

POSTĘPY TECHNIKI JĄDROWEJ

VOL. 59 Z. 4 ISSN 0551-6846 WARSZAWA 2016



Jubileusz 60-lecia

MIĘDZYNARODOWEJ AGENCJI ENERGII ATOMOWEJ

Szczegóły na str. 2

4-2016

INSTYTUT CHEMII
I TECHNIKI JĄDROWEJ
POLSKIE TOWARZYSTWO NUKLEONICZNE

SPIS TREŚCI

JUBILEUSZ SZEŚĆDZIESIĘCIOLECIA
MIĘDZYNARODOWEJ AGENCJI ENERGII ATOMOWEJ
Stanisław Latek, Elżbieta Zalewska2

ENERGETYKA JĄDROWA PO UMOWIE PARYSKIEJ
I WYBORACH W USA I NIE TYLKO...
Dariusz Kulczyński.....7

KONCEPCJA ORGANIZACYJNA ORGANIZACJI WSPARCIA
TECHNICZNEGO W POLSCE
Paweł Krajewski, Sylwester Sommer 12

INSTYTUT FIZYKI PLAZMY
I LASEROWEJ MIKROSYNTEZY
- 40 LAT BADAŃ DLA ENERGETYKI PRZYSZŁOŚCI
Jerzy Wołowski z zespołem współpracowników 15

SPEKTROMETRIA AKTYWACYJNA
DLA POTRZEB DRUGIEJ KAMPANII
DEUTEROWO-TRYTOWEJ NA TOKAMAKU JET
Ewa Łaszyńska, Sławomir Jednoróg21

BADANIA HISTORYCZNYCH SZKIEŁ
PRZY UŻYCIU METOD JĄDROWYCH
Jerzy J. Kunicki-Goldfinger, Ewa Pańczyk.....30

DONIESIENIA Z KRAJU 34

DONIESIENIA ZE ŚWIATA 42

WSPOMNIENIE 46

IN MEMORIAM 52



więcej informacji na str. 2



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

Komitety redakcyjny:
Wojciech Głuszewski
Maria Kowalska
Łukasz Sawicki
Marek Rabiński
Edward Rurarz
Elżbieta Zalewska

Współpracują z nami:
Andrzej Mikulski
Małgorzata Sobieszcak Marciniak
Małgorzata Nowina Konopka

Redakcja:
PTJ-redakcja@ichtj.waw.pl

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

Opracowanie graficzne:
Hubert Stańczyk (Agencja Reklamowa TOP)

Zastrzegamy sobie prawo skracania i adjustacji
tekstów oraz zmian tytułów.

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 50 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

W trzech kolejnych tegorocznych numerach naszego czasopisma odnotowaliśmy odpowiednio sześćdziesięciolecie powołania Instytutu Fizyki Jądrowej i Zjednoczonego Instytutu Badań Jądrowych oraz czterdziestolecie Instytutu Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy w Warszawie.

W bieżącym roku rozpoczęły się obchody kolejnej ważnej rocznicy: powołania Międzynarodowej Agencji Energii Jądrowej. Przypomnijmy kilka faktów.

23. października 1956 r. został zatwierdzony Statut Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej. Dokument wszedł w życie w dniu 29 lipca 1957 r. Pierwsza sesja Konferencji Generalnej Agencji odbyła się w dniach od 1 do 23 października 1957 r. W dniach 26-30 września 2016 r. odbyła się 60. sesja Konferencji Generalnej.

I właśnie ta sesja rozpoczęła obchody jubileuszu sześćdziesięciolecia Agencji, które trwać będą do października 2017 r. Na okładkach naszego pisma znajdują Państwo wiele fotografii z tegorocznych wydarzeń, ale też zdjęcia historyczne, przedstawiające, między innymi, dyrektorów generalnych MAEA. W artykule otwierającym niniejszy numer PTJ nasi Czytelnicy mogą zapoznać się z omówieniem przemówienia powitalnego dyrektora generalnego MAEA na otwarcie 60. Konferencji Generalnej, jak również z uchwałami podjętymi podczas 60. Konferencji Generalnej MAEA. W artykule zostały także podane informacje o Forum naukowym, które zatytułowane było: „W jaki sposób techniki jądrowe pomagają państwu osiągnąć Cele Zrównoważonego Rozwoju?”.

Nasz stały współpracownik z Kanady pan Dariusz Kulczyński podjął się bardzo ambitnego zadania: oceny stanu i perspektyw rozwoju energetyki jądrowej po wejściu w życie Paryskiej Umowy Klimatycznej i po wyborach nowego prezydenta USA. Oba te wydarzenia miały miejsce w listopadzie tego roku. Aby zachęcić Państwa do lektury tego ciekawego, ale też w pewnym sensie osobistego tekstu przytaczam dwa krótkie fragmenty.

Dariusz Kulczyński pisze: „Po podpisaniu Umowy Paryskiej, tak w Kanadzie, jak i w Stanach Zjednoczonych daje się zaobserwować „cieplejszy” stosunek do energetyki jądrowej. Nowy blok jądrowy w USA jak i rozpoczęcie remontu kapitalnego w elektrowni atomowej w Kanadzie zostały pozytywnie opisane przez wiele ważnych gazet”. I kolejne stwierdzenie: „Po wyborze Donalda Trumpa nie jest pewne, czy USA będą subsydiować ograniczenia emisji gazów cieplarnianych za pomocą postulowanych środków finansowych pomimo, że rozpoczęła to już administracja prezydenta Obamy”.

Paweł Krajewski i Sylwester Sommer przygotowali ważny artykuł na temat koncepcji organizacyjnej tzw. Organizacji Wsparcia Technicznego (TSO). Autorzy przypominają, że Państwowa Agencja Atomistyki jako organ odpowiedzialny za dozór jądrowy nie posiada wszystkich kompetencji do wykonywania swoich zadań. Jest to sytuacja spotykana również w innych krajach i stosowanym rozwiązaniem jest korzystanie ze zinstytucjonalizowanej pomocy właśnie Organizacji Wsparcia Technicznego. W Polsce nie istnieje TSO chociaż potrzeba utworzenia jest wspomniana zarówno w Prawie atomowym jak i w Programie Polskiej Energetyki Jądrowej. Paweł Krajewski i Sylwester Sommer przedstawiają koncepcję organizacyjną utworzenia TSO. Zdaniem autorów artykułu istnieją trzy instytucje badawcze posiadające odpowiednie kompetencje: Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej, Instytut Chemii i Techniki Jądrowej oraz Narodowe Centrum Badań Jądrowych, które porozumiały się w celu stworzenia TSO, aczkolwiek forma prawna i organizacyjna nie została jeszcze ustalona.

Redakcja PTJ wyraża nadzieję, że publikowany przez nas artykuł rozpocznie dyskusję na temat powołania TSO w Polsce.

W numerze 3/2016 PTJ napisałem, że w następnym zeszycie zamieścimy kolejne teksty nawiązujące do jubileuszu IFPiLM-u. Przrzeczenie to zostało spełnione. Publikujemy dwa artykuły: „Instytut Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy – 40 lat badań dla energetyki przyszłości”, którego autorem jest - Jerzy Wołowski

z zespołem współpracowników oraz „Spektrometria aktywacyjna dla potrzeb drugiej kampanii deuterowo-trytowej na tokamaku JET”, który przygotowali Ewa Łaszyńska i Sławomir Jednoróg.

Instytut Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy, utworzony w 1976 r., obecnie realizuje we współpracy z innymi instytutami, badania w następujących dziedzinach: fizyka gorącej plazmy, synteza (fuzja) jądrowa, oddziaływania laser-materia i zastosowania plazmy. Polski program fuzji jądrowej jest od roku 2005 częścią europejskiego programu EURATOM, od roku 2014 koordynowanego przez konsorcjum EUROfusion. IFPiLM został powołany przez MNiSW do koordynowania wszystkich badań fizycznych w Polsce. Projekty EUROfusion realizowane w Instytucie obejmują przygotowywanie diagnostyk dla tokamaków JET i WEST oraz stellaratora W7-X, a także opracowywanie i stosowanie kodów numerycznych do analizy działania tokamaków (w tym przyszłego tokamaka-reaktora DEM) oraz stellaratora W7-X. Zespoły naukowe w IFPiLM uczestniczą też w innych projektach europejskich nie dotyczących fuzji w tokamakach i stellaratorach. Metoda aktywacyjna stosowana do charakterystyki różnych źródeł neutronów, należy do jednej z najstarszych metod stosowanych w neutronice. Pomimo tego jest wciąż ważna gdyż prowadzi do otrzymywania wartości bezwzględnych wydajności neutronów, a czasami pozwala na dekonwolucję ich rozkładu energetycznego. Druga Deuterowo-Trytowa Kampania Eksperymentalna na Wspólnym Europejskim Tokamaku JET jest wielkim wyzwaniem. Po jej zakończeniu nastąpi zamknięcie i odstawienie JET-a, a tym samym zakończenie jakże ważnego rozdziału w historii fizyki plazmy. Technika aktywacyjna posłuży do charakterystyki generatora neutronów, który będzie zastosowany jako ustandaryzowane źródło neutronów 14 MeV, a następnie będzie zastosowana w czasie ostatniej kampanii eksperymentalnej do monitorowania wydajności neutronów.

Ostatni tekst w części artykułowej, którego autorami są Jerzy J. Kunicki-Goldfinger i Ewa Pańczyk nosi tytuł: „Badania historycznych szkół przy użyciu metod jądrowych”. Autorzy podkreślają, że szkło historyczne jest materiałem bardzo trudnym do badania. Zapewne, dlatego właśnie metody jądrowe stanowią obecnie większość spośród metod wykorzystywanych do badań historycznego szkła.

W tej części naszego periodyku, w której zamieszczamy doniesienia z kraju i z zagranicy (i inne materiały) można znaleźć wiele naprawdę ciekawych informacji.

Polecam Państwu szczególnie ważną informację o wynikach konkursu na najlepsze prace doktorskie, magisterskie, inżynierskie i licencjackie związane tematycznie z atomistyką, które rozstrzygnięte zostały przez Polskie Towarzystwo Nukleoniczne.

Bardzo ciekawa jest relacja dr. Wojciecha Głuszeńskiego o kolejnym – już XVII – Zjeździe POLSKIEGO TOWARZYSTWA BADAŃ RADIACYJNYCH, który odbył się we wrześniu w Siedlcach.

Zamieszczamy również informacje o innych wydarzeniach: konferencji Euro POWER i polsko-japońskim seminarium na temat rozwoju energetyki jądrowej.

Dr Krzysztof Rzymkowski omawia wydane ostatnio pozycje książkowe, a dr Małgorzata Nowina-Konopka publikuje wspomnienie o zmarłym niedawno prof. Andrzeju Hryniewiczzu.

Dwa kolejne teksty są pożegnaniem prof. Józefa Hurwica. Pierwszy jest zapisem mowy wygłoszonej przez prof. Ryszarda Knera podczas pogrzebu, drugi tekst jest wspomnieniem Stanisława Galanta, wydawcy książek prof. Józefa Hurwica.

W omawianym numerze można znaleźć teksty sygnalizujące ponowny renesans energetyki jądrowej. Myślę tu o artykułach na temat MAEA i sytuacji zaistniałej po podpisaniu umowy paryskiej. Takich sygnałów jest więcej i będziemy je Państwu przedstawiać.

Na początku Nowego Roku chciałbym wyrazić życzenie-marzenie: obyśmy i my, Polacy, doczekali się pozytywnych, jednoznacznych decyzji w sprawie rozwoju energetyki jądrowej w Polsce!

Stanisław Latek,
redaktor naczelny

JUBILEUSZ SZEŚĆDZIESIĘCIOLECIA MIĘDZYNARODOWEJ AGENCJI ENERGII ATOMOWEJ

Sixtieth Anniversary of the International Atomic Energy Agency

Stanisław Latek, Elżbieta Zalewska

Streszczenie: 23. października 1956 r. został zatwierdzony Statut Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej. Dokument wszedł w życie w dniu 29 lipca 1957 r. Pierwsza sesja Konferencji Generalnej Agencji odbyła się w dniach od 1 do 23 października 1957 r. W dniach 26-30 września 2016 r. odbyła się 60. sesja Konferencji Generalnej. Sesja ta rozpoczęła obchody jubileuszu sześćdziesięciolecia Agencji. Ważnym wydarzeniem w ramach tych obchodów było przemówienie powitalne dyrektora generalnego MAEA na otwarcie 60. Konferencji Generalnej. W niniejszym artykule przytoczono fragmenty tego przemówienia i omówiono jego główne tematy. Zdaniem dyrektora generalnego Yukiya Amano MAEA wniosła istotny wkład na rzecz międzynarodowego pokoju i bezpieczeństwa w ciągu ostatnich 60 lat, poprawiając dobrobyt i pomyślność narodów poprzez stosowanie technologii jądrowych w celach pokojowych. Dyrektor Amano szczególną uwagę zwrócił na osiągnięcia MAEA w zakresie bezpieczeństwa jądrowego, ochrony materiałów i instalacji jądrowych oraz wykorzystania energii jądrowej.

W drugiej części podano informacje o Forum naukowym. W dyskusji na tym Forum Książę Monako Albert II podkreślił, że kraje z całego świata muszą zdwoić swoje wysiłki, aby osiągnąć Cele Zrównoważonego Rozwoju (CZR) do roku 2030, a nauka, w tym zastosowania jądrowe, powinna odegrać kluczową rolę w tych wysiłkach. W prezentowanym artykule omówiono krótko tematykę pięciu sesji, podczas których dyskutowano na tematy medycyny nuklearnej, wykorzystania technologii radiacyjnych na rzecz żywności, rolnictwa i odżywiania, roli energii jądrowej, zastosowania izotopów w zarządzaniu zasobami naturalnymi oraz na temat transferu technologii jądrowych. Artykuł kończy się omówieniem uchwał podjętych podczas 60. Konferencji Generalnej MAEA.

Abstract: The Agency's Statute was approved on 23 October 1956 and entered into force on 29 July 1957. The first session of the Agency's General Conference took place from 1 to 23 October 1957. This year, the Agency will, thus, be holding its sixtieth regular session of the General Conference. In recognition thereof, the IAEA Secretariat has organized a number of events and activities in order to commemorate its 60th anniversary starting at this General Conference. The important event was the opening statement of IAEA Director General Yukiya Amano who hailed the significant achievements in peaceful nuclear science over six decades. In this article several fragments of Mr. Amano statement were cited. One of them runs as follows: "We have made a real difference to the lives of millions of people throughout the world". Reviewing the highlights of the first six decades of the IAEA's work, Mr. Amano reminded the participants about the development of thousands of new varieties of foods such as rice and wheat, using nuclear techniques, helping to fight cancer in developing countries and responding quickly to diseases such as Ebola and Zika. In the second part of the article information on Scientific Forum is given. During discussion on the Forum Prince Albert II of Monaco (Monaco hosts the IAEA's Environmental Laboratories) said: "International scientific cooperation among all stakeholders in the promotion of nuclear technology for sustainable development and renewable energy is of critical importance." And he added: "Countries around the world must redouble their efforts to reach the Sustainable Development Goals by 2030, and science, including nuclear applications, needs to play a key role in this endeavour". Five sessions of the Scientific Forum were shortly discussed.

The final part of the article contains an overview of key resolutions to further strengthen the IAEA's work in nuclear science and technology, safety, security, safeguards and technical cooperation which delegates adopted at the final session of 60th General Conference.

Słowa kluczowe: Sześćdziesięciolecie MAEA, dyrektor generalny MAEA, Forum naukowe, uchwały 60. Konferencji Generalnej MAEA

Key words: Sixtieth Anniversary of the IAEA, IAEA Director General, Scientific Forum, 60th General Conference resolutions

Wstęp

Statut Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej został zatwierdzony w dniu 23 października 1956 r. i wszedł w życie w dniu 29 lipca 1957 r. Pierwsza sesja Konferencji Generalnej tej Agencji odbyła się w dniach od 1 do 23 października 1957 r.

W bieżącym roku odbyła się 60. sesja zwyczajna Konferencji Generalnej Agencji. Z tej okazji Sekretariat Agencji już zorganizował szereg wydarzeń i działań, a także zrealizuje wcześniej zaplanowane działania na lata 2016-2017, rozpoczynając obchody 60. jubileuszu Agencji na tej tegorocznej Konferencji Generalnej. Świątowanie jubileuszu umożliwi uwidocznienie istotnego wkładu Agencji

na rzecz międzynarodowego pokoju i rozwoju, w przeszłości i obecnie. Logo 60. jubileuszu Agencji było dostępne od czerwca 2016 r. i będzie można używać go w okresie obchodów, od drugiej połowy 2016 r. do października 2017 r.

Wydarzenia i działania, jakie zorganizował Sekretariat z okazji sześćdziesiątej sesji zwyczajnej Konferencji Generalnej, obejmowały między innymi:

- Wygłoszenie przemówienia powitalnego dyrektora generalnego MAEA na otwarcie 60. Konferencji Generalnej MAEA;

- Wystawę fotografii poświęconych istotnym wydarzeniom, projektom i osiągnięciom, jakie miały miejsce od dnia utworzenia Agencji, ukazującą jej wkład na rzecz pokoju i rozwoju. Wystawa została otwarta z okazji 60. sesji zwyczajnej Konferencji Generalnej, w budynku M kompleksu Vienna International Centre;
- Przyjęcie z okazji obchodów jubileuszu, jakie odbyło się wieczorem pierwszego dnia sesji zwyczajnej Konferencji Generalnej;
- Specjalne Forum naukowe, obejmujące dyskusje na wysokim szczeblu związane z przyjęciem Celów Zrównoważonego Rozwoju (tzw. *Sustainable Development Goals*) podczas Szczytu Zrównoważonego Rozwoju Narodów Zjednoczonych we wrześniu 2015 r. Forum naukowe zatytułowane było: „*W jaki sposób techniki jądrowe pomagają państwom osiągnąć Cele Zrównoważonego Rozwoju?*”.

W 60. Konferencji Generalnej w Wiedniu wzięło udział około 2,5 tys. delegatów ze 155 Państw Członkowskich MAEA, organizacji międzynarodowych, organizacji pozarządowych oraz przedstawiciele mediów.

Jak już wspomniano, tegoroczne spotkanie rozpoczęło również roczne obchody 60. jubileuszu MAEA. Podczas Konferencji Generalnej miało miejsce ponad 30 wydarzeń towarzyszących jubileuszowi, w tym dwudniowe Forum naukowe, w trakcie którego podkreślono, w jaki sposób technologie jądrowe mogą pomóc w osiągnięciu Celów Zrównoważonego Rozwoju. Jego Wysokość Książę Monako - Albert II był gościem honorowym Forum naukowego i wygłosił na nim przemowę.

Na spotkaniu zatwierdzono również wnioski o członkostwo w MAEA złożone przez takie państwa jak: Saint Lucia, Saint Vincent i Grenadyny, oraz Islamska Republika Gambii.

Zostało wybranych jedenaście państw, które weszły w skład 35-osobowej Rady Gubernatorów MAEA na okres 2016-2018. Nowo wybrane państwa, które weszły w skład Rady Gubernatorów to: Algieria, Argentyna, Costa Rica, Wybrzeże Kości Słoniowej, Dania, Holandia, Peru, Katar, Singapur, Słowenia i Zjednoczone Emiraty Arabskie.

61. Konferencja Generalna MAEA ma odbyć się w dniach 18-22 września 2017 r. w siedzibie MAEA w Wiedniu.

Mowa powitalna dyrektora generalnego na otwarciu 60. Konferencji Generalnej



Fot. 1. Dyrektor generalny MAEA Yukiya Amano wygłasza przemówienie z okazji otwarcia 60. Konferencji Generalnej (Fot. A. Calma/MAEA)

Phot. 1. IAEA Director General Yukiya Amano addressing delegates at the 60th General Conference. (Photo: D. Calma/IAEA)

Otwierając 60. Konferencję Generalną w Wiedniu, dyrektor generalny Yukiya Amano wygłosił powitalne przemówienie. Powiedział m.in., że MAEA wniosła istotny wkład na rzecz międzynarodowego pokoju i bezpieczeństwa w ciągu ostatnich 60 lat, poprawiając dobrobyt i pomyślność narodów poprzez stosowanie technologii jądrowych w celach pokojowych.

Następnie dokonując przeglądu najważniejszych wydarzeń z pierwszych sześciu dekad działań MAEA, Amano w swoim przemówieniu przypomniał o stworzeniu tysięcy nowych odmian roślin, takich jak ryż i pszenica, oraz wykorzystaniu technik jądrowych, pomagających w walce z rakiem w krajach rozwijających się i szybko reagujących na choroby takie jak Ebola i Zika.

W swoim oświadczeniu Amano stwierdził również, że „Znacząco przyczyniliśmy się do wzrostu poziomu życia milionów ludzi na całym świecie”.

Budowanie potencjału w krajach rozwijających się było kluczem do sukcesu Agencji

„Od 1958 r. ponad 48 000 naukowców i inżynierów otrzymało stypendia naukowe i stanowiska naukowców wizytujących w ramach programu współpracy technicznej MAEA, zarówno w laboratoriach Agencji, jak i w obiektach naszych partnerów na całym świecie.” – poinformował dyrektor generalny MAEA.

Wielu z nich udało się odegrać kluczową rolę w budowaniu potencjału w dziedzinie nauk jądrowych we własnych krajach.

Dzisiaj MAEA odgrywa ważną rolę w pomaganiu krajom w osiągnięciu Celów Zrównoważonego Rozwoju, zwłaszcza tych dotyczących zwalczania ubóstwa i głodu, czystej wody, czystej i dostępnej energii, a także walki ze zmianami klimatycznymi. „Są to obszary, do których nauka i technologie jądrowe mogą wnieść istotny wkład.” - stwierdził pan Amano.

Weryfikacja materiałów i obiektów jądrowych

Kluczowym obszarem działalności MAEA od początku jej działania było zapobieganie rozprzestrzenianiu się broni jądrowej. Inspektorzy Agencji przyczyniali się do tego poprzez monitorowanie materiałów i obiektów jądrowych na całym świecie, aby upewnić się, że materiały jądrowe nie są wykorzystywane w innych celach niż pokojowe.

Pan Amano poinformował, że z biegiem lat MAEA miała do czynienia z jednymi z najważniejszych kwestii na arenie międzynarodowej, w tym z weryfikacją materiałów jądrowych i obiektów w Iraku, Iranie i Koreańskiej Republice Ludowo-Demokratycznej (KRLD). Prace Agencji zostały odpowiednio docenione w 2005 r. poprzez przyznanie Pokojowej Nagrody Nobla wspólnie Agencji i jej ówczesnemu dyrektorowi generalnemu Mohamedowi ElBaradei.

W przypadku Iranu, od 2003 r. MAEA pracowała nad weryfikacją programu jądrowego tego kraju, regularnie raportując na temat realizacji przez Iran porozumienia o zabezpieczeniach zawartego z MAEA, a także realizacji odpowiednich rezolucji Rady Bezpieczeństwa ONZ.

„W ubiegłym roku przedstawiliśmy jasną, faktyczną ocenę dotychczasowych działań Iranu w dziedzinie jądrowej.” – powiedział Pan Amano. „Praca Agencji była niezbędna dla torowania drogi do przełomu dyplomatycznego, który osią-

gnięto w ubiegłym roku w postaci Wspólnego kompleksowego planu działania. Unia Europejska odnotowuje, że jej zobowiązania odnośnie do sankcji podjęte w ramach wspólnego planu zostały spełnione zgodnie z uzgodnionym planem wdrażania. 16 stycznia 2016 r., czyli w dniu, w którym Międzynarodowa Agencja Energii Atomowej potwierdziła, że Iran zrealizował swoje zobowiązania związane z kwestiami jądrowymi, UE zniosła odnośne sankcje gospodarcze i finansowe. Tego samego dnia wydana została obszerna nota informacyjna dotycząca zniesienia sankcji, która miała wyjaśnić unijnym podmiotom gospodarczym nowe przepisy.

Obecnie weryfikujemy i monitorujemy realizację przez Iran zobowiązań w dziedzinie jądrowej na mocy tego porozumienia."

"Fakt, że MAEA cieszyła się zaufaniem wszystkich stron w tej bardzo skomplikowanej kwestii był odzwierciedleniem profesjonalizmu, obiektywizmu i bezstronności inspektorów MAEA." – dodał Amano.

W odniesieniu do programu jądrowego KRLD, która przeprowadziła dwie próby jądrowe w tym roku, Pan Amano stwierdził, że program ten budzi poważne obawy. „Stanowi on rosnące zagrożenie dla pokoju i bezpieczeństwa w południowo-wschodniej Azji i na świecie. Agencja utrzymuje swoją gotowość do kontynuowania weryfikacji w KRLD, gdy tylko sytuacja polityczna pozwoli na to."

Energia jądrowa

Pan Amano zwrócił również uwagę na znaczący wkład, jaki energia jądrowa może wnieść dla zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych, poprawy bezpieczeństwa energetycznego i dostępności energii w coraz większych ilościach potrzebnych dla rozwoju gospodarczego i cywilizacyjnego.

"Obecnie około 30 krajów rozwijających się zastanawia się nad wprowadzeniem energii jądrowej do swoich systemów energetycznych." – powiedział dyrektor generalny MAEA, podkreślając między innymi, że rozpoczęcie eksploatacji pierwszego z czterech reaktorów jądrowych w Zjednoczonych Emiratach Arabskich oczekiwane jest w 2017 r.

MAEA wspiera kraje optujące za energią jądrową, aby mogły wykorzystać ją w bezpieczny, pewny i zrównoważony sposób.

Bezpieczeństwo jądrowe, ochrona materiałów i instalacji jądrowych

Pan Amano przypomniał delegatom, że MAEA koordynowała międzynarodową reakcją na najbardziej poważne wypadki w elektrowniach jądrowych - w Czarnobylu w 1986 r. oraz w Fukushima Daiichi w 2011 r.

Plan działań na rzecz bezpieczeństwa jądrowego MAEA, przyjęty tuż po wypadku w elektrowni jądrowej Fukushima Daiichi, przyniósł znaczącą poprawę globalnego bezpieczeństwa jądrowego.

MAEA była również globalną platformą służącą wzmocnieniu bezpieczeństwa jądrowego, niosąc pomoc krajom w zminimalizowaniu ryzyka dostania się materiałów jądrowych i radioaktywnych w ręce terrorystów.

Wyzwania na przyszłość

Pan Amano powiedział, że MAEA może być dumna ze swoich osiągnięć, ale stoi przed nią jeszcze wiele wyzwań. Właśnie rozpoczęły się weryfikacja i monitoring w Iranie i będą one kontynuowane przez wiele najbliższych lat. Program jądrowy KRLD nadal pozostanie kwestią budzącą poważny niepokój.

Państwa Członkowskie ubiegały się o pomoc ze strony MAEA w osiągnięciu Celów Zrównoważonego Rozwoju oraz w dziedzinie bezpieczeństwa jądrowego, ochrony materiałów i instalacji jądrowych.

Państwa te oczekiwały również, że MAEA będzie kontynuowała zarządzanie swymi ograniczonymi zasobami finansowymi w rozważny sposób i z maksymalnym efektem.

"Istotne jest, aby utrzymać tempo we wszystkich obszarach naszej działalności w nadchodzących latach." – powiedział pan Amano. „Byłbym zaszczycony móc zapewnić ciągłość działań Agencji, jeśli Państwa Członkowskie MAEA ponownie obdarzą mnie zaufaniem do pełnienia funkcji dyrektora generalnego."

Pan Amano poinformował Przewodniczącego Rady Gubernatorów MAEA, że jest gotowy pełnić kolejną kadencję na stanowisku dyrektora generalnego.

Wystawa poświęcona istotnym wydarzeniom, jakie miały miejsce od dnia utworzenia Agencji

Po sesji rozpoczęcia Konferencji Generalnej pan Amano dokonał otwarcia wystawy fotografii z okazji obchodów 60. jubileuszu MAEA. „Często mówi się, że każde zdjęcie opowiada jakąś historię." – stwierdził w swym przemówieniu. „Te zdjęcia opowiadają o naszych prawdziwych osiągnięciach."

Mimo, że świat bardzo zmienił się w ciągu ostatnich 60 lat, jedna rzecz nie zmieniła się. „MAEA pozostaje organizacją, która dostarcza pomoc." - powiedział.

Po inauguracji wystawy miało miejsce okolicznościowe przyjęcie w Pałacu Hofburg w Wiedniu. Specjalne przyjęcie z okazji rozpoczęcia całorocznych obchodów jubileuszu, zorganizowane przez MAEA, odbyło się w poniedziałek wieczorem (26 września) w pałacu Hofburg w Wiedniu. Na przyjęciu tym był również obecny minister rolnictwa, leśnictwa, środowiska i gospodarki wodnej Austrii, pan Andra Rupprecht.

Atom dla ludzi, planety i dobrobytu: Otwarcie Forum naukowego

Nauki jądrowe przyczyniają się do osiągnięcia wielu z 17 Celów Zrównoważonego Rozwoju, a MAEA wspiera kraje w ich wysiłkach na rzecz rozwoju – powiedział dyrektor generalny MAEA, Yukiya Amano, podczas otwarcia Forum naukowego.

"Kiedy w ubiegłym roku światowi liderzy przyjęli Cele Zrównoważonego Rozwoju, uznali oni wyraźnie po raz pierwszy, że nauka, technologia i innowacja mają zasadnicze znaczenie dla rozwoju." – stwierdził dyrektor generalny. Cele te zostały uzgodnione przez Zgromadzenie Ogólne Narodów Zjednoczonych w zakresie stymulowania działań w obszarach o kluczowym znaczeniu dla ludzkości i naszej planety.

Międzynarodowa współpraca naukowa wszystkich zainteresowanych stron w dziedzinie promocji technologii jądrowych na rzecz zrównoważonego rozwoju i energii odnawialnej ma kluczowe znaczenie. W opinii Księcia Monako Alberta II:

„Pomaganie krajom w osiągnięciu tych celów jest priorytetem dla MAEA. MAEA znajduje się w szczególnie dobrej pozycji, by pomóc krajom uzyskać dostęp do nauk i technologii jądrowych, które mają wiele do zaoferowania w przemyśle, energetyce, ochronie zdrowia, rolnictwie, ochronie środowiska oraz w wielu innych obszarach.”

W trakcie tegorocznego, trwającego dwa dni Forum naukowego, odbywającego się podczas Konferencji Generalnej MAEA, zaprezentowano, w jaki sposób wykorzystuje się techniki jądrowe dla poprawy życia ludzi i zwierząt, przeciwdziałaniu zmianom klimatu, zwiększenia dostępu do energii, a także dla ochrony naszej planety. Urzędnicy wyższego szczebla, czołowi eksperci i naukowcy dokonali przeglądu różnych wkładów technologii jądrowej na rzecz zrównoważonego rozwoju. Skoncentrowali się oni na dziewięciu celach, do osiągnięcia których bezpośrednio przyczyniają się techniki jądrowe.

Otwarcie dyskusji

Otwarcie dyskusji poprzedziło krótkie wystąpienie Księcia Monako Alberta II.

Głos w dyskusji zabrali:

- Książę Monako Albert II,
- Andrew Wheatley, minister nauki, energii i technologii Jamajki,
- Yiren Wang, wiceprzewodniczący Chińskiego Urzędu ds. Energii Atomowej,
- Said Mouline, dyrektor generalny Marokańskiej Narodowej Agencji Rozwoju Energii Odnawialnej i Efektywności Energetycznej,
- Alan Finkel, naczelny prezes Akademii Nauk Technicznych i Inżynierii – (ATSE) Australii.

Kraje z całego świata muszą zdwoić swoje wysiłki, aby osiągnąć Cele Zrównoważonego Rozwoju (CZR) do roku 2030, a zastosowania jądrowe w nauce powinny odegrać kluczową rolę w tych wysiłkach – powiedział Książę Monako Albert II. CZR „są jedynymi środkami zmieniającymi wpływ człowieka na środowisko, a także środkami chroniącymi zdrowie ludności.”

Monako, na którego terenie mieszczą się Laboratoria Środowiskowe MAEA, mocno wspiera działania MAEA. Książę Albert stwierdził, że „Międzynarodowa współpraca naukowa między wszystkimi zainteresowanymi stronami w dziedzinie promowania technologii jądrowych na rzecz zrównoważonego rozwoju i odnawialnych źródeł energii ma kluczowe znaczenie.”

Nauka i technologia jądrowa są ważnymi instrumentami prowadzącymi do osiągnięcia zrównoważonego rozwoju – podkreślił **Andrew Wheatley, minister nauki, energii i technologii Jamajki**. „Programy MAEA i przywią-

zywanie przez nią wagi do korzystania z atomu dla pokojowego rozwoju stanowią wsparcie dla krajów w realizacji CZR.”

Jamajka, na której usytuowany jest jedyny reaktor badawczy na Karaibach, wykorzystuje technologie jądrowe w przemyśle, medycynie, rolnictwie, edukacji i badaniach – powiedział minister Wheatley, podkreślając wsparcie ze strony MAEA w poprawie upraw, nawodnieniu i gospodarce wodnej. „Chociaż zastosowanie technologii jądrowych w celach pokojowych nie stanowi panaceum na wyzwania rozwojowe, jest ono ważnym narzędziem dla krajów korzystających z nich.”

W Chinach nauki jądrowe były zawsze ściśle związane z rozwojem kraju – podkreślił **Yiren Wang, wiceprzewodniczący Chińskiego Urzędu ds. Energii Atomowej**. „Niewątpliwie przyczynią się one do zrównoważonego rozwoju w przyszłości.”

Według Pana Wanga, chiński przemysł jądrowy jest zaangażowany w promocję rozwoju gospodarczego i społecznego, spełnia zapotrzebowanie na energię elektryczną i przyczynia się do poprawy warunków życia. Podkreślił on wsparcie Chin udzielane innym Państwom Członkowskim MAEA, w tym goszczenie ponad 3 000 naukowców w instytutach badawczych w Chinach.

Technologia jądrowa odgrywa znaczącą rolę w procesie zmniejszania emisji dwutlenku węgla – powiedział **Said Mouline, dyrektor generalny Marokańskiej Narodowej Agencji Rozwoju Energii Odnawialnej i Efektywności Energetycznej**, który wypowiedział się w imieniu organizatorów 22. Konferencji Stron (COP22) ramowej konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu, jaka odbyła się w Marakeszu, w Maroku w listopadzie 2016 r. „Musimy poważnie zastanowić się, w jaki sposób cele Konferencji Stron są powiązane z technologią jądrową.” – stwierdził Pan Mouline.

Alan Finkel, naczelny prezes Akademii Nauk Technicznych i Inżynierii – (ATSE) Australii omówił istotną rolę, jaką musi odegrać energia jądrowa w redukcji emisji gazów cieplarnianych. Zdaniem Alana Finkela, wiatr i słońce mogą dostarczyć bezemisyjnej energii, zaspokajającej globalne zapotrzebowanie na energię elektryczną, ale jest to ściśle powiązane ze zdolnością magazynowania energii, która obecnie nie jest dostępna na wystarczająco dużą skalę.

Ponadto, Alan Finkel zauważył, że pomimo wzrostu wykorzystania odnawialnych źródeł do produkcji energii, udział węgla nadal rośnie w globalnym miksie energetycznym. O ile w 2000 r. węgiel stanowił 25% światowej produkcji energii elektrycznej, to udział ten wzrósł do 29% w ubiegłym roku.

Jak powiedział Alan Finkel – „Powinniśmy korzystać z niskoemisyjnej energii elektrycznej, aby zastąpić paliwa kopalne i stać się planetą elektryczną.”

Przegląd sesji

Forum naukowe obejmowało 5 sesji, w tym dyskusje panelowe na wysokim szczeblu. W ich trakcie zostały poruszone następujące tematy:

Zdrowie i samopoczucie: Globalne podejście do medycyny nuklearnej

Od profilaktyki do leczenia paliatywnego

Stosowanie promieniowania w medycynie odgrywa istotną rolę w diagnostyce i leczeniu wielu chorób, jednakże dostęp do medycyny nuklearnej i zapewnienie jej odpowiedniej jakości jest ograniczony w wielu krajach. W trakcie sesji uczestnicy zastanawiali się nad tym, co jest potrzebne do osiągnięcia CZR nr 3, polegającego na zmniejszeniu liczby zgonów zaistniałych w wyniku chorób niezakaźnych o jedną trzecią do roku 2030.

Zero głodu: Atom na rzecz żywności, rolnictwa i odżywiania

Podczas sesji poświęconej tej tematyce przedstawiono, w jaki sposób technologia jądrowa jest z powodzeniem stosowana dla zwiększenia bezpieczeństwa żywnościowego i rozwiązywaniu problemów w dziedzinie rolnictwa. Od skutecznej walki ze szkodnikami i chorobami, poprzez ulepszanie odmian roślin uprawnych, do zapewnienia bezpieczeństwa żywnościowego, techniki jądrowe są stosowane, aby zagwarantować wystarczający zasób żywności przez cały rok. W trakcie tej sesji uczestnicy dyskutowali, w jaki sposób technologie jądrowe mogą przyczynić się do osiągnięcia Celu Zrównoważonego Rozwoju nr 2, polegającego na wyeliminowaniu głodu, osiągnięciu bezpieczeństwa żywnościowego i lepszego odżywiania oraz promowaniu zrównoważonego rolnictwa na świecie.

Energia przyszłości: Rola energii jądrowej

Energetyka jądrowa jest jedną z technologii niskoemisyjnych stosowanych do wytwarzania energii elektrycznej oraz ciepła i może odegrać znaczącą rolę w łagodzeniu zmian klimatu. Kilka krajów podejmuje obecnie konkretne kroki w kierunku wprowadzenia energetyki jądrowej, ale udział w światowym bilansie energetycznym maleje, a jej konkurencyjność jest poddawana w wątpliwość. Podczas wspomnianej sesji odbyła się dyskusja na temat tego, w jaki sposób innowacyjność, postęp techniczny i nowe modele gospodarcze mogą pomóc w zwiększeniu wkładu energetyki jądrowej w obszary objęte CZR nr 7 (czysta i dostępna energia), CZR nr 9 (innowacyjność, przemysł, infrastruktura), a także CZR nr 13 (działania w dziedzinie klimatu).

Izotopy dla środowiska: Zarządzanie zasobami naturalnymi

W trakcie tej sesji zostały zaprezentowane przykłady ilustrujące techniki jądrowe i izotopowe oraz sposoby, w jaki mogą one pomóc w zarządzaniu zasobami naturalnymi naszej planety. Tematy te odnoszą się do CZR nr 6 (czysta woda i warunki sanitarne), CZR nr 14 (życie pod wodą), a także CZR nr 15 (życie na lądzie). Uczestnicy sesji przyjrzeni się również temu, jak zebrane za pomocą takich technik dane mogą odgrywać istotną rolę w tworzeniu odpowiedniej polityki w zakresie ochrony środowiska na szczeblu krajowym i międzynarodowym.

Partnerstwa na rzecz celów: Dzielenie się wiedzą i transfer technologii jądrowych

W związku z CZR nr 17 odnoszącym się do tworzenia partnerstw dla osiągnięcia wszystkich CZR, na ostatniej sesji uczestnicy omawiali transfer technologii jądrowych i zagadnienia zrównoważonego rozwoju związane z zasobami ludzkimi i finansowaniem.

Uchwały podjęte na 60. Konferencji Generalnej MAEA

Na ostatniej sesji 60. Konferencji Generalnej delegaci podjęli kluczowe uchwały mające na celu dalsze wzmocnienie działań MAEA w dziedzinie nauk i technologii jądrowych, bezpieczeństwa, zabezpieczeń materiałów jądrowych oraz współpracy technicznej.

Uchwały i decyzje podjęte podczas Konferencji Generalnej ukierunkują realizację działań MAEA w nadchodzącym roku. Państwa Członkowskie MAEA zatwierdziły również aktualizację budżetu MAEA na rok 2017, sprawozdanie finansowe za rok 2015, a także Raport roczny MAEA za 2015 r.

Pod koniec tygodniowej Konferencji Generalnej delegaci podjęli uchwały dotyczące realizacji porozumienia o zabezpieczeniach, zawartego pomiędzy Międzynarodową Agencją Energii Atomowej a Koreańską Republiką Ludowo-Demokratyczną (KRLD) oraz stosowaniu zabezpieczeń na Środkowym Wschodzie.

Uczestnicy Konferencji Generalnej podjęli uchwałę mającą na celu wzmocnienie działań i czynności MAEA w dziedzinie nauk, technologii i zastosowań jądrowych, obejmujących zarówno zastosowania związane z energią jądrową, jak i te z nią niezwiązane. Działania te obejmują: postęp w odnowie i modernizacji laboratoriów do zastosowań jądrowych (tzw. Nuclear Applications Laboratories); rozwój techniki *Sterile Insect Technique* (SIT), polegającej na wypuszczaniu do środowiska bezpłodnych owadów, dzięki czemu nie zwiększy się liczba komarów, a metoda ta doprowadzi do zahamowania rozprzestrzeniania się szerzonych przez nie chorób, na przykład malarii, dengi; wzmocnienie dla Krajów Członkowskich wsparcia w obszarze żywności i rolnictwa; wypracowanie podejścia dla rozwoju infrastruktury jądrowej.

Ponadto, w trakcie Konferencji Generalnej przedyskutowano Raport nt. Bezpieczeństwa Jądrowego 2016 (*Nuclear Security Report 2016*), który zawiera działania MAEA w obszarze bezpieczeństwa jądrowego, zewnętrznych użytkowników, bazy danych poświęconej zdarzeniom i nielegalnemu handlowi materiałami jądrowymi (*Incident and Trafficking Database*); a także istotne osiągnięcia w ramach Planu Bezpieczeństwa Jądrowego na lata 2014-2017 (*Nuclear Security Plan 2014-2017*).

Podjęto również uchwałę mającą na celu wzmocnienie efektywności i poprawę wydajności zabezpieczeń MAEA, która zawiera apel do Państw Członkowskich MAEA, aby w pełni i stale wspierały one Agencję, by mogła ona wypełnić swoje zobowiązania dotyczące zapewnienia zabezpieczeń.

Podjęte uchwały zostały opublikowane na stronie internetowej Konferencji Generalnej.

Na podstawie tekstów Aabha Dixit z Biura ds. Informacji Publicznej i Komunikacji MAEA oraz Richarda Murphy z Biura Dyrektora Generalnego ds. Koordynacji MAEA opracowali: dr Stanisław Latek, mgr Elżbieta Zalewska

ENERGETYKA JĄDROWA PO UMOWIE PARYSKIEJ I WYBORACH W USA I NIE TYLKO...

Nuclear Power after Paris Agreement and American elections and more...

Dariusz Witold Kulczyński

Streszczenie: Tematem artykułu jest potencjalny wpływ Paryskiej Umowy ONZ (porozumienie paryskie - L'accord de Paris) w sprawie zmian klimatu COP 21/ CMP 11 na rozwój energetyki jądrowej oraz ocena stanu po wyborach nowego prezydenta w USA. Omówiono oddanie do eksploatacji pierwszego od 20 lat bloku jądrowego w elektrowni Watts Bar w USA, rozpoczęcie remontu kapitalnego elektrowni PHWR w Kanadzie, a także produkcję trytu na terenie obu wymienionych obiektów. Zwrócono uwagę na zmianę tonu środków masowego przekazu w odniesieniu do elektrowni atomowych i tzw. „energii odnawialnej”.

Abstract: The article tackles potential effects of the 2015 United Nations Climate Change Conference COP 21/ CMP 11 (Paris Agreement - L'accord de Paris) and the results of elections in the United States on development of nuclear power. Commercial operation of the first nuclear unit commissioned in the United States in 20 years at Watts Bar power plant and the commencement of refurbishment of PHWR generating station in Canada were described. Information on Tritium production in both aforementioned facilities was provided. Some attention was given to change in tone of Canadian mass media as it relates to renewable energy versus nuclear power.

Słowa kluczowe: Umowa Paryska, udział w emisjach dwutlenku węgla, podatek węglowy Carbon Tax, udział elektrowni jądrowych w zaspokajaniu zapotrzebowania mocy w Ontario, współczynnik wykorzystania mocy zainstalowanej (wiatraków energetycznych) 25%, remont kapitalny elektrowni jądrowej Darlington, instalacja usuwania trytu (DTRF).

Key words: Paris Agreement, share in CO₂ emissions, Carbon Tax, nuclear power share in Ontario Energy Mix, (Wind Turbine) capacity factor of 25%, Darlington nuclear refurbishment, Darlington Tritium Removal Facility.

Umowa Klimatyczna ONZ

Czwartego listopada, 2016 r. weszła w życie paryska umowa ONZ w sprawie zmian klimatycznych [1]. Ósme-go listopada, Amerykanie wybrali Prezydenta Trumpa, nominowanego przez Partię Republikańską, która osiągnęła także przewagę w Izbie Reprezentantów Kongresu i w Senacie USA. To jak się wydaje stawia wiele postanowień Konferencji Paryskiej ONZ pod znakiem zapytania, ale może mieć pozytywny wpływ na rozwój energetyki jądrowej. W październiku w USA oddano do eksploatacji pierwszy blok jądrowy od 20 lat, a w kanadyjskiej prowincji Ontario rozpoczęto remont kapitalny czteroblokowej elektrowni jądrowej.

Streszczając postanowienia Umowy Paryskiej graniczny poziom emisji gazów cieplarnianych ma być określany indywidualnie przez każde państwo, które podpisało umowę, ale uznany procent emisji dwutlenku węgla każdego kraju w skali światowej został wymieniony w dokumentach dotyczących podpisania i ratyfikacji porozumienia. Wypełnianie zobowiązań nie będzie poddane prawu międzynarodowemu i umowa nie przewiduje żadnych

środków przymusu wobec sygnatariuszy, którzy nie wprowadzą deklarowanych ograniczeń emisji gazów cieplarnianych. Pomimo powyższych niedostatków Umowy Paryskiej wydaje się, że środowisko światowych decydentów zaakceptowało konieczność przystosowania się do zmian klimatycznych i przeciwdziałania ich drastyczności. Projekt wprowadzenia „podatku węglowego” (ang. Carbon Tax), który wielu obserwatorów uważa za kompensację dochodów podatkowych krajów rozwiniętych po utracie bazy przemysłowej na rzecz Chin i krajów rozwijających się, pozostaje pod znakiem zapytania.

Wpływ stężenia CO₂ w atmosferze na średnią temperaturę powierzchni Ziemi zaobserwowano w latach siedemdziesiątych ubiegłego stulecia; pierwsze międzynarodowe sympozjum miało miejsce w 1979 r. W czerwcu 1992 r., w Rio de Janeiro odbyła się światowa konferencja poświęcona sprawom ochrony środowiska i rozwoju, tzw. „Szczyt Ziemi”. Podpisano umowę ramową zmian klimatycznych ONZ, której celem było ustabilizowanie koncentracji gazów cieplarnianych w atmosferze (The United Nations Framework Convention on Climate Change tj. UNFCCC lub FCCC).

W grudniu 1997 r. w Kyoto w Japonii 37 państw podpisało umowę o redukcji emisji gazów cieplarnianych od 2005 r. Porozumienie podpisały i ratyfikowały 192 państwa, wśród których nie było jednak USA, a Kanada stale zwiększająca emisję gazów cieplarnianych, w 2011 r. oficjalnie wycofała się z „Protokołu Kyoto”. W latach kolejnych odbyło się 18 konferencji ONZ dotyczących zmian klimatycznych.

Wszystkie próby osiągnięcia porozumienia globalnego z udziałem i podjęciem zobowiązań przez liderów emisji CO₂ i metanu takich jak Chiny i USA zakończyły się niepowodzeniem. Przełom nastąpił dopiero podczas 21. Konferencji Klimatycznej ONZ (COP 21) w Paryżu w dniach 30 listopada-12 grudnia 2015 r. Wynegocjowano tam globalne porozumienie klimatyczne podpisane w Nowym Jorku 22 kwietnia 2016 r. podczas obchodów tzw. „Dnia Ziemi”.

Umowa Paryska (*L'accord de Paris*) wchodzi w skład Ramowej Konwencji w sprawie Zmian Klimatycznych Narodów Zjednoczonych. Ta pierwsza w skali całego świata umowa dotycząca klimatu opiera się na trzech filarach.

Po pierwsze: należy utrzymać wzrost średniej temperatury Ziemi do znacznie poniżej 2 stopni Celsjusza w porównaniu do okresu przed-przemysłowego (< 1750/1880) przy czym zalecane jest ograniczenie wzrostu temperatury do 1,5 stopnia Celsjusza.

Po drugie: Należy zwiększyć umiejętność przystosowania się do negatywnych skutków zmian klimatycznych i wspierać stabilizację klimatu poprzez ograniczanie emisji gazów cieplarnianych w sposób, który nie zagraża produkcji żywności.

Po trzecie: Wprowadzić kanały przepływu pieniądza wspierające ograniczanie emisji gazów cieplarnianych i rozwój socjologiczno-ekologicznych środków walki z nieuchronnymi zmianami klimatu.

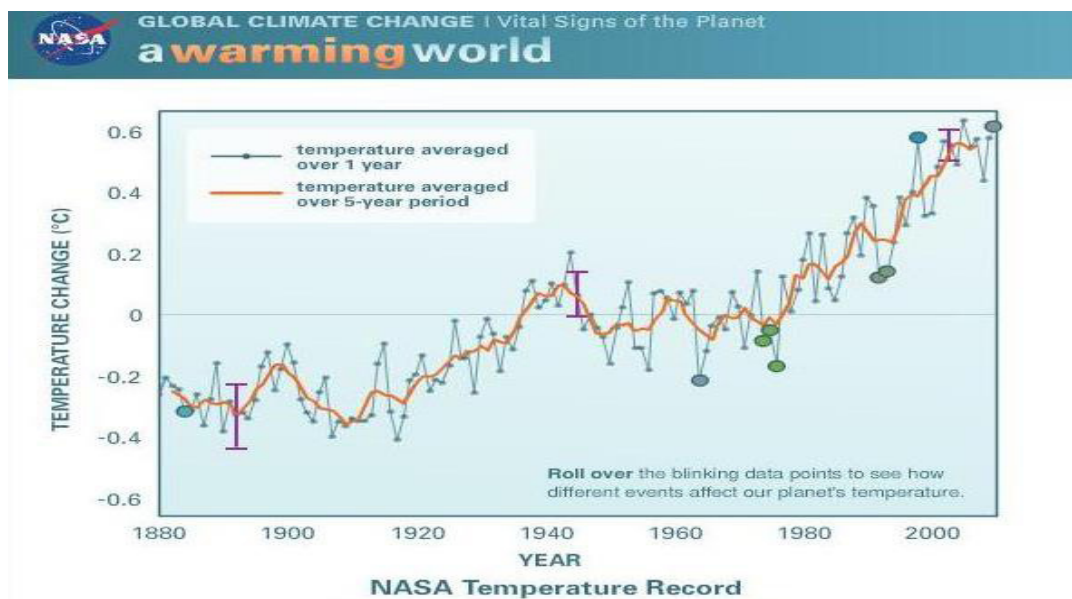
Każdy kraj powinien przy tym dążyć do osiągnięcia maksimum emisji CO₂ tak szybko, jak tylko możliwe i ustanowić tendencję spadkową wytwarzania dwutlenku węgla.

Temperatura Ziemi i emisja dwutlenku węgla

Warto przytoczyć światowy udział w emisjach dwutlenku węgla kilku państw wymienionych w teście Umowy Paryskiej, których redukcję obiecali sygnatariusze. I tak na potrzeby ratyfikacji tej umowy Chiny uznały 20,09% światowych emisji CO₂, USA 17,89%, Kanada 1,95%, Rosja 7,53%, Niemcy 2,56%, Wielka Brytania 1,55%, Francja 1,34%, a Polska 1,06% [1].

Jeżeli chodzi o Kanadę, to duży niepokój wzbudziła wzmianka o modyfikacji kanałów przepływu pieniądza, co większość obserwatorów tłumaczyła jako wprowadzenie podatku od emisji dwutlenku węgla (Carbon Tax). Podatek ten dotyczyć ma wszystkich paliw organicznych takich jak benzyna, ropa, mazut i gaz ziemny. O potrzebie takiego podatku mówiła od lat partia neo-socjalistyczna NDP (New Democratic Party), a w wygranych w 2015 r. wyborach temat podjęła dotychczas centrowa Partia Liberalna (Liberal Party of Canada). Po wyborze Donalda Trumpa nie jest pewne, czy USA będą subsydiować ograniczenia emisji gazów cieplarnianych za pomocą postulowanych środków finansowych pomimo, że rozpoczęła to już administracja Prezydenta Obamy. Podatku Carbon Tax od paliw organicznych nowe władze w USA nie wprowadzą. Kanada będzie zmuszona do zrewidowania własnych planów w tej dziedzinie niezależnie od tego, że obiecywał to w kampanii wyborczej obecny Premier Justin Trudeau.

Ze względu na częstotliwość huraganów i powodzi, na terenie południowo-wschodnich obszarów USA ignorować zmian klimatycznych nie sposób. Pytaniem podstawowym jest czy Prezydent Trump i Kongres zechcą całkowicie odrzucić korelację wzrostu średniej temperatury Ziemi i stężenia dwutlenku węgla w atmosferze. Alternatywą jest uznanie powyższej teorii za prawdziwą, ale dokonywanie ograniczania emisji gazów cieplarnianych w sposób uznawany przez Republikanów za racjonalny.

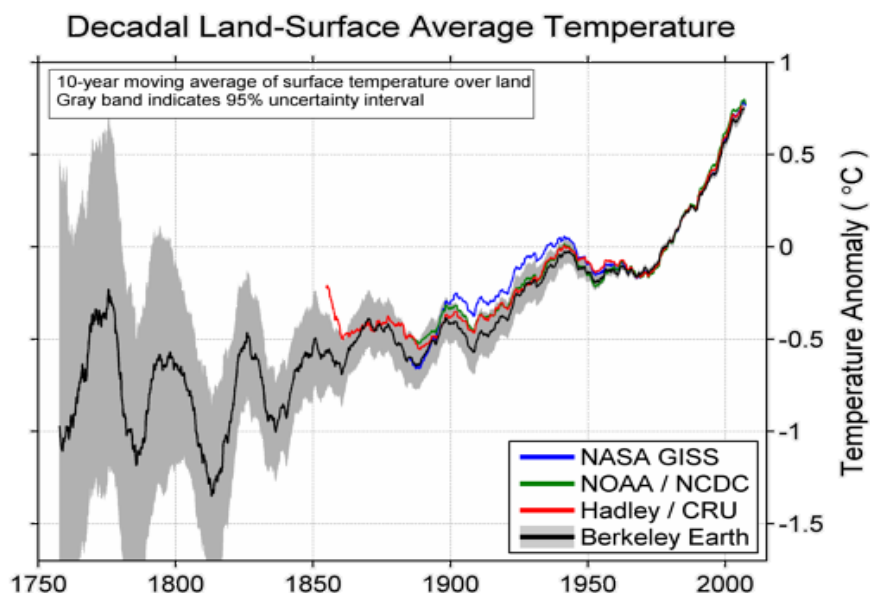


Rys.1. Według NASA temperatura Ziemi wzrasta

Fig. 1. According to NASA Earth's temperature continues to rise

W przekonaniu 90% naukowców na całym świecie badania dowodzą, że w ciągu ostatnich 250 lat temperatura Ziemi wzrosła o 1,5 stopnia Celsjusza. W ciągu ostatnich 55 lat wzrost temperatury Ziemi osiągnął mniej więcej 1 stopień. Jak można zaobserwować na zamieszczonym powyżej wykresie opublikowanym przez NASA uśrednienie pomiarów temperatury w okresach pięcioletnich daje wyraźny trend wzrostu. Przy pomiarach uśrednianych rocznie obserwuje się skoki temperatury w górę i w dół, co jest

często wykorzystywane przez przeciwników teorii ogrzewania się Ziemi. Poniżej zamieszczono wykres porównujący wyniki pomiarów temperatury Ziemi czterech wiodących centrów naukowych opublikowany przez BEST (The Berkeley Earth Surface Temperature project). Zakończone w 2012 r. przedsięwzięcie naukowe BEST przeanalizowało 1,6 mld raportów pomiarów temperatury pochodzących z 16 archiwów biorąc pod uwagę aktywność Słońca, erupcje wulkanów oraz dystans punktów pomiaru temperatury od miast i uwzględniając korelację temperatury ze stężeniem dwutlenku węgla w atmosferze [1a].



Rys. 2. Zbieżność wyników pomiarów wiodących centrów naukowych (publikacja BEST – pozwolenie na przedruk: prof. Rich Muller)

Fig. 2. Convergence of temperature measurements of four leading scientific centres (BEST graph publication courtesy of Prof. Rich Muller)

Środki masowego przekazu o energetyce jądrowej i przeciwdziałaniu emisji CO₂

Po podpisaniu Umowy Paryskiej, tak w Kanadzie, jak w Stanach Zjednoczonych daje się zaobserwować „cieplejszy” stosunek do energetyki jądrowej. Nowy blok jądrowy w USA jak i rozpoczęcie remontu kapitalnego w elektrowni atomowej w Kanadzie zostały pozytywnie opisane przez wiele ważnych gazet. Szczegóły tych inwestycji będą podane w dalszej części artykułu. Wydaje się, że w jurysdykcjach północno-amerykańskich środowiska decyzyjne przygotowują się do odstąpienia od kosztownych i nieekonomicznych prób ograniczenia emisji CO₂ takich jak wiatraki energetyczne na rzecz energetyki jądrowej.

Novum w kanadyjskich środkach masowego przekazu stanowi inna jakość dyskusji o różnych aspektach metod wytwarzania energii elektrycznej i związanymi z tym emisjami gazów cieplarnianych. Po raz pierwszy od dziesięcioleci dopuszczono głosy bardzo krytyczne wobec tzw. „energetyki odnawialnej” za to przychylne energetyce jądrowej [3a]. W demokracjach parlamentarnych panuje oczywiście wolność słowa, ale redaktorzy naczelni należą do szeregu ugrupowań opiniotwórczych. W Kanadzie jest to przede wszystkim Forum Polityki Publicznej (Public Policy Forum) [3b], które wypracowywało opinie na

temat wolnego handlu z USA, prywatyzacji elektrowni państwowych, wiatraków energetycznych, a także energetyki jądrowej. W październiku 2016 r., w programie „The Agenda with Steve Paikin” telewizji publicznej kanadyjskiej prowincji Ontario (TVO - Television Ontario) poruszono temat roli, jaką w kontekście emisji CO₂ spełnia energetyka jądrowa. Prowincję Ontario zamieszkuje 14 mln Kanadyjczyków. W 2015 r. średnie zapotrzebowanie w szczycie w Ontario wyniosło 22 516 MW. Bardzo niskie emisje CO₂ w prowincji Ontario wynikają z wysokiego udziału elektrowni jądrowych i wodnych w zaspakajaniu zapotrzebowania mocy, odpowiednio 59% i 24% [3c]. Potwierdzono zasadność remontu kapitalnego elektrowni jądrowej Darlington (4 x 930 MW brutto) i decyzji o moratorium na wprowadzanie dalszych wiatraków energetycznych do systemu, który od kilku lat ma nadmiar mocy [4], [4a]. Przypomniano, że elektrownie atomowe emitują praktycznie zero ton CO₂ poza okresami krótkotrwałych prób dyspozycyjności generatorów zasilania awaryjnego. Generatory te są napędzane turbinami spalającymi ropę naftową. Wyraźnie powiedziano, że wiatraki energetyczne (tzw. „elektrownie wiatrowe”) pracują mniej więcej przez ¼ czasu (współczynnik wykorzystania mocy zainstalowanej 25%). Powyższe oznacza, że przez ¾ czasu moc zainstalowanych elektrowni wiatrowych jest zaspakajana przez

turbiny spalające gaz ziemny (natural gas), a te produkują mniej więcej 50% CO₂ w stosunku do elektrowni opalanych węglem oskarżanych o główny udział w emisji gazów cieplarnianych. W rzeczywistości spalanie nie węgla, lecz gazu ziemnego już w 1990 r. stanowiło największe źródło emisji CO₂ w Kanadzie. We wspomnianym programie, telewizyjnym w Ontario dowiedzieli się, że udział elektrowni spalających gaz ziemny wynosi 8,2% co znacznie przyćmiło korzyści z permanentnego odstąpienia elektrowni węglowych Nanticoke i Lampton, które przez ostatnie 10 lat pracowały zasadniczo w reżimie podszczytowym, a nawet szczytowym. Najciekawsze jednak było stwierdzenie, że elektrownie wiatrowe polegają zasadniczo na subsydiach rządowych, bez których nie mogą się utrzymać na rynku. W omawianym programie brali oczywiście również udział przeciwnicy energii jądrowej. Ich reakcja na obniżenie słabości ekologicznej wiatraków ze względu na ich wspomaganie blokami gazowymi była bardzo charakterystyczna. Stwierdzili mianowicie, że ... emisja CO₂ jest... mniej szkodliwa od odpadów jądrowych! Należy przypuszczać, że niezależnie od wyniku kolejnych wyborów w prowincji Ontario przyszły rząd zatwierdzi również remont kapitalny elektrowni jądrowej Bruce B (4 x 840 MW brutto) eksploatowanej od 2001 r. przez prywatną firmę Bruce Power.

„Mały renesans” jądrowy w Ameryce Północnej

W październiku 2016 r. w Stanach Zjednoczonych oddano do użytku blok 2 w elektrowni Watts Bar o mocy 1,165 MW [2]. Był to pierwszy blok jądrowy uruchomiony w USA w ciągu ostatniego dwudziestolecia. Elektrownia Watts Bar należy do największej w USA państwowej (publicznej) firmy energetycznej TVA (Tennessee Valley Authority) [2a]. TVA posiada 34 000 MW mocy zainstalowanej w tym 8000 MW w trzech elektrowniach jądrowych. Energia dostarczana przez Watts Bar 2 zaspokoi zapotrzebowanie na elektryczność 650. tys. domów położonych w dolinie Tennessee (Tennessee Valley). Jest to siódmy blok jądrowy należący do TVA.



Fot. 1. Elektrownia jądrowa Watts Bar (Tennessee Valley Authority)
Phot. 1. Watts Bar Nuclear Power Plant (Tennessee Valley Authority)

Blok Watts Bar 2 został oddany do eksploatacji terminowo i bez przekroczenia kosztów (4,7 mld USD). Jest to jednostka o mocy netto 1167 MW posiadająca reaktor lekko-wodny (PWR) firmy Westinghouse na uran wzbogacony. Ponieważ

Watts Bar 2 został oddany do użytku prawie dziesięć lat po pierwszym bloku tej elektrowni jego konstrukcja została zmodernizowana w wyniku przeglądu systemów elektrowni jądrowych pod egidą WANO (World Association of Nuclear Operators). Miało to miejsce po awarii w elektrowni Fukushima (2011) o czym było już wspomniane na tych łamach [2b].

Elektrownie atomowe mają w USA wymiar tak ekologiczny jak i wojskowy. Jest to ważne dla konserwatystów, którzy będą rządili Ameryką przez najbliższe kilka lat i na pewno po bloku Watts Bar 2 niedługo pojawią się następne. Od 2004 r. pierwszy blok tej elektrowni (Watts Bar 1) poza wytwarzaniem energii elektrycznej wypala również specjalne pręty absorpcyjne TPBARs (Tritium Producing Absorber Rods). Z jednego pręta TPBAR uzyskuje się 10 000 Curies trytu, super ciężkiego izotopu wodoru [5]. Tryt ma wiele zastosowań pokojowych, ale w USA jest przede wszystkim używany do produkcji broni termojądrowej. Produkcja, transport i wykorzystanie trytu odbywa się pod ścisłą kontrolą agencji rządu federalnego NNSA (National Nuclear Security Administration) [5a].

Watts Bar 2, jak i kanadyjska elektrownia Darlington znajdują się obecnie w centrum uwagi analityków śledzących opłacalność energetyki jądrowej. Rozpoczął się właśnie remont kapitalny elektrowni jądrowej Darlington (4 x 930 MW), który umożliwi jej pracę do 2055 r. Elektrownia Darlington należy do państwowej (Publicznej) firmy Ontario Power Generation (OPG) [3], która eksploatuje przeszło 17 tys. megawatów mocy zainstalowanej w tym 6606 MW w dwóch elektrowniach jądrowych Darlington i Pickering (łącznie 10 bloków). W 2015 r. OPG zaspokoiło 50% zapotrzebowania sieci w Ontario dostarczając 78 TWh energii elektrycznej.



Fot. 2. Elektrownia jądrowa Darlington (Ontario Power Generation)
Phot. 2. Darlington Nuclear Generating Station (Ontario Power Generation)

Remont elektrowni Darlington rozpoczyna się od Bloku D2 o mocy brutto 930 MW (około 860 MW netto). Jest to blok ciśnieniowy, ciężkowodny PHWR (CANDU) używający uranu naturalnego jako paliwa i ciężkiej wody D₂O, tak w pierwotnym obiegu chłodzenia (97,5%) jak i w układzie moderatora (99,8%). Wszystkie zalecone po awarii w elektrowni Fukushima modyfikacje zostały wprowadzone na długo przed odstąpieniem bloku do remontu kapitalnego. Tak się złożyło, że zarówno wspomniana poprzednio amerykańska elektrownia jądrowa Watts Bar jak i kanadyjska elektrownia jądrowa Darlington produkują tryt, chociaż zupełnie z innych powodów.

Jednakże Kanada nie sprzedaje materiałów radioaktywnych na potrzeby wojskowe, w szczególności nie dostarcza trytu na potrzeby produkcji broni termojądrowej. Pokojowe użycie trytu to na przykład niewymagające zasilania elektrycznego świecące w ciemności znaki i markery stosowane w medycynie jądrowej. W elektrowniach CANDU tryt jest produktem ubocznym. Powstaje on samorzutnie w wyniku bombardowania neutronowego ciężkiej wody w układzie moderatora i w pierwotnym systemie chłodzenia. Emitujący nisko-energetyczne promienie beta, tryt stanowi wewnętrzne zagrożenie radiologiczne dla personelu elektrowni i środowiska naturalnego. Inaczej: jest szkodliwy w przypadku wchłonięcia do organizmu poprzez drogi oddechowe albo wskutek absorpcji przez skórę [6]. Dlatego zawartość trytu w płynach roboczych elektrowni typu CANDU należy redukować.

Instalacja DTRF (Darlington Tritium Removal Facility), która usuwa tryt z ciężkiej wody z systemu moderatora i z pierwotnego systemu chłodzenia reaktorów CANDU stosuje wymianę katalityczną atomów trytu i deuteru przy przeciuprądowym przepływie pary zanieczyszczonej trytem ciężkiej wody i deuteru w stanie gazowym. W dalszej kolejności następuje rozdzielanie izotopów podczas destylacji kriogenicznej w temperaturze niewiele ponad 30 Kelwinów. Chłodziwem jest skroplony wodór - prot). Usunięty tryt jest stabilizowany/unieruchamiany za pomocą tytanu. Bez wymuszonych przestojów instalacja jest w stanie usunąć i unieruchomić około 25 mln Curies trytu (czyli nieco poniżej miliarda giga bekereli) rocznie.

Remont wszystkich czterech bloków elektrowni Darlington będzie wymagał usunięcia wielu ton ciężkiej wody, oczyszczenia jej z trytu i podniesienia zawartości D_2O w instalacji usuwania trytu DTRF i skojarzonym z nią uzdatniaczem ciężkiej wody SUP (Station Upgrader). Po zakończeniu remontu, reaktory otrzymają pozbawioną trytu ciężką wodę o zawartości 99,9% D_2O .

Po podpisaniu Umowy Paryskiej ONZ rządy wielu państw przygotowują się do bardziej namacalnego wdrażania rzeczywistych ograniczeń emisji, co wydaje się zwiększać popularność energetyki jądrowej. Przystano wreszcie przedstawiać tzw. „energetykę odnawialną” (wiatraki, bio-paliwa, panele słoneczne) i oszczędzanie (konserwację) elektryczności jako podstawowe środki zmniejszania produkcji gazów cieplarnianych.

*mgr inż. Dariusz Witold Kulczyński,
emerytowany pracownik elektrowni jądrowej Darlington,
Kanada*

mgr inż. Dariusz Witold Kulczyński jest absolwentem VI L.O. im. Tadeusza Reytana. Ukończył Wydział Elektryczny Politechniki Warszawskiej w 1977 r. Od 1981 r. przebywa w Kanadzie, gdzie przez 33 lata pracował w pionie technicznym elektrowni jądrowych z ciężko-wodnymi reaktorami CANDU (przez 6 lat w szkoleniu i w elektrowni jądrowej NPD w Rolphoton, a przez kolejne 27 lat w elektrowni jądrowej Darlington: 4 x 930 MWe). O energetyce jądrowej pisał w artykułach opublikowanych w „Wiadomościach Elektrotechnicznych”, „Gazecie Wyborczej”, „Postępiech Techniki Jądrowej”, „Biuletynie Radiologicznym”, witynie CIRE i w Nuclear Engineering International (UK)."

Autor artykułu należy do osób czynnie włączających się w dyskusję o energetyce jądrowej w Polsce. Wygłosił w Polsce szereg wykładów; był m.in. prelegentem na konferencji NOT „Rozwój energetyki atomowej w Polsce” w grudniu 2007 r. i na II Kongresie Energetyki Jądrowej na Politechnice Warszawskiej 22-24 maja, 2012. Dwukrotnie wygłaszał także referaty na Konferencjach Gospodarczych Polonii (2004 i 2012). Jest autorem przeglądu Programu Polskiej Energetyki Jądrowej dla Nuclear Engineering International Magazine (artykuł „Planning for a Nuclear Poland” NEI, April, 2014).

Literatura:

- [1] United Nations Climate Change conference https://en.wikipedia.org/wiki/United_Nations_Climate_Change_conference
- [1a] Berkeley Earth Surface Temperature <http://berkeley-earth.org/summary-of-findings/>
- [2] Watts Bar 2 Nuclear Power Plant, Tennessee, United States of America <http://www.power-technology.com/projects/wattsbar2/>; <http://nuclear-power-plants.findthedata.com/l/262/Watts-Bar-Unit-2>; <http://www.world-nuclear.org/reactor/default.aspx/WATTS%20BAR-2>
- [2a] Tennessee Valley Authority <https://www.tva.gov/About-TVA/TVA-at-a-Glance>
- [2b] Post - Fukushima WANO changes https://www.iaea.org/INPRO/9th_Dialogue_Forum/04_SessionPresentations/Day1_Planery1/2_Chudakov-WANO-Day-1-Plenary-1.pdf
- [3] Ontario Power Generation <http://www.opg.com/Pages/home.aspx>
- [3a] Nuclear Refurbishment in the Media <http://tvo.org/video/programs/the-agenda-with-steve-paikin/nuclear-refurbishment>
- [3b] Public Policy Forum <http://www.ppforum.ca/>
- [3c] Ontario Energy Mix 2015-Q4 (by IESO) http://www.ontarioenergyreport.ca/pdfs/5806_IESO_OntarioEnergyReportQ42016_Electricity_EN_FA.pdf
- [4] Nuclear Refurbishment transcript <http://tvo.org/transcript/2394669/video/programs/the-agenda-with-steve-paikin/nuclear-refurbishment>
- [4a] Ontario Power Generation Darlington Refurbishment <http://www.opg.com/generating-power/nuclear/stations/darlington-nuclear/darlington-refurbishment/Pages/default.aspx>
- [5] <https://www.tva.gov/Environment/Environmental-Stewardship/Environmental-Reviews/Production-of-Tritium-in-a-Commercial-Light-Water-Reactor>
- [5a] National Nuclear Security Administration <https://nnsa.energy.gov/>
- [6] CNSC: Tritium Fact Sheet <http://nuclearsafety.gc.ca/eng/resources/fact-sheets/tritium.cfm>
- [7] A. Busigin, S.K. Sood: Optimization of DTRF Performance (<https://inis.iaea.org/search/searchsinglerecord.aspx?recordsFor=SingleRecord&RN=21094408> download at <https://canteach.candu.org/Content%20Library/NJC-1-4-12.pdf>)

KONCEPCJA ORGANIZACYJNA ORGANIZACJI WSPARCIA TECHNICZNEGO W POLSCE

Organisational concept of Technical Support Organization in Poland

Paweł Krajewski, Sylwester Sommer

Streszczenie: Państwowa Agencja Atomistyki jako organ odpowiedzialny za dozór jądrowy nie posiada wszystkich kompetencji do wykonywania swoich zadań. Jest to sytuacja spotykana również w innych krajach i stosowanym rozwiązaniem jest korzystanie ze zinstytucjonalizowanej pomocy tzw. Organizacji Wsparcia Technicznego TSO. W Polsce nie istnieje TSO chociaż potrzeba jej utworzenia jest wspomniana zarówno w Prawie atomowym jak i w Programie Polskiej Energetyki Jądrowej. Istnieją 3 instytuty badawcze posiadające odpowiednie kompetencje: Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej, Instytut Chemii i Techniki Jądrowej i Narodowe Centrum Badań Jądrowych, które porozumiały się w celu stworzenia TSO, aczkolwiek forma prawna i organizacyjna nie została ustalona. Sprawne działanie TSO gwarantowane by było poprzez rozpoznanie potrzeby istnienia TSO przez PAA, zapisanie formy organizacyjnej i zadań TSO w Prawie atomowym oraz zapewnienie wieloletniego finansowania z budżetu państwa.

Abstrakt: Polish Atomic Energy Agency (PAA) as the body responsible for the supervision and licensing of nuclear installation in Poland does not have all necessary skills and expertise to carry out its tasks. This situation is also found in other countries and usual solution is the use of institutional aid, so called Technical Support Organization (TSO). In Poland there is no TSO, although necessity of creating of such an institution(s) is mentioned both in the Atomic Law and Polish Nuclear Energy Program. There are 3 research institutes having appropriate competence in the field: Central Laboratory for Radiological Protection, Institute of Nuclear Chemistry and Technology and the National Centre for Nuclear Research, which have agreed to the creation of the TSO, although the legal form and organisation scheme have not been established. The sustainable operation of the TSO would be guaranteed by recognizing a need for TSO by PAA, by putting up organizational forms and tasks of the TSO in the Polish Atomic Law and by ensuring the multiannual funding for TSO from the State budget.

Słowa kluczowe: energetyka jądrowa, Organizacja Wsparcia Technicznego, TSO

Key words: nuclear energy, Technical Support Organizations, TSO

Cel TSO

Celem działania Organizacji Wsparcia Technicznego (TSO) dla energetyki jądrowej jest wspieranie działań Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki oraz podmiotów zajmujących się budową i eksploatacją przyszłej elektrowni atomowej. TSO powinno być kompetentne we wszystkich dziedzinach energetyki jądrowej oraz zapewniać bezstronność i niezależność, tak aby prace i ekspertyzy na rzecz regulatora były wolne od jakichkolwiek nacisków i wpływów ze strony wykonawców projektu jądrowego i analogicznie prace na rzecz przedsiębiorstw zajmujących się budową, rozruchem i eksploatacją elektrowni jądrowej były wolne od nacisków i wpływów regulatora (dozoru jądrowego). Szczegółowe cele i zadania TSO są opisane w wydawnictwach Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (IAEA): IAEA Safety Standard Fundamental Safety Principles, Safety Fundamentals No. SF-1 (SF-1) i IAEA Safety Standard Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards General Safety Requirements Part 3 No. GSR Part 3 (GSR Part 3).

Potrzeba utworzenia TSO w Polsce

Potrzeba utworzenia TSO w Polsce wynika z :

- **zapisów w ustawie - Prawo atomowe:** (art. 37 ust. 1 i 4, art. 39e. ust. 1, art. 66 ust 1 i 6, art. 66a ust 1-8);
- **ze sformułowań zawartych w Programie Polskiej Energetyki Jądrowej:** „Niezbędnym elementem efektywnego dozoru jądrowego jest dostęp do adekwatnych zasobów finansowych i ludzkich, tak aby mógł on właściwie pełnić swoją rolę”, „na państwie ciąży obowiązek zapewnienia dozorowi jądrowemu budżetu w wysokości odpowiedniej do skali i rodzaju wykonywanych przez niego zadań oraz adekwatnych do tego zasobów kadrowych (w wymiarze ilościowym i jakościowym). Dotyczy to także finansowych możliwości pozyskiwania eksperckiego wsparcia z zewnątrz od specjalistycznych organizacji wsparcia technicznego. I w tym przypadku źródłami tego obowiązku są wiążące Polskę akty prawa międzynarodowego i europejskiego”, „Wypełnienie zobowiązań Polski w wyżej wymienionym zakresie nie tylko przyczyni się do przystosowania dozoru jądrowego do właściwego

sprawowania nadzoru i kontroli nad wypełnianiem wymogów bezpieczeństwa w energetyce jądrowej, ale sprawi także, że w oczach opinii publicznej będzie on postrzegany jako wiarygodny, bezstronny organ, którego jedynym celem jest troska o bezpieczeństwo obywateli i środowiska w kontekście wykorzystywania promieniowania jonizującego”;

- ponieważ definiowanie i zorganizowanie TSO oraz używanie go jako wsparcia regulatora jest **oczekiwaniem międzynarodowym**: Komisji Europejskiej i Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej. Właściwie zorganizowane TSO wpływa na bezpieczeństwo jądrowe;
- ponieważ organizacje TSO w różnych formach w zależności od uwarunkowań lokalnych funkcjonują **w każdym europejskim kraju** posiadającym energetykę jądrową;
- ponieważ **istnieje taka realna potrzeba** oraz odpowiednie zasoby kadrowe i instytucjonalne. Pełne wieloaspektowe, wykorzystanie przez Polskę szans i możliwości związanych z wprowadzeniem energetyki jądrowej wymaga utworzenia i rozwój silnego zaplecza naukowo-badawczego, pracującego na potrzeby energetyki jądrowej.

Propozycja organizacji TSO w Polsce

Trzy instytuty: Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej, Instytut Chemii i Techniki Jądrowej oraz Narodowe Centrum Badań Jądrowych porozumiały się w sprawie wspólnego stworzenia TSO na rzecz operatora (PAA) oraz firm zajmujących się projektem elektrowni jądrowej w Polsce. W każdym z instytutów mogłyby powstać wydzielone komórki organizacyjne, podległe dyrektorom instytutów, dysponujące wystarczającym zapleczem kadrowym i sprzętowym, które stworzą organizację będącą TSO. Osobowość prawna powstającej organizacji nie została jeszcze określona. TSO będzie finansowane z budżetu za pośrednictwem odpowiedzialnego za energetykę jądrową ministerstwa lub za pośrednictwem PAA. Forma działania TSO powinna zostać uregulowana w ustawie - Prawo atomowe.

Powstała organizacja TSO swoimi kompetencjami obejmowała będzie wszystkie aspekty związane projektem jądrowym: od badań środowiskowych do przechovalników odpadów jądrowych. Jeżeli w jakiejś dziedzinie kompetencje organizacji nie będą wystarczające, zostaną wybrani i zakontraktowani odpowiedni podwykonawcy.

Uzasadnienie

Trzy wymienione wyżej instytuty mają podpisane umowy z PAA o wsparciu eksperckim (IChTJ i CLOR z roku 2012). Instytuty te dysponują odpowiednią kadrą i zapleczem by świadczyć usługi eksperckie z dziedziny energetyki jądrowej oraz bezpieczeństwa jądrowego i ochrony

radiologicznej. Wewnątrz instytutów istnieją akredytowane laboratoria, gwarantujące zapewnienie jakości badań i analiz, a także bezstronność i brak możliwości jakichkolwiek nacisków. Wszystkie te cechy są gwarantowane przez systemy akredytacji, certyfikacji, oraz polityki jakości.

Zapewnienie sprawnego działania TSO wymaga długoletniego finansowania, ponieważ potrzebne jest utrzymanie kadry, metod i akredytacji, a wszystko to jest bardzo kosztowne. Pewne metody, np.: obliczenia bezpieczeństwa przy pomocy dostępnych kodów, dozymetria biologiczna wymagają utrzymania pracowni, laboratoriów, metod. Bez tego w razie potrzeby przeprowadzenia takich analiz nie będzie miał kto ich zrobić, bo utworzenie pracowni i laboratoriów zajmuje często lata.

Metoda wyłaniania wykonawców w przetargach może prowadzić do sytuacji, w której organizacje, które wygrały przetargi nie będą mogły wykonać zamierzonych prac, bo nie znajdą podwykonawców, lub wykonają prace niekompetentnie.

Współpraca TSO z regulatorem (dozorem jądrowym) - propozycja

Współpraca regulatora z TSO powinna wiązać się z okresowym przeglądem profilu wiedzy i kompetencji tych podmiotów oraz z corocznym ustaleniem zakresu tematyki badań na następny rok budżetowy w roku poprzedzającym. Proces ten powinien przebiegać w paru etapach:

- 1) w etapie pierwszym TSO zgłaszałyby konkretną tematykę prac na rzecz PAA, (w tym jako zasada prac wieloletnich z okresem trwania 2-4 lata), która według najlepszej wiedzy ekspertów powinna być prowadzona w zakresie: bezpieczeństwa jądrowego, ochrony radiologicznej, monitoringu radiologicznego, badań materiałów i urządzeń do instalacji jądrowych, pracy instalacji jądrowych, cyklu paliwowego, kształcenia kadr, informacji i edukacji społecznej i itd. Proponowane prace mogłyby zawierać opis merytoryczny, etapy oraz szacunkową kalkulację kosztów.
- 2) w drugim etapie następowałaby proces dyskusji, ustalenie priorytetów merytorycznych i czasowych PAA oraz ocena możliwości finansowych.
Aby współpraca z organizacjami wsparcia dawała oczekiwane rezultaty niezbędne jest wykształcenie odpowiednich kompetencji państwowego dozoru jądrowego jako fachowego i profesjonalnego zamawiającego i odbiorcy zewnętrznych usług eksperckich. Można rozważyć znaczny udział np. Rady ds. bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej w tym procesie.
- 3) w etapie trzecim organizacja TSO byłaby powiadamiana o akceptacji lub braku akceptacji zgłaszanej tematyki, a koszty zaakceptowanej tematyki ujmowane byłby w budżecie PAA. Z początkiem następnego roku następowałoby podpisanie umowy.

Ustawa o zamówieniach publicznych

W krajach rozwijających energetykę jądrową kooperacja i koordynacja prac wspierających zaplecza naukowo-badawczego prowadzona jest przez wyspecjalizowane komórki dozoru jądrowego z pominięciem reguł zamówień publicznych. Należałoby przedyskutować i wskazać, które zasady wyłączeniowe PZP mogą być optymalne dla zapewnienia stabilnych i przewidywalnych warunków współpracy z organizacjami wsparcia technicznego.

Propozycje zmian w ustawie - Prawo atomowe

- Zdefiniowanie i zorganizowanie TSO, jako wsparcie regulatora jest oczekiwaniem międzynarodowym: Komisji Europejskiej i Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej, ponieważ właściwie zorganizowane TSO wpływa na bezpieczeństwo jądrowe;
- Przyjmując, że zawarty w ustawie termin „autoryzowane przez Prezesa PAA laboratoria oraz organizacje eksperckie” w odniesieniu do wymagań ujętych w ustawie
- Prawo atomowe art. 66a. ust. 1 są zbieżne z przyjętym prawodawstwem międzynarodowym określeniem TSO (Technical Supporting Organization), należy rozważyć wprowadzanie analogicznej nazwy: organizacje wsparcia technicznego, albo używania międzynarodowej nazwy TSO;

- Należy rozważyć w zapisie ustawy rozszerzenie opisu zakresu merytorycznego usług TSO o np. przypadek oceny przez Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki Raportu lokalizacyjnego inwestora w toku postępowania o wydanie zezwolenia na budowę obiektu jądrowego lub stworzyć zapis ogólny „w celu pozyskania specjalistycznej wiedzy z różnych dziedzin związanych z bezpieczeństwem jądrowym i ochroną radiologiczną”;
- Zapisy dotyczące TSO powinny definiować zakres działania, osobowość prawną, sposób finansowania i odpowiedzialność TSO. TSO powinny być finansowane z budżetu albo przez pośrednictwo PAA bądź innego urzędu/ministerstwa w okresach wieloletnich, co by dawało stabilność finansową i organizacyjną;
- Wszystkie zapisy dotyczące TSO mogłyby być zawarte w zmodyfikowanym art. 66 i 66a ustawy - Prawo atomowe.

*dr Paweł Krajewski,
Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej,
Warszawa*

*dr Sylwester Sommer,
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej,
Warszawa*

PIME 2017

W dniach 19 - 22 marca 2017 r. w Middelburgu w Holandii odbędzie się kolejna konferencja ENS (European Nuclear Society) na temat komunikacji społecznej w zakresie energetyki jądrowej. W organizowanym, co roku spotkaniu biorą udział rzecznicy prasowi liczących się na świecie instytucji działających w zakresie technologii nuklearnych. Jest to unikatowa okazja wymiany doświadczeń oraz zdobycia nowej wiedzy o tym jak informować o ważnych dla energetyki jądrowej wydarzeniach. PIME to szereg sesji plenarnych i interaktywnych warsztatów. Najlepsi specjaliści w zakresie „Public Relations” przedstawiają najnowsze strategie informacji i popularyzacji wiedzy na temat energetyki jądrowej.



INSTYTUT FIZYKI PLAZMY I LASEROWEJ MIKROSYNTEZY - 40 LAT BADAŃ DLA ENERGETYKI PRZYSZŁOŚCI

Institute of Plasma Physics and Laser Microfusion - 40 years of research for secure energy in the future

Jerzy Wołowski z zespołem współpracowników z IFPiLM

Streszczenie: Instytut Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy został utworzony w 1976 r. We współpracy z innymi instytutami realizuje badania w takich dziedzinach jak: fizyka gorącej plazmy, synteza (fuzja) jądrowa, oddziaływania laser-materia i zastosowania plazmy. Instytut jest nadzorowany przez Ministerstwo Energii, jednak jego działalność dofinansowywana jest z Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (MNiSW) w ramach dotacji statutowej i grantów badawczych. W Instytucie jest zatrudnionych 85 pracowników, w tym 45 naukowców. Od września 2010 r. dyrektorem Instytutu jest dr hab. Andrzej Gałkowski. Od wielu lat IFPiLM organizuje każdego roku przemiennie dwa ważne spotkania międzynarodowe: konferencję PLASMA - International Conference on Research and Applications of Plasmas i Letnią Szkołę w Kudowie-Zdroju „Kudowa Summer School towards Fusion Energy”. Polski program fuzji jądrowej jest od roku 2005 częścią europejskiego programu EURATOM, który od roku 2014 koordynowany jest przez europejskie konsorcjum EUROfusion. IFPiLM koordynuje wszystkie badania fuzyjne w Polsce na podstawie decyzji MNiSW przewodnicząc krajowemu konsorcjum Centrum naukowo-przemysłowe Nowe Technologie Energetyczne. Poza tym, w IFPiLM utworzony został Krajowy Punkt Kontaktowy EURATOM-Fusion. Projekty EUROfusion realizowane w Instytucie obejmują przygotowywanie diagnostyk dla tokamaków JET i WEST oraz stellaratora W7-X, a także opracowywanie i stosowanie kodów numerycznych do analizy działania tokamaków (w tym przyszłego tokamaka-reaktora DEMO). Instytut wspólnie z Politechniką Warszawską prowadzi badania w zakresie technologii fuzyjnych (usuwanie kodepozytu z elementów komory tokamaka, erozja powierzchni materiałów, pył w komorze tokamaka). Zespoły naukowe w IFPiLM uczestniczą też w innych projektach europejskich nie dotyczących fuzji w tokamakach i stellaratorach. Wieloletnie badania plazmy produkowanej laserem i fuzji laserowej, głównie objęte projektami HiPER i LaserLab-Europe, są realizowane wspólnie z innymi zespołami, przede wszystkim w Ośrodku Badawczym PALS w Czechach. Ponadto, w Instytucie działa Międzynarodowe Centrum Plazmy Namagnesowanej utworzone pod auspicjami UNESCO koordynujące badania w układzie plazma focus PF1000U. Te prace są dofinansowywane w ramach projektów Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej. W Laboratorium Symulowanych Wyładowań Atmosferycznych w IFPiLM testowana jest odporność różnych urządzeń technicznych na skutki działania wyładowań piorunowych. Z kolei w utworzonym w IFPiLM w 2013 r. laboratorium plazmowych silników satelitarnych są opracowywane i testowane prototypy takich silników.

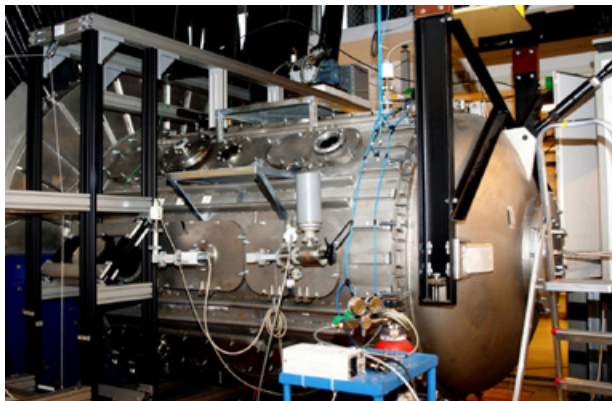
Abstract: The IPPLM, established in 1976, currently carries out research and co-operates with other institutes in fields such as: pulsed high temperature plasmas, thermonuclear fusion, laser-matter interactions and plasma applications. The Institute is subordinated to the Ministry of Energy, however continuous financial support has been granted by the Ministry of Science and Higher Education (MSHE). The Institute employs 85 persons including 45 scientists. Dr. Andrzej Gałkowski has been a director of the Institute since September 2010. As a flagship event, the IPPLM organizes international “Kudowa Summer School towards Fusion Energy” in Kudowa Zdrój (Poland) biennially, alternating with International Conference on Research and Applications of Plasmas (PLASMA), which is focused on presenting various aspects of plasma physics applications and fusion energy. Since 2005, Polish fusion programme has been the part of the European fusion programme coordinated by EUROfusion consortium. The IPPLM is an entity which is authorized by the MSHE to coordinate all the fusion research in Poland acting as National Contact Point EURATOM-Fusion. The Polish fusion programme comprises institutions that form the national consortium known as New Energy Technologies (CeNTE). During last years of international cooperation the scientists from IPPLM have developed components and diagnostics for tokamaks JET and WEST and for stellarator W7-X, as well as codes for fusion devices including DEMO. Involving various partners such as Warsaw University of Technology, the Institute carries out research related to fusion technology, namely fuel removal, dust, chemical erosion. It is worth mentioning that, the scientists from IPPLM participate in other European projects related to plasma produced by lasers and laser fusion. Researchers accomplish their experiments mainly within HiPER and LaserLab-Europe projects in close collaboration with foreign teams in PALS Research Centre situated in Prague in Czech Republic. Besides that, the Institute hosts an International Centre for Dense Magnetised Plasmas (ICDMP), which coordinates studies of plasma physics and application of plasma focus (PF1000U) device. These activities are realized within projects co-financed by International Atomic Energy Agency in Vienna. In addition, the existence of PLANS laboratory at IPPLM brings to the institute theoretical and experimental knowledge on plasma propulsion for satellites. The team working in that field carries out successful experiments in collaboration with a large European research network. Last but not least, the Lightning Tests Laboratory in the IPPLM-conducts research on the resistance of the various devices against the lightning interaction.

Słowa kluczowe: fizyka plazmy, synteza termojądrowa, układy termojądrowe, lasery, Program EURATOM

Key words: plasma physics, thermonuclear fusion, thermonuclear devices, lasers, EURATOM Programme

Pierwsze sukcesy badań termojądrowych i narodziny Instytutu

Instytut Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy (IFPiLM) powstał 1 stycznia 1976 r. w wyniku połączenia Zespołów zorganizowanych w Wojskowej Akademii Technicznej przez prof. Sylwestra Kaliskiego wówczas komendanta tej uczelni. Celem utworzenia Instytutu było rozwijanie badań plazmy i różnych wariantów syntezy termojądrowej (fuzji) w gorącej plazmie. Reakcje syntezy jąder izotopów wodoru - deuteru (D) i trytu (T) są źródłem energii, która w określonych warunkach może mieć zastosowanie praktyczne. Fuzję jądrową w tym czasie badano już w wielu laboratoriach. Na podstawie analiz teoretycznych i zastosowań fuzji w broni termojądrowej przewidywano, że kontrolowana fuzja może być w przyszłości źródłem taniej energii elektrycznej, bezpiecznej dla ludności i środowiska. W Polsce badania plazmy wysokotemperaturowej prowadzono w tym czasie w wąskim zakresie tylko w Instytucie Badań Jądrowych (IBJ).



Fot. 1. Koncentrator plazmowy plasma-focus PF1000U w IFPiLM
Phot. 1. The plasma focus PF1000U device – the high power plasma concentrator in IPPLM

Od wielu lat prowadzone są prace nad opanowaniem fuzji jądrowej w gorącej plazmie, utrzymywanej i grzanej w toroidalnych pułapkach magnetycznych typu tokamak i stellarator (układy MCF). Są to obecnie układy termojądrowe najbliższe zastosowań w prototypowych reaktorach, produkujących energię elektryczną. Inną opcją praktycznego opanowania syntezy jądrowej jest zastosowanie laserów do kompresji i grzania plazmy bez pola magnetycznego. Badania dotyczące tej opcji służą opracowaniu w przyszłości reaktora energetycznego wykorzystującego tzw. fuzję z inercyjnym utrzymaniem plazmy (zwaną też fuzją laserową). W nowym Zespole Fizyki Jądrowej (ZFJ) w WAT już w 1973 r. uzyskano efekt fuzji jąder deuteru w wyniku oddziaływania impulsu nowego lasera neodymowego z próbką zawierającą deuter. Był to siódmy na świecie eksperyment tego rodzaju. W tym czasie, także w ZFJ, badano fuzję w plazmie generowanej w koncentratorze plazmowym typu plasma focus, nazwanym PF150, zbudowanym w Instytucie Badań Jądrowych dla WAT. Przed rokiem 1976 w innych nowoutworzonych Zespołach w WAT budowano różne lasery impulsowe do grzania plazmy oraz rozpoczęto teoretyczne i eksperymentalne badania inicjowania fuzji materiałem wybuchowym.

Trudne lata osiemdziesiąte

Nowoutworzony Instytut podporządkowano Ministerstwu Nauki, Szkolnictwa Wyższego i Techniki, a pierwszym dyrektorem Instytutu został prof. Sylwester Kaliski, wówczas kierownik tego ministerstwa. W latach 70. i 80. XX wieku w IFPiLM badano głównie plazmę wytwarzaną laserem i wspólnie z IBJ (później IPJ) plazmę w układach plasma focus. Przez kilka lat sprawdzano też idee prof. Sylwestra Kaliskiego dotyczące kompresji plazmy za pomocą konwencjonalnego wybuchu oraz kombinowane warianty fuzji jądrowej: dogrzewanie impulsem laserowym plazmy w układzie plasma focus i plazmy skompresyjowanej wybuchem oraz grzanie takim impulsem plazmy w silnym polu magnetycznym. Prace te dostarczyły wiele oryginalnych wyników naukowych, ale nie potwierdziły celowości dalszych badań na większą skalę dla sprawdzenia przyszłych zastosowań energetycznych. Wyniki badań fuzji laserowej i fuzji w układzie plasma focus zostały wyróżnione zespołowymi Nagrodami Państwowymi I-ego stopnia. We wrześniu 1978 r. zmarł prof. Sylwester Kaliski w wyniku obrażeń doznanych w wypadku samochodowym. Nowym dyrektorem Instytutu został jego zastępca doc. inż. Sławomir Denus. Badania plazmy wytwarzanej laserem rozpoczęte w ZFJ w WAT kontynuowano w IFPiLM stosując oprócz lasera użytego do ważnego eksperymentu w roku 1973, także inne lasery, w tym: zakupiony we Francji laser QL oraz lasery zbudowane w IFPiLM: laser na dwutlenku węgla oraz cztero-wiązkowy laser neodymowy wykorzystany do kompresji mikrobalonów szklanych wypełnionych deuterem. Do tych prac stosowano zbudowane w IFPiLM specjalne układy diagnostyczne. Badania plazmy i fuzji laserowej prowadzono także w ramach współpracy w Instytucie Fizycznym (FIAN) w Moskwie kierowanym przez prof. N.G. Basova laureata Nagrody Nobla. Kontynuowano badania plazmy w układach plasma focus we współpracy z IBJ (IPJ) doskonaląc jednocześnie metody pomiarowe. W latach 80. XX wieku rozpoczęto w IFPiLM przygotowania kilku układów diagnostycznych dla tokamaka T15 budowanego w Moskwie. Prace te przerwano po kilku latach z powodu wstrzymania budowy tego układu. Po podporządkowaniu IFPiLM Ministerstwu Obrony Narodowej w roku 1987 przez kilka lat Instytut reorganizowano ograniczając badania plazmowe i rozwijając prace w zakresie optoelektroniki.

Rozwój badań w zmniejszonym Instytucie w odrodzonej Polsce

Na początku lat 90. XX wieku Instytut został podzielony na dwie części - jedną włączono do WAT, a drugą część podporządkowano Państwowej Agencji Atomistyki jako instytut badawczy z dotychczasową nazwą. Dyrektorem Instytutu został dr Zygmunt Składanowski. W tym czasie uruchomiono w IFPiLM jeden z największych na świecie układów typu plasma focus, układ PF1000, również zbudowany w IPJ (d. IBJ). Do koordynacji badań w układach plasma focus utworzono w 1993 r. w Instytucie pod auspicjami UNESCO Międzynarodowe Centrum Gęstej Plazmy Namagnetyzowanej (ICDMP). W połowie lat 90. XX wieku do badania oddziaływań laser-plazma zastosowano zbu-

downy w IFPiLM laser neodymowy dużej mocy (1 TW). W szczególności badano nietermiczne przyspieszanie jonów intensywnym impulsem laserowym. W tym okresie rozpoczęto też współpracę z Instytutem Fizyki Czeskiej Akademii Nauk wykorzystując działający tam laser jodowy PERUN i zbudowane w IFPiLM układy diagnostyczne do badań plazmy laserowej. Współpraca z tym Instytutem w zmienionej formie jest kontynuowana do chwili obecnej z bardzo dobrymi rezultatami. W latach 90. ubiegłego wieku w Instytucie wykonywano też we współpracy międzynarodowej analizy numeryczne w zakresie fizyki plazmy i fuzji w układach tokamak. Badania eksperymentalne i teoretyczne fuzji w różnych układach MCF w tym czasie, inaczej jak w IFPiLM, intensywnie rozwijano w wielu laboratoriach przewidując przyszłe ich wykorzystanie w energetyce. Po roku 2000 Instytut realizuje większość prac w ramach programów europejskich przy wsparciu krajowymi środkami na naukę. Zakres i ważniejsze wyniki tych prac są przedstawione poniżej.

Pozycja Instytutu po roku 2000

W latach 2001-2015 Instytut podlegał Ministerstwu Gospodarki. Obecnie jest nadzorowany przez Ministerstwo Energii. Badania w IFPiLM są dofinansowywane przez MNiSW (w ramach dotacji statutowej i projektów badawczych) oraz w ramach projektów europejskich. W Instytucie jest zatrudnionych 85 pracowników (w tym 45 naukowców). Od września 2010 r. dyrektorem Instytutu jest dr hab. Andrzej Gałkowski. W 2013 r. IFPiLM uzyskał kategorię „A” na podstawie oceny dokonanej przez Komitet Ewaluacji Jednostek Naukowych. Szczególnie wysoko oceniono wyniki badań mierzone liczbą i jakością publikacji, oraz zakres i efektywność międzynarodowej współpracy naukowej.

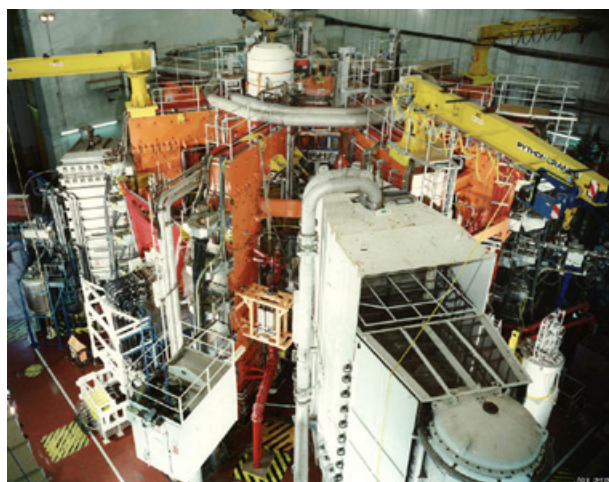


Fot. 2. Budynek laboratoryjny w IFPiLM
Phot. 2. The laboratory building in IPPLM

Co dwa lata przemiennie IFPiLM organizuje ważne spotkania międzynarodowe: konferencję PLASMA - International Conference on Research and Applications of Plasmas (w ostatnich latach w Warszawie) i Letnią Szkołę „Kudowa Summer School „Towards Fusion Energy”. Oba te spotkania są poświęcone fizyce plazmy i fuzji jądrowej. Instytut od lat prowadzi różnorodną działalność popularyzacyjną w zakresie fizyki plazmy i fuzji. Młodzież zapoznaje się z tą tematyką na warsztatach „Stany Skupienia – nauka i sztuka” organizowanych we współpracy z Teatrem Go, którego siedziba znajduje się na terenie Instytutu.

Badania wyładowań plazmowych w tokamakach

W ostatnich latach wzrasta udział zespołu naukowców z IFPiLM w badaniach prowadzonych na europejskich układach z magnetycznym utrzymaniem plazmy (MCF) w ramach projektów objętych od roku 2005 programem Wspólnoty Euratom. W europejskim tokamaku JET w Culham w Wielkiej Brytanii są analizowane zjawiska plazmowe za pomocą symulacji komputerowych dla konkretnych wyładowań. Wyniki obliczeń dotyczących wpływu na te wyładowania transportu zanieczyszczeń w plazmie oraz wprowadzanych domieszek są porównywane z danymi eksperymentalnymi dla analizowanych wyładowań w tym układzie.



Fot. 3. Wnętrze komory europejskiego tokamaka JET (Culham, W.B.)
Phot. 3. An internal view of the European tokamak JET (Culham, U.K.)

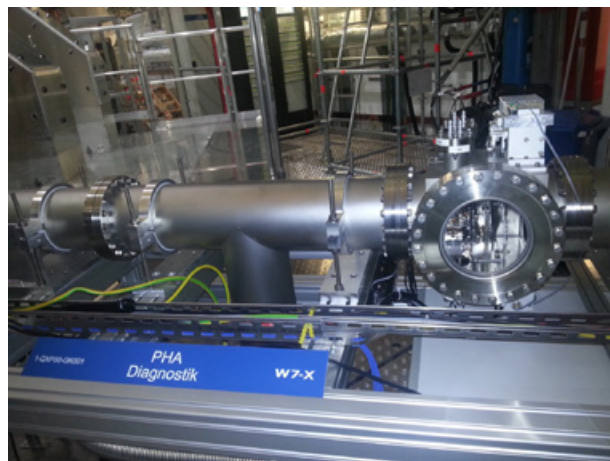
Na tym tokamaku wykonano też kalibrację układów przeznaczonych do pomiarów promieniowania w zakresie ultrafioletu próżniowego (VUV). Na podstawie analizy zmierzonych widm określano koncentrację metalicznych zanieczyszczeń w plazmie dla różnych scenariuszy wyładowań. Wyniki pomiarów wyładowań w tokamaku ASDEX UG w Garching w Niemczech porównano z symulacjami komputerowymi wykonanymi z użyciem opracowanego w IFPiLM kodu COREDIV. Pomiary i obliczenia przeprowadzono dla plazmy deuterowej z wprowadzanymi domieszkami oraz przy stosowaniu grzania plazmy mikrofalami (ICRH). Wyniki pomiarów służą optymalizacji systemów grzewczych oraz opracowaniu scenariuszy grzania plazmy w tokamaku ze ścianą metaliczną np. w tokamaku ITER budowanym w Cadarache we Francji. Na podstawie pomiarów spektroskopowych badano wpływ asymetrii sznura plazmowego w tokamaku TCV w Lozannie na transport zanieczyszczeń w plazmie. W roku 2016 wykonane zostały pierwsze pomiary promieniowania X emitowanego z plazmy w stellaratorze W7-X w Greifswaldzie w Niemczech z użyciem wykonanego w IFPiLM układu do analizy amplitud impulsów z detektorów rejestrujących to promieniowanie (układ Pulse Height Analysis – PHA).

Modelowanie procesów fizycznych w układach z magnetycznym utrzymaniem plazmy

Modelowanie procesów w układach termojądrowych jest niezbędne do poznawania zachodzących w nich procesów, interpretacji wyników eksperymentów i projektowania nowych układów fuzyjnych. Po przystąpieniu IFPiLM do programu EURATOM w 2005 r. zespół naukowców z Instytutu bierze aktywny udział we współtworzeniu wielu komponentów nowej platformy numerycznej przeznaczonej do modelowania plazmy w tokamaku (Integrated Tokamak Modelling - ITM). Opracowane w Instytucie kody COREDIV i TECXY zainstalowano na platformie ITM, umożliwiając wykorzystanie ich przez inne zespoły uczestniczące w programie EURATOM. Kod COREDIV stosowano do symulacji wyładowań w tokamakach JET i ASDEX UG uzyskując bardzo dobrą zgodność wyników obliczeń z rezultatami pomiarów. Te wyniki posłużyły do ekstrapolacji parametrów plazmy do warunków w budowanych obecnie tokamakach ITER we Francji i JT-60SA w Japonii oraz w projektowanym tokamaku-reaktorze DEMO. Dla układu ITER modelowano wpływ transportu domieszek w plazmie na reakcję syntezy i na straty promieniste energii. Realizowane w IFPiLM symulacje komputerowe za pomocą kodu TECXY dotyczące układu DEMO mogą służyć wyborowi materiałów dla ściany w komorze reaktora i do określenia konfiguracji magnetycznych tzw. dywertora (układ służący usuwaniu zanieczyszczeń z komory tokamaka). W układach typu stellarator złożona geometria pola magnetycznego, inna niż w tokamakach, wymaga stosowania w obliczeniach specjalnych kodów. W IFPiLM opracowywany jest trójwymiarowy kod płynowy, do badania ucieczki jonów utrzymywanych w złożonej konfiguracji pola magnetycznego w stellaratorze W7-X.

Opracowywanie i zastosowania diagnostyk dla tokamaków i stellaratorów

W Instytucie od początku realizacji projektów EURATOM opracowywane są we współpracy z innymi laboratoriami układy pomiarowe do badania promieniowania X i neutronów emitowanych z plazmy w tokamakach i stellaratorze W7-X. Dla tego stellaratora są przygotowywane dwa układy do badania promieniowania X. System PHA zaprojektowany, zbudowany i przetestowany w IFPiLM od roku 2015 jest stosowany do pomiaru promieniowania X na stellaratorze W7-X, jak wspomniano wyżej. Drugi system przeznaczony do pomiaru temperatury plazmy wykorzystuje filtry krawędziowe umieszczone przed detektorami (układ MFS - Multi-Foil Spectrometry). W roku 2017 układ ten będzie uruchamiany. Przy projektowaniu systemów diagnostycznych wykorzystywany jest stworzony w IFPiLM specjalny kod RayX symulujący widma energetyczne promieniowania X.



Fot. 4. Układ diagnostyczny PHA przygotowany w IFPiLM dla stellaratora W7-X w Greifswaldzie (Niemcy)

Phot. 4. The X-ray diagnostic system with pulse height analysis (PHA) prepared for stellarator W7-X in Greifswald (Germany)

W IFPiLM opracowano i zbudowano detektory gazowe typu GEM (Gas Electron Multiplier) dla diagnostyki promieniowania X w układzie JET w celu rejestracji linii wolframu i niklu. Prace realizowano we współpracy z zespołami z Uniwersytetu Warszawskiego i Politechniki Warszawskiej wykorzystując także wyniki uzyskane z CERN. Detektory GEM zostały zainstalowane na układzie JET (diagnostyka KX1) i zintegrowane z systemem zbierania danych. IFPiLM, wspólnie z zespołami z Politechniki Warszawskiej, z Uniwersytetu im. Mikołaj Kopernika w Toruniu i z Centrum Badawczego CEA w Cadarache, realizuje projekt związany z przygotowaniem diagnostyki tomograficznej z detektorami GEM dla tokamaka WEST we Francji. W 2015 r. model takiego detektora GEM zainstalowano na tokamaku ASDEX UG w celu przetestowania go w trakcie wyładowania plazmowego.



Fot. 5. Gazowy detektor GEM zbudowany w IFPiLM zainstalowany na tokamaku ASDEX UG w Garching, Niemcy

Phot. 5. The gas electron multiplier build in IPPLM (installed on ASDEX UG tokamak in Garching, Germany)

W ramach przygotowania badań w układzie JET z użyciem mieszaniny DT (kampania DTE2) zespół z IFPiLM wspólnie z innymi zespołami opracowuje metodę kalibracji diagnostyk neutronowych, w których stosuje się aktywację neutronami wybranych izotopów. Do kalibracji ak-

tywacyjnej neutronami o energii 14 MeV (generowanych w reakcji D+T) wykorzystano generator w laboratorium w Anglii. Stosując tę metodę kalibracji wyznaczono charakterystyki neutronów dla generatora neutronów w NCBJ i opracowano metodę monitorowania neutronów generowanych w układach plasma focus. Aktywności radionuklidów weryfikowane są za pomocą obliczeń numerycznych.

Badania oddziaływania plazma-ściana

Oddziaływanie plazmy z elementami wewnętrznymi komory tokamaka jest zjawiskiem negatywnym wpływającym na prawidłowy przebieg wyładowania w tym układzie. Proces ten powoduje produkcję zanieczyszczeń przenikających do plazmy. Są one też deponowane w formie tzw. kodepozytu na elementach wewnątrz komory tokamaka. Kodepozyt może zawierać deuter i tryt pochodzące z plazmy. Od roku 2005 realizowano w IFPiLM w ramach programu EURATOM projekty dotyczące usuwania kodepozytu za pomocą laserów impulsowych. Ten proces jest optymalizowany z użyciem spektrometru optycznego, diagnostyk jonowych oraz kamery optycznej. Badane są próbki pochodzące z komór tokamaków TEXTOR w Jülich w Niemczech i ASDEX UG oraz próbki wzorcowe. Badano również wytwarzanie pyłu towarzyszące laserowemu usuwaniu kodepozytu. Taki pył powstający w komorze tokamaka musi być kontrolowany, gdyż wpływa niekorzystnie na wyładowanie plazmowe w tym układzie. Pionierskie zastosowanie diagnostyk jonowych (kolektory i analizator energii jonów) zwiększyło efektywność prowadzonych badań. Stosowana jest metoda LIBS (Laser Induced Breakdown Spectroscopy), która umożliwia kontrolowanie usuwania kodepozytu na podstawie analizy widma promieniowania emitowanego ze zjonizowanego materiału. Uzyskano ważne wyniki stosując do tych badań dwuimpulsowy laser neodymowy i laser światłowodowy. Badania są realizowane we współpracy z zespołami z takich instytucji jak: ENEA Włoska Narodowa Agencja Nowych Technologii i Energetyki; Forschungszentrum Jülich w Niemczech, Centrum CIEMAT w Hiszpanii, Politechnika Warszawska i Instytut Fizyki Plazmy w Republice Czeskiej.



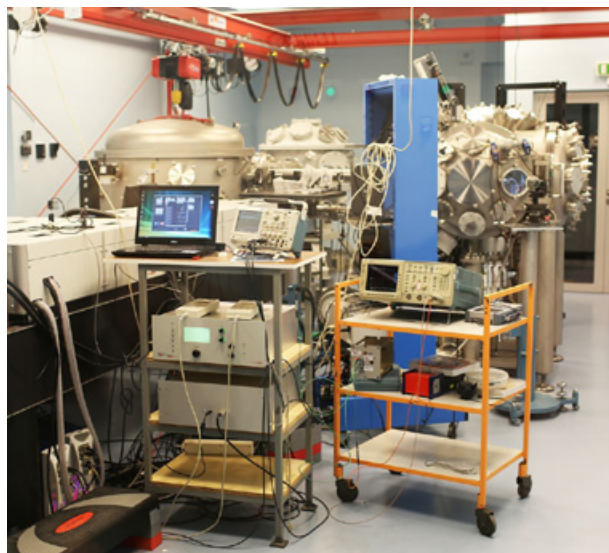
Fot. 6. Układ eksperymentalny do badania laserowego usuwania kodepozytu z płytek wyjętych z komory tokamaka

Phot. 6. An experimental arrangement for investigation of laser-induced co-deposit removal from in-vessel tokamak components

Inne badania oddziaływania plazma-ściana realizowane są z użyciem układu plasma focus PF1000U, w którym strumień plazmy jest kierowany na próbki, symulujące elementy komory tokamaka. Efekty oddziaływania plazma-próbka są badane za pomocą diagnostyk materiałowych. Prace realizowane były w ramach projektu NCBIr, projektów Euratom i projektów sponsorowanych przez Międzynarodową Agencję Energii Atomowej w Wiedniu.

Badania plazmy laserowej i fuzji laserowej

W Instytucie Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy przez 40 lat prowadzone są badania oddziaływań laser-materia i badania fuzji laserowej rozpoczęte w WAT na początku lat 70. w zespole, który włączono do IFPiLM utworzonego 1 stycznia 1976 r. W ostatnich latach nastąpił znaczny rozwój tych badań w ramach projektów europejskich, takich jak: projekty konsorcjum LaserLab-Europe, projekt HiPER (opracowanie i budowa europejskiego lasera fuzyjnego) i projekt ToIFE (w ramach konsorcjum EUROfusion). Większość badań realizowana jest z użyciem lasera PALS w Pradze przy zastosowaniu zbudowanych w IFPiLM układów do pomiaru jonów i promieniowania X emitowanych z plazmy laserowej, 3-kadrowego interferometru, polaro-interferometru oraz innych układów. Szczególnie wartościowe wyniki są uzyskiwane w wyniku badań przyspieszania jonów albo makrocząstki w opracowanym w IFPiLM akceleratorze LICPA (Laser-Induced Cavity Preassure Acceleration) oraz badań strumieni plazmy laserowej z użyciem interferometru i polarymetru. Część tych badań dotyczy optymalizacji różnych opcji fuzji laserowej. Równolegle z badaniami eksperymentalnymi od lat prowadzone są analizy teoretyczne i symulacje numeryczne dotyczące tej tematyki.



Fot. 7. Aparatura badawcza w Laboratorium Laserów Wielkiej Mocy w IFPiLM

Phot. 7. The experimental equipment in the High Power Laser Laboratory in IPPLM

W latach 2011-2013 w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Mazowieckiego zbudowano i zakupiono nowoczesną aparaturę pomiarową dla Laboratorium Laserów Wielkiej Mocy w IFPiLM, wyposażonego wcześniej w laser wielkiej mocy (10 TW) zakupiony ze środków projektu HiPER z udziałem środków krajowych.

Badania i zastosowania układu plasma focus PF1000U oraz generatorów prądowych

Układy plasma focus służą do generacji gęstej i gorącej plazmy w wyniku wyładowania silnoprądowego. W takiej plazmie mogą zachodzić reakcje syntezy jądrowej, intensywna emisja promieniowania X oraz elektronów, jonów i strumieni plazmowych. Wyniki wieloletnich badań wyładowań w układzie plasma focus PF1000U w IFPiLM posłużyły do wyjaśnienia większości zjawisk plazmowych występujących w tych urządzeniach. Badania w dużym stopniu są dofinansowywane środkami z projektów Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (IAEA) w Wiedniu i z projektów EUROfusion.



Fot. 8. System interferometryczny stosowany do badania plazmy w układzie plasma focus PF1000U w IFPiLM

Phot. 8. An interferometric system applied for studies of plasma discharge in the plasma focus PF1000U device in IPPLM

W ramach projektów fuzyjnych układ PF1000U jest wykorzystywany do testowania i skalowania diagnostyk przygotowywanych dla tokamaków i stellaratora W7-X. W szczególności wykonuje się bezwzględne skalowania neutronowych diagnostyk aktywacyjnych dla tokamaków i badania aktywacji materiałów stosowanych w budowanym tokamaku ITER. Oddziaływania generowanych w układzie PF1000U intensywnych strumieni gorącej plazmy z różnego rodzaju tarczami służą do symulowania podobnych oddziaływań plazmy na ścianę w komorze tokamaka.

W Instytucie działa Laboratorium Symulowanych Wyładowań Atmosferycznych, w którym na zasadach komercyjnych sprawdzany jest poziom odporności różnych urządzeń na skutki wyładowań piorunowych. Do tych prac stosowany jest zestaw generatorów wytwarzających im-

pulsy prądowe symulujące wyładowanie atmosferyczne. Badano m.in. odporność na skutki takich wyładowań elementów konstrukcyjnych aparatów latających.

Opracowania, budowa i badania plazmowych silników satelitarnych

W 2008 r. rozpoczęto w IFPiLM prace koncepcyjne, konstrukcyjne i badawcze dotyczące prototypów plazmowych napędów satelitarnych, które są pewną kontynuacją badań realizowanych kilkanaście lat wcześniej w Instytucie Podstawowych Problemów Techniki PAN. Jako zaplecze eksperymentalne dla tych prac w roku 2013 utworzono w IFPiLM Laboratorium Plazmowych Napędów Satelitarnych PLaNS wyposażone w komorę próżniową i aparaturę pomiarową do testowania silników satelitarnych. W laboratorium badane są plazmowe silniki satelitarne typu Halla i silniki impulsowe PPT (Pulsed Plasma Thrusters).



Fot. 9. Laboratorium PLaNS przeznaczone do badań plazmowych silników satelitarnych

Phot. 9. PLaNS - Laboratory for development of small plasma propulsions in IPPLM

W ramach projektu KLIMT finansowanego przez Europejską Agencję Kosmiczną opracowano prototyp silnika Halla, w którym zamiast kryptonu zastosowano tańszy ksenon. Oprócz testów wykonanych w laboratorium PLaNS drugą i trzecią wersję prototypu tego silnika sprawdzono w laboratorium ESA-ESTEC w Holandii. Europejski projekt LμPPT (7PR) obejmował opracowanie i przetestowanie impulsowego silnika typu PPT zasilanego ciekłym polimerem zamiast stałym teflonem. Dwa modele prototypowe takiego silnika były badane w laboratorium PLaNS. Uzyskano prawie dwukrotnie większą sprawność niż w klasycznych silnikach zasilanych teflonem. Proces konstrukcji prototypów silników satelitarnych, w laboratorium PLaNS był wspierany analizami wykonanymi za pomocą opracowanego kodu hydrodynamicznego HETMAN oraz specjalnego kodu PIC (Particle In Cell) do opisu ruchu elektronów w polu magnetycznym.

*prof. dr hab. Jerzy Wołowski z zespołem współpracowników,
Instytut Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy,
Warszawa*

SPEKTROMETRIA AKTYWACYJNA DLA POTRZEB DRUGIEJ KAMPANII DEUTEROWO-TRYTOWEJ NA TOKAMAKU JET

The activation spectrometry for the purpose of the Second Deuterium-Tritium Experimental Campaign on JET tokamak.

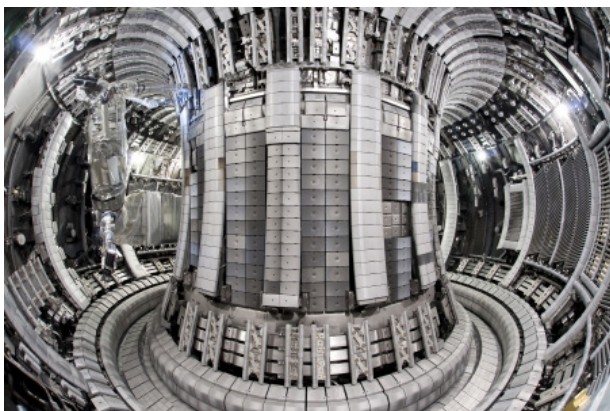
Ewa Łaszyńska, Sławomir Jednoróg

Streszczenie: Metoda aktywacyjna stosowana do charakteryzacji różnych źródeł neutronów, należy do jednej z najstarszych metod stosowanych w neutronice. Pomimo tego jest wciąż ważna, gdyż prowadzi do otrzymywania wartości bezwzględnych wydajności neutronów, a czasami pozwala na dekonwolucję ich rozkładu energetycznego. Druga Deuterowo-Trytowa Kampania Eksperymentalna na Wspólnym Europejskim Tokamaku JET jest wielkim wyzwaniem. Po jej zakończeniu nastąpi zamknięcie i odstawienie JETa, a tym samym zakończenie jakże ważnego rozdziału w historii fizyki plazmy. Przed kampanią deuterowo-trytową nastąpi kalibracja diagnostyk neutronowych tokamaka i to z niepewnością niższą niż 5%. Technika aktywacyjna posłuży do charakteryzacji generatora neutronów, który będzie zastosowany, jako ustandaryzowane źródło neutronów 14 MeV, a następnie będzie zastosowana w czasie ostatniej kampanii eksperymentalnej do monitorowania wydajności neutronów.

Abstract: The activation technique used for characterization of many different neutron sources belongs to the oldest one applied in neutronics area. It is still important because it leads to obtainment of obsolete value of neutron yield and from time to time allows neutron spectrum deconvolution. The Second Deuterium-Tritium Experimental Campaign that is held on Joint European Torus is a great challenge. After completing the above campaign the shut down and decommissioning of the JET is expected. Thus, the important chapter in history of plasma physics will be definitely closed. But before the deuterium-tritium campaign starts, the calibration of neutron diagnostic should be completed with uncertainty better than 5%. The activation technique is used for neutron diagnostics characterization that is chosen as the source of 14 MeV neutrons. Afterwards, the activation technique will be applied as neutron yield monitor during last experimental campaign on JET tokamak.

Słowa kluczowe: tokamak JET, metoda aktywacyjna, kalibracja diagnostyk neutronowych tokamaka JET, generator neutronów 14 MeV, wydajność neutronowa

Key words: JET tokamak, activation technique, calibration of neutron diagnostics for JET tokamak, 14 MeV neutron generator, neutron yield



Fot. 1. Wnętrze JET (ang.: Joint European Torus) największego działającego tokamaka

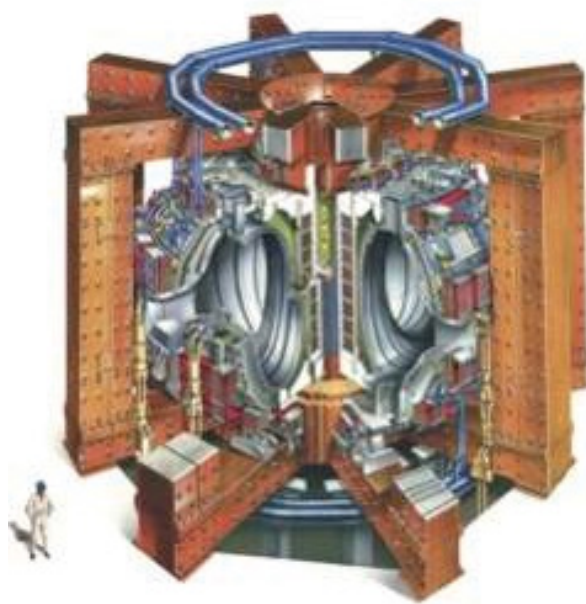
Phot. 1. The biggest to date JET tokamak inside

Wprowadzenie

Pomiar wydajności neutronowej Y_n (ang.: neutron yield) urządzeń fuzyjnych jest zagadnieniem z zakresu badań podstawowych. Spowodowane jest to koniecznością określenia mocy wyjściowej urządzenia fuzyjnego, przewidywaniem jego budżetu neutronowego oraz względami bezpieczeństwa. Do niedawna wydajność emisji neutronów w różnych eksperymentach plazmowych mierzono za pomocą aparatury pomiarowej, która powinna być kalibrowana przy wykorzystaniu odpowiedniego rodzaju źródeł neutronowych o znanych charakterystykach. Obecnie przyjęto odmienną filozofię kalibracji. Opracowuje się model geometryczny urządzenia, w którym odwzorowane są najmniejsze detale z uwzględnieniem ich struktury

materiałowej. Taki model stanowi dane wejściowe (ang.: geometrical input) dla programów symulujących oddziaływanie promieniowania (w tym przypadku neutronów) z materią. Następnie do urządzenia wprowadza się źródło neutronów i porównuje dane eksperymentalne z danymi pochodzącymi z symulacji. Jeśli nie otrzymuje się zgodności pomiędzy nimi to udoskonala się, aż do skutku model geometryczny.

W ciągu kilku najbliższych lat na tokamaku JET (fot. 1.) planowana jest druga w jego historii kampania z wykorzystaniem trytu (DTE2 – Deuterium-Tritium Experimental Campaign), w czasie której z reakcji deuteru i trytu (D-T) emitowane będą duże ilości prędkich 14 MeV neutronów. Planuje się, że kampania ta zostanie przeprowadzona w 2019 r. System monitorujący emisję neutronów na tokamaku JET składa się obecnie z komór rozszczepieniowych (KN1) i urządzeń do diagnostyki aktywacyjnej (KN2). Urządzenia te zostały absolutnie wykalibrowane w 2013 r. Kalibrację przeprowadzono za pomocą neutronów, pochodzących z ^{252}Cf , którego widmo energetyczne w zadowalający sposób symuluje widmo neutronów emitowanych w czasie reakcji syntezy D-D w plazmie deuterowej. Źródło to umieszczano w wielu miejscach w komorze próżniowej tokamaku JET. Celem tej kalibracji było zbadanie odpowiedzi komór rozszczepieniowych i urządzeń do diagnostyki aktywacyjnej. Następnie dokonywano superpozycji odpowiedzi. Kalibrację przeprowadzono z niepewnością 10%. Badano również poprawność modelowania numerycznego, stosując metodę MCNP (Monte Carlo N-particle code). Dane doświadczalne otrzymane w czasie kalibracji NSC (Neutron Source Calibration) weryfikowano później w czasie kampanii eksperymentalnej.



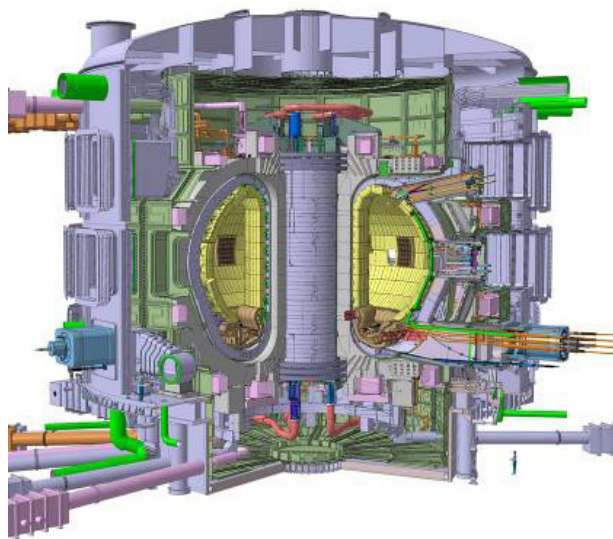
Fot. 2. Schemat JET. Postać znajdująca się w dolnym lewym rogu pozwala ocenić rozmiary urządzenia

Phot. 2. Schematic view of JET. The person that is visible in the left bottom corner allows to understand the size of the device

Ekstrapolacja współczynników kalibracyjnych, określonych dla neutronów o energii 2,5 MeV – z reakcji D-D, na współczynniki kalibracyjne dla neutronów o energii 14 MeV – z reakcji D-T spowodowałaby zwiększenie niepewności wyników pomiarów. W konsekwencji nastąpiłoby zwiększenie marginesów błędów oceny budżetu neutronowego. W celu jego właściwego określania konieczne jest przeprowadzenie kalibracji neutronami o energii 14 MeV ze źródła wykorzystującego neutrony z reakcji D-T.

Doświadczenie zdobyte podczas kalibracji neutronami 14 MeV na tokamaku JET zostanie następnie wykorzystane przy tworzeniu procedur kalibracyjnych dla budowanego w Cadarache pierwszego Międzynarodowego Eksperymentalnego Reaktora Termojądrowego – ITER (ang.: International Termonuclear Experimental Reactor). Wymieniona kalibracja będzie również przeprowadzana przy użyciu generatora neutronów 14 MeV.

Kalibracja diagnostyk neutronowych tokamaka JET, przy użyciu generatora 14 MeV będzie przeprowadzona po raz pierwszy. W tym celu użyty zostanie 14 MeV - NG (ang.: Neutron Generator) o wydajności rzędu $5 \cdot 10^8$ n/s. Przed ekipą wykonującą postawione zostało zadanie przeprowadzenia jej z niepewnością 5%. W związku z tym wydajność emisji NG oraz widmo energetyczne wyemitowanych z niego neutronów musi być zmierzone absolutnie i precyzyjnie scharakteryzowane dla różnych kątów emisji. Ze względu na możliwą zmianę intensywności emisji oraz widma energetycznego NG podczas jego eksploatacji konieczne jest przeprowadzanie pomiarów intensywności emisji w trakcie kalibracji diagnostyk neutronowych tokamaka JET oraz po jej zakończeniu.



Fot. 3. Schemat ITERa - największego na świecie będącego w budowie tokamaka, który będzie wzorem dla komercyjnych elektrowni jądrowych opartych na syntezie izotopów wodoru. Postać znajdująca się w dolnym prawym rogu pozwala ocenić rozmiary urządzenia

Phot. 3. Schematic view of ITER- the biggest tokamak that is under construction. It shall be the beginning for the commercial power plants based on hydrogen isotopes fusion. The person that is visible in the right bottom corner allows to understand the size of the device



Fot. 4. ITER w budowie

Phot. 4. ITER tokamak under construction

Metoda aktywacyjna jest metodą, która została użyta do charakteryzacji NG. Z jej pomocą możliwe było wyznaczenie, w sposób bezwzględny, ilości emitowanych neutronów na jednostkę czasu i powierzchni, czyli gęstości strumienia neutronów (ang.: neutron flux density) [$\text{n}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{cm}^{-2}$].

Spośród wielu reakcji jądrowych wywoływanych przez neutrony przeważnie reakcje progowe¹ mają zastosowanie w technice aktywacyjnej. Podczas wyboru tychże reakcji bierze się pod uwagę kolejno: położenie progu energetycznego, wartość przekroju czynnego, wiarygodność danych jądrowych, oraz właściwości promieniotwórcze produktów powstających w czasie aktywacji. Przy doborze energii progowej, powyżej której zachodzić będzie rozpatrywana reakcja bierze się pod uwagę lokalizację tego progu w stosunku do progu innych, już wytypowanych reakcji oraz zakres energii neutronów, który podlega szczegółowemu badaniu. Wartość przekroju czynnego wyrażana w barnach ($1\text{b}=10^{-28}\text{ m}^2$) powinna być na tyle duża, aby aktywność powstających produktów umożliwiała ich detekcję. Z reguły typowaną metodą radiometryczną, za pomocą której następuje określenie poziomu aktywacji jest spektrometria promieniowania gamma. Produkty aktywacji powinny mieć na tyle długi czas połowicznego zaniku, aby możliwa była ich rejestracja. Ponadto emitowane kwanty gamma nie powinny interferować ze sobą oraz być na tyle intensywne, aby otrzymać, przy uzyskiwanej aktywności, zadowalający poziom błędów pomiarowych. Dodatkowo spektrometr promieniowania gamma powinien mieć wyznaczoną wydajność rejestracji promieniowania gamma w szerokim zakresie energii dla próbek o rozpatrywanej geometrii pomiarowej a w szczególności wykonanych z metali (pierwiastków) o znacznie różniących się gęstościach (Z-efektywne).

Materiał i metody

1. Fuzja izotopów wodoru

Reakcje syntezy izotopów wodoru zostały przedstawione w równaniach 1-8:

¹ Progowe reakcje jądrowe to takie reakcje, których zachodzenie uzależnione jest od osiągnięcia przez kwanty promieniowania, cząsteczki, lub bombardujące jądra, pewnej minimalnej energii zwanej energią progową. Poniżej progu energetycznego, przekrój czynny na daną reakcję jest równy zeru.

$$d + t = \alpha (3,518) + n (14,072) + Q (17,590) \quad (1)$$

$$d + t = {}^5\text{He} + \gamma + Q (16,625) = \alpha + n + \gamma + Q (17,590) \quad (2)$$

$$d + d = {}^3\text{He} (0,817) + n (2,452) + Q (3,269) \quad (3)$$

$$d + d = t (1,008) + p (3,025) + Q (4,033) \quad (4)$$

$$d + d = \alpha + \gamma + Q (23,843) \quad (5)$$

$$t + t = \alpha + n + n + Q (11,323) \quad (6)$$

$$t + t = {}^5\text{He} (1,729) + n (8,645) + Q (10,374) =$$

$$\alpha + n + n (8,645) + Q (11,323) \quad (7)$$

$$t + t = {}^5\text{He}^* (1,296 \pm 0,333) + n (6,479 \pm 1,667) + Q (7,775) =$$

$$\alpha + n + n + Q (11,323) \quad (8)$$

Liczby podane w nawiasach wyrażone są w megaelektronowoltach - MeV i dotyczą energii wydzielonej w czasie reakcji i o ile jest możliwe energii unoszonej przez jej produkty. Reakcje 2, 7 prowadzą do powstania ${}^5\text{He}$ w stanie podstawowym podczas, gdy reakcja 8 prowadzi do powstania tego radionuklidu w stanie wzbudzonym ${}^5\text{He}^*$. Gdy reakcja prowadzi do powstania trzech cząstek, jak ma to miejsce w przypadku fuzji trytu dystrybucja energii między tymi produktami ma charakter ciągły i dlatego nie jest ona podawana przy poszczególnych produktach.

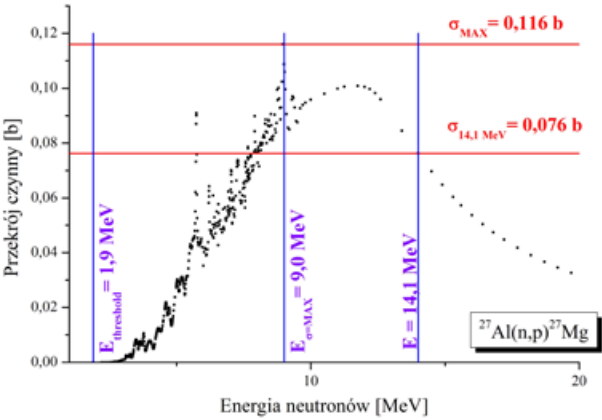
2. Wybór reakcji jądrowych

Wśród wielu reakcji jądrowych wywoływanych przez neutrony, tylko niektóre posiadają odpowiednio usytuowany próg oraz wysokie prawdopodobieństwo ich wystąpienia. Podczas selekcji rozważanych jest wiele istotnych parametrów jądrowych. Dotyczą one zarówno materiału tarczowego jak również produktów, które otrzymywane są w wyniku zajścia danej reakcji. Parametry określające przydatność danej reakcji jądrowej do realizacji celów przedstawionych powyżej można podzielić na dwie grupy: charakterystyka jądrowa materiału tarczowego w zakresie oddziaływania neutronów oraz charakterystyka produktów tych reakcji w zakresie ich mierzalności wytypowaną metodą radiometryczną. Najważniejszymi parametrami przynależnymi do pierwszej grupy, które decydują o użyteczności danej reakcji jądrowej w trakcie określonego eksperymentu są: energia progowa (najmniejsza energia, neutronów, przy której dana reakcja zachodzi), przekrój czynny na daną reakcję jądrową, udział rozpatrywanego nuklidu (stabilnego) w mieszaninie naturalnych nuklidów danego pierwiastka (abundancja). Do drugiej grupy należą takie parametry jak czas połowicznego rozpadu, energia najintensywniej emitowanych kwantów gamma, która charakteryzuje dany produkt aktywacji. Materiały aktywacyjne, które zostaną użyte podczas kalibracji diagnostyk tokamaka JET z użyciem 14 MeV neutronów zostały wybrane na podstawie poniższych kryteriów: energia progowa $< 2,5\text{--}14,1\text{ MeV}$, relatywnie wysoki przekrój czynny na daną reakcję wynoszący co najmniej dziesiąte części barna, odpowiedni czas połowicznego rozpadu rzędu sekund do pojedynczych dni, produkty aktywacji emitują mierzalne, intensywne kwanty gamma, wiarygodny przekrój czynny traktowany jako standard dozymetryczny.

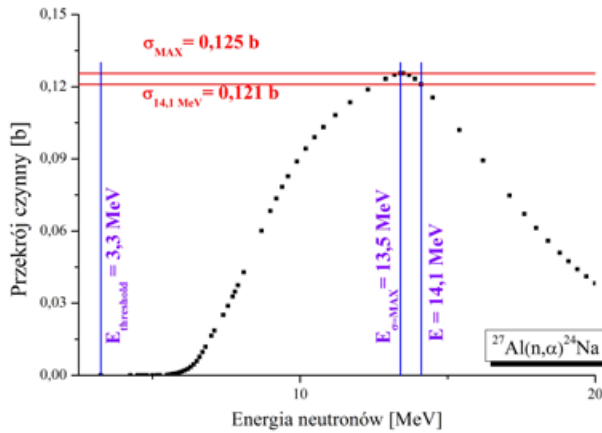
Na podstawie powyższych kryteriów, do celów kalibracyjnych zarówno NG, a następnie diagnostyk toka-

maka JET i kolejno EDT2, kampanii T-T i zamykającej erę tokamaka JET kampanii D-D, wytypowano następujące reakcje jądrowe: $^{27}\text{Al}(n,p)^{27}\text{Mg}$, $^{56}\text{Fe}(n,p)^{56}\text{Mn}$, $^{27}\text{Al}(n,\alpha)^{24}\text{Na}$, $^{93}\text{Nb}(n,2n)^{92m}\text{Nb}$. Jako wiarygodną bazę danych jądrowych przyjęto International Reactor Dosimetry and Fusion File IRDFF v.1.05. Przekroje czynne dla wytypowanych reakcji jądrowych wraz z ich najważniejszymi parametrami przedstawiono na rys. 1-4.

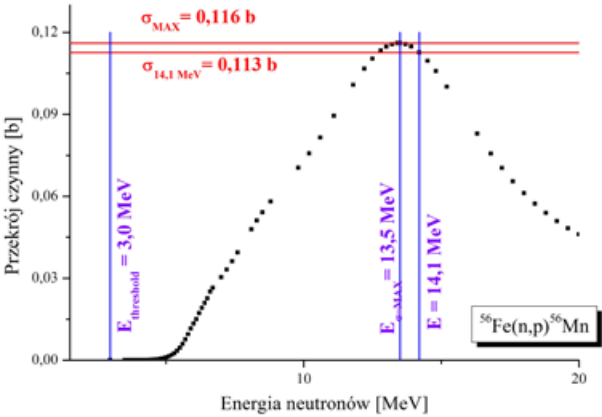
Tabela 1 przedstawia parametry reakcji jądrowych przeznaczonych do charakteryzowania NG, kalibracji diagnostyk neutronowych tokamaka JET oraz dalszych czynności, takich jak monitorowanie wydajności neutronowej w czasie kampanii DTE2, T-T, oraz D-D.



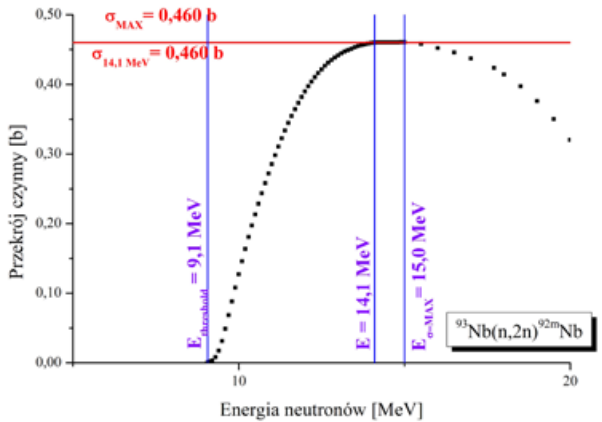
Rys. 1. Przekrój czynny na reakcję $^{27}\text{Al}(n,p)^{27}\text{Mg}$ na podstawie IRDFF v.1.05, gdzie: $\sigma_{14.1\text{MeV}}$ - przekrój czynny dla neutronów o energii 14 MeV z reakcji D-T (b), σ_{max} - maksymalny przekrój czynny (b), $E_{\text{threshold}}$ - energia progowa (MeV), $E_{\sigma\text{MAX}}$ - energia, przy której przekrój czynny osiąga maksimum (MeV)
Fig. 1. The cross section for nuclear reaction $^{27}\text{Al}(n,p)^{27}\text{Mg}$ based on IRDFF v.1.05, where: $\sigma_{14.1\text{MeV}}$ - cross section for 14 MeV neutrons released from D-T reaction (b), σ_{max} - maximal cross section (b), $E_{\text{threshold}}$ - threshold energy (MeV), $E_{\sigma\text{MAX}}$ - energy for maxima cross section (MeV)



Rys. 2. Przekrój czynny na reakcję $^{27}\text{Al}(n,\alpha)^{24}\text{Na}$ na podstawie IRDFF v.1.05.
Fig. 2. The cross section for nuclear reaction $^{27}\text{Al}(n,\alpha)^{24}\text{Na}$ based on IRDFF v.1.05.



Rys. 3. Przekrój czynny na reakcję $^{56}\text{Fe}(n,p)^{56}\text{Mn}$ na podstawie IRDFF v.1.05.
Fig. 3. Cross section for nuclear reaction $^{56}\text{Fe}(n,p)^{56}\text{Mn}$ based on IRDFF v.1.05.



Rys. 4. Przekrój czynny na reakcję $^{93}\text{Nb}(n,2n)^{92m}\text{Nb}$ na podstawie IRDFF v.1.05.
Fig. 4. Cross section for nuclear reaction $^{93}\text{Nb}(n,2n)^{92m}\text{Nb}$ based on IRDFF v.1.05.

Dla wytypowanych reakcji jądrowych określono właściwości powstających produktów pod kątem ich przydatności do mierzenia metodą spektrometrii promieniowania gamma. Dane te przedstawiono w Tabeli 2.

Tabela 1. Parametry wybranych reakcji jądrowych
Table 1. Main parameters of selected nuclear reactions

Reakcja jądrowa	Abundancja	$E_{\text{Threshold}}$ [MeV]	$E_{\sigma\text{MAX}}$ [MeV]	σ_{MAX} [b]	$\sigma_{14\text{MeV}}$ [b]
$^{27}\text{Al}(n,\alpha)^{24}\text{Na}$	1	3,249	13,5	0,125	0,121
$^{27}\text{Al}(n,p)^{27}\text{Mg}$	1	1,896	9,0	0,116	0,076
$^{56}\text{Fe}(n,p)^{56}\text{Mn}$	0,918	2,966	13,5	0,116	0,113
$^{93}\text{Nb}(n,2n)^{92m}\text{Nb}$	1	9,064	15,0	0,460	0,459

gdzie: $E_{\text{Threshold}}$ oznacza energię neutronów, powyżej której istnieje niezerowe prawdopodobieństwo zachodzenia określonej reakcji, $E_{\sigma\text{MAX}}$ oznacza energię neutronów, dla której prawdopodobieństwo zachodzenia danej reakcji jest największe oraz σ_{MAX} i $\sigma_{14\text{MeV}}$ oznaczają kolejno maksymalną wartość przekroju czynnego i wartość przekroju czynnego dla neutronów o energii 14 MeV.

Tabela 2. Najważniejsze parametry produktów wyselekcjonowanych reakcji jądrowych pod kątem ich mierzalności metodą spektrometrii gamma

Table 2. Main parameters of selected nuclear reaction products in terms of its measurability by means of gamma spectrometry method

Reakcja jądrowa	Czas połowicznego rozpadu	Energia kwantów gamma (keV)	Intensywność kwantów gamma	Gęstość (g·cm ⁻³)
²⁷ Al(n,p) ²⁷ Mg	9,458 min	843,8	0,718	2,7
⁵⁶ Fe(n,p) ⁵⁶ Mn	2,577 h	846,7	0,989	7,874
²⁷ Al(n,α) ²⁴ Na	15,03 h	1369	0,999	2,7
⁹³ Nb(n,2n) ^{92m} Nb	10,25 day	934,5	0,740	8,57

3. Generator neutronów



Fot. 5. Generator neutronów ING-17 (VNIIA)
Phot. 5. Neutron Generator ING-17 (VNIIA)

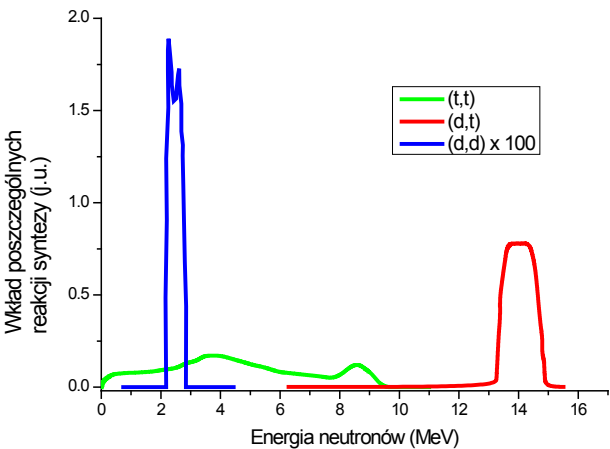
Do celów kalibracji diagnostyk neutronowych tokamaka JET wytypowany został NG ING-17 produkcji VNIIA. Fot. 5 przedstawia generator ING-17 wraz z zespołem sterowania i zasilania. Tabela 3 przedstawia najważniejsze parametry użytkowe tego generatora.

Tabela 3. Charakterystyka techniczna generatora neutronów ING-17
Table 3. Technical characterization of neutron generator ING-17

Parametr	Wartość
Wydajność emisji neutronów [n/s]	do 3·10 ⁸ (En=14 MeV), do 5·10 ⁶ (En=2,5 MeV)
Tryb pracy	impulsowa lub ciągła
Długość impulsu neutronowego (praca impulsowa) [μs]	20-100
Częstotliwość (praca impulsowa) [Hz]	400-10000
Czas operacyjny [h]	300
Napięcie zasilania	110/220V, 50/60Hz
Maksymalny pobór mocy [W]	120
Wymiary generatora [mm]	średnica: 70 długość: 480

Spodziewano się, że widmo neutronów emitowanych z NG bazującego na reakcji D-T będzie zawierało komponenty pochodzące nie tylko z reakcji deuteru z trytem, ale również trytu z trytem i deuteru z deuterem. Wynika to z obecności trytonów w źródle jonów oraz implantacji w materiale trytowanej tarczy deuteronów z wiązki. Są to pierwotne jony z wiązki, które nie przereagowały z jądrami tarczy. Oprócz jonów wiązka uderzająca w tarczę zawie-

rać może molekuly (d^+d^+ , d^+t^+ , t^+t^+ , $d^+d^+d^+$, $d^+d^+t^+$, $d^+t^+t^+$, $t^+t^+t^+$). Kształt widma neutronów w dużym stopniu zależy od energii przyspieszania, obecności poszczególnych składowych w wiązce oraz zmiennej w czasie charakterystyki źródła jonów. Ponadto kierunkowa charakterystyka neutronów podlega zmianie w zależności od położenia monitora w stosunku do osi układu wyznaczonej przez wiązkę jonów. Nieregularność emisji neutronów² jest immanentną cechą reakcji fuzji. Dlatego zagadnienie oszacowania widma neutronów z NG jest niezwykle trudne już w samym założeniu.



Rys. 5. Poglądowy rozkład neutronów względem energii dla generatora neutronów z trytowaną tytanową tarczą
Fig. 5. Schematic view of neutron distribution over energy for the neutron generator with tritiated titanium target

Rozkład energetyczny neutronów z reakcji D-T może być przedstawiony w postaci pików o energii maksymalnej 14 MeV (rys. 5, czerwona składowa wykresu). Kiedy reakcja T-T prowadzi do powstania trzech produktów (trypartycja) to dystrybucja energii pomiędzy nimi ma szerokie widmo, stąd też określenie teoretyczne takiego rozkładu neutronów jest zadaniem skomplikowanym. Widmo energetyczne neutronów z reakcji T-T przedstawia się zwykle w postaci elipsy zmodyfikowanej w zakresie niskich energii w wyniku wtórnych interakcji (rys. 5, początkowa i środkowa część zielonej składowej wykresu). Widmo neutronów będące wynikiem powstania ⁵He, w stanie podstawowym, ma kształt pików o maksymalnej energii 8,7 MeV (rys. 5, wkład do pików widocznego w zakresie wysokich energii na zielonej składowej wykresu). Z kolei powstawaniu ⁵He* w stanie wzbudzonego towarzyszy emisja neutronów w postaci pików o energii 7,7 MeV (rys. 5, wkład do pików widocznego w zakresie wysokich energii na zielonej składowej wykresu). Neutrony pochodzące z reakcji D-D mają kształt pików o energii maksymalnej 2,5 MeV. Pik ten ulega deformacji w związku z oddziaływaniami neutronów z materiałem tarczy i obudowy generatora stąd jego symboliczne rozszczepienie przedstawione w postaci niebieskiej składowej wykresu (rys. 5). Końcowy kształt tego widma

² Anizotropia to nieregularności emisji neutronów mierzone w stosunku do osi Z. Asymetria radialna to nieregularności w emisji neutronów mierzone w poprzek do osi Z.

zależy od charakterystyki źródła jonów, stosunku ^5He do $^5\text{He}^+$, składu wiązki i energii przyspieszania jonów oraz stabilności wymienionych powyżej parametrów.

Metody pomiarowe

Stanowisko badawcze

w Narodowym Laboratorium Fizyki w Teddington

Na listopad 2015 r. oraz czerwiec 2016 r. zaplanowano sesje eksperymentalne, których zadaniem było wyznaczenie widma energetycznego neutronów emitowanych z NG dla różnych kątów emisji oraz bezwzględnej ilości emitowanych neutronów. Eksperyment odbywał się w Narodowym (Brytyjskim) Laboratorium Fizyki - NPL (ang.: -National Physical Laboratory, Teddington) w Londynie. Wydajność emisji miała zostać scharakteryzowana w sposób absolutny z błędem nie przekraczającym 5%. Wymaganie to postawiono ze względu na zastosowanie omawianego NG do kalibracji diagnostyk neutronowych tokamaka JET.

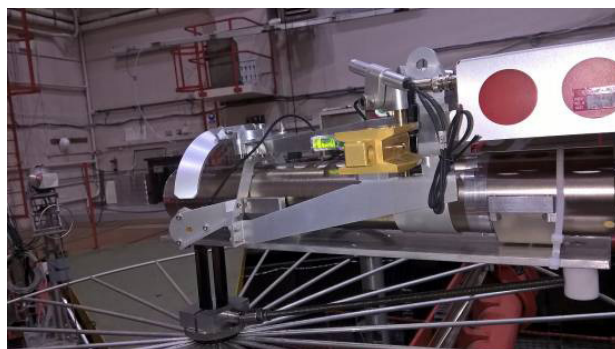
Fotografia 6 przedstawia wnętrze hali nisko-rozproszeniowej w Laboratorium Metrologii Neutronów im Sir Jamesa Chadwicka. Hala posiada na tyle znaczące rozmiary, aby móc zaniedbać składową pochodzącą od rozprożeń podczas pomiarów neutronów. Podlegający charakterystyki NG został zamontowany na jej środku (fot. 6). Wokół NG zamontowane zostały liczne urządzenia służące do monitorowania neutronów, takie jak precyzyjny długi licznik dePanghera (ang.: precision long counter), dwa liczniki długie (LC ang.: long counter), detektor diamentowy na bazie pojedynczego diamentowego monokryształu - SDD (ang.: Single crystal Diamond Detector), półprzewodnikowy detektor krzemowy - SSD (ang.: silicon semiconductor detector), scyntylacyjny spektrometr neutronowy NE-213 i folie aktywacyjne. Wszystkie pomiary wspomagane były obliczeniami z zastosowaniem kodu numerycznego MCNP.

Zestaw foli aktywacyjnych przymocowany został do specjalnie zaprojektowanego uchwytu (fot. 7). Schemat pracy NG obejmował 20 min. pracy i kolejno 20 min. chłodzenia pomiędzy cyklami. Podczas przerw dokonywane były m.in. zmiany położenia diagnostyk neutronowych i prace instalacyjne. Stąd też okresy chłodzenia ulegały często wydłużeniu. Dobowy cykl pracy NG składał się zazwyczaj z 11-13 serii. Natomiast folie aktywacyjne usuwane były zazwyczaj po 9 serii, aby umożliwić pomiary spektrometryczne zaindukowanych neutronami radionuklidów.

Na kolejnej fot. 7 przedstawiony został generator neutronów ING-17 zamontowany na środku obrotowego podestu umożliwiającego zbadanie jego charakterystyk emisyjnych w tym kątowych. Na tle generatora w jego przedniej części widoczna jest korona wykonana z aluminium. Spełnia ona rolę odejmowanego uchwytu umożliwiającego przytwierdzenie do niego próbek aktywacyjnych. Uchwyt wraz z foliami w czasie kalibracji diagnostyk neutronowych tokamaka JET będzie mocowany i zdejmowany za pomocą robota.



Fot. 6. Wnętrze hali eksperymentalnej. NG umieszczony został w centralnej części hali. Na czerwonych prowadnicach dwa LC i NE-213
Phot. 6. Inside the experimental hall. NG has been fixed in the central position. On the red rails are visible two Long Counters and spectrometer NC-213



Fot. 7. NG wraz z przymocowanym do niego SDD (na postumencie w kolorze złotym) oraz uchwytem na folie aktywacyjne
Phot. 7. The NG with attached SDD (on the top of golden pedestal) and holder for activation foils

Uchwyt ten został przedstawiony na fot. 8.



Fot. 8. Uchwyt pozwalający przymocować do generatora w sposób powtarzalny próbki aktywacyjne. W części centralnej dwie folie niobowe oznaczone 1b i 1c

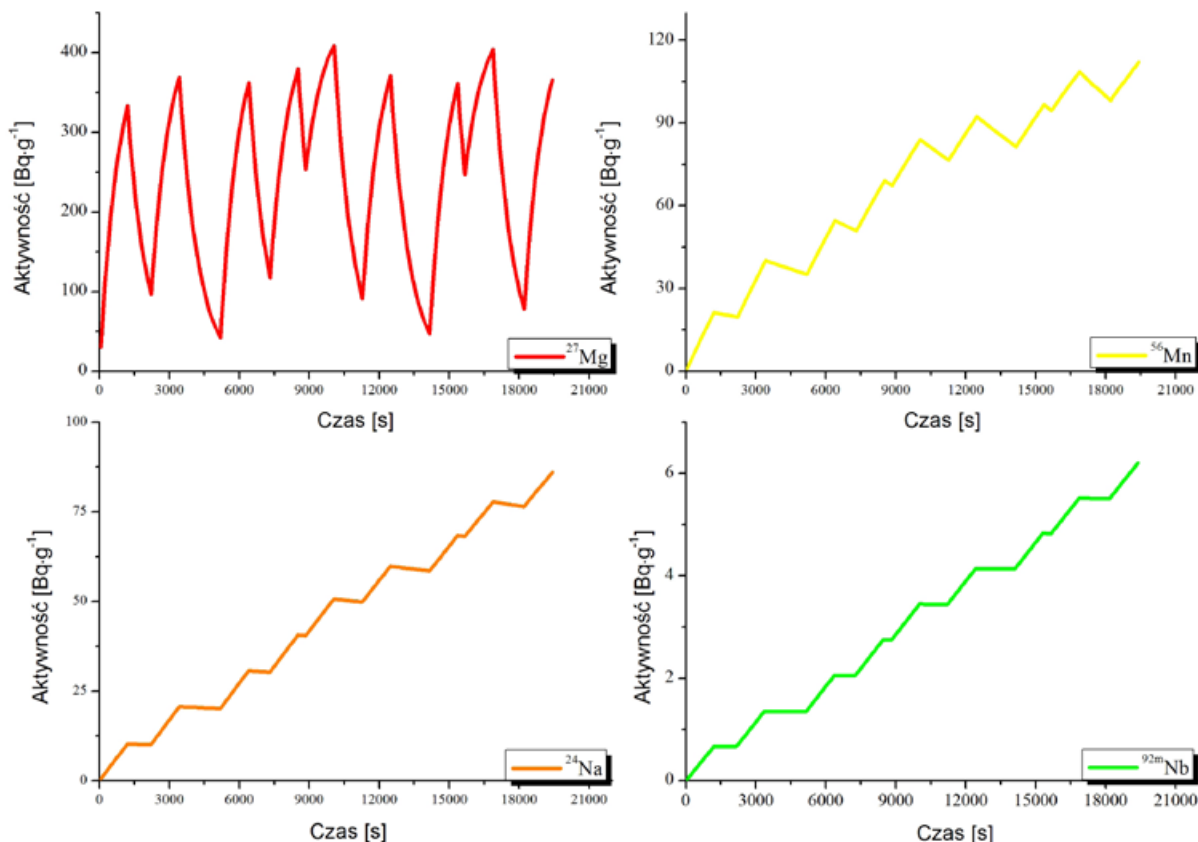
Phot. 8. The holder allows reproducibly fasten activation foils to the generator. In the central position are two niobium foils labeled 1b and 1c

Wyniki i ich omówienie

Spodziewane nieoznaczoności mierzonych wartości pola pod pikiem całkowitego pochłaniania energii były zgodne z wymaganiami dotyczącymi dokładności metody zdefiniowanymi we wstępie.

Rys. 6. ma na celu zobrazować jak zmieniała się aktywność poszczególnych foli aktywacyjnych podczas aktywacji z użyciem NG. Do obliczeń brano rzeczywiste warunki aktywacji

w tym czasy pracy generatora i czasy przerw a aktywność końcowa była określana poprzez pomiar spektrometryczny.



Rys. 6. Przykładowe zmiany aktywności poszczególnych produktów aktywacji
Fig. 6. Examples of changes in the activity of particular activation product

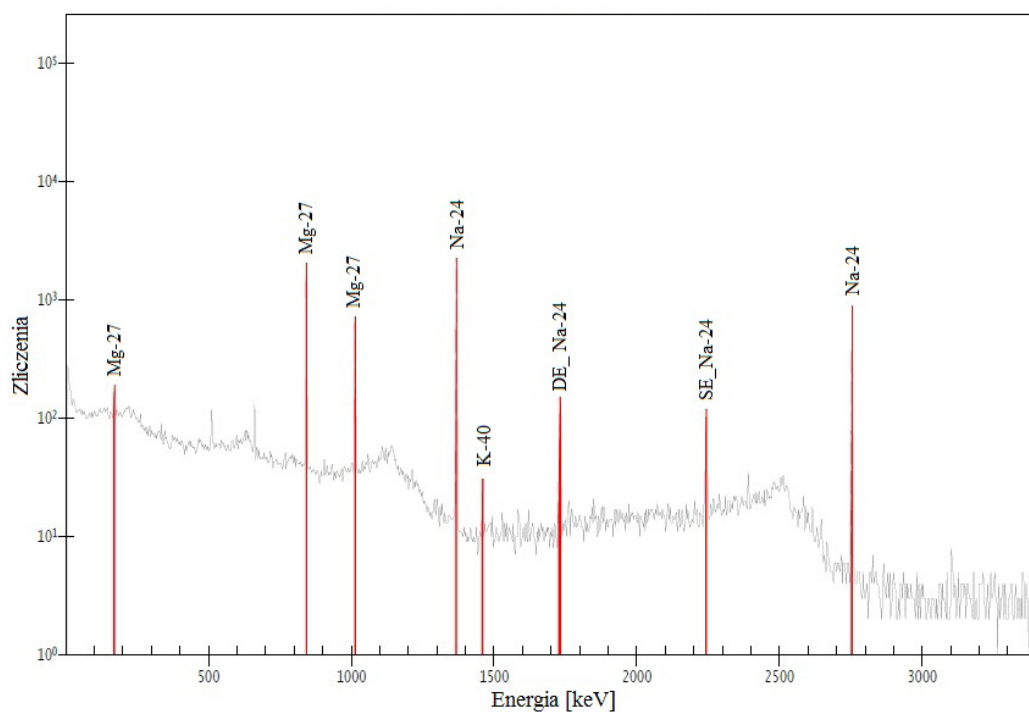
Pomiar spektrometryczny zaktywowanych próbek

Do pomiarów kwantów gamma emitowanych z aktywowanych próbek Al, Fe, Nb użyto wyprodukowany przez Canberra detektor promieniowania gamma, HPGe (ang.: High Purity Germanium) o rozdzielczości 1,85 keV dla piku ^{60}Co o energii 1332,4 keV, wyposażony w charakterystykę numeryczną (NCh) oraz oprogramowanie spektrometryczne GENIE 2000. Dla każdej z powyższych reakcji obliczono wydajność rejestracji kwantów gamma za pomocą oprogramowania LABSCOS/ISOCs. Na podstawie przeprowadzonych obliczeń ustalono, że produkty reakcji $^{27}\text{Al}(n,p)^{27}\text{Mg}$ będą mierzone w pierwszej kolejności ze względu na ich czas połowicznego zaniku (Tabela 1), ale 12 min. od zakończenia aktywacji. Opóźnienie to miało na celu umożliwienie rozpadu produktów reakcji $^{27}\text{Al}(n,\gamma)^{28}\text{Al}$ i w rezultacie zmniejszenie tła Comptonowskiego wokół pików całkowitego pochłaniania energii fotonów pochodzących z ^{27}Mg . Kolejno mierzono produkty reakcji $^{56}\text{Fe}(n,p)^{56}\text{Mn}$ a następnie $^{27}\text{Al}(n,\alpha)^{24}\text{Na}$ i na końcu $^{93}\text{Nb}(n,2n)^{92\text{m}}\text{Nb}$. Taki porządek uwzględniał wcześniejsze obliczenia spodziewanych

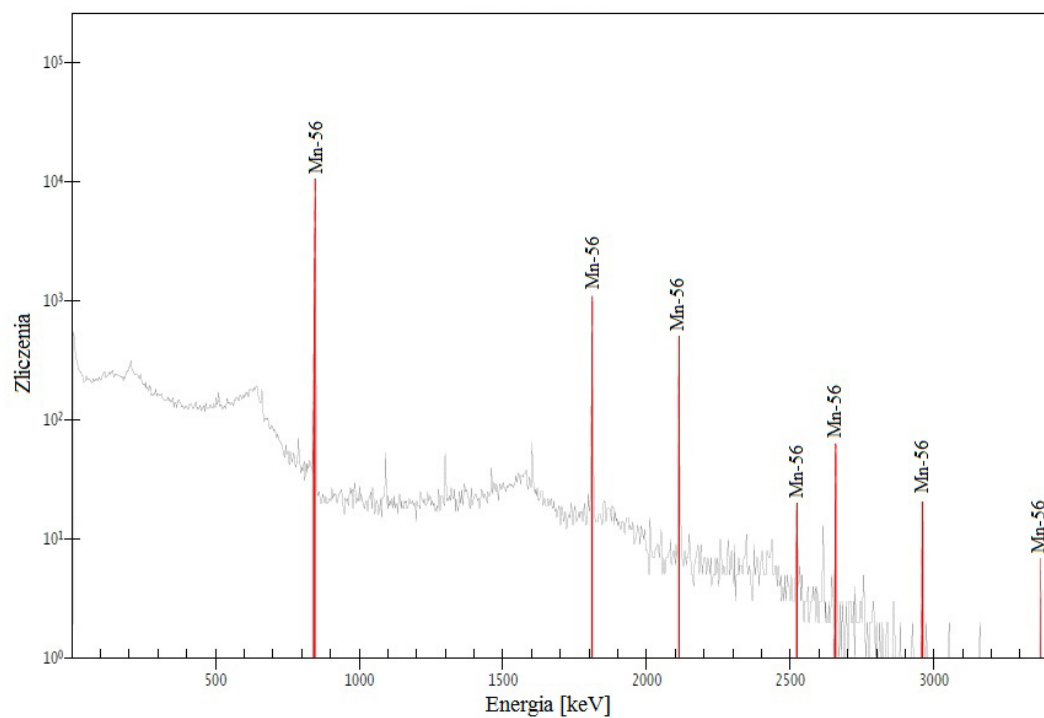
aktywności produktów aktywacji, ich czasy połowicznego zaniku oraz wydajności rejestracji jak również podstawowe zasady akwizycji i obróbki danych spektrometrycznych.

Zmiany aktywności ^{27}Mg mają charakter piłokształtny. Należy jednak zwrócić uwagę, że wobec relatywnie krótkiego okresu połowicznego zaniku ^{27}Mg dość szybko następuje ustalenie równowagi pomiędzy wzrostem aktywności i jej ubytkiem w związku z rozpadem jąder magnezu i jego aktywność nie wzrasta. Wręcz przeciwną sytuację mamy w pozostałych przypadkach.

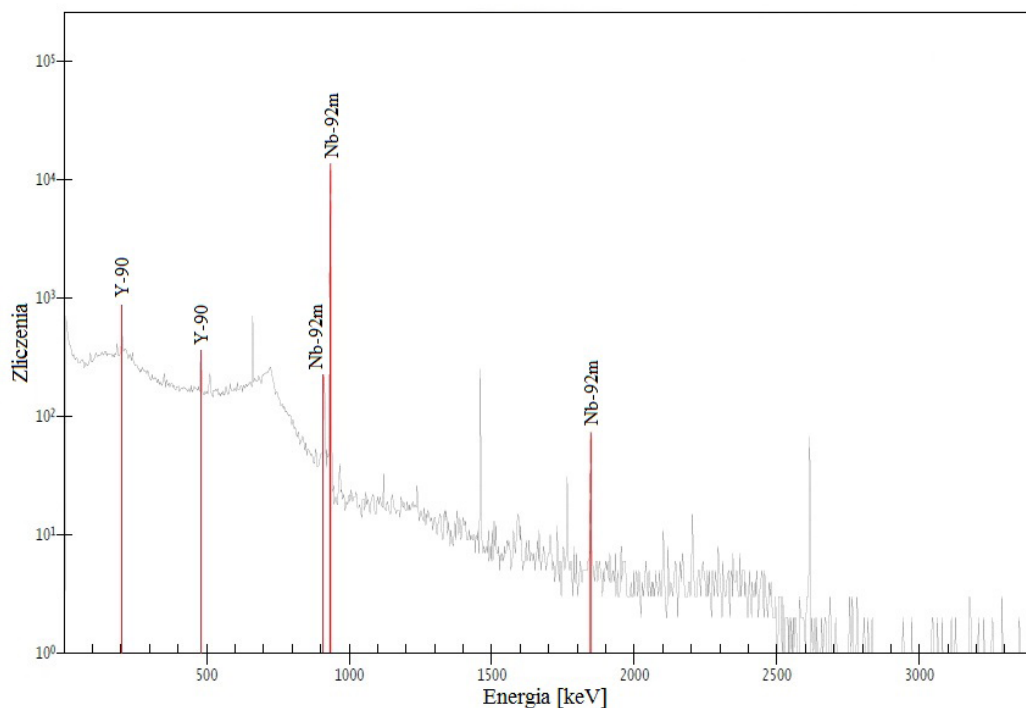
Na rys. 7-9 zaprezentowano przykładowe widma spektrometryczne. Dla aluminium przedstawiono widmo otrzymane w wyniku pierwszego pomiaru dokonanego 12 min. po zakończeniu napromieniowania. Widmo spektrometryczne zebrane podczas drugiego pomiaru niewiele odbiega wyglądem od pierwszego. We wszystkich widmach spektrometrycznych analizowane piki całkowitego pochłaniania energii są wyraźnie widoczne na tle promieniowania tła naturalnego oraz tła Comptonowskiego. Tak więc nie było kłopotu z ich identyfikacją i dalszą analizą.



Rys. 7. Przykładowe widmo spektrometryczne promieniowania gamma emitowanego z próbki aluminium z pierwszego pomiaru
Fig. 7. Exemplary gamma ray spectrum emitted from the aluminum sample during its first measurement



Rys. 8. Przykładowe widmo spektrometryczne promieniowania gamma emitowanego z próbki żelaza
Fig. 8. Exemplary gamma ray spectrum emitted from the iron sample



Rys. 9. Przykładowe widmo spektrometryczne promieniowania gamma emitowanego z próbki niobu
Fig. 9. Exemplary gamma ray spectrum emitted from the niobium sample

Oszacowane wartości aktywności pozostają w dobrej zgodności z wynikami obliczeń. Natomiast nieoznaczoności zbliżają się do wartości krytycznej. Na wartość błędu oszacowania aktywności nie ma wpływu, przy założonych warunkach napromienienia dokładność mierzenia. Istotne znaczenie zawsze ma dokładność oznaczenia wydajności rejestracji kwantów gamma o określonej energii.

W przypadku pomiaru metastabilnego niobu okazało się, że intensywność oddziaływania neutronów z materiałem tarczy jest na tyle duża, że zachodzi reakcja $^{93}\text{Nb}(n,\alpha)^{90}\text{Y}$. Reakcja ta nie była brana pod uwagę w rozważaniach wstępnych.

Oszacowano, na podstawie pomiarów spektrometrycznych i skomplikowanych procedur analitycznych, że wydajność emisji neutronów z badanego generatora wynosiła $2,2 \text{ n}\cdot\text{s}^{-1}$.

Podsumowanie

Na rzecz projektu WPJET3 NC14 przygotowano i zrealizowano wiele prac dotyczących spektrometrii aktywacyjnej dla potrzeb tokamaka JET z użyciem neutronów o energii 14 MeV. W fazie wstępnej dokonano wyboru reakcji jądrowych charakteryzujących się odpowiednio wysoką energią progową, czasem połowicznego rozpadu rzędu minut lub pojedynczych dni oraz wysoką wartością przekroju czynnego dla energii neutronów rzędu 14 MeV. Do reakcji tych należą: $^{27}\text{Al}(n,p)^{27}\text{Mg}$, $^{56}\text{Fe}(n,p)^{56}\text{Mn}$, $^{24}\text{Mg}(n,p)^{24}\text{Na}$, $^{27}\text{Al}(n,\alpha)^{24}\text{Na}$, $^{58}\text{Ni}(n,2n)^{57}\text{Ni}$, $^{90}\text{Zr}(n,2n)^{89}\text{Zr}$,

$^{197}\text{Au}(n,2n)^{196}\text{Au}$, $^{93}\text{Nb}(n,2n)^{92m}\text{Nb}$. Dla każdej z wymienionych reakcji przeprowadzono szczegółową analizę, mającą na celu wybranie reakcji, które posłużą do charakteryzacji generatora neutronów i do kalibracji diagnostyk tokamaka JET. Do celów charakteryzacji generatora neutronów wybrano następujące reakcje jądrowe: $^{27}\text{Al}(n,p)^{27}\text{Mg}$, $^{56}\text{Fe}(n,p)^{56}\text{Mn}$, $^{27}\text{Al}(n,\alpha)^{24}\text{Na}$ oraz $^{93}\text{Nb}(n,2n)^{92m}\text{Nb}$. Dla założeń przedstawionych w części wstępnej niniejszego opracowania przygotowane zostały obliczenia mające na celu oszacowanie spodziewanych aktywności, które zostaną wzbudzone w próbkach aktywacyjnych. W listopadzie 2015 r. i czerwcu 2016 r. przeprowadzone zostały pomiary mające na celu charakteryzację NG 14 MeV pod kątem wydajności emisji i widma energetycznego neutronów. Otrzymane wyniki pomiarów aktywności nie różnią się w stopniu znaczącym od tych otrzymanych w wyniku obliczeń. W każdym przypadku osiągnięto wymaganą niepewność pomiaru aktywności mniejszą niż 5 %. W widmie spektrometrycznym dla niobu wykryto linie gamma pochodzące z reakcji $^{93}\text{Nb}(n,\alpha)^{90}\text{Y}$, której nie wzięto pod uwagę przy założeniach wstępnych. Obliczono wydajność emisji neutronów z NG. Potwierdzono tym samym, że wytypowane reakcje jądrowe mogą być uważane za skuteczne monitory neutronów w czasie kalibracji diagnostyk neutronowych tokamaka JET, kampanii DTE2, T-T oraz D-D.

mgr inż. Ewa Łaszyńska,
 dr inż. Sławomir Jednoróg,
 Instytut Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy,
 Warszawa

BADANIA HISTORYCZNYCH SZKIEŁ PRZY UŻYCIU METOD JĄDROWYCH

Studies of historical glass with the use of nuclear methods

Jerzy J. Kunicki-Goldfinger, Ewa Pańczyk

Streszczenie: Szkło historyczne jest materiałem bardzo trudnym do badania. Metody jądrowe stanowią obecnie większość spośród metod wykorzystywanych do badań historycznego szkła. Dotyczy to zarówno analizy składu chemicznego jak i badań nad strukturą szkła oraz morfologią jego powierzchni.

Abstract: It is very difficult to study historical glass. Nowadays, nuclear methods frequently constitute the basic tools in research of the material. This applies both to the analyses of chemical composition as well as to the studies of glass structure and glass surface morphology.

Słowa kluczowe: szkło, szkło historyczne, archeometria, analiza chemiczna, metody jądrowe

Key words: glass, historical glass, archaeometry, chemical analysis, nuclear methods

Szkło jest materiałem trudnym do badań, a szkło historyczne szczególnie trudnym. Wynika to przynajmniej z paru powodów. Pojęcie „szkła” odnosi się raczej do pewnego stanu skupienia materii, niż do określonej składu chemicznego substancji. Jeżeli pojęcie to zawężymy do szkła produkowanego, powiedzmy, do początków ery przemysłowej w szkło, a więc do przełomu XVIII i XIX wieku (pamiętając, że zjawisko to obserwujemy w różnych rejonach świata w różnych okresach), to wiązać je będziemy praktycznie zawsze ze szkłem tlenkowym, krzemianowym i powstałym w wyniku topienia zestawu szklarskiego w procesie wysokotemperaturowym, po którym nastąpił proces formowania i wreszcie odprężania gotowego wyrobu. To bardzo skrótowy i schematyczny opis poszczególnych etapów wytwarzania wyrobów szklanych. Zarówno proces technologiczny jak i sam zestaw surowcowy różniły się w historii szklarstwa w zależności od miejsca i czasu. Jeśli więc pod względem fizycznym szkło historyczne stanowi materiał o podobnych właściwościach, to pod względem chemicznym już nie zawsze. Co łączy wszystkie szkła historyczne, to obecność w nich SiO_2 – podstawowy element wiązkotwórczy w strukturze szkła. We względnie niewielkiej grupie szkielek, taką rolę podstawowego składnika wiązkotwórczego może też pełnić PbO . Szkła takie znajdują się między innymi wśród niektórych obiektów średniowiecznych, takich jak szkła witrażowe, biżuteria szklana, czy nawet szklane naczynia. Zawartość PbO w takich szklach wyrażona w procentach molowych przekracza 50%. Jednakże i w tym przypadku, ponieważ PbO nie jest tlenkiem szklotwórczym, konieczna jest określona zawartość SiO_2 aby powstało szkło. Niemniej większość historycznych szkielek są to szkła krzemianowe; te z kolei charakteryzują się wielką różnorodnością i różnorodnością spotykanych (analizowanych) składów chemicznych.

Rozróżnia się wiele typów chemicznych szkielek w zależności od jego składu chemicznego, a przede wszyst-

kim od zawartości składników często nazywanych większościami. Z reguły suma zawartości tych składników większościami przekracza 90% masy szkła – większość publikowanych w literaturze przedmiotu wyników analiz chemicznych szkielek historycznych ogranicza się do tych właśnie komponentów. Wyróżniane typy chemiczne w bezpośredni sposób wiążą się z zastosowanymi surowcami szklarskimi i warunkami technologii wytopu. Są to jednak typy umowne i brak jest też jednolitego nomenklatury przyjętego do ich opisów. Stosuje się na przykład pojęcia „szkła ołowiowego”, „szkła alkalicznego”, „szkła sodowego”, itd. Czasem stosowane są symbole typów, jak na przykład - szkło typu $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$. Jeżeli we współczesnej technologii szklarskiej terminy czy symbole te znajdują zastosowanie jako jednoznacznie zdefiniowane, to w przypadku szkielek historycznych nie jest to możliwe. Co prawda jest wiele prac w literaturze przedmiotu, w których autorzy starają się podać charakterystyczne zakresy zawartości poszczególnych składników szkła, lub charakterystyczne progi ich zawartości, to w praktyce są one przyjęte z reguły przez niewielkie zespoły badaczy zajmujących się szkłem z bardzo wąsko określonej czasem i miejscem powstania grupy. Współcześnie stosując względnie czyste (a w każdym bądź razie o znanym składzie chemicznym) surowce szklarskie topione w ściśle kontrolowanych warunkach technologicznych, skład chemiczny szkła można nawet wyliczyć na podstawie znajomości tych surowców, można więc dokładnie kontrolować jakie szkło uzyskujemy w danym procesie i w związku z tym można te szkła także usystematyzować pod względem typów chemicznych. Natomiast w szklach historycznych, duża część składników identyfikowanych w ich składzie była wprowadzana przypadkowo, w postaci zanieczyszczeń surowców lub w wyniku stosowania wieloskładnikowych surowców. Brak odpowiedniego reżimu technologicznego (np. utrzymywania odpowiedniej temperatury) powodował, że przy

stosowaniu takiego samego wsadu (zestawu szklarskiego składającego się z tych samych surowców zmieszanych w tych samych proporcjach) otrzymywano szkło o nieco innym składzie chemicznym, szczególnie wówczas, gdy jakieś surowce charakteryzowały się dużą lotnością w stosowanych temperaturach. Konieczność dokładnego zdefiniowania tych typów chemicznych w odniesieniu do szkieł historycznych nie wydaje się jednak taka ważna, jak to ma miejsce w odniesieniu do szkieł współczesnych. O wiele większe znaczenie mają próby identyfikowania typów technologicznych, które związane są raczej ze stosowaniem określonego rodzaju surowca. I tak – szkła, do wytopu których stosowano sodę mineralną jako źródło alkaliów, różnią się od szkieł popiołowych, do produkcji których stosowano popiół roślin halofitowych – niemniej w obydwu przypadkach otrzymywano tak zwane „szkła sodowe”. Rozróżnia się te typy na podstawie zawartości pewnych składników, wprowadzanych do szkła jako drugorzędny składnik surowcowy lub zanieczyszczenie surowca. Gdy na przełomie XVIII i XIX wieku wprowadzono w szklarstwie jako źródło alkaliów sodę (węglan sodu), szkła te identyfikuje się na podstawie braku lub bardzo niewielkich zawartości pewnych składników, które były wprowadzane do zestawu w dwóch poprzednich grupach szkieł. Podobnie klasyfikuje się tak zwane „szkła ołowiowe”, czy „potasowe”. W przypadku „szkieł potasowych” wyróżnia się szkła wytworzone przy użyciu popiołów roślin lądowych, głównie leśnych (czasami nazywanych popiołami drzewnymi, choć mogą one pochodzić też na przykład z wypalania paproci) oraz te wytworzone przy użyciu potażu (produktu oczyszczania popiołu) czy saletry. Szkło historyczne wytwarzano w różnych okresach i rejonach z różnych zestawów szklarskich, zawsze jednak używano co najmniej dwóch surowców (piasku lub innego źródła krzemionki oraz jakiegoś topnika obniżającego temperaturę topienia krzemionki). Trzeci konieczny składnik szkła – tak zwany stabilizator, którym w szklach historycznych był z reguły wapń – mógł być komponentem jednego z tych dwóch podstawowych surowców lub mógł być też wprowadzany do zestawu jako osobny surowiec. W praktyce w okresie średniowiecznym i nowożytnym, zestawy szklarskie składały się z wielu surowców. Niektóre z nich, choć stosowane we względnie niewielkich ilościach, wprowadzały do szkła pierwiastki, które możemy dziś wiązać z określonym znanym nam historycznym surowcem lub ich grupą; był to na przykład boraks, arsenik czy chlorek sodu, jak również różne surowce barwiące czy mączące szkło.

Tak więc, aby wstępnie scharakteryzować badane szkło, wystarczą nam analizy zawartości jego kilkunastu składników. Aby więcej powiedzieć o technologii wyrobu obiektu szklanego oraz miejscu i czasie jego powstania analizuje się obecnie nawet ponad czterdzieści składników. Typowy podstawowy zestaw składników poszukiwanych i analizowanych w omawianych szklach obejmuje przede wszystkim: SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO , MnO , Na_2O , K_2O , Fe_2O_3 , P_2O_5 , Cl , SO_3 , Sb_2O_3 , ZnO , TiO_2 , PbO , BaO (skład chemiczny szkieł historycznych wyrażany jest w formie tlenkowej, poza jedynie kilkoma wyjątkami). Jeżeli szkło było dodatkowo barwione, zestaw tych poszukiwanych składników powiększa się w zależności od koloru na przykład o Cu , Au , U , Co , Cr czy Ni . Do dokładniejszej charakterystyki stosowanych surowców wykorzystuje się także analizę całego szeregu

innych składników, czasami potocznie nazywanych „śladowymi”. Wśród nich, ważną rolę odgrywają, między innymi, pierwiastki ziem rzadkich, których zawartości (często normalizowane do chondrytów) stanowią dodatkową informację pomagającą nam rozróżnić różne złoża piasków. Oprócz analizy pierwiastkowej, w badaniach szkieł historycznych wykorzystuje się też w niektórych przypadkach analizę izotopów trwałych, takich pierwiastków jak Pb , Sr czy Nd . Wyniki tych badań pozwalają nam, czasami, na charakterystykę ołowiu użytego do produkcji szkła, a nawet identyfikację i lokalizację złóż jego rud; analiza izotopów strontu dotyczy głównie rozróżnienia typu surowca wprowadzającego do szkła wapń; natomiast analiza izotopów neodymu związana jest z charakterystyką złóż piasku.

Zagadnienie interpretacji składu chemicznego szkła historycznego jest dodatkowo skomplikowane ze względu na powszechną praktykę stosowania stłuczki szklanej jako komponentu zestawu szklarskiego, przy czym czasem była to tak zwana stłuczka własna, a czasem obca (zbierana, często skupowana). Jeśli w pierwszym przypadku jej użycie nie wpływa znacząco na zmiany w składzie chemicznym szkła, to zastosowanie stłuczki obcej jak najbardziej.

Informacja o składzie chemicznym szkieł historycznych może więc zawierać zarówno elementy ważne, istotne dla właściwej interpretacji tego składu, jak i elementy o pewnej dozie spekulatywności, a czasem i przypadkowości, dla interpretacji technologicznej obiektu. Rozróżnienie tych elementów stanowi podstawę interpretacji szkła. W badaniach szkieł wyróżnia się dwa podstawowe podejścia metodologiczne. Pierwsze, związane jest z dokładnym rozpoznaniem pojedynczego obiektu za pomocą często wielu różnych metod badawczych, których rodzaj, zakres i kolejność ustala się w zależności od charakteru obiektu. Drugie, polega na badaniach całego zbioru szklanych obiektów, które w jakiś sposób są ze sobą związane (technologicznie, kulturowo, czasowo, terytorialnie itd.). Badania takie polegają z reguły na wstępnej klasyfikacji tych obiektów w oparciu o ustalony wcześniej czynnik grupujący/rozdzielający. Może to być na przykład barwa, identyfikacja charakterystycznego składnika szkła lub potwierdzenie zawartości danego składnika powyżej pewnego ustalonego poziomu itd. W tym przypadku, taki czynnik powinien być względnie łatwo identyfikowalny, np. potwierdzenie obecności Co czy As w szkłe, Pb powyżej jakiegoś progu, itd. Ten wstępny etap badań pozwala na pogrupowanie zbioru i wytypowanie reprezentatywnych przedstawicieli utworzonych podzbiorów, przeznaczonych do dalszych dokładniejszych analiz.

Każdorazowo przy doborze metody badań szkła brany jest pod uwagę ich cel (zdefiniowany problem naukowy, który ma być rozwiązany), charakter obiektu(ów) szklanych oraz możliwości badawcze.

Cele badań mogą być różnorodne, niemniej w większości przypadków dotyczą analizy składu chemicznego (pierwiastkowego, izotopowego), analizy składników/czynników barwiących, mączących i innych uszlachetniających szkło, badania stopnia utlenienia wybranych składników, badania nad strukturą obiektu szklanego i morfologią jego powierzchni, procesów korozyjnych szkła itd. Generalnie są one związane z jedną z dwóch głównych dziedzin badawczych szkła historycznego. Pierwsza dotyczy określenia miejsca i czasu jego powstania oraz rozpoznania technologii wytworzenia szkła, w tym ewentualnie jego

struktury wewnętrznej (np. w przypadku szkielek barwnych często o wielowarstwowych skomplikowanych strukturach) i form oraz metod dekoracyjnych. Druga dziedzina związana jest z badaniami nad trwałością chemiczną szkła i metodami jego stabilizacji oraz konserwacji.

Charakter obiektu szklanego implikuje wybór możliwych do zastosowania metod badawczych. Wśród najważniejszych czynników branych tu pod uwagę trzeba wymienić rodzaj przedmiotu (szkło okienne, naczynie, biżuteria, żyrandol itd.), wielkość przedmiotu i grubość szkła, możliwość jego transportu do laboratorium, możliwość pobrania „próbki” (materiału do badań), stan zachowania, a przede wszystkim stan zachowania jego powierzchni, morfologia obiektu (np. jedna masa szklana lub wiele mas szklanych wykorzystanych do produkcji), barwa, przejrzystość szkła, itd. Niemniej najważniejszym czynnikiem bardzo często warunkującym dobór metody badawczej jest wartość historyczna lub artystyczna badanego przedmiotu. W wielu przypadkach nie ma możliwości pobrania próbki do analizy, a zastosowane metody muszą być nieniszczące dla obiektu. W innych, można stosować metody nazywane czasem „mikro-niszczącymi”, pobierać próbki o bardzo małej masie lub stosować metody powierzchniowe.

Możliwości badawcze w praktyce okazują się także bardzo ważnym czynnikiem – a są to między innymi koszty badań, dostęp do aparatury, doświadczenie zespołu badawczego, dostęp do materiałów referencyjnych, itd.

Pierwszą znaną analizę szkła przeprowadził Martin H. Klaproth już pod koniec XVIII wieku. Od tego czasu nastąpił znaczący rozwój wiedzy o szkle i metodach analitycznych, a liczba publikowanych wyników analiz szkielek historycznych stale rośnie.

Współcześnie, do badań historycznego szkła wykorzystywane są rozmaite metody. Obserwacje struktury szkła i morfologii jego powierzchni prowadzi się przy użyciu różnych technik mikroskopowych, takich jak mikroskopia optyczna czy elektronowa. Dość powszechnie wykorzystywane są rozmaite typy skaningowych mikroskopów elektronowych (SEM, ESEM, SEM-FEG, i in.) z reguły wyposażonych w spektrometry EDS i/lub WDS, a tym samym pozwalających na przeprowadzenie mikroanalizy wybranego obszaru powierzchni analizowanej próbki. Wśród innych instrumentalnych metod analitycznych dość powszechnie stosowanych w archeometrii szkła należy wymienić przede wszystkim spektrometrię mas z jonizacją próbek w plazmie indukcyjnie wzbudzonej po ablacji laserowej (LA-ICP-MS), neutronową analizę aktywacyjną (NAA), analizę aktywacyjną z natychmiastową emisją kwantu gamma (PGAA), rentgenowską analizę fluorescencyjną (XRF), analizę fluorescencyjną promieni X wzbudzanych cząstkami (PIXE), analizę promieniowania gamma wzbudzanego protonami (PIGE). Wiele innych metod znajduje zastosowanie w rozwiązywaniu węższych, bardziej specjalistycznych problemów badawczych – i są to metody zarówno względnie proste, takie jak rozmaite techniki radiograficzne czy pomiar wstecznie rozproszonych cząstek beta, jak i bardziej wyrafinowane, jak na przykład spektrometria gamma czy szereg metod wykorzystujących promieniowanie synchrotronowe. Generalnie badając szklany obiekt zabytkowy rzadko porzeka się na wykorzystaniu tylko jednej metody; z reguły planuje się całą sekwencję badań z wykorzystaniem różnych metod. W tym miejscu można podkreślić, że metody jądrowe stanowią znakomitą większość wśród tych stosowanych w archeometrii szkła. Wykorzystanie metod jądrowych w badaniach rozmaitego typu dzieł sztuki i w archeometrii rozpo-

wszechnia się po II wojnie światowej. Choć pewne metody, na przykład niektóre techniki radiograficzne, wykorzystywane były w laboratoriach muzealnych jeszcze przed wojną, to instrumentalne metody wchodzą do praktyki badawczej dzieł sztuki i innych obiektów o wartości historycznej w latach 50-tych dwudziestego wieku. Jednymi z najwcześniejszych zastosowanymi na szerszą skalę były rentgenowska analiza fluorescencyjna i mikroanaliza rentgenowska. Prawie od samego początku były one wykorzystywane także do badań historycznego szkła.

Wybrane przykłady badań prowadzonych nad historycznym szkłem w Instytucie Chemii i Techniki Jądrowej w Warszawie oraz w innych instytucjach współpracujących.

Największą grupę badań stanowią analizy pierwiastkowe szkła europejskiego pochodzącego od starożytności do początków XX wieku. W przypadku możliwości pobrania próbki do badań, najczęściej wykorzystywaną metodą jest SEM-EDS (lub EPMA) oraz LA-ICP-MS. Rzadziej stosowane są NAA, PIXE i PIGE. Jeśli pobranie próbki nie jest możliwe, wykorzystuje się metody nieniszczące, głównie powierzchniowe, takie jak EDXRF. Z wielu różnych względów (m.in.: zróżnicowana geometria pomiaru, pomiar poprzez skorodowaną powierzchnię warstwę szkła) badania takie nie prowadzą do uzyskania wyników ilościowych; niemniej pozwalają na identyfikację wybranych pierwiastków. Jeżeli przedmiot szklany może być transportowany, wykorzystywana jest też metoda PGAA.



Fot. 1. Trzon i stopa kieliszka w typie weneckim (XVII w.). Muzeum Archeologiczno-Historyczne w Elblągu (fot. P. Ligier)

Phot. 1. Stem and foot of façon de Venise goblet (17th century). Muzeum Archeologiczno-Historyczne in Elbląg (Phot. By P. Ligier)

Wśród ważniejszych i ciekawych ze względu na uzyskane wyniki projektów wymienić można badania nowożytnych środkowoeuropejskich szkielek naczyniowych z kolekcji muzeów polskich, czeskich i amerykańskich, jak również naczyniowych szkielek późnośredniowiecznych i nowożytnych pochodzących z prac archeologicznych prowadzonych na terenie Elbląga (fot. 1), Wrocławia i Poznania w Polsce, Budy i Wyszegradu na Węgrzech oraz Amsterdamu w Holandii. Uzyskane wyniki badań pozwoliły między innymi na wyodrębnienie i scharakteryzowanie osiemnastowiecznych szkielek naczyniowych z wybranych hut Rzeczypospolitej, Brandenburgii i Saksonii. Oprócz

weryfikacji pochodzenia poszczególnych naczyń, wyniki badań pozwoliły na rozpoznanie technologii wytworzenia tych szkieł, w wielu przypadkach także na identyfikację wybranych użytych surowców i zestawów szklarskich. Określono charakterystyczne cechy występujące w składzie chemicznym szkieł z kilku ważniejszych działających wówczas hut, które mogą stanowić podstawę do dalszych weryfikacji pochodzenia kolejnych obiektów. Badania szkieł archeologicznych z Amsterdamu dotyczą pozostałości, odpadów lub fragmentów wyrobów szklanych znajdujących na terenach siedemnastowiecznych hut w tym mieście. Trzeba tu podkreślić, że Amsterdam w tym czasie stanowił jedno z najważniejszych centrów produkcji szkła w Europie, a holenderskie szkło znajduwane jest dość powszechnie także w trakcie prowadzenia prac archeologicznych na terenach wielu miast znajdujących się w obecnych granicach Polski. Badania te mają też wyjątkowe znaczenie ze względu na potwierdzone pochodzenie analizowanych szkieł.

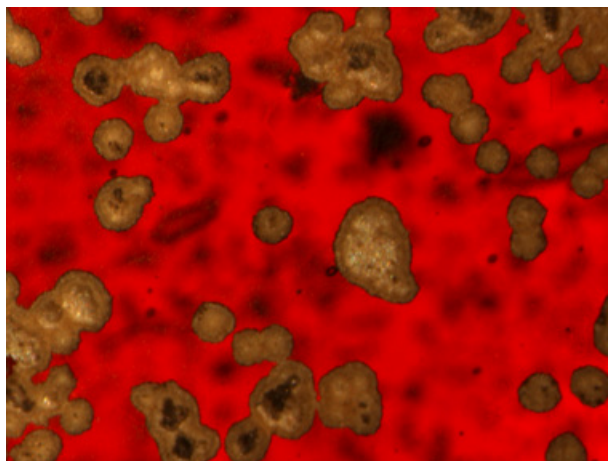
Analizy składu chemicznego szkieł nowożytnych mają też fundamentalne znaczenie dla badań nad trwałością chemiczną tych szkieł, co znajduje bezpośrednie przełożenie na opracowywanie metod stabilizacji i bezpiecznego przechowywania szkieł nietrwałych chemicznie w warunkach muzealnych.



Fot. 2. Głowa Chrystusa, Great East Window, York Minster, York, Wielka Brytania (1405-1408, John Thornton). Kwaterna 2e w trakcie konserwacji (fot. J. Kunicki-Goldfinger)

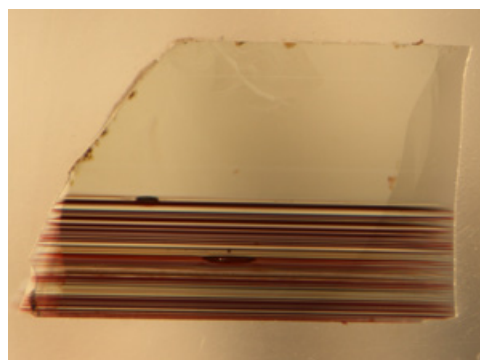
Phot. 2. A head of Christ, Great East Window, York Minster, UK (1405-1408, John Thornton). Panel 2e during conservation. (Phot. J. Kunicki-Goldfinger)

Badania nad średniowiecznym szkłem witrażowym (fot. 2) stanowią drugą dużą i ważną grupę. Dotyczą one przede wszystkim szkieł z zachodniej Europy, głównie z Anglii i Francji. Do tej pory przebadano ponad 900 szkieł, przy czym w większości przypadków możliwe było pobranie próbek do analizy. Analiza pierwiastkowa wykonywana jest przy użyciu SEM-EDS lub SEM-WDS, a następnie wybrane próbki analizowane są za pomocą LA-ICP-MS. Duża grupa szkieł badana była też przy użyciu PIXE/PIGE. Jednakże w badaniach tych szkieł, szczególnie w badaniach złożonych wielowarstwowych struktur niektórych szkieł barwnych (np. czerwonych i zielonych) stosowano cały szereg innych metod, w tym metody synchrotronowe czy transmisyjną mikroskopię elektronową. Jednym z ciekawszych rezultatów badań nad średniowiecznym szkłem witrażowym jest odkrycie i opisanie struktur tych szkieł, opracowanie chronologii ich pojawiania się w historii szklarstwa średniowiecznego i opracowanie hipotetycznej technologii wytwarzania takich szkieł (fot. 3, fot. 4).



Fot. 3. Czerwone szkło witrażowe z widocznymi na powierzchni wżerami korozyjnymi. XIV w., katedra w Canterbury, Wielka Brytania (fot. J. Kunicki-Goldfinger)

Phot. 3. Corrosion pits seen on the red glass surface. Stained glass from the 14th century, Canterbury cathedral, UK. (Phot. J. Kunicki-Goldfinger)



Fot. 4. Przekrój poprzeczny czerwonego szkła witrażowego z XIII wieku z katedry w Burgos, Hiszpania. (fot. J. Kunicki-Goldfinger)

Phot. 4. Cross-section of the 13th century red glass from the cathedral in Burgos, Spain (Phot. J. Kunicki-Goldfinger)

Szczególna grupa badań dotyczy też analizy zawartości pierwiastków charakteryzujących się naturalną radioaktywnością. W Instytucie Chemii i Techniki Jądrowej w Warszawie prowadzono badania, między innymi, nad zawartością potasu w szkłe historycznym, obliczaną na podstawie wyników pomiaru zawartości izotopu ^{40}K przy użyciu gamma spektrometrii. Te samą metodę z powodzeniem stosowano do analizy zawartości uranu w szklach barwionych jego związkami.

Metody jądrowe stanowią podstawę wielu badań w zakresie archeometrii szkła. Nowe tematy badawcze formułowane przez historyków, technologów, konserwatorów, muzealników czy badaczy z innych dziedzin zajmujących się historycznym szkłem stwarzają konieczność poszukiwania nowych narzędzi badawczych i w wielu przypadkach są to narzędzia z zakresu metod jądrowych.

dr Jerzy J. Kunicki-Goldfinger,
dr Ewa Pańczyk,
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej,
Warszawa



HANNOVER MESSE 2017

11 października 2017 r. w ambasadzie Niemiec w Warszawie dyrektor Targów Hannover Messe Marc Siemering oraz podsekretarz stanu w Ministerstwie Rozwoju RP Paweł Choraży podpisali umowę w wyniku, której Polska w przyszłym roku oficjalnie będzie 12. Krajem Partnerskim targów Hannover Messe (24-28 kwietnia 2017 r.). Te największe i najważniejsze na świecie targi przemysłowe będą stanowiły okazję dla przedstawicieli polskiej gospodarki do zaprezentowania swoich innowacyjnych produktów i wymienienia doświadczeń z innymi przedsiębiorstwami. W jubileuszowym roku 25-lecia podpisania polsko-niemieckiego Traktatu o dobrym sąsiedztwie i przyjaznej współpracy umowa jest ważnym świadectwem intensywnych stosunków gospodarczych, jakie łączą Polskę i Niemcy. W swoim przemówieniu Ambasador Rolf Nikel chwalił dynamiczny rozwój polsko-niemieckiej współpracy gospodarczej. Powiedział, że podpisanie umowy o partnerstwie stanowi idealną podstawę do dalszej intensyfikacji wymiany również w przyszłości, chociażby w takich obszarach jak przemysł 4.0 lub odnawialne źródła energii. Takie samo zdanie wyrazili również przedstawiciele stron polskiej i niemieckiej, którzy razem z Ambasadorem cieszą się na aktywny udział Polski w targach. Z innych źródeł dowiedzieliśmy się, że do udziału w tych targach przygotowuje się między innymi firma RADPOL producent sieciowanych radiacyjnie wyrobów termokurczliwych. Być może będzie, więc okazja do przypomnienia o 150 rocznicy urodzin Marii Skłodowskiej-Curie, która nadal jest naszym doskonałym „towarem eksportowym”.

<http://www.hannovermesse.de/en/news/>

Wcześniej strona niemiecka informowała o targach Domotex, które odbędą się w dniach od 14 do 17 stycznia przyszłego roku również w Hanowerze. Wystawcy zaprezentują najnowsze produkty w kategoriach: tekstylne wykładziny podłogowe z włókien i przędzy; elastyczne pokrycia podłogowe; parkiet z drewna i laminatu; nowoczesne ręcznie robione dywany i dywaniki oraz technologie instalacyjne. Organizatorów targów zainteresowała nasza propozycja wykładu na temat radiacyjnej konserwacji historycznych dywanów i parkietów oraz zastosowania konsolidacji radiacyjnej do ratowania historycznego drewna oraz produkcji klepki podłogowej. Uzgodniliśmy, że spróbujemy zgłosić taki temat do przyszłej edycji targów.

<http://www.domotex.de/home>



NAGRODY POLSKIEGO TOWARZYSTWA NUKLEONICZNEGO

Polskie Towarzystwo Nukleoniczne (PTN) rozstrzygnęło kolejny konkurs na najlepsze prace doktorskie, magisterskie, inżynierskie i licencjackie związane tematycznie z atomistyką (wykorzystaniem zjawisk, procesów i technik jądrowych, ekonomiką i odbiorem społecznym zastosowań energetyki jądrowej itp.). W konkursie wzięły udział prace obronione w latach 2015/2016. O przyznaniu nagród zdecydowała powołana przez Zarząd Główny PTN Komisja Konkursowa w składzie: prof. dr hab. Krzysztof Wieteska (przewodniczący), dr Bożena Sartowska (koordynator), prof. dr hab. Grażyna Zakrzewska

Kołtuniewicz, prof. dr hab. Andrzej G. Chmielewski, prof. dr hab. Stefan Chwaszczewski, prof. dr hab. Jan Składzień oraz dr Nikola Uzunow, przedstawiciel PGE EJ 1. Kapituła w swojej ocenie wzięła pod uwagę oryginalność i nowatorstwo rozwiązań technicznych, technologicznych oraz organizacyjnych, a także walory poznawcze nadesłanych prac. Nagrody były oceniane w czterech kategoriach: energetyka jądrowa, zastosowania medyczne technik nuklearnych, technologie radiacyjne, inne prace tematyką nawiązujące do problematyki korzyści i zagrożeń związanych z wykorzystaniem technik jądrowych. Partnerem konkursu była PGE EJ 1 oraz portal „Świadomie o atomie”.

Wyniki Konkursu

Prace doktorskie

I Nagroda. Agata PIOTROWSKA, Instytut Chemii i Techniki Jądrowej, „Sfunkcjonalizowane nanozeolity, jako nośniki radioizotopów ^{223}Ra , ^{224}Ra i ^{225}Ra w celowanej terapii radionuklidowej, promotor: prof. dr hab. Aleksander Bilewicz

II Nagroda. Jacek BOGUSKI, Instytut Chemii i Techniki Jądrowej, „Dobór kryteriów oceny degradacji radiacyjnej i termicznej kabli”, promotor: dr hab. Grażyna Przybytniak prof. IChTJ

III Nagroda. Igor KRÓLIKOWSKI, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Energetyki i Paliw, Katedra Energetyki Jądrowej, praca w języku angielskim „Modeling of SiC Sensor Characteristics for Nuclear Radiation Measurements” (Modelowanie charakterystyki sensorów SiC do pomiarów promieniowania jądrowego), promotor: dr hab. inż. Jerzy Cetnar

Prace magisterskie

I Nagroda. Monika SZYMAŃSKA, Uniwersytet Warszawski, Wydział Chemii, kierunek: Energetyka i Chemia Jądrowa, zakres: medycyna nuklearna, „Obrazowanie molekularne w monitoringu onkogenności subpopulacji komórek raka jasnokomórkowego nerki”, pod kierunkiem: dr. Zbigniewa Rogulskiego

II Nagroda. Kamila KOŁACIŃSKA, Szkoła Główna Handlowa, kierunek: Zarządzanie, specjalność Zarządzanie projektami, „Uzasadnienie ekonomiczne wdrożenia Programu Polskiej Energetyki Jądrowej”, pod kierunkiem naukowym: dr. Roberta Sasina

III Nagroda. Piotr WALCZAK, Politechnika Warszawska, Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa, Zakład Maszyn i Urządzeń Energetycznych, praca w języku angielskim „Acquisition system development for the need of Maestro SL experimental program performed in MINERVE Zero Power Reactor” (Budowa systemu akwizycji danych pomiarowych na potrzeby eksperymentu Maestro SL przeprowadzonego w reaktorze mocy zerowej MINERVE, pod kierunkiem dr. inż. Grzegorza Niewińskiego

Prace licencjackie i inżynierskie

I nagroda. Michał KUD Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, kierunek: Fizyka techniczna, „Zastosowanie metody radioznacznikowej do badań akumulacji wybranych pierwiastków w roślinach na przykładzie Arabidopsis thaliana”, pod kierunkiem dr. inż. Joanny Dudalę

II Nagroda. Mikołaj WIECZOREK, Politechnika Poznańska, Wydział Elektryczny, Instytut Elektroenergetyki, „Modelowa-

nie wybranych elementów elektrowni jądrowych, pod kierunkiem dr. inż. Radosława Szczerbkiego

III Nagroda. Sierhei SHUMSKI, Politechnika Warszawska, Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa, Zakład Maszyn i Urządzeń Energetycznych, praca w języku angielskim „Development of an advanced RELAP/SCDAPSIM U-AI fuel plate component model for the design basis and severe accidents analysis”, (Opracowanie modelu zaawansowanego komponentu płyty paliwowej U-AI w kodzie RELAP/SCDAPSIM dla analizy podstaw modelowania i ciężkich awarii), pod kierunkiem dr. inż. Nikołaja Uzunowa

Nagrody (dyplom, książka + przekaz pieniężny) zostały wręczone w trakcie inauguracji roku akademickiego 2016/2017 oraz Rad Naukowych Instytutów. Nagrody przekazali członkowie Zarządu Głównego PTN: prof. dr hab. Jerzy Niewodniczański, dr inż. Wiesław Gorączko, dr inż. Wojciech Głuszewski, dr Andrzej Mikulski, prof. dr hab. Grażyna Zakrzewska-Kołatuniewicz.

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



DLACZEGO POLSKA POZOSTAJE W TYLE ZA LIDERAMI INNOWACYJNOŚCI W EUROPIE ŚRODKOWEJ?

Firma doradcza Deloitte opublikowała raport „Badania i rozwój w przedsiębiorstwach 2016”. Partnerami opracowania były PKO Bank Polski oraz Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. W dokumencie analizie poddano następujące kwestie: Jak zmienia się poziom inwestowania w B+R przedsiębiorstw w Polsce i innych krajach Europy Środkowej? Jak wspólna realizacja projektów B+R z małymi spółkami technologicznymi może wyzwolić polską innowacyjność? Co najbardziej zachęca, a co zniechęca do inwestowania w B+R? Jak oceniany jest istniejący system wsparcia B+R i jakie są kluczowe problemy dostrzegane przez przedsiębiorców? Czy wprowadzona od 2016 r. ulga podatkowa na działalność B+R zachęci firmy do zwiększenia wydatków na B+R? Najważniejsze wnioski zebrano w syntetycznym podsumowaniu. Wynika z niego, że rośnie odsetek firm mających wiedzę o dotacjach i korzystających z nich (z 38 do 51% jednocześnie jednak 38% mimo wiedzy o dostępności tych zachęt, nie korzysta z nich, głównie z uwagi na przekonanie, że nie prowadzą działalności spełniającej definicję B+R. 71% ankietowanych współpracuje z innymi podmiotami przy realizacji projektów B+R, głównie z uwagi na ich wiedzę i doświadczenie. Jest to odsetek wyższy niż w 2015 (53%), ale nadal niższy niż w 2014 (83%). Może oznaczać to, że m.in. w kwestii współpracy nauki i biznesu nadal jest jeszcze dużo do zrobienia. W porównaniu z zeszłorocznym badaniem odsetek firm deklarujących przeznaczanie na działalność badawczo-rozwojową (B+R) ponad 3% swoich obrotów znacząco spadł (z 48 do 33%) i to pomimo zwiększenia z 13 do 17% liczby firm, które wydały na ten cel powyżej 10 % swoich przychodów. Wynik ten w istotny sposób odstaje od średniej dla krajów Europy Środkowej (46%). Ponad połowa firm przeznacza na B+R kwotę mniejszą, niż 5% wydatków inwestycyjnych ogółem. Powyższe dane ozna-

czają, że badania i rozwój nie są nadal istotnym obszarem rozwojowym z punktu widzenia przedsiębiorstw. Prawdopodobnie jednak wysokość środków przeznaczanych na ten cel może być wyższa, jednak nie znajduje ona odzwierciedlenia w ewidencjach, sprawozdaniach i statystykach, bowiem wiele podmiotów, wskutek braku stosownych zachęt, nie wyodrębniania kosztów przeznaczonych na B+R z ogółu środków wydawanych na inwestycje. Dostępność wykwalifikowanej i doświadczonej kadry badawczej jest drugim, co do ważności czynnikiem wpływającym na poziom wydatków na B+R – daje to szansę na podniesienie zakresu i kultury współpracy nauki z biznesem w Polsce – wciąż jednak brakuje u nas zachęt dla przedsiębiorstw na zatrudnianie kadry B+R. Dla 39% firm najlepszym systemem wsparcia działalności B+R byłoby połączenie dotacji i zachęt podatkowych, jednak ich liczba spada (w poprzednim badaniu za takim rozwiązaniem opowiadała się blisko połowa firm). W istotny sposób (z 9 do 19%) wzrosła liczba przedsiębiorców uważających, że systemy zachęt nie mają żadnego wpływu na poziom ich wydatków na B+R. 10% przedsiębiorstw planuje – w perspektywie 1-2 lat, zmniejszenie wydatków na działalność B+R. To istotny wzrost w porównaniu z poprzednim badaniem, w którym taką deklarację składała, co 20 firma. Tyle samo (10%) badanych przewiduje obniżenie tych wydatków w perspektywie do 5 lat. W 2015 r. byliśmy jedynym krajem Europy Środkowej, w którym spadek deklarowało 0 proc. badanych. Jednocześnie z 6 do 2% spadła liczba firm w ogóle nieplanujących wydatków na działalność B+R. O tym, że dużo nam jeszcze brakuje do czołowych krajów europejskich świadczy porównanie liczby doktorów, którzy po uzyskaniu tytułu idą do przemysłu. W Niemczech jest to 90%. W Polsce proporcje są odwrotne, większość absolwentów studiów doktoranckich rozpoczyna prace w instytutach naukowych.

Podobnej tematyki dotyczył inny raport „Diagnoza ekosystemu startupów w Polsce”. Na wstępie warto wyjaśnić, że startup to przedsięwzięcie prowadzone w celu wytworzenia nowych produktów i usług w warunkach dużej niepewności, o historii nie dłuższej niż 10 lat. Najważniejsze wnioski z tego opracowania. Deloitte stworzył model dojrzałości ekosystemu startupów, obejmujący pięć kluczowych obszarów: finansowanie, regulacje prawne, kapitał ludzki, kapitał społeczny oraz otoczenie instytucjonalne. W skali od 1 do 4 Polska uzyskała stopień dojrzałości wynoszący 1,93. Polska najlepiej sobie radzi w dziedzinie regulacji prawnych (ocena 2,55) i otoczenia instytucjonalnego (ocena 2,5). Natomiast najsłabiej rozwinięte obszary w Polsce to kapitał społeczny (ocena: 1,5) i finansowanie (ocena: 1,68). Umiarkowanie rozwinięty jest kapitał ludzki (ocena: 2,27). Jakość regulacji prawnych w polskim ekosystemie można ocenić jako średnią, m.in. z powodu niewielkiej przejrzystości systemu podatkowego oraz niewystarczającej szybkości zakładania działalności gospodarczej. Wsparcie publiczne na B+R jest stosunkowo duże, jednak ukierunkowanie środków często nie jest efektywne. Potencjał kapitału ludzkiego w Polsce wynikający m.in. z dużej liczby studentów i absolwentów kierunków inżynierskich i ścisłych nie jest w pełni wykorzystany z powodu niskiej aplikacyjności kształcenia akademickiego. Dodatkową przeszkodą w rozwoju startupów jest niska produktywność pracy w Polsce. Kapitał społeczny stanowi najsłabsze ogniwo polskiego ekosystemu startupów. Przejawia się to w niskim poziomie zaufania, braku umiejętności współdziałania, awersji do ryzyka i negatywnym nastawieniem do porażki. Brakuje postawy otwartości na dzielenie się wiedzą i zaangażowania w życie społeczne. Oszacowano wpływ ekosystemu na polską gospodarkę w perspektywie kilkuletniej. Tym samym pokazano realne możliwości kontrybuowania do wzrostu gospodarczego przez ten sektor w przypadku zwiększenia poziomu jego dojrzałości. Zgodnie z analizami startupów w 2023 r. mogą wygenerować ponad

2,2 mld zł wartości dodanej. Jest to niemalże pół miliarda złotych więcej, niż wynoszą planowane wydatki budżetowe na oświatę i wychowanie w 2016 r. Równocześnie starty mogą stworzyć w 2023 r. w Polsce łącznie ponad 50,3 tys. miejsc pracy. Natomiast łączne wygenerowane przez te podmioty dochody gospodarstw domowych w 2023 r. szacujemy na nawet 757 mln zł.

Wojciech Głuszewski,
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej,
Warszawa



XVII ZJAZD PTBR

W dniach od 27 do 30 września 2016 r. odbył się w Siedlcach Zjazd POLSKIEGO TOWARZYSTWA BADAŃ RADIACYJNYCH im. Marii Skłodowskiej-Curie. Wydarzeniu temu towarzyszyła konferencja naukowa, na której zaprezentowano prace z zakresu: radiobiologii, radioterapii, chemii radiacyjnej, fotochemii, ochrony radiologicznej i ochrony przed promieniowaniem niejonizującym oraz technologii radiacyjnych.



Fot. 1. Laureaci Medalu Marii Skłodowskiej-Curie

Tradycyjnie przyznano naukowcom polskim i zagranicznym prestiżowe medale Marii Skłodowskiej-Curie za wybitne osiągnięcia naukowe w badaniach radiacyjnych. Na awersie medalu wybita jest podobizna Marii Skłodowskiej-Curie, daty, jej urodzin i śmierci oraz sentencja, „SINT SUA PRAEMIA LAUDI”. Na rewersie - napis „Polskie Towarzystwo Badań Radiacyjnych”, a także imię i nazwisko osoby nagrodzonej oraz kolejny numer medalu. Laureaci otrzymali również dyplomy stanowiące dokument przyznania wyróżnienia. W tym roku nagrody otrzymało czworo uczonych: prof. George V. Buxton (Wielka Brytania), prof. Ian Carmichael (USA), prof. Chantal Houée Levin (Francja), prof. Anna Gasińska (Polska). Trzej pierwszych laureatów wygłosiło wykłady. Prof. Anna Gasińska niestety nie wzięła udziału w zjeździe. Wręczono również nagrody naukowe za prace dotyczące badań radiacyjnych (promieniowanie jonizujące i niejonizujące) opublikowane w wydawnictwach indeksowanych od roku 2013.



Fot. 2. Panel dyskusyjny

Oddział łódzki PTBR przygotował specjalną sesję naukową „Chemia radiacyjna i fotochemia” poświęconą zmarłemu niedawno prof. Jerzemu Kroh. Odbyła się również bardzo interesująca debata „Niskie dawki promieniowania - cykuta czy panaceum?”. W panelu naukowym wzięli udział: prof. dr hab. Ludwik Dobrzyński (fizyk, ekspert od promieniowania, popularyzator nauki, gorący zwolennik energetyki jądrowej, dyrektor Działu Edukacji i Szkoleń Narodowego Centrum Badań Jądrowych, z-ca Przedstawiciela Polski w Komitecie Naukowym ONZ ds. Skutków Promieniowania Atomowego (UNSCEAR)), prof. dr hab. n. med. Marek K. Janiak (lekarz medycyny, radiobiolog, epidemiolog, badacz skutków biomedycznych działań niskich dawek promieniowania, zwolennik hormezy radiacyjnej, kierownik Zakładu Radiobiologii i Ochrony Radiacyjnej Wojskowego Instytutu Higieny i Epidemiologii w Warszawie, z-ca Przedstawiciela Polski w Komitecie Naukowym ONZ ds. Skutków Promieniowania Atomowego (UNSCEAR)), dr Paweł Krajewski (ekspert w zakresie ochrony radiologicznej, dyrektor Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej w Warszawie), dr hab. n. med. Dorota Słonina (radiobiolog kliniczny, profesor w Zakładzie Radiobiologii Klinicznej Centrum Onkologii w Krakowie), dr Sylwester Sommer (radiobiolog, kierownik Pracowni Dozymetrii Biologicznej Instytutu Chemii i Techniki Jądrowej w Warszawie), prof. dr hab. Michał Waligórski (fizyk, specjalista w zakresie radioterapii i hadronoterapii, pracownik Instytutu Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie, Przedstawiciel Polski w Komitecie Naukowym ONZ ds. Skutków Promieniowania Atomowego (UNSCEAR)), prof. dr hab. Andrzej Wójcik (radiobiolog, cytogenetyk, pracownik Uniwersytetu w Sztokholmie (Centrum Badań Radiacyjnych w Instytucie Badań Biomolekularnych) oraz Uniwersytetu Jana Kochanowskiego (Zakład Radiobiologii i Immunologii), członek komitetu 1 ICRP oraz szwedzkiej delegacji do Komitetu Naukowego ONZ ds. Skutków Promieniowania Atomowego (UNSCEAR)).



Fot. 3. Sesja Posterowa

Tradycyjnie zorganizowano również sesję posterową. Komisja konkursowa wybrała najlepsze prace prezentowane w formie plakatów.



Fot. 4. Prezes PTBR



Fot. 5. Komitet Organizacyjny Zjazdu

Ważną częścią spotkania było Walne Zgromadzenie PTBR. Przybyli z całej Polski członkowie towarzystwa wysoko ocenili dotychczasowe działania zarządu. Prezesem została wybrana w tajnym głosowaniu ponownie prof. dr hab. Ewa Szajdzińska-Piętek. Za znakomite zorganizowanie wydarzenia podziękowania należą się: dr Karolowi Wnorowskiemu (przewodniczącemu), dr hab. Wiesławie Barszczewskiej, mgr Bartoszowi Michalcukowi, dr Jolancie Wnorowskiej oraz mgr Magdalenie Niedźwiedziuk.



Fot. 6. Uczestnicy Zjazdu PTBR (fot. z archiwum PTBR)

Powyżej przedstawiamy sylwetki naukowe laureatów medalu Marii Skłodowskiej-Curie.

Prof. George V. Buxton należy do najbardziej rozpoznawanych i uznawanych w świecie przedstawicieli chemii radiacyjnej. W wybitny sposób przyczynił się do rozwoju chemii radiacyjnej, fotochemii i dziedzin pokrewnych w polskich ośrodkach naukowych i na całym świecie. Laureat jest absolwentem University of Exeter w Wielkiej Brytanii. W uczelni tej uzyskał kolejno stopnie B.Sc., M.Sc. oraz Ph.D. w zakresie chemii fizycznej. Staż podoktorski odbył w Kalifornii w USA. Dalszą karierę naukową związał z University of Leeds (Wielka Brytania), łącząc pracę dydaktyczną w School of Chemistry z pracą naukowo-badawczą w Cookridge Radiation Research Centre (CRRC), placówce zorganizowanej przez Lorda Fredericka Daintona, profesora chemii fizycznej specjalizującego się w chemii radiacyjnej. CRRC było jednym z pierwszych laboratoriów, w którym zastosowano technikę radiolizy impulsowej do badania kinetyki reakcji w roztworach wodnych. Po zamknięciu CRRC, w końcu lat 90. ubiegłego stulecia, prof. Buxton kontynuował pracę naukową pod afiliacją School of Chemistry, University of Leeds, aż do przejścia na emeryturę w roku 2005. Współpracował z zespołami wielu czołowych ośrodków chemii radiacyjnej i fotochemii, między innymi w Notre Dame Radiation Laboratory (USA), CNRS University Paris-Sud (Francja), Tokyo University (Japonia), Chalk River Laboratories (Kanada), Institute of Organic Synthesis and Photoreactivity NRC (Włochy). Był wielokrotnie zapraszany do wygłaszania referatów plenarnych na konferencjach uznawanych za najbardziej prestiżowe w dziedzinie chemii radiacyjnej (konferencje Gordona, Millera, Tihany, PULS). Od przejścia na emeryturę pozostał aktywny naukowo, głównie, jako konsultant i recenzent publikacji naukowych. Prof. George V. Buxton jest wybitnym i uznanym ekspertem w dziedzinie chemii radiacyjnej i fotochemii. Jest autorem ponad 100 publikacji w renomowanych czasopiśmie jak również współautorem licznych pozycji książkowych (wyd. Springer, VCH, EDP Sciences, CRC Press i Wiley). Jego prace były cytowane ponad 7650 razy, a wyliczony według Web of Science tzw. h-Index wynosi 29. Prace badawcze Laureata obejmują szerokie spektrum zagadnień dotyczących kinetyki i mechanizmów reakcji rodnikowych w układach wodnych, alkoholowych, dozymetrii chemicznej, zastosowania metody radiolizy impulsowej do badania reaktywności krótko żyjących indywiduów generowanych radiacyjnie i fotochemicznie. Działalność naukowa prof. Buxtona wybitnie przyczyniła się do rozwoju takich dziedzin jak: radioliza wody, chemia radiacyjna roztworów wodnych, czy chemia atmosfery. Prace z dziedziny chemii radiacyjnej i fotochemii uznawane są dziś za osiągnięcia klasyczne, opisywane w monografiach i podręcznikach. Sześć spośród opublikowanych prac było cytowanych przeszło 100 razy, w tym rekordową liczbą 4901 cytowań wyróżnia się praca przeglądowa autorów: George V. Buxton, Clive L. Greenstock, W. Phillips Helman and Alberta B. Ross, „Critical-Review of Rate Constants for Reactions of Hydrated Electrons, Hydrogen Atoms and Hydroxyl Radicals ($\cdot\text{OH}/\cdot\text{O}$) in Aqueous-Solution”, J. Phys. Chem. Ref. Data, 17 (1988), 513-886, stanowiąca kanon wiedzy o reaktywności solwatowanego elektronu, atomu wodoru i rodnika hydroksylowego w roztworach. Początki współpracy naukowej prof. Buxtona z Polską sięgają końca lat 60. ubiegłego stulecia, kiedy to wspólne badania z Laureatem prowadził w Leeds prof. Jerzy Kaleciński z Instytutu Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN we Wrocławiu. W okresie tym powstaje pierwsza wspólna publikacja poświęcona chemii radiacyjnej wodnych roztworów nitroprusydku sodowego. Później, w okresie 1978-1979 w Leeds przebywał prof. Jerzy Kroh, założyciel Międzyresortowego Instytutu Techniki Radiacyjnej (MITR) w Łodzi. Prowadzone w CRRC wspólne badania dotyczyły radiolizy impulsowej alkoholi w temperaturze ciekłego helu. Były to pierwsze pomiary ze szklivami alkoholowymi, które łączyły szybką detekcję z ultraniskimi temperaturami.

Wyniki tych, bez wątpienia, pionierskich badań zostały opisane w trzech publikacjach oraz zreferowane w czasie zaproszonego wykładu na prestiżowej konferencji Millera w 1980 r. W dziedzinie badań niskotemperaturowych Laureat współpracował również z doc. Czesławem Stradowskim oraz prof. Jerzym Gębickim, pracownikami MITR PŁ w Łodzi. W roku 1993 na staż pod kierownictwem prof. Buxtona wyjechała dr Dorota Światła (obecnie dr hab. Światła - Wójcik, prof. nadzw.). Zapoczątkowane w Leeds badania teoretyczne dotyczyły modelowania radiolizy wody w wysokich temperaturach, a kontakty nawiązane w CRRC przerodziły się w bliską i szeroko zakrojoną współpracę, trwającą aż do dnia dzisiejszego. Wyniki wspólnych badań z dziedziny radiolizy wody w wysokich temperaturach zostały włączone do rozprawy habilitacyjnej prof. Światłej-Wójcik. Prof. Buxton wielokrotnie odwiedzał Polskę i MITR. Udzielał również nieocenionej pomocy w realizacji grantów MNiSW i NCBR. Z wyjątkiem 2008 r., aktywnie uczestniczył we wszystkich organizowanych przez MITR międzynarodowych konferencjach Pulse Investigations in Chemistry, Biology, and Physics (PULS). Efektem wspólnych badań z naukowcami z Polski jest 15 publikacji naukowych oraz blisko 20 doniesień i referatów konferencyjnych.

Profesor Anna Gasińska urodziła się w Krakowie. W 1974 r. po ukończeniu studiów wyższych na Uniwersytecie Jagiellońskim podjęła pracę naukową w Centrum Onkologii w Krakowie. Stopień doktora nauk przyrodniczych uzyskała w 1982 r., doktora habilitowanego w 1996 r., a tytuł profesora w 2003 r. W 1988 r. objęła funkcję kierownika Pracowni Radiobiologii Klinicznej. Pracownia ta pod jej kierownictwem przekształciła się w Zakład w 2006 r. Praca prof. Gasińskiej w Centrum Onkologii była jedynie okresowo przerywana stażami naukowymi w renomowanych ośrodkach zagranicznych: Instytucie Radiobiologii Uniwersytetu w Monachium, Zakładzie Histologii i Biologii Komórki w Utrechcie, Laboratorium im. Gray'a czy Karolinska Institutet Uniwersytetu w Sztokholmie. W tym ostatnim instytucie przebywała nie tylko w charakterze szkolącego się naukowca, ale była dwukrotnie zapraszana, jako wykładowca i visiting profesor. Fakty te świadczą o wysokim poziomie kwalifikacji zawodowych i dużym uznaniu w międzynarodowym środowisku radiobiologów. Dorobek naukowy prof. Anny Gasińskiej jest obszerny i znaczący. Obejmuje 70 prac oryginalnych i przeglądowych. Do dorobku naukowego należy zaliczyć również inne publikacje między innymi: opracowanie słowniczka terminów radiobiologicznych, rozdział „Biologiczne testy prognostyczne w radioterapii raka szyjki macicy” w monografii „Rak szyjki macicy” pod redakcją J. Markowskiej, obszerny skrypt (jedyne taki w Polsce) pt. „Biologiczne podstawy radioterapii”, podręcznik „Biologia dla studentów kosmetologii”. Prof. Anna Gasińska przetłumaczyła również rozdział książki H.R. Witesa pt. „Biologiczne podstawy radioterapii”. Głównym i podstawowym kierunkiem działalności naukowej prof. Gasińskiej jest radiobiologia służąca celom klinicznym. Uczestniczyła ona między innymi w pracach zespołu, który prowadził badania przedkliniczne dla potrzeb planowanego do uruchomienia w Krakowie ośrodka terapii neutronowej. Wyniki badań tego zespołu zostały wyróżnione Nagrodą Prezydenta Miasta Krakowa. Opracowała metodę pomiaru WSB w oparciu o model uszkodzenia spermatogonii typu B, który posłużył nie tylko do porównania skuteczności biologicznej wiązek neutronów o różnej energii, ale również do oceny wpływu hipertermii na jądra. Te ostatnie badania wniosły cenne uwagi dla klinicystów nakazując dużą ostrożność w stosowaniu hipertermii w tej okolicy anatomicznej. Laureatka prowadzi także liczne badania dotyczące oceny różnych potencjalnych biologicznych czynników prognostycznych i predykcyjnych, możliwych do zastosowania w praktyce klinicznej do ścisłego doboru parametrów radioterapii, dokładnej oceny jej skutków i precyzyjnej oceny rokowania u poszczegól-

nych chorych. Badania te dotyczą takich nowotworów jak: rak szyjki macicy, rak płuca, nowotwory ośrodkowego układu nerwowego, a ostatnio rak jelita grubego i prostaty. Oceniane były przede wszystkim tempo wzrostu komórek nowotworowych, ich promieniowrażliwości i poziom niedotlenienia (hipoksji).

Profesor Ian Carmichael urodził się w 1949 r. w Szkocji. W latach 1971-1974 uzyskał na Uniwersytecie w Glasgow odpowiednio stopnie Bachelor of Science oraz Doctor of Philosophy. W latach 1974-1976 odbył staż podoktorski na Uniwersytecie w Amsterdamie, jako stypendysta British Royal Society Science pracując pod kierunkiem prof. Briana Webstera nad ciągłymi i półciągłymi modelami elektronu solwatowanego. W roku 1976 przeniósł się do Stanów Zjednoczonych, gdzie został zatrudniony w Notre Dame Radiation Laboratory i rozpoczął współpracę z prof. William H. Hamillem, Karina Silva Funabashim, Asokendu Mozumderem i Gordonem L. Hugiem. Zajmowali się oni zagadnieniami ruchliwości jonów oraz procesem przeniesienia elektronu. Laureat jest również współautorem serii bibliograficznej związanej z szeroko pojętymi zagadnieniami chemii radiacyjnej oraz współtwórcą bazy danych związanych z właściwościami spektralnymi i kinetycznymi krótko żyjących produktów radiolizy i fotolizy w fazach skondensowanych. Jest współautorem dwóch wysoko cenionych monografii Handbook of Organic Photochemistry i Handbook of Photochemistry, które są kompendium danych fotofizycznych. W latach 1995 – 2003 prowadził intensywną współpracę z prof. Anthony S. Serianem związaną z oddziaływaniami spin-spin oraz prof. Klaussem - Dieterem Asmusem dotyczącą zagadnień wiązań trielektronowych. W roku 2004 objął funkcję dyrektora Notre Dame Radiation Laboratory (NDRL), którą piastuje do chwili obecnej. Kontakty profesora z polskimi uczonymi mają przeszło 30-letnią tradycję. Polscy profesorowie i doktoranci wielokrotnie odwiedzali NDRL. Wizyty te były finansowane przez projekty realizowane przez profesora. Dwoje uczonych z naszego kraju zdecydowało się na kontynuację pracy naukowej w Stanach Zjednoczonych.

Profesor Chantal Houée-Lévin urodziła się w 1948 r. we Francji. W latach 1972 i 1981 r. uzyskała na Uniwersytecie Prais V odpowiednik stopnia Master of Science oraz Doctor of Philosophy. W roku 1981 odbyła staż podoktorski w Narodowym Instytucie Risø w Dani pod kierunkiem dr Palle Pagsberga i Roberta Wilbrandta. W latach 1900–1995 pracowała, jako Profesor of Chemistry na Uniwersytecie Paris V. W roku 1995 przeniosła się na Uniwersytet Paris XI w Orsay, gdzie na stanowisku profesora chemii pracuje do chwili obecnej. Jest jednocześnie kierownikiem grupy badawczej Radiation Biochemie Uniwersytetu w Paryżu. Aktualne zainteresowania naukowe prof. Chantal Houée - Lévin obejmują szeroki wachlarz zagadnień związanych między innymi z biochemią rodników, strasem oksydacyjnym i redukcyjnym, utlenianiem białek, z wyjaśnianiem funkcjonowania oksydaz NADPH, sterylizacją radiacyjną. Jako profesor akademicki charakteryzuje się wysoką aktywnością edukacyjną prowadząc wykłady z kinetyki chemicznej, biochemii radiacyjnej, stresu oksydacyjnego oraz serii wykładów z chemii dla przyszłych nauczycieli szkolnych. Była promotorem 22 prac doktorskich. Pierwsze kontakty z polskimi naukowcami rozpoczęły się w roku 1998. Ukoronowaniem wspólnych prac było przygotowanie dwustronnej współpracy naukowej finansowanej w ramach grantów POLONIUM. Prof. Chantal Houée - Lévin uczestniczyła również we wspólnym projekcie typu Research Training Network SULFRAD finansowanym przez Komisję Europejską w latach 2002-2006.

Wojciech Głuszewski,
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej,
Warszawa



WARSZAWSKI ODDZIAŁ PTBR

22 listopada br. odbyło się Wyborcze Zebranie Warszawskiego Oddziału Polskiego Towarzystwa Badań Radiacyjnych imienia Marii Skłodowskiej-Curie (MSC). Przed rozpoczęciem Zebrania uczestnicy minutą ciszy uczcili pamięć zmarłego tego dnia wybitnego chemika radiacyjnego, członka honorowego PTBR prof. dr hab. Józefa Mayera. Zebranie sprawnie poprowadził prof. dr hab. Marcin Kruszewski. Przewodniczący OW PTBR dr Sylwester Sommer w sprawozdaniu wymienił aktywności towarzystwa w szczególności prelekcje i seminaria, jakie zostały w okresie ostatnich trzech lat zorganizowane w Warszawie. Zebrani dobrze ocenili działalność oddziału, czego efektem był wybór dr Sylwestra Sommera na przewodniczącego na kolejną kadencję. W skład zarządu weszli również: dr Wojciech Głuszewski (wiceprzewodniczący), dr Elżbieta Sobiczewska (skarbnik), mgr Łukasz Cheda, dr hab. Małgorzata Dobrzyńska i dr Kamil Brzóska (członkowie zarządu).

Zebranie poprzedził wykład dr inż. Wojciecha Głuszewskiego na temat „Radiacyjnej konsolidacji obiektów o znaczeniu historycznym”. Prelegent opowiedział również o historii radiacyjnej dezynfekcji dokumentów znalezionych w trakcie remontu kamienicy, w której mieści się Muzeum Marii Skłodowskiej-Curie. Zainfekowane pleśnią artefakty poddano konserwacji za pomocą wiązki elektronów. Ta część prelekcji była punktem wyjścia do dyskusji na temat uczestnictwa PTBR w obchodach 150. rocznicy urodzin patronki towarzystwa. Przypomniano, że między innymi przy pomocy PTBR kupiono 10 lat temu rzeźbę przedstawiającą głowę Marii Skłodowskiej-Curie, którą przekazano do siedziby Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej w Wiedniu. W czerwcu przyszłego roku zostanie zorganizowana w Warszawie konferencja poświęcona 60-leciu PTBR, która wpisze się w obchody jubileuszu MSC.



NISKIE DAWKI PROMIENIOWANIA - CYKUTA CZY PANACEUM? - O CZYM DYSKUTOWANO



W trakcie XVII Zjazdu Polskiego Towarzystwa Badań Radiacyjnych (PTBR) w Siedlcach odbył się panel dyskusyjny o działaniu niskich dawek promieniowania pt. Niskie dawki promieniowania - cykuta czy panaceum?

Niskie dawki promieniowania z zakresu 0-100 mSv stały się w ostatnich latach przedmiotem dużego zainteresowania radiobiologów, epidemiologów, radioterapeutów, fizyków medycznych, radiologów oraz ekspertów z zakresu ochrony radiologicznej. Dzieje się tak, dlatego, ponieważ istnieje spór o to, czy promieniowanie w tym zakresie jest szkodliwe, obojętne czy wręcz wywołuje pozytywne skutki dla zdrowia. Wyjaśnienie tej sprawy przyczyni się do rozstrzygnięcia czy stosowana w ochronie radiologicznej hipoteza o liniowej,

bezprowęgowej (LNT) zależności dawka-skutek (w obszarze niskich dawek) ma uzasadnienie, czy jej stosowanie jest raczej szkodliwe. Problem ten ma także duże znaczenie w kontekście rozwoju energetyki jądrowej w Polsce, jak i obawami społeczeństwa przed badaniami medycznymi z użyciem promieniowania jonizującego.

Zaproszenie do panelu dyskusyjnego przyjęły następujące osoby:

Prof. dr hab. Ludwik Dobrzyński – z Narodowego Centrum Badań Jądrowych, fizyk, ekspert UNSCEAR,

Prof. dr hab. n. med. Marek K. Janiak – z Wojskowego Instytutu Higieny i Epidemiologii w Warszawie, lekarz medycyny, ekspert UNSCEAR,

Dr Paweł Krajewski – z Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej w Warszawie ekspert w zakresie ochrony radiologicznej,

Dr hab. n. med. Dorota Słonina – z Centrum Onkologii w Krakowie, radiobiolog kliniczny,

Prof. dr hab. Michał Waligórski – z Instytutu Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie, fizyk, przedstawiciel Polski w UNSCEAR,

Prof. dr hab. Andrzej Wójcik – z Uniwersytetu w Sztokholmie oraz Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach, radiobiolog, członek ICRP oraz ekspert UNSCEAR.

Deбата była zaplanowana w ten sposób, że po krótkim wprowadzeniu i przedstawieniu panelistów głos zabrał pan prof. Ludwik Dobrzyński, przeciwnik hipotezy LNT stosowanej w obszarze małych dawek i szkodliwości niskich dawek promieniowania. Następnie wypowiadał się pan prof. Andrzej Wójcik, który uważa, że brakuje dowodów naukowych do zmiany obowiązujących norm ochrony radiologicznej, a hipoteza LNT, chociaż nie jest hipotezą naukową, to opiera się na przesłankach natury etycznej, w szczególności na zasadzie przezorności i jest użyteczna, bo jest prosta i zrozumiała. Padły pytania z sali, do których odnoscili się wszyscy uczestnicy panelu. Mamy nadzieję, że Deбата pozwoliła uczestnikom zorientować się w istocie prowadzonego sporu dotyczącego efektów niskich dawek promieniowania.

To był pierwszy panel dyskusyjny w historii Zjazdów PTBR, ale pewnie nie ostatni. Odbył się on drugiego dnia Zjazdu, ale miał wpływ na inne wystąpienia w trakcie spotkania. Wiele z nich nawiązywało do niskich dawek promieniowania. Uważam, że zarówno formę panelu jak i temat dyskusji za bardzo trafne i na czasie. Sukcesem panelu był udział tylu znakomych naukowców specjalistów w różnych dziedzinach nauki.

Sylwester Sommer,
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej,
Warszawa



POLSKO-AMERYKAŃSKA NAGRODA NAUKOWA

Nagroda za badania struktury RNA

Światowej klasy naukowcy – prof. Ryszard Kierzek z Instytutu Chemii Bioorganicznej PAN w Poznaniu i prof. Douglas H. Turner z Wydziału Chemicznego Uniwersytetu w Rochester w USA zostali uhonorowani Polsko-Amerykańską Nagrodą Naukową przyznaną wspólnie przez Fundację na rzecz Nauki Polskiej i największe na świecie stowarzyszenie naukowe American Association for the Advancement of Science (AAAS). Nagroda jest przyznawana parze naukowców – jednemu pracującemu w Polsce, a drugiemu w USA – za wybitne osiągnięcie naukowe będące efektem ich współpracy.

Profesorowie Kierzek i Turner zostali wyróżnieni za badania właściwości termodynamicznych, biologicznych i strukturalnych kwasu rybonukleinowego (RNA) oraz syntezy chemicznej RNA. Naukowcy rozpoczęli współpracę ponad 30 lat temu. Dzięki wynikom ich badań możliwe stało się przewidywanie struktury dowolnego RNA na podstawie jego sekwencji. Badania profesorów pozwoliły określić termodynamiczne reguły fałdowania RNA i obecnie metoda ta jest używana przez większość grup zajmujących się RNA. Zależność struktury i funkcji biologicznej RNA sprawia, że ich wspólne prace wniosły istotny wkład w badania natywnych RNA, w tym także skorelowanych z wieloma chorobami człowieka. Od kilku lat zajmują się wykorzystaniem modyfikowanych oligonukleotydów do modulacji aktywności biologicznej patogennych RNA, w tym do inhibicji namnażania wirusa grypy.

Prof. Ryszard Kierzek jest absolwentem chemii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. Doktoryzował się w 1978 r. w Instytucie Chemii Bioorganicznej PAN. Odbił staże podoktorskie w City of Hope National Medical Center i University of Colorado w Boulder (USA). Obecnie jest kierownikiem Zakładu Chemii i Biologii Strukturalnej Kwasów Nukleinowych w Instytucie Chemii Bioorganicznej PAN w Poznaniu.

Prof. Douglas H. Turner studiował chemię na Uniwersytecie Harvarda w Stanach Zjednoczonych. Stopień doktora w dziedzinie chemii fizycznej uzyskał w 1972 r. na Uniwersytecie Columbia. Po zakończeniu stażu podoktorskiego na Uniwersytecie Kalifornijskim w Berkeley został profesorem na Wydziale Chemii na Uniwersytecie w Rochester, z którym jest związany do dziś. Prof. Turner jest międzynarodowym ekspertem w dziedzinie biofizyki RNA, w szczególności w zakresie termodynamiki RNA – parametrów wykorzystywanych do przewidywania fałdowania RNA znanych, jako *reguły Turnera*.

Polsko-Amerykańska Nagroda Naukowa została ustanowiona w 2013 r. Jest przyznawana, co dwa lata w drodze konkursu opartego na nominacjach. Wyboru dokonuje Jury złożone z wybitnych przedstawicieli polskiego i amerykańskiego środowiska naukowego. Jurorzy posilkują się opiniami ekspertów oceniających wnioski.

American Association for the Advancement of Science (AAAS) to międzynarodowa organizacja non-profit założona w 1848 r. Jej misją jest rozwój nauki, inżynierii i innowacji na świecie. Realizuje ją m.in. poprzez prowadzenie polityki naukowej i rozwijanie naukowej współpracy międzynarodowej. AAAS jest wydawcą prestiżowego czasopisma „Science”. www.aaas.org



24. EDYCJA EUROPOWER

9-10 listopada 2016 r. w Warszawie odbyła się kolejna edycja konferencji energetycznej EuroPOWER, wydarzenia poświęconego najnowszemu trendom obowiązującym na rynku oraz aktualnym problemom i wyzwaniom, z którymi boryka się sektor energetyczny. Co pół roku wszyscy kluczowi przedstawiciele branży gromadzą się, aby wspólnie przedyskutować najważniejsze aspekty polskiej energetyki. Organizowane przez MM Conferences, konferencje to efektywna i neutralna platforma dialogu, która na stałe wpisała się w kalendarz najważniejszych imprez gospodarczych w naszym kraju. W wydarzeniu uczestniczyło ponad 570 gości, a wśród nich prezesi i członkowie zarządów kluczowych firm energetycznych, przedstawiciele administracji rządowej, w tym także regulatora, przedstawiciele świata nauki oraz członkowie izb gospodarczych. Gośćmi Honorowymi wydarzenia byli sekretarz stanu w Ministerstwie Energii Grzegorz Tobiszowski oraz podsekretarz stanu w Ministerstwie Rozwoju Jadwiga Emilewicz. Tematyka pierwszego dnia Konferencji skupiona była wokół diagnozy stanu polskiej gospodarki, polityki przemysłowej oraz priorytetów i uwarunkowań jej rozwoju, a także energetyki w procesie unowocześniania. Podjęto również dys-

kusję na temat strategii rozwoju polskiej gospodarki oraz rynku energii elektrycznej. Ważnym punktem wydarzenia była debata o strukturze wytwarzania energii elektrycznej, podczas której podjęto próbę odpowiedzi na pytanie, jaki miks energetyczny zdeterminuje polityka energetyczna. Referat wprowadzający wygłosił Stanisław Okrasa, prezes Zarządu, Agencji Rynku Energii. Moderatorem dyskusji był Piotr Maciążek, redaktor naczelny, Energetyka24.com. W debacie uczestniczyli: Kamil Jankielewicz (counsel kierujący praktyką prawa energetycznego, Allen & Overy), dr hab. inż. Krzysztof Kurek (dyrektor, Narodowego Centrum Badań Jądrowych), Stanisław Okrasa (prezes Zarządu, Agencji Rynku Energii), Stefan Pacyński (wiceprezes Zarządu ds. Strategii Rozwoju, Enea Wytwarzanie), Maciej Stryjecki (prezes, Fundacji na Rzecz Energetyki Zrównoważonej) oraz Roman Targosz z Europejskiego Instytutu Miedzi.



Fot. 1. Dyskusja o energetyce jądrowej EuroPOWER

Dyskutowano na tematy: założeń polityki energetycznej i jej priorytetów, wykorzystania rodzimych paliw pierwotnych, energetyce konwencjonalnej versus niekonwencjonalnej, substytucji i komplementarności, elektrowniach jądrowych dla Polski, podstawach bezpieczeństwa energetycznego. Większość dyskutantów uważała, że energetyka jądrowa powinna się znaleźć w polskim miksie energetycznym, jako w zasadzie jedyny stabilny sposób produkcji „czystej” energii elektrycznej i ciepła. Nie było jedynie zgody, co do kwestii ewentualnego opóźnienia w realizacji polskiego programu energetyki jądrowej. Padły daty: 2029, 2030, a nawet 2035 r. Drugi dzień Konferencji otworzyła dyskusja na temat bezpieczeństwa dostaw gazu do Polski, unijnego pakietu zimowego oraz przyszłości rynku gazu i paliw. Podjęto również debatę o polskim pomysłach na nowoczesną energetykę, której głównym zagadnieniem była problematyka elektromobilności. Dyskusja kończąca drugi dzień skupiła się wokół rynku energii elektrycznej i rynku gazu oraz nowych zjawisk i tendencji rynkowych w ocenie klientów i dostawców.

Wojciech Głuszewski,
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej,
Warszawa



POLSKO-JAPOŃSKIE SEMINARIUM NA TEMAT ROZWOJU ENERGETYKI JĄDROWEJ, GDAŃSK, 16.09.2016.

28 stycznia 2014 r. Rada Ministrów RP podjęła uchwałę w sprawie Programu Polskiej Energetyki Jądrowej (PPEJ). W programie tym znaleźć można m. in. zakres działań, jakie należy podjąć, aby bezpiecznie korzystać z energetyki jądrowej w Polsce.

Działania te realizowane będą w postaci pięciu etapów:

1. **do 31.12.2013** - stworzenie podstaw instytucjonalnych i programowych do rozwoju energetyki jądrowej; uchwalenie i wejście w życie przepisów prawnych niezbędnych dla rozwoju i funkcjonowania energetyki jądrowej.
2. **1.01.2014-31.12.2016** - ustalenie lokalizacji i zawarcie kontraktu na wybraną technologię pierwszej elektrowni jądrowej.
3. **1.01.2017-31.12.2018** - wykonanie projektu technicznego i uzyskanie wszystkich wymaganych prawem decyzji i opinii.
4. **1.01.2019-31.12.2024** - pozwolenie na budowę, budowa i podłączenie do sieci pierwszego bloku pierwszej elektrowni jądrowej, rozpoczęcie budowy kolejnych bloków/elektrowni jądrowych.
5. **1.01.2025-31.12.2030** - kontynuacja i rozpoczęcie budowy kolejnych bloków/elektrowni jądrowych. Zakończenie budowy pierwszej elektrowni jądrowej. Zakończenie budowy drugiej elektrowni jądrowej przewidywane jest na 2035 rok.

Zgodnie z przedstawionym powyżej harmonogramem, instytucje uczestniczące w tworzeniu podstaw polskiej energetyki jądrowej zaangażowane są przede wszystkim w ustalenie lokalizacji zarówno przyszłej elektrowni jądrowej, jak i nowego składowiska odpadów promieniotwórczych.

Jednym z najważniejszych problemów z jakimi spotyka się budowa przemysłu jądrowego jest brak poparcia społecznego dla takich inwestycji. Wynika on głównie z powodu obaw ludności dotyczących bezpieczeństwa, zwiększonego poziomu radioaktywności i problemów z transportem oraz zagospodarowaniem odpadów promieniotwórczych. Z tego względu podjęcie ostatecznej decyzji o lokalizacji elektrowni powinno być poprzedzone kampanią społeczną, w celu rzetelnego poinformowania społeczeństwa o wadach i zaletach energetyki jądrowej. Szczególnie ważna jest przychylność społeczności lokalnej, na terenie której ma powstać elektrownia.

Zwolennicy energetyki jądrowej twierdzą, że budowa reaktorów pociąga za sobą wzrost aktywności ekonomicznej na pobliskich terenach skutkujące zwiększeniem poparcia społeczności lokalnej dla energetyki jądrowej. Aktualnie, jest to teza jeszcze trudna do udowodnienia, jednakże np. doświadczenia amerykańskie pokazują, że uruchomienie reaktorów jądrowych powoduje wzrost średniego poparcia społecznego do ponad 80% w sąsiedztwie każdego z nich. Z drugiej strony, decyzja o wprowadzeniu elektrowni jądrowych do systemu energetycznego napotyka też nieprzychylnie przyjęcie ze strony grup społecznych związanych z tradycyjnym sektorem paliwowo-energetycznym. Wiąże się to z faktem, że elektrownie jądrowe dają zatrudnienie znacznie mniejszej liczbie pracowników niż tradycyjne.



Fot. 1. Uczestnicy seminarium prowadzą dyskusję także podczas przerw w obradach

W celu przybliżenia wszystkim stronom zaangażowanym w budowę pierwszej polskiej elektrowni jądrowej, w dniu 16 września 2016 r. odbyło się w Gdańsku polsko-japońskie Seminarium "Economic Effect & Local Government Practice and Human Resource & Knowledge Development". Spotkanie zostało zorganizowane przez *Japan Atomic Industrial Forum International Cooperation Center (JIIC)* przy wsparciu Ministerstwa Gospodarki, Handlu i Przemysłu Japonii (METI) oraz Ministerstwa Energii Rzeczypospolitej Polskiej. Ministerstwo Gospodarki, Handlu i Przemysłu Japonii na podstawie porozumień dwustronnych już od wielu lat dzieli się swoimi doświadczeniami w zakresie energetyki jądrowej z krajami mającymi w planie stworzenie energetyki jądrowej. Celem seminarium było zaprezentowanie wybranych zagadnień funkcjonowania (przede wszystkim w Japonii) energetyki jądrowej ze szczególnym uwzględnieniem aspektu budowy świadomości społeczeństwa obywatelskiego.

Podobne seminarium, dotyczące szkolenia przyszłych kadr oraz bezpieczeństwa działania elektrowni jądrowych odbyło się 18 marca 2016 r. w Warszawie.



Fot. 2. Uczestnicy dyskusji

W gdańskim seminarium wzięło udział około 85 osób. Byli to zarówno delegaci jednostek zawodowo zajmujących się energetyką jądrową, jak i przedstawiciele ruchów obywatelskich oraz działacze samorządowi. Szczególną aktywność, zarówno w dyskusjach, jak i w kuluarach wykazywali przedstawiciele gminy Choczewo. Nota bene, przedstawiciele ci ubrani byli w koszulki z napisem "Tak dla atomu w gminie Choczewo". Honorowymi gośćmi seminarium byli: Andrzej Piotrowski (Podsekretarz Stanu w Ministerstwie Energii) oraz Dariusz Drelich (Wojewoda Województwa Pomorskiego) a także Satoru Takahashi (Radca w Ambasadzie Japońskiej w Polsce).



Fot. 3. Niektórzy przedstawiciele gminy Choczewo ubrani byli w koszulki z napisem "Tak dla atomu w gminie Choczewo"

Program seminarium obejmował szereg prezentacji przedstawiających doświadczenia w realizacji programu jądrowego w zakresie współpracy z przedsiębiorcami, społecznościami lokalnymi oraz dotyczące kształcenia kadr. Na wstępie, dr Sobolewski, dyrektor Departamentu Energii Jądrowej Ministerstwa Energii, przedstawił aktualny stan programu rozwoju polskiej energetyki jądrowej. Po przedstawieniu polskiego systemu elektroenergetycznego, dyrektor Sobolewski omówił przyczyny opóźnień realizacji programu jądrowego w Polsce. Następnie przybliżył uczestnikom seminarium podejmowane działania Ministerstwa Energii związane z realizacją Programu Polskiej Energetyki Jądrowej podkreślając, że program ten jest obecnie na etapie weryfikacji założeń przyjętych na etapie jego tworzenia. Na zakończenie dyrektor Sobolewski poinformował o powołaniu Zespołu doradczego ds. wysokotemperaturowych reaktorów jądrowych (HTR). Prezentacja dyrektora Departamentu Energetyki Jądrowej wywołała ożywioną dyskusję w której głównie podkreślano konsekwencje wynikające z opóźnień w realizacji Programu Polskiej Energetyki Jądrowej.

Następnie, p. Hirano z Ministerstwa Energii, Handlu i Przemysłu Japonii zaprezentował nową strategię energetyczną Japonii. Poinformował, że pomimo awarii elektrowni w Fukushima, energetyka jądrowa nadal stanowi w Japonii najefektywniejsze i najbardziej bezpieczne źródło energii. W związku z tym, w najnowszej strategii rządu założono, że docelowo z energetyki jądrowej będzie pochodziło 20-22% krajowej energii. Zdaniem rządu Japonii, szczególnie istotnymi są też niezależność i stabilność dostaw niezbędnych dla energetyki jądrowej. Wynikają one z faktu, że paliwo jądrowe można kupić od wielu dostawców oraz można tworzyć jego zapasy na wiele lat.

W kolejnej prezentacji, przedstawionej przez p. Koyama z JAIF International Cooperation Center, dokonano charakterystyki projektów jądrowych (np. skali niezbędnych inwestycji, korzyści) dokonanej na przykładzie japońskiej elektrowni jądrowej Kashiwazaki-Kariwa, a także projektów jądrowych realizowanych w Turcji i na Litwie.

Dzięki prezentacji wygłoszonej przez Leona Flexmana z Horizon Nuclear uczestnicy seminarium mieli możliwość zapoznania się ze skalą inwestycji realizowanej w Wielkiej Brytanii przez firmę Horizon. Prelegent omówił także korzyści społeczno-ekonomiczne płynące z realizacji projektu jądrowego, do których zaliczył, m. in. wzrost zatrudnienia, podniesienie kwalifikacji pracowników zaangażowanych w projekt, a także powstanie lokalnego systemu dostaw.

Dyrektor Biura Komunikacji i Relacji Zewnętrznych PGE EJ 1 Sp. z o.o., p. Włodek-Makos, zaprezentowała działania spółki mające na celu zwiększenie poziomu akceptacji społecznej dla energetyki jądrowej wśród mieszkańców gminy Choczewo.

Z kolei przedstawiciel Prefektury Fukui, p. Yamamoto z Fukui Prefectural Government, podkreślił wagę współpracy ze społecznościami lokalnymi twierdząc, że budowanie długotrwałych relacji i zaufania pomiędzy inwestorem a władzami i społecznościami lokalnymi jest elementem nieodzownym w realizacji każdego projektu jądrowego.

Na zakończenie seminarium p. Hirose z Nuclear Knowledge Management Section, Department of Nuclear Energy, IAEA przedstawił działania MEA na rzecz budowania potencjału oraz rozwoju zasobów ludzkich, w tym organizację konferencji i szkoleń (Nuclear Knowledge Management – NKM oraz Nuclear Energy Management – NEM Schools, International Nuclear Management Academy – INMA) a także utworzenie bezpłatnej platformy internetowej CLP4NET (Cyber-Learning Platform for Network Education and Training) mającej za zadanie integrację wysokiej jakości zasobów w celu zapewnienia użytkownikom dostępu do materiałów edukacyjnych dotyczących energii jądrowej.

W trakcie spotkania uczestnicy dyskutowali przede wszystkim na temat komunikacji ze społeczeństwem oraz o roli informacji społecznej w rozwoju energetyki jądrowej. Podkreślano, że powodzenie programu jądrowego warunkowane jest akceptacją społeczeństwa, która zgodnie z badaniami realizowanymi na zlecenie ME wciąż wzrasta.

Szczegółowy program seminarium obejmował następujące prezentacje:

Program Polskiej Energetyki Jądrowej, dr J. Sobolewski, dyrektor Departamentu Energii Jądrowej Ministerstwa Energii
Japan Energy Strategy and Nuclear Power Policy, K. Hirano, zastępca dyrektora, Nuclear Energy Policy Planning Division, Agency for Natural Resources and Energy, Ministerstwo Energii, Handlu i Przemysłu Japonii

Nuclear Power Plant Project Size and Industrial Activities, K. Koyama, General Manager, JAIF International Cooperation Center j

Supply Chain Building Activity in UK, L. Flexman, Director of Corporate Affairs, Horizon Nuclear

Działania edukacyjno-informacyjne realizowane przez PGE EJ 1, K. Włodek-Makos, dyrektor Biura Komunikacji i Relacji Zewnętrznych PGE EJ 1 Sp. z o.o.

Local Government Practice in Japan, A. Yamamoto, Nuclear Safety Measures Division, Fukui Prefectural Government

Nuclear Knowledge Management and Human Resource Knowledge Development Network, H. Hirose, Senior Knowledge Management Officer, Department of Nuclear Energy, IAEA.

Większość prezentacji przedstawionych podczas seminarium dostępna jest w wersji elektronicznej pod adresem internetowym:

<http://jaifcc.com/english/seminartext/20160916text/20160916.html> (ID: jicc; PW: Pseminar@0916).

Agnieszka Miśkiewicz,
Leon Fuks,
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej
Warszawa



PIERWSZY OD 40 LAT BLOK JĄDROWY URUCHOMIONY W USA

W dniu 3 czerwca 2016 r. został podłączony do sieci energetycznej blok nr 2 w EJ Watts Bar należącej do Tennessee Valley Authority's (TVAs). Blok jest typu PWR o mocy elektrycznej 1165 MWe (netto). Obecnie przechodzi test przed osiągnięciem pełnej mocy. Stan krytyczny został osiągnięty 23 maja, po ponad 40 latach od rozpoczęcia prac budowlanych w 1972 r. Budowa została zawieszona w 1985 r. po wykonaniu ok. 55% robót i wznowiona w 2007 r. Konstrukcja podlegała modernizacji pod względem bezpieczeństwa i odporności na ataki hakerskie (cyber bezpieczeństwo) wynikające z awarii w EJ Fukushima. Kosztowało to dodatkowe 125 mln dolarów w porównaniu 4,5 mld dolarów przeznaczonych na dokończenie projektu. Oczekuje się, że blok podejmie pracę na pełnej mocy z końcem tego lata.

Portal Forbes podał informację o pożarze głównego transformatora w dniu 30 sierpnia br. i automatycznym wyłączeniu reaktora, który pracował już na poziomie 99% mocy nominalnej. Potwierdzenie tej informacji znajduje się na stronie internetowej amerykańskiego Urzędu Dozoru Jądrowego (NRC), ale niestety strona internetowa operatora TVA ani żaden inny portal nie podał tej informacji. W tej sytuacji niezbędna będzie wymiana transformatora lub jego naprawa, co może potrwać dosyć długo.

na podstawie doniesień portalu WNN
opracował Andrzej Mikulski,
Polskie Towarzystwo Nukleoniczne



KANADA: NAJWIĘKSZA INWESTYCJA KANADYJSKA W CZYSTĄ ENERGIĘ ROZPOCZĘTA



Fot. 1. Elektrownia Darlington - widok południowy

W kanadyjskiej prowincji Ontario po latach przygotowań ruszył remont kapitalny elektrowni Darlington (4 x 930 MW) należącej do firmy OPG (Ontario Power Generation Inc.) Ta uruchomiona na początku lat 90. elektrownia typu CANDU (PHWR) dostarcza około 20% zapotrzebowania Ontario w energię elektryczną. Reaktory w elektrowni Darlington, zaprojektowane przez firmy AECL i Ontario Hydro, wymagają wymiany rur ciśnieniowych po około 30 latach eksploatacji. Właśnie rozpoczął się remont bloku 2, który został uruchomiony jako pierwszy w 1989 r. Po remoncie kapitalnym bloki będą pracowały przez kolejne 30 lat zapewniając bezpieczną i ekologicznie odpowiedzialną energię elektryczną bez emisji CO₂. Eksploatacja elektrowni Darlington do 2055 r. wyeliminuje emisję CO₂ równoważną dwu mln samochodów w skali rocznej. Dodatkowo remont kapitalny elektrowni i jej późniejsza trzydziestoletnia eksploatacja oznacza korzyści ekonomiczne dla Ontario obliczane na prawie 90 mld dolarów (Can\$), w tym utrzymanie 3000 dobrze płatnych miejsc pracy i podniesienie dochodów indywidualnych w prowincji o 1,6 mld dolarów rocznie.

*Dariusz Witold Kulczyński,
emerytowany pracownik elektrowni jądrowej Darlington,
Kanada*

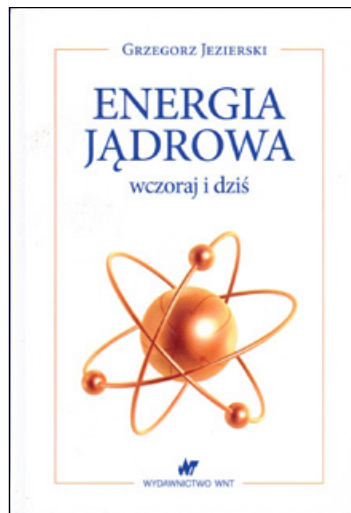


ENERGIA JĄDROWA WCZORAJ I DZIŚ

WYDAWNICTWA NAUKOWO - TECHNICZNE 2016
GRZEGORZ JEZERSKI

W roku 2005 Wydawnictwa Naukowo-Techniczne wydały po raz pierwszy książkę „ENERGIA JĄDROWA wczoraj i dziś” przeznaczoną przede wszystkim dla czytelników zainteresowanych, ale niezorientowanych w problemach dotyczących wykorzystania energii jądrowej. Książka obejmowała bardzo szeroką tematykę od historii odkrycia i poznawania energii jądrowej do współczesnych osiągnięć w tej dziedzinie. Ze względu na różnorodne uprzedzenia do korzystania z energii jądrowej wynikające

głównie z niedoinformowania społeczeństwa oraz publikowania nieprawdziwych i tendencyjnie dobieranych wiadomości o katastrofach jądrowych, szkodliwości promieniowania jądrowego itd. Powtórne wydanie, znacznie rozszerzonej wersji ENERGII JĄDROWEJ jest bardzo potrzebne. Odczuwalny jest, przy trwającej w Polsce dyskusji, brak popularnych publikacji przedstawiających rzetelną i obiektywną wiedzę w zakresie technologii jądrowych. Książka zyskała nową szatę graficzną, rozszerzenie i zaktualizowanie wszystkich rozdziałów i załączników.



Fot. 1. Okładka oryginału książki Grzegorza Jezerskiego: „Energia jądrowa wczoraj i dziś”

Wykorzystanie broni jądrowej w końcowej fazie II wojny światowej wzbudziło nieufność do energetyki jądrowej. Każda działalność w zakresie techniki jądrowej wywołuje do dziś skojarzenia z wybuchami i ich tragicznymi skutkami, podczas gdy rosnące światowe zapotrzebowanie na energię sprawia, że zwrot w kierunku energetyki atomowej staje się koniecznością. Dodatkowym powodem lęków jest również promieniowanie jądrowe związane z techniką jądrową – dominują tu obawy połączone z transportem paliwa, składowaniem odpadów, oraz nierzadko, z samą obecnością zakładu energetycznego na danym terenie. Wszystkie te informacje łącznie z opisem awarii, a nawet wyjaśnieniem różnicy pomiędzy elektrownią jądrową a bombą atomową można znaleźć w tej ważnej publikacji.

*Krzysztof Rzymkowski,
sekretarz generalny,
Stowarzyszenie Ekologów na Rzecz Energii Nuklearnej
SEREN - POLSKA,
Warszawa*



BROŃ JĄDROWA W KSZTAŁTOWANIU BEZPIECZEŃSTWA 1945-2015

BELLONA 2016
STANISŁAW ZARYCHTA

Ogromna siła niszcząca broni jądrowej, wykorzystanej w końcowej fazie II wojny światowej, spowodowała całkowitą zmianę dotychczasowych doktryn wojennych. W wielu

państwach uważano i nadal uważa się, że posiadanie broni jądrowej zapewni im bezpieczeństwo stając się elementem odstraszania ewentualnego napastnika.

Monografia, opracowana przez wiceadmirała dra Zarychtę, jest w zasadzie rozprawą naukową ujmującą zagadnienia bezpieczeństwa od strony teoretycznej wraz z przedstawieniem rozwiązań praktycznych. Opracowanie zawiera str. 568 tekstu solidnie udokumentowanego oraz bibliografię str. 569-592, unikalny słownik stosowanych w literaturze skrótów, wiele tablic porównawczych i ilustracji.



Fot. 1. Okładka książki pt. „Broń jądrowa w kształtowaniu bezpieczeństwa 1945-2015”, Stanisław Zarychta

We wstępie do opracowania przedstawiono próbę zdefiniowania bezpieczeństwa międzynarodowego i państwowego, które jest pojęciem zmieniającym się dynamicznie w wielu płaszczyznach w zależności od różnych czynników np. sytuacji politycznej, uwarunkowań środowiskowych, postępu technicznego. Zasadniczymi wyznacznikami bezpieczeństwa międzynarodowego i państwowego są przede wszystkim potencjały:

militarny, gospodarczy, polityczny, demograficzny jak i położenie geograficzne. Celem autora było usystematyzowanie wiedzy i ocena rozwoju broni jądrowej, jej wpływ na doktryny i strategię wykorzystania sił zbrojnych, analiza wpływu broni jądrowej na kształtowanie się bezpieczeństwa, rozwój środków przenoszenia broni jądrowej. Przedstawiono również ocenę działań międzynarodowych na rzecz rozbrojenia.

Omawiając, w sposób bardzo skondensowany, historię powstania broni jądrowej w różnych krajach i jej dalszy rozwój autor przedstawia wiele interesujących informacji dotyczących testowania nowych wariantów broni dostosowanych do niszczenia poszczególnych obiektów w różnych środowiskach.

W opracowaniu przedstawiono również klasyfikację broni jądrowej uwzględniając różne sposoby wykorzystania reakcji jądrowych w jądrowych środkach wybuchowych (bombach i głowicach), wykorzystania ich mocy przeznaczonej do różnych środków przenoszenia do celu. Jest to bardzo interesująca część opracowania.

W publikacji omówiono organizację strategicznych sił jądrowych, akty normatywne dotyczące strategii bezpieczeństwa narodowego w Stanach Zjednoczonych. Przedstawiono również przegląd środków przenoszenia. Publikacja zawiera, także mało znane informacje podane w rozdziale poświęconym broni jądrowej w Europie. Osobno omówiono politykę bezpieczeństwa opartą o broń jądrową w ZSRR i obecnie w Federacji Rosyjskiej oraz wykorzystanie broni jądrowej w systemach bezpieczeństwa w innych krajach (Chiny, Indie, Pakistan, KRLD, Izrael, RPA).

W zakończeniu książki przedstawiono przegląd organizacji międzynarodowych zajmujących się kontrolą zbrojeń i inicjatywami rozbrojeniowymi.

Monografia, mimo charakteru rozprawy naukowej, jest napisana żywym językiem, a przytoczone informacje sprawiają wrażenie sensacyjnych ze względu na brak tego rodzaju publikacji w języku polskim.

Krzysztof Rzymkowski,
sekretarz generalny,
Stowarzyszenie Ekologów na Rzecz Energii Nuklearnej
SEREN - POLSKA,
Warszawa

INFORMACJA PRASOWA

ŚWIERK, 12 GRUDNIA 2016

POLSCY I HOLENDERSCY NAUKOWCY WPROWADZĄ NOWY STANDARD ANALIZ BEZPIECZEŃSTWA ELEKTROWNI JĄDROWYCH

Narodowe Centrum Badań Jądrowych (NCBJ) we współpracy z Nuclear Research and Consultancy Group (NRG) rozpoczyna badania nad bezpieczeństwem jądrowym współczesnych elektrowni jądrowych. Naukowcy przeanalizują m. in. wrażliwość zbiorników reaktorów jądrowych na nagłe zmiany temperatury. Prace potrwać trzy lata, w tym przez rok będą wykonywane same obliczenia numeryczne wykorzystując 5000 rdzeni polskiego superkomputera – klastra Centrum Informatycznego Świerk (CIŚ).



EUROPEJSKIE SZKOLENIE W ZAKRESIE “EKSPERTA OCHRONY PRZED PROMIENIOWANIEM” (EOP)

Kurs specjalistyczny na EOP
dla energetyki jądrowej

Szkolenie przeznaczone jest dla przyszłych Ekspertów Ochrony przed Promieniowaniem (EOP) pracujących w energetyce jądrowej. Stanowisko EOP zostało wprowadzone przez Dyrektywę Rady 2013/59/EURATOM, którą Polska jest zobowiązana wdrożyć najpóźniej w 2018 roku.

Uczestnicy szkolenia posiadają umiejętności oraz wiedzę niezbędne do pracy w charakterze EOP na terenie elektrowni jądrowej. Szkolenie przeznaczone jest dla przyszłych pracowników elektrowni jądrowych, specjalistów zajmujących się ochroną radiologiczną w obiektach jądrowych, jak też pracowników jednostek sprawujących dozór w obiekcie jądrowym.

Szkolenie potrwa jeden tydzień i składać się będzie z wykładów, warsztatów i wizyt technicznych. Uczestnicy zwolnieni są z opłat szkoleniowych.

Więcej informacji, w tym sposób aplikacji, znajdą Państwo na: www.fortbildung.kit.edu

Można kontaktować się także z p. Sibylle Mann (KIT) – sibylle.mann@kit.edu

oraz z p. Krzysztofem Fornalskim (PGE EJ 1): krzysztof.fornalski@gkpge.pl

16–20 styczeń 2017, Karlsruhe, Niemcy



Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Niemcy



EUROPEAN “RADIATION PROTECTION EXPERT” TRAINING COURSE INFORMATION LEAFLET

Specialised module for RPE's
working in nuclear power plants

This training course is designed for Radiation Protection Experts (RPEs) working in nuclear power plants. It is being run as part of the European Network on Education and Training in Radiation Protection (ENETRAP III).

16-20 January 2017, Karlsruhe, Germany



Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Germany



WSPOMNIENIE O PROF. DR HAB. ANDRZEJU HRYNKIEWICZU

(29 MAJA 1925 R. - 13 PAŹDZIERNIKA 2016 R.)



Profesor Andrzej Z. Hrynkiwicz urodził się w Wilnie w 1925 r. Kiedy wybuchła II wojna światowa, był gimnazjalistą. Zdał maturę na kompletach tajnego nauczania w 1943 r., po czym rozpoczął studia na tajnym Uniwersytecie Stefana Batorego. Jako żołnierz Armii Krajowej brał udział w akcji „Ostra Brama” pod pseudonimem „Żbik”. Aresztowany przez NKWD w 1945 r. został zesłany do pracy w kopalni węgla w Zagłębiu Donieckim. Udało mu się jednak powrócić do Wilna. Tuż po II wojnie światowej wznowił rozpoczęte studia fizyki na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu, gdzie zgromadziła się wileńska kadra profesorska. Był studentem i jednocześnie, jednym z pierwszych asystentów Katedry Fizyki Doświadczalnej.

W październiku 1946 r. w ślad za swoim mistrzem Prof. Henrykiem Niewodniczańskim przeniósł się na Uniwersytet Jagielloński, gdzie kontynuował studia fizyki, zakończone pracą magisterską w 1948 r. Dalej jego kariera potoczyła się błyskawicznie: doktorat w 1950 r., w 1954 – tytuł docenta, w 1961 r. tytuł profesora nadzwyczajnego (który wówczas był tytułem belwederskim), a w 1969 r. – profesora zwyczajnego. W latach 1962 – 1976 kierował Zakładem (początkowo Katedrą) Fizyki Jądrowej IF UJ, przez 3 lata pełnił funkcję dyrektora Instytutu Fizyki UJ. W 1980 r. utworzył specjalizację fizyka medyczna, i został jej kierownikiem. Później specjalizacja ta została rozszerzona na ochronę środowiska.

Profesor Andrzej Hrynkiwicz był prawą ręką Profesora Henryka Niewodniczańskiego zwłaszcza podczas tworzenia w 1955 r. Instytutu Fizyki Jądrowej w Bronowicach. Do 1995 r. prowadził Zakład II Spektroskopii Jądrowej w IFJ. W latach 1960 – 1966 był wicedyrektorem, a po śmierci prof. H. Niewodniczańskiego – został dyrektorem Instytutu (1969 – 1976). – Nie ulegało żadnej wątpliwości, że profesor widział Andrzeja Hrynkiwicza jako swojego następcę. I nie było z tym żadnego problemu – wspomina prof. Adam Strzałkowski. Hrynkiwicz potrafił utrzymać rodzinną atmosferę wśród pracowników. Nie było oczywiście powodu, aby nazywali go

„Papą”, ale widzieli w nim życzliwego człowieka – przyjaciela. Z większością był „po imieniu”. Zawsze traktował ludzi podmiotowo, dając im możliwość samodzielnego decydowania o własnym losie, kierunku badań czy rozwoju kariery.

W 1966 r. został wybrany na stanowisko wicedyrektora Zjednoczonego Instytutu Badań Jądrowych w Dubnej, które piastował do 1968 r.

Wiedzę i doświadczenie naukowe Profesor Hrynkiwicz zdobywał w najlepszych laboratoriach świata: MIT w USA, ZIBJ w Dubnej w Centrum Badań Jądrowych CNRS w Strasbourgu, w Uniwersytecie w Nancy, Uniwersytecie w São Paulo i Katolickim Uniwersytecie w Louvain. Wizytował ponad 100 instytutów naukowych. Dał się poznać jako zapaleniec i entuzjasta. Z każdego stażu naukowego przywoził w walizce elementy nowej techniki badawczej.

Zainteresowania naukowe Profesora obejmowały kilka dziedzin fizyki: jak fizyka jądra atomowego, fizyka fazy skondensowanej i fizyka medyczna.

Profesor Hrynkiwicz (wraz z prof. Jackiem Hennelem) uruchomił pierwszą w Polsce aparaturę magnetycznego rezonansu jądrowego, opracował nową metodę pomiaru momentów magnetycznych krótkożyłowych (nanosekundowych) stanów jądrowych oraz metodę zaburzonych korelacji kierunkowych promieniowania gamma (TDPAC). Obie te metody wprowadził do laboratorium Instytutu Fizyki UJ, Instytutu Fizyki Jądrowej i Zjednoczonego Instytutu Badań Jądrowych w Dubnej. Miał znaczący udział w budowie generatora Van de Graaffa na 800 keV oraz pierwszego w Polsce cyklotronu C-48. Przy użyciu protonów i cząstek alfa przyspieszonych w tym cyklotronie otrzymał pierwsze na świecie widma metodą wstecznego rozpraszania Rutherforda (RBS). Uruchomił pierwszą w Polsce aparaturę i zorganizował laboratorium do badania efektu Mössbauera. Jest autorem wielu pionierskich prac przy użyciu tej aparatury. Ma znaczne osiągnięcia w badaniu procesów channelingu – kanałowania cząstek naładowanych w monokryształach, w pomiarach śladowych stężeń pierwiastków w różnych materiałach metodą PIXE.

Wkład Profesora Andrzeja Hrynkiwicza w rozwój nowoczesnej fizyki polskiej jest fascynujący. Jego mądre działania podnosiły rangę polskiej nauki w świecie.

Oryginalne wyniki prac Profesora zostały opisane w ponad 160 publikacjach, z czego 118 w czasopiśmie i wydawnictwach o renomie światowej. W ramach popularyzacji napisał 88 opracowań przeglądowych i popularnonaukowych, 44 artykuły prasowe oraz książkę pt. „Energia – najważniejszy problem cywilizacji”. Był redaktorem trzech monografii wydanych przez Wydawnictwo Naukowe PWN: „Fizyczne metody badań w biologii, medycynie i ochronie środowiska”, „Fizyczne metody diagnostyki medycznej i terapii” oraz „Człowiek i promieniowanie jonizujące”.

Godna podziwu jest pamięć Profesora Andrzeja Hrynkiwicza o jego mistrzach i nauczycielach, z których szczególnie ważny był Profesor Henryk Niewodniczański. Poświęcony mu niezwykle barwnie napisany esej oraz wiele wystąpień publicznych, pełnych anegdot i mądrości świadczą o godnym naśladowania szacunku i wdzięczności, jakie żywił Profesor Hrynkiwicz dla swego Mistrza.

Utworzenie nowoczesnego instytutu badawczego na krakowskich Bronowicach w połowie ubiegłego stulecia było niewyobrażalnym na owe czasy przedsięwzięciem. Entuzjazm i zapał prof. Niewodniczańskiego udzielił się jego uczniom, a w szczególności Andrzejowi Hrynkiwiczowi. Atmosferę początków IFJ oraz historię pół wieku działalności przedstawił prof. Hrynkiwicz w 3-częściowej książce pt. "50 lat Instytutu Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego PAN" wydanej przez wydawnictwo PAU w 2005 r.

Profesor Hrynkiwicz był gorącym orędownikiem energetyki jądrowej i od lat nieustraszenie prezentował w różnych gremiach i mediach swoje stanowisko w tej kwestii. Podkreślał, że oparta na spalaniu węgla energetyka konwencjonalna przynosi ogromne szkody środowisku naturalnemu i naszemu zdrowiu, natomiast lęk przed energetyką jądrową jest przede wszystkim skutkiem braku wiedzy na ten temat.

Profesor Andrzej Hrynkiwicz cieszył się ogromnym uznaniem. Był członkiem rzeczywistym Polskiej Akademii Nauk oraz członkiem czynnym Polskiej Akademii Umiejętności, w której założył Komisję Zagrożeń Cywilizacyjnych (i przewodniczył jej przez kilkanaście lat), Członkiem Tytularnym Europejskiej Akademii Nauki, Sztuki i Literatury, Amerykańskiego Towarzystwa Fizycznego oraz wielu znakomitych towarzystw naukowych.

Był członkiem Rady Naukowej Instytutu Fizyki UJ, Instytutu Fizyki Jądrowej w Krakowie, Instytutu Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN we Wrocławiu oraz Zjednoczonego Instytutu Badań Jądrowych w Dubnej. W wielu tych radach pełnił funkcję przewodniczącego. Dwukrotnie był wybierany do Komitetu Badań Naukowych i pełnił w nim funkcję Zastępcy Przewodniczącego Komisji Badań Podstawowych. Był członkiem Centralnej Komisji ds. Tytułu Naukowego i Stopni Naukowych (od 1991 r.), Przewodniczącym Rady ds. Atomistyki oraz Pełnomocnym Przedstawicielem Rządu RP do spraw dubieńskich.

Uczestniczył w pracach siedmioosobowej grupy TWG (Transfermium Working Group) powołanej przez dwie międzynarodowe unie: Fizyki Czystej i Stosowanej oraz Chemii Czystej i Stosowanej w celu rozstrzygnięcia priorytetu odkryć pierwiastków transfermich (o $Z \geq 100$).

Był znakomitym organizatorem konferencji. Z jego inicjatywy od ponad 40 lat co roku odbywają się w Zakopanem międzynarodowe konferencje naukowe, znane jako Szkoły Fizyki.

Zasługi Profesora Andrzeja Hrynkiwicza niejednokrotnie doceniano. Senat Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie nadał mu tytuł doktora honoris causa (1998). Kolejne doktoraty hc otrzymał od Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie (1999), Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu (2002). Zjednoczony Instytut Badań Jądrowych w Dubnej mianował go honorowym doktorem (1999), a Uniwersytet Jagielloński w 50-tą rocznicę obrony doktoratu – honorowym profesorem (2000). W 1996 r. Andrzej Hrynkiwicz otrzymał nagrodę Prezesa Rady Ministrów RP za całokształt działalności naukowej, a w 2005 r. najwyższe państwowe odznaczenie, jakim jest Wielki Krzyż Orderu Odrodzenia Polski. Za zasługi wojenne dostał Krzyż Armii Krajowej. Polskie Towarzystwo Fizyczne uhonorowało go swoim najwyższym odznaczeniem

– Medalem im. Mariana Smoluchowskiego (1988). W 2014 r. przyznano mu nagrodę Miasta Krakowa.

Profesor Andrzej Hrynkiwicz był porywającym audytorem wykładów. Jego wystąpienia cieszyły się podziwem słuchaczy. Optymizm, pasje naukowe, a przy tym ogromne poczucie humoru i niezwykła życzliwość dla ludzi zachwycały studentów i całe rzesze studentek. Kochały się w nim nawet słuchaczki wykładów na Uniwersytecie trzeciego wieku.

Poznałam Profesora podczas studiów fizyki na Uniwersytecie Jagiellońskim. Jego wykłady przyciągały wielką liczbę słuchaczy i aula wypełniała się po brzegi. Pamiętam, jak jedna z koleżanek weszła nieco spóźniona. Profesor natychmiast ją zauważył.

– Tu, w pierwszym rzędzie czeka na Panią miejsce – powiedział uradowany. Purpurowa ze wstydu dziewczyna usiadła. Dalszą część wykładu Profesor skierował właśnie do niej, jakby chcąc jej zrekompensować nieobecność na początku. Byłyśmy zazdrosne. Od tego wydarzenia raczej nikt się nie spóźniał.

Pamiętam też, jak kokieteryjnie Profesor wręczył jednej z nas zamrożony w ciekłym azocie kwiatek. Niestety nie mnie... Pamiętam wiele opowiadanych przez niego anegdot o słynnych fizykach.

Profesor umiał znakomicie współpracować z ludźmi, więc garnęli się do niego młodzi naukowcy. Uwagi krytyczne wypowiadał tak delikatnie, że można było nawet odczuwać je jako pozytywne. Wypromował 46 doktorów. W wielu przypadkach oznaczało to wskazanie kierunków badań nawet na całe życie. Spośród nich 19 zrobiło habilitację, a 12 uzyskało już tytuł profesora.

Rozmawiałam z Profesorem Hrynkiwiczem wiele razy na łamach różnych czasopism. Jedną z rozmów miała tytuł: „Natura i barwy świata z fizyką w tle” (Postępy Fizyki 55,1, str. 52). Zaskoczyło mnie, że w tle. Nauka nie ograniczała Profesora. Inspirowała go przyroda: chętnie wspominał krajobraz wileński, a góry, drzewa, szum potoku, nawet padający deszcz wzbudzały radość. Jak gromowładny Zeus Andrzej potrafił w laboratorium wygenerować pioruny na generatorze Van de Graaffa, czym imponował swoim dziewczynom wracając z randek. Ruch, pływanie, szusowanie na nartach sprawiały mu szczególną przyjemność.

Zgodnie z powiedzeniem prof. Niewodniczańskiego, że fizyk potrafi wszystko, tylko lepiej, Andrzej Hrynkiwicz sam zaprojektował swój dom w Górcach. Ławy, stoliki, regały, półki i skrzynie własnoręcznie wykonał piłą i strugiem we własnej stolarni. Dom otaczały troskliwie hodowane przez gospodarza drzewa, głównie modrzewie i jodły oraz różne iglaki. W Krakowie uprawiał działkę pod Kopcem Kościuszki, na której rosły krzewy owocowe oraz kwitły róże.

Bardzo lubił motoryzację: w młodości jeździł na skuterze, później samochodem. W Brazylii zdarzyło mu się nawet prowadzić samolot.

Jedną z najważniejszych cech Andrzeja była umiejętność nawiązywania kontaktów z ludźmi. Jak ryba w wodzie czuł się w wizytowanych laboratoriach, w towarzystwie noblistów, w salach polskich arystokratów w Brazylii, w studiu telewizyjnym czy na poważnych konferencjach naukowych. Wolny, bezstresowy,

swobodny, dowcipny zawsze z podniesioną głową. Na otwartym zebraniu, w którym uczestniczyli Edward Gierk – I Sekretarz PZPR, Piotr Jaroszewicz – premier PRL, Henryk Jabłoński – Przewodniczący Rady Państwa i liczni ministrowie, jako dyrektor IFJ, mówił o potrzebie zakupu we Francji nowego cyklotronu. Zwrócił się szerokim gestem do Gierka: „Pomożecie?”. Była to parafraza niedysyjszego pytania Gierka do robotników. Pytanie wywołało gromkie brawa, a Gierek życzliwie pokiwał głową i, jak kiedyś jemu robotnicy, odpowiedział: Pomożemy!

Jako człowiek szerokiej wiedzy i wielkiego serca Andrzej Hryniewicz czuł się odpowiedzialny za ludzi, za kraj, a nawet za całą Ziemię. Uważał, że tylko wykształcone społeczeństwo może sprostać wyzwaniom, jakie niesie bezprecedensowy rozwój cywilizacji. Apelowal więc, by obok badań naukowych dowartościować nauczycieli akademickich wykazujących talenty dydaktyczne i popularyzatorskie. W trosce o czyste środowisko naturalne z pasją propagował zalety energetyki jądrowej. Dostrzegał niebezpieczeństwa dla przyszłości człowieka, jakie kryją się w zmianach klimatycznych, wzroście zaludnienia, pojawianiu się nowych chorób. Przestrzegał przed groźnymi ideologiami jak fundamentalizm, kłamstwo i nienawiść będącymi genezą terroryzmu i wojen. Jako fizyk wiedział przecież, że w minionym stuleciu ludzkość osiągnęła zdolność do samozaładki. Forum do dyskusji na te tematy stanowiła założona przez niego Komisja Zagrożeń Cywilizacyjnych PAU.

Andrzej Hryniewicz już we wczesnej młodości tworzył sobie własny religijno-naukowy obraz świata, który później nieco modernizował. W 1943 r. napisał rozprawkę o trzech ingerencjach Boga: tzn. stworzeniu świata, tchnięciu w świat nieorganiczny *vis vitalis*, i powstaniu w ten sposób życia organicznego, i trzeciej ingerencji, jaką był dar duszy. Po latach notatki z tych rozważań konsultował z uznanymi filozofami (prof. Barbara Skarga, prof. Władysław Stróżewski) uzyskując szacunek i uznanie. Później Hryniewicz wierzył w tylko jedną ingerencję Boga: tchnienie duszy. Według jego przemyśleń religia jest po to, żeby ludzie byli lepsi, mieli do siebie zaufanie, miłosierdzie, a jedynym przykazaniem, na którym wszystkim powinno się opierać jest miłość bliźniego.

Na cmentarzu Salwatorskim w Krakowie w strugach deszczu żegnaliśmy Andrzeja Hryniewicza naszego Profesora, Mistrza, Przyjaciela. Czy potrafimy choć trochę Go naśladować, Jego zaangażowanie, entuzjazm, fantazję, serdeczność?

Dzięki Ci Andrzeju. Z Tobą świat wydawał się lepszy. Spośród wielu przemówień pożegnalnych przypomnę jedynie słowa prof. Jerzego Niewodniczańskiego, przecież prawie brata zmarłego: – To był rok 1945. Szedłem z moją Matką przez ulice Wilna, kiedy krasnoarmiejcy prowadzili kolumnę więźniów. Nagle jeden z nich nieśmiało zamachał do nas ręką. To był Andrzej, o którego aresztowaniu nie wiedzieliśmy. Moja Mama przerażona zawołała po litewsku: „su Diev Andriusza”, co znaczy „z Bogiem Andriusza” dzisiaj ja mówię: su Diev, Andrzeju.

Małgorzata Nowina Konopka,
Instytut Fizyki Jądrowej,
Kraków



PROFESOR JÓZEF HURWIC (1911-2016)

TEKST POŻEGNANIA PROF. HURWICA NA PÈRE LACHAISE W PARYŻU



Fot. 1. Profesor Józef Hurwic
(fot. Katarzyna Wandycz)

Profesor Józef Hurwic urodził się w roku 1911 w Warszawie, która była podówczas częścią imperium rosyjskiego, w rodzinie żydowskiej, raczej nieźle sytuowanej, lecz nie bogatej. Jego rodzice nosili imiona Wolf i Sonia, mówili po polsku, ale znali także rosyjski i jidisz.

Polska odzyskała niepodległość i młody Józef uczęszczał do szkoły żydowskiej z językiem nauczania polskim. Szkoła ta została zamknięta w roku 1927, więc dla dokończenia edukacji przeszedł do polskiego liceum, które ukończył w 1929 r. Następnie zapisał się na studia w Politechnice Warszawskiej, gdzie uzyskał dyplom w 1933 r. i gdzie podjął pracę, jako asystent prof. Stanisława Kalinowskiego. Badał własności spektralne i dielektryczne różnych związków chemicznych. W marcu 1939 r. uzyskał stopień magistra-inżyniera.

Ucieczka Profesora do Rosji Sowieckiej i powrót do Polski

Podczas wojny prof. Józef Hurwic zbiegł do Rosji Sowieckiej, do Polski powrócił w 1947 r.

Oto, co napisał mój przyjaciel Janusz Lipkowski, dobrze znany polski chemik i vice-prezes Polskiej Akademii Nauk:

„...mam przed sobą książkę prof. Hurwica (z Jego dedykacją) zatytułowaną (tu muszę przypomnieć sobie oryginalny tytuł), która pozwala mi nieco odświeżyć wiedzę o przebiegu jego kariery naukowej.”

Przed wojną otrzymał on dyplom Politechniki Warszawskiej na Wydziale Chemii. Ale dość interesującemu usytuowaniu poświęcał głównie uwagę fizyce. A w dodatku jego zainteresowania w owym czasie leżały głównie w obszarze matematyki! Ta uniwersalność naukowa wielokrotnie służyła mu w późniejszej karierze, zaś w dziedzinie chemii stał się znakomitością.

Po klęsce Polski wobec niemieckiej inwazji zbiegł w styczniu 1940 r. do wschodniej części Polski, załamanie przez Związek Sowiecki, i znalazł się we Lwowie, wraz z matką i siostrą Sarą. Józef Hurwic sporo podróżował jako redaktor naukowego wydawnictwa „dla mniejszości”. We Lwowie pozostał do czerwca 1941 r.,

kiedy armia niemiecka rozpoczęła nową wojnę, tym razem przeciw Sowietaom.

Potem został ewakuowany do Świerdłowska, gdzie po nadzwyczaj trudnym okresie mógł w końcu wykorzystać swoje talenty chemiczne. Wśród licznych zasług opracował i wdrożył do praktyki metodę produkcji oleju napędowego i ciekłych paliw z surowców drewnianych (znajdujących się tam w wielkich ilościach), co odegrało poważną rolę lokalną w okresie niedostatku wojennych.

Józef Hurwic kontynuował działalność jako redaktor naukowy także w Moskwie, gdzie znalazł się po zwycięstwie Związku Sowieckiego nad Niemcami. Należał do Związku Patriotów Polskich (organizacji wspieranej przez władze sowieckie), lecz nie wspomina nic o swojej tam roli. Pracował również w Polskiej Agencji Prasowej (PAP, zwanej wówczas „PolPress”).

Powrócił do Polski po wojnie, w 1947 r., i ponownie zatrudnił się na Politechnice Warszawskiej. Uzyskał nowe dyplomy w dziedzinie chemii, ale jego działalność dydaktyczna koncentrowała się na fizyce. Przez kilka lat był nawet dziekanem Wydziału Fizyki (do 1960 r.).

Jego praca badawcza koncentrowała się ponownie na właściwościach dielektrycznych rozmaitych związków chemicznych. Skonstruował oryginalną aparaturę do wyznaczania momentów dipolowych cząsteczek chemicznych, w czym wybitnie dopomogła mu znajomość fizyki uzyskana podczas studiów. Badania dielektryków i momentów dipolowych stały się jego domeną i obszarem, w którym był uznanym ekspertem.

Współpracował z chemikami z Politechniki, lecz także z instytutem chemicznym założonym przed wojną na Żoliborzu przez prezydenta Polski, Ignacego Mościckiego (też chemika). Instytut ten zmieniał kilkakrotnie nazwę po wojnie, obecnie nosi nazwę Instytut Chemii Przemysłowej. Hurwic współpracował w swoich czasach z wybitnymi chemikami polskimi: Świętosławskim, Bretsznajderem, Dorabalską, Kemulą i innymi.

Hurwic odegrał wybitnie pozytywną rolę najpierw, jako zastępca redaktora naczelnego, a następnie redaktor naczelny czasopisma popularno-naukowego „Problemy”, założonego przez Tadeusza Unkiewicza w 1945 r. To Hurwic przyciągnął do tego czasopisma wielkiego polskiego poetę, Juliana Tuwima, który prowadził rubrykę poświęconą ciekawostkom naukowym zatytułowaną „Cicer cum Caule”.

Pozwolę sobie pokrótce przypomnieć karierę prof. Józefa Hurwica. Uzyskał doktorat w dziedzinie chemii w 1951 r. i w tym samym roku został powołany na stanowisko wykładowcy w Laboratorium Chemii Fizycznej, potem docenta w 1954 r. i w końcu profesora zwyczajnego w 1967 r. (szczyt kariery uniwersyteckiej w Polsce).

W tym okresie kierował Laboratorium Fizyki (od 1961 r.), potem został dziekanem Wydziału Chemii (w 1962 r.). Stał się znany ze swych wspaniałych wystąpień w polskiej telewizji w programie zatytułowanym „Uniwersytet Telewizyjny”.

Emigracja z Polski

W następstwie ekscesów antysemickich w Polsce w roku 1968 prof. Hurwic porzucił wszystkie swoje funkcje i wyemigrował z Pol-

ski. Osiedlił się we Francji, gdzie został ‘professeur associe’ w Uniwersytecie Aix-Marseille. Stworzył instytut dielektrochemii, nową dziedzinę wypromowaną zasadniczo przez jego własne prace. Nauczał tam do 1979 r., (profesor ma licznych wykształconych doktorów) i kontynuował swoje badania historii nauki. Jego książki poświęcone Mendelejewowi, Marii Skłodowskiej-Curie i Kazimierzowi Fajansowi należą do pereł rodzaju „biografie naukowe”.

Zaproszenie

Jego ojczyzna uznała krzywdy i go zaprosiła („późnawo”) do powrotu na Politechnikę Warszawską (w 1989 r., więc bardzo późno!). Uzyskał wiele odznaczeń i honorowych medali.

Inny przyjaciel, Lucjan Śniadower, z którym skontaktowałem się pocztą, wziął mnie na XX Kongres Polskiej Fizyki w Lublinie w 1967 r. Mogłem zatem, ja, młody asystent Uniwersytetu Warszawskiego, podziwiać Józefa Hurwica błyszczącego bystrością umysłu i humorem, zwłaszcza podczas bankietu.

Powyższy tekst jest zapisem mowy pożegnalnej wygłoszonej po francusku podczas pogrzebu profesora Józefa Hurwica przez Ryszarda Kenera, profesora Université Pierre et Marie Curie. Tekst przetłumaczony został i opracowany przez prof. Janusza Lipkowskiego.



PROFESOR JÓZEF HURWIC - WSPOMNIENIE WYDAWCY (1911 – 2016)

Tak nie dawno, gdyż w numerze 2 – 2016 PTJ ukazał się mój krótki artykuł o Profesorze Józefie Hurwicu z okazji jego 105. rocznicy urodzin wraz z serdecznymi życzeniami dla Jubilata od naszego środowiska związanego z Postępami Techniki Jądrowej. Tuż po ukazaniu się powyższego numeru - pod koniec lipca - nadeszła wiadomość o śmierci Profesora.

W niniejszym tekście pragnę podzielić się z czytelnikami garścią wspomnień i refleksji o Profesorze, z którym miałem zaszczyt współpracować jako wydawca w przygotowaniu kilku edycji jego książek.

Profesora Józefa Hurwica poznałem osobiście w latach 90. poprzedniego wieku, gdy był już na emeryturze i mieszkał na stałe we Francji, a ja wówczas pełniłem funkcję dyrektora Fundacji Badań Radiacyjnych w Łodzi. Jednym z celów statutowych fundacji jest promowanie w społeczeństwie wiedzy o zjawisku promieniotwórczości i energii jądrowej oraz o oddziaływaniu promieniowania jonizującego z materią.

Postać prof. Hurwica była już wtedy szeroko znana nie tylko w środowisku naukowym. Nauczyciel akademicki, wieloletni wykładowca Politechniki Warszawskiej (1951–1968) i Université de Provence w Marsylii (1969–1979), dziekan Wydziału Chemicznego P.W. (1960–1968), prezes Polskiego Towarzystwa Chemicznego (1964–1968), uczony o szerokich horyzontach oraz wielkiej kulturze osobistej i intelektualnej, niestrudzony redaktor czasopism naukowych i popularno-naukowych, w tym przez 20 lat redaktor naczelny jego ukochanych „Proble-mów”. Nade wszystko jednak wybitny znawca i popularyzator

historii badań nad promieniotwórczością, a zwłaszcza pionierskiego i wielkiego wkładu w rozwój tej dziedziny wiedzy jakiego dokonała Maria Skłodowska-Curie.

Nawiązanie współpracy

To właśnie wyjątkowe zaangażowanie i benedyktyńska praca, jako historyka nauki w opracowaniu i popularyzacji badań i osiągnięć naukowych M. Skłodowskiej-Curie było asumptem do nawiązania współpracy z Profesorem na polu wydawniczym. Fundacja Badań Radiacyjnych była już wówczas wydawcą książki biograficznej pt.: "Jeszcze jedno życie" prof. dr hab. Alicji Dorabalskiej – profesora Politechniki Lwowskiej i Politechniki Łódzkiej, uczennicy M. Skłodowskiej-Curie oraz książki pt.: „Moje życie i chemia radiacyjna” prof. dr hab. Jerzego Kroh – twórcy polskiej szkoły chemii radiacyjnej.



Fot. 1. Po wykładzie w Oddziale Łódzkim PAN, maj 2000 r. Po środku siedzący prof. Józef Hurwic, od lewej stoją: prof. Julian Chojnowski, prof. Stanisław Penczek, prof. Jerzy Kroh, dr Stanisław Galant

W maju 2000 r. został zorganizowany wspólnie z Oddziałem Łódzkim PAN wykład na temat „Recepcja nauki o promieniotwórczości w Polsce”. Mający wówczas 89 lat Józef Hurwic, mówił przez ponad godzinę bez kartki, cytując z pamięci mnóstwo nazwisk, dat i faktów z historii omawianej dziedziny. Zaimponował wszystkim słuchaczom swoją kondycją fizyczną i intelektualną, ale również piękną polszczyzną, a w sposobie prowadzenia wykładu było wieloletnie doświadczenie wykładowcy akademickiego.

Ten kunszt wykładowcy potwierdziło w rozmowach ze mną wielu byłych studentów Profesora i słuchaczy wygłoszonych przez niego prelekcji.

Nowe opracowanie książki wspomnieniowej prof. J. Hurwica

Na 90. urodziny Profesora w roku 2001 wspólnie z Akademickim Centrum Graficznym – Marketingowym „Lodart” w Łodzi przygotowaliśmy poprawioną i poszerzoną edycję jego książki – „Wspomnienia i refleksje. Szkic autobiograficzny”. Stosunkowo niski nakład spowodował, że książka nie pojawiła się na szerokim rynku księgarskim. Jednakże odbyły się dwie promocje i spotkania z autorem w stacji Polskiej Akademii Nauk w Paryżu oraz w Muzeum M. Skłodowskiej w Warszawie.

Profesor Hurwic obchodzi 95-lecie urodzin

Promocja III wydania książki, 2006 r.

Jubileusz 95. rocznicy urodzin miał bardzo uroczysty charakter i był połączony z promocją III wydania „Wspomnień i refleksji”. Uroczystość jubileuszowa miała miejsce 8 maja 2006 r. w Pałacu Staszica w Warszawie, z udziałem licznej grupy przedstawicieli wielu ośrodków naukowych, uczniów, doktorantów Profesora, przyjaciół i rodziny Jubilata. Było to – niestety – ostatnie spotkanie z Profesorem na polskiej ziemi.

III wydanie „Wspomnień i refleksji” było przygotowane przez Dom Wydawniczy – Promocyjny GAL przy współpracy z Polskim Towarzystwem Chemicznym – Muzeum M. Skłodowskiej-Curie i wsparte finansowo przez Polską Akademię Nauk, Politechnikę Warszawską – Wydział Chemii, Polskie Towarzystwo Chemiczne i Państwową Agencję Atomistyki. Są to instytucje z którymi autor był mocno związany w czasie swojej pracy zawodowej w Polsce. Wsparcie to było symbolicznym podziękowaniem za zasługi i wkład pracy dla tych instytucji, jak i dla polskiej nauki i jej popularyzacji.

Moja wieloletnia współpraca z Profesorem

Wielokrotna lektura tekstu „Wspomnień i refleksji” skłania mnie do wyrażenia opinii – a nie jestem w niej odosobniony – iż autor włada polszczyzną, której mógłby mu pozazdrościć niejeden filolog. Precyzyjny dobór słownictwa, elegancji i jędrny styl, aż po rzadko dziś spotykaną dbałość o interpunkcję, zmysł ironii, a czasem inteligentna uszczypliwość oraz dar prowadzenia wartkiej narracji – te wszystkie cechy powodują, że wspomnienia Profesora czyta się z zapartym tchem. Dzięki ostrości obserwacji, obiektywizmowi sądów i wręcz kronikarskiej skrupulatności prawdziwie i pięknie opisał autor wydarzenia, które ukształtowały jego życie oraz przedstawił przebogatą galerię postaci ze świata nauki, oświaty, kultury i polityki. Przytoczę tutaj tylko jeden przykład z tej galerii postaci – prof. Henryka Jabłońskiego – naukowca i polityka, który jako ówczesny minister oświaty i szkolnictwa wyższego po wydarzeniach marcowych w 1968 r. podpisał pismo odwołujące prof. Hurwica z funkcji dziekana i przeniesienie na bezterminowy urlop. Autor opisał w swoich wspomnieniach następującą scenę:

...Na początku 1969 r. w warszawskim Instytucie Fizyki przy ulicy Hożej 69 uroczystość obchodzono jubileusz 80-lecia urodzin Wojciecha Rubinowicza. Bardzo wysoko go ceniłem, a ponadto wraz z moją żoną przyjaźniliśmy się z państwem Rubinowiczami. Toteż udaliśmy się na uroczystość. W holu przy wejściu są dwie szatnie. Tylko jedna była wtedy obsługiwana. Tłoczyło się więc przed nią wielu przybyłych. Ja czując się tu jak u siebie w domu otworzyłem barierkę przeciwległej pustej szatni i tam powiesiłem swój płaszcz. Nadszedł prof. Kemula z małżonką. Odebrałem więc ich płaszcze i powiesiłem obok naszych. W tym momencie zjawił się ówczesny minister oświaty i szkolnictwa wyższego, prof. Henryk Jabłoński. Zobaczywszy mnie z uśmiechem zwrócił się do mnie:

- Dzień Dobry panie Józefie, co pan porabia?
- Było to zaledwie kilka miesięcy po tym, gdy otrzymałem podpisane przez niego pismo zawiadamiające o „przeniesieniu mnie na bezterminowy urlop”. Toteż zażartowałem:

- Skoro wyrzucił mnie pan, panie ministrze, z profesury, zaangażowałem się jako szatniarz.

Pan minister spurpurowiał na twarzy i na tym rozmowa się skończyła. Scena rozegrała się w obecności i ku uciesze kilku dziesięciu fizyków.

Cechami, które zwracały uwagę od początku były Jego optymizm, a przy tym niezwykle wprost poczucie humoru. Należałoby jednakże tutaj stwierdzić także, iż Profesor Hurwic mimo doznanych od władz krzywd, przykrości i bólu moralnego nie żywił i nie nosił w sobie nienawiści. Tę wielkość moralną wyczytać można na wielu kartach jego książki.

Współpraca z Profesorem przy opracowywaniu wydawniczym jego książek była wielką satysfakcją, a nawet przyjemnością. Jego kultura osobista i profesjonalizm w tym, co robił było budujące i nie często spotykane. Korekty wydruków komputerowych, już po opracowaniu redakcyjnym, wykonywał osobiście z iście redaktorską dokładnością. Szybko i terminowo przysyłał pocztą wykonaną ręcznie korektę, poprawki i uzupełnienia.

Wyjątkowy talent miał Profesor w znajdowaniu w tekstach błędów i merytorycznych nieścisłości lub przekłamań. Opowiadał mi osobiście, że niezależnie kto był autorem tekstu zawsze, gdy zauważył istotny błąd lub nieścisłość czynił sprostowanie, co nie zawsze wywoływało pozytywne reakcje. Profesor robił to z dużą kulturą. Podam tutaj ciekawą i pouczającą przykłąd, który dotyczy mnie osobiście. Wysłałem Profesorowi do Marsylii książkę Jerzego Kroh „Moje życie i chemia radiacyjna”. Po pewnym czasie otrzymałem list (listy Profesora były zawsze pisane odręcznie i pięknym charakterem), w którym mogłem przeczytać:

Z przyjemnością przeczytałem pięknie wydaną biografię profesora Kroh. Ale pozwolę sobie zwrócić uwagę na dwie drobne nieścisłości, które tam zauważyłem.

Na s.132 podano, iż Marii Skłodowskiej-Curie nie wybrano do Akademii Francuskiej. Maria nie kandydowała do tej akademii (której członkami jest 40 „nieśmiertelnych” i która zajmuje się układaniem słownika języka francuskiego), lecz do Akademii Nauki w Paryżu (Academie des Sciences). Te dwie akademie wraz z trzema innymi tworzą Instytut Francji. Na s.169 wymieniono Instytut Hahna Meitnera. Powinno być Instytut Hahna Meitner, gdyż Meitner była kobietą.

Głównym nurtem zainteresowań Profesora Hurwica jako historyka nauki były badania nad strukturą materii, a w szczególności historia odkryć i badań zjawiska promieniotwórczości oraz osiągnięć jakich dokonała w tej dziedzinie Maria Skłodowska-Curie.



Fot. 2. Na obchodach 100. lecia odkrycia polonu i radu w 1998 r. w Warszawie, od lewej: prezes PAA prof. Jerzy Niewodniczański, dyr. Fundacji Badań Radiacyjnych dr Stanisław Galant, dyr. Archiwum PAN dr Hanna Krajewska, prof. Józef Hurwic

Wygłosił na ten temat wyjątkowo dużo wykładów i prelekcji oraz napisał mnóstwo artykułów i kilka książek. W latach dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku opracował na nowo bardzo ważną i znaczącą pozycję - „Maria Skłodowska-Curie i promieniotwórczość”. Marzeniem tego wybitnego historyka nauki było, aby książka o naszej wielkiej rodaczce ukazała się w języku francuskim i angielskim. I to marzenie Profesora udało nam się spełnić.



Fot. 3. W Instytucie Curie prof. Józef Hurwic podpisuje swoje książki, obok stoi wydawca - dr Stanisław Galant - Paryż 2003 r.

W 2003 r., w setną rocznicę pierwszej Nagrody Nobla dla polskiej i francuskiej uczonej – M. Skłodowskiej-Curie, wydaliśmy pierwszą edycję książki w języku francuskim – „Marie Skłodowska-Curie et la radioactivité”.

W tym samym roku książka była zaprezentowana w Paryżu w Instytucie Curie oraz w Instytucie Polskim. Józef Hurwic napisał wtedy do mnie:

... „Trudno chyba o lepszy wkład do paryskich obchodów 100-lecia przyznania Mari Skłodowskiej-Curie Nagrody Nobla niż francuska książka na ten temat wydana w kraju rodzinnym uczonej...”

Druga edycja tej „francuskiej książki” ukazała się w roku 2008 i dzięki pomocy organizacyjnej prof. Pielaszka – dyrektora Stacji PAN i prof. K. Zaleskiego – prezesa Towarzystwa Historyczno-Literackiego w Paryżu oraz córki Profesora Anny Hurwic odbyła się promocja książki i spotkanie z mającym 97 lat autorem. Była to wzruszająca uroczystość w pięknej sali stacji PAN w Paryżu, gdzie zgromadziło się liczne grono przyjaciół i znajomych autora i przedstawicieli różnych instytucji naukowych.



Fot. 4. W ogrodzie Instytutu Radowego w Paryżu w 2003 r. Prof. Józef Hurwic z prof. A. Chapiro - dyr. Laboratorium Chemii Radiacyjnej Polimerów CNRS, laureat medalu M. Skłodowskiej-Curie przyznanego przez PTBR

Promocja tej książki była ostatnią z udziałem Józefa Hurwica. Potem, w roku 2011 wydaliśmy tę wyjątkowo wartościową pozycję w języku angielskim.

Podczas obchodów na Sorbonie 100-lecia przyznania drugiej Nagrody Nobla tej wybitnej uczzonej, odwiedziliśmy z żoną w zakładzie opiekuńczym mającego prawie 100 lat Profesora i przekazaliśmy mu pachnącą jeszcze farbą drukarską jego ostatnią książkę. Był bardzo szczęśliwy. Niestety nie był już w najlepszej formie, choć spotkanie i rozmowa przebiegły bardzo serdecznie.

Tak nasza – żony Hanny jak i moja – współpraca wydawnicza z Profesorem J. Hurwicem dobiegła końca. Wyjątkowa pracowitość oraz kultura osobista i intelektualna, poczucie humoru ze szczyptą sarkazmu, wielki humanizm i erudycja, człowiek kochający naukę i polską kulturę – to cechy, które wielce wzbogacały naszą współpracę.

*Stanisław Galant,
Dom Promocyjno-Wydawniczy,
Warszawa*



ZMARŁ WOJCIECH DRABIK (5 WRZEŚNIA 2016 R.)

Z przykrością informujemy, że 5 września 2016 r. zmarł nasz Kolega i Współpracownik, fizyk Wojciech Drabik.



Fot. 1. Wojciech Drabik

Pracował w Świerku od roku 1986, początkowo w Instytucie Energii Atomowej, gdzie zajmował się badaniem mikrostruktury metali, a następnie od 1989 w Instytucie Problemów Jądrowych w zespole, który zbudował niskoenergetyczny akcelerator elektronów dużej mocy EAK. Następnie kierował pracami związanymi z wykorzystaniem tego akceleratora do prób oczyszczania gazów odlotowych.

Po zakończeniu tego projektu dołączył do naszego zespołu Zakładu Fizyki i Techniki Akceleracji Cząstek, gdzie zajmował się obliczeniami dynamiki wiązki elektronów, eksploatacją spektrometru magnetycznego do pomiaru energii elektronów oraz pomiarami pola magnetycznego solenoidów ogniskujących, stosowanych w rezonansowych strukturach przyspieszających. Brał udział w wielu projektach badawczych.

Współpracując z nami dał się poznać jako życzliwy kolega, na którego można było zawsze liczyć nie tylko w sprawach zawodowych, ale również np. w spotkaniach zakładowych, na które zapraszał nas na swoją działkę. Będzie nam Go brakowało.

*Koleżanki i koledzy z Zakładu Fizyki
i Techniki Akceleracji Cząstek (TJ1) NCBJ*



PROF. DR HAB. INŻ. JÓZEF MAYER /WSPOMNIENIE

(21 MAJA 1939 R. – 19 LISTOPADA 2016 R.)



Fot. 1. Prof. dr hab. inż. Józef Mayer
(fot. MITR)

19 listopada 2016 r. zmarł w Łodzi prof. Józef Mayer, wybitny chemik radiacyjny, były rektor Politechniki Łódzkiej, dziekan Wydziału Chemicznego, wieloletni dyrektor Międzyresortowego Instytutu Techniki Radiacyjnej (MITR). Profesor urodził się 21 maja 1939 r. w Łodzi. Dyplom magistra inżyniera uzyskał w 1961 r. na Wydziale Chemicznym Politechniki Łódzkiej. W tym samym roku rozpoczął pracę w Katedrze Chemii Fizycznej. Doktorat obronił w roku 1968, habilitował się w roku 1978, a tytuł profesora uzyskał w 1988 r. Odbił roczne staże naukowe na Uniwersytecie w Manchester (1972 r.) i w Glasgow na Uniwersytecie Strathclyde (1978-1980). Profesor Mayer był cenionym dydaktykiem. Obok wykładów prowadził również ćwiczenia rachunkowe i laboratoryjne z zakresu chemii fizycznej, ze szczególnym uwzględnieniem chemii jądrowej i radiacyjnej. Był świetnym eksperymentatorem, projektował i własnoręcznie budował stanowiska do badań i ćwiczeń laboratoryjnych. Był współautorem dwóch podręczników z zakresu chemii radiacyjnej i skryptu „Laboratorium chemii fizycznej”. Pod jego kierunkiem wykonano kilkanaście prac dyplomowych i cztery doktoraty. Prof. Mayer był między innymi członkiem Rady Redakcyjnej „Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry”, Państwowej Rady ds. Atomistyki i Polskiego Towarzystwa Badań Radiacyjnych. Był doktorem honoris causa Akademii Techniczno-Humanistycznej, doktorem honoris causa Uniwersytetu Strathclyde i doktorem honoris causa Uniwersytetu Abertay Dundee. Polskie Towarzystwo Badań Radiacyjnych wyróżniło Profesora medalem Marii Skłodowskiej-Curie za osiągnięcia naukowe w roku 1989.

Redakcja PTJ

MIĘDZYNARODOWA AGENCJA ENERGII ATOMOWEJ

– z kart historii



Prezydent Eisenhower na konferencji 'Atoms for Peace' Zgromadzenia Ogólnego Organizacji Narodów Zjednoczonych (New York, 8 grudnia 1953) (Fot.: *United Nations*)



Pierwsza Konferencja Generalna MAEA w Konzerthaus w Wiedniu (od 1 do 23 października 1957 r., z udziałem dyplomatów i naukowców z 57 krajów (Fot.: *MAEA*)



Od lewej: Sterling Cole, pierwszy dyrektor generalny MAEA i Leopold Figl, minister spraw zagranicznych Austrii, podpisują porozumienie w sprawie siedziby między Austrią a MAEA 11 grudnia 1957 r. (Fot.: *MAEA*)



Inauguracja laboratoriów MAEA w Seibersdorf, Austria, w 1959 r. (Fot. *MAEA*)



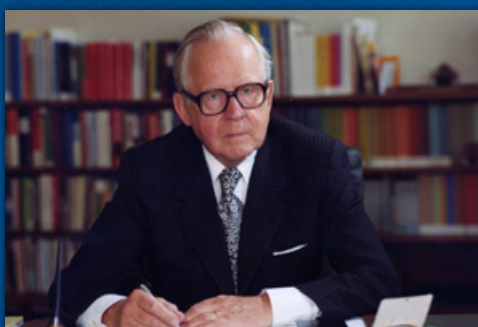
MAEA ma 12 dedykowanych specjalistycznych laboratoriów znajdujących się w Wiedniu, Seibersdorf (Austria) i Monako (Fot. *MAEA*)



Siedziba Sekretariatu MAEA w Wiedniu od 1958 do 1979. Budynek na Kärntner Ring jest dziś hotelem (Fot. *MAEA*)



Sterling Cole z USA - pierwszy dyrektor generalny MAEA (1957-1961) (Fot. *MAEA*)



Sigvard Eklund z Szwecji - dyrektor generalny MAEA (1961-1981) (Fot. *MAEA*)



Hans Blix z Szwecji - dyrektor generalny MAEA (1981-1997) (Fot. *MAEA*)



Mohamed ElBaradei z Egiptu - dyrektor generalny MAEA (1997-2009) laureat Pokojowej Nagrody Nobla (Fot. *MAEA*)



Yukiya Amano z Japonii - dyrektor generalny MAEA (2009) (Fot. *MAEA*)



Budowa siedziby MAEA w Wiedniu rozpoczęła się w 1973 r. i została ukończona w 1978 r., - oficjalne otwarcie, odbyło się 23 sierpnia 1979 r. (Fot. *MAEA*)

RELACJA Z 60-KONFERENCJI GENERALNEJ MIĘDZYNARODOWEJ AGENCJI ENERGII ATOMOWEJ

Wiedeń, Austria 2016



Uroczystość rozpoczęła się wystąpieniem dyrektora generalnego Yukiya Amano (Fot. MAEA)



Uczestnicy 60-Konferencji Generalnej MAEA - 26 września 2016 r. Wiedeń, Austria. (Fot. Dean Calma/MAEA)



Książę Monako - Albert II był gościem honorowym Forum naukowego (Fot. MAEA)



Otwarcie Forum naukowego MAEA 2016 poświęconego technologiom jądrowym wykorzystywanym w realizacji celów zrównoważonego rozwoju (Fot. Dean Calma / MAEA)



W kularach Pałacu Hofburg w Wiedniu, Austria. 26 września 2016 r. (Fot. MAEA)



Uczestniczkę spotkania na temat roli kobiet w rozwoju nauk i technologii jądrowych (Fot. Dean Calma/MAEA)

Czytaj na str. 2