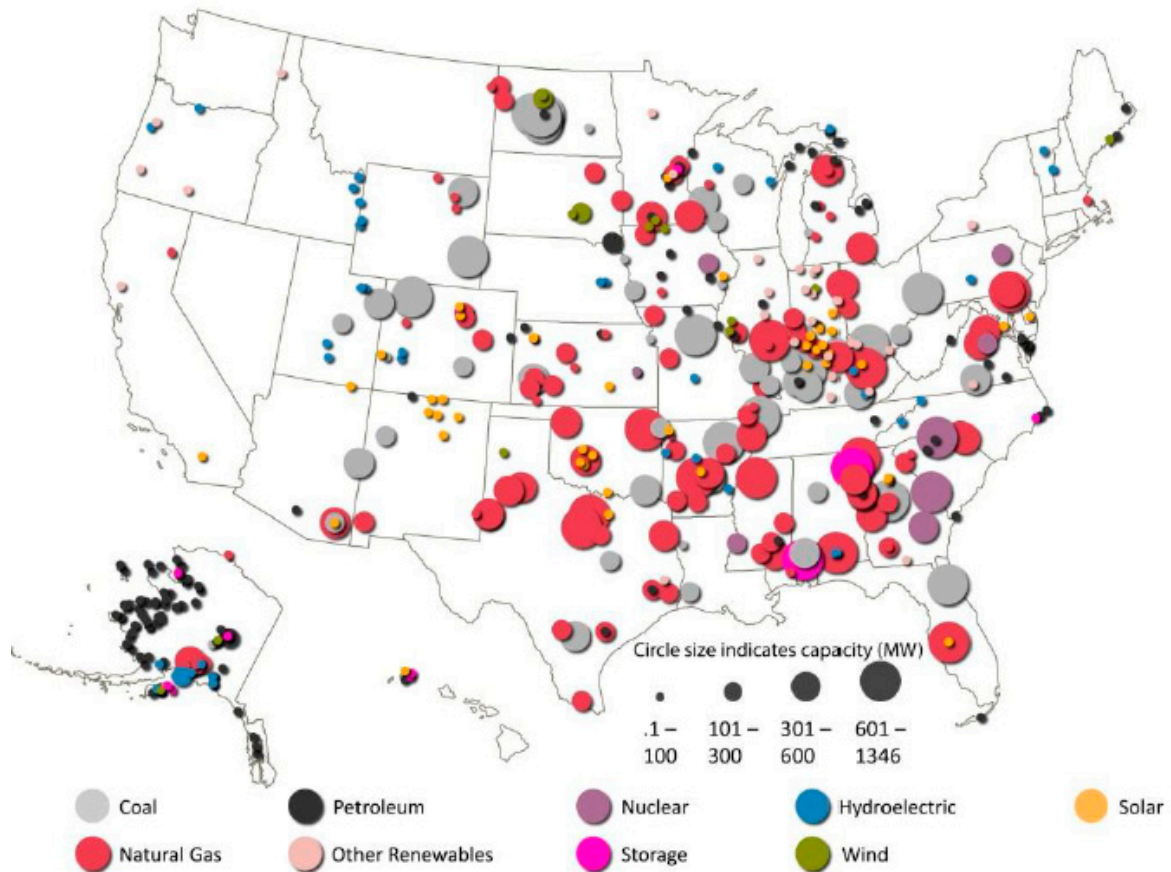
Jak widać z mapy (rys. 2) „spółdzielcze” EJ znajdują się głównie na wschodnim wybrzeżu USA, z nielicznymi wyjątkami, jednak pokrywa się to ze statystycznie większym rozmieszczeniem EJ właśnie w tej części kraju.

¹³ Electric industry generation, capacity, and market outlook, J. Goodenbery, A. Hamilton, L. Khair, M. Leitman, A. Brown, NRECA, 2019, s. 15. [https://www.cooperative.com/programs-services/bts/resource-adequacy-markets/Documents/ram_outlook_report.pdf] (dostęp: 2019-11-02)

¹⁴ Tamże, s. 3.

¹⁵ <https://www.electric.coop/issues-and-policy/power-supply/> (dostęp: 2021-01-03)

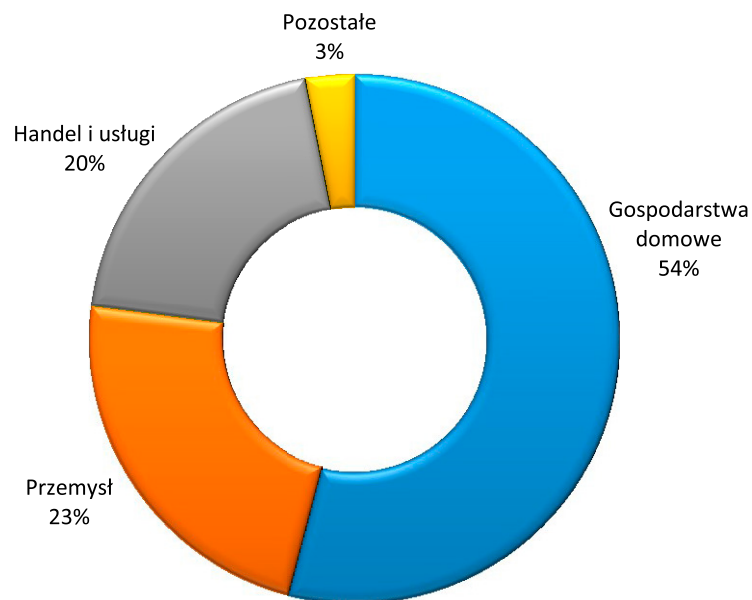
¹² America's Electric Cooperatives, NRECA 2020...



Rys. 2. Rozmieszczenie, wielkość i typ elektrowni należących do spółdzielni

Fig. 2. Map of cooperative-owned generation.

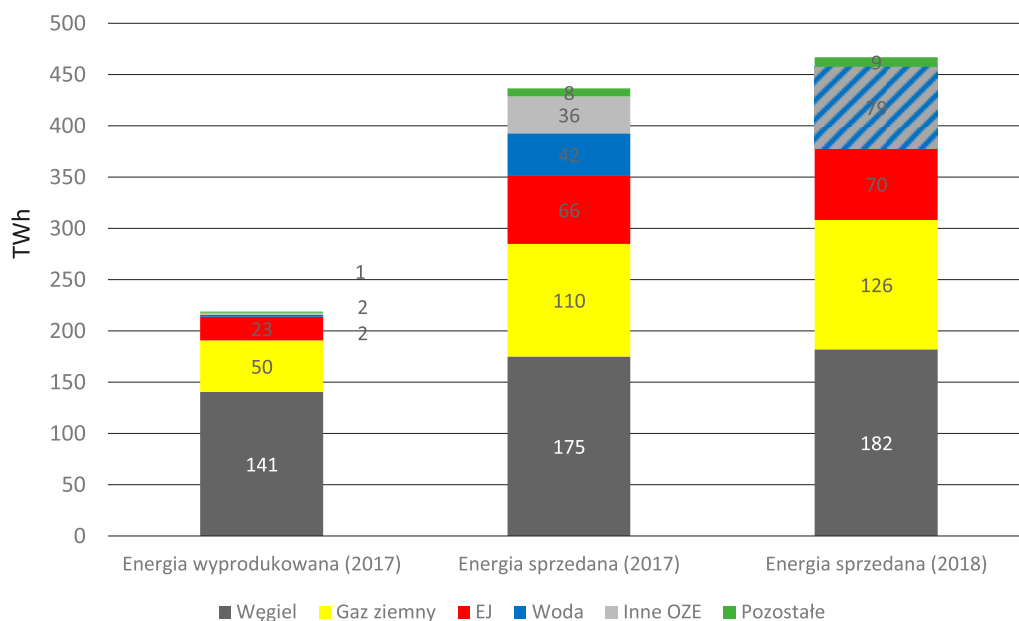
Źródło: Electric industry generation, capacity, and market outlook, J. Goodenbery, A. Hamilton, L. Khair, M. Leitman, A. Brown, NRECA, 2019, s. 15. [https://www.cooperative.com/programs-services/bts/resource-adequacy-markets/Documents/ram_outlook_report.pdf] (dostęp: 2019-11-02)



Rys. 3. Struktura energii elektrycznej sprzedanej członkom spółdzielni energetycznych w 2018 r. w podziale na grupy odbiorców.

Fig. 3. A structure of electricity sold to co-ops' members, sorted by type of consumer.

Źródło: opracowanie własne na podstawie: America's Electric Cooperatives [https://www.electric.coop/wpcontent/uploads/2020/06/Coop_FactsAndFigures_June2020.pdf] (dostęp: 2020-11-19)



Rys. 4. Struktura energii elektrycznej wyprodukowanej i sprzedanej w 2017 r. i 2018 r. przez spółdzielnie energetyczne w USA

Fig. 4. A structure of electricity generated and sold by American co-ops in 2017 and 2018.

Źródło: opracowanie własne na podstawie: America's Electric Cooperatives [https://www.electric.coop/wp-content/uploads/2020/06/Coop_FactsAndFigures_June2020.pdf] (dostęp: 2020-11-19); Electric industry generation, capacity, and market outlook, J. Goodenberry, A. Hamilton, L. Khair, M. Leitman, A. Brown, NRECA, 2019, s. 3. [https://www.cooperative.com/programs-services/bts/resource-adequacy-markets/Documents/ram_outlook_report.pdf] (dostęp: 2020-11-19)

Tabela 2. Amerykańskie spółdzielnie posiadające udziały w EJ

Table 2. American nuclear co-ops.

Spółdzielnia	Obszar działalności	EJ	Wielkość udziałów
Oglethorpe Power	Georgia	Vogtle-1	30% (348 MW)
		Vogtle-2	30% (348 MW)
		Vogtle-3 (w budowie)	30% (335 MW)
		Vogtle-4 (w budowie)	30% (335 MW)
		Hatch-1	30% (270 MW)
		Hatch-2	30% (269 MW)
North Carolina Electric Cooperatives	Karolina Północna	Catawba-1	61,51% (710 MW)
Old Dominion Electric Cooperative	Virginia, Maryland, Delaware	North Anna-1	11,6% (218 MW)
		North Anna-2	
Allegheny Electric Cooperative	Pensylwania	Susquehanna-1	10% (249 MW)
		Susquehanna-2	
Cooperative Energy	Mississippi	Grand Gulf-1	10% (143 MW)
Central Iowa Power Cooperative	Iowa	Duane Arnold-1*	20% (120 MW)
Corn Belt Power Cooperative	Iowa	Duane Arnold-1*	10% (60 MW)

*blok został trwale odstawiony w październiku 2020 r.

Źródło: opracowanie własne na podstawie: https://www.sec.gov/ix?doc=/Archives/edgar/data/788816/000162828020003884/opc-20191231.htm (dostęp: 2020-11-22); https://www.ncelectriccooperatives.com/our-power/ (dostęp: 2020-11-21); https://www.odec.com/generation-transmission-overview/generation-facilities/#5 (dostęp: 2020-11-21); https://www.talenenergy.com/plant/susquehanna/ (dostęp: 2020-11-21); https://www.prea.com/allegheny-electric-cooperative-inc (dostęp: 2020-11-21); https://www.entergy-nuclear.com/nuclear-sites/grand-gulf/ (dostęp: 2020-11-22); https://en.wikipedia.org/wiki/Duane_Arnold_Energy_Center (dostęp: 2020-11-22).

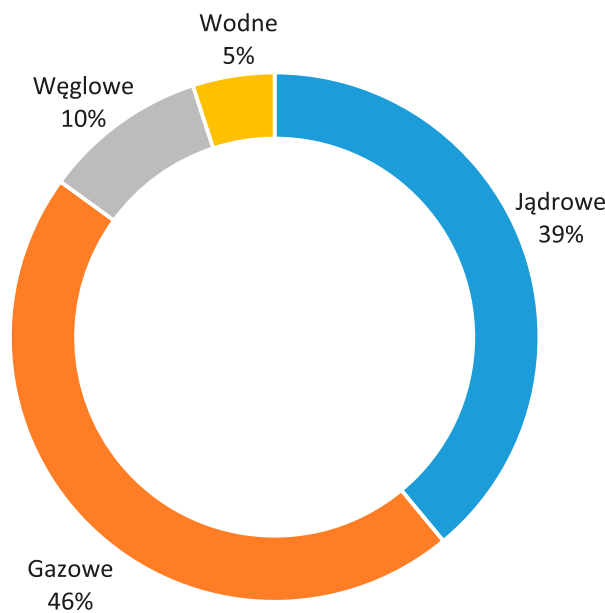
Bloki jądrowe są istotną częścią aktywów wytwórczych większości tych spółdzielni, które je posiadają. Udział energii elektrycznej pochodzącej z EJ w przypadku poszczególnych spółdzielni wygląda następująco (tylko własne wytwarzanie, dane za 2019 r.):

- Allegheny Electric Cooperative – 60%¹⁶
- North Carolina Electric Cooperatives – 57%¹⁷
- Oglethorpe – 39%¹⁸
- Central Iowa Power Cooperative – 33,2%¹⁹
- Old Dominion Electric Cooperative – 25%²⁰
- Cooperative Energy – 4%²¹
- Corn Belt Power Cooperative – 1%²²

Spółdzielnie korzystają z „jądrowego prądu” nie tylko z własnych źródeł wytwórczych, ale również kupując go od wytwórców z sektora energetyki zawodowej posiadających bloki jądrowe. Stąd udział energii elektrycznej pochodzącej z EJ w miksie energetycznym wszystkich spółdzielni jest większy, niż wynikałoby to wprost z mocy w blokach jądrowych, jakie posiada siedem wyżej wspomnianych podmiotów.

Spółdzielnia Oglethorpe Power

Największą w USA „jądrową” spółdzielnią energetyczną jest Oglethorpe Power, będąca spółdzielnią drugiego stopnia dla 38 mniejszych lokalnych spółdzielni. Posiada ona po 30% udziałów w 4 pracujących blokach jądrowych (2 bloki w EJ Hatch i 2 w EJ Vogtle) oraz w budowanych dwóch nowych typu AP1000 w EJ Vogtle, łącznie 1 216 MWe w eksploatacji i 670 MWe w budowie. Oglethorpe jest zbliżona wielkością do polskiej Grupy ENEA S.A. (pod względem mocy zainstalowanej jednostek wytwórczych, ilości produkowanej energii, liczby odbiorców końcowych)²³, łącznie posiada ok. 7 900 MW mocy wytwórczych i obsługuje ok. 2 mln odbiorców końcowych. Spółdzielnia pokrywa 58% zapotrzebowania swoich członków, którym w 2019 r. sprzedała 23,2 TWh energii elektrycznej po średniej cenie 61,60 USD/MWh²⁴ (z tego koszt produkcji energii zaledwie 21,00 USD/MWh²⁵), podczas gdy średnia cena energii dla odbiorców końcowych w stanie Georgia w tym samym roku (z uwzględnieniem działalności Oglethorpe) wyniosła 98,60 USD/MWh²⁶, co stanowi różnicę



Rys. 5. Struktura produkcji energii elektrycznej w elektrowniach Oglethorpe Power w 2019 r.

Fig. 5. Structure of Oglethorpe Power's electricity production in 2019.

Źródło: opracowanie własne na podstawie: <https://opc.com/where-power-originates/> (dostęp: 2020-11-22)

¹⁶ <https://susquehannanuclear.com/who-we-are-at-a-glance/> (dostęp: 2020-11-21)

¹⁷ <https://www.ncelectriccooperatives.com/our-power/> (dostęp: 2020-11-21)

¹⁸ <https://opc.com/where-power-originates/> (dostęp: 2020-11-21)

¹⁹ <https://www.cipco.net/energy-portfolio> (dostęp: 2020-11-22)

²⁰ <https://www.odec.com/wp-content/uploads/2020-Fact-Sheet1.pdf> (dostęp: 2020-11-21)

²¹ <https://cooperativeenergy.com/energy-resources/our-energy-mix/> (dostęp: 2020-11-22)

²² Forging Future Generations. Corn Belt Power Cooperative 2019 Annual Report, s. 9 [<https://www.cbpower.coop/our-cooperative/annual-report>] (dostęp: 2020-11-22)]

²³ Porównanie na podstawie: Sprawozdanie Zarządu z działalności ENEA S.A. oraz Grupy Kapitałowej ENEA w 2019 r.; <https://www.sec.gov/ix?doc=/Archives/edgar/data/788816/000162828020003884/opc-20191231.htm> (dostęp: 2020-11-22)

²⁴ <https://www.sec.gov/ix?doc=/Archives/edgar/data/788816/000162828020003884/opc-20191231.htm>, s. 49 (dostęp: 2020-11-22).

²⁵ Third Quarter 2020 Investor Update, November 19, 2020, Oglethorpe Power [<https://opc.com/wp-content/uploads/2020/11/8K-Q320-Investor-Update.pdf>] (dostęp: 2020-11-22)

²⁶ <https://www.eia.gov/electricity/state/georgia/> (dostęp: 2020-11-22)

37%. Niski koszt produkcji energii jest wynikiem zdominowania aktywów wytwórczych przez zamortyzowane EJ oraz bloki gazowo-parowe opalane tanim gazem ziemnym z formacji łupkowych.

Spółdzielnia od 2005 r. realizuje wspólnie z kilkoma innymi podmiotami projekt inwestycyjny budowy dwóch nowych bloków jądrowych w EJ Vogtle (2 reaktory AP1000, 1117 MWe netto każdy). Prace budowlane ruszyły w marcu 2013 r., jednak na skutek problemów wynikających ze złej organizacji budowy, zarządzania oraz konieczności odbudowy zanikających „jądrowych” kompetencji podwykonawców, pierwotny harmonogram z datami uruchomienia 2018/2019 r. nie został dotrzymany. Budowa jest ogólnie zaawansowana w prawie 90% (stan na listopad 2020 r.), blok nr 3 ma zostać uruchomiony w drugiej połowie 2021 r., a blok nr 4 rok później. Oglethorpe nie podaje, jaki będzie szacowany koszt wytwarzania energii, być może z uwagi na niepewność co do ostatecznych kosztów budowy, spowodowaną pandemią COVID-19 (wysoka absencja chorobowa ekipy budowlanej spowalnia prace). Inwestycja jest realizowana przy wsparciu rządu federalnego w postaci niskoprocentowanej pożyczki od DoE (zmienna stopa oprocentowania, oparta o oprocentowanie obligacji skarbowych plus 0,375%, łącznie średnio 2,934%²⁷) w wysokości

4,7 mld USD oraz dopłaty rządu do każdej wyprodukowanej MWh energii elektrycznej w wysokości 18 USD przez pierwszych 8 lat eksploatacji każdego bloku²⁸.

Różnice między modelem Mankala a amerykańskim Co-op

Zarówno fiński model Mankala, jak i amerykański model spółdzielni energetycznej, działają na zasadzie *non-profit*, w odróżnieniu od przedsiębiorstw energetyki zawodowej, które dominują w światowej elektroenergetyce. Główną cechą wspólną obu modeli jest produkcja energii elektrycznej „po kosztach” dla właścicieli podmiotu (odpowiednio spółki lub spółdzielni). Istnieją jednak znaczne różnice w obu modelach, wynikające przede wszystkim z formy prawnej tych podmiotów. O ile amerykańskie spółdzielnie są spółdzielniami faktycznymi i prawnymi, to znacząco ich podstawą są członkowie, a nie majątek, o tyle fińskie podmioty Mankala formalnie są spółkami (przedsiębiorstwami), których podstawą jest majątek wspólników/akcjonariuszy, natomiast faktycznie pełnią one rolę paraspółdzielni dzięki działalności *non-profit* wpisanej do statutu spółki lub umowy wspólników. Szczegółowe porównanie głównych cech obu modeli przedstawiono w tabeli nr 3.

Tabela 3. Podobieństwa i różnice między modelem Mankala i amerykańską spółdzielnią energetyczną

Table 3. Comparison of Mankala model and US co-operative.

	Mankala	Spółdzielnia amerykańska
Forma prawna	Spółka kapitałowa, podstawą jest majątek wspólników lub akcjonariuszy.	Spółdzielnia, podstawą są członkowie, majątek służy jedynie do rozliczania transakcji i realizacji inwestycji.
Sposób sprzedaży energii odbiorcom	Sprzedaż bez marży akcjonariuszom / udziałowcom w ilości proporcjonalnej do posiadanych akcji / udziałów.	Sprzedaż bez marży członkom spółdzielni w ilości proporcjonalnej do wpłat udziałów członkowskich lub wynikającej z umów zawartych z członkami.
Sposób kontroli podmiotu	WZA, możliwa dominacja jednego akcjonariusza / udziałowca lub ich grupy poprzez duży pakiet akcji / udziałów.	Zgromadzenie członków, każdy członek ma jeden głos niezależnie od wielkości wniesionego udziału.
Możliwość odsprzedaży energii	Akcjonariusz / udziałowiec ma możliwość odsprzedaży energii, która mu przysługuje (jeśli jest uczestnikiem rynku energii), ale wtedy podlega ona opodatkowaniu.	Odsprzedaż dozwolona tylko w przypadku spółdzielni n-tego stopnia oraz jako element rozliczeń z OSP/OSD (rynek bilansujący).
Źródła finansowania inwestycji	Kapitał własny, dług – jak w typowej spółce akcyjnej i z o.o.	Kapitał własny (fundusz udziałowy i fundusz zasobowy), dług oraz przedpłaty członków na zakup energii z przyszłego źródła (z odpowiednio wyliczonym rabatem), przy czym ta ostatnia forma finansowania jest preferowana, aby zmniejszyć koszty finansowe ²⁹ .
Skala działalności	40% energii elektrycznej wytwarzanej w Finlandii pochodzi z elektrowni Mankala (27 TWh w 2018 r.).	5% energii elektrycznej wytwarzanej w USA pochodzi ze źródeł należących do spółdzielni (222 TWh w 2017 r.).
Poziom działalności	Wytwarzanie, dystrybucja, obrót.	Wytwarzanie, przesył, dystrybucja, obrót.

Źródło: opracowanie własne

²⁷ Third Quarter 2020 Investor Update, November 19, 2020, Oglethorpe Power [https://opc.com/wp-content/uploads/2020/11/8K-Q320-Investor-Update.pdf] (dostęp: 2020-11-22)

²⁸ https://www.world-nuclear-news.org/NP-USA-extends-nuclear-tax-credit-deadline-1202187.html (dostęp: 2020-11-22)

²⁹ Quarterly Report..., s. 12.

Model Mankala został szczegółowo opisany w artykułach w numerach PTJ 1/2019³⁰ i 4/2019³¹.

Warto zauważyć, że amerykańskie spółdzielnie obok nazwy *cooperative* często posługują się także nazwą *corporation*, co w Europie jest często błędnie interpretowane jako *przedsiębiorstwo* lub *spółka*. Wynika to z odmiennego porządku prawnego i tradycji oraz faktu, że działalność spółdzielcza w energetyce wielkoskalowej jest słabo rozpowszechniona na naszym kontynencie i ma znikomy udział w wytwarzaniu energii elektrycznej (nieco lepiej jest w przypadku małych źródeł OZE). Angielskie słowo *corporation* ma szersze znaczenie niż słowa *spółka* czy *przedsiębiorstwo* i obejmuje każdą prawną formę zrzeszenia prowadzącego działalność gospodarczą³². W tym kontekście definicja zawarta w polskiej części Wikipedii wydaje się częściowo błędna lub co najmniej powierzchowna³³.

Podsumowanie

Autor jest zdania, że model spółdzielczy w energetyce amerykańskiej sprawdził się i będzie kontynuowany w najbliższej przyszłości. Spółdzielnie umożliwiły w przeszłości elektryfikację obszarów niezurbanizowanych, a dziś zapewniają swoim członkom energię elektryczną po kosztach niższych niż przedsiębiorstwa energetyki zawodowej. Rozdrobnienie i relatywnie mały majątek (aktywa) nie stanowią dla nich przeszkody w realizacji dużych inwestycji, w tym w nowe bloki jądrowe, czego przykładem jest spółdzielnia Oglethorpe budująca dwa nowe bloki AP1000. Jednak problemy, jakie napotkano przy budowie prototypowych (w zasadzie) bloków firmy Westinghouse w EJ Vogtle, skutecznie zniechęcają do podejmowania tego typu inwestycji nawet przez największe firmy energetyczne w USA. Dlatego wydaje się, że ewentualna budowa przez spółdzielnie energetyczne nowych bloków jądrowych, niezależnie czy klasycznych dużych, czy też ewentualnie SMR, będzie wymagała najpierw rozpręczenia amerykańskiego przemysłu jądrowego za granicą (poprzez budowę serii bloków AP1000 w innych krajach, np. w Wielkiej Brytanii, Indiach, Czechach), aby stworzyć stabilny i niezawodny łańcuch dostaw oraz zwiększyć doświadczenie generalnego wykonawcy i podwykonawców. Inwestorzy, niezależnie od ich modelu biznesowego, sięgają obecnie tylko po projekty ustandaryzowane i mało ryzykowne, przy czym ryzyko wcale nie musi być pochodną wielkości inwestycji, je-

żeli posiada ona określony standard realizacji (ustalony łańcuch dostaw, pewny i realny harmonogram, sprawdzeni wykonawcy itp.).

Łukasz Sawicki,

Główny Specjalista ds. strategii i analiz
ekonomicznych sektora jądrowego w Departamencie
Energii Jądrowej Ministerstwa Klimatu i Środowiska,
Warszawa

Literatura:

- [1] *Rural Electrification Act of 1936*.
- [2] <https://www.rd.usda.gov/about-rd/agencies/rural-utilities-service> (dostęp: 2020-11-22)
- [3] *Oglethorpe Power Corporation. Annual Report Pursuant to Section 13 or 15(d) of the Securities Exchange Act of 1934 for the fiscal year ended December 31, 2019*, [https://www.sec.gov/ix?doc=/Archives/edgar/data/788816/000162828020003884/opc-20191231.htm] (dostęp: 2021-01-06)
- [4] *Oglethorpe Power Corporation (An Electric Membership Corporation) Bylaws, As Amended and Restated by the Board of Directors on December 6, 2016* [http://opc.com/wp-content/uploads/2018/12/OPC-Bylaws-as-of-12-06-16.pdf] (dostęp: 2021-01-03)
- [5] *Oglethorpe Power Corporation. Quarterly Report Pursuant to Section 13 or 15(d) of the Securities Exchange Act of 1934 for the quarterly period ended September 30, 2020*, s. 12 [https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/788816/000162828020016328/pdf10q.pdf] (dostęp: 2021-01-03)
- [6] <https://www.electric.coop/issues-and-policy/power-supply/> (dostęp: 2020-11-22)
- [7] https://www.electric.coop/wp-content/uploads/2020/06/2019_nreca_annualreport_expanded_financials.pdf (dostęp: 2020-11-23)
- [8] „Statystyka Elektroenergetyki Polskiej 2019”, ARE S.A., Warszawa 2020
- [9] *Model Mankala w energetyce jądrowej na przykładzie fińskiej spółki TVO*, Sawicki Ł., Horbaczewska B., „Postępy Techniki Jądrowej” nr 1/2019.
- [10] *Model Mankala w energetyce jądrowej na przykładzie fińskiej spółki Fennovoima*, Sawicki Ł., Horbaczewska B., „Postępy Techniki Jądrowej” nr 4/2019.
- [11] *America's Electric Cooperatives*, NRECA 2020 [https://www.electric.coop/wp-content/uploads/2020/06/Coop_FactsAndFigures_June2020.pdf] (dostęp: 2021-01-03)
- [12] <https://www.electric.coop/electric-cooperative-fact-sheet/> (dostęp: 2019-11-02)
- [13] *Electric industry generation, capacity, and market outlook*, J. Goodenbery, A. Hamilton, L. Khair, M. Leitman, A. Brown, NRECA, 2019 [https://www.cooperative.com/programs-services/bts/resource-adequacy-markets/Documents/ram_outlook_report.pdf] (dostęp: 2019-11-02)
- [14] <https://www.sec.gov/ix?doc=/Archives/edgar/data/788816/000162828020003884/opc-20191231.htm> (dostęp: 2020-11-22);

³⁰ Model Mankala w energetyce jądrowej na przykładzie fińskiej spółki TVO, Sawicki Ł., Horbaczewska B., „Postępy Techniki Jądrowej” nr 1/2019.

³¹ Model Mankala w energetyce jądrowej na przykładzie fińskiej spółki Fennovoima, Sawicki Ł., Horbaczewska B., „Postępy Techniki Jądrowej” nr 4/2019.

³² <https://en.wikipedia.org/wiki/Corporation> (dostęp: 2020-11-19)

³³ <https://pl.wikipedia.org/wiki/Korporacja> (dostęp: 2020-11-19)

- [15] <https://www.ncelectriccooperatives.com/our-power/> (dostęp: 2020-11-21);
- [16] <https://www.odec.com/generation-transmission-overview/generation-facilities/#5> (dostęp: 2020-11-21);
- [17] <https://www.talenenergy.com/plant/susquehanna/> (dostęp: 2020-11-21);
- [18] <https://www.prea.com/allegheeny-electric-cooperative-inc> (dostęp: 2020-11-21);
- [19] <https://www.energy-nuclear.com/nuclear-sites/grand-gulf/> (dostęp: 2020-11-22);
- [20] https://en.wikipedia.org/wiki/Duane_Arnold_Energy_Center (dostęp: 2020-11-22).
- [21] <https://susquehannanuclear.com/who-we-are/at-a-glance/> (dostęp: 2020-11-21)
- [22] <https://www.ncelectriccooperatives.com/our-power/> (dostęp: 2020-11-21)
- [23] <https://opc.com/where-power-originates/> (dostęp: 2020-11-21)
- [24] <https://www.cipco.net/energy-portfolio> (dostęp: 2020-11-22)
- [25] <https://www.odec.com/wp-content/uploads/2020-Fact-Sheet1.pdf> (dostęp: 2020-11-21)
- [26] <https://cooperativeenergy.com/energy-resources/our-energy-mix/> (dostęp: 2020-11-22)
- [27] *Forging Future Generations. Corn Belt Power Cooperative 2019 Annual Report*, [<https://www.cbpower.coop/our-cooperative/annual-report>] (dostęp: 2020-11-22)]
- [28] Sprawozdanie Zarządu z działalności ENEA S.A. oraz Grupy Kapitałowej ENEA w 2019 r.
- [29] <https://www.sec.gov/ix?doc=/Archives/edgar/data/788816/000162828020003884/opc-20191231.htm> (dostęp: 2020-11-22)
- [30] <https://www.sec.gov/ix?doc=/Archives/edgar/data/788816/000162828020003884/opc-20191231.htm> (dostęp: 2020-11-22).
- [31] *Third Quarter 2020 Investor Update, November 19, 2020, Oglethorpe Power* [<https://opc.com/wp-content/uploads/2020/11/8K-Q320-Investor-Update.pdf>] (dostęp: 2020-11-22)
- [32] <https://www.eia.gov/electricity/state/georgia/> (dostęp: 2020-11-22)
- [33] <https://www.world-nuclear-news.org/NP-USA-extends-nuclear-tax-credit-deadline-1202187.html> (dostęp: 2020-11-22)
- [34] <https://en.wikipedia.org/wiki/Corporation> (dostęp: 2020-11-19)
- [35] <https://pl.wikipedia.org/wiki/Korporacja> (dostęp: 2020-11-19)



60-LECIE KRAJOWEGO SKŁADOWISKA ODPADÓW PROMIENIOTWÓRCZYCH W RÓŻANIE



Druga połowa lat 50. ubiegłego wieku była obfita w sukcesy dla polskiej atomistyki. W roku 1956 rozpoczęto budowę badawczego reaktora jądrowego EWA, którego uroczyste otwarcie

miało miejsce już dwa lata później 14 czerwca 1958 r. Reaktor ten wykorzystywany był do produkcji izotopów promieniotwórczych oraz do prac badawczych. Jako nieodłączny element każdej działalności, także eksploatacja reaktora jądrowego skutkowałą powstawaniem odpadów. Jednak odpady, które wytworzone były w reaktorze EWA, z uwagi na zawartość substancji promieniotwórczych, wymagały specjalnych rozwiązań.

W roku 1960 rozpoczęto poszukiwania odpowiedniego miejsca do składowania odpadów promieniotwórczych. W pierwszej fazie wyboru lokalizacji branych pod uwagę było 18 obiektów fortyfikacyjnych, z których po przeprowadzeniu analiz i oględzin wybrano fort w Dębem k. Serocka oraz dwa forty w Różanie nad Narwią.

Zatwierdzenie lokalizacji składowiska odpadów promieniotwórczych w formie w Różanie odbyło się w dniu 12 maja 1961 r., następnie fort został przekazany do użytkowania Instytutowi Badań Jądrowych. Skła-

dowisko, początkowo pod nazwą Centralna Składnica Odpadów Promieniotwórczych rozpoczęło swoją działalność w tym samym roku. Pierwsze odpady trafiły do Centralnej Składnicy w październiku 1961 r.

Dziś składowisko funkcjonuje pod nazwą Krajowe Składowisko Odpadów Promieniotwórczych (KSOP) i jest własnością Zakładu Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych (ZUOP). Od początku funkcjonowania KSOP zeskładowano w nim 4 100 m³ odpadów promieniotwórczych nisko i średnioaktywnych krótkożyłowych, wytworzonych przez jednostki medyczne, badawcze oraz przemysłowe na terenie Polski. Co warto podkreślić, odpady powstające jako efekt uboczny np. procedur medycznych w pierwszej kolejności trafiają do zlokalizowanych w Otwocku obiektów ZUOP, gdzie podlegają procesom mającym na celu zmniejszenie ich objętości, usunięcie izotopów (tam, gdzie jest to możliwe), czy doprowadzenie do postaci ciała stałego (w przypadku odpadów ciekłych). Tak przygotowane i opakowane, kierowane są do składowiska.

Składowisko jak i gmina Różan, na której terenie zlokalizowane jest KOSP, są miejscem szczególnym na mapie Polski. Dzięki funkcjonowaniu KSOP możliwe jest zastosowanie technologii wykorzystujących własności izotopów promieniotwórczych w różnych dziedzinach naszego życia.

Więcej informacji: <https://zuop.pl/>

Zakład Unieszkodliwiania
Opadów Promieniotwórczych,
Otwock-Świerk



SPRAWOZDANIE Z REALIZACJI PROGRAMU POLSKIEJ ENERGETYKI JĄDROWEJ ZA LATA 2016-2019

W MONITORZE POLSKIM, DZIENNIKU URZĘDOWYM RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ z datą 7 stycznia 2021 r. opublikowane zostało **OBWIESZCZENIE MINISTRA KLIMATU I ŚRODOWISKA** z dnia 19 listopada 2020 r. w sprawie ogłoszenia sprawozdania z realizacji Programu Polskiej Energetyki Jądrowej – PPEJ za lata 2016–2019.

A oto kilka informacji wybranych z tego obszernego (51 stron) dokumentu. Realizacja PPEJ została przedstawiona w obszarze 10 działań według stanu na dzień 31 grudnia 2019 r. Ze względu na zaawansowanie realizacji Programu, odniesiono się tylko do zadań z I etapu.

W opracowaniu sprawozdania wzięły udział instytucje bezpośrednio zaangażowane w realizację Programu: Państwowa Agencja Atomistyki, Ministerstwo Środowiska, Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, Ministerstwo Edukacji Narodowej, Ministerstwo Spraw Wewnętrznych i Administracji i służby mu podległe.

Początkowo za realizację PPEJ odpowiadało Ministerstwo Gospodarki. W 2015 r. Ministerstwo zostało zlikwidowane, a zadania w zakresie pokojowego wykorzystania energii jądrowej przejęło od niego Ministerstwo Energii, przekształcone później w Ministerstwo Aktywów Państwowych (MAP). Obecnie zadania te realizuje Ministerstwo Klimatu i Środowiska.

W podsumowaniu Sprawozdania jego autorzy stwierdzają:

- Administracja rządowa i inne instytucje realizują swoje zadania terminowo, zgodnie z harmonogramem. Dotychczasowe dokonania obejmują m.in.:
- stworzenie pełnych ram prawnych dla energetyki jądrowej,
- prowadzenie działań informacyjno-edukacyjnych o szerokim zasięgu,
- realizację Krajowego planu postępowania z odpadami promieniotwórczymi i wypalonym paliwem jądrowym,
- prowadzenie działań na rzecz znalezienia lokalizacji dla budowy nowego składowiska odpadów promieniotwórczych nisko i średnioaktywnych,
- dozór jądrowy oraz inne inspekcje i służby (np. Urząd Dozoru Technicznego) przygotowują się do przyjęcia nowych zadań związanych z wdrożeniem energetyki jądrowej,
- kontynuację działań wspierających udział polskiego przemysłu w budowie elektrowni jądrowych, w tym prowadzenie ciągłych identyfikacji odpowiednich

- przedsiębiorstw oraz ich szkolenia dotyczące norm i standardów obowiązujących w tym sektorze,
- wykonanie licznych analiz na potrzeby aktualizacji PPEJ,
- nawiązanie, utrzymanie i kontynuowanie szerokiej współpracy międzynarodowej oraz dwustronnej w zakresie energetyki jądrowej, w tym: z MAEA w Wiedniu, z którą realizowany jest program współpracy technicznej, Agencją Energii Jądrowej OECD, Bankiem Danych Agencji Energii Jądrowej OECD, Międzynarodowymi Ramami Współpracy dla Energetyki Jądrowej – IFNEC.

W dokumencie podkreślono, że wystąpiły poważne opóźnienia w realizacji harmonogramu przedstawionego przez Inwestora w PPEJ po stronie inwestora. Żadne z przewidzianych do realizacji w objętym sprawozdaniem terminie działań nie zostało wykonane zgodnie z przyjętym harmonogramem oraz upływem czasu objętym sprawozdaniem.

Wydatki na realizację PPEJ za lata 2016–2019 wyniosły ok. 100 mln zł.

Wnioski: Z uwagi na stwierdzone opóźnienia, dalsza realizacja Programu PEJ wymaga zdynamizowania jego realizacji. Do tego niezbędne jest jednak podjęcie decyzji przesądzającej o rozwoju energetyki jądrowej. Działania Ministerstwa Klimatu i Środowiska powinny być ukierunkowane na ten cel. Po jej podjęciu należy przeanalizować obecny system wdrażania projektu i dokonać zmian w sposobie jego realizacji, szczególnie po stronie inwestora.

*Wybrał: Stanisław Latek,
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej,
Warszawa*



NUTECH 2020



Sukcesem zakończyła się zorganizowana w formie hybrydowej konferencja Nutech 2020. Obszerna relacja z jej przebiegu ukazała się w poprzednim numerze PTJ. Komitety organizacyjny i naukowy nie zakończyły jednak pracy. Przygotowywany jest, bowiem specjalny numer kwartalnika Nukleonika. Angielskojęzyczne wydawnictwo jest na liście filadelfijskiej z IF (impact faktor) 0,814 za rok 2019. Tematyka nadesłanych artykułów jest

bardzo różnorodna od aspektów energetyki jądrowej po zastosowania technik radiacyjnych: w ochronie środowiska, higienizacji żywności oraz syntezie i modyfikacji materiałów. Artykuły, które uzyskają pozytywne recenzje zostaną opublikowane w czwartym numerze tego roku. Aktywna jest również nadal strona konferencji, na której można znaleźć książkę streszczeń, inauguracyjne wystąpienie prof. dr. hab. Andrzeja G. Chmielewskiego oraz ostatnie numery PTJ.



Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

Konferencję dofinansowano z programu „Doskonała nauka” Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

*Wojciech Głuszewski,
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej,
Warszawa*



AChwOZ'2020



W formie internetowej 4 grudnia 2020 r. odbyła się jubileuszowa XX konferencja „Analiza chemiczna w ochronie zabytków”, **AChwOZ'2020**. Honorowy patronat nad wydarzeniem objął Narodowy Instytut Muzealnictwa i Ochrony Zbiorów (NIMOZ). Webinarium zainteresowała się rekordowa w historii tych konferencji liczba internautów. Zdalnie uczestniczyło w nim blisko 200 chemików, konserwatorów dzieł sztuki, archeologów, geologów, muzealników, historyków sztuki, studentów i doktorantów.

Od wielu lat podczas licznych konferencji uczestnicy zwracali uwagę na istotną rolę techniki jądrowej w badaniach obiektów o znaczeniu historycznym. Interesującym trendem jest zwłaszcza zastosowanie dla potrzeb konserwacji i identyfikacji dzieł sztuki najnowocześniejszych metod diagnostycznych rozwijanych dotąd głównie z myślą o zastosowaniach medycznych. Przykładowo prof. dr Heinz-Eberhard Mahnke z Freie Universität Berlin opowiedział w inauguracyjnym wykładzie „Virtual Unfolding of Folded Papyri”, jak współczesną tomografię rentgenowską wykorzystano do odczytania tekstów na egipskich papyrusach ze zbiorów Ägyptisches Museum und Papyrussammlung w Berli-

nie. Rozwijanie zwojów w bardzo złym stanie jest często zbyt ryzykowne ze względu na możliwość całkowitej utraty dokumentu. Programy komputerowe analizując i przetwarzając wyniki pomiarów uzyskanych za pomocą promieniowania jonizującego, rozkładają papyruse w sposób wirtualny (nieniszczący) i pozwalają uzyskać dostęp do wydawałoby się utraconych zapisów.

Warto dodać, że tomografia rentgenowska należy do jednych z najskuteczniejszych nieinwazyjnych metod badawczych, dających całkowity objętościowy obraz obiektu. Doskonale sprawdza się w badaniach artefaktów drewnianych. Dostarcza przede wszystkim informacji o wewnętrznej budowie danego przedmiotu, morfologii stosowanego materiału, elementach konstrukcyjnych oraz stanie zachowania całości obiektu. Wprowadzona do diagnostyki wielowarstwowa tomografia rentgenowska pozwala na dokładne obrazowanie struktur poprzez komputerową analizę od kilkudziesięciu do kilkuset warstw uzyskanych podczas jednej akwizycji z rozdzielczością submilimetrową. Umożliwia również tworzenie dowolnej liczby różnego typu trójwymiarowych rekonstrukcji. Dobrym przykładem są zreferowane przez Annę Mikołajską (Akademia Sztuk Pięknych im. Jana Matejki w Krakowie) badania drewnianych, polichromowanych rzeźb z katedry krakowskiej, przedstawiających trzech świętych Ojców Kościoła: Hieronima, Ambrożego i Grzegorza. Rzeźby eksponowano przed bieżącą konserwacją we wnękach baldachimowych ścian nawy głównej. Powstały w końcu XV bądź na początku XVI wieku. Od drugiej połowy XIX wieku doceniano ich artystyczną klasę. Część historyków sztuki, odnosząc się do formy figury św. Hieronima, a niekiedy także Ambrożego, dopuszczała możliwość ich związku z warsztatem Wita Stwosza. Dwuzródłową tomografię komputerową artefaktów wykonano dzięki wieloletniej współpracy Zakładu Chemii i Fizyki Konserwatorskiej krakowskiej ASP z Zakładem Radiologii i Diagnostyki Obrazowej Szpitala im. Jana Pawła II w Krakowie. Uzyskane w ten sposób obrazy (tomogramy) pozwoliły szczegółowo zgłębić budowę wewnętrzną oraz stan zachowania rzeźb.

Na konferencji przedstawiono również wiele przykładów zastosowania do identyfikacji obiektów historycznych fluorescencji rentgenowskiej. Tematowi temu Michał Kuźdżał z firmy Labsoft poświęcił osobny wykład. Produkowane przez Bruker Nano Analytics modele ELIO i CRONO to pierwsze na rynku urządzenia zaprojektowane i zbudowane od podstaw z przeznaczeniem do konserwacji zabytków. Pozwalają one na analizę pierwiastków od sodu (Na) do uranu (U) poprzez bezkontaktowy pomiar w punkcie bądź mapowanie zadanej powierzchni w płaszczyźnie. Dodatkowo CRONO znajduje zastosowanie w skanowaniu dużych obiektów aż do 60 × 45 cm i pracuje w bezpiecznej odległości 1 cm od badanej powierzchni.

Maria Goryl (Akademia Sztuk Pięknych im. Jana Matejki w Krakowie) omówiła wyniki badań portretu Marii Pusłowskiej autorstwa Jana Matejki wykonanych za pomocą obrazowania RTG oraz spektrometrii fluorescencji rentgenowskiej. Dzieło znajduje się w zbiorach Muzeum Uniwersytetu Jagiellońskiego Collegium Maius. Na mapach rozkładu poszczególnych pierwiastków, jak również na zdjęciu RTG, w okolicach dłoni Marii, zaobserwowano, doskonale widoczne pentimenti. Artysta zmienił kompozycję obrazu, na nowo malując dłonie Pusłowskiej. Analiza kontekstu historycznego wskazuje na wiele powodów, które mogły wpłynąć na owe zmiany, jednym z nich mógł być stan błogosławiony, w jakim znalazła się portretowana.

Techniki analityczne wykorzystujące promieniowanie jonizujące zastosowano także w badaniach technologicznych Raportu SS-Brigadenführera Jürgena Stroopa: Es gibt keinen jüdischen Wohnbezirk in Warschau mehr! (Żydowska dzielnica mieszkaniowa w Warszawie już nie istnieje!). Pracami koordynowały Anna Włodarczyk-Sętopek i Wioleta Ługowska z Sekcji Konserwacji Zasobu Archiwalnego, Archiwum Instytutu Pamięci Narodowej.

Jan Bulas (badacz niezależny) przedstawił wyniki badań monet rzymskich – denarów przy użyciu radiografii cyfrowej. W przeciwieństwie do pełnowartościowych denarów, wykonanych w całości ze srebra, subaeraty posiadają brązowy lub miedziany rdzeń, pokryty warstwą srebra. Monety te, będące fałszerstwami pełnowartościowych numizmatów, stanowią istotną – z punktu widzenia badań nad relacjami plemion barbarzyńskich z Imperium Rzymskim – tematykę badawczą. Radiografia cyfrowa jako nieinwazyjna i szybka metoda pozwala na rozpoznanie tego typu monet w przypadku, kiedy ich powierzchnia jest nieuszkodzona.

W kontekście radiacyjnych techniki konserwacji obiektów historycznych warto zwrócić uwagę na prace nad opracowaniem strategii ochronnych kolekcji wawelskiej przed zagrożeniami deterioracyjnymi, w tym przed zagrożeniami mikrobiologicznymi. Stanowią one jeden z celów projektu „Wawel – dziedzictwo dla przyszłości”. W ramach projektu przeprowadzono kompleksowe analizy czystości mikrobiologicznej powietrza oraz powierzchni zabytkowych obiektów. Równolegle prowadzono szeroki monitoring parametrów fizyko-chemicznych powietrza (analizy składu chemicznego oraz stężenia pyłów zawieszonych w powietrzu) oraz wykonano wielokrotne przeglądy entomologiczne kolekcji. Prace interdyscyplinarnego zespołu zreferowała Magdalena Dyda z Zakładu Geomikrobiologii, Instytutu Mikrobiologii, Wydziału Biologii, Uniwersytetu Warszawskiego.

Na konferencji zaprezentowano dwa tematy realizowane we współpracy z Instytutem Chemii i Techniki Jądrowej w Warszawie. Pierwszy zatytułowany „Wykorzystanie datowań OLS w interdyscyplinarnych badaniach

stanowisk archeologicznych na przykładzie Jatwiezi Dużej (NE Polska)” zgłoszony był wspólnie z Zakładem Geomorfologii i Geoarcheologii, Instytutu Geografii i Nauk o Środowisku, Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach. Komunikat dotyczył zastosowania metod optycznych w badaniach gearcheologicznych. Techniki luminescencyjne pozwalają zrekonstruować czas funkcjonowania danego stanowiska archeologicznego i powiązać go z innymi elementami paleośrodowiskowymi. Drugi komunikat zatytułowany „Radiacyjna konserwacja obiektów historycznych – 50 lat tradycji w ARC-NUC-LÉART” podsumował pół wieku radiacyjnej dezynsekcji, dezynfekcji i konsolidacji obiektów historycznych we Francji. Jako przykład wybrano konserwację historycznej drewnianej wanny, którą poddano radiacyjnej dezynfekcji, a następnie konsolidacji. Abstrakty wszystkich zgłoszonych na konferencję komunikatów można zleść na stronie <http://analizazabytkow.pl/>.

Wojciech Głuszewski,
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej,
Warszawa



WEBINARIA „ZASTOSOWANIE PROMIENIOWANIA JONIZUJĄCEGO DO STERYLIZACJI SPRZĘTU MEDYCZNEGO, ŚRODKÓW OCHRONY OSOBISTEJ ORAZ INNYCH ZAINFEKOWANYCH MIKROBIOLOGICZNIE OBIEKTÓW



W dniu 21 stycznia 2021 r. Zespół pracowników z Instytutu Chemii i Techniki Jądrowej zorganizował kolejne, tym razem polskojęzyczne, szkolenie na temat „Zastosowanie Promieniowania Jonizującego do Sterylizacji Sprzętu Medycznego, Środków Ochrony Osobistej i Innych Mikrobiologicznie Zainfekowanych

Obiektów". Był to następny punkt projektu CEI (Central European Initiative) p.t.: "Dissemination of the Knowledge on Application of Ionising Radiation for Sterilization of Medical Equipment, Personal Protection Equipment and the other Microbiologically Infected Objects" (projekt nr 305.3938-20). Konferencja była otwarta dla szerokiej publiczności, a uczestnictwo w niej było bezpłatne. W ramach programu, nieco zmienionego w odniesieniu do zorganizowanej w październiku edycji angielskojęzycznej, przedstawiono następujące wykłady: „Źródła promieniowania jonizującego stosowane w procesach sterylizacji radiacyjnej (dr Zbigniew Zimek); „Mikrobiologiczne aspekty procesu sterylizacji radiacyjnej ze szczególnym uwzględnieniem możliwości sterylizacji wirusów” (dr Sylwester Sommer); Wpływ promieniowania jonizującego na właściwości fizykochemiczne i użytkowe materiałów (dr hab. Krystyna Cieśla); „Sterylizacja radiacyjna sprzętu medycznego, środków ochrony indywidualnej oraz innych skażonych mikrobiologicznie obiektów. Walidacja procesu sterylizacji” (dr Andrzej Rafalski i mgr Magdalena Rzepna). W styczniowym, polskojęzycznym Webinarium łącznie wzięło udział ponad 140 osób, reprezentujących uczelnie wyższe, instytuty badawcze, firmy i organizacje producenckie, stacje sanitarno-epidemiologiczne oraz komitety normalizacyjne. Uczestnicy otrzymali certyfikaty udziału w szkoleniu.

W ramach powyższego projektu opracowano również w pięciu językach (angielskim, polskim, ukraińskim, białoruskim i albańskim) ulotki i broszurki na temat sterylizacji radiacyjnej. Materiały informacyjne, w liczbie ok. 3500 kompletów, zostały rozesłane do uczelni wyższych, instytutów badawczych, producentów sprzętu medycznego, organizacji międzynarodowych, szpitali i innych placówek w 17 krajach należących do CEI (Albanii, Białorusi, Bośni i Hercegowiny, Bułgarii, Chorwacji, Czarnogóry, Mołdawii, Polski, Północnej Macedonii, Republiki Czeskiej, Rumunii, Słowacji, Słowenii, Serbii, Ukrainy, Węgier i Włoch. Dla Instytucji w Polsce przeznaczono 500 kompletów.

Więcej informacji można uzyskać na stronie internetowej IChTJ (w zakładce Central European Initiative (CEI) Project CEI Extraordinary Call for Proposals 2020, w trakcie uzupełniania) <http://www.ichtj.waw.pl/drupal/?q=node/1080>.

*Krystyna Cieśla,
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej,
Warszawa*



ICH TJ WYZNACZONE DO WSPÓŁPRACY Z MAEA NA LATA 2021-2024

Międzynarodowa Agencja Energii Atomowej (MAEA) przedłużyła na kolejne cztery lata umowę o współpracy z Instytutem Chemii i Techniki Jądrowej w ramach tzw. Collaborating Centre. Informacja o nominacji dotarła do dyrekcji IChTJ z życzeniami noworocznymi pod koniec roku 2020. Działalność centrum noszącego nazwę „Radiation Technology and Industrial Desimetry” dotyczy przemysłowego wykorzystania wyników badań w zakresie chemii i technologii radiacyjnych oraz dozymetrii dużych dawek promieniowania jonizującego. Wysoko oceniono wyniki dotychczasowej współpracy prowadzonej w latach od 2016 do 2020. Warto dodać, że zatwierdzenie nominacji wymagało sporego wysiłku w wypełnieniu wymogów administracyjnych. Dużej pomocy w kwestiach dyplomatycznych udzieliła Państwowa Agencja Atomistyki.

*Wojciech Głuszewski,
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej,
Warszawa*



MEDIA SPOŁECZNOŚCIOWE

Od grudnia 2020 r. zasięg Postępów Techniki Jądrowej (PTJ) dotarł do mediów społecznościowych, a konkretnie na Facebook'a. W tym samym czasie na tym portalu wznowił swoje działanie fanpage Instytutu Chemii i Techniki Jądrowej (IChTJ). Obecnie obie strony mają już w sumie ponad 500 obserwujących, a liczba ta ciągle rośnie.

Celem zaistnienia PTJ i IChTJ w mediach społecznościowych jest zwiększenie zasięgu i dostępu do nowych odbiorców oraz starych fanów tych instytucji. Na fanpag'ach publikowane są informacje związane bezpośrednio z PTJ i IChTJ takie jak zapowiedzi nowych numerów kwartalnika oraz bieżące wydarzenia czy aktualności związane z działalnością instytutu. Nie mniej ważnym zadaniem jest również wyszukiwanie informacji z Polski i Świata na tematy związane z rozwojem energetyki jądrowej oraz zastosowaniem radionuklidów i promieniowania jonizującego w różnych dziedzinach życia.

Fanpag'e dostępne są pod adresami:
<https://www.facebook.com/ichtj>
<https://www.facebook.com/PTJICH TJ/>

*dr inż. Rafał Walczak,
Centrum Radiochemii i Chemii Jądrowej,
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej, Warszawa*



KOREA WSPÓŁPRACUJE Z POLSKĄ W SZKOLENIU KADR NA POTRZEBY PROGRAMU POLSKIEJ ENERGETYKI JĄDROWEJ

KHNP (Korea Hydro & Nuclear Power), światowy lider w energetyce jądrowej, ogłosił podczas seminarium „Rozwój zasobów ludzkich na potrzeby energetyki jądrowej pomiędzy Polską a Koreą” swoją gotowość do poszerzenia obecnej współpracy z polskimi instytucjami akademickimi oraz chęć wsparcia Polski w procesie kształcenia krajowych liderów w dziedzinie energetyki jądrowej – specjalistów o wysokich kompetencjach i wiedzy w obszarach zarządzania i inżynierii. Organizatorami wydarzenia były koreańskie instytucje zajmujące się energetyką jądrową – szkoła podyplomowa Kepco International Nuclear Graduate School (KINGS) i fundacja Korean Nuclear International Cooperation Foundation (KONICOF).

Jak stwierdzili uczestnicy seminarium, Polska może najlepiej sprostać wyzwaniom związanym z globalnym ociepleniem i osiągnąć wymaganą przez Unię Europejską dekarbonizację do 2050 r. dzięki realizacji projektu budowy pierwszych elektrowni jądrowych. Podjęcie się tego zadania pozwoli również stawić czoła krajowym wyzwaniom związanym z unowocześnieniem i wymianą systemu wytwarzania energii elektrycznej, dzięki bezpiecznej i zrównoważonej technologii jądrowej. Aby pomóc w realizacji tych celów, w Polsce funkcjonuje szereg uczelni wyższych, które prowadzą programy akademickie w zakresie energetyki jądrowej. Jednakże wskazane byłoby wdrożenie nowego progra-

mu nauczania, który odpowiadałby planowi rozwoju zasobów ludzkich na potrzeby energetyki jądrowej w czasach czwartej rewolucji przemysłowej. Korea, która kontynuuje budowę nowych elektrowni jądrowych, posiada również szeroką ofertę edukacyjną w tym zakresie, dostępną na koreańskich uczelniach wyższych już od lat 50 ubiegłego wieku. Wymiana koreańskich doświadczeń z polskimi ekspertami oraz określenie potrzeb pozyskania zasobów ludzkich w polskim programie energetyki jądrowej będą korzystne dla obu stron w dalszym rozwoju polskiego programu energetyki jądrowej i metodyki nauczania.

– *Podczas seminarium podzieliliśmy się 50-letnim doświadczeniem i wnioskami z rozwoju energetyki jądrowej w Korei i jej eksportu do innych państw. W ramach projektu budowy elektrowni jądrowej w Zjednoczonych Emiratach Arabskich (ZEA) zapewniliśmy systematyczny program szkoleniowy dla kraju, który po raz pierwszy wprowadza energetykę jądrową, a obecnie zbliża się termin rozpoczęcia komercyjnej eksploatacji pierwszego bloku Barakah. Korzystając z naszych kompetencji, strona koreańska jest w stanie zapewnić wsparcie i pomoc w przygotowaniu kompleksowej usługi szkoleniowej dla Polski, aby sprostać potrzebom jej programu energetyki jądrowej. Współpracujemy już z polskimi instytucjami akademickimi i liczymy na zwiększenie poziomu naszych działań* – stwierdził Seung-Yeol Lim, wiceprezes działu New Nuclear Business w KHNP.

– *Wysoko wykształcona i dobrze wyszkolona kadra zdolna aktywnie współtworzyć unikalną kulturę bezpieczeństwa jest jednym z kluczowych elementów podczas przygotowań do budowy i eksploatacji elektrowni jądrowej. W związku z koniecznością zapewnienia wysokich kompetencji i wydajności pracowników sektora energetyki jądrowej istotne jest odpowiednie planowanie, szko-*



Fot. 1. Jedna z koreańskich EJ Hanbit (fot. KHNP)

lenie i zarządzanie personelem. Głównym uwarunkowaniem w zakresie zapewnienia kadr jest fakt, że obecnie Polska nie dysponuje wystarczającymi zasobami ludzkimi przygotowanymi specjalnie na potrzeby energetyki jądrowej. Wraz z podjęciem decyzji o włączeniu energetyki jądrowej do krajowego mixu energetycznego powinniśmy z wyprzedzeniem zaplanować kształcenie i strukturę kadr, potrzebnych na każdym etapie budowy i funkcjonowania elektrowni jądrowej. Musimy także rozwijać współpracę międzynarodową z krajami, które mają dobre doświadczenia w tym zakresie – powiedziała Marzena Kurpińska z Departamentu Energii Jądrowej w Ministerstwie Klimatu i Środowiska.

Celem wydarzenia, w którym wzięli udział przedstawiciele KHNP, KINGS, KONICOF, Ministerstwa Klimatu i Środowiska, Uniwersytetu Warszawskiego, Politechniki Warszawskiej, Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, Politechniki Wrocławskiej, Państwowej Agencji Atomistyki oraz Polskiej Grupy Energetycznej, było poszerzenie współpracy pomiędzy Koreą a Polską, bazując na relacjach nawiązanych pomiędzy KINGS a wiodącymi polskimi uczelniami. KINGS podpisało już umowy o współpracy z wybranymi instytucjami akademickimi w Polsce, m.in. z Akademią Górniczo-Hutniczą w Krakowie, Politechniką Warszawską, Uniwersytetem Warszawskim i Politechniką Wrocławską. Zakres działań przewidzianych w ramach współpracy pomiędzy dwoma krajami obejmuje partnerstwo przy wymianie studentów, podwójne i wspólne dyplomy, łączone programy akademickie oraz działania badawczo-rozwojowe. Obecnie kolejne kroki w zakresie polsko-koreańskiej współpracy akademickiej obejmują plany wzmocnienia relacji z partnerskimi uczelniami, organizację seminariów za granicą, gdy tylko sytuacja pandemiczna na to pozwoli, a także identyfikację możliwych obszarów rozwoju poprzez wymianę materiałów szkoleniowych przygotowanych przez KINGS.

Uczestnicy seminarium wygłosili prezentacje na temat polskiego programu budowy elektrowni jądrowych, edukacji w zakresie energetyki jądrowej oraz programów szkoleniowych i badawczych. Jednym z tematów omawianych podczas wydarzenia, było m.in. bogate doświadczenie krajowe i zagraniczne Korei w obszarze energetyki jądrowej, w tym budowa pierwszej elektrowni jądrowej w ZEA wyposażonej w reaktory APR1400, które również są oferowane Polsce w ramach krajowego programu energetyki jądrowej. W zeszłym roku KHNP ukończyło prace w pierwszym bloku elektrowni jądrowej Barakah w ZEA, który osiągnął pełną moc i jeszcze w br. rozpocznie działalność komercyjną. Projekt jest kontynuowany bez znaczących opóźnień i przekroczeń kosztów. Korea odniosła w ZEA sukces zarówno w zakresie eksportu technologii jądrowej, jak i kształcenia kadr. W ramach projektu jądrowego Barakah, KHNP uruchomiło w 2012 r. kompleksowe usługi szkoleniowe dla lokalnego personelu. Dopasowano je

do indywidualnych potrzeb i warunków panujących w tym kraju.

Lukasz Chudy,
Grayling Poland

O KHNP: KHNP to globalny lider bezpiecznej i niezawodnej energii oraz firma z blisko 50-letnim doświadczeniem w budowie i eksploatacji elektrowni jądrowych. Dzięki unikalnej wiedzy i kompetencjom KHNP współpracuje przy projektach i jest niezawodnym dostawcą reaktorów jądrowych. Obecnie firma eksploatuje 24 elektrownie jądrowe i buduje kolejne 8 reaktorów w Zjednoczonych Emiratach Arabskich i Korei. Jej najnowszej generacji reaktory APR1400 oferują najbardziej zaawansowane elementy bezpieczeństwa biernego i ochrony.

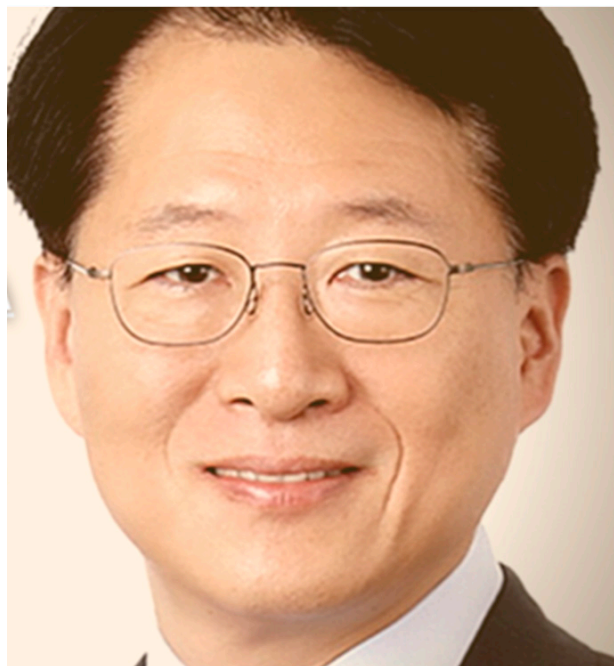
Więcej informacji na temat KHNP można znaleźć na stronie: <http://www.khnp.co.kr/eng/main.do>

O KINGS: Jako wiodąca międzynarodowa instytucja akademicka w obszarze energetyki, KINGS oferuje dwuletni program podyplomowy przygotowujący ekspertów w obszarze energetyki jądrowej. Jej wartości w zakresie współpracy międzynarodowej obejmują kształcenie liderów dla sektora energetyki jądrowej oraz stwarzanie sprzyjającego środowiska dla decydentów w dziedzinie polityki energetycznej, aby mogli reagować na postęp technologiczny i zmiany klimatu. Instytucją wspierającą KINGS jest KHNP, które dostarcza wiedzę i doświadczenie z eksploatacji 24 własnych elektrowni jądrowych, a także dostęp do infrastruktury.



SANG DON KIM: KOREAŃSKA OFERTA JĄDROWA DLA POLSKI MA PRZEWAGĘ KONKURENCYJNĄ NAD INNYMI

Wierzę, że najważniejszymi czynnikami decydującymi o sukcesie budowy elektrowni jądrowej są typ reaktora, który gwarantuje wysoki poziom bezpieczeństwa oraz możliwość realizacji projektu w terminie i w ramach budżetu. Jako godny zaufania dostawca technologii jądrowej, KHNP ma pod tym względem przewagę konkurencyjną nad innymi dostawcami i wierzymy, że polski rząd podejmie rozsądną decyzję – mówi Sang Don Kim, wiceprezes, działu rozwoju biznesu w KHNP.



Fot. 1. Sang Don Kim. Grafika: Gabriela Cydejko

BiznesAlert.pl: Jaka byłaby rola KHNP w polskim programie jądrowym? W jaki sposób KHNP mógłby współpracować z innymi firmami?

Sang Don Kim, KHNP: Dla polskiego programu jądrowego przewidziane są reaktory trzeciej generacji, a flagowy koreański reaktor APR1400 spełnia wszystkie wymagania. W oparciu o naszą zaawansowaną technologię i wysoki poziom bezpieczeństwa uzyskaliśmy certyfikację dla APR1400 od europejskiej organizacji technicznej European Utility Requirements (EUR) w 2017 r. oraz aprobatę (design certification) od amerykańskiej Nuclear Regulatory Commission (NRC) w 2019 r. Dzięki temu technologia dostarczana przez KHNP spełnia kluczowe wymagania międzynarodowe. APR1400 jest owocnym rezultatem doświadczenia zebranego dzięki naszym długoletnim wysiłkom konstrukcyjnym i operacyjnym, jak również urzeczywistnienia wartości naszej firmy. Certyfikowany przez EUR reaktor posiada zaawansowane cechy bezpieczeństwa, w tym pasywne systemy bezpieczeństwa, ochronę przed katastrofami dużych samolotów oraz rozwiązania w zakresie cyberbezpieczeństwa. Mamy 50-letnie doświadczenie w budowie elektrowni jądrowych oraz zdolność do budowania na czas i w ramach budżetu. KHNP i rząd koreański są żywo zainteresowane polskim programem jądrowym, jesteśmy w pełni przygotowani do udzielenia wsparcia poprzez rozwiązanie finansowe i pakietowe. KHNP zorganizował konferencje z polskimi firmami w 2018 i 2019 r. Nie szczędzimy wysiłków, aby zapewnić rozbudowany łańcuch dostaw dla polskiego projektu poprzez możliwość współpracy z ponad 70 lokalnymi firmami w różnych sektorach, w tym Energo-projekt Warszawa i Katowice w zakresie projektowania

i inżynierii, Polimex Mostostal z sektora budowlanego, Elektrobudowa w zakresie energetycznym i ZRE Katowice w sektorze przemysłowym.

Co z współpracą długoterminową? Czy planują Państwo pozostać w Polsce po wybudowaniu reaktora jądrowego?

Od planowania do zakończenia budowy elektrowni jądrowej potrzeba 10 lat. Cykl życia jednostki APR1400 wynosi 60 lat. Oznacza to, że budowa elektrowni jądrowej będzie wymagała koordynacji działań w wielu regionalnych sektorach i w różnych branżach. Weźmy za przykład Zjednoczone Emiraty Arabskie. Rozszerzyliśmy tam naszą współpracę poza przemysł jądrowy. Nasz rząd promował współpracę w dziedzinie przemysłu obronnego i wymianę kulturalną. Biorąc pod uwagę charakter przemysłu jądrowego, uważam, że współpraca może być kontynuowana przez bardzo długi okres – od 70 do ponad 100 lat.

Jaka byłaby rola KHNP przy tworzeniu kadr dla energetyki jądrowej w Polsce?

Eksploatacja elektrowni jądrowej wymaga wysoce wykwalifikowanych pracowników. W związku z tym bardzo ważne jest szkolenie i kształtowanie profesjonalnych kadr. Rozbudowany program rozwoju zasobów ludzkich musi wdrażać inicjatywy w zakresie szkolenia pracowników na wczesnym etapie projektu. Firmy i środowiska akademickie muszą wdrożyć takie programy. Korea włożyła ogromny wysiłek w opracowanie programu rozwoju zasobów ludzkich przy budowie pierwszych elektrowni jądrowych. Miało to również duże znaczenie przy realizacji takiego projektu jak elektrownia Barakah w ZEA. KHNP i przemysł jądrowy w Korei nawiązały silne więzi z polskimi instytucjami akademickimi. Podpisaliśmy szereg porozumień (MOU) z prestiżowymi uczelniami w Polsce: Uniwersytetem Warszawskim, Politechniką Warszawską i Akademią Górniczo-Hutniczą, aby współpracować w wielu dziedzinach, takich jak wspólne badania i wymiana studentów. W oparciu o tę współpracę zorganizowaliśmy 4 lutego tego roku seminarium dotyczące rozwoju zasobów ludzkich pomiędzy Koreą a Polską, z udziałem m.in. Ministerstwa Klimatu i Środowiska, Państwowej Agencji Atomistyki, PGE. Wydarzenie było nie tylko okazją do wymiany wiedzy na temat interesujących programów szkoleniowych obydwu krajów, ale także do wzmocnienia więzi w dziedzinie edukacji. Liczymy na dalszą tego typu współpracę w najbliższej przyszłości.

Jaki może być udział KHNP w programie finansowania polskiej elektrowni jądrowej? Toczą się rozmowy z Amerykanami i Francuzami. Czy chcą Państwo rzucić wyzwanie ich propozycji, czy może nawiązać z nimi współpracę?

Doskonale rozumiemy znaczenie kwestii finansowania elektrowni jądrowej. Mając to na uwadze, KHNP

planuje zaproponować rozsądne rozwiązanie finansowe, które będzie odpowiadało potrzebom polskiego programu jądrowego, z uwzględnieniem wszystkich wytycznych OECD. Rozumiemy, że Polska życzy sobie 49-procentowego zaangażowania dostawcy. Dzięki współpracy pomiędzy rządem koreańskim, agencją kredytów eksportowych i globalnymi instytucjami finansowymi możemy zapewnić finansowanie odpowiadające potrzebom Polski i jesteśmy gotowi do podjęcia dyskusji z polskimi władzami na temat modelu finansowania, który będzie odpowiadał naszym wspólnym interesom. Jednakże, jeśli chodzi o rozwiązanie finansowe, jest wiele kwestii, które należy poruszyć i przedyskutować. Dlatego też mamy nadzieję na pogłębioną dyskusję z polskim rządem i firmami w przyszłości.

Na koniec chciałbym podziękować za możliwość wypowiedzi przed polską publicznością. Jestem przekonany, że mamy wzajemny szacunek dla sektora energetyki jądrowej i kultury. Przez lata naszej przyjaźni w naturalny sposób rozwinęliśmy nasze zainteresowanie budową polskiej elektrowni jądrowej, a wasz kraj niedawno podjął decyzję o budowie i wdrożeniu tego rodzaju energetyki. Jestem przekonany, że projekt budowy elektrowni jądrowej może stać się fundamentem dalszego rozwoju naszych strategicznych relacji. Wierzę, że najważniejszymi czynnikami decydującymi o sukcesie budowy elektrowni jądrowej są typ reaktora, który gwarantuje wysoki poziom bezpieczeństwa oraz zdolność do realizacji projektu w terminie i w ramach budżetu. Jako godny zaufania dostawca, KHNP ma pod tym względem przewagę konkurencyjną i wierzymy, że polski rząd podejmie rozsądną decyzję.

*Rozmawiał Wojciech Jakóbiak,
przedruk za zgodą Biznes Alert,
Warszawa*



WIEŚCI Z JAPONII

the japan times

Artykuł opublikowany 1 lutego 2021 r. w największej japońskiej gazecie codziennej The Japan Times informuje, że burmistrz miasta Takahama w prefekturze Fukui udzielił zgody na ponowne uruchomienie reaktorów 1 i 2 w elektrowni jądrowej Takahama. Właściciel i operator elektrowni firma Kansai Electric Power Co. (KEPCO) dokonała usprawnień, które mają umożliwić dwóm reaktorom możliwość działania dłużej niż 40 lat (limit żywotności elektrowni jądrowych, który został wprowadzony przez japoński rząd po awarii elektrowni Fukushima spowodowanej przez trzęsienie ziemi i tsunami w 2011 roku). Bloki 1 i 2 elektrowni jądrowej Takahama zostały oddane do użytku odpowiednio w 1974 i 1975 r. Teraz KEPCO oczekuje na zgodę władz prefektury, które aktualnie prowadzą rozmowy z rządem dotyczące wsparcia finansowego dla elektrowni i lokalnych inwestycji. Wciąż ważnym problemem do rozwiązania pozostaje znalezienie nowej lokalizacji dla składowiska wypalonego paliwa. Minister przemysłu Japonii Hiroshi Kajiyama podkreśla jednak, że energetyka jądrowa jest niezbędna dla zapewnienia stałych dostaw energii elektrycznej. KEPCO planuje uruchomić reaktor 1 w marcu, a reaktor 2 najpóźniej w maju tego roku.

Zgodnie z informacjami dyrektora wykonawczego JAIF International Cooperation Center Pana Akio Toby kolejne reaktory Mihama-3 (który został oddany do eksploatacji również już ponad 40 lat temu) i Onagawa-2 otrzymały zgodę od lokalnych władz na wznowienie pracy.

*Dagmara Chmielewska-Śmietanko
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej,
Warszawa*

PIĘKNIJSZA STRONA NAUKI

Międzynarodowy Dzień Kobiet i Dziewcząt w Nauce obchodzony był 11 lutego 2021 r. przez ONZ, a 8 marca to Międzynarodowy Dzień Kobiet.

Z tej okazji, zainspirowana przez Wydawcę redakcja Postępów Techniki Jądrowej postanowiła przybliżyć społeczności Instytutowej sylwetki kilku, samodzielnych pracowniczek Instytutu Chemii i Techniki Jądrowej, posiadających stopień doktora habilitowanego.

Poniżej znajdą Czytelnicy krótkie informacje przygotowane przez kilka Pań na temat ich działalności, osiągnięć, sukcesów, doświadczeń. Niektóre Panie piszą na temat wybranych aspektów życia rodzinnego, co Je skłaniało do wyboru tego, a nie innego kierunku nauki, czy praca zawodowa koliduje z życiem rodzinnym.

Na trzeciej stronie okładki prezentujemy zdjęcia naszych autorek.

Kolejny tekst („Badaczki z IChTJ w projekcie ARIES”) opisuje udział pracowniczek IChTJ w realizacji projektu, którego zadania przyczynią się do rozwoju nowych i mało zbadanych obszarów zastosowań wiązki elektronów w ochronie środowiska, medycynie i przemyśle.

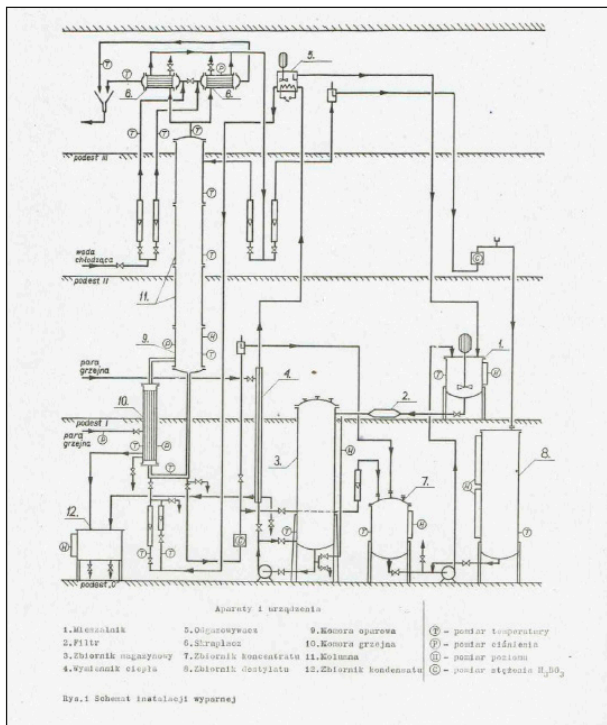
Dwa pozostałe teksty w tej części Wydarzeń nie dotyczą co prawda Pań z IChTJ, ale Kobiet jak najbardziej. Pan Wojciech Głuszewski informuje o Nagrodach L'oreal UNESCO for Women in Science oraz o Musikalu o Marii Curie-Skłodowskiej.

*Stanisław Latek,
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej,
Warszawa*

PIĘKNIEJSZA STRONA NAUKI W IChTJ

Ewa Gniazdowska

Moja życiowa przygoda zawodowa z Instytutem Chemii i Techniki Jądrowej rozpoczęła się 1 sierpnia 1974 r., kiedy to po ukończeniu studiów na Wydziale Chemii Uniwersytetu Warszawskiego podjęłam pracę w Instytucie Badań Jądrowych (w Oddziale na Żeraniu), w Zakładzie Technologii Chemicznej, w nowo powołanej Pracowni Technologii Wody Reaktorowej. Kierownikiem Zakładu był wówczas prof. Bogdan Kalinowski, a kierownikiem Pracowni dr Wanda Czosnowska. Nasze prace związane były z planami budowy pierwszej elektrowni jądrowej w Polsce, w Żarnowcu, i ukierunkowane na oczyszczanie chłodziwa I obiegu chłodzenia reaktora, na wydzielanie z chłodziwa różnych radionuklidów, i szczególnie na zateżnienie i odzysk potencjalnego składnika chłodziwa – kwasu borowego. Pamiętam, że tematyka ta wydawała mi się ogromnie ciekawa i ważna, ponieważ dotyczyła życiowej sprawy – pierwszej elektrowni jądrowej w Polsce. Nie pisaliśmy wtedy publikacji, a wyniki prac przekazywane były jako „ściśle tajne” raporty do Energoprojektu. Z tamtych lat zachował się pożytek już ze starości schemat zbudowanej przez nas na hali technologicznej instalacji (rys. 1), która w czasie prowadzenia badań obejmowała cykle pracy trwające po 2-3 miesiące. Wymagało to naszej stałej obecności, więc pracowaliśmy na zmiany. Było to męczące, ale jednocześnie bardzo satysfakcjonujące. Nie-



Rys. 1. Schemat na hali technologicznej instalacji

stety, nagle przerwanie programu budowy elektrowni jądrowej w Polsce w drugiej połowie lat 80. zakończyło te badania. Do dziś osobiście uważam, że decyzja ta była błędem zarówno politycznym, jak i ekonomicznym, i że gdyby wówczas powstała w Polsce elektrownia jądrowa, dziś sytuacja energetyczna kraju (problem pozyskiwania energii elektrycznej, efektywności pracy kopalń węglowych, emisji CO₂ do atmosfery) byłaby o wiele lepsza.

Kolejne lata to w moim przypadku 5-letni okres przerwy w pracy zawodowej związany z wychowywaniem dzieci do lat trzech. Proszę mi wierzyć, że po takim okresie powrót do pracy zawodowej i zaistnienie jako pracownik naukowy nie jest łatwe. Szczęśliwie pomógł mi tu fakt, iż pod koniec lat 90. z inicjatywy prof. Jerzego Narbutta do działalności statutowej IChTJ została wprowadzona nowa tematyka – radiofarmacja. Dziedzina ta, zresztą podobnie jak poprzednio problem energetyki jądrowej, była dla mnie fascynująca. Łączyła ona prace eksperymentalne prowadzone w laboratorium z praktycznym ich wykorzystaniem w życiu codziennym – i to w dodatku w medycynie. Obecnie, ogólnie nasz zespół zajmuje się projektowaniem, syntezą i badaniami nowych potencjalnych receptorowych radiofarmaceutyków opartych na biologicznie aktywnych cząsteczkach (Tabela 1). Prace te prowadzone są w ścisłej współpracy z lekarzami medycyny nuklearnej i jestem przekonana, że każde wykonane przez nas w laboratorium doświadczenie to kolejny krok w kierunku uzyskania, nawet jeśli dopiero w przyszłości, nowego radiofarmaceutyku pozwalającego na tak bardzo ważną wczesną diagnostykę, a potem skuteczne, podjęte na bardzo wczesnym etapie leczenie różnych, np. onkologicznych czy neurologicznych chorób.

Moja praca zawodowa to już praktycznie pół wieku i z perspektywy tych lat uważam, że kobietom naukowcom w pracy zawodowej wcale nie jest łatwo. Praca naukowa nie ogranicza się do danej liczby godzin pracy dziennie, po których można wrócić do domu i swobodnie skupić się na innych problemach. I jeśli kobieta naukowiec nie znajdzie wsparcia ze strony rodziny, często nie uda jej się pogodzić życia rodzinnego z pracą naukową. Czy w związku z tym radziłabym kobietom podejmowania się pracy naukowej – tak, zdecydowanie tak, jeśli oczywiście wybór pracy podyktowany jest zainteresowaniami, a wykonywana praca dostarcza satysfakcji. Ta satysfakcja pozwala na wiele poświęceń i przetrwanie wielu trudnych chwil, których nie brakuje także w życiu zawodowym.

Na koniec podzielę się jeszcze moją refleksją dotyczącą Dnia Kobiet. W czasach, kiedy rozpoczynałam swoją pracę zawodową, przez wiele lat w tym dniu kobiety „służbowo” dostawały „nieśmiertelnego” tulipana i najczęściej... rajstopy (których wtedy na rynku brakowało, a odbiór ich trzeba było pokwitować). Czasy się zmieniły, wszystko znormalniało, i obecnie Dzień Ko-

Tabela 1. Radiofarmaceutyki oparte na biologicznie aktywnych cząsteczkach

radiofarmaceutyk	potencjalne zastosowanie
^{99m}Tc -wazopresyna	obrazowanie nowotworów z nadekspresją receptorów V1 i V2, np. drobnokomórkowej postaci raka płuc
^{99m}Tc -grelina	obrazowanie nowotworów z nadekspresją receptorów GHS-R1a, np. guzów tarczycy, płuc, piersi, prostaty, jelita grubego
^{99m}Tc -lapatinib	obrazowanie nowotworów HER-2 dodatnich, np. nowotwór piersi, jajnika, płuc
$^{99m}\text{Tc}/^{68}\text{Ga}$ -takryna	diagnostyka wczesnego etapu choroby Alzheimera, a także patologicznych stanów wątroby i jelit
$^{99m}\text{Tc}/^{68}\text{Ga}$ -antybiotyki (cefepim, ceftriakson, cyprofloksacyna)	obrazowanie tkanek objętych infekcją (np. dolnych dróg oddechowych, skóry, kości) wywołaną przez gram-dodatnie i/lub gram-ujemne bakterie, np. diagnostyka powikłań stopy cukrzycowej
$^{99m}\text{Tc}/^{68}\text{Ga}/^{177}\text{Lu}$ -substancja P (i jej fragmenty)	obrazowanie i terapia nowotworów z nadekspresją neurokininowego-1 (NK-1) receptora, np. wielopostaciowej formy glejaka mózgu, czerniaka, trzustki
$^{68}\text{Ga}/^{177}\text{Lu}$ -aprepitant	
$^{68}\text{Ga}/^{177}\text{Lu}$ -spantide	

biet w zakładach pracy nie ma już takiego „oficjalnego i służbowego” charakteru. Niemniej często tego dnia na naszych biurkach pojawiają się takie już „niesłużbowe” tulipany, co, nie powiem, jest jednak miłe.

*dr hab. Ewa Gniazdowska, Prof. IChTJ,
Centrum Radiochemii i Chemii Jądrowej C-5,
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej,
Warszawa*

Anna Lankoff

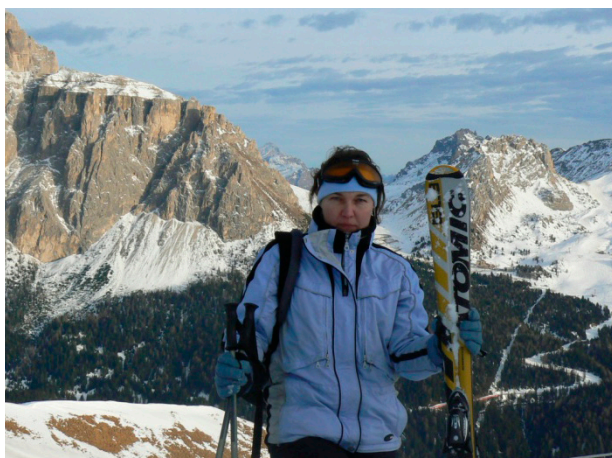
W roku 1991 uzyskałam tytuł magistra biologii na Uniwersytecie Jana Kochanowskiego w Kielcach. Po ukończeniu studiów zostałam zatrudniona w Zakładzie Genetyki i Biochemii Instytutu Biologii UJK na stanowisku inżynierjno-technicznym. W 1996 r. rozpoczęłam pracę na stanowisku asystenta w Zakładzie Biologii Komórki i Mikroskopii Elektronowej Instytutu Biologii UJK w Kielcach, co pozwoliło mi na uzyskanie pierwszych funduszy na samodzielne badania i rozpoczęcie pracy naukowej. Stopień doktora nauk biologicznych w zakresie biologii uzyskałam w 1999 r. na Wydziale Biologii i Nauk o Ziemi Uniwersytetu im. Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie. W 2007 r. uzyskałam stopień naukowy doktora habilitowanego nauk biologicznych w Instytucie Biochemii i Biofizyki PAN w Warszawie i rozpoczęłam pracę w Centrum Radiobiologii i Dozymetrii Biologicznej IChTJ. W 2014 r. uzyskałam tytuł naukowy profesora nauk biologicznych. Podczas wielu lat pracy naukowej odbyłam pięć staży/wyjazdów naukowych (Niemcy, USA, Finlandia, Belgia, Norwegia), koordynowałam lub byłam głównym wykonawcą ponad 15 projektów badawczych krajowych i zagranicznych. Jestem autorem/współautorem 76 oryginalnych prac opublikowanych w czasopiśmie z listy filadelfijskiej oraz 4 monografii (indeks H = 24, Web of Science). Poza pracą naukową prowadzę jednocześnie od 30 lat działalność

dydaktyczną. Prowadzę wykłady z Immunologii, Nanobiotechnologii oraz Radiobiologii. Jestem promotorem oraz recenzentem bardzo wielu prac doktorskich, magisterskich i dyplomowych. Moja działalność naukowa i dydaktyczna jest spójna od wielu lat i dotyczy komórkowych i molekularnych mechanizmów uszkodzenia i naprawy DNA, ze szczególnym uwzględnieniem efektów działania promieniowania jonizującego oraz nanomateriałów.

Co skłoniło mnie do wyboru tego kierunku nauki ?

Biologia, a szczególnie biochemia, jest dziedziną, którą interesowałam się od zawsze. Wynikało to ze zwykłej ciekawości świata, z potrzeby poznawania rzeczy niewyjaśnionych, a przez to ciekawych. Moi rodzice byli pracownikami naukowymi Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach, więc całe moje dzieciństwo i młodość były związane z nauką, z dyskusjami naukowymi, ze spotykaniem ciekawych osób, które starały się poznać i wyjaśnić mechanizmy rządzące otaczającym mnie światem. Wyrastałam w domu, w którym nauka, poznawanie jej tajemnic i przekazywanie emocji związanych z odkrywaniem nieznanego było dniem powszednim, dlatego nie wyobrażałam sobie innego życia jak to, do którego byłam przyzwyczajona. Wybór zawodu i kierunku był oczywisty. Rodzice bardzo dbali o znajomość języków obcych, co w znaczący sposób przyczyniło się do moich wyjazdów na stypendia zagraniczne. Pozwoliło mi to na zdobycie nowych doświadczeń naukowych, poznanie naukowców o światowej sławie i uzyskanie poczucia własnej wartości zawodowej. Te doświadczenia i umiejętności ułatwiły mi zdobywanie tzw. kolejnych szczebli kariery naukowej, które tak naprawdę nigdy nie były moim celem, a jedynie konsekwencją pracy. Nigdy nie traktowałam pracy jako obowiązku. Ona była, jest i mam nadzieję, że będzie w przyszłości realizacją mojej pasji naukowej. Pomimo dużego zadowolenia i satysfakcji z pracy, nie mogę nie

wspomnieć o wielu wyrzeczeniach i trudnościach, które towarzyszyły mi w codziennym życiu zawodowym. Są one zapewne bliskie wielu kobietom naukowcom i wynikają z nieustannej konieczności godzenia obowiązków zawodowych z licznymi obowiązkami domowymi i macierzyńskimi. Szczególnie poważnym problemem kobiet naukowców jest godzenie wyjazdów na staże i stypendia z opieką nad dzieckiem. Warto również wspomnieć o problemach ze znalezieniem czasu na pisanie publikacji. Nieprzespane noce i praca przy komputerze do rana nie jest rzadkością. Bycie kobietą naukowcem jest bardzo trudnym zadaniem, o czym przekonywałam się wielokrotnie podczas opieki nad synem, który obecnie jest dorosłym człowiekiem, realizującym swoje pasje i zainteresowania jako informatyk.



Fot. 1. Narciarski dzień we włoskich Alpach (fot. Marcin Lankoff)

Poza nauką i rodziną jestem wierna moim sportowym pasjom: narciarstwu i żeglarsztwu. Przez cały okres studiów byłam członkiem Akademickiej Sekcji Narciarskiej, Żeglarskiej oraz Pływackiej. Uzyskałam dzięki temu odpowiednie uprawnienia i patenty, które pozwalają mi obecnie na pełne korzystanie z ulubionych dyscyplin sportu.

Mam na koncie kilka wygranych zawodów narciarskich w slalomie specjalnym i gigancie oraz wiele startów w śródlądowych i morskich regatach żeglarskich, jednak najczęściej wracam pamięcią do międzynarodowych regat na Morzu Śródziemnym w 2016 r., w których startowałam jako członek załogi irlandzkiej. Konieczność błyskawicznego reagowania na komendy w dosyć specyficznym języku „żeglarsko-irlandzkim” jest niezwykłym doświadczeniem. Obecnie traktuję sport rekreacyjnie. Staram się co najmniej raz w roku korzystać z uroków alpejskich stoków narciarskich i co najmniej dwa razy w roku żeglować po zimnych morzach za kołem podbiegunowym. Żeglowanie po Atlantyku oraz po Morzu Śródziemnym wzdłuż wybrzeży Cabo Verde, Sardynii, Korsyki, Sycylii czy Chorwacji jest niezwykle urokliwe, ale żadne z tych miejsc nie może równać się z trudnym żeglowaniem wyprawowym wokół Spitsber-

geny, Islandii, Północnej Norwegii, Irlandii i Grenlandii. Mam nadzieję, że sytuacja pandemiczna nie popsuje moich najbliższych planów, które obejmują powrót na Spitsbergen i żeglowanie jak najbardziej na północ do granicy wiecznego lodu.

*prof. dr hab. Anna Lankoff,
Centrum Radiobiologii i Dozymetrii Biologicznej,
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej,
w Warszawie*

Hanna Lewandowska-Siwkiewicz

Moja kariera zawodowa jest od zawsze związana z Instytutem. Od stanowiska chemika do adiunkta pracowałam w Centrum Radiobiologii i Dozymetrii Biologicznej, a następnie w Centrum Badań i Technologii Radiacyjnych Instytutu Chemii i Techniki Jądrowej. Obecnie jestem kierownikiem Laboratorium Polimerów Modyfikowanych Radiacyjnie. Jestem autorką lub współautorką 25 publikacji w międzynarodowych czasopismach naukowych, jednego patentu i jednego zgłoszenia patentowego. Moje prace mają 712 cytowań, a indeks Hirscha to 9. Specjalizuję się w chemii fizycznej i bionieorganicznej, ze szczególnym uwzględnieniem interakcji związków bioaktywnych ze składnikami żywych komórek, mam doświadczenie w analizach fizykochemicznych związków bioaktywnych, badaniach komórkowych, metodach syntetycznych i preparatywnych dotyczących tworzenia i powlekania nanocząstek, chemii polimerów oraz radiacyjnych metodach modyfikacji strukturalnej. Moją największą pasją jest moja rodzina - mam męża Pawła i dwie córki, jedenastoletnią Zosię i piętnastoletnią Izę. Obie są bardzo niezależne. Zosia kocha gotować i rysować, Izę interesują języki obce i nauki społeczne. Staram się wspierać je w ich własnych dążeniach i pomysłach na życie. W chwilach wolnych zajmuję się ceramiką artystyczną.

*dr hab. Hanna Lewandowska-Siwkiewicz,
Pracownia Radiacyjnej Modyfikacji Polimerów,
Zakład Naukowy - Centrum Badań
i Technologii Radiacyjnych
Instytutu Chemii i Techniki Jądrowej,
Warszawa*

Joanna E. Rode

Jestem absolwentką Wydziału Chemii Uniwersytetu Warszawskiego. Moje zainteresowania badaniami oddziaływań międzymolekularnych za pomocą metod teoretycznej spektroskopii molekularnej zainicjowała praca dyplomowa wykonana pod kierunkiem Pani prof. Joanny Sadlej w 1999 r. Metody obliczeniowe chemii kwantowej stosowałam nadal w moim pierw-

szym miejscu pracy, Instytucie Chemii Przemysłowej im. Prof. Ignacego Mościckiego – (IChP). W IChP zajmę się także symulacjami przebiegu reakcji chemicznych. To zagadnienie było centralnym problemem mojej pracy doktorskiej wykonanej pod kierunkiem doc. dr hab. Jana Cz. Dobrowolskiego, a obronionej z wyróżnieniem na Wydziale Chemii UW w 2006 r.

W trakcie badań prowadzonych w czasie wykonywania doktoratu zainteresowałam się spektroskopią dichroizmu kołowego w podczerwieni (VCD) – metody pozwalającej badać cząsteczki chiralne. W 2003 r. opublikowałam z doc. Dobrowolskim pracę ilustrującą możliwość wykorzystania metody VCD do badania zjawiska transferu chiralności od molekuly chiralnej do niechiralnej. Zjawisko to, opisane wcześniej tylko w jednej pracy, stało się głównym zagadnieniem mojej rozprawy habilitacyjnej. Transfer chiralności powoduje, że pasma spektroskopowe substancji niechiralnych pojawiają się w widmach spektroskopii chiralooptycznych. Można to zjawisko wykorzystać do określenia sposobu oddziaływania molekuł ze sobą, a w szczególności do wykazania, które fragmenty molekuł oddziałują bezpośrednio. Przegląd prac poświęconych badaniu transferu chiralności metodą VCD opublikowałam w 2010 r. wraz z prof. prof. Sadlej i Dobrowolskim w prestiżowym czasopiśmie *Chemical Society Review*. Ważnym momentem w moich badaniach było przeniesienie się Zespołu prof. Dobrowolskiego z IChP do Instytutu Chemii i Techniki Jądrowej – (IChTJ). Zachowując pół etatu w tym Zespole, podjęłam też pracę w Pracowni Spektroskopii Optycznej Instytutu Chemii Organicznej PAN – (IChO PAN), prowadzonej przez Panią prof. Jadwigę Frelek, a później Pana prof. Jacka Młynarskiego. W PSO poznałam metody doświadczalnej spektroskopii chiralooptycznej ECD i VCD. Dzięki temu moja rozprawa habilitacyjna, zatwierdzona przez Radę Naukową IChTJ w 2019 r., zawierała zarówno teoretyczne, jak i eksperymentalne wyniki dotyczące oddziaływań międzymolekularnych cząsteczek chiralnych. Z drugiej strony wewnętrzna współpraca z zespołami IChTJ poszerzyła moje zainteresowania o zagadnienia dotyczące struktury i właściwości związków ważnych dla chemii jądrowej i radiacyjnej, w tym związków koordynacyjnych lantanowców i aktynowców. Obecnie w Zespole prof. Dobrowolskiego dysponuję spektrometrami VCD i ECD i uczestniczę zarówno w teoretycznych, jak i w doświadczalnych badaniach molekuł chiralnych, w tym chiralnych związków koordynacyjnych lantanowców. Mamy owocną współpracę z zespołem Pani prof. Małgorzaty Barańskiej z Zakładu Fizyki Chemicznej UJ (fot. 1), dzięki której współrealizujemy badania za pomocą innej, bardzo rzadkiej, chiralooptycznej metody Ramanowskiej Aktywności Optycznej. Ważnym wynikiem tej współpracy jest tegoroczny artykuł poświęcony transferowi chiralności obserwowanemu metodą ROA opublikowany w prestiżowym czasopiśmie *Chemical Scien-*

ce – Chem. Sci. W najbliższych latach chcę rozszerzyć zakres aktywności naukowej o zagadnienia magnetycznego dichroizmu kołowego i widm ramanowskich związków lantanowców.



Fot. 1. Od lewej: dr hab. Małgorzata Barańska, dr Michał F. Rode, dr Joanna E. Rode, XXIX European Congress on Molecular Spectroscopy EUCMOS 2008. Opatija, Chorwacja, 2 września 2008 r.

Jestem mamą dwójki dzieci i żoną dr hab. Michała Rode (fot. 1) pracującego w Instytucie Fizyki PAN. Czas wolny spędzamy rodzinie, głównie na górskich wędrówkach i zwiedzaniu.

*dr hab. Joanna E. Rode, Prof. IChTJ,
Centrum Radiochemii i Chemii Jądrowej C-5,
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej,
Warszawa*

Krystyna Anna Cieśla

Na Wydziale Chemicznym Politechniki Warszawskiej studiowałam w latach 1973-1978. Ukończyłam specjalizację Chemia i Technologia Ciała Stałego, która ówczasie związana była przede wszystkim z technologią półprzewodników, nowoczesną, bardzo intensywnie rozwijającą się dziedziną opartą na związkach nieorganicznych. Poza znajomością procesów technologicznych wiodącymi dla półprzewodników, specjalizacja ta pozwoliła mi na uzyskanie wiedzy o strukturze ciał stałych i metodyce stosowanej w badaniach strukturalnych. Pracę dyplomową wykonywałam w Zakładzie Chemii Ogólnej Instytutu Chemii i Technologii Nieorganicznej Wydziału Chemicznego PW. Bardzo dobry wynik ukończenia studiów zwieńczonych pracą magisterską umożliwił mi zakwalifikowanie się na Studium Doktoranckie PW. Badania związane z pracą doktorską (realizowanej pod kierunkiem doc. dr hab. Remigiusza Rudnickiego), dotyczyły badań reakcji zachodzących w fazie stałej w zakresie temperatury do 1500 °C w układach fosforanów wapniowych (hydroksyapatyty, apatyty węglanowe, fluoroapatyt, fosforan czterowapniowy, fosforan trójwap-

niowy). Badania te pozwoliły wykryć szereg nieznanych przedtem przemian. Realizacja tych prac pozwoliła mi rozszerzyć kompetencje w zakresie reakcji w fazie stałej oraz stosowanej w ich badaniach metodyki, takiej jak moja ulubiona analiza termiczna (DTA, DTG), dyfrakcja rentgenowska, spektroskopia w podczerwieni mikroskopowa elektronowa i inne.

W styczniu 1985 r., po obronie pracy doktorskiej zatrudniłam się w Zakładzie Fizykochemii Ciała Stałego Instytutu Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk. Byłam tam odpowiedzialna za projekt dotyczący szkielec metalicznych i ich oddziaływań ze sprężonym wodorem oraz za budowę aparatury dla pomiarów DTA w warunkach wysokiego ciśnienia wodoru. Praca w IChF PAN pozwoliła mi poszerzyć wiedzę o strukturach amorficznych i zjawiskach transportu elektrycznego w metalach.

W 1987 r. zatrudniłam się w Zakładzie Badań Strukturalnych Instytutu Chemii i Techniki Jądrowej, w Pracowni Dyfrakcji Rentgenowskiej, z założeniem prowadzenia badań strukturalnych zeolitów. Jednak ze względu na perturbacje finansowe wkrótce przypadło mi zająć się również badaniami wpływu napromieniowania na strukturę skrobi. Badania te związane były z wykorzystywaniem promieniowania jonizującego (gamma i elektronowego) do dekontaminacji i obróbki radiacyjnej żywności. W związku z pracami prowadzonymi w Zakładzie dotyczącymi wytwarzania membran trekowych oraz zaawansowanych zastosowań takich membran, wkrótce zajęłam się również badaniem wpływu promieniowania ciężkich jonów na cienkie folie polimerowe. Ocena stopnia wpływu promieniowania na krystaliczność polimerów była ówczesnym punktem zainteresowania środowiska związanego ze światową atomistyką.

Ze środków w Unii Europejskiej (w ramach EEC Co-operation Project with Central and Eastern European Countries; Akcja East-West) uzyskałam w 1993 r. trzymiesięczne stypendium w drodze konkursu. Dzięki niemu mogłam prowadzić na Uniwersytecie w Antwerpii w Belgii badania nad wpływem promieniowania gamma lub promieniowania elektronowego na wybrane polimery naturalne (skrobię, celulozę, białka) i na polietylen, oraz wpływu promieniowania ciężkich jonów na cienkie folie polimerowe za pomocą różnicowej kalorymetrii skaningowej (DSC) i termogravimetrii (TGA). Prace w tym zakresie były pionierskie – nie znalazłam żadnych danych opublikowanych wcześniej.

W latach 1993-1999 otrzymywałam wielokrotnie granty, umożliwiające wizyty badawcze (1-4 tygodni) w kilku Uniwersytetach w Unii Europejskiej (w Belgii, Szwecji, Francji, Finlandii, Włoszech i Portugalii) w celu badania efektów poradycyjnych w różnych obiektach za pomocą DSC, MDSC, TGA, spektroskopii FTIR i metod wspomagających. Najbardziej intensywnie badania prowadziłam nad zmianami zachodzącymi w cienkich foliach poliestrowych pod wpływem promieniowania

ciężkich jonów (w kooperacji z Uniwersytetem w Louvain-la Neuve), nad wpływem promieniowania gamma na przemiany w białkach i skrobi (z Uniwersytetem w Antwerpii), oraz nad wpływem promieniowania gamma na przemiany skrobi (z Uniwersytetem w Lund).

W roku 2000-2001 uzyskałam grant Instytutu Szwedzkiego na czteromiesięczne badania w Uniwersytecie w Lund.

W związku ze studiami dotyczącymi żywności zapoznałam się z metodyką badawczą stosowaną w technologii żywności. Moje prace dotyczące składników żywności, zwłaszcza zastosowanie kalorymetrii różnicowej, spotkały się z żywym odzewem ze strony polskiego środowiska technologów żywności, które w latach 90. XX w. zaczęło wdrażać zaawansowane metody fizykochemiczne do badań żywnościowych.

Bardzo interesuje mnie również oddziaływanie polimerów naturalnych z wodą. Zapoczątkowałam w tym zakresie badania z wykorzystaniem metody DSC.

W 2002 r. w odpowiedzi na moje wystąpienie o wizytę naukową w ramach programu Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (International Atomic Energy Agency, IAEA), zaproponowano mi stypendium w Armand-Frappier Institute, wchodzącego w skład Uniwersytetu w Quebec w Kanadzie, wraz z przekierowaniem zainteresowań badawczych w bardziej praktyczną stronę związaną z nowym trendem otrzymywania opakowań biodegradowalnych i jadalnych na bazie polimerów naturalnych. Pięciomiesięczna wizyta badawcza umożliwiła mi na zapoznanie się pod kierunkiem prof. Monique Lacroix z podstawowymi i praktycznymi aspektami wytwarzania oraz testowania nowego typu materiałów.

W trakcie pracy w IChTJ do 2009 r. uczestniczyłam w szeregu projektach badawczych i kierowałam kilkoma projektami Komitetu Badań Naukowych (KBN) oraz Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (MNiSzk,W), w których zawsze zaangażowanych było kilka osób. Najważniejsze projekty dotyczyły badań nad możliwością zastosowania kalorymetrii różnicowej do detekcji napromieniowanej żywności, wpływu promieniowania ciężkich jonów na folie poliestrowe, wpływu promieniowania gamma na zmiany strukturalne skrobi i folii skrobiowo-lipidowych.

W roku 2009 przedstawiłam monografię, dotyczącą zmian struktury nadcząsteczkowej zachodzących pod wpływem promieniowania jonizującego w polimerach naturalnych. Monografia ta stała się podstawą do przeprowadzenia procedury habilitacyjnej, która została zakończona w 2010 r. W roku 2011 zostałam powołana na stanowisko profesora w IChTJ.

Jednocześnie, w związku z reorganizacją Instytutu, znalazłam się w Centrum Badań i Technologii Radiacyjnych, wyłonionym z dawnego Zakładu Badań Radiacyjnych.

Po uzyskaniu stopnia doktora habilitowanego kontynuowałam studia dotyczące otrzymywania biodegradowalnych materiałów opakowaniowych, które objęły dodatkowo materiały aktywne o działaniu antyoksydacyjnym lub mikrobójczym. Prace te realizowane były w latach 2013-2017 w ramach kierowanych przeze mnie projektów IAEA (Coordination Research Project) oraz projektu MNiSzk. Sprawowałam wtedy pieczę nad pracą trzech młodych adeptek chemii, zaangażowanych w te projekty. Badania wspomagała współpraca z Vrije Universiteit Brussels w Belgii, Uniwersytetem w Ankarze w Turcji, oraz Istituto per i Polimeri, Compositi e Biomateriali we Włoszech.

Obecnym głównym punktem moich zainteresowań są materiały kompozytowe wytwarzane na bazie nanotechnologii ze wspomaganiami promieniowania jonizującego: opakowania aktywne i superlekkie pianki.

W ostatnich latach zaangażowałam się również w rozpowszechnianie wiedzy na temat zastosowania promieniowania jonizującego do modyfikacji polimerów naturalnych. Dwa cykle wykładów dotyczących tej tematyki zaprezentowałam dla środowiska międzynarodowego w ramach akcji Erasmus+ i Erasmus K2+ (2015 r.). Jestem też autorką rozdziału w podręczniku wydanym przez IChTJ w 2017 r. w ramach akcji Erasmus K2+.

Współpracuję jako recenzent z szeregiem czasopism naukowych o zasięgu międzynarodowym.

Moje pozazawodowe zainteresowania koncentrują się na literaturze i sztuce (teatr, malarstwo, muzyka klasyczna). W latach 80. i 90. XX w. uczestniczyłam w licznych amatorskich wyprawach wysokogórskich, a i obecnie urlopy spędzam zazwyczaj w górach. Lubię jednak różne formy turystyki, a odwiedzając nowe miejsca zapoznaję się z ich historią i kulturą regionu, zwiedzam zabytki, muzea i galerie sztuki.

*dr hab. inż. Krystyna Cieśla, prof. IChTJ,
Centrum Badań i Technologii Radiacyjnych,
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej,
Warszawa*

BADACZKI Z IChTJ W PROJEKCIE ARIES

Kobiety stanowią mniej niż 30% całkowitej liczby naukowców i badaczy na świecie. Tak jak w wielu innych dyscyplinach kobiety prowadzące badania w dziedzinie energetyki jądrowej i technologii radiacyjnych stanowią mniejszość. Jednak ich wkład w rozwój dyscypliny jest bardzo znaczący.

Maria Skłodowska-Curie wciąż jest inspiracją nie tylko dla kobiet zaangażowanych w badania związane z wykorzystaniem promieniowania jonizującego, ale

dla wszystkich kobiet związanych z nauką. Była ona niezwykłą kobietą, która w drodze na prestiżową Sorbonę w Paryżu musiała pokonać wiele przeszkód i która zapisała się w sposób szczególny w historii nauki, zdominowanej w ówczesnym czasie przez mężczyzn. Jej przełomowe odkrycia, które zmieniły świat, zaowocowały dwoma Nagrodami Nobla. Maria Skłodowska-Curie jest wymarzoną przykładem kobiety naukowca, pełnego pasji, determinacji, o wielkiej sile charakteru, podziwianego za nieustającą odwagę nie tylko w swojej pracy zawodowej, ale także w życiu.

Projekt Horizon 2020 ARIES „Accelerator Research and Innovation for European Science and Society” jest realizowany w latach 2017-2021. W projekt jest zaangażowanych 41 jednostek naukowych z 18 krajów Unii Europejskiej. Instytut Chemii i Techniki Jądrowej bierze udział w WP3 „Industrial and Social Applications (ISA)”.

Główne cele ARIES są związane z rozwojem i demonstracją nowych idei i rozwiązań, ulepszeniem istniejących technologii, zapewnieniem dostępu dla przedstawicieli nauki i przemysłu do najwyższej klasy infrastruktury badawczej i stanowisk testowych. Projekt obejmuje różnego rodzaju działania koordynacyjne, badawcze i projektowe. Jednym z ważniejszych zagadnień jest uzyskanie większej efektywności energetycznej urządzeń, zarówno stosowanych w dużych urządzeniach badawczych, jak i budowanych dla zastosowań praktycznych. Przewiduje rozwój zaawansowanych metod testowania akceleratorów elektronów, protonów i budowę nowoczesnych komponentów urządzeń, takich jak elektromagnesy, czy też struktur RF wykorzystujących nadprzewodniki dla generowania intensywnych wiązek elektronowych. Cele projektu obejmują też szkolenia i wymianę wiedzy w zakresie dotyczącym technik i badań akceleratorowych.

W ramach projektu IChTJ realizuje zadania, które przyczynią się do rozwoju nowych i mało zbadanych obszarów zastosowań wiązki elektronów w ochronie środowiska, medycynie i przemyśle. Efektem realizacji projektu przez Instytut są również raporty podsumowujące aktualny status technologii akceleratorowych, uwzględniające potrzeby, przyszłe kierunki rozwoju i strategię niezbędne do efektywnego rozwoju technologii akceleratorowych w zastosowaniach przemysłowych i środowiskowych. IChTJ prowadzi też prace rozwojowe nad wykorzystaniem wiązki elektronów do modyfikacji materiałów polimerowych oraz mikrobiologicznej dekontaminacji.

W realizację zadań projektu ARIES w IChTJ zaangażowane są m. in. :

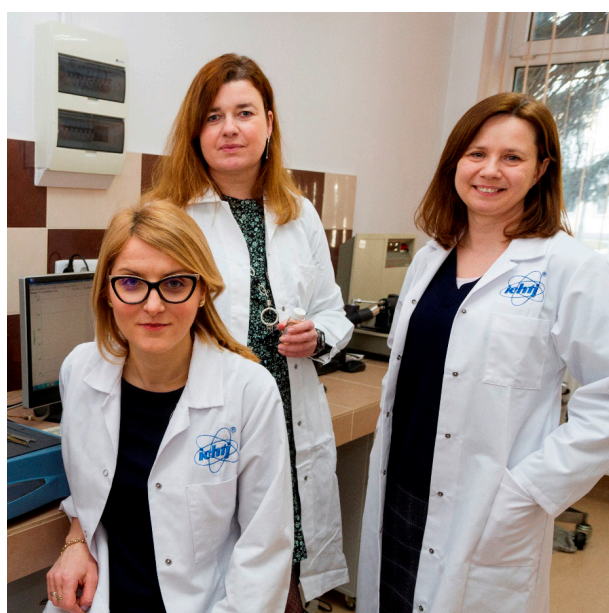
Dr inż. Marta Walo

W projekcie ARIES moje badania koncentrowały się przede wszystkim na wykorzystaniu promieniowania jonizującego do modyfikacji powierzchni materiałów polimerowych za pomocą radiacyjnie indukowanego szcze-

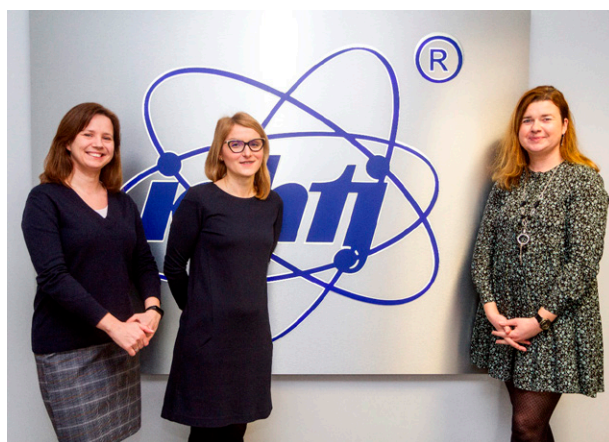
pienia. Metoda szczepienia radiacyjnego daje unikalną szansę zmiany charakterystyki powierzchni polimerów. Z wielu możliwych zastosowań, technika ta może być wykorzystana w nadawaniu hydrofilowych właściwości hydrofobowym powierzchniom wielu polimerów o dobrych własnościach mechanicznych, termicznych czy przetwórczych.

Mgr inż. Dagmara Chmielewska-Śmietanko

W ramach projektu ARIES rozwijam technologię radiacyjnej dezynfekcji zbiorów archiwalnych i bibliotecznych przy wykorzystaniu wiązki elektronów. Moje badania koncentrują się na określeniu optymalnych warunków napromieniowania zbiorów, które zostały zawilgocone wskutek awarii instalacji bądź katastrof naturalnych takich jak powódzie. Bardzo istotnym aspektem tych ba-



Fot. 1. Badaczki zaangażowane w realizację projektu ARIES (od lewej: M. Walo, D. Chmielewska-Śmietanko, U. Gryczka; fot. Sylwester Wojtas).



Fot. 2. Badaczki zaangażowane w realizację projektu (od lewej: U. Gryczka, M. Walo, D. Chmielewska-Śmietanko; fot. Sylwester Wojtas).

dań jest również prześledzenie wpływu różnych dawek promieniowania na właściwości optyczne, mechaniczne, termiczne i fizykochemiczne różnych rodzajów papierów. Tak szerokie badania pozwolą na optymalizację tej technologii i jej wdrożenie na szerszą skalę.

Mgr inż. Urszula Gryczka

Prace, które realizowałam w ramach projektu ARIES dotyczyły wykorzystania ograniczonego zasięgu wiązki elektronów w zależności od ich energii. W przypadku elektronów o energii poniżej 300 keV, ich zasięg jest rzędu od kilkudziesięciu do kilkuset μm w wodzie. Takie właściwości wiązki mogą być wykorzystane do procesów powierzchniowych, nie oddziałując na wewnętrzne warstwy napromieniowywanego materiału. Moje badania w ramach projektu ARIES skoncentrowały się na ocenie możliwości wykorzystania wiązki elektronów do eliminacji patogenów roślin z powierzchni cebulek kwiatowych.

Podziękowanie

Informacje prezentowane w artykule dotyczą projektu „Accelerator Research and Innovation for European Science and Society (ARIES)” H2020-EU.1.4.1.2. – Integrating and opening existing national and regional research infrastructures of European interest. WP3-Industrial and Societal Applications (ISA), który jest finansowany przez Komisję Europejską oraz przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach projektu 3697/ H2020/2017/2 „Badania i innowacje w zastosowaniach akceleratorów elektronów w służbie nauki i społeczeństwa”.

L'ORÉAL-UNESCO
FOR WOMEN
IN SCIENCE 2020



Nagrody L'Oréal-UNESCO otrzymały w tym roku następujące znakomite uczone: prof. Catherine NGILA (Afryka i Państwa Arabskie), prof. Kyoko NOZAKI (Azja i Pacyfiku), prof. Shafi GOLDWASSER (Ameryka Północna), prof. Françoise COMBES (Europa), prof. Alicję DICKENSTEIN (Ameryka Południowa i Karaiby).

Program For Women in Science powstał we Francji w 1998 r. dzięki powołaniu partnerstwa między Fundacją L'Oréal, a Organizacją Narodów Zjednoczonych do spraw Oświaty, Nauki i Kultury (UNESCO). Celem programu jest wspieranie pracy naukowej kobiet i zachęcanie ich do kontynuacji badań. W ten sposób zwiększania się ich reprezentację i przyczyniania do pełnego rozwoju nauki. Program, poza stypendiami, oferuje badaczkom możliwość promowania swoich osiągnięć naukowych. W minionym roku uwaga wszystkich skupiona była na poszukiwaniu skutecznej metody walki

z COVID-19. Świat nauki stanął przed bardzo trudnym, do tej pory niespotykanym w naszej epoce wyzwaniem. Prace badawcze wielu naukowczyń i naukowców były skierowane na pogłębianie wiedzy o mechanizmach działania koronawirusa, a w wielu ośrodkach badawczych walka z nim była priorytetem. W cieniu prac nad szczepionką i terapiami trwały badania w równie ważnych obszarach. Wyróżnione naukowczynie zajmowały się: monitorowaniem zanieczyszczenia wody, zagadnieniami związanymi z bezpieczną komunikacją przez Internet, wprowadzeniem algebry matematycznej do biologii molekularnej, pracami nad wytworzeniem cząsteczek przydatnych w medycynie i zrównoważonym rolnictwie oraz zgłębianiem nauk astrofizycznych związanych z narodzinami, oraz ewolucją gwiazd i galaktyk.

Chociaż z każdym rokiem liczba naukowczyń wzrasta, to wciąż daleko nam do równowagi i zachowania różnorodności w nauce. Obecnie w skali światowej 33% naukowców to kobiety. Kobiety stanowią tylko 28% spośród absolwentów kierunków inżynierskich i 40% absolwentów informatyki. Według badania UNESCO, dotyczącego obecności kobiet w nauce, postęp w tej sferze jest nadal zbyt wolny, szczególnie w naukach takich, jak fizyka, matematyka czy informatyka. Obecność kobiet w nauce to nie tylko kwestia równości społecznych. Kobiety są nieobecne w dziedzinach nauki, które napędzają czwartą rewolucję przemysłową, czyli istotne zmiany w naszym świecie. Jedynie 22% naukowczyń pracuje przy badaniach nad sztuczną inteligencją. Dodatkowo szacuje się, że do 2050 r. zniknie połowa wszystkich miejsc pracy, w których stanowiska zajmują głównie kobiety. Dlatego niezwykle ważne jest, aby zachęcać młode kobiety do podejmowania kariery naukowej. W Europie trzy na cztery z nich chciałyby wnieść pozytywny wkład w świat poprzez swoją pracę, ale tylko 37% planuje karierę naukową.

Wojciech Głuszewski,
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej,
Warszawa

MUSICAL O MARII CURIE-SKŁODOWSKIEJ

Przedstawienie o polskiej noblistce otrzymało pięć statuetek podczas piątej gali przyznania nagród Korea Musical Awards w Seulu. Musical „Marie Curie” dostał gran prix i został uznany za najlepszą oryginalną produkcję roku. Otrzymał również nagrodę w swojej kategorii. Wyróżniono reżysera, scenariusz i muzyczne kompozycje. Sztuka była nominowana w ośmiu kategoriach. Musical mówi o badaniach Marii Skłodowskiej – Curie, które wyjaśniły istotę zjawiska promieniotwórczości.



Fot. 1. Pokaz zwycięskiego musicalu. Fot. Domena publiczna



여성 버전의 지킬앤하이드 떠올라

평평 울다 왔습니다. 정말 뮤지컬 연극 많이 봤지만 너무 감동적이었어요. 배우님을 연기도 최고. 원형극장이라 얼굴도 잘 보이고 무대 연출도 좋았어요. 보는 내내 여성 버전의 프랑켄슈타인이자 지킬앤하이드를 떠올렸습니다. 제발 흥해라! 인터파크 skatmfr***

Fot. 2. Teledysk ze sztuki – utwór „Jesteś moją gwiazdą”, który stanowi duet Marii Curie-Skłodowskiej i jej przyjaciółki Anny Kowalskiej

czości oraz doprowadziły do odkrycia dwóch nowych pierwiastków: Polonu i Radu. Przypomniano, że rad przez wiele lat wykorzystywano w leczeniu nowotworów. Jednym z tematów był mniej znany epizod przyjaźni uczzonej z Anna Kowalską. Jej mąż, Józef Wierusz-Kowalski był polskim fizykiem i dyplomatą i rektorem uniwersytetu we Fryburgu (1897). Po odzyskaniu niepodległości został posłem RP przy Stolicy Apostolskiej, w Holandii, Austrii i Turcji. W jego domu Maria Skłodowska poznała przyszłego męża Piotra Curie.

Za „Korea Times” warto zacytować fragment wypowiedzi reżysera, Kim Tae-hyung, który odbierając nagrodę przypominał, że „Maria Curie-Skłodowska nie tylko prowadziła błyskotliwą karierę naukową, musiała też walczyć z uprzedzeniami, które dotyczyły kobiety i imigrantów. Musimy zrozumieć strach, bo dyskryminacja i nienawiść biorą się z ignorancji”.

Ceremonia rozdania nagród odbyła się bez udziału publiczności, jednakże była transmitowana na żywo w lokalnej telewizji – oglądało ją ponad 140 tys. osób. Musical powstał dzięki wsparciu rządowych instytucji Korea Creative Content Agency i Arts Council Korea.

Pierwsze pokazy zwycięskiego musicalu odbywały się już w 2018 r. Początkowo wystawiano go w Chungmu Arts Center (300 miejsc). Po kilku miesiącach przeniesiono się do dużo większej sali, Hongik Daehangno Artcenter (700 miejsc). Fragment przedstawienia można zobaczyć na https://www.youtube.com/watch?v=m-HqVdr2LRE0&feature=emb_title

*Wojciech Głuszewski,
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej,
Warszawa*



KOSMOS W NASZYM DOMU

Ponad 50 lat temu pierwszy człowiek postawił stopę na Księżycu. „To mały krok człowieka, ale wielki skok ludzkości” – powiedział Neil Armstrong. Naprawdę?

Wyprawy człowieka na Księżyc okupione zostały ogromnym wysiłkiem. Pochłonęły miliardy dolarów. Po uwzględnieniu inflacji było to ok. 280 mld dolarów. W przygotowaniach wzięło udział wiele tysięcy naukowców i inżynierów. W sumie na różnych etapach projektu zatrudnionych było ok. 400 tysięcy ludzi. Po co to wszystko?

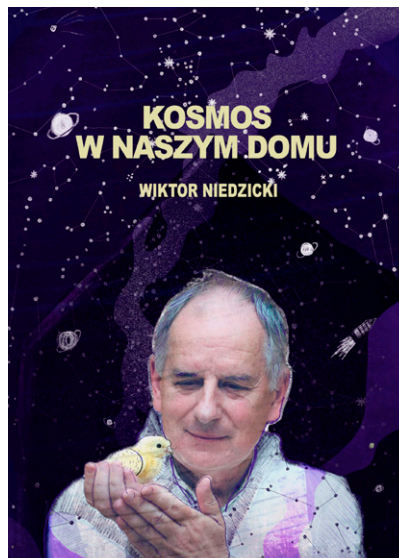
Astronaucci z kolejnych wypraw przywieźli w sumie 382 kg próbek księżycowych skał i piękne fotografie Ziemi widzianej z naszego naturalnego satelity. Z tego wynika, że jeden kilogram skał kosztował ok. 700 mln USD. Czy było warto wydać takie sumy pieniędzy?

Dzisiaj wchodzimy do sklepów i z półek zdejmujemy towary, które nie istniały jeszcze 20, 40 czy 60 lat temu. I nie chodzi o to, że czegoś brakowało. Trudno to sobie wyobrazić, ale po prostu tych towarów nie było. Nikt ich nie produkował. Nikt ich jeszcze nie wymyślił!

Nowe rozwiązania zostały opracowane tylko po to, by zrealizować ideę. Lot na Księżyc. Pozornie najbardziej niepraktyczny cel.

A jednak.

Rozwiązanie niezwykle trudnych problemów spowodowało, że ludzkość dokonała ogromnego skoku. Pojawiły się towary i technologie, których pół wieku temu nikt sobie nawet nie wyobrażał. Skorzystali z tego ludzie na całym świecie. Fachowcy oceniają, że każdy dolar zainwestowany w owe „niepraktyczne” badania kosmiczne przyniósł od 7 do 10 dolarów zwrotu. Wszyscy staliśmy się bogatsi.



Pomysł tej niewielkiej broszurki powstał podczas spotkania World Space Week we Wrocławiu jesienią 2019 r. Wykład Wiktora Niedzickiego wygłoszony dla publiczności w jednej z sal Hali Tysiąclecia został bardzo dobrze przyjęty przez setki widzów. Fundacja TEANO

z Żor podjęła się zatem wydania broszurki, która trafi do dzieci i młodzieży w całym kraju. Zainteresowanie wykazało także Ministerstwo Klimatu.

Powstała również odmiana tego wydawnictwa skierowana specjalnie do nauczycieli. W jaki sposób można poprawić zdalne zajęcia dla uczniów? Czym najlepiej przyciągnąć uwagę?

Broszurka „Jak na dłoni” ma identyczną okładkę jak „Kosmos w naszym domu”, ale proponuje przedstawienie osiągnięć nauki w sposób możliwie prosty i atrakcyjny.

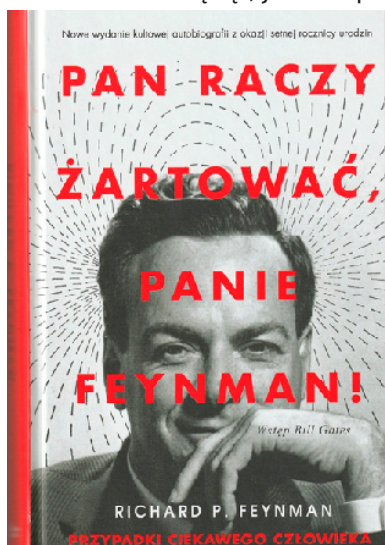
*Wiktor Niedzicki,
dziennikarz radiowy i telewizyjny,
fizyk i muzyk,
Warszawa*



PAN RACZY ŻARTOWAĆ PANIE FEYNMAN. PRZYPADKI CIEKAWEGO CZŁOWIEKA

RICHARD P. FEYNMAN
WYDAWNICTWO ZNAK
LITERA NOWA KRAKÓW 2018

Niezwykła, obszerna publikacja będąca autobiografią jednego z największych fizyków amerykańskich, napisana w sposób bardzo niekonwencjonalny, stwarzająca wrażenie zbioru żartów i anegdot opowiedzianych przez ich bohatera. Autor podaje genezę jej tytułu. Gdy po przybyciu do uniwersytetu Princeton został zaproszony na "herbatkę" u dziekana nie będąc, jak sam pisze, towarzysko wyrobiony, czuł się w nowym towarzystwie zagubiony i miał ogromną treść, a na pytanie żony dziekana, czy życzy sobie cytryny, czy śmietanki do herbaty odpowiedział automatycznie jedno i drugie, na co uzyskał odpowiedź, *Pan raczy żartować Panie Feynman.*



Fot.1. Projekt okładki Magda Kuc

Richard Phillips Feynman urodził się 11 maja 1918 r. w Nowym Jorku w zsekularyzowanej rodzinie żydowskiej (zm. 15 lutego 1988 r. w Los Angeles). Był jednym z głównych twórców elektrodynamiki kwantowej, laureatem (wraz z Japończykiem Shin'ichirō Tomonag¹ i Amerykaninem Julianem Schwingerem) Nagrody Nobla w 1965 r. za opracowanie relatywistycznej elektrodynamiki kwantowej. Feynman wynalazł metodę upraszczania obliczeń przy rozwiązywaniu zagadnień oddziaływania cząstek, przez rysowanie diagramów obrazujących proces (tzw. diagramy Feynmana). Jest uważany również za filozofa.

Feynman brał aktywny udział w pracach przy budowie bomby jądrowej w laboratorium w Los Alamos (projekt Manhattan), kierując zespołem obliczeniowym i był obecny podczas testowania pierwszej bomby w lipcu 1945 r.

Po wojnie pracował na Uniwersytecie Cornella w Ithaca, w 1951 r. został profesorem Kalifornijskiego Instytutu Technicznego (w Pasadenie). Był członkiem Narodowej Akademii Nauk w Waszyngtonie oraz Londyńskiego **Royal Society**. W 1962 r. wziął udział w Międzynarodowej Konferencji Teorii Grawitacji w Jabłonnej pod Warszawą, Ten epizod jest interesująco i barwnie opisany przez Marka Demiańskiego z wydziału fizyki Uniwersytetu Warszawskiego we wstępie do książki. W swoich wspomnieniach R. Feynman dużo uwagi poświęca swemu udziałowi w pracach komisji ustalającej przyczyny katastrofy wahadłowca Challenger (1986 r.); to on zwrócił uwagę na sztywnienie i kruszenie się na mrozie gumowych uszczelek. Był trzykrotnie żonaty. Pierwszą żoną była Arline Greenbaum, która zmarła na gruźlicę w okresie końcowych prób broni jądrowej. Drugie małżeństwo (z Mary Louise Bell) rozpadło się. Trzecią żoną fizyka była od 1960 r. Brytyjka Gweneth Howard.

Cały ten bogaty życiorys wraz z opisem osobistych przeżyć, różnorodności zainteresowań od najmłodszych lat jest opowiedziany w pięciu rozdziałach, z których każdy obejmuje jakiś znaczący okres w życiu autora. Młodość szkoła zamiłowania do eksperymentów chemicznych i elektronicznych — specjalność naprawa odbiorników radiowych i inne prace zarobkowe, studia, doktorat praca przy broni jądrowej, praca po wojnie — nagroda Nobla, praca dydaktyczna. Każdy z tych okresów przedstawiony jest przez zbiór anegdot przedstawiających nie tylko mało znane fakty, ale pokazujący również osobowość autora i jego nieoczekiwane zdolności. Słuchając dłuższy czas włoskiej radiostacji, uchwyciwszy melodię języka zaryzykował występ dla dzieci w szkole recytując wiersz składający się wyłącznie przypadkowych sylab naśladowując intonację włoskiego. Dzieci były zachwycone i wywołało to później dyskusję wśród nauczycielek, czy mówił po włosku, czy po łacinie. Richarda Feynmana charakteryzuje różnorodność zainteresowań, zdolność obserwacji pozwalająca szybko sformułować istotne pytania — sformułować problem badawczy lub wykryć wady badanego obiektu i ogromna pasja rozwiązywania trudnych zadań. Jednym z przykładów nietypowych zainteresowań, w czasie pracy przy projekcie Manhattan, była jego pasja otwierania sejfów i innych zamków, w której uzyskał prawie profesjonalną biegłość. Pozwoliło mu to zwrócić uwagę na złe zabezpieczenie tajnych dokumentów w tym projekcie. W czasie swojego półrocznego pobytu w Rio de Janeiro w wolnych chwilach zainteresował się grą na instrumentach perkusyjnych i brał udział incognito w konkursie amatorskich zespołów muzycznych występujących w festiwalach karnawałowych. Pozwoliło mu to rozwijać tę sztukę po powrocie do kraju i brać udział w konkursach nawet międzynarodowych, Znajomość gry na perkusji i udział w zespołach karnawa-

lowych spowodował, że stał się znany w Brazylii i jako gość honorowy, już po uzyskaniu nagrody Nobla zastąpił, Ginę Lollobrigidę w kolejnym karnawale. Innym bardzo znaczącym jego hobby był rysunek, który zasłynął pod pseudonimem Ofey. W pewnym okresie zajmował się odcyfrowywaniem kodeksu Majów, przygotowując się do wykładu na temat ich osiągnięć w matematyce, jak również krótko zajmował się hipnozą. Brał udział w licznych konferencjach interdyscyplinarnych, które w większości go irytowały ze względu na brak sprecyzowania omawianych problemów, a jego starania o poprawne ich zdefiniowanie spotykało się z niezrozumieniem. Podobnie było, gdy uczestniczył w komisji oceny podręczników szkolnych. Ostatecznie zrezygnował z uczestnictwa w takich przedsięwzięciach, kon-

centrując się na pracy dydaktycznej. Ciekawa jest jego reakcja na wiadomość o uzyskaniu nagrody Nobla, gdy w pierwszym odruchu chciał z niej zrezygnować, aby uniknąć rozgłosu, ale przekonano go, że taki krok tylko wzmocni ten rozgłos. Wszystkie wspomnienia zawierają rozproszone uwagi o charakterze filozoficznym odnoszące się do prób narzucenia nauce sztywnych ram poszukiwań. Naczelną zasadą Feynmana była swoboda badań poparta rzetelnością naukową.

Książka od chwili wydania jest często wznawiana i jest również dostępna w wersji elektronicznej.

dr inż. Krzysztof Rzymkowski,
Stowarzyszenie Ekologów na Rzecz Energii Nuklearnej,
Warszawa

NOWY KANAŁ NA YOUTUBE CIEKAWIZJA WIKTORA NIEDZICKIEGO

- Dla osób ciekawych świata.
- Dla tych, którzy interesują się nauką.
- Dla tych, którzy mogą słuchoać i oglądać dłużej niż przez 3 minuty.
- Ciekawizja jest ofertą dla myślących, którzy chcą dowiedzieć się więcej.

Wiktor Niedzicki od ponad 45 lat zajmuje się popularyzacją nauki. W radiu, w telewizji, w prasie, w książkach lub w czasie spotkań z dziećmi i słuchaczami uniwersytetów III wieku. Przekonuje swoich odbiorców, że nauka jest ważna i potrzebna dla rozwoju ludzkości.

Wirus Covid-19 zmienił nasze życie. Popularyzatorzy szybko dostosowali się do wymogów izolacji społecznej. Dziś lekcje szkolne i wykłady na uczelniach odbywają się zdalnie. Do Internetu przeniosły się także spotkania w ramach uniwersytetów dziecięcych i zajęć

dla seniorów. W sieci można znaleźć mnóstwo atrakcyjnych filmików, doświadczeń i pokazów różnych zjawisk.

Wiktor Niedzicki proponuje nieco poważniejsze rozmowy z uczonymi, czyli CiekawWywiady, spokojne obrazy z dalekich krajów, czyli CiekawWyprawy, interesujące filmy z laboratoriów, czyli CiekawWiwisekcje, rozmowy o książkach, a zatem CiekawWolumin oraz CiekawWykłady i CiekawWyzwania, czyli konkursy z nagrodami.

Kanał Ciekawizja już na starcie wzbudził duże zainteresowanie. W ciągu kilku dni zasubskrybowało go ponad 2500 internautów.

Już ukazały się CiekawWywiady o konopiach, które mogą ratować tereny zdegradowane przez kopalnie, o owadach zimą, o samochodzie na wodór, o terapii protonowej i przeszczepach serca, o energetyce jądrowej, a także o odkryciach w Polsce tropów dinozaurów. Każdy może znaleźć coś dla siebie!

Zapraszam do oglądania i subskrybowania kanału Ciekawizja Wiktor Niedzickiego.

Wiktor Niedzicki,
dziennikarz radiowy i telewizyjny, fizyk i muzyk,
Warszawa

MIĘDZY SCYLLĄ PRÓGNOZOWANIA A CHARYBDĄ POŻĄDANIA, CZYLI AUTORYTETÓW ŚLALOM Z PRZESZKODAMI

„Now if 6 turned out to be 9
I don't mind, I don't mind”
Jimi Hendrix

Bicie rekordów w długości lotów narciarskich stało się niemal narodowym sportem rodaków uprawiających za pośrednictwem odbiorników tv sporty zimowe. Nie wiem, czy tytuł felietonu — w czasopiśmie naukowym — z racji swej ponadnormatywnej długości ma szansę pretendować do zapisu w Guinness World Records. Proszę jednak o wyrozumiałość redaktora „PTJ” z powodu barokowego tytułu. (Wiem, wiem, jak trudno składać takie niezgrabne tasiemce w spisie treści).

Eksperskie autorytety przepraszam już jednak całkowicie z innego tytułu. Przyszaj! Nie dostrzegam

w pełni bardzo złożonej sytuacji na merytorycznych polach oraz poletkach (w tym także zagonkach) przez nie uprawianych.

Nie mogąc spoilerować własnego tekstu, Wielce Szanownych Czytelników natomiast proszę o cierpliwość i dużą dozę wyrozumiałości, zanim motto z utworu „If 6 Was 9” Jimiego Hendrixa odegra w lekturze tekstu przypisaną mu symboliczną rolę.

Nasze decyzje dziś kształtują naszą przyszłość jutro i trudno chyba o większy banał. Nieprawdaż? Prognozowanie jest jednak tematem modnym. Od kiedy? Od zawsze! Od momentu podjęcia przez człowieka próby racjonalnego zaplanowania swojej przyszłości. I choć prognozowanie jest obarczone zazwyczaj większym niż mniejszym błędem, stało się nieodzowne. Dotyczy w takim samym stopniu i życia osobistego, i zawodowego. Spraw małych i dużych. Dosłownie wszystkich pokładów naszej ludzkiej aktywności. Stąd też zainteresowanie nas wszystkich (gwoli prawdy może prawie wszystkich) tym, co z sobą niesie obiektywna informacja naukowo-techniczna i ekonomiczna.

Jednak mylimy się sądząc, że proces prognozowania w sferze techniki od dawna jest przedmiotem kompleksowych naukowych badań. Jeszcze w końcu I. 60. XX w. nie istniała ...żadna opublikowana metodologia prognozowania w technice (sic!). Nie upieram się przy twierdzeniu, że wcześniej w tej kwestii nie zbierały się naukowe gremia i na Zachodzie, i na Wschodzie. Na pewno tak. Oficjalnie jednak pierwsza konferencja z udziałem analityków i planistów na temat prognoz długoterminowych w technice – patron amerykański Industrial Management Center – odbyła się w maju 1967 r. A potem potoczyło się lawinowo, że o seminariach poświęconych prognozowaniom militarnym tylko napomknę, dodając jeszcze zagadnienia przemysłu kosmicznego. A NASA w tym kontekście miałyby dużo do referowania. Nota bene na podstawie jej eksperymentów opracowano nawet metodę prognozowania, pozwalającą wyspecyfikować listę dziedzin techniki, w których należy oczekiwać postępu na skutek realizacji danego zbioru programów. I swoją działkę na tych intelektualnych zasiewach myśli prognostycznych posiada też przemysł jądrowy. Innymi słowy energetyka jądrowa i jej specyficzny awers w postaci fuzji jądrowej.

Dziś już opracowano odpowiednie metodologie dotyczące prognozowania. Co wcale nie oznacza, że znaleziono kryształową kulę. I za jej pomocą będziemy podejmować wyłącznie mądre decyzje. Jak rzecz całą miał ująć już dawno temu Niels Bohr, przewidywanie jest bardzo trudne, szczególnie jeśli idzie o przyszłość. Dokładność przewidywania musi maleć

wraz ze wzrostem horyzontu czasowego, co prof. Ryszard Tadeusiewicz w kontekście rozważań na temat inżyniera przyszłości podczas IV ŚWIATOWEGO ZJAZDU INŻYNIERÓW POLSKICH (2019) ujął następująco: *Przewidywanie przyszłych zdarzeń jest bardzo ryzykowne, bo zwykle opiera się na wyznaczaniu aktualnych kierunków rozwoju i przedłużaniu obserwowanych trendów w przyszłość. Tymczasem decydujący wpływ na kształt przyszłości będą miały zdarzenia dziś wcale niezbrane albo takie, które dziś wydają się bez znaczenia, a które nagle otworzą zupełnie nową pulę możliwości.*

A jak wygląda w praktyce prognozowanie, widać tym wyraźniej, im więcej trudności mają eksperci z określeniem trendów związanych z rozprzestrzenieniem się COVID-19.

Pierwsze dwadzieścia lat nowego mille annum zaskoczyło nas i skalą, i dynamiką zmian. A ostatni rok pisany był według chińskiego scenariusza w myśl przysłowia „*Bodaj byś żył w ciekawych czasach*”. Dotyczy to nie tylko polityki czy gospodarki, ale też nauki. W efekcie społecznych zawirowań tzw. codzienne życie — w permanentnym stanie wzmożonej aktywności i zagrożenia — wymaga większej odporności na stres.

Pomysłodawca skutecznej metody zmiany złego samopoczucia w dobre — bez konieczności zażywania niedozwolonych prawem środków — może spodziewać się Nagrody Nobla oraz czeku na co najmniej 4 mln złotych. Przeliczyłem szwedzkie korony na polskie złotówki w nadziei, że może do nas uśmiechnie się los, skoro już przed laty prof. Kazimierz Dąbrowski ukuł hasło stresu pozytywnego. I jak przystało na solidnego badacza, zaproponował teorię zdrowia psychicznego w oparciu o dezintegrację pozytywną.

Swoją cegiełkę do „emocjonalnej chwiejności” współczesnego społeczeństwa dokłada też w pewnym stopniu nieumiejętność racjonalnego korzystania z dobrodziejstw wirtualnej rzeczywistości. Nie wiem, jak zareagowałyby młodzież szkolna, gdyby została pozbawiona tylko na jeden dzień dostępu do internetu. Cóż, dawniej ludzie szli po rozum wyłącznie do głowy. Intuicyjnie czując, że droga to najkrótsza, acz bywało, że i wyboista.

Rok 2020 spełnił wreszcie marzenie wieszczka, aby oświata zawitała pod strzechy. Pandemia covidowska nasze domy zamieniła w ośrodki pozyskiwania wiedzy bez pośrednictwa pocziwej szkolnej budy. A z covidem, czy bez niego, w XXI w. po rozum —co nie chroń przed rozczarowaniami —klikamy do internetu. Signum temporis!

* * *

Rok 2020 ogłoszony został w Polsce Rokiem Fizyki. Nawet gdyby był rokiem zwykłym, niezmienna pozostaje opinia, że fizyka potęgą jest i basta. Współpracownik Ernesta Rutheforda, wybitny fizyk nuklearny prof. Henryk Niewodniczański — 120 rocznica Jego urodzenia właśnie minęła w grudniu — wspominał, iż jego naukowy mentor, darząc ogromnym szacunkiem fizykę — chociaż sam dostał Nobla z chemii — nie z nonszalancką dezygnacją, widoczną u angielskich snobów, ale z przednią ironią cechującą prawdziwego dżentelmana żartował, iż jedynie fizyka jest prawdziwą nauką. A cała reszta? Zwykłym zbieraniem znaczków. Żart żartem, ale filozofowie nauki z Wiener Kreis za najbardziej rozwiniętą dyscyplinę naukową uważali wszak fizykę. Była dla nich doskonałym wzorcem naukowości. Nisko kłaniając się fizykom i skłaniając się (bez reszty) do poglądów filozofów Koła Wiedeńskiego, po ogłoszeniu swego confiteor już raźniej ruszam do wyrażenia swoich rozterek. Tym bardziej śmiało, jako że znam wielkoduszność fizyków występujących także w rolach naczelnych. Daleko nie szukając, przywołam dwie redakcje: „Postępy Techniki Jądrowej” i „Przegląd Techniczny.”

Otóż w słowie “OD REDAKCJI” (w numerze 4/2020 „Postępów Techniki Jądrowej”) redaktor naczelny, na moje szczęście fizyk reaktorowy dr Stanisław Latek, stwierdził był krótko a dobitnie, że niżej podpisany w swoim felietonie pisze pozytywnie o rodzimych ekspertach z zakresu energetyki jądrowej. Czym skłonił mnie do reakcji.

* * *

Zwykło się uważać, że felietoniście nie wypada pisać pozytywnie. Kiedy pisałem czterdzieści lat temu (z dużym okładem!) do popołudniówki „Echo dnia”, pozytywne zarezerwowane były — jako serwituty ideologiczne — głównie na pierwszą stronę. Redaktor naczelny tegoż organu spodziewał się od swych piór sensacji, a w najgorszym razie — ciekawostek. Na usprawiedliwienie i z satysfakcją dodam, że w roli ostrzących pióra w redakcji występowali koledzy, którym w III RP przypadły różne ciekawe role, począwszy od sekretarza generalnego organizacji dziennikarskiej (Andrzej Maślankiewicz), prezesa telewizji (Juliusz J. Braun), a nawet autora kryminałów (Jurek Wlazło). Lista oczywiście daleka od wyczerpania. Rzeczywistość wymaga różnych oglądów (i poglądów), i dla wszystkich konwencji słowa pisanego powinno się znaleźć odpowiednie miejsce. Słowo: *pozytywnie* nie powinno mieć innych konotacji niż to, co pierwotnie miało wyrażać. W Polsce wydaje się, iż jest obciążone naszą często mocno pokiereszowaną przez los (!?) historią.

Pozytywnie, czyli ...jak? Co kryje się pod tym słowem? Pozytywnie powinno być bliżej pozytywizmu, a zupełnie daleko od hagiografii. Kiedy Styka zapytał się Pana Boga, jak ma go malować — usłyszał: *Ty mnie nie maluj na kolanach, Ty mnie maluj dobrze*. Stwórca oczywiście nie potrzebuje panegiriku. Czy redaktor naczelny miał na myśli pozytywnie, czyli obiektywnie? Jeśli tak, oddycham z ulgą.

* * *

A sami eksperci? Pierwszy w historii twórca nagrodzony i Noblem, i Oskarem, George Bernard Shaw twierdził, że wszystkie profesje są spiskiem przeciwko laikom. Niels Bohr uznał, że *ekspert to taki człowiek, który popełnił wszystkie możliwe błędy w bardzo wąskiej dziedzinie*. A Richard Feynman — sam występujący w roli eksperta — miał odwagę oznajmić: *Nauka to wiara w ignorancję ekspertów*.

Tak naprawdę sam postęp techniczny nie przejmuję się nawet najbardziej błyskotliwymi bon motami, a skutkuje innowacjami. A te z kolei mogą przynieść pomysłodawcom sławę i dodajmy, że pieniądze także. Czasami nawet istną fortunę. Lecz my ani o uznaniu, ani o pieniądzach pisać nie zamierzamy, zatem do rzeczy.

Zaktualizowany Program Polskiej Energetyki Jądrowej przyjęto przez Radę Ministrów 2 października 2020 r. i ogłoszono (bez najmniejszej zwłoki) w Monitorze Polskim już 16 października 2020 r. PPEJ stał się strategicznym rządowym dokumentem, którego celem jest wdrożenie energetyki jądrowej w naszym kraju, a harmonogram wdrożenia programu został rozpisany na okres od 2020 do 2043 r. Ów program jest lekturą nader pożyteczną i wcale nie nudną, a nawet pełną nieoczekiwanych zaskoczeń. (W programie ekonomicznym radia TOK FM red. Maciej Głogowski nazywa to zdziwieniami). Zawsze mój głęboki szacunek budzi precyzja i aptekarska waga, nie tylko sformułowań. Celem *Programu Polskiej Energetyki Jądrowej (PPEJ) jest budowa oraz oddanie do eksploatacji w Polsce elektrowni jądrowych o łącznej mocy zainstalowanej od ok. 6 do ok. 9 GWe w oparciu o sprawdzone, wielkoskalowe, wodne ciśnieniowe reaktory jądrowe generacji III(+)*.

Przeczytałem i pomyślałem: kto ten akapit oprotętuje? I na szczęście nie czekałem długo! Redakcja „PTJ” opublikowała nader rzeczowy list Pana Andrzeja Nawrockiego do niej skierowany, w którym m.in. czytamy:

Niestety, dokument PPEJ A.D.2020 wielce mnie rozczarował! Nie znalazłem w nim należytego opisanie oczekiwanej polskiej elektroenergetyki od polskiej energetyki jądrowej. Trudno bowiem za „należyte” uznać te „6-9

GW". (...) Zastanawia również tak duże niezdecydowanie oczekiwania, bo aż 3 GW!

A może należy więc z całą mocą ocenić eksperckie niezdecydowanie wyłącznie w duchu pozytywnym. W Programie Polskiej Energetyki Jądrowej z roku 2014 widnieje zapis mówiący, że do roku 2035 Polska wybuduje bloki jądrowe o łącznej mocy 6000 MWe, a skoro miało to być nader skromne 6 GW, w ten sposób – poprzez zwykłe dodawanie – Autorzy poddanego sanacji Programu pragnęli maksymalnie usatysfakcjonować i energetyków, i odbiorców energii, i polityków. (Mam nadzieję, że konsumenci energii nie będą mieli za złe, że koryfeuszy narodu - zdecydowanych ofiarnie pełnić służebną rolę wobec społeczeństwa - skromnie wyspecyfikowałem dopiero na końcu).

Tak czy inaczej, my wszyscy niezależnie od wyboru naszej – mniej lub bardziej wygodnej pozycji przywołajmy starą prawdę: *od przybytku głowa nie boli*.

A wszystko przewidział (trafnie) w roku 1967 legendarny Jimi Hendrix śpiewając:
„Więc jeśli 6 okaże się 9
Nie mam nic przeciwko, nie mam nic przeciwko.”



Fot.1. Marek Bielski

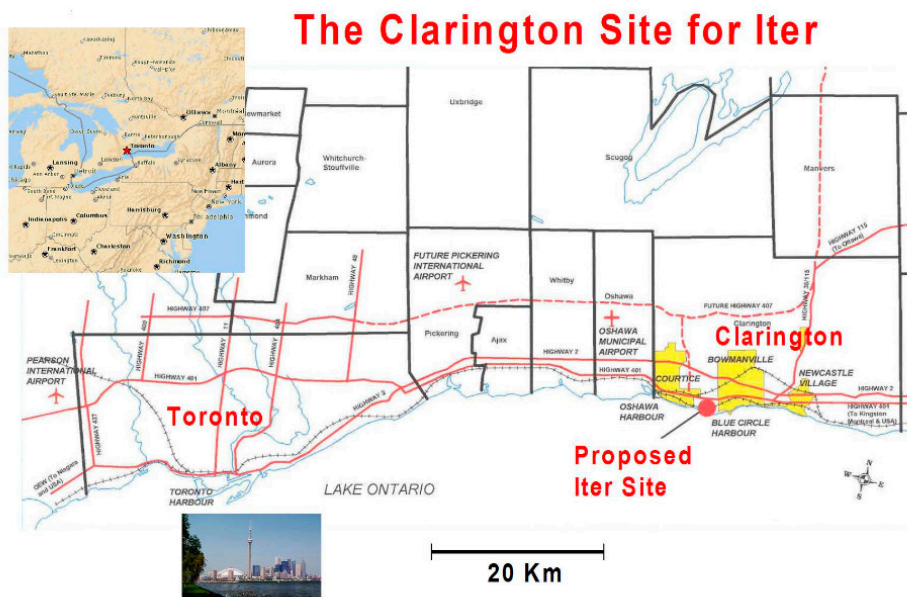
Marek Bielski,
Przełęcz Techniczny,
Warszawa

WSPOMNIENIE O ITER I SPOJRZENIE NA UAKTUALNIONY PPEJ

Tekst o badaniach nad kontrolowaną reakcją termojądrową przywołuje wspomnienia sprzed dwudziestu lat z Kanady. Padła wtedy propozycja, żeby w miejscu

pierwotnie przeznaczonym na elektrownię jądrową Darlington B powstał właśnie International Thermonuclear Experimental Reactor albo ITER.

Wybór ten uzasadniano dostępnością trytu i niewielką odległością od ośrodków naukowych w Stanach Zjednoczonych. Na terenie Elektrowni Darlington A znajduje się instalacja TRF (Tritium Removal Facility), która usuwa tryt z ciężkiej wody moderatora i obiegu chłodzenia re-



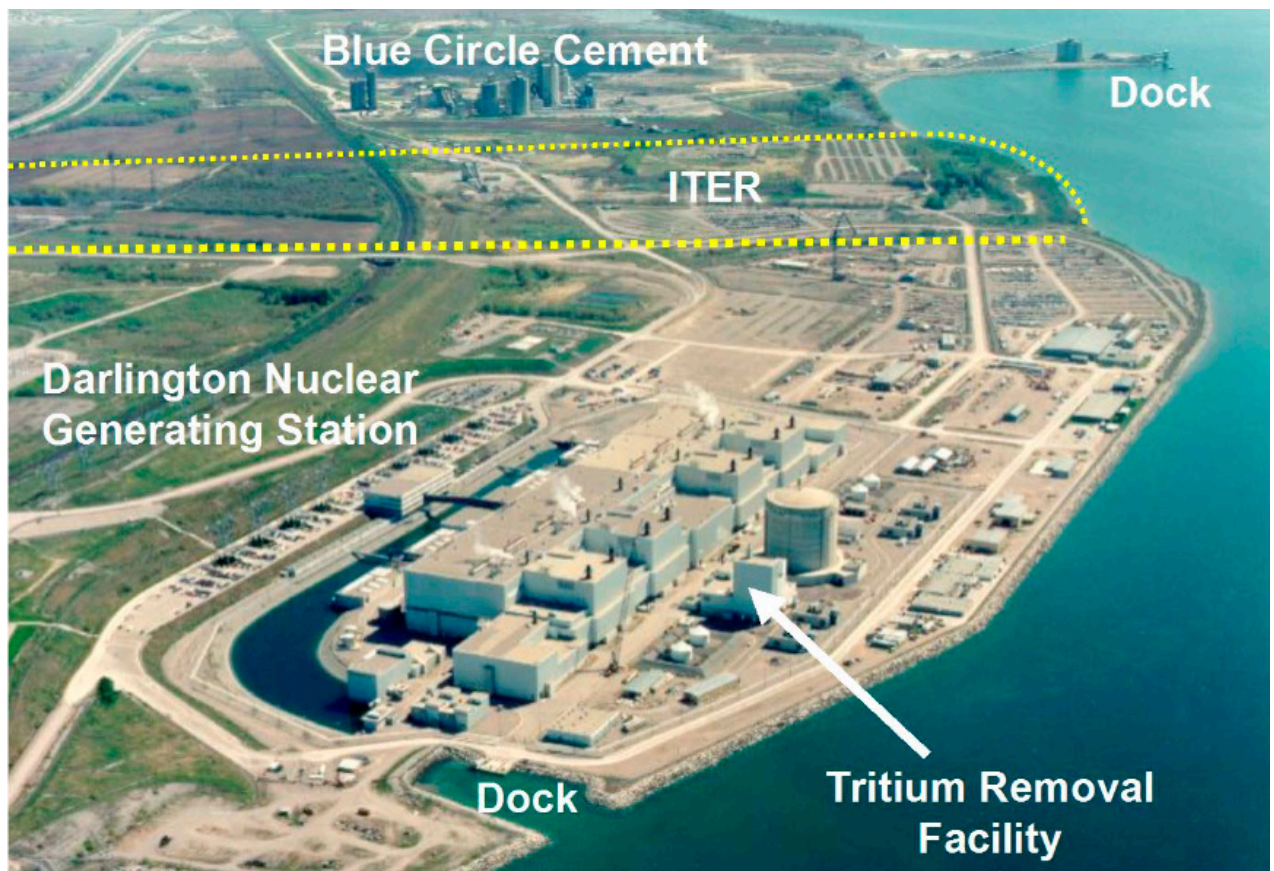
aktorów CANDU (PHWR). Przez 25 lat zajmowałem się komputerami sterującymi w TRF. Na przełomie tysiącleci było sporo szumu na temat ITER, foldery z makietami itd. Niestety zadłużony po uszy Rząd Federalny Kanady i Prowincji Ontario nie chciały dać funduszy nawet na przedstawienie propozycji ITER w Darlington. Projekt „wylądował” w Caradache we Francji.

W 2013 r. uczestniczyłem w przesłuchaniach (czy jak w Polsce się mówi: konsultacjach) publicznych na temat budowy elektrowni jądrowej Darlington B, ale niestety plan inwestycji został odłożony na półkę.

Patrząc na „polskie podwórko”, zainteresował mnie bardzo artykuł Redaktora Naczelnego, dra Latka pt. „Jądrowy październik”. Program energetyki jądrowej w Polsce zaczyna się konkretyzować, natomiast jest bardzo ważne, żeby nie wytracić impetu. Program musi iść do przodu niezależnie od zawirowań politycznych. W 2006 r. rozmawiałem w Ministerstwie Gospodarki z wiceministrem Piotrem Naimskim. Miał wizję realizacji programu energetyki jądrowej, chciał go przyspieszyć. A potem były wybory 2007 r. i dopiero po siedmiu latach nowy rząd zatwierdził EJ (w styczniu 2014). Niestety został on zaraz potem wyhamowany. W 2016 r. były wybory, zmiana rządu, a czas leci.

Podpisana w 2020 r. umowa o współpracy jądrowej Polski z USA wskazuje chyba na preferowanie reaktora AP1000. Jest on dobrą konstrukcją. Natomiast sukces projektu zależy od wielu czynników w tym od realizacji budowy i dobrej eksploatacji elektrowni jądrowej. Wykorzystując dostęp do kilku ciekawych opracowań amerykańskich i kanadyjskich znajomych z sektora jądrowego, postaram się w przyszłości coś na ten temat napisać. Chodzi o odpowiedź na pytanie, co warto zrobić żeby realizacja obecnie uaktualnionego programu energetyki jądrowej w ramach jego założeń była sukcesem. To jest możliwe, ale nie dane. Nie wchodząc w drobiazgi techniczne artykuł w Postępkach Techniki Jądrowej ma szansę dotrzeć do tzw. decydentów. Może nawet lepiej niż, zapewne obszerne, uwagi zgłoszone w ramach konsultacji publicznych i opiniowania Programu Polskiej Energetyki Jądrowej – PPEJ. Według artykułu Pana dra Latka str. 58, PTJ 2020-4, sugestii tych ogólnie rzecz biorąc nie uwzględniano.

*Dariusz W. Kulczyński, P. Eng.,
emerytowany pracownik Darlington A NGS,
Ontario, Canada*



Fot. 2. Zdjęcie proponowanej instalacji ITER pomiędzy elektrownią jądrową Darlington (4 x 930 MW brutto) i przyległą cementownią (w obrębie żółtej linii przerywanej). Propozycja wg dokumentów złożonych kiedyś w urzędzie regulacyjnym energii jądrowej CNSC.

Źródło: https://www.cns-snc.ca/media/uploads/division_data/dir_9/Section%207%20Licensing%20Draft%2010-7.pdf Data dostępu 25-02-2020

Kobiety w Nauce - dzisiaj



← Prof. dr hab. Anna Lankoff,
23 sierpnia 2017 r. rejs po Morzu Arktycznym
wokół Spitsbergenu
(fot. ze zbioru rodzinnego)



Dr hab. inż. Krystyna Cieśla, Prof IChTJ →
(fot. ze zbioru rodzinnego)



← Od lewej: promotor doc. dr hab. Jan Cz. Dobrowolski,
dr hab. Joanna E. Rode, Prof IChTJ (z synem)
dr Hanna Kruszewska, prof. Marcin Kruszewski.
18 maja 2007 r. Pałac Kazimierzowski UW.
Uroczystość wręczenia dyplomu doktora.
(fot. ze zbioru rodzinnego)

Dr hab. Hanna Lewandowska-Siwkiewicz →
w Pracowni Polimerów Modyfikowanych
Radiacyjnie w IChTJ.
(fot. Sylwester Wojtas)



← dr hab. Ewa Gniazdowska, Prof. IChTJ
z córką Joanną, psem Szogunem
Maj 2017 r. na rajdzie w Beskidzie Niskim
(fot. ze zbioru rodzinnego)



NOWE KOREAŃSKIE ELEKTROWNIE JĄDROWE



Korea - Kori Nuclear Power Plant Reactors Kori 1, Kori 2, Kori 3, Kori 4 from right to left. (fot. Korea Kori NPP)



Koreański atom w Zjednoczonych Emiratach Arabskich. Elektrownia Jądrowa Barakah. (fot. Emirates Nuclear Energy Corporation – ENEC)