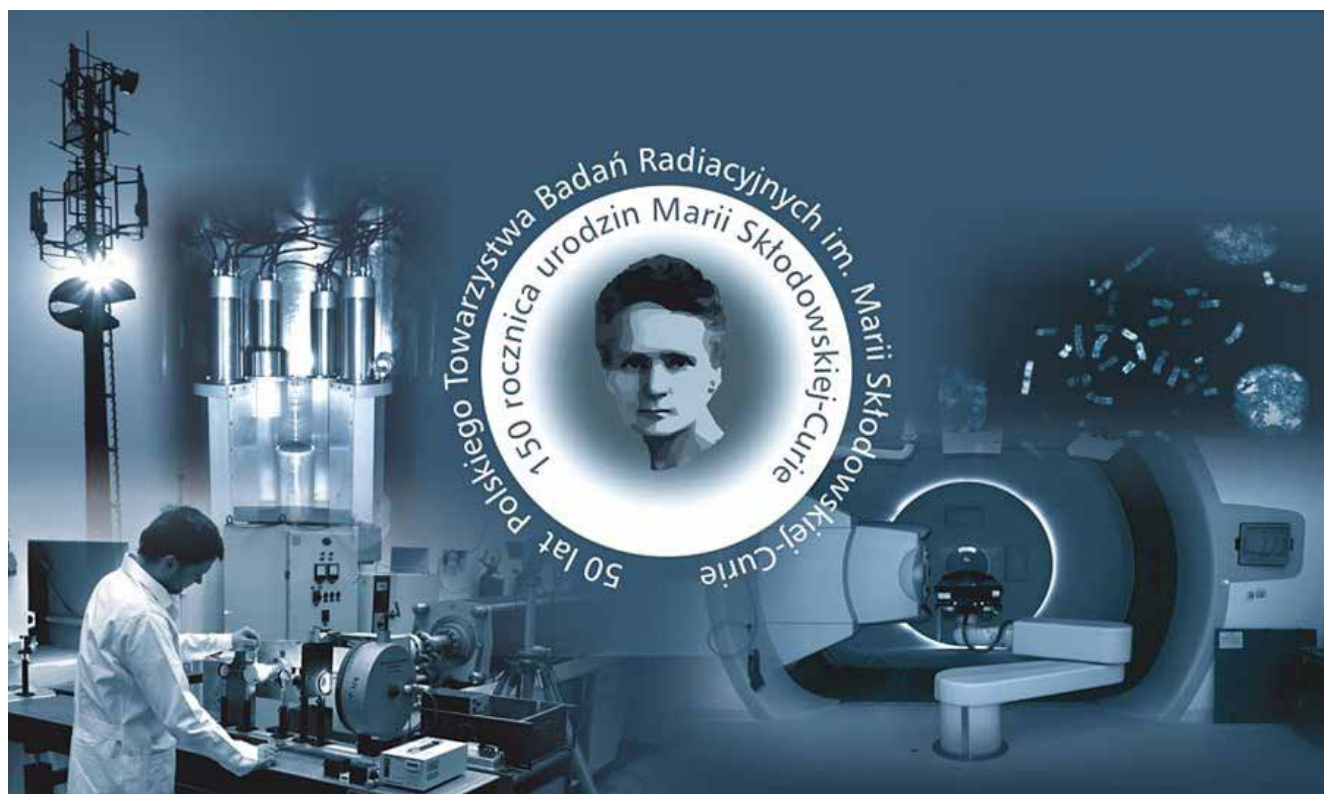


POSTĘPY TECHNIKI JĄDROWEJ

VOL. 60 Z. 3 ISSN 0551-6846 WARSZAWA 2017



Jubileusz 50-lecia POLSKIEGO TOWARZYSTWA BADAŃ RADIACYJNYCH

Kolaż: Ida Kuśmierczyk

Szczegóły na stronie 12 i 40

3-2017

INSTYTUT CHEMII
I TECHNIKI JĄDROWEJ
POLSKIE TOWARZYSTWO NUKLEONICZNE

SPIS TREŚCI

O KONIECZNOŚCI ZMIANY PARADYGMATU
OCHRONY RADIOLOGICZNEJ - KOMENTARZ SARI
-STOWARZYSZENIA UCZONYCH DLA RZETELNEJ
INFORMACJI O PROMIENIOWANIU
Ludwik Dobrzyński, Marek K. Janiak,
Andrzej Strupczewski, Michael Waligórski.....2

50 LAT DZIAŁALNOŚCI POLSKIEGO
TOWARZYSTWA BADAŃ RADIACYJNYCH
IM. MARII SKŁODOWSKIEJ-CURIE: 1967–2017
Sylwester Sommer 12

ELEKTROWNIA JĄDROWA W POLSCE
- ODSŁONA SIERPIEŃ 2017
Andrzej Mikulski 18

AKCELERATOR INTRALINE-IOERT
DO RADIOTERAPII ŚRÓDOPERACYJNEJ
Jacek Prac, Agnieszka Syntfeld-Każuch 21

150-LECIE URODZIN MARII SKŁODOWSKIEJ-CURIE,
DWUKROTNEJ LAUREATKI NAGRODY NOBLA
(W 1903 R. I W 1911 R.)
Edward Rurarz, Małgorzata Sobieszczak-Marciniak.....30

DONIESIENIA Z KRAJU40

DONIESIENIA ZE ŚWIATA47

INFORMACJE O KSIĄŻKACH48

WYDARZENIA50

IN MEMORIAM52



więcej informacji na str. 12 i 40



Kwartalnik naukowo-informacyjny
Postępy Techniki Jądrowej

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

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

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

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

Współpracują z nami:
Andrzej Mikulski
Małgorzata Sobieszczak 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

Sanowni Państwo,

W jednym ze swoich pierwszych aktów wykonawczych, Prezydent Donald Trump zalecił „uwolnienie obywateli Stanów Zjednoczonych od nadmiernie uciążliwych norm i regulacji”. W odpowiedzi Amerykańska Agencja Ochrony Środowiska (EPA) zaapelowała o propozycje, które uczyniłyby regulacje dotyczące ochrony radiologicznej „mniej uciążliwymi”. Stowarzyszenie Uczonych dla Rzetelnej Informacji o Promieniowaniu (SARI) przesłało do EPA swój Komentarz w tej sprawie, w którym proponuje, aby odrzucić hipotezę liniową bez progu dawki (Linear No-Threshold, LNT) jako podstawę przepisów ochrony radiologicznej i zastąpić ją przez hormezę – dobroczynne działanie niskich/o niskiej mocy dawek promieniowania jonizującego, uruchamiających naturalne mechanizmy obronne w organizmie człowieka, głównie poprzez pobudzenie takich reakcji jak usuwanie rodników tlenowych, naprawę DNA i funkcje immunologiczne. Oparcie przepisów ochrony radiologicznej na hormezie radiacyjnej doprowadzi do poprawy zdrowia ogółu ludności i znacznego obniżenia kosztów społecznych ochrony przed promieniowaniem oraz ograniczy negatywne skutki ewentualnych awarii jądrowych. Tekst Komentarza SARI został przetłumaczony i na podstawie tego tekstu zespół znanych naukowców prof. dr hab. Ludwik Dobrzyński – Narodowe Centrum Badań Jądrowych, prof. dr hab. n. med. Marek K. Janiak – Wojskowy Instytut Higieny i Epidemiologii, prof. NCBJ dr inż. Andrzej Strupczewski – Narodowe Centrum Badań Jądrowych oraz prof. dr hab. Michael Waligórski – Instytut Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk w Krakowie oraz Centrum Onkologii Oddział w Krakowie przygotował dla nas artykuł pod tytułem: „**O konieczności zmiany paradygmatu ochrony radiologicznej – Komentarz SARI – Stowarzyszenia Uczonych dla Rzetelnej Informacji o Promieniowaniu (Scientists for Accurate Radiation Information)**”. Artykuł zamieszczamy jako pierwszą publikację w niniejszym zeszycie PTJ i gorąco rekomendujemy jego lekturę wszystkim naszym Czytelnikom.

Warto dodać, że Stowarzyszenie Uczonych dla Rzetelnej Informacji o Promieniowaniu – SARI, działające głównie jako forum internetowe, jako swoją misję przyjęło „*monitorowanie i zapobieganie nierzetelnej informacji dotyczącej zagadnień jądrowych i promieniowania jonizującego, która może mieć ujemny wpływ na skuteczną odpowiedź na wyzwania związane z tymi zagadnieniami, w szczególności związane z ochroną życia*”. Stowarzyszenie liczy obecnie około 100 członków, głównie naukowców, ekspertów i dziennikarzy ze Stanów Zjednoczonych, ale także z innych krajów, w tym siedmiu naukowców z Polski.

Bieżący rok jest rokiem rocznic. W poprzednim numerze naszego czasopisma opisaliśmy obchody 85-lecia Instytutu Radowego. W bieżącym numerze zamieszczamy tekst przedstawiający 50-letnią historię działalności Polskiego Towarzystwa Badań Radiacyjnych im. Marii Skłodowskiej-Curie (PTBR): 1967–2017. Utworzenie Towarzystwa miało na celu: rozwój kontaktów naukowych między poszczególnymi instytutami, laboratoriami, grupami badawczymi i stowarzyszeniami w kraju i za granicą, zajmującymi się tematami związanymi z promieniowaniem, organizację spotkań naukowców z różnych dziedzin, wymianę doświadczeń, organizację kursów doszkalających, działalność wydawniczą, a także popularyzację nauki. Te funkcje wypełniane są z powodzeniem do dziś. Zebranie założycielskie PTBR odbyło się 29 czerwca 1967 r. w Pałacu Kultury i Nauki w Warszawie i tę datę uznaje się za dzień narodzin Towarzystwa. Od 1969 r. PTBR organizuje Zjazdy Naukowe – do tej pory odbyło się ich 17, a od 1970 r. – Szkoły Jesienne (odbyło się ich 24). W trakcie Zjazdów wręczane są nagrody naukowe oraz (od 1983 r.) prestiżowe medale im. Marii Skłodowskiej-Curie. W artykule, który przygotował dr Sylwester Sommer, omówiono narodziny Towarzystwa i główne formy jego działalności oraz osiągnięcia.

W dniu 29 czerwca 2017 r. odbyła się w Pałacu Staszica w Warszawie, Jubileuszowa Sesja Naukowa Polskiego Towarzystwa Badań Radiacyjnych im. Marii Skłodowskiej-Curie (PTBR) pt. „Promieniowanie w nauce, technologii, medycynie i środowisku naturalnym”. Sprawozdanie z tego wydarzenia również zamieszczamy w naszym periodyku (w części Doniesienia z kraju).

A oto początek artykułu dr. Andrzeja Mikulskiego pod tytułem: „Elektrownia Jądrowa w Polsce – odłona sierpień 2017”. „Można chyba pokusić się o stwierdzenie, że sprawa elektrowni jądrowej, a szerzej udziału energetyki jądrowej w produkcji energii elektrycznej w kraju (w tzw. miksie energetycznym) (...) wybuchła co pół roku w polskiej prasie”. Na początku bieżącego roku mieliśmy casus znacznego ograniczenia (jeśli nie usunięcia) jej ze Strategii Zrów-

noważonego Rozwoju sygnowanej przez wicepremiera Mateusza Morawieckiego i zapadła cisza do początku sierpnia, kiedy Dziennik Gazeta Prawna z 3 sierpnia br. piórem Karoliny Bacy-Pogorzelskiej napisał „Zapadła decyzja o budowie pierwszej elektrowni jądrowej w Polsce – wynika z nieoficjalnych informacji DGP”. Jeszcze tego samego dnia minister energii, Krzysztof Tchórzewski w informacji dla portalu wnp.pl stwierdził „W Ministerstwie Energii – ale jeszcze nie chodzi o cały rząd – jesteśmy przekonani, że ze względów emisyjnych powinniśmy umieścić w naszym miksie energetycznym elektrownię jądrową (...) Decyzja rządowa zapadnie dopiero wtedy, kiedy Rada Ministrów podejmie uchwałę”. W mediach elektronicznych, a później w prasie drukowanej pojawiło się szereg publikacji, a może raczej spekulacji na ten temat. Odsyłam naszych Czytelników do dalszego ciągu tego ciekawego artykułu.

Kolejny artykuł dotyczy opracowanego w Narodowym Centrum Badań Jądrowych we współpracy z Wielkopolskim Centrum Onkologii mobilnego akceleratora Intraline-IOERT, który jest przeznaczony do napromieniania podczas wykonywanych w salach operacyjnych zabiegów chirurgicznych. Akcelerator generuje terapeutyczną wiązkę elektronów o energii od 4 do 12 MeV, którą można wykonywać napromienianie pół o średnicy od 3 do 10 cm poprzez zastosowanie odpowiednich aplikatorów. Konstrukcja akceleratora zapewnia pełną mobilność całego akceleratora, a w szczególności jego głowicy, co pozwala na wyprowadzenie wiązki elektronów pod różnymi kątami zależnie od położenia komórek nowotworowych w ciele pacjenta. Poszczególne części artykułu przygotowali: Jacek Prac, Agnieszka Syntfeld-Każuch, Marta Kruszyna, Konrad Kosiński, Ewa Kulczycka, Przemysław Adrich, Janusz Prac, Bartosz Meglicki, Agnieszka Misiarz.

Część artykułową numeru zamyka tekst dr. Edwarda Rurarza i Małgorzaty Marciniak pod tytułem: „**150-LECIE URODZIN MARI SKŁODOWSKIEJ-CURIE, DWUKROTNEJ LAUREATKI NAGRODY NOBLA (w 1903 r. i w 1911 r.)**”. W tekście znajdują się słowa o urodzinach Marii, ale poprzedzone zostały obszernym przedstawieniem epoki i charakterystykami uczonych, których dzieło kontynuowała Maria Skłodowska-Curie. A oto słowa o narodzinach Noblistki: „Maria Skłodowska urodziła się 07.11.1867 r. w Warszawie w dość licznej rodzinie. Była najmłodsza z pięciorga dzieci (czterech córek: Zofii, Bronisławy, Heleny, Marii oraz syna Józefa). Ukończyła, podobnie jak reszta rodzeństwa za złotym medalem rządowe gimnazjum w Warszawie. Miłość do nauki, odwaga stawiania pytań i obrony własnych tez zrodziła się u Marii pod wpływem utalentowanych nauczycieli, atmosfery domu rodzinnego i rodziców-pedagogów (byłych nauczycieli fizyki i matematyki). Od najmłodszych lat Maria wyróżniała się niezwykłą pamięcią”.

W części naszego periodyku, w której zamieszczamy doniesienia z kraju i z zagranicy (i inne materiały) znajdują nasi Czytelnicy wiele naprawdę ciekawych informacji. Oto tytuły 9. doniesień:

1. Cztery nowe projekty EU H2020 uzyskane przez ICHTJ
2. Jubileuszowa Sesja Naukowa Polskiego Towarzystwa Badań Radiacyjnych im. Marii Skłodowskiej-Curie
3. XX KONFERENCJA INSPEKTORÓW OCHRONY RADIOLOGICZNEJ
4. Nagrody im. Wojciecha Świątosławskiego
5. NOWY ZAKŁAD RADIOTERAPII W WOJSKOWYM INSTYTUCIE MEDYCZNYM
6. PLASTPOL 2017
7. Targi Dziedzictwo - w trosce o dziedzictwo kulturowe
8. Aleja im. Marii Skłodowskiej-Curie
9. Program Jądrowy w Polsce – analiza społeczno – ekonomiczna.

Niżej podpisany przygotował informację o strategii rozwoju energetyki jądrowej na Ukrainie, a dr Andrzej Mikulski przygotował uwagi do raportu portalu BiznesAlert.pl na temat energetyki jądrowej w Polsce po dziennikarskiej wizycie w Japonii.

Zeszyt 3/2017 zamykają teksty o książkach, wspomnienie o zmarłym prof. Kazimierzu Grotowskim i prof. Wacławie Czyżu oraz teksty reklamowe.

A na koniec po raz kolejny ważne przypomnienie: w tym roku mija 60 lat od powstania naszego czasopisma. Uroczystości jubileuszowe odbędą się zapewne w listopadzie lub w przyszłym roku. Opiszemy je w naszych przyszłych publikacjach.

W roku jubileuszu 60-lecia PTJ tym serdeczniej zapraszam do lektury bieżącego numeru.

Stanisław Latek,
redaktor naczelny

O KONIECZNOŚCI ZMIANY PARADYGMATU OCHRONY RADIOLOGICZNEJ - KOMENTARZ SARI -STOWARZYSZENIA UCZONYCH DLA RZETELNEJ INFORMACJI O PROMIENIOWANIU

(SCIENTISTS FOR ACCURATE RADIATION INFORMATION)

*On the Need to Replace the Present Paradigm
of Radiation Protection - Comments by SARI*

(Scientists for Accurate Radiation Information)

Ludwik Dobrzyński, Marek K. Janiak, Andrzej Strupczewski
Michael Waligórski

Streszczenie: W jednym ze swoich pierwszych aktów wykonawczych, Prezydent Donald Trump zalecił „uwolnienie obywateli Stanów Zjednoczonych od nadmiernie uciążliwych norm i regulacji”. W odpowiedzi, Amerykańska Agencja Ochrony Środowiska (EPA) zaapelowała o propozycje, które uczyniłyby regulacje dotyczące ochrony radiologicznej „mniej uciążliwymi”. Stowarzyszenie Uczonych dla Rzetelnej Informacji o Promieniowaniu (SARI) przesłało do EPA swój Komentarz w tej sprawie, w którym proponuje, aby odrzucić hipotezę liniową bez progu dawki (Linear No-Threshold, LNT) jako podstawę przepisów ochrony radiologicznej i zastąpić ją przez hormezę - dobroczynne działanie niskich/o niskiej mocy dawek promieniowania jonizującego, uruchamiających naturalne mechanizmy obronne w organizmie człowieka, głównie poprzez pobudzenie takich reakcji jak usuwanie rodników tlenowych, naprawę DNA i funkcje immunologiczne. Oparcie przepisów ochrony radiologicznej na hormezie radiacyjnej doprowadzi do poprawy zdrowia ogółu ludności i znacznego obniżenia kosztów społecznych ochrony przed promieniowaniem oraz ograniczy negatywne skutki ewentualnych awarii jądrowych. Tekst Komentarza SARI został przetłumaczony, aby umożliwić polskiemu czytelnikowi zapoznanie się z tym krótkim, ale wnikliwym przeglądem proponowanego systemu ochrony radiologicznej, opartego o zjawisko hormezy radiacyjnej, wraz z naukowym uzasadnieniem powodów, dla których należy odrzucić obecny paradygmat tego systemu - hipotezę LNT.

Abstract: By one of his first Executive Orders, President Trump established the “policy of the United States to alleviate unnecessary regulatory burdens placed on the American people.” Acting on this order, the US Environmental Protection Agency (EPA) solicited comments on making radiation protection regulations “less burdensome.” In response, SARI (Scientists for Accurate Radiation Information) submitted to EPA a document proposing that the (Linear No-Threshold, LNT) hypothesis on which radiation protection regulations are presently based should be rejected and replaced by hormesis – the beneficial action of low doses and low dose rates (LDDR) of ionizing radiation, predominantly due to activation of natural defence mechanisms of the body such as scavenging of reactive oxygen species, up-regulation of DNA repair, and boosting of immune reactions. Basing radiation protection regulations on radiation hormesis will benefit the health of the public, significantly decrease the public costs of radiation protection and reduce the adverse impact of any future nuclear accidents. The text of the SARI document has been translated to provide the Polish reader with a brief but comprehensive review of the proposed hormesis-based system of radiation protection and with science-based arguments for rejecting its present LNT paradigm.

Słowa kluczowe: System ochrony radiologicznej, hipoteza LNT, hormeza radiacyjna, niskie dawki i moce dawki (LDDR), reakcje immunologiczne, zdrowie publiczne, zdarzenia radiacyjne, radiofobia

Key words: Radiation Protection System, LNT hypothesis, radiation hormesis, low doses and dose rates (LDDR), immune reactions, public health, nuclear accidents, radiophobia

Wstęp

Jednym z pierwszych aktów podpisanych przez nowo wybranego Prezydenta Stanów Zjednoczonych Donalda Trumpa był Akt Wykonawczy (Executive Order) nr 13777 zalecający „uwolnienie obywateli Stanów Zjednoczonych od nadmiernie uciążliwych norm i regulacji”. Akt ten zobowiązał wszystkie federalne agencje regulacyjne do utworzenia wewnętrznych Zespołów ds. Reformy (Reform Task Forces) dla dokonania przeglądu norm i przepisów tworzonych w tych agencjach, celem wyłonienia „nadmiernie uciążliwych przepisów wymagających wycofania, zmiany lub modyfikacji”. Amerykańska Agencja Ochrony Środowiska (EPA - US Environmental Protection Agency), której zadaniem statutowym jest „...ustalenie poprzez rozporządzenia, regulacje lub zalecenia standardów i instrukcji nadzorujących posiadanie i wykorzystywanie materiałów jądrowych i ich pochodnych w sposób jaki [Agencja] uzna za konieczny lub pożądaný dla zapewnienia ogólnej obrony i bezpieczeństwa, lub aby ochronić zdrowie oraz ograniczyć zagrożenie dla życia lub posiadanych dóbr.” poleciła podlegającemu jej Urzędowi Atmosfery i Promieniowania (OAR - Office of Air and Radiation) oraz innym podległym jej agencjom wypracowanie zaleceń dla agencyjnego Zespołu ds. Reformy dotyczących m. in. regulacji z zakresu ochrony przed promieniowaniem. Realizując to polecenie, 15 kwietnia 2017 r. OAR zorganizował telekonferencję, w czasie której zgłaszane były wstępne propozycje tych zmian. Ostateczne propozycje należało zgłosić w terminie do 15 maja 2017 r. Wśród wielu propozycji zgłoszonych do EPA, Amerykańskie Towarzystwo Fizyki Medycznej (HPS - Health Physics Society) oraz Stowarzyszenie Uczonych dla Rzetelnej Informacji o Promieniowaniu (SARI - Scientists for Accurate Radiation Information) zaproponowały wprowadzenie istotnych zmian do obowiązujących obecnie amerykańskich przepisów federalnych w zakresie ochrony przed promieniowaniem jonizującym.

Zgłoszone w czasie telekonferencji wstępne uwagi przedstawicieli HPS dotyczyły głównie konieczności zrezygnowania przez EPA ze stosowania w regulacjach dotyczących ochrony radiologicznej modelu liniowo-bezprogowego (LNT - Linear No-Threshold model) oraz uwzględnienia w tych regulacjach obecnej rozbieżności poglądów naukowych co do skutków ekspozycji na dawki niskie oraz o niskiej mocy (LDDR - Low-Dose and Dose-Rate) dla zdrowia człowieka. Przedstawiciele HPS stwierdzili również, że przyjęty obecnie w ochronie radiologicznej model LNT „potęguje obawy społeczne przed wszystkimi rodzajami promieniowania”.

W dokumencie (http://hps.org/documents/epa_hps_regulatory_reform_task_force_2017-05-15.pdf), przesłanym przez HPS do EPA, podano szersze uzasadnienie tych uwag, podkreślając konieczność oparcia przepisów federalnych dotyczących ochrony radiologicznej na aktualnej i w pełni udokumentowanej wiedzy w tym zakresie.

Stowarzyszenie SARI także przesłało swoje propozycje w postaci dość obszernego dokumentu zawierającego syntezę aktualnych poglądów naukowych na temat skutków ekspozycji na dawki niskie oraz o niskich mocach dla zdrowia człowieka. Ten zwężony, lecz dobrze

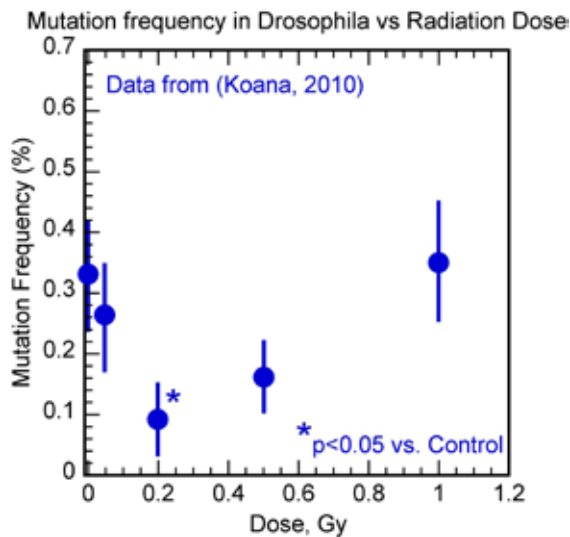
udokumentowany i zilustrowany tekst, ostatecznie zredagowany przez prof. Mohana Dossa (z Fox Chase Cancer Center, Philadelphia, PA, USA), może posłużyć zainteresowanym jako kompendium aktualnej wiedzy na temat skutków i działania na zdrowie człowieka ekspozycji na niskie dawki promieniowania jonizującego. Uzasadnia on tezę, że z zasad ochrony radiologicznej należy usunąć hipotezę LNT jako nie mającą potwierdzenia naukowego, należy zaś za podstawę do wypracowania nowych zasad ochrony radiologicznej przyjąć wielokrotnie wykazane i udokumentowane doświadczalnie zjawisko hormezy radiacyjnej (a więc pozytywnego działania dawek niskich oraz o niskiej mocy). Pełny angielski tekst tego dokumentu znaleźć można na stronie internetowej <http://radiationeffects.org/2017/05/15/radiation-hormesis-should-be-the-basis-for-establishing-radiation-protection-standards/>.

Aby zapoznać polskiego czytelnika z tym ciekawym, prowokacyjnym i kontestującym obecne zasady ochrony radiologicznej tekstem, dokonaliśmy za zgodą prof. Dossa przekładu Komentarza SARI do EPA.... na język polski, z pewnymi zmianami i skrótami redakcyjnymi, zachowując oryginalne ilustracje. Uważamy, że tezy stawiane przez grupę ekspertów wchodzących w skład Stowarzyszenia SARI, wśród których obecni są także polscy naukowcy, mogą stać się istotnym przyczynkiem do wypracowania nowych, lepszych zasad ochrony radiologicznej.

Komentarz SARI do EPA (z 15 maja 2017 r.): Hormezy radiacyjna powinna stać się podstawą norm ochrony radiologicznej

Hipoteza, że skutki oddziaływania promieniowania jonizującego na organizm człowieka opisywane są przez model liniowo-bezprogowy LNT jest obecnie przyjętą na całym świecie podstawą przepisów ochrony radiologicznej. Hipotezę LNT akceptuje Amerykańska Akademia Nauk [NRC, 2006], a także większość instytucji krajowych i międzynarodowych odpowiedzialnych za ochronę radiologiczną i bezpieczeństwo jądrowe. Podstawowe założenia, na których oparta jest hipoteza LNT – że prawdopodobieństwo rozwoju nowotworu popromiennego jest wprost proporcjonalne do dawki pochłoniętego promieniowania i że nawet przy najniższych dawkach jest ono większe od zera (czyli, że nie ma progu dawki, poniżej którego to prawdopodobieństwo jest zerowe) – nie są jednak słuszne. Wprawdzie ekspozycja na niskie dawki promieniowania może doprowadzić do powstania pewnych zmian w DNA, prowadzi ona jednak także do pobudzenia mechanizmów obronnych w organizmie człowieka, np. wytworzenia antyoksydantów czy enzymów naprawczych DNA [Feinendegen i in. 2013]. Pobudzenie mechanizmów obronnych organizmu prowadzi do redukcji endogennych uszkodzeń DNA, co ostatecznie ogólnie ogranicza liczbę tych uszkodzeń oraz mutacji [Koana i Tsujimura 2010] (zob. rys. 1). Ponadto model nowotworzenia oparty na mutacjach somatycznych – na podstawie którego hipoteza LNT przewiduje wzrost

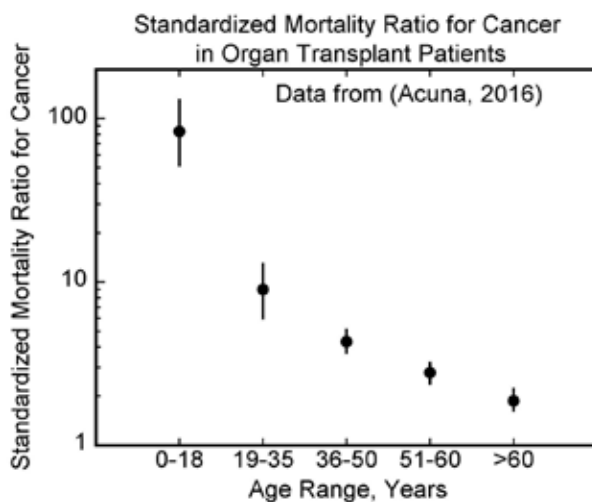
zapadalności na nowotwory w wyniku napromienienia niskimi dawkami – nie znajduje potwierdzenia doświadczalnego, hipoteza LNT nie ma więc naukowego uzasadnienia [Doss 2016].



Rys 1. Wpływ niskich dawek promieniowania na częstotliwość mutacji (Mutation Frequency) w komórkach muszki *Drosophila melanogaster*. Dane wg Koana i Tsujimura (2010)

Figure 1. The effect of low-dose radiation on mutations in *Drosophila melanogaster*. Data from Koana and Tsujimura (2010)

Zaobserwowano na przykład, że w populacjach młodych pacjentów (w wieku od 0 do 18 lat), u których dokonano przeszczepu narządów (konieczne jest wtedy farmakologiczne osłabienie ich układu odpornościowego), umieralność na nowotwory jest ok. 80 razy wyższa niż w grupie kontrolnej [Acuna i in. 2016], (zob. rys. 2).

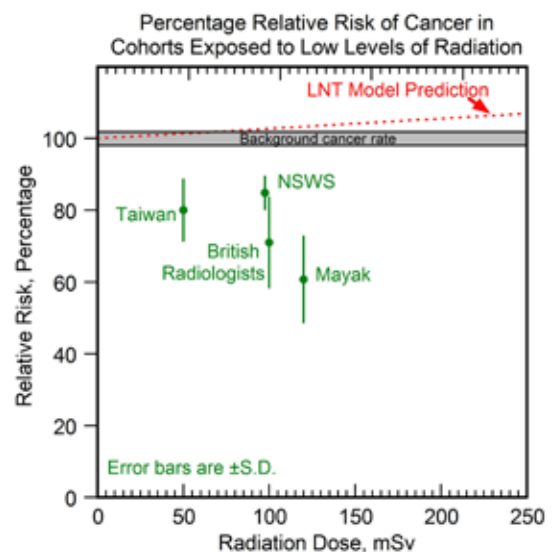


Rys. 2. Standaryzowany współczynnik umieralności na nowotwory (Standardized Mortality Ratio for Cancer) w funkcji wieku (Age Range) u pacjentów, którym przeszczepiono narządy. Dane wg Acuna i in. (2016)

Figure 2. Standardized mortality ratio (SMR) for cancers as a function of age in organ transplant recipients. Data from Acuna et al. (2016)

Czy można uzasadnić tę dramatyczną zmianę współczynnika umieralności poprzez mutacyjny model kancerogenezy? Nie. A skoro model mutacyjny nie może wytłumaczyć tego wzrostu, model ten także należy odrzucić. Również z tego względu hipoteza LNT, oparta na mutacyjnym modelu kancerogenezy, nie może być słuszna, powinna więc być odrzucona.

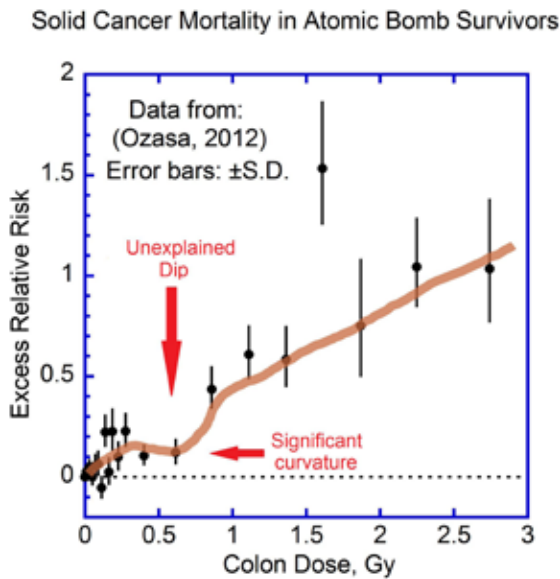
Z drugiej strony, na podstawie wielu obserwacji, potwierdza się rola układu odpornościowego (nadzoru immunologicznego) w procesie kancerogenezy [Doss 2016]. A ponieważ niskie dawki promieniowania pobudzają układ odpornościowy [Yang i in. 2014], można oczekiwać spadku zachorowalności na nowotwory – zjawiska określanego jako hormeza radiacyjna - którą istotnie zaobserwowano w wielu populacjach osób poddanych świadomie lub przypadkowo działaniu niskich lub o niskiej mocy dawek promieniowania jonizującego [Kostyuchenko and Krestinina 1994, Berrington i in. 2001, Sponsler i Cameron 2005, Hwang i in. 2006, Doss 2016]] (zob. rys. 3).



Rys. 3. Względne ryzyko (Relative Risk, wyrażone w procentach) zachorowania na nowotwór w populacjach osób narażonych na działanie niskich dawek promieniowania, w funkcji dawki

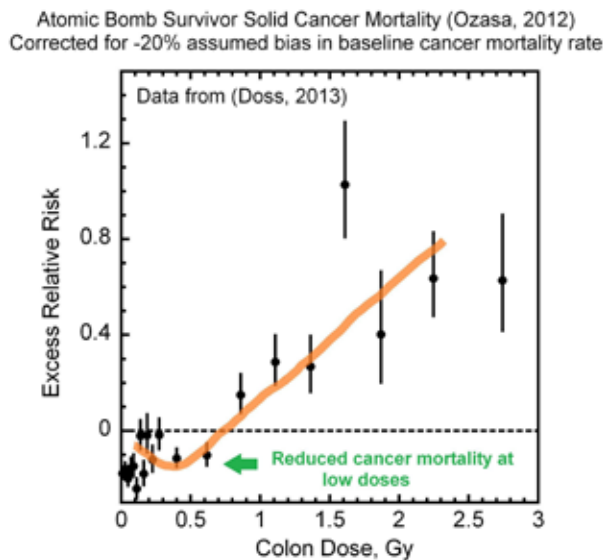
Mayak – ewakuowani mieszkańcy wsi w sąsiedztwie kompleksu produkcji plutonu Majak, British Radiologists – radiolodzy brytyjscy, którzy rozpoczęli swoją pracę w latach 1955-1978, Taiwan – mieszkańcy skażonych radiacyjnie budynków w Tajpej na Tajwanie, NSW – robotnicy narażeni na promieniowanie w stoczni atomowych okrętów podwodnych Shippingport, USA, objęci badaniem Nuclear Shipyard Worker Study. We wszystkich tych populacjach względne ryzyko zachorowania na nowotwór było niższe niż w równoważnych populacjach kontrolnych nie poddanych działaniu promieniowania. Dane z analizy Dossa (2016) prac: Kostyuchenko i Krestinina (1994), Berrington i in. (2001), Sponsler i Cameron (2005), Hwang i in. (2006).

Figure 3. Percentage relative risk of cancer in population groups exposed to low-dose radiation versus radiation dose. Data labels: Mayak - evacuated residents of villages near Mayak Nuclear Weapons Facility, British Radiologists - British radiologists who entered service during the period 1955 to 1979, Taiwan - residents of radio-contaminated apartment buildings in Taiwan, NSW - radiation workers in Nuclear Shipyard Worker Study. All the cohorts showed reduced risk of cancer compared to equivalent control populations not subjected to the radiation exposures. Data from Kostyuchenko and Krestinina (1994), Berrington et al. (2001), Sponsler and Cameron (2005), and Hwang et al. (2006), as analysed by Doss (2016).



Rys. 4. Nadmiarowe ryzyko względne (ERR) umieralności na nowotworowe guzy łe (Solid Cancer Mortality) w populacji, która przeżyła wybuchy atomowe w Hiroshimie i Nagasaki (ABS), w funkcji dawki na jelito grube. Dane według Ozasa i in. (2012). Unexplained Dip – niezrozumiały ubytek, Significant Curvature – istotna krzywizna

Figure 4. Excess relative risk (ERR) for all solid cancer mortality in atomic bomb survivors in relation to radiation exposure. Data from Ozasa et al. (2012)

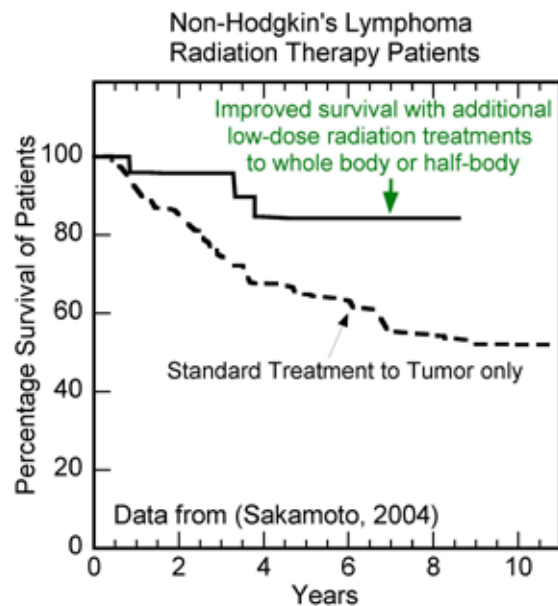


Rys. 5. Nadmiarowe ryzyko względne (ERR) umieralności na nowotworowe guzy łe w populacji ABS, w funkcji dawki na jelito grube - dane według pracy Ozasa i in. (2012), skorygowane poprzez podwyższenie o 20% poziomu odniesienia ERR. Dane wg Doss (2012). Reduced cancer mortality at low doses – obniżenie umieralności w zakresie niskich dawek

Figure 5. Excess relative risk (ERR) for all solid cancer mortality in atomic bomb survivors corrected for -20% bias in baseline cancer mortality rate plotted as a function of colon dose. Data from Doss (2012)

Dane dotyczące populacji ABS (Atomic Bomb Survivors), która przeżyła wybuchy bomb atomowych w Hiroshimie i Nagasaki są powszechnie uznawane za najważniejsze źródło informacji o skutkach zdrowotnych promieniowania jonizującego. Tradycyjnie,

analiza tych danych zawsze polegała na dopasowaniu wartości liniowego współczynnika modelu LNT do danych epidemiologicznych. Uzyskuje się w ten sposób liniową i bezprogową zależność od dawki nadmiarowego ryzyka względnego (ERR-Excess Relative Risk) umieralności na choroby nowotworowe [Ozasa i in. 2012]. Jednak w obszarze dawek od 0,3 do 0,7 Gy uzyskane z danych epidemiologicznych ryzyko względne jest znacząco niższe od przewidywań modelu LNT (zob. rys. 4). Oznacza to, że model LNT, dopasowany do danych epidemiologicznych dotyczących populacji ABS w całym zakresie dawek, źle opisuje te dane w obszarze dawek niskich.



Rys. 6. Czas przeżycia chorych w I i II stadium chłoniaka nieziarniczego (Non-Hodgkin's lymphoma) z guzami morfologicznie w stopniu pośrednim i zaawansowanym poddanych radioterapii miejscowej (linia przerywana) oraz po uzupełniających ekspozycjach całego lub połowy ciała na niskie dawki promieniowania (linia ciągła). Dane według Sakamoto (2004)

Figure 6. Survivals of patients with non-Hodgkin's lymphoma of stage I and II and with histologically intermediate and high-grade tumors, treated by the combined treatment or by local irradiation. Data from Sakamoto (2004)

Model LNT nie zapewnia spójnego opisu danych epidemiologicznych dotyczących populacji ABS, powinien więc zostać odrzucony. W pracy Ozasa i in. (2012), dopasowując parametry modelu LNT do danych epidemiologicznych użyto danych z zakresu najniższych dawek jako poziomu odniesienia, wykorzystując następnie ten poziom do dalszej oceny nadmiarowego względnego ryzyka umieralności, ERR¹. Jeśli jednak uwzględnimy obserwowane zmniejszenie o 20% częstości umieralności na nowotwory w grupach, które otrzymały niskie dawki w zakresie

¹ Nadmiarowa względna umieralność na nowotwory (Excess Relative Risk), $ERR = (R-B)/B$, gdzie R i B to umieralność na nowotwory odpowiednio w grupie napromieniowanej R i grupie kontrolnej (niemieniowanej) B.

do 0,5 Gy, można uznać, że do analizy przyjęty został zaniżony o 20% poziom odniesienia, co rzutuje na obliczone wartości ERR w zakresie dawek wyższych. W wyniku korekty poziomu odniesienia przez jego podwyższenie o wspomniane 20% otrzymuje się w obszarze niskich dawek klasyczny przebieg hormetyczny, tj. zależność efekt-dawka o kształcie litery J [Doss 2012, Doss 2013], (zob. rys. 5). Analityczne wyprowadzenie powyższej korekty można znaleźć w pierwszej z tych prac [Doss, 2012].

Poprzez wielokrotne uzupełniające ekspozycje całego ciała chorych z nowotworami na niskie dawki promieniowania X lub gamma uzyskano okresy ich przeżycia porównywalne lub lepsze niż przy zastosowaniu standardowego leczenia radioterapią lub chemioterapią [Chaffey i in. 1976, Sakamoto 2004, Pollycove 2007]. Przykład znaczącej poprawy przeżywalności pacjentów z chłoniakiem nieziarniczym leczonych uzupełniająco przez wielokrotne napromienianie całego lub połowy ciała niskimi dawkami promieniowania X lub gamma, w porównaniu z wynikami ich klasycznego leczenia skojarzonego, metodami radioterapii i chemioterapii, ilustruje rys. 6 [Sakamoto 2004].

Należy podkreślić, że występowanie hormezy radiacyjnej zostało już wielokrotnie potwierdzone. W roku 1980 prof. Luckey zaproponował wykorzystanie hormezy jako sposobu zapobiegania chorobom nowotworowym [Luckey 1980]. Metody tej nie można było jednak zastosować u chorych w badaniach prospektywnych ze względu na powszechne przekonanie o słuszności nigdy przecież niezwyfikowanej hipotezy LNT oraz przyjęcie wynikającej z niej zasady ALARA (*As Low as Reasonably Achievable* - tak nisko jak to rozsądnie osiągalne), dotyczącej ekspozycji człowieka na promieniowanie jonizujące. Globalnie, liczba zgonów z powodu nowotworów wynosi ok. 7,6 miliona/rok. Przyjmując możliwość zredukowania liczby tych zgonów o 10% w wyniku hormetycznego działania niskich dawek promieniowania jonizującego, można by w okresie ostatnich dwu dekad zapobiec około 15 milionom zgonów chorych z nowotworami [Doss, 2014]. Biorąc pod uwagę dotychczasowy brak postępu w redukcji liczby tych zgonów przez ostatnie półwiecze (Murphy i in. 2015), można uznać, że to właśnie z powodu nieuzasadnionego przekonania o słuszności hipotezy LNT nie skorzystano z powyższej możliwości uzyskania znaczącego postępu w walce z chorobami nowotworowymi.

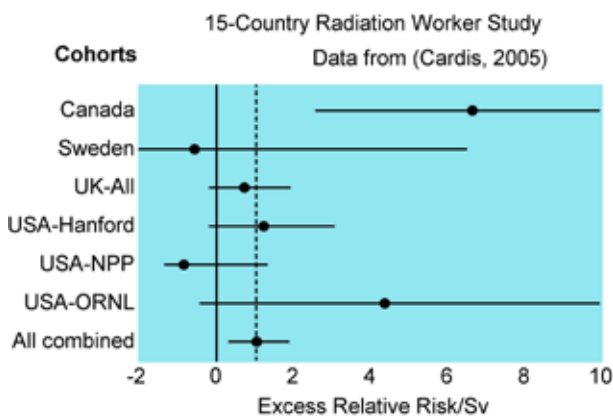
Ponadto, powszechnie odczuwany lęk przed promieniowaniem (radiofobia), wynikający m. in. z często przytaczanych (nawet w środowiskach naukowych) ogromnych liczb hipotetycznych zgonów w wyniku ekspozycji populacji osób na niskie dawki (obliczanych na podstawie modelu LNT i dawek kolektywnych), powoduje znaczące straty materialne poprzez nieuzasadnione koszty nadmiernych zabezpieczeń źródeł promieniowania jonizującego. Tymczasem, to radiofobia oraz nadmiernie zaniżone po-

ziomy obowiązujących limitów dawek niepotrzebnie doprowadziły do wielu rzeczywistych zgonów spowodowanych przez ewakuowanie w trybie administracyjnym setek tysięcy osób po awariach reaktorów przemysłowych w Czarnobylu i Fukushima [Ichiseki 2013]. Dalszych strat będących wynikiem radiofobii i uznawania hipotezy LNT jako podstawy przepisów ochrony radiologicznej można uniknąć modyfikując te przepisy zgodnie z aktualną wiedzą na temat skutków ekspozycji na promieniowanie dla zdrowia człowieka. Nowe regulacje powinny uwzględniać zjawisko hormezy radiacyjnej występujące w obszarze dawek niskich oraz o niskiej mocy.

Pomimo przekonujących powodów dla odrzucenia modelu LNT, argumentem za dalszym jego stosowaniem, często podawanym przez regulatorów oraz profesjonalne instytucje i towarzystwa naukowe zajmujące się ochroną radiologiczną, jest niemal powszechna akceptacja hipotezy LNT przez narodowe i międzynarodowe komitety eksperckie. Jednak, jeśli bliżej przyjrzeć się działalności tych komitetów, wyraźnie widać, że nie wywiązują się one należycie ze swoich zadań - akceptują bowiem bezkrytycznie publikacje promujące model LNT, zaś pomijają lub odrzucają prace które model ten kwestionują. Dla przykładu, w raporcie Komitetu BEIR VII Amerykańska Akademia Nauk bezkrytycznie zaakceptowała publikację dotyczącą pracowników z 15 krajów, zawodowo narażonych na promieniowanie jonizujące [Cardis i in. 2005], choć przytoczone w tej pracy dane dla kohorty kanadyjskiej znacząco odbiegały od wyników uzyskanych w innych krajach (zob. rys. 7). Wykluczenie z analizy danych kanadyjskich diametralnie zmieniłoby ostateczny wniosek tej pracy - o występowaniu znaczącego ryzyka zapadalności na nowotwory przy narażeniu zawodowym na niskie dawki promieniowania jonizującego. Zamiast jednak zasugerować autorom tej meta-analizy, aby dokładniej zbadali budzące wątpliwości dane kanadyjskie, w specjalnym dodatku do swojego raportu BEIR VII, Komitet ten przytoczył wnioski z pracy Cardis i in., autorytatywnie stwierdzając występowanie ryzyka związanego z działaniem niskich dawek promieniowania jonizującego. Kilka lat po opublikowaniu raportu BEIR VII, Kanadyjska Komisja Bezpieczeństwa Jądrowego zakwestionowała dane kanadyjskie ze względu na poważne błędy metodyczne tego badania [CNSC 2011], co w wyniku decyzji tejże Komisji rzeczywiście całkowicie odmieniło wnioski ze wspomnianego wyżej studium Cardis i in. [Zablotska i in. 2004]. Komitet BEIR dotąd nie ustosunkował się do tej zmiany.

Ponadto, w Raporcie BEIR VII całkowicie pominięto dyskusję na temat roli jaką odgrywa układ odpornościowy w zapobieganiu chorobom nowotworowym, a także pobudzającego wpływ niskich dawek promieniowania na ten układ, pomimo wielu publikacji dotyczących tych zagadnień, dostępnych w czasie opracowywania tego raportu [Doss 2016]. Komitet

BEIR nie uwzględnił także wielu danych wskazujących, że narażenie na niskie dawki promieniowania oraz na niskie moce dawki nie powoduje wzrostu zachorowalności na nowotwory, a często ją zmniejsza, co przeczy modelowi LNT [Frigerio i in. 1973, Chaffey i in. 1976, Choi i in. 1979, Rowland i in. 1983, Miller i in. 1989, Kostyuchenko i Krestinina 1994, Howe i McLaughlin 1996, Berrington i in. 2001, Sakamoto 2004, Sponsler i Cameron 2005]. Inne komitety eksperckie i ciała doradcze, w tym ICRP, UNSCEAR, IAEA, WHO, czy NCRP, nie dokonały krytycznej analizy raportu BEIR VII, w dalszym ciągu mniej lub bardziej otwarcie popierając model LNT.



Rys. 7. Nadmiarowe ryzyko względne (*Excess Relative Risk/Sv*) zachorowalności na wszystkie nowotwory (z wyjątkiem białaczek) w przeliczeniu na 1 Sv, w populacjach, w których liczba zgonów przekroczyła 100. Dane według Cardis i in. (2005)

Figure 7. Excess relative risks per Sv for all cancer excluding leukemia in cohorts with more than 100 deaths. Data from Cardis et al. (2005)

Z powyższego wynika, że uznając jakość pracy wymienionych komitetów eksperckich i ciał doradczych za niezadowalającą, Amerykańska Agencja Ochrony Środowiska (EPA) powinna samodzielnie dokonać analizy wiarygodnych i opublikowanych danych i sama wyciągnąć wnioski co do wpływu niskich dawek na zapadalność na nowotwory. Zadanie to wymaga wnikliwej analizy opublikowanych badań, ponieważ w wielu doniesieniach popierających model LNT można znaleźć podstawowe uchybienia metodologiczne w podejściu do tego tematu, a także błędy w analizie i interpretacji danych. Bez krytycznej akceptacji, a także tendencyjna selekcja publikacji, często metodologicznie i naukowo wątpliwych, pozwala komitetom eksperckim i doradczym dalej podtrzymywać model LNT z zachowaniem pozorów naukowej bezstronności - z pominięciem wielu opublikowanych prac wskazujących na występowanie hormezy radiacyjnej w obszarze niskich dawek. EPA powinna zażądać od tych komitetów i ciał doradczych uzasadnienia stosowalności modelu LNT w świetle aktualnych danych i poglądów naukowych wyraźnie kwestionujących słuszność tego modelu. Jeżeli okaże się niemożliwe wykazanie, że dane kwe-

stionujące hipotezę LNT nie mają uzasadnienia naukowego, ani też że hipoteza LNT posiada naukowe uzasadnienie, EPA powinna zrezygnować ze stosowania hipotezy LNT jako podstawy przepisów ochrony radiologicznej, zalecanych przez tę agencję².

Wprowadzenie hormezy radiacyjnej jako naukowej podstawy przepisów, ochrony radiologicznej znacznie uprości te przepisy, ponieważ zgodnie z tym założeniem, ekspozycje na niskie dawki nie wywołują uszczerbku na zdrowiu. Nie ma więc potrzeby limitowania tych dawek do zadanego progu. W przypadku dawek wysokich, które mogą działać kancerogennie, należy wprowadzić przepisy zapobiegające ekspozycjom na takie dawki. Poniżej opisano kilka przykładów możliwych rozwiązań.

W przypadku ekspozycji jednorazowych lub krótkotrwałych, dane z populacji ABS wskazują, że nadmiarowe ryzyko zachorowalności na nowotwory nie wzrasta przy dawkach indywidualnych nie przekraczających progu ok. 0,75 Gy (rys. 5). Przy ekspozycjach jednorazowych należy więc zapobiegać możliwości otrzymania dawki przekraczającej tę wartość progu. Przyjmując współczynnik bezpieczeństwa równy 5, wytyczne ochrony radiologicznej powinny więc zalecać ograniczenie ekspozycji indywidualnych do dawek poniżej 0,15 Gy. Przy tak wysokim współczynniku bezpieczeństwa, wymieniona wartość dawki nie powinna być traktowana jako nieprzekraczalny „limit dawki”, ponieważ niewielkie jej przekroczenie nie spowoduje wzrostu prawdopodobieństwa wystąpienia radiogennej choroby nowotworowej.

Co do rozłożonych w czasie ekspozycji na promieniowanie jonizujące, łączna dawka 1,5 Gy podana na całe ciało lub jego połowę w ciągu 5 tygodni równolegle z typową procedurą radioterapeutyczną (zlokalizowaną w obszarze leczonym) prowadzi do wydłużenia czasu przeżycia chorych, w porównaniu ze standardową zlokalizowaną radioterapią nowotworową [Sakamoto 2004] (zob. rys. 6). Natomiast ekspozycja na dawki promieniowania powyżej 2 Gy w okresie 5 tygodni prowadzi do wzrostu zachorowalności na białaczkę [Travis i in. 1996]. Należy więc ograniczyć możliwość otrzymania dawki indywidualnej przekraczającej 2 Gy w ciągu 5 tygodni. Ponownie przyjmując współczynnik bezpieczeństwa równy 5, należy do przepisów ochrony radiologicznej wprowadzić zalecenie, aby indywidualne dawki pochłonięte w okresie 5 tygodni nie przekraczały 0,4 Gy. Również i w tym przypadku, ze względu na wysoki współczynnik bezpieczeństwa, powyższa wartość dawki nie powinna być traktowana jako nieprzekraczalny „limit dawki”, ponieważ niewielkie jej przekroczenie nie spowoduje wzrostu zagrożenia chorobą nowotworową.

Stosując tego rodzaju podejście, w oparciu o wiarygodne i udokumentowane dane i po przyjęciu

² Obecnie Międzynarodowa Komisja Ochrony Radiologicznej nie kwestionuje poglądu, że hipotezie LNT brak podstawy naukowej, uważa jednak, że model LNT jest użyteczny dla celów ochrony radiologicznej

odpowiednich wartości współczynników bezpieczeństwa, należy ustalić takie wytyczne ochrony radiologicznej dotyczące ekspozycji długoczasowej, aby z zadany współczynnikiem bezpieczeństwa nie przekroczyć poziomów, o których wiadomo, że powodują wzrost prawdopodobieństwa rozwoju radiogenego nowotworu.

Zaproponowane tu podejście – czyli rezygnacja z regulowania ekspozycji w obszarze dobroczynnych w skutkach niskich dawek promieniowania jonizującego, lecz z zapewniającymi bezpieczeństwo wytycznymi, aby nie przekraczać zalecanych wysokich poziomów dawek indywidualnych – może wydawać się radykalnym odejściem od obecnych regulacji opartych na modelu LNT, które ograniczają ekspozycje nawet na najniższe dawki promieniowania jonizującego, a także stawiają nadmierne wymagania co do licencjonowania, nadzoru czy dokumentowania tych ekspozycji. Jednak, poprzez analogię do ogólnie dostępnych rodzajów leków stosowanych w medycynie widać, że powyższa propozycja, oparta na hormezie radiacyjnej, jest całkowicie zgodna z przyjętymi zasadami stosowania tych leków. Podobnie jak w przypadku hormezy radiacyjnej, leki podawane w małych dawkach działają leczniczo, zaś w wysokich – mogą być szkodliwe. Dla ogólnie dostępnych środków farmakologicznych nie określa się ściśle limitów ich dawkowania, nie reguluje się także ich sprzedaży (np. przez ich dostępność jedynie na receptę i wyłącznie w aptece), zalecając jedynie aby nie przekraczać pewnych dawek, np. w postaci: „nie zżywaj więcej niż 10 tabletek w okresie 24 godzin”. Do sprzedaży leków ogólnie dostępnych nie jest wymagana ani specjalna licencja na ich produkcję ani recepta od lekarza, nie rejestruje się też ani nie kontroluje liczby wydanych tabletek. Nie jest także wymagany indywidualny nadzór nad zżywaniem leków tego rodzaju.

Ponieważ zakres niskich dawek promieniowania jonizującego, pochłonięcie których może działać korzystnie dla zdrowia, leży daleko niżej od dawek związanych z podwyższonym ryzykiem wystąpienia radiogenych nowotworów, możliwość, że przy wykorzystywaniu hormetycznych właściwości promieniowania przekroczone zostaną progi dawek skutkujące wzrostem zachorowalności na nowotwory jest bardzo mało prawdopodobna. Z tego względu nie ma potrzeby wprowadzania rozbudowanych przepisów ochrony radiologicznej dla zakresu niskich dawek. Jednak w sytuacjach, w których możliwe byłoby pochłonięcie dawki na tyle wysokiej, że skutkowałaby możliwym i naukowo uzasadnionym wystąpieniem radiogenych nowotworów, należy zalecać ostrożność i wprowadzić w przepisach ochrony radiologicznej regulacje zabezpieczające przed potencjalnym uszczerbkiem na zdrowiu w wyniku takich ekspozycji.

Kto mógłby podjąć się opracowania nowych przepisów opartych na zasadzie hormezy radiacyjnej? Przyjęcie hormezy radiacyjnej jako podstawy

przepisów ochrony radiologicznej oznacza tak radykalną zmianę ich podstawowego paradygmatu, że nowe przepisy powinni raczej opracować eksperci umiejący dokonać bezstronnej, rzetelnej i naukowej analizy dostępnych danych doświadczalnych, nie będąc przy tym obciążeni dotychczasowym paradygmatem, czyli hipotezą LNT.

Jak się wydaje, przyjęcie przepisów ochrony przed promieniowaniem opartych na akceptacji zjawiska hormezy radiacyjnej doprowadzi do usunięcia obecnie obowiązującego nadmiaru regulacji wynikających z przyjęcia hipotezy LNT i w znacznym stopniu zredukuje koszty oraz liczbę osób związanych z egzekwowaniem tych przepisów. W obliczu dotychczasowego ogromnego marnotrawstwa środków, spowodowanego wieloletnim stosowaniem zasad ochrony radiologicznej opartych na modelu LNT, które nie przyniosły społeczeństwu żadnych wymiernych korzyści, takie zmiany są jak najbardziej pożądane. Przyjęcie nowych regulacji pozwoli uświadomić społeczeństwu i osobom zawodowo narażonym na promieniowanie jonizujące praktyczny brak zagrożenia związanego z ekspozycją na niskie dawki, co istotnie zmieni społeczne odczucie zagrożenia radiacyjnego – łagodząc radiofobię. W przypadkach nieuniknionych w przyszłości zdarzeń lub awarii reaktorowych, w których dochodzi do uwolnień promieniowania jonizującego do środowiska, zaburzenia społeczne spowodowane koniecznymi, być może w tych przypadkach, lokalnymi przesiedleniami oraz decyzjami regulującymi powroty ludności do ich domów – będą wtedy daleko łagodniejsze. Wyciągnięte zostaną wreszcie wnioski z katastrofalnych skutków społecznych (a nie radiacyjnych) awarii w Czarnobylu lub Fukushima, spowodowanych w dużej mierze decyzjami administracyjnymi wymuszonymi przepisami opartymi o model LNT. Złagodzenie ograniczeń w stosowaniu niskich dawek promieniowania jonizującego umożliwi także prowadzenie badań i prób klinicznych w tym zakresie dawek u ludzi, co przyczyni się do opracowania i wdrożenia nowych metod zapobiegania i leczenia wielu schorzeń, w tym uogólnionych nowotworów, choroby Alzheimera [Wei i in. 2012], choroby Parkinsona [El Ghazaly i in. 2013] i innych, na które obecnie brak skutecznego lekarstwa.

Podsumowując, włączenie do przepisów ochrony przed promieniowaniem zjawiska hormezy radiacyjnej przyniesie znaczne korzyści dla zdrowia publicznego, umożliwiając przeprowadzenie badań klinicznych nad zastosowaniem ekspozycji na niskie dawki promieniowania przy zapobieganiu i leczeniu chorób obecnie nieuleczalnych, a także doprowadzi do radykalnego zmniejszenia kosztów ochrony radiologicznej i ograniczy skutki społeczne potencjalnych awarii radiacyjnych lub jądrowych. Dlatego też proponowane zmiany powinny być wprowadzone bezzwłocznie, aby jak najszybciej wyeliminować ujemny wpływ obecnie obowiązujących przepisów, opartych na paradygmacie hipotezy LNT.

Polscy uczeni w stowarzyszeniu SARI

Polscy członkowie SARI uczestniczyli w redakcji powyższego tekstu. Pełny tekst **Komentarza SARI do EPA...**, podpisany przez 17 sygnatariuszy będących członkami tego stowarzyszenia (<http://radiationeffects.org/>) lub także członkami Fundacji XLNT (<https://www.x-lnt.org/>), w tym przez trzy osoby z Polski, został w dniu 15 maja 2017 r. przekazany do US Environmental Protection Agency.

Stowarzyszenie Uczonych dla Rzetelnej Informacji o Promieniowaniu – SARI, działające głównie jako forum internetowe, jako swoją misję przyjęło „*monitorowanie i zapobieganie nierzetelnej informacji dotyczącej zagadnień jądrowych i promieniowania jonizującego, która może mieć ujemny wpływ na skuteczną odpowiedź na wyzwania związane z tymi zagadnieniami, w szczególności z ochroną życia*.” Stowarzyszenie liczy obecnie około 100 członków, głównie naukowców, ekspertów i dziennikarzy ze Stanów Zjednoczonych, ale także z innych krajów, w tym siedmiu naukowców z Polski. Polscy uczeni aktywnie uczestniczą w działalności SARI, ich głos jest zauważany i ceniony. Wspólnie z innymi członkami tego stowarzyszenia podejmują inicjatywy związane m. in. z komentowaniem prac z dziedziny badań radiacyjnych jawnie sprzeciwiającym się zasadom pracy naukowej. Tematyka zainteresowań badawczych i niektórych publikacji polskich członków SARI i ich współpracowników (np. Dobrzyński 2012, 2015, 2016, Fornalski 2010, 2011, 2012, 2012a, 2013, Janiak 2017, Nowosielska 2006, 2010, 2012, Reszczyńska 2017, Strupczewski 2010, 2015, 2016, Waligórski 2003, 2015) dobrze wpisuje się w ogólny obszar działalności i tematów, którymi zajmuje się SARI. Należy tu przypomnieć szczególny wkład prof. Zbigniewa Jaworowskiego w uznanie i akceptację zjawiska hormezy jako podstawy ochrony radiologicznej (Jaworowski 1999). Już w początkach lat osiemdziesiątych, jako Przewodniczący Komitetu Narodów Zjednoczonych ds. Promieniowania Jądrowego (UNSCEAR), prof. Jaworowski doprowadził do opracowania i opublikowania przez ten Komitet dokumentu *Adaptive responses to radiation in cells and organisms* (UNSCEAR 1994). Profesor Jaworowski czynnie uczestnicząc w międzynarodowych zespołach eksperckich wskazujących na brak uzasadnienia dla stosowania hipotezy LNT w przewidywaniu skutków promieniowania jonizującego, o wiele lat wyprzedził obecną dyskusję na ten temat (Dobrzyński 2012).

Zagadnieniem wpływu na organizm człowieka ekspozycji na niskie dawki promieniowania jonizującego zajmuje się także obecnie wiele konsorcjów finansowanych przez Komisję Europejską (np. MELODI, www.melodi-online.eu), w skład których wchodzi także polskie zespoły badawcze. Należy więc sądzić, że pomimo znaczących trudności, krok po kroku nieadekwatność hipotezy LNT do opisu rzeczywistości dociera do świadomości coraz większej liczby uczonych. Autorzy niniejszego opracowania mają nadzieję,

że przedstawiony powyżej tekst komentarza SARI do EPA, uzasadniający przyjęcie zjawiska hormezy radiacyjnej jako lepszej niż LNT podstawy dla norm ochrony radiologicznej, znajdzie oddźwięk i pobudzi dyskusję wśród polskich ekspertów i specjalistów w tej dziedzinie, a także zachęci ich do czynnego uczestniczenia w dalszych pracach i dyskusjach prowadzonych w krajowych i zagranicznych towarzystwach naukowych, a także na forum stowarzyszenia SARI.

prof. dr hab. Ludwik Dobrzyński,
Narodowe Centrum Badań Jądrowych,
Otwock-Świerk
prof. dr hab. n. med. Marek K. Janiak,
Wojskowy Instytut Higieny i Epidemiologii,
Warszawa
prof. NCBJ dr inż. Andrzej Strupczewski,
Narodowe Centrum Badań Jądrowych,
Otwock-Świerk
prof. dr hab. Michael Waligórski,
Instytut Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk
Kraków,
Centrum Onkologii Oddział w Krakowie

Literatura:

- [1] Acuna, S.A., Fernandes, K.A., Daly, C. & et al. 2016. Cancer mortality among recipients of solid-organ transplantation in Ontario, Canada. *JAMA Oncology*, 1-8. <http://dx.doi.org/10.1001/jamaoncol.2015.5137>
- [2] Berrington, A., Darby, S.C., Weiss, H.A. & Doll, R. 2001. 100 years of observation on British radiologists: mortality from cancer and other causes 1897-1997. *Br J Radiol*, 74, 507-19. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11459730>
- [3] Cardis, E., Vrijheid, M., Blettner, M., Gilbert, E., Hakama, M., Hill, C., Howe, G., Kaldor, J., Muirhead, C.R., Schu-bauer-Berigan, M., Yoshimura, T., Bermann, F., Cowper, G., Fix, J., Hacker, C., Heinmiller, B., Marshall, M., Thierry-Chief, I., Utterback, D., Ahn, Y. O., Amoros, E., Ashmore, P., Auvinen, A., Bae, J.M., Solano, J. B., Biau, A., Comba-lot, E., Deboodt, P., Diez Sacristan, A., Eklof, M., Engels, H., Engholm, G., Gulis, G., Habib, R., Holan, K., Hyvonen, H., Kerekes, A., Kurtinaitis, J., Malker, H., Martuzzi, M., Mastauskas, A., Monnet, A., Moser, M., Pearce, M. Richardson, D. B., Rodriguez-Artalejo, F., Rogel, A., Tardy, H., Telle-Lamberton, M., Turai, Usel, M. & Veress, K. 2005. Risk of cancer after low doses of ionising radiation: retrospective cohort study in 15 countries. *The BMJ*, 331, 77 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15987704>
- [4] Chaffey, J.T., Rosenthal, D.S., Moloney, W.C. & Hellman, S. 1976. Total body irradiation as treatment for lymphosarcoma. *International Journal of Radiation Oncology*Biolog-y*Physics*, 1, 399-405. Available: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/823140> Choi, N.C., Timothy, A.R., Kaufman, S.D., Carey, R.W. & Aisenberg, A.C. 1979. Low dose fractionated whole body irradiation in the treatment of advanced non-Hodgkin's lymphoma. *Cancer*, 43, 1636-42. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/582159>

- [5] CNSC 2011. *Verifying Canadian Nuclear Energy Worker Radiation Risk: A Reanalysis of Cancer Mortality in Canadian Nuclear Energy Workers (1957-1994), Summary Report, INFO-0811* [Online]. Canadian Nuclear Safety Commission. http://nuclearsafety.gc.ca/pubscatalogue/uploads/INFO0811_e.pdf [odczytane 11.05.2017]
- [6] Dobrzyński, L., Waligórski, M.P.R. & Janiak, M.K. 2012. Professor Zbigniew Jaworowski - In Memoriam, *Dose Response* 10 (2012), DOI: 10.2203/dose-response.12-007. Dobrzyński
- [7] Dobrzyński, L., K.W. Fornalski & L.E. Feinendegen 2015. Cancer Mortality Among People Living in Areas With Various Levels of Natural Background Radiation, *Dose-Response* 3 (2015) 1-10
- [8] Dobrzyński, L., Fornalski, K.W. & Reszcyńska, J. 2016. Ryzyko zdrowotne związane z niskimi dawkami promieniowania, *Biuletyn PAA Bezpieczeństwo i Ochrona Radiologiczna* 1 (2016) 42
- [9] Dobrzyński, L., Fornalski, K.W., Socol Y. & Reszcyńska, J. 2016a. Modeling of Irradiated Cell Transformation: Dose- and Time-Dependent Effects, *Radiation Research* 186 (2016) 396-406
- [10] Doss, M. 2012. Evidence supporting radiation hormesis in atomic bomb survivor cancer mortality data. *Dose Response*, 10, 584-92. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23304106>
- [11] Doss, M. 2013. Linear No-Threshold Model vs. Radiation Hormesis. *Dose Response*, 11, 480-497. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24298226>
- [12] Doss, M. 2014. Correcting systemic deficiencies in our scientific infrastructure. *Dose Response*, 12, 185201. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24910580>
- [13] Doss, M. 2016. Changing the Paradigm of Cancer Screening, Prevention, and Treatment. *Dose Response*, 14, 1559325816680539. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27928220>
- [14] El-Ghazaly, M.A., Sadik, N.A., Rashed, E.R. & Abd El-Fattah, A.A. 2013. Neuroprotective effect of EGb761(R) and low-dose whole-body gamma-irradiation in a rat model of Parkinson's disease. *Toxicol Ind Health*. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23696346>
- [15] EPA 2004. *United States Environmental Protection Agency Risk Assessment Task Force, Office of the Science, Advisor. An examination of EPA risk assessment principles and practices.*, Washington, DC.
- [16] Feinendegen, L.E., Pollycove, M. & Neumann, R.D. 2013. Hormesis by Low Dose Radiation Effects: Low-Dose Cancer Risk Modeling Must Recognize Up-Regulation of Protection. w: BAUM, R.P. (ed.) *Therapeutic Nuclear Medicine*. Springer. http://link.springer.com/chapter/10.1007/174_2012_686
- [17] Fornalski, K.W. & Dobrzyński L. 2010. The healthy worker effect and nuclear industry workers, *Dose Response* 8; 125 - 147, 2010 54-60
- [18] Fornalski, K.W., Dobrzyński L. 2011. Pooled Bayesian analysis of twenty eight studies on radon induced lung cancers, *Health Physics*, September 2011, vol. 101, No. 3, 265 - 273
- [19] Fornalski, K.W. & Dobrzyński L. 2012. Problem niskich dawek promieniowania a sprawa radonu, *Ekoatom*, luty-marzec 2012, 54-60.
- [20] Fornalski, K.W. & Dobrzyński L. 2012a. The cancer mortality in high natural radiation areas in Poland, *Dose-Response* (2012)10:541-561,
- [21] Fornalski, K.W. & Dobrzyński L. 2013. The cancer risk among workers of the nuclear centre at Swierk, Poland, *Nukleonika* 2013, 58(4); 537-542
- [22] Frigerio, N.A., Eckerman, K.F. & Stowe, R.S. 1973. *Argonne Radiological Impact Program (ARIP). Part I. Carcinogenic hazard from low-level, low-rate radiation* [Online]. Argonne National Lab., Ill. <http://www.osti.gov/scitech/servlets/purl/4368021> [ANL/ES--26(PT.1)].
- [23] Howe, G. R. & McLaughlin, J. 1996. Breast cancer mortality between 1950 and 1987 after exposure to fractionated moderate-dose-rate ionizing radiation in the Canadian fluoroscopy cohort study and a comparison with breast cancer mortality in the atomic bomb survivors study. *Radiation Research*, 145, 694-707. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8643829>
- [24] Hwang, S.L., Guo, H.R., Hsieh, W.A., Hwang, J.S., Lee, S.D., Tang, J.L., Chen, C.C., Chang, T.C., Wang, J.D. & Chang, W.P. 2006. Cancer risks in a population with prolonged low dose-rate gamma-radiation exposure in radiocontaminated buildings, 1983-2002. *International Journal Radiation Biology*, 82, 849-58. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17178625>
- [25] Ichiseki, H. 2013. Features of disaster-related deaths after the Great East Japan Earthquake. *Lancet*, 381, 204. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23332962>
- [26] Janiak M.K., Wincenciak M., Cheda A., Nowosielska E.M. & Calabrese E.J. 2017. Cancer immunotherapy: how low-level ionizing radiation can play a key role. *Cancer Immunol Immunother* 66 (2017), 819-832. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28361232>
- [27] Jaworowski Z. 1999. Radiation risk and ethics *Physics Today*, September 1999, 24-29
- [28] Koana, T. & Tsujimura, H. 2010. A U-shaped dose-response relationship between x radiation and sex-linked recessive lethal mutation in male germ cells of *Drosophila*. *Radiation Research* 174, 46-51. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20681798>
- [29] Kostyuchenko, V.A. & Krestinina, L. 1994. Long-term irradiation effects in the population evacuated from the east-Urals radioactive trace area. *Science of the Total Environment*, 142, 119-25. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8178130>

- [30] Luckey, T. D. 1980. *Hormesis with ionizing radiation*, Boca Raton, Fla., CRC Press.
- [31] Miller, A. B., Howe, G. R., Sherman, G. J., Lindsay, J. P., Yaffe, M. J., Dinner, P. J., Risch, H. A. & Preston, D. L. 1989. Mortality from breast cancer after irradiation during fluoroscopic examinations in patients being treated for tuberculosis. *N. Engl. J. Med.* 321, 1285-9. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2797101>
- [32] Murphy, S. L., Kochanek, K. D. & Xu, J. 2015. Deaths: final data for 2012. *Natl Vital Stat Rep*, 63, 1116. http://www.cdc.gov/nchs/data/nvsr/nvsr63/nvsr63_09.pdf
- [33] Nowosielska, E.M., Wrembel-Wargocka, J., Cheda, A., Lisiać E. & Janiak, M.K. 2006. Enhanced cytotoxic activity of macrophages and suppressed tumor metastases in mice irradiated with low doses of X-rays. *Journal of Radiation Research* 47, (2006) 229-236. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16936416>
- [34] Nowosielska, E.M., Cheda, A., Wrembel-Wargocka, J. & Janiak, M.K. 2010. Immunological mechanism of the low-dose radiation-induced suppression of cancer metastases in a mouse model. *Dose-Response* 8 (2010), 209-226. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20585439>
- [35] Nowosielska, E.M., Cheda, A., Wrembel-Wargocka, J. & Janiak, M.K. 2012. Effect of low doses of low-let radiation on the innate anti-tumor reactions in radioresistant and radiosensitive mice. *Dose-Response* 10 (2012), 500-515. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23304101>
- [36] NRC 2006. *Health risks from exposure to low levels of ionizing radiation : BEIR VII Phase 2, National Research Council (U.S.). Committee to Assess Health Risks from Exposure to Low Level of Ionizing Radiation.*, Washington, D.C., National Academies Press.
- [37] Ozasa, K., Shimizu, Y., Suyama, A., Kasagi, F., Soda, M., Grant, E. J., Sakata, R., Sugiyama, H. & Kodama, K. 2012. Studies of the mortality of atomic bomb survivors, report 14, 1950-2003: an overview of cancer and noncancer diseases. *Radiation Research*, 177, 229-43. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22171960>
- [38] Pollycove, M. 2007. Radiobiological basis of low-dose irradiation in prevention and therapy of cancer. *Dose Response*, 5, 26-38. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18648556>
- [39] Reszczyńska, J. & Dobrzyński, L. 2017. Problemy zasad ochrony radiologicznej w obszarze małych dawek promieniowania, *Biuletyn PAA Bezpieczeństwo jądrowe i ochrona radiologiczna* 1 (2017) 32-40
- [40] Rowland, R. E., Stehney, A. F. & Lucas, H. F. 1983. Dose-response relationships for radium-induced bone sarcomas. *Health Phys*, 44 Suppl 1, 15-31. Available: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6862895>
- [41] Sakamoto, K. 2004. Radiobiological basis for cancer therapy by total or half-body irradiation. *Nonlinearity Biol Toxicol Med*, 2, 293-316. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2657505/>
- [42] Sponsler, R. & Cameron, J. R. 2005. Nuclear shipyard worker study 1980 1988: a large cohort exposed to low-dose-rate gamma radiation. *International Journal of Low Radiation*, 1, 463-478. <http://www.inderscience.com/info/inarticle.php?artid=7915>
- [43] Strupczewski A. 2010. Czy zaszkodzi nam promieniowanie przy normalnej pracy elektrowni jądrowych, rozdz. 2 w książce: Nie bójmy się energetyki jądrowej, COSiW, Warszawa 2010
- [44] Strupczewski A. 2015. Czas już zaktualizować normy ochrony przed promieniowaniem zgodnie ze stanem wiedzy w XXI wieku Ekoatom[0] No 16 (2015) 52-70 [www: http://seren.org.pl/wp-content/uploads/2016/01/E16.pdf](http://seren.org.pl/wp-content/uploads/2016/01/E16.pdf)
- [45] Strupczewski A. 2016. Normy ochrony przed promieniowaniem. Konieczna aktualizacja, http://energetyka.wnp.pl/normy-ochrony-przed-promieniowaniem-konieczna-aktualizacja,276799_1_0_0.html
- [46] Travis, L. B., Weeks, J., Curtis, R. E., Chaffey, J. T., Stovall, M., Banks, P. M. & Boice, J. D., Jr. 1996. Leukemia following low-dose total body irradiation and chemotherapy for non-Hodgkin's lymphoma. *J Clin Oncol*, 14, 565-71. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8636772>
- [47] UNSCEAR 1994, SOURCES AND EFFECTS OF IONIZING RADIATION United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation UNSCEAR 1994 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes http://www.unscear.org/docs/publications/1994/UNSCEAR_1994_Report.pdf
- [48] Waligórski, M.P.R. 2003. DARI to go where radiation has gone before. *Physics Today*, February 2003, 13-14
- [49] Waligórski, M.P.R., Grzanka, L. & Korcyl, M. 2015. The principles of Katz's cellular track structure radiobiological model, *Radiation Protection Dosimetry* 166 (2015).1-4. doi :10.1093/rpd/ncr201
- [50] Wei, L. C., Ding, Y. X., Liu, Y. H., Duan, L., Bai, Y., Shi, M. & Chen, L. W. 2012. Low-dose radiation stimulates Wnt/beta-catenin signaling, neural stem cell proliferation and neurogenesis of the mouse hippocampus in vitro and in vivo. *Current Alzheimer Research*, 9, 278-89. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22272614>
- [51] Yang, G., Kong, Q., Wang, G., Jin, H., Zhou, L., Yu, D., Niu, C., Han, W., Li, W. & Cui, J. 2014. Low-dose ionizing radiation induces direct activation of natural killer cells and provides a novel approach for adoptive cellular immunotherapy. *Cancer biotherapy & radiopharmaceuticals*, 29, 428-34. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25402754>
- [52] Zablotzka, L. B., Ashmore, J. P. & Howe, G. R. 2004. Analysis of mortality among Canadian nuclear power industry workers after chronic low-dose exposure to ionizing radiation. *Radiat Res*, 161, 633-41. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15161357>

50 LAT DZIAŁALNOŚCI POLSKIEGO TOWARZYSTWA BADAŃ RADIACYJNYCH IM. MARII SKŁODOWSKIEJ-CURIE: 1967–2017

50 years of activity of the Polish Radiation Research Society memorial to Maria Skłodowska-Curie: 1967–2017

Sylwester Sommer

Streszczenie: W 2017 r. Polskie Towarzystwo Badań Radiacyjnych (PTBR) obchodzi 50-lecie swojego powstania. Utworzenie Towarzystwa miało na celu: rozwój kontaktów naukowych między poszczególnymi instytutami, laboratoriami, grupami badawczymi i stowarzyszeniami w kraju i za granicą, zajmującymi się tematami związanymi z promieniowaniem, organizację spotkań naukowców z różnych dziedzin, wymianę doświadczeń, organizację kursów doszkalających, działalność wydawniczą, a także popularyzację nauki. Te funkcje wypełniane są z powodzeniem do dnia dzisiejszego. Zebranie założycielskie PTBR odbyło się 29 czerwca 1967 r. w Pałacu Kultury i Nauki w Warszawie i tę datę uznajemy za dzień narodzin Towarzystwa. Od 1969 r. PTBR organizuje Zjazdy Naukowe - do tej pory odbyło się ich 17, a od 1970 r. - Szkoły Jesienne (odbyło się ich 24). W trakcie Zjazdów wręczane są nagrody naukowe oraz (od 1983 r.) prestiżowe medale im. Marii Skłodowskiej-Curie. W artykule omówiono narodziny Towarzystwa i główne formy jego działalności oraz osiągnięcia.

Summary: In 2017, Polish Radiation Research Society (PRRS) celebrates the 50th anniversary of its founding. The formation of the Society was aimed at: the development of scientific contacts between various institutes, laboratories, research groups and associations in the country and abroad, dealing with radiation related topics in the country and abroad, organizing meetings of scientists of various fields, exchange of experiences, organization of refresher courses, publishing activities, and popularization of science. These functions are successfully fulfilled to this day. The founding meeting of PRRS took place on June 29, 1967, at the Palace of Culture and Science in Warsaw, and we recognize this date as the day of the birth of the Society. Since 1969 the PRRS has organized Scientific Meetings - which so far have been held 17 times, and since 1970 - the Autumn Schools (held 24 times). During the meetings Scientific Awards of PRRS and (since 1983) the prestigious medals of Maria Skłodowska-Curie are awarded. The article describes the birth of the Society, the main forms of its activity, and achievements.

Słowa kluczowe: Polskie Towarzystwo Badań Radiacyjnych, PTBR, promieniowanie, radiobiologia, radioterapia, pola elektromagnetyczne, ochrona radiologiczna, chemia radiacyjna, energetyka jądrowa

Keywords: Polish Radiation Research Society, PRRS, radiation, radiobiology, radiotherapy, electromagnetic fields, radiological protection, radiation chemistry, nuclear power

Początki

W książce *Moje Życie i Chemia Radiacyjna* prof. Jerzy Kroh wspomina, że postanowienie o powołaniu Towarzystwa zapadło w pierwszej połowie roku 1967, w czasie kilkuosobowego spotkania w mieszkaniu pani doc.* Marii Kopeć w Warszawie, a powiązanie jego nazwy z imieniem Marii Skłodowskiej-Curie zawdzięczamy pomysłowi prof. Józefa Hurwica. Utworzenie Towarzystwa miało na celu: rozwój kontaktów naukowych między poszczególnymi instytutami, laboratoriami, grupami badawczymi i stowarzyszeniami w kraju i za granicą zajmującymi się tematami związanymi z promieniowaniem, organizację spotkań naukowców z różnych dziedzin, wymianę doświadczeń, organizację kursów doszka-

lających, działalność wydawniczą, a także popularyzację nauki. Te funkcje wypełniane są z powodzeniem do dnia dzisiejszego. Zebranie założycielskie PTBR odbyło się 29 czerwca 1967 r. w Pałacu Kultury i Nauki w Warszawie i tę datę uznajemy za dzień narodzin Towarzystwa. W spotkaniu uczestniczyło 31 osób reprezentujących różne dziedziny nauki: głównie chemię radiacyjną i radiobiologię, ale również fizykę, oraz związane z promieniowaniem kierunki medycyny. Powołano wtedy Komitet Organizacyjny w składzie: prof. dr Stefan Minc (przewodniczący), dr Janusz Beer (sekretarz), doc. dr Roman Broszkiewicz, doc. dr Andrzej Danysz, prof. dr Bogusława Jeżowska-Trzebiatowska, doc. dr Maria Kopeć, prof. dr Jerzy Kroh i płk dr med. Tadeusz Obara. 3 lutego 1968 r. stowarzyszenie o nazwie Polskie Towarzystwo

Badań Radiacyjnych im. Marii Skłodowskiej-Curie zostało wpisane do Rejestru Stowarzyszeń Urzędu Spraw Wewnętrznych Prezydium Rady Narodowej m. st. Warszawy pod numerem 898.

Pierwszy Zjazd PTBR 8 stycznia 1969 r. w Warszawie

Pierwsza Kadencja 08.01.1969 – 23.04.1971

Pierwszy Zjazd Towarzystwa, w którym uczestniczyło 160 osób, wybrał Zarząd Główny (ZG) i powierzył funkcję Prezesa prof. Jerzemu Kroh – wychowankowi prof. Alicji Dorabalskiej, twórcy i dyrektorowi Instytutu Techniki Radiacyjnej Politechniki Łódzkiej. Na Sekretarza Towarzystwa powołano dr. Janusza Beera (z Instytutu Badań Jądrowych, Warszawa), a na Skarbnika – doc. dr. Romana Broszkiewicza (również z Instytutu Badań Jądrowych, Warszawa), którego pod koniec 1970 r. zastąpił dr. Stanisław Włodek. Ponadto, do ZG wybrano siedem osób jako członków zarządu: doc. dr. Andrzeja Danysza, prof. Bogusławę Jeżowską-Trzebiatowską, prof. Stefana Minca, doc. dr. Marię Kopeć, płk. dr. Tadeusza Obarę, prof. Stanisława Starzyckiego, dr. Henryka Sugiera, oraz trzy osoby jako zastępców członków: ppłk. doc. dr. Przemysław Czerskiego, dr. Józefa Z. Damma i ppłk. dr. Juliusza Dereckiego. Maria Kopeć i Tadeusz Obara objęły funkcje wiceprezesów.

Podczas I Zjazdu Walne Zebranie Członków przyznało godność Członka Honorowego PTBR trojgu wybitnym naukowcom, zajmującym się badaniami radiacyjnymi:

- prof. Alicji Dorabalskiej – fizykochemikowi, specjalizującej się m.in. w dziedzinie radiochemii, uczennicy Wojciecha Świątosławskiego i Marii Skłodowskiej-Curie, pierwszej kobiecie, która uzyskała profesurę w polskiej uczelni technicznej (Politechnika Lwowska, 1934), twórczyni Katedry Chemii Fizycznej Politechniki Łódzkiej;

- prof. Cezaremu Anatolowi Pawłowskiemu – fizykowi radiologowi, związanemu z Uniwersytetem Warszawskim i Politechniką Warszawską, współtwórca Centrum Onkologii w Warszawie, który również był wychowankiem Marii Skłodowskiej-Curie;

- prof. Witoldowi E. Zawadowskiemu – lekarzowi radiologowi, pionierowi polskiej radiologii, związanemu z Uniwersytetem Warszawskim i Akademią Medyczną w Warszawie.

Ponadto, po burzliwej dyskusji, podjęto uchwałę, która do dziś określa charakter Towarzystwa: przyjęto, że mimo interdyscyplinarnego charakteru Towarzystwa, nie będzie się ono dzieliło na sekcje.

Obszerną relację z rozpoczęcia działalności PTBR i przebiegu I Zjazdu, wraz z pełnymi tekstami wygłoszonych referatów, opublikowano w *Postęпах Techniki Jądrowej*, Rok XIV, Nr 9, 1970.

Już na początku pierwszej kadencji tworzą się oddziały Towarzystwa: 7 lutego 1969 r. powstaje oddział poznański z przewodniczącym doc. dr. Tadeuszem Rudnickim, a w maju tego samego roku – oddział łódzki z przewodniczącym doc. dr. Stanisławem Andrzejewskim. W grudniu 1970 r. powstaje oddział warszawski z przewodniczącym doc. dr. Zbigniewem P. Zagórskim. W następnych kadencjach utworzono oddziały: krakowski (1973), wrocławski (1982), siedlecki (1992), świę-

tokrzyski (2004) i śląski (2012). Aktualnie PTBR posiada sześć oddziałów; oddziały poznański i wrocławski zostały rozwiązane (odpowiednio w 1997 i 2002 r.).

Zjazdy Towarzystwa

Do dnia dzisiejszego odbyło się 17 Zjazdów PTBR. Spotkania, organizowane przez poszczególne oddziały Towarzystwa (zazwyczaj co 3 lata), odbywały się w różnych miastach: Warszawie (1969, 1979 i 1995), Poznaniu (1971 i 1989), Łodzi (1973, 1986 i 2004), Krakowie (1976, 1992 i 2001), Wrocławiu (1983), Siedlcach (1998, 2010 i 2016), Kielcach (2007) i Białowieży (2013). Pierwsze zjazdy odbywały się w kwietniu, miesiącu zasugerowanym przez honorowego członka Towarzystwa, uczennicę Marii Skłodowskiej-Curie, prof. Alicję Dorabalską. W liście przesłanym do ZG pisała ona, że właśnie z tym miesiącem związane są najdonośniejsze odkrycia i prace Marii Skłodowskiej-Curie. Od 2001 r. Zjazdy przeniesiono na wrzesień, co jest kontynuowane do dzisiaj. Zdecydowały o tym warunki ekonomiczne: w kwietniu, w żadnym z uniwersyteckich miast w Polsce, będących siedzibą Oddziałów Towarzystwa nie można korzystać z tańszych noclegów w Domach Akademickich.



Fot. 1. IV Zjazd PTBR w Krakowie, 1976

Photo 1. IV Scientific Meeting of the PRRS in Krakow, 1976

Zjazdy wypełnione są wykładami plenarnymi i sesyjnymi. Od 1979 r. (V Zjazd) odbywają się również prezentacje plakatowe. Część naukowa Zjazdów jest bardzo obszerna i często przekracza 100 wykładów i prezentacji plakatowych. Liczba uczestników waha się od 92 (2016 r.) do ponad 200 (246 osób w roku 1973). Tematyka sesji naukowych zmieniała się, w zależności od aktualnych trendów badawczych i zainteresowań uczestników. A więc w trakcie II Zjazdu (Poznań 1971) sesje naukowe obejmowały 5 dziedzin: Radiobiologię, Radiobiochemię, Chemię radiacyjną, Fizykę promieniowań, Zastosowania radioizotopów. W trakcie III Zjazdu (Łódź 1973) odbyły się 4 równoległe sesje zatytułowane: Chemia i fizyka radiacyjna, Technika radiacyjna i izotopowa, Radiobiologia, Radiochemia i dozymetria, a na VI Zjeździe (Wrocław 1983) prezentowano prace tylko z zakresu chemii radiacyjnej i radiobiologii.

Podczas X Zjazdu (Warszawa 1995), z inicjatywy prof. Stanisława Szmigielskiego (Wojskowy Instytut Higieny i Epidemiologii) szczególną uwagę poświęcono zagadnieniom dotyczącym promieniowania niejonizującego; obok tradycyjnych sesji z zakresu chemii radiacyjnej,

radiobiologii i ochrony radiologicznej, zorganizowano sympozjum „Postępy Bioelektromagnetyki”. Od tego czasu sesje nt. promieniowania niejonizującego są stałym punktem programu naukowego Zjazdów PTBR. XII Zjazd natomiast (Kraków 2001), zainaugurował tematykę radioterapii; prof. Jan Skołyszewski przedstawił wykład z okazji 50-lecia Centrum Onkologii w Krakowie. Podczas XIV Zjazdu w Kielcach (2007) radioterapia była już szeroko reprezentowana (3 sesje pod nazwą Radiobiologia i radioterapia). W trakcie XVI Zjazdu w Białowieży (2013) sesje naukowe miały następujące tytuły: Chemia radiacyjna i fotochemia, Radiobiologia i radioterapia, Telefonii komórkowa i promieniowanie elektromagnetyczne oraz Ochrona radiologiczna. Na ostatnim Zjeździe (Siedlce 2016) sesje naukowe o różnej tematyce (Chemia radiacyjna i fotochemia, Radiobiologia i radioterapia, Promieniowanie niejonizujące, Ochrona radiologiczna i promieniowanie w środowisku) nie przebiegały równolegle, co pozwoliło uczestnikom bliżej zapoznać się z aktualnymi wynikami badań spoza obszaru własnych zainteresowań.

W pierwszym dniu Zjazdów odbywa się uroczyste wręczenie medali im. Marii Skłodowskiej-Curie, a ich laureaci wygłaszają referaty. Jednocześnie wręczane są Nagrody Naukowe PTBR (do 2004 r. wręczane podczas Walnego Zebrania).

Część prac prezentowanych podczas XIII i XIV Zjazdu (Łódź 2004 i Kielce 2007) opublikowano w 2005 r. i 2008 r. w specjalnych wydaniach Nukleoniki pod redakcją odpowiednio Ewy Szajdzińskiej-Piętek i Mariana Wolszczaka oraz Anny Lankoff.

Oprócz części naukowej odbywa się również część formalna, czyli Walne Zebranie Członków, które przyjmuje sprawozdanie merytoryczne i finansowe ZG, udziela absolutorium ZG, wybiera Prezesa oraz członków Zarządu Głównego PTBR na kolejną kadencję. W trakcie zebrania rozpatrywane są również pomysły, wnioski, które mogą wpływać na kształt i działanie Towarzystwa w nadchodzącej kadencji. Jednak najważniejszym celem Zjazdów jest integracja naukowców i osób zainteresowanych badaniami radiacyjnymi i skutkami oddziaływania promieniowania z materią. Ważną tradycją spotkań jest uroczysta kolacja.

Szkoły Jesienne PTBR

W trakcie I Kadencji wystąpiono z inicjatywą organizacji Szkół Jesiennych PTBR w Zakopanem – kilkunastu spotkań naukowych poświęconych upowszechnianiu najnowszej wiedzy o działaniu i możliwościach wykorzystania promieniowania. Spotkania te są organizowane do dziś i stanowią chlubną tradycję Towarzystwa. Przez kilka pierwszych lat ich pełna nazwa brzmiała „Kursokonferencja – Szkoła Jesienna”. Ten zabawny zestaw pojęć wynikał z faktu, że za udział w kursokonferencji pracownik naukowy, zgodnie z ówczesnymi przepisami, mógł uzyskać zwrot poniesionych kosztów. Pierwsza Szkoła odbyła się w dniach 5-10 października 1970 r. i poświęcona była źródłom promieniowania jonizującego oraz metodyce pracy w badaniach radiacyjnych. Kolejne szkoły poświęcone były różnym aspektom nauk o promieniowaniu, na przykład: metodom fotochemicznym i fotobiologicznym w badaniach radiacyjnych, różnym zagadnieniom radiobiologii, technikom radiacyjnym i izotopowym w rolnictwie, technologii żywności i ochro-

nie środowiska, sterylizacji i konserwacji radiacyjnej, szeroko pojętej dozymetrii, energetyce jądrowej, technikom radiacyjnym w produkcji polimerów, ochronie przed polami magnetycznymi i elektromagnetycznymi, skutkom awarii elektrowni jądrowej w Czarnobylu, radonowi, promieniowaniu jonizującemu w medycynie, itd.

Ogółem, w zorganizowanych dotychczas 24 Szkołach wzięło udział 1794 uczestników. Byli wśród nich pracownicy instytutów naukowych, stacji sanitarno-epidemiologicznych, powiatowych i wojewódzkich Wydziałów Ochrony Środowiska, spółdzielni produkcyjnych i zakładów przemysłowych, a także przedstawiciele instytucji wojskowych, policji, Straży Granicznej i Państwowej Straży Pożarnej oraz firm komercyjnych. Każda Szkoła Jesienna miała swego kierownika naukowego: dziewięciokrotnie funkcję tę pełnił dr K. Pachocki, pięciokrotnie - prof. Z. Zagórski, czterokrotnie - prof. M. Zmyślony, trzykrotnie - dr M. Rochalska, prof. S. Szmigielski, dwukrotnie - profesorowie S. Andrzejewski i W. Pękała, dr E.M. Nowosielska, dr J. Wrembel-Wargocka. Natomiast prof. Z. Bałtrukiewicz, prof. W. Fiszer, mgr D. Grabowski, dr J. Huczkowski, prof. S. Lipski, prof. J. Sabliński i prof. M.K. Janiak pełnili tę funkcję raz.

Od 1993 r. przed Szkołami Jesiennymi wydawane są monografie zawierające referaty zaproszonych wykładowców. Ostatnio wydano: „Pokoje i terrorystyczne zagrożenia radiacyjne”. ISBN 83-89379-08-2, Warszawa, WAT, 2012, oraz „Ochrona przed promieniowaniem jonizującym i niejonizującym. Nowe uregulowania prawne, źródła, problemy pomiarowe” ISBN 978-83-7938-082-4, Warszawa, WAT, 2015.

Współpraca zagraniczna i konferencje międzynarodowe

Lata 1971-1973 były okresem rozwoju współpracy PTBR z organizacjami międzynarodowymi. Organizacją zrzeszającą krajowe towarzystwa poświęcone badaniami radiacyjnym było i jest Międzynarodowe Stowarzyszenie Badań Radiacyjnych (International Association for Radiation Research, IARR), które co cztery lata zleca poszczególnym krajom organizację Międzynarodowych Kongresów Badań Radiacyjnych (International Congress of Radiation Research, ICRR). PTBR przystąpiło do IARR w roku 1970, a już dwa lata później wyraziło chęć zorganizowania kongresu ICRR w Polsce.

Profesor Jerzy Kroh (Prezes I, II i V kadencji) reprezentował PTBR w Radzie IARR przez 25 lat, w latach 1995-2003 naszym przedstawicielem w tym gremium był prof. Krzysztof Chomiczewski, a obecnie funkcję tę pełni prof. Antonina Cebulska-Wasilewska. W trakcie II kadencji nawiązano także współpracę z Europejskim Towarzystwem Radiobiologicznym (European Society for Radiation Biology, ESRB). We władzach tego Towarzystwa, przemianowanego w roku 2005 na European Radiation Research Society (ERRS), zasiadali profesorowie: Jerzy Beer (w latach 1977-1978), Irena Szumiel (1985-1992) i Andrzej Wójcik (2005-2012), który pełnił funkcję Wiceprezesa (2009-2010), a następnie Prezesa (2011-2012); od roku 2013 członkiem władz ERRS jest prof. Marek K. Janiak. W Kongresach ICRR i ERRS uczestniczyło wielu członków PTBR, w tym liczna grupa naukowców korzystających ze stypendiów dla młodych badaczy.

Międzynarodowy Kongres Badań Radiacyjnych (ICRR) w Polsce (2011)

Na posiedzeniu Rady Naczelnej IARR w Londynie, 5 września 1972 r., rozpatrywano m.in. kandydaturę Polski, która za pośrednictwem PTBR wyraziła gotowość zorganizowania VI Kongresu Badań Radiacyjnych w 1978 r., proponując jako miejsce obrad Kraków. Rada po długiej dyskusji ustaliła jednak, że Kongres ten odbędzie się w Japonii, która wcześniej zgłosiła swoją kandydaturę. Polska natomiast miała być kandydatem nr 1 w roku 1982. Niestety, i tym razem nie odnieśliśmy sukcesu, przegrywając z Holandią.

Po wieloletnich staraniach, w drugiej połowie 2005 r. Zarząd otrzymał informację, iż IARR przyznało Polsce prawo organizacji 14. Kongresu ICRR w roku 2011 (ICRR 2011). Był to niewątpliwie olbrzymi sukces Towarzystwa, a przede wszystkim osobista zasługa prof. Antoniny Cebulskiej-Wasilewskiej, która kierowała wszystkimi pracami przygotowującymi decyzję Zarządu IARR. W 2008 r. wyłoniony został Komitet Organizacyjny z przewodniczącym (prof. M.K. Janiak) oraz Komitet Naukowy z przewodniczącym (prof. Andrzej Wójcik) i zastępcą (dr. hab. Ewa Szajdzińska-Piętek). Do pełnienia prestiżowej funkcji Prezydenta Kongresu jednomyślnie powołana została prof. A. Cebulska-Wasilewska.



Fot. 2. Marek Janiak w towarzystwie Antoniny Cebulskiej-Wasilewskiej wręcza wnuczce Marii-Skłodowskiej-Curie, prof. Hélène Langevin-Joliot Medal im. Marii Skłodowskiej-Curie, 25 listopada 2011 r. w czasie uroczystości na Zamku Królewskim w Warszawie

Photo 2. Marek Janiak accompanied by Antonina Cebulska-Wasilewska hands Maria-Skłodowska-Curie's granddaughter, Prof. Hélène Langevin-Joliot Medal of Maria Skłodowska-Curie, 25 November 2011 during the ceremony at the Royal Castle in Warsaw

14. Międzynarodowy Kongres Badań Radiacyjnych (ICRR 2011), odbył się w Pałacu Kultury i Nauki w Warszawie w dniach 28.08–1.09.2011 r. Honorowy Patronat nad Kongresem objął Minister Gospodarki Waldemar Pawlak. W Kongresie wzięło udział 34 zaproszonych wykładowców oraz 1023 regularnych uczestników z całego świata. W powiązaniu z Kongresem ICRR 2011 zorganizowano także 5 sympozjów satelitarnych:

- 7th International Symposium on Physical, Molecular, Cellular and Medical Aspects of Auger Processes 2011 (Jülich, 24–26.08.2011 r., organizator – dr Ekkerhard Pomplun);
- Ethics of Environmental Health (Praha, 24–27.08.2011 r., organizator – prof. Friedo Zoelzer);
- Scientific Fundamentals and Current Clinical Status of Boron-Neutron Capture Therapy (Warszawa, PKiN, 31.08.2011, organizator – International Society for Neutron Capture Therapy);
- The Chernobyl Impact on Health and Environment

– a Quarter Century Later (Kijów, 2–3.09.2011 r., organizator – prof. Dimitri Bazyka);

- Science as a Public Duty - Following the Ideas and Work of Maria Skłodowska-Curie (Kraków 2–3.09.2011 r., organizatorzy – prof. prof. Kalina Kawecka-Jaszcz, Paweł Olko, Beata Tobiasz-Adamczyk).

Po zakończeniu Kongresu Komitet Organizacyjny otrzymał podziękowania i gratulacje za bardzo dobrą organizację oraz program naukowy od wielu osób, m.in. Prezesa IARR – prof. Marco Durante, Prezesa Radiation Research Society (RRS, USA) – prof. Petera O'Neill, byłej Prezes RRS – dr Kathryn D. Held, Prezydenta Korean Society of Environmental Biology – dr. Jin Kyu Kima oraz przedstawiciela Forschungszentrum Jülich GmbH – dr. Ekkerharda Pompluna.

Z okazji kongresu ICRR 2011 Zarząd Główny podjął uchwałę o przyznaniu prof. Hélène Langevin-Joliot, wnuczce Marii Skłodowskiej-Curie, specjalnej edycji Medalu im. Marii Skłodowskiej-Curie, w dowód uznania za podtrzymywanie i rozwijanie kontaktów z nauką polską. Medal miał być wręczony podczas Kongresu, ale – ze względu na niemożność przyjazdu Pani Profesor w tym czasie do Warszawy – prof. M.K. Janiak oraz prof. A. Cebulska-Wasilewska wręczyli to wyróżnienie Laureatce w czasie uroczystości zakończenia obchodów Roku Marii Skłodowskiej-Curie, która odbyła się na Zamku Królewskim w Warszawie 25 listopada 2011 r.

Zjazdy Europejskiego Towarzystwa Biologii Radiacyjnej (1981 i 2000)

Jeżeli chodzi o organizację innych konferencji międzynarodowych, bardziej szczęśliwie układała się współpraca z Europejskim Towarzystwem Radiobiologicznym (European Society for Radiation Biology, ESRB). We wrześniu 1981 r. mimo burzliwych wydarzeń w kraju, odbył się w Krakowie 16 Zjazd ESRB. Przewodniczącym komitetu organizacyjnego był dr Jerzy Huczkowski. W Kongresie uczestniczyło około 300 osób, wygłoszono ponad 100 referatów, w tym 3 referaty plenarne. Obrady przebiegały w czterech grupach, odbyło się w sumie 14 sesji.

W dniach 27–31 sierpnia 2000 r. na Uniwersytecie Warszawskim odbył się, zorganizowany przez PTBR, 30 Zjazd ESRB. Zgromadził on ponad 180 uczestników z 36 krajów. Nie do przecenienia jest rola jaką w organizacji tego przedsięwzięcia odegrali członkowie Oddziału Warszawskiego PTBR, na czele z dr. hab. Markiem Janiakiem, Przewodniczącym Komitetu Organizacyjnego, i dr. hab. Andrzejem Wójcikiem, Sekretarzem Naukowym Zjazdu. Według zgodnej opinii uczestników Zjazdu i przedstawicieli władz ESRB zarówno organizacja, jak i poziom naukowy Zjazdu w pełni spełniły oczekiwania i umożliwiły realizację podstawowego celu tego wydarzenia naukowego, to jest prezentację najnowszych wyników badań radiobiologicznych prowadzonych w Europie i na świecie.

Inne konferencje

Towarzystwo było również organizatorem lub współorganizatorem wielu wydarzeń międzynarodowych o mniejszym zasięgu, na przykład:

- W listopadzie 1975 r. odbyła się konferencja pt. „Aspekty radiacyjne genetyki komórki somatycznej”, zorganizowana przez ZG wraz z Komisją Radiobiologii Komitetu Fizyki Medycznej PAN

- i Polskim Towarzystwem Genetycznym. Podstawą tej konferencji było 10 wykładów prof. Johna Morrowa z Texas Tech University School of Medicine oraz 9 referatów uczonych z Polski, Czechosłowacji i Niemieckiej Republiki Demokratycznej. W konferencji wzięło udział 56 osób;
- IV Zjazd PTBR w 1976 r. w Krakowie organizatorzy zdecydowali się połączyć z międzynarodowym sympozjum pt. „Modification of Radiosensitivity in Biological Systems”, w którym wzięło udział 10 osób z Austrii, Czechosłowacji, NRD, Węgier i ZSRR oraz 22 osoby z Polski;
 - Kraków, 1995: odbyło się międzynarodowe seminarium „100 years of discovery of X-rays by W.C. Roentgen”;
 - I ponownie w Krakowie (1997 r.), dla upamiętnienia 130 urodzin Marii Skłodowskiej-Curie i 100 rocznicy odkrycia polonu i radu, odbyła się konferencja: „Radioactivity: Risk and Hope”;
 - Rocznicę odkrycia polonu i radu przez Marię i Piotra Curie upamiętniła również konferencja w Warszawie w 1998 r.: „The Discovery of Polonium and Radium – its Scientific and Philosophical Consequences. Benefits and Threats for the Mankind”. Na czele Komitetu Honorowego obchodów stanął Prezydent RP Aleksander Kwaśniewski, a wiceprzewodniczącymi zostali profesorowie Leszek Kuźnicki, Prezes PAN, i Józef Rotblat, Laureat Pokojowej Nagrody Nobla. W skład Komitetu Honorowego weszło ponadto kilkanaście wybitnych osób z całego świata, między innymi profesorowie Hélène Langevin-Joliot (wnuczka Marii i Piotra Curie) i Pierre Joliot. W konferencji wzięło udział 106 uczonych z zagranicy, w tym 13 laureatów Nagrody Nobla, i około 160 uczestników krajowych;
 - W 2015 r. PTBR było współorganizatorem konferencji Second Central European Symposium on Radiation Oncology (CESORO): „Technological and Biological Sunrise for Radiation Oncology” (Gliwice, 8-9.05.2015 r.); ZG rekomendował członków Towarzystwa (dr hab. Dorotę Słonińską i prof. Pawła Olko) jako wykładowców;
 - W 2016 r. PTBR był współorganizatorem 12 Międzynarodowej Konferencji LOWRAD Warsaw 2016. LOWRAD jest cykliczną konferencją o działaniu niskich dawek promieniowania, organizowaną w różnych krajach przez World Council of Nuclear Workers (WONUC) i Low Radiation International Network (LOWRAD). Konferencja rozpoczęła się wręczeniem pani dr hab. n. med. prof. nadzw. Dorocie Słonińskiej (wieloletniemu członkowi ZG PTBR) z Centrum Onkologii, Oddział w Krakowie – Zakład Radiobiologii Klinicznej, medalu imienia Marii Curie nadawanego przez stowarzyszenie LOWRAD za wybitne prace naukowe w obszarze niskich dawek. Należy podkreślić, że prof. Słonińska jest pierwszym polskim naukowcem odznaczonym tą nagrodą.

Nagrody Naukowe PTBR

Już w trakcie I Kadencji, pod koniec 1970 r. ZG podjął decyzję o ustanowieniu Nagród naukowych PTBR. W tym celu powołano Komisję nagród pod przewodnictwem prof. Z.P. Zagórskiego, której celem było opracowanie regulaminu przyznawania nagród. W dotychczasowej historii Towarzystwa Komisji Nagród prze-

wodniczyli: Z. Zagórski (1970-1973), A. Danysz (1976), J. Liniecki (1979-1982), J. Mayer (1986), W. Pękała (1989-1995), E. Nagler-Kalecińska (1995-2001), E. Szajdzińska-Piętek (2001-2013) i M. Zmyślony (od 2013 r.). Owoce pracy Komisji były już widoczne podczas II Zjazdu PTBR, kiedy wręczono pierwsze nagrody. Przyznawanie Nagród Naukowych w trakcie kolejnych kadencji ZG jest kontynuowane do dziś.



Fot. 3. Awers i rewers statuetki nagrody naukowej PTBR – projekt artystki plastycznej Hanny Jelonek z roku 1998

Photo 3. Obverse and reverse of the statue of the PTBR scientific award – project of the art artist Hanna Jelonek of 1998

Ogółem, w latach 1971-2016 przyznano 100 nagród i 7 wyróżnień. Początkowo, nagradzani byli wyłącznie uczeni polscy za prace wykonane w kraju. Po raz pierwszy badania, których współautorem był obcokrajowiec, nagrodzono w roku 1979. Obecnie zdarza się, że liczba laureatów zagranicznych jest większa niż polskich, chociaż przestrzegana jest zasada, że wiodącym autorem musi być uczonej polski.

Najczęściej laureatami nagród byli: prof. Irena Szumiel – dziewięciokrotnie, prof. Jerzy Kroh – siedmiokrotnie, profesorowie Jacek Michalik i Zbigniew Zagórski – sześciokrotnie, prof. Krzysztof Bobrowski, dr Aneta Cheda, prof. Jerzy Lech Gębicki, prof. Marek K. Janiak, dr Ewa Nowosielska, prof. Zofia Pietrzak-Flis, prof. Andrzej Płonka – czterokrotnie, a 8 osób zostało nagrodzonych trzykrotnie.

Wysokość nagród wahała się od 1500 zł (stanowiło to około 50% ówczesnego miesięcznego wynagrodzenia adiunkta) w latach 1970-1976 do 2 mln zł (obecnych 200 zł) w 1995 r. W roku 1998 odstąpiono od przyznawania nagród finansowych. Wprowadzono natomiast nagrodę symboliczną w formie statuetki w kolorze złotym (nagroda I), srebrnym (nagroda II) i brązowym (nagroda III) (zob. rycina), którą zaprojektowała artystka plastyczna Hanna Jelonek. Jej projektu są również wzory dyplomów. Aktualnie, przyznawane są nagrody I i II stopnia (oraz wyróżnienia) w pięciu dziedzinach: Chemia radiacyjna i fotochemia, Radiobiologia, Radioterapia, Higiena radiacyjna (ochrona radiologiczna, promieniowanie jonizujące w środowisku naturalnym, itp.), Bioelektromagnetyzm i ochrona przed promieniowaniem niejonizującym. W przypadku nagród zespołowych statuetkę otrzymuje pierwszy autor, a pozostali dyplom.

Medale im. Marii Skłodowskiej-Curie

Medal imienia Patronki Towarzystwa ustanowiono na mocy decyzji Zarządu Głównego Towarzystwa podjętej 20 marca 1980 r. Postanowiono, że medale nadawane będą wybitnym polskim uczonym, zasłużonym w dziedzinie badań radiacyjnych, oraz wybitnym uczonym zagranicznym, którzy przyczynili się do rozwoju badań radiacyjnych w Polsce.

Medal odlany w brązie zaprojektował nieżyjący już warszawski artysta plastyk Józef Markiewicz. Na jego awersie umieszczono podobiznę Marii Skłodowskiej-Curie i sentencję *Sint sua praemia laudi* („Niech zasługa zyskuje właściwą sobie nagrodę”), a na rewersie symboliczne promieniowanie alfa, beta i gamma emitowane przez grudkę metalu imitującego materiał promieniotwórczy. Na rewersie grawerowany jest też numer medalu oraz imię i nazwisko laureata.



Fot. 4. Awers i rewers medalu Marii Skłodowskiej-Curie – projekt artysty plastyka Józefa Markiewicza z 1983 r. (fot. a archiwum PTBR)

Photo 4. Obverse and reverse of the Medal of Maria Skłodowska-Curie – created by art artist Józef Markiewicz in 1983

W roku 1985, w trakcie odlwania kolejnej serii medali, matryca uległa zniszczeniu. Nową wersję medalu, zachowując wszystkie zasadnicze elementy pierwowzoru, zaplanowała artystka plastyczka Hanna Jelonek. Nowa wersja różni się przede wszystkim nieco bardziej wypukłą podobizną Marii Skłodowskiej-Curie oraz bardziej obłymi kształtami.

Medal nadawany jest w głosowaniu tajnym przez Zarząd Główny. Wnioskodawcami mogą być członkowie ZG oraz przewodniczący Oddziałów Regionalnych. Po raz pierwszy medale wręczono w czasie Zjazdu Wrocławskiego w 1983 r., a następnie w trakcie kolejnych Zjazdów Towarzystwa. W sumie w latach 1983-2016 wręczono 26 medali uczonym zagranicznym i 21 – polskim (jeden z laureatów, prof. Janusz Beer, reprezentował zarówno Polskę, jak i USA). Wśród laureatów zagra-

nicznych najczęściej wyróżniani byli badacze z Wielkiej Brytanii (osiem osób), USA (pięć osób), Niemiec (cztery osoby) i Francji (trzy osoby) oraz po jednej osobie z Holandii, Japonii, Kanady, Szwajcarii i byłego ZSRR. Medale im. Marii Skłodowskiej-Curie są nagrodą bardzo prestiżową i laureaci bardzo sobie cenią ich posiadanie.

Władze PTBR

We władzach PTBR zasiadało łącznie 100 osób, z których 72 wchodziły w skład Zarządu Głównego. W skład Komisji Rewizyjnej wchodziły łącznie 34 osoby (w tym 12 Przewodniczących Komisji), a w skład Sądu Koleżeńskiego – 30 osób. W Zarządzie Głównym najdłużej zasiadali: prof. Władysław Pękala (28 lat), dr K. Pachocki, dr Małgorzata Rochalska i prof. Ewa Szajdzińska-Piętek (wszyscy po 24 lata), prof. Józef Mayer (19 lat), prof. Krzysztof Chomiczewski, prof. Antonina Cebulska-Wasilewska i prof. Antoni K. Gajewski (wszyscy po 18 lat) oraz prof. Jerzy Kroh i prof. Bogusława Jeżowska-Trzebiatowska (17 lat).

Prezesami Towarzystwa byli wybitni naukowcy, głównie chemicy radiacyjni i radiobiolodzy, którzy dodatkowo działali na rzecz propagowania i upowszechniania nauki oraz organizacji życia naukowego w naszym kraju. Przypomnijmy te osoby:

- prof. dr hab. Jerzy Kroh – dwie kadencje w latach 1969-73 oraz kadencja 1979-83 (najdłuższa);
- prof. dr hab. Tadeusz Rudnicki – dwie kadencje w latach 1973-79;
- doc. dr hab. Jan Sabliński – dwie kadencje w latach 1983-89;
- prof. dr hab. Józef Mayer – dwie kadencje w latach 1989-95;
- prof. dr hab. Antoni K. Gajewski – dwie kadencje w latach 1995-2001;
- prof. dr hab. Mieczysław Forys – jedna kadencja w latach 2001-04;
- prof. dr hab. Andrzej Wójcik – jedna kadencja w latach 2004-07;
- prof. dr hab. Marek K. Janiak – dwie kadencje w latach 2007-13;
- prof. dr hab. Ewa Szajdzińska-Piętek – kadencja w latach 2013-16 i obecnie.

Polskie Towarzystwo Badań Radiacyjnych jest dzisiaj prężną organizacją, liczącą ponad 300 członków. Tak jak w trakcie całej swojej historii, kontynuuje misję bycia interdyscyplinarną platformą spotkań dla osób zafascynowanych promieniowaniem, jak również upowszechniania wiedzy o nim.

Sylwester Sommer,
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej,
Warszawa

Za zgodą autorów, w tekście wykorzystano obszerny fragment broszury „50 lat działalności Polskiego Towarzystwa Badań Radiacyjnych im. Marii Skłodowskiej-Curie (1967-2017)”, Warszawa 2017, opracowanej przez Komitet Redakcyjny w składzie: Agnieszka Adamczyk, Antoni K. Gajewski, Marek K. Janiak, Krzysztof Pachocki, Małgorzata Rochalska, Ewa Szajdzińska-Piętek.

* - W całym tekście podajemy stopnie naukowe i tytuły, jakie w danej chwili przysługiwały uczonym.

ELEKTROWNIA JĄDROWA W POLSCE - ODSŁONA SIERPIEŃ 2017

Nuclear power plant in Poland - status in August 2017

Andrzej Mikulski

Streszczenie: Nowa runda dyskusji o budowie elektrowni jądrowej w Polsce pojawia się mniej więcej co pół roku w prasie i innych mediach. Tym razem „Dziennik – Gazeta Prawna” opublikował nieoficjalną informację o decyzji podjętej przez rząd. Już tego samego dnia została ona zdementowana przez ministra energii, który stwierdził, że toczą się tylko dyskusje na szczeblu rządowym. Publikacja zawiera listę doniesień na ten temat, które zostały skomentowane przez autora i uzupełnione uwagami opartymi o wieloletnie zajmowanie się technicznymi zagadnieniami budowy elektrowni jądrowej w Polsce.

Abstract: A new round of discussions about the construction of a nuclear power plant in Poland usually commences in newspapers and other media approximately every half year. „Dziennik – Gazeta Prawna” published unofficial information that a decision in this regard had been reached by the government. It was denied on the same day by the Minister of Energy who said that this was only a governmental consultation. The list of few publications (in Polish) on this topic is presented and followed by the authors views and comments based on his many years of experience concerning technical aspects in the construction of NPP in Poland.

Słowa kluczowe: energetyka jądrowa, elektrownia jądrowa w Polsce

Key words: nuclear power, Nuclear Power Plant in Poland



Fot. 1. Scan pierwszej strony dziennika „Dziennik – Gazeta Prawna” artykułu Katarzyny Bacy-Pogorzelskiej z dnia 03.08.2017 r.

Można chyba pokusić się o stwierdzenie, że sprawa elektrowni jądrowej, a szerzej udziału energetyki jądrowej w produkcji energii elektrycznej w kraju (w tzw. miksie energetycznym, określeniu nie lubianym przez mnie, jako zapożyczenie z angielskiego) pojawia się co pół roku w polskiej prasie. Na początku bieżącego roku mieliśmy casus znacznego ograniczenia (jeśli nie usunięcia) jej ze Strategii Zrównoważonego Rozwoju sygnowanej przez wicepremiera Mateusza Morawieckiego i zapadła cisza do początku sierpnia, kiedy Dziennik – Gazeta Prawna z 3 sierpnia br. piórem p. Karoliny Bacy-Pogorzelskiej napisał „Zapadła decyzja o budowie pierwszej elektrowni jądrowej w Polsce – wynika z nieoficjalnych informacji DGP”. Jeszcze tego samego dnia

minister energii, Krzysztof Tchórzewski w informacji dla portalu wnp.pl stwierdził „W Ministerstwie Energii – ale jeszcze nie chodzi o cały rząd – jesteśmy przekonani, że ze względów emisyjnych powinniśmy umieścić w naszym miksie energetycznym elektrownię jądrową. (...) Decyzja rządowa zapadnie dopiero wtedy, kiedy Rada Ministrów podejmie uchwałę”. W mediach elektronicznych, a później w prasie drukowanej pojawiło się szereg publikacji, a może raczej spekulacji na ten temat.

Przytoczmy tytuły artykułów z dwóch tylko (poważniejszych) dzienników:

- „Atomowa zmiana” na pierwszej stronie oraz tytuł „Polska będzie miała na Pomorzu elektrownię atomową” na drugiej i trzeciej stronie z podaniem

więcej szczegółów i przedstawieniem historii polskiego atomu (Karolina Baca-Pogorzelska w Dzienniku Gazecie Prawnej, 03.08.2017),

- „ME: nie ma jeszcze decyzji o budowie elektrowni jądrowej” (materiał PAP w Rzeczpospolitej 04.08.2017),
- „Historia polskiej energetyki jądrowej” (Natalia Sobiech w Dzienniku Gazecie Prawnej 04.08.2017, tekst niestety z licznymi błędami merytorycznymi),
- „Atomowa schizofrenia” (Karolina Baca-Pogorzelska w Dzienniku Gazecie Prawnej, 08.08.2017),
- „Atom za własne, ale etapami” (Aneta Wieczerska-Krusińska w Rzeczpospolitej, 08.08.2017),
- „Obiecać można nawet lot na księżyc” (Krzysztof A. Kowalczyk autor blogu w Rzeczpospolitej, 08.08.2017),
- „Prof. Jerzy Niewodniczański: Tylko atom może zastąpić węgiel” (wywiad w Rzeczpospolitej 10.08.2017)

I coś przeciętny czytelnik prasy dowiaduje się z tych materiałów.

Czytamy „Polska będzie miała na Pomorzu elektrownię atomową” i dalej „zapadła decyzja o budowie pierwszej elektrowni jądrowej w Polsce”, ale jaki urząd podał taką decyzję: rząd, Ministerstwo Energii czy przeszły inwestor tego nie wiadomo, a poza tym jest to „nieoficjalna informacja”, więc należałoby spodziewać się jej potwierdzenia. Natomiast już kilka godzin po publikacji minister energii Krzysztof Tchórzewski zdementował tę informację stwierdzając, że toczą się dyskusje na forum rządu o czym pisała Rzeczpospolita 4 sierpnia br.

Dalej wymieniono „dwie lokalizacje w województwie pomorskim: Lubiatowo-Kopalino i Żarnowiec”. Jaka jest sytuacja tej pierwszej lokalizacji to nie wiem, ale w drugiej wybudowanie bloku o mocy 1600 MW może budzić wątpliwości ze względu na możliwość chłodzenia reaktorów (wymagana będzie budowa chłodni kominowych lub kanału do morza, gdyż takiej ilości ciepła nie będzie można odprowadzić do Jeziora Żarnowieckiego). Pierwsza, budowa obejmowała dwa bloki o łącznej mocy 880 MW, a identyczne dwa dalsze bloki były na etapie rozważań z powyższych względów. Natomiast jest ona najlepsza pod względem zasilania pobliskiej elektrowni szczytowo-pompowej i wyprowadzenia energii do sieci energetycznej (gotowa infrastruktura).

Autorka pisze „najkorzystniejszy byłby zakup technologii od Francuzów” i przytacza argumenty polityczne, ale budowa takiego reaktora typu EPR w Finlandii i we Francji jest ponad miarę opóźniona, a w Chinach wiadomo już o półrocznym opóźnieniu w budowie dwóch bloków w elektrowni Taishan. Wspomniano o technologii chińskiej i koreańskiej, ale żaden z reaktorów z tych krajów nie ma certyfikacji w krajach UE ani w USA, a uzyskanie jej to sprawa kilku lat.

Były minister skarbu w rządzie PO-PSL i były wiceprezes spółki PGE EJ1, Zdzisław Gawlik komentuje, że „z punktu widzenia bezpieczeństwa energetycznego, realizacji polityki klimatycznej UE i redukcji emisji CO₂ to ważne” ustalenie i „łatwiej będzie powalczyć o naszą energetykę węglową”, z czym można się zgodzić.

W swoim stwierdzeniu „minister energii Krzysztof Tchórzewski wykluczył finansowanie z budżetu państwa oraz kontrakty różnicowe”, a w innym miejscu powiedział „atom za własne, ale etapami” co oznacza

budowę elektrowni jądrowej za własne pieniądze, jednakże ekonomiści wskazują, iż nie będzie nas, jako kraju, stać na takie rozwiązanie (nie wiem, jestem tylko technikiem zajmującym się od wielu lat reaktorami jądrowymi). Obawiam się, o to by nie powtórzyła się sytuacja z budowy EJ Cernawoda w Rumunii z reaktorami typu CANDU, które sami budowali. Zaplanowali 5 bloków, pierwszy budowali 14 lat (1982-1986), drugi 24 lata (1983-2007), a dokończenie bloków nr 3 i 4 zamierzają zrealizować wspólnie z firmą z Chin, z którą negocjacje trwają od kilku lat (sama budowa rozpoczęła się odpowiednio w 1983 i 1984 roku i prace budowlane realizowane są w 52 i 30%), natomiast blok nr 5 ma być przeznaczony na przechowywanie wypalonego paliwa. Podczas gdy budowa bloków CANDU-6 przez Kanadyjczyków w Chinach i Korei Południowej zrealizowana została w czasie 4-5 lat i zgodnie z ustalonym kosztem budowy.

Karolina Baca-Pogorzelska pisze „PGE EJ1 prowadzi badania środowiskowe w dwóch miejscowościach: Lubiatowo-Kopalino (gmina Choczewo) i Żarnowiec (gmina Krokowa i Gniewino). Bez tych badań niemożliwe jest uzyskanie decyzji środowiskowej, a bez niej z kolei nie można ogłosić przetargu”. Ale to są dwie różne sprawy: badania środowiskowe mają wykazać, jaki jest stan środowiska przed uruchomieniem elektrowni (tzw. stan zerowy), by można określić zmiany po uruchomieniu elektrowni jądrowej i czy dalsza eksploatacja elektrowni nie zagraża środowisku. Natomiast decyzja środowiskowa z uwzględnieniem badań geologicznych to stwierdzenie, że można budować w tym miejscu ze względu na odpowiedni grunt, możliwość wystąpienia trzęsienia ziemi (na które konstrukcja jest odporna), powodzi, zapewnienia chłodzenia i kilku jeszcze innych czynników.

Wymieniony jest jeszcze inny argument „na mocy unijnych przepisów musimy zacząć wyłączać najstarsze bloki węglowe, grożą nam niedobory mocy (mimo budowy nowych bloków węglowych), a zapotrzebowanie na energię elektryczną rośnie” zatem trzeba budować bloki gazowe albo jądrowe.

W artykule tym autorka zatytułowała cały akapit „Małe czy duże reaktory”, ale nie ma takiej alternatywy. Dla systemu energetycznego w Polsce potrzebne są duże bloki pracujące w podstawie zasilania, natomiast małe reaktory znane pod skrótem HTR mogą być przydatne przy zapotrzebowaniu na ciepło technologiczne i w tzw. kogeneracji. Trzeba o nich myśleć, ale budowa ich i zdobycie pierwszych doświadczeń eksploatacyjnych to kwestia dziesięciolecia. Można w zakresie tych reaktorów związać się z jakimś konsorcjum i wspólnie prowadzić prace projektowe i doświadczalne, ale to nie rozwiąże potrzeb krajowej energetyki. W artykule wspomniano o tzw. zintegrowanych reaktorach wodno-ciśnieniowych małej mocy (do 200 MWe), pisząc że dla nich „wciąż prowadzi się tylko badania”, a w rzeczywistości wniosek o zezwolenie na budowę został przesłany do amerykańskiego urzędu dozoru jądrowego (US NRC) zatem reaktor ten wydaje się bliższy realizacji niż reaktor HTR. Poza tym jest koncepcja, by budować po kilka takich bloków w jednej lokalizacji celem osiągnięcia całkowitej mocy dużego tysiąc megawatowego bloku oraz wyeliminowania tak dużego nagłego ubytku mocy w sieci energetycznej.

Na końcu autorka porusza sprawę powołania krajowej organizacji wsparcia technicznego znanej pod angielskim skrótem TSO (Technical Support Organization) i tu wyłania się pewien problem. Wsparcie techniczne potrzebne jest dla dozoru jądrowego na etapie wydawania zezwolenia, gdyż obecny dozór, czyli Państwowa Agencja Atomistyki nie podoła zadaniu dokonania oceny projektu. Jeśli to będzie reaktor posiadający licencję jednego z krajów UE lub USA to sprawa wydaje się prostsza, natomiast dla każdego innego reaktora należy przeprowadzić wszystkie analizy po otrzymaniu projektu technicznego, tak jak od lat to robi brytyjski urząd dozoru jądrowego (Office of Nuclear Regulations) dla planowanych reaktorów w Wielkiej Brytanii. Po przystąpieniu do budowy podobna organizacja niezbędna będzie dla inwestora do rozstrzygania bieżących kwestii, a nie powinni w nich pracować ci sami specjaliści. Jak rozwiązać ten problem, to na razie nie ma dobrego pomysłu?

Następnego dnia Dziennik Gazeta Prawna zamieściła artykuł „Historia polskiej energetyki jądrowej”, w którym autorka nie ustrzegła się szeregu nieścisłości (by nie powiedzieć błędów), które historię tę kompletnie wypaczają. I tak:

- w tytule „EWA, Maryla, Anna, Agata i Wanda” brak jedynego pracującego w Polsce reaktora MARIA, który był uruchomiony w 1974 r., natomiast budowa reaktora EWA rozpoczęła się w 1955, a nie w 1995 r., reaktory Maryla, Anna, Agata to dawno temu wyłączone reaktory mocy zerowej więc nie mogą być porównywane do reaktorów energetycznych, natomiast reaktor Wanda nigdy nie powstał, był tylko przygotowany jego projekt,
- w EJ Żarnowiec budowa dwóch bloków wyszła już poza poziom ziemi (zob. różne fotografie), a nie tylko stacja kolejowa, hale magazynowe i hotel pracowniczy zostały zbudowane,
- przerwanie budowy EJ Żarnowiec nie zostało spowodowane przez katastrofę w EJ Czarnobyl (rzeczywiście prace budowlane zostały wstrzymane na kilka miesięcy w 1986 r.), ale postawienie w stan likwidacji budowy nastąpiło w 1989 r., po stwierdzeniu przez rząd, że będziemy mieli w najbliższych latach nadmiar energii elektrycznej i obaw, że ten typ reaktora nie uzyska akceptacji dozoru jądrowych w Europie Zachodniej, co jest nieprawdą, bo dwa takie reaktory wytwarzają energię elektryczną od 1977 i 1980 r. w Finlandii oraz wybrane bloki w Czechach, na Słowacji i Węgrzech tego typu zostały zmodernizowane i nadal pracują po przystąpieniu tych krajów do UE.

Niestety wypowiedzi różnych ministrów z naszego rządu o energetyce jądrowej są niespójne i można to określić jako „Atomowa schizofrenia”, ale w innych krajach też wypowiedzi ministrów nie są identyczne. Natomiast ważne jest, by została podjęta decyzja wobec przytoczonych przeze mnie różnych wątpliwości i by pod taką decyzją ktoś się podpisał, tak jak teraz wiemy, że za odstąpieniem od budowy EJ Żarnowiec odpowiedzialny był w przeszłości minister przemysłu Tadeusz Syryjczyk w rządzie Tadeusza Mazowieckiego.

Tytuł następnego artykułu „Atom za własne, ale etapami” będący oceną ministra Krzysztofa Tchórzewskiego, że „jesteśmy w stanie zbudować elektrownię ze środków naszych spółek, budując i finansując ją na bieżąco” może być dyskusyjny, ale nie chciałbym się na ten temat wypowiadać. Brakuje mi tylko stwierdzenia, jaka instytucja krajowa będzie budowała (bo tylko taka opcja wchodzi w rachubę) i jak budowa zostanie zorganizowana. Kto będzie szukał podwykonawców, zamawiał poszczególne urządzenia te główne, ale i te mniej ważne by nie wystąpiły tu kolizje projektowe, kto będzie odpowiedzialny za odbiór poszczególnych elementów i ostatecznie jaka instytucja będzie ponosiła końcową odpowiedzialność za uruchomienie elektrowni jądrowej i gwarancje jej eksploatacji.

W tym kontekście martwi mnie wypowiedź ministra Krzysztofa Tchórzewskiego w programie „Minęła dwudziesta” i zacytowana za PAP przez portal cire.pl (07.08.2017) „mamy pieniądze, potrafimy sami ją wybudować”. Z pierwszą częścią o pieniądzach nie będę dyskutować, ale sami jej nie wybudujemy, nie mamy odpowiednich wykonawców. Piszę to, porównując sytuację z okresu budowy EJ Żarnowiec (w której w jakiejś mierze uczestniczyłem, pracując nad systemem diagnostyki technicznej obiegu pierwotnego), kiedy wytwarzaliśmy elementy obiegu pierwotnego (wytwornice pary i stabilizator ciśnienia) oraz obiegu wtórnego (jedna turbina o mocy 465 MW, generator, transformator sieciowy). Obecnie chyba nie ma takich przedsiębiorstw krajowych gotowych podjąć się wykonania wymienionych elementów (piszę to na podstawie publikacji Ministerstwa Energii pt. „Polish Industry for Nuclear Energy” z początku 2017 r., w której tylko 7,5% z ok. 300 ankietowanych przedsiębiorstw wskazało na posiadanie jakiegoś doświadczenia w branży jądrowej).

Na ogół nie cytuję różnych blogów ani opinii internautów (jeśli nie są podpisane imieniem i nazwiskiem) to tytuł wypowiedzi „Obiecać można nawet lot na księżyc” (Krzysztof A. Kowalczyk autor blogu w Rzeczpospolitej, 08.08.2017) w odniesieniu do stwierdzenia, że resort energii skłania się by w 2040 r. został uruchomiony pierwszy blok wydaje mi się dosyć trafny, Mamy 23 lata przed sobą i wszystko można obiecać, nawet wspomniany lot na księżyc. Jaka będzie przyszłość trudno powiedzieć, zdarzyły się trzy kryzysy energetyki jądrowej (Three Mile Island w 1979 r., Czarnobyl 1986 r. i Fukushima w 2011 r.), które tylko czasowo zahamowały inwestycje w energetyce jądrowej. Co prawda nie można wykluczyć w przyszłości rewelacyjnych odkryć w dziedzinie magazynowania energii elektrycznej, a bez tego elektrownie jądrowe (bez sprecyzowania dziś jakiego typu) będą nadal budowane.

Na zakończenie pozostaje mi tylko podpisać się pod stwierdzeniem prof. Jerzego Niewodniczańskiego w wywiadzie dla Rzeczpospolitej (10.08.2017) „Tylko atom może zastąpić węgiel”.

dr inż. Andrzej Mikulski,
Polskie Towarzystwo Nukleoniczne,
Warszawa

AKCELERATOR INTRALINE-IOERT DO RADIOTERAPII ŚRÓDOPERACYJNEJ

The IOERT IntraLine Accelerator for Intraoperative Radiotherapy

Jacek Prac, Agnieszka Syntfeld-Każuch

Streszczenie: Artykuł przedstawia opracowany w Narodowym Centrum Badań Jądrowych we współpracy z Wielkopolskim Centrum Onkologii mobilny akcelerator IntraLine-IOERT, który jest przeznaczony do napromieniania podczas wykonywanych w salach operacyjnych zabiegów chirurgicznych. Akcelerator generuje terapeutyczną wiązkę elektronów o energii od 4 do 12 MeV, którą można wykonywać napromienianie pól o średnicy od 3 do 10 cm poprzez zastosowanie odpowiednich aplikatorów. Konstrukcja akceleratora zapewnia pełną mobilność całego akceleratora, a w szczególności jego głowicy, co pozwala na wyprowadzenie wiązki elektronów pod różnymi kątami zależnie od położenia komórek nowotworowych w ciele pacjenta.

Abstract: In the article the mobile electron accelerator IntraLine-IOERT developed by National Centre of Nuclear Research in cooperation with The Greater Poland Cancer Centre is presented. The unit is designed for use during surgical procedures in an operating room (Intraoperative Electron Radiation Therapy). The device generates therapeutic electron beam with the energy from 4 MeV to 12 MeV and it allows to irradiate fields of the diameter from 3 to 10 cm using a suitable applicator. IntraLine-IOERT accelerator is a fully mobile device; especially its mobile head allows for easy application of the electron beam under different angels as required by the tumor location in a patient's body.

Słowa kluczowe: Akcelerator elektronów, śródoperacyjna terapia wiązką elektronów, leczenie nowotworów

Keywords: Electron accelerator, Intraoperative Electron Radiation Therapy, cancer treatment

1. Ogólne informacje o technice śródoperacyjnej i projekcie INTRADOSE

Marta Kruszyna

Radioterapia, czyli metoda leczenia z wykorzystaniem promieniowania jonizującego od ponad wieku jest wykorzystywana w onkologii. Głównym celem tej metody jest podanie dawki terapeutycznej w obszarze zmienionym nowotworowo, przy jednoczesnym oszczędzeniu narządów zdrowych znajdujących się w pobliżu napromienianego obszaru [1]. Szczególnym przypadkiem radioterapii jest radioterapia śródoperacyjna (ang. Intraoperative Radiotherapy – IORT), gdzie stosowane jest promieniowanie jonizujące na odsłoniętą podczas zabiegu chirurgicznego tkankę otaczającą uprzednio usunięty guz nowotworowy lub bezpośrednio na zmieniony nowotworowo narząd [2]. Wysoka dawka promieniowania (jednorazowo nawet do 21Gy) może zostać podana precyzyjnie, a narządy zdrowe (narządy krytyczne) są odpowiednio osłonięte lub odsunięte poza wiązkę promieniowania. W wyniku IOERT możliwe jest:

- skrócenie czasu napromieniania pacjenta w stosunku do konwencjonalnej radioterapii,
- zminimalizowanie błędów geograficznego (absorpcja dawki w miejscu innym niż zaplanowana), i w rezultacie poprawa wyleczalności miejscowej nowotworu [3,4].

W latach 2007-2015 organizacja ISORT Europa (International Society of Intraoperative Radiation Therapy) zbierająca dane pacjentów poddanych IORT zanotowała 8763 przypadków klinicznych zastosowania tej procedury. Najczęściej, bo w 80% przypadków napromienianą lokalizacją był gruczoł sutkowy, następnie odbytnica (8%), nowotwory tkanek miękkich (mięsaki) (4%), stercza (2%), nerki (1%) i inne (5%) [5].

Początkowo metodę IORT realizowano za pomocą aparatów rentgenowskich generujących promieniowanie X. W Japonii w latach 60. XX wieku, zastosowano pierwsze aparaty kobaltowe wykorzystujące promieniowanie gamma, umożliwiające podanie wyższych dawek na większych głębokościach tkanek. Kolejnym krokiem w rozwoju techniki IORT było przystosowanie konwencjonalnych akceleratorów liniowych generujących wiązki elektronowe [4,6]. Najczęściej były to dużych rozmiarów aparaty, zainstalowane na stałe w bunkrach terapeutycznych zapewniających właściwą ochronę radiologiczną. Sporym problemem logistycznym było przewożenie pacjentów w anestezji z sali operacyjnej na miejsce napromieniania. Podczas tego transportu u pacjentów często następowała inicjacja późniejszych powikłań związanych z infekcjami. [3]. Rozwiązaniem było zaprojektowanie w latach 70. XX wieku pierwszych dedykowanych do radioterapii śródoperacyjnej, mo-

bilnych akceleratorów liniowych, generujących wysokoenergetyczną wiązkę elektronów (IOERT), które mogły być instalowane i przystosowane do pracy na sali operacyjnej. W Stanach Zjednoczonych pierwsze operacje z zastosowaniem IOERT odbyły się w 1976 r., w Europie w 1983 r. (Francja), 1984 r. (Hiszpania, Austria), 1985 r. (Włochy), 1986 r. (Niemcy). Od końca XX wieku nastąpił znaczny rozwój radioterapii śródoperacyjnej na świecie, w Polsce pierwszy akcelerator do śródoperacyjnej zainstalowany był w Krakowie, a w 2005 r. w Poznaniu [7].

Do niedawna w Polsce dostępne były tylko dwa typy akceleratorów dedykowanych do IOERT: Mobetron (IntraOp Medical Corporation, Sunnyvale, CA, Stany Zjednoczone) oraz Novac (Sordina IORT Technologies, Vicenza, Włochy). W latach 2014-2016, w efekcie realizacji polskiego projektu badawczego finansowanego z grantu Narodowego Centrum Badań i Rozwoju o akronimie INTRADOSE, powstał mobilny akcelerator do radioterapii śródoperacyjnej o nazwie Intraline-IOERT.

Celem projektu INTRADOSE było opracowanie innowacyjnego, kompleksowego Systemu do Radioterapii Śródoperacyjnej, zapewniającego łatwość jego przygotowania do pracy i kolejno używania oraz przemieszczania w razie potrzeby. System składa się z mobilnego akceleratora IntraLine-IOERT, o zakresie energetycznym 4-12 MeV wraz z towarzyszącymi mu układami elektronicznymi i systemami informatycznymi.

2. System przyspieszający i prowadzenie wiązki elektronów

a. System przyspieszający

Konrad Kosiński

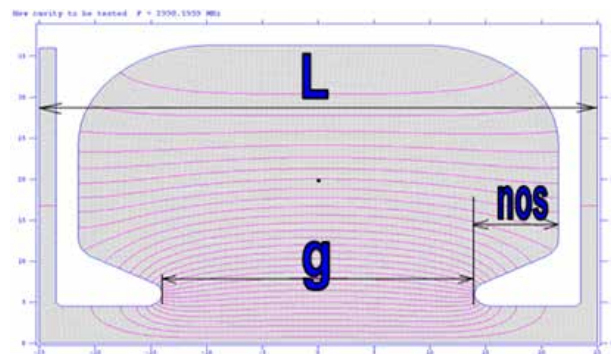
Za przyspieszanie wiązki elektronów w akceleratorze odpowiedzialna jest struktura przyspieszająca – kluczowy i najważniejszy zespół każdego akceleratora. Specyfika akceleratora śródoperacyjnego wymagała zminimalizowania masy struktury, przy zapewnieniu założonej energii wyjściowej elektronów oraz wydajności określonej parametrem mocy dawki.

Wykonanie struktury zostało podzielone na dwa etapy. W pierwszym z nich dokonano szeregu symulacji dynamiki wiązki, których wyniki przełożone zostały na optymalizację kształtu rezonatorów struktury przyspieszającej. Pierwszy etap zakończono wykonaniem dokumentacji wykonawczej zarówno rezonatorów struktury, jak również działa, będącego źródłem elektronów przyspieszanych w strukturze oraz systemu wprowadzania energii pola elektromagnetycznego do struktury.

Drugim etapem było wykonawstwo rezonatorów, ich strojenie, kompletacja i połączenie wszystkich części składowych struktury. Konieczne było, dla właściwej realizacji drugiego etapu, opracowanie procesu technologicznego obejmującego wszystkie czynności związane z wykonaniem struktury.

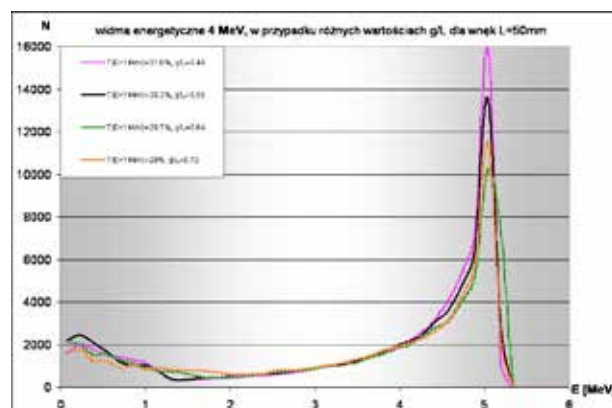
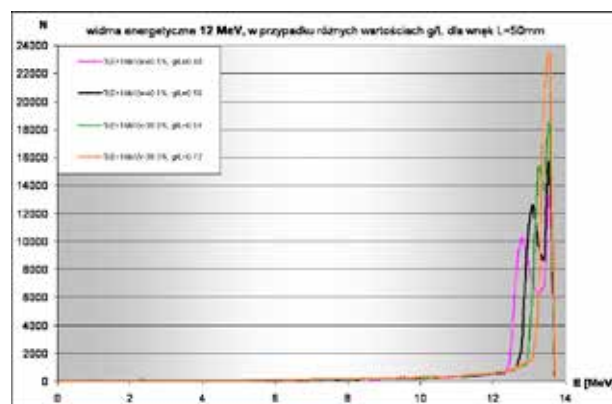
Najważniejszym zadaniem pierwszego etapu była symulacja dynamiki wiązki w strukturze przyspieszającej. Jej wynikiem było wyznaczenie długo-

ści rezonatorów sekcji formującej paczkę (zgęstek) elektronów oraz całkowitej liczby wnęk rezonansowych, dla założonych parametrów wyjściowej wiązki – energii i intensywności. Optymalizowano i analizowano wpływ długości nosa wnęki, na dynamikę wiązki, i całkowite straty mocy mikrofalowej. Badano różne wartości stosunku długości szczeliny przyspieszającej, do całkowitej długości wnęki (g/L), (rys. 1).



Rys. 1. Wnęk przyspieszająca – charakterystyczne wymiary
Fig. 1. Electron acceleration cavity – characteristic dimensions

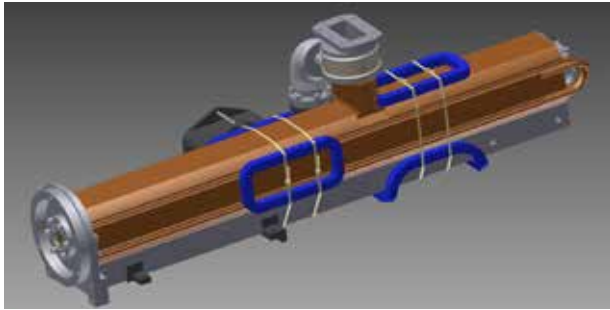
Dla optymalnej geometrii rezonatorów ($g/L=0,56$), wyznaczono widma energii wiązki elektronów 4 MeV oraz 12 MeV, przy napięciu katodowym wyrzutni triodowej 12 kV i 7 kV (rys. 2).



Rys. 2. Widma energii wiązki elektronów o energii 4 MeV i 12 MeV
Fig. 2. Energy spectra of 4 MeV and 12 MeV electron beams

Wynikiem przeprowadzonych symulacji było określenie geometrii struktury przyspieszającej, dla optymalnego stosunku g/L dla wnęk o długości $L=50,0$ mm, $0,56$ (nos $7,5$ mm).

Opracowane dane stanowiły dane wejściowe do mechanicznego projektu struktury realizowanego przez konstruktorów przygotowujących dokumentację nowej struktury przyspieszającej akceleratora śródoperacyjnego. Wyniki prac konstrukcyjnych przedstawia poniższa ilustracja (fot.1.).



Fot. 1. Symulacja konstrukcji mechanicznej struktury akceleracyjnej
Photo 1. Simulation of mechanical design of acceleration structure

b. Układ formowania wiązki terapeutycznej

Przemysław Adrich

Układ formowania wiązki terapeutycznej znajduje się pomiędzy strukturą przyspieszającą a pacjentem. Jego zadaniem jest przekształcenie wiązki pierwotnej, przyspieszonej w rezonatorach struktury, w tzw. wiązkę terapeutyczną.

W płaszczyźnie ortogonalnej do kierunku padania, rozkład powierzchniowy elektronów opuszczających strukturę można w przybliżeniu opisać rozkładem Gaussa. Z kolei wiązka terapeutyczna musi deponować dawkę bardzo równomiernie na polu o rozmiarach liczonych w centymetrach. Co więcej, by chronić zdrowe tkanki, dawka od wiązki terapeutycznej powinna gwałtownie zanikać poza obszarem pola napromieniania.

W radioterapii wiązką elektronów stosuje się układy formowania składające się z dwóch głównych elementów. Pierwszym jest układ folii rozpraszających, w którym wiązka pierwotna jest rozpraszana, tak by uzyskać równomierny rozkład dawki w całym obszarze pola. Drugim jest układ kolimacji, którego zadaniem jest ograniczenie wiązki terapeutycznej do zadanego pola oraz ochrona obszarów poza polem przed otrzymaniem nadmiernej dawki promieniowania.

Rozwiązania znane ze stacjonarnych akceleratorów do teleradioterapii nie mogą być jednak bezpośrednio przeniesione do aparatu mobilnego. Po pierwsze, w aparatach do teleradioterapii stosuje się wymienne folie rozpraszające dobierane odpowiednio do energii wiązki i rozmiarów pola terapeutycznego. Po drugie, promieniowanie uboczne ogranicza się za pomocą masywnych kolimatorów. Zastosowanie podobnych rozwiązań w aparacie dedykowanym do radioterapii śródoperacyjnej ze względu na bardzo dużą masę kolimatorów, praktycznie wykluczyłoby możliwość użycia mobilnego robota o tak dużej przestrzeni roboczej, jak pokazana na fot. 3 niniejszej publikacji.

W pracy [8] pokazaliśmy, że możliwym jest zbudowanie układu uniwersalnych, niewymiennych folii rozpraszających, pozwalającego uzyskać wiązki terapeutyczne o bardzo dobrych parametrach w szerokim zakresie energii ($4-12$ MeV) i średnic pól terapeutycznych ($3-12$ cm). Dodatkową zaletą, z punktu widzenia praktyki i ergonomii napromieniania śródoperacyjnego, jest stosunkowo mała długość takiego układu formowania (ok. 60 cm).

Pewnym istotnym praktycznym problemem w projektowaniu układu folii jest trudność związana z uwzględnieniem wpływu wtórnego rozpraszania wiązki na elementach układu kolimacji, w szczególności wewnętrznych powierzchniach ścian cylindrycznych aplikatorów stosowanych w radioterapii śródoperacyjnej. Problem ten w szczególności opisano i zaproponowano jego nowe, skuteczne rozwiązanie w pracach [9,10].

W ramach projektu INTRADOSE podjęty został problem znalezienia rozwiązania układu kolimacji optymalnego dla akceleratora mobilnego. Wydaje się bowiem, że w tym przypadku mamy do czynienia z całkowicie sprzecznymi wymaganiami. Z jednej strony układ kolimacji musi być lekki, aby nie ograniczał mobilności i wielkości przestrzeni roboczej akceleratora, ale jednocześnie musi też dobrze chronić pacjenta, personel oraz osoby postronne przed otrzymaniem nadmiernej dawki od promieniowania ubocznego. Należy pamiętać, że przeznaczeniem akceleratora jest praca w warunkach sali operacyjnej pozbawionej osłon przed promieniowaniem jonizującym.

Wykorzystując metody symulacji Monte Carlo (pakiet Geant4 [11,12]) szczegółowo zostało przebadane zagadnienie optymalizacji układu kolimacji wiązki terapeutycznej. Okazało się, że odchodząc od utartych schematów konstrukcji kolimatorów, możliwe jest zbudowanie układu spełniającego wszystkie wymogi radioterapii śródoperacyjnej.

Wykonany, w ramach projektu INTRADOSE, prototypowy układ formowania wiązki terapeutycznej, przy wadze zaledwie ok. 6 kg, dostarcza wiązki terapeutyczne o bardzo dobrych parametrach (zob. pkt.5). Jednocześnie poziom promieniowania X ubocznego wokół aparatu jest ok. 500 do 1000 razy (w zależności od położenia wzdłuż osi wiązki) mniejszy niż limit zalecany w normie PN-EN 60601-2-1 [13] dotyczącej bezpieczeństwa medycznych akceleratorów elektronów.

3. Konstrukcja mechaniczna akceleratora Intra-Line-IOERT

Ewa Kulczycka

Układ mechaniczny akceleratora umożliwia dojazd urządzenia do sali operacyjnej, przejazd przez drzwi, manewrowanie, w celu wygodnego ustawienia urządzenia koło stołu operacyjnego, oraz ustawienie głowicy terapeutycznej w odpowiedniej pozycji względem pacjenta (konkretnie względem umieszczonego w łożu pooperacyjnej pacjenta aplikatora).



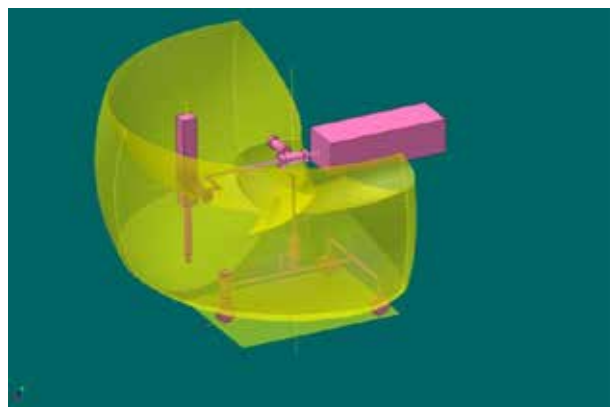
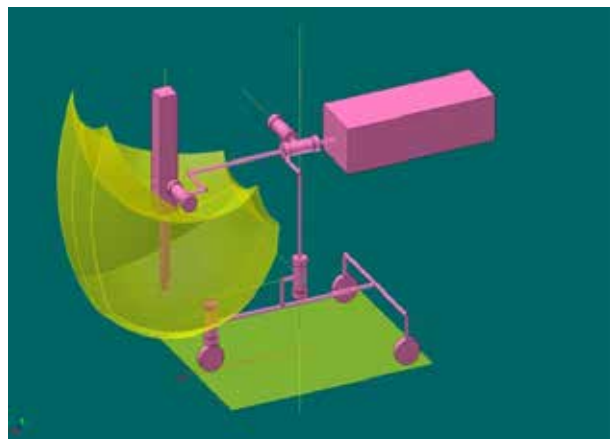
Fot. 2. Akcelerator IntraLine-IOERT przy stole operacyjnym – symulacja komputerowa

Photo 2. IntraLine-IOERT accelerator next to a surgical table – computer simulation

Urządzenie zostało zbudowane jako mobilny manipulator pozwalający ustawiać głowicę terapeutyczną w bardzo dużym obszarze i zakresie kątowym. Elementy samego akceleratora rozmieszczone są w całej konstrukcji mechanicznej. Moc mikrofalowa do znajdującej się w głowicy struktury przyspieszającej transmitowana jest sztywnymi falowodami. Aby móc zasilać strukturę niezależnie od jej położenia względem generatora mocy mikrofalowej zastosowane zostały dwa mikrofalowe złącza obrotowe.

Układ ma sześć stopni swobody. Duży obszar roboczy, przy relatywnie małych rozmiarach urządzenia wynika z faktu zastosowania we wszystkich węzłach kinematycznych ruchu obrotowego. Konstrukcja urządzenia zapewnia możliwość jego wyważenia we wszystkich węzłach. Dzięki temu niezależnie od położenia dość ciężkiej głowicy, środek ciężkości całości znajduje się zawsze w jednym miejscu. To miejsce zostało usytuowane nad geometrycznym środkiem podstawy, co w połączeniu z dociążeniem podstawy elementami akceleratora (czyli obniżeniem środka ciężkości), zapewnia pełną stabilność zarówno w czasie przejazdu, jak i pozycjonowania głowicy. Urządzenie waży ponad 900 kg. Podczas przejazdów może być zasilane z akumulatora.

W pozycji złożonej akcelerator mieści się w drzwiach 1,2 m x 2 m. Jego długość (2,3 m) pozwala na swobodne manewrowanie na sali operacyjnej. Wysokość w pozycji rozłożonej nie przekracza 3 m. Niski i wąski przód wózka może wjeżdżać pod stół operacyjny, co w połączeniu z bardzo dużym obszarem roboczym głowicy umożliwia napromienianie nawet trudno dostępnych pól. Urządzenie nie wymaga stołu operacyjnego specjalnej konstrukcji ani przesuwania czy pochylania stołu operacyjnego podczas przygotowania do terapii i stosowania napromieniania.



Fot. 3. Przestrzeń robocza końcówki aplikatora. Pochylenie głowicy na boki $\pm 45^\circ$, względem żurawia $\pm 60^\circ$, obrót kolumny z żurawiem i głowicą $\pm 90^\circ$, odległość końcówki aplikatora od ziemi (a więc możliwe położenie napromienianego pola) dla pionowo ustawionej głowicy 0,44 m – 1,3 m

Photo 3. Working space of applicator's tip. The head inclination sideways $\pm 45^\circ$, towards the crane $\pm 60^\circ$, rotation of the column with a crane and a head $\pm 90^\circ$, distance between the applicator's tip and the ground (hence, a possible location of irradiated field) for a vertically positioned head 0.44 m – 1.3 m

Ruchy głowicy są wolne, płynne i ciche, a więc dostosowane do wymogów panujących na sali operacyjnej. Zapewniają one bardzo precyzyjnie naprowadzić głowicę nad umieszczony w łożu pooperacyjnej pacjenta aplikator. W głowicy, na przedłużeniu struktury przyspieszającej, znajduje się kolimator. Układ umożliwia wyosiovanie kolimatora z aplikatorem i ustawienie go w odpowiedniej odległości od dolnego końca aplikatora, tym samym od powierzchni, która ma być napromieniana. Zależnie od wielkości pola napromieniania dobierana jest średnica aplikatora. Układ formowania wiązki oraz mechanika urządzenia pozwalają na stosowanie aplikatorów o średnicy od 3 do 12 cm i ewentualnie stosowanie aplikatorów nieokrągłych zawierających się w średnicy do 12 cm.

Po ustawieniu głowicy w odpowiednim położeniu aplikator spinany jest z nią mechanicznie, czyli stosowany jest tzw. hard - docking. Ten sam mechaniczny układ, przy zastosowaniu dodatkowego sys-

temu odczytu położenia elementów, może służyć do soft - dockingu, czyli bezstykowego naprowadzania głowicy na zamocowany w uchwycie aplikator.

Po unieruchomieniu głowicy i aplikatora urządzenie gotowe jest do przeprowadzenia napromieniania.

4. Systemy sterowania

Janusz Pracz, Jacek Pracz, Bartosz Meglicki

Akcelerator sterowany jest przez dwa, w zasadzie rozdzielne, systemy sterowania. System sterowania i kontrolowania wiązki elektronów oraz system sterowania ruchami akceleratora.

Wiązka elektronów generowana jest przez dział triodowe sterowane z wykorzystaniem modulatora dział, który zapewnia zarówno zasilanie katody, jak również impulsów anodowych. W momencie załączenia promieniowania następuje podanie impulsów wysokiego napięcia na anodę działu o amplitudzie ok. 15kV. Ilość elektronów kierowanych do rezonatorów struktury przyspieszającej, która wpływa na moc dawki, sterowana jest za pomocą napięcia siatki (-80V do 100V).

Przyspieszanie elektronów odbywa się w polu elektromagnetycznym, którego źródłem jest magnetron zasilany z modulatora. Modulator zapewnia impulsy wysokiego napięcia na magnetron i umożliwia regulację ich amplitudy i czasu ich trwania.

Do generacji mocy wysokiej częstotliwości magnetron potrzebuje stałego pola magnetycznego realizowanego z wykorzystaniem dwóch elektromagnesów zasilanych stabilizowanym prądem o parametrach od 17 do 24 A.

Sterowanie modulatorami realizuje system sterowania oparty na sterownikach PLC wraz z interfejsem wizualizacji. W pomieszczeniu sterowni akceleratora znajduje się szafa sterownicza z głównym CPU PLC i dwoma CPU służącymi tylko do kontroli systemu dozymetrii akceleratora. W celu redukcji ilości połączeń pomiędzy szafą a akceleratorem zastosowana jest na wózku akceleratora wyspa PLC (moduł rozszerzeń z dodatkowymi portami wej./wyj.).

Bardzo ważnym parametrem wiązki kontrolowanym przez system sterowania jest układ dozymetrii. W akceleratorze IntraLine-IOERT jak w każdym akceleratorze medycznym zastosowane są dwa niezależne tory dozymetrii. Sygnał z komory jonizacyjnej pozostaje wzmocniony w układach dozymetrii, gdzie następuje transformacja sygnału analogowego na cyfrowy 16-bitowy. Sygnał cyfrowy jest obrabiany przez CPU i wyświetlany w postaci dawki i mocy dawki. System stabilizacji mocy dawki oparty jest na pętli sprzężenia zwrotnego pomiędzy układem dozymetrii i układem sterowania siatką triody.

Sterowanie ruchami akceleratora odbywa się za pomocą kasety sterowniczej, natomiast włączanie i wyłączenia napromieniania odbywają się z pulpitu sterowniczego. System sterowania obejmuje szereg zabezpieczeń samego akceleratora przed uszkodzeniem jego kluczowych podzespołów, a przede wszystkim system bezpieczeństwa kontrolujący bezpieczną emisję promieniowania generowanego przez akcelerator. System bezpieczeństwa, który

jest zdwojony w obszarach zagrażających ewentualnie zdrowiu i życiu pacjenta, operatora akceleratora i otoczenia, oprócz pracy w systemie cyfrowym wyposażony jest również w analogowe wyłączniki awaryjne wyłączające nie tylko promieniowanie, ale zasilanie aparatu.

System sterowania ruchami aparatu obejmuje podsystemy sterowania: Układu Jezdnego, Głowicy, Żurawia, Kolumny, Zasilania Akumulatorowego oraz podsystem HMI - interfejsy obsługiwane bezpośrednio przez operatora urządzenia. Nad całością pracy czuwa Nadrzędny Kontroler. System zaprojektowano tak, aby był możliwie niezależny od Systemu Sterowania Wiazką.

Operator kieruje manipulatorami za pomocą dedykowanej kasety. Urządzenie wyposażono w joystick, przyciski związane z funkcjami manipulatorów, przełącznik trybu precyzyjnego-szybkiego oraz dodatkowy przycisk zezwolenia na ruch, wymagany przez normy medyczne. Po wybraniu funkcji, wciśnięciu przycisku zezwolenia na ruch, wychyleniu joysticka i przejściu weryfikacji, żądanie ruchu może zostać przesłane do odpowiedniego podsystemu.

Nadrzędny Kontroler na bieżąco sprawdza, czy ruch jest dopuszczalny w aktualnych warunkach. Weryfikacja dotyczy warunków krytycznych ze względu na bezpieczeństwo pacjenta lub urządzenia.

Każdy podsystem odpowiada za bezpieczną pracę w swoim zakresie.

Po przemieszczeniu urządzenia na miejsce, gdzie będzie wykonywane napromienianie pozostałe podsystemy sterowania: Układu Żurawia, Kolumny oraz Głowicy pozwalają umieścić głowicę terapeutyczną w odpowiednim miejscu. Następuje połączenie dwóch części aplikatora i zablokowanie wszystkich ruchów do zakończenia terapii.

Układ Jezdny oraz Nadrzędny Kontroler mogą być zasilone z wbudowanych akumulatorów. Pozwala to na przemieszczenie urządzenia do kilkuset metrów bez zewnętrznego źródła zasilania.

5. Parametry fizyczne terapeutycznej wiązki elektronów akceleratora IntraLine-IOERT

Agnieszka Misiarz

Ustalenie właściwych parametrów wiązki terapeutycznej to podstawowe zadanie do wykonania po uruchomieniu akceleratora.



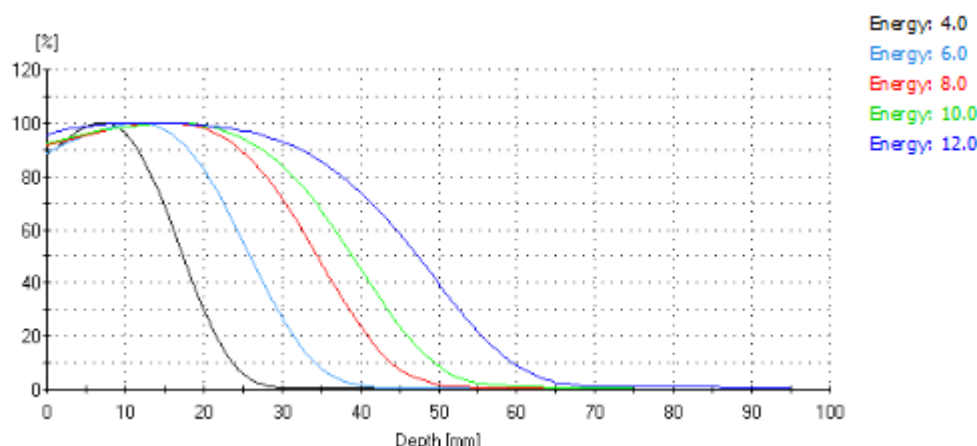
Fot. 4. Akcelerator IntraLine-IOERT podczas testów
Photo 4. IntraLine-IOERT accelerator during tests

Zgodnie z zaleceniami międzynarodowymi, ustawianie i regulacje parametrów wiązki elektronów wykonuje się, korzystając z fantomu wodnego, który symuluje ciało pacjenta.

W przypadku akceleratora śródoperacyjnego pole napromieniania ograniczone jest średnicą największego aplikatora 12 cm. Do wykonania tego

typu pomiarów można używać kompaktowego fantomu wodnego. Dlatego też pomiary dozymetryczne względnego rozkładu dawki wykonano w fantomie wodnym PTW-P za pomocą detektorów promieniowania – diod typu E. Krzywe procentowej dawki głębokiej PDD (ang. Percentage Depth Dose) zostały wykonane dla energii: 4; 6; 8; 10; 12 MeV.

Uzyskane wyniki zostały przedstawione w postaci wykresów krzywych PDD na rys. 3.



Rys. 3. Krzywe procentowej dawki głębokiej - akcelerator śródoperacyjny IntraLine-IOERT

Fig. 3. Curves of Percentage Depth Dose – IOERT IntraLine accelerator

Z wykresów PDD zostały odczytane podstawowe parametry charakteryzujące wiązkę promieniowania elektronowego. Uzyskane wyniki zostały przedstawione w Tabeli 1.

Tab. 1. Zestawienie podstawowych parametrów dozymetrycznych charakteryzujących wiązkę promieniowania elektronowego zmierzone dla akceleratora IntraLine-IOERT.

Table 1. Basic dosimetric parameters that characterize electron radiation beams, measured for the IOERT IntraLine accelerator

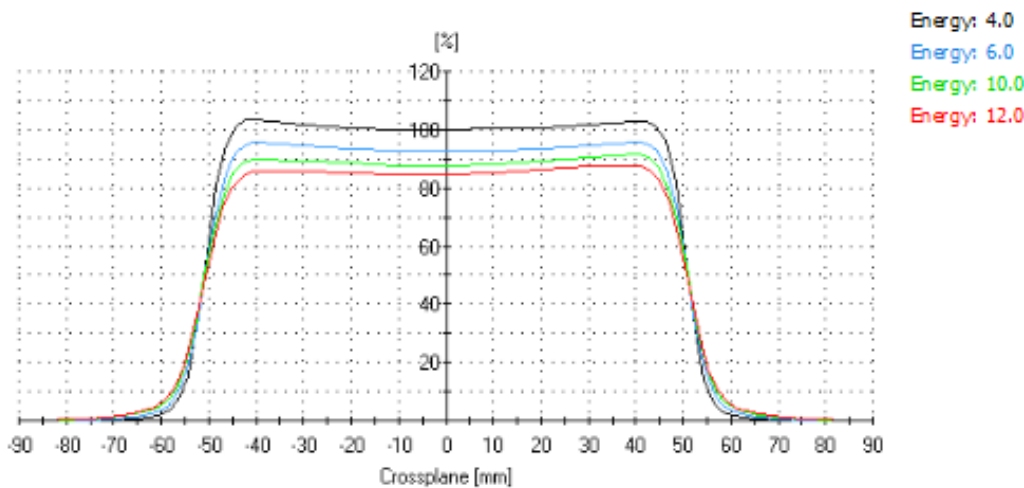
	4,0 MeV	6,0 MeV	8,0 MeV	10,0 MeV	12,0 MeV
R90 [mm]	11,57	18,14	24,59	27,48	33,51
R80 [mm]	13,32	20,65	27,94	31,53	38,51
Rp [cm]	2,34	3,37	4,41	4,97	6,03
Ds [%]	88,45	89,34	91,25	92,41	94,87
Ep0 [MeV]	4,87	6,93	9,00	10,12	12,25
E0(mean) [MeV]	4,05	6,03	8,01	9,08	11,17

- R90 – głębokość izodozy 90% - głębokość w wodzie dla której dawka zmierzona spada do poziomu 90% w stosunku do dawki maksymalnej;
- R80 – głębokość izodozy 80% - głębokość w wodzie dla której dawka zmierzona spada do poziomu 80% w stosunku do dawki maksymalnej;
- Rp – zasięg praktyczny elektronów - jest to punkt przecięcia się prostej ekstrapolacji zależności spadku dawki w funkcji głębokości z osią X (głębokości);
- Ds – względna dawka powierzchniowa – ang. Relative Surface Dose – stosunek dawki pochłoniętej na osi odniesienia na głębokości 0,5 mm, do maksymalnej dawki pochłoniętej na osi wiązki;
- Ep0 – energia najbardziej prawdopodobna na powierzchni fantomu – liczona zgodnie z NACP (ang. Nordic Association for Clinical Physics) według wzoru: $0,22 + 1,98 \cdot Rp + 0,0025 \cdot Rp$
- E0(mean) – energia średnia na powierzchni fantomu – liczona zgodnie z IAEA (ang. International Atomic Energy Agency) ze wzoru: $2,33 \cdot R50$

Kolejną niezbędną funkcjonalnością akceleratora jest rozkład promieniowania w polu napromieniania. Niezbędne jest tutaj ustawienie zgodności radiologicznej wielkości pól z ich wymiarami rzeczywistymi, odwzorowanymi na ekranie pulpitu sterującego akceleratorem odpowiednio do średnicy zastosowanego aplikatora, właściwe umiejscowienie osi wiązki promieniowania - współśrodkowo do osi mechanicznej aplikatora, czyli poprawna geometria generowanych pól promieniowania. Kontrolę rozkładu

promieniowania prowadzi się poprzez pomiar profili wiązki w wodzie na głębokości referencyjnej R80/2 zgodnie z normą IEC60976 [14]. Pomiary wykonano dla aplikatorów $\Phi 10$ i $\Phi 5$ cm. Wykonano je w fantomie wodnym PTW-P za pomocą diod typu E. Krzywe rozkładu dawki wzdłuż osi wzajemnie prostopadłych i prostopadłych do osi głównej aplikatorów zostały zmierzone dla energii: 4; 6; 10 i 12 MeV.

Przykładowe wyniki dla aplikatora $\Phi 10$ cm zostały przedstawione w postaci wykresów krzywych profilowych wiązki na rys. 4.



Rys. 4. Krzywe profili wiązki dla aplikatora 10cm - akcelerator śródoperacyjny IntraLine-IOERT
Fig. 4. Curves of electron beam profiles for an applicator of 10 cm diameter – the IOERT IntraLine accelerator

Z przedstawionych powyżej wykresów rozkładu dawki zostały odczytane podstawowe parametry charakteryzujące wielkość i jednorodność dawki w całym wyznaczonym przez aplikator polu. Uzyskane wyniki zostały przedstawione w Tabeli 2.

Tabela 2. Wartości charakteryzujące rozkład dawki w polu napromieniania zmierzone dla aplikatorów 10 i 5 cm dla akceleratora śródoperacyjnego IntraLine-IOERT

Table 2. The dose distribution values in the irradiation field, measured for the applicators of 10 cm and 5 cm diameter for the IOERT IntraLine accelerator

Aplikator [cm]	f10				f5			
Energia [MeV]	4,0	6,0	10,0	12,0	12,0	4,0	6,0	10,0
Field Size [cm]	10,206	10,262	10,345	10,367	5,259	5,183	5,208	5,242
Dmax [%]	105,4	105,7	105,41	104,6	100,68	100,39	100,77	100,65
Dmin [%]	99,44	99,94	100	99,91	98,6	97,88	98,82	99,55
Deviation [%]	5,95	5,76	5,41	4,69	2,07	2,51	1,94	1,1
Symmetry [%]	103,76	103,08	102,53	100,87	101	101,66	101,67	100,55

- Wielkość pola napromieniania – (ang. Field Size) - to suma pól utworzonych pomiędzy głównymi osiami pola napromieniania i izodozą 50% promieniowania w wiązce;
 - Dmax – względna dawka maksymalna – procentowa dawka maksymalna względem dawki na osi centralnej wiązki w polu wyznaczonym przez izodozy 90%-1cm;
 - Dmin – względna dawka minimalna – procentowa dawka minimalna względem dawki na osi centralnej wiązki w polu wyznaczonym przez izodozy 90%-1cm;
 - Płaskość – (ang. Deviation) – różnica pomiędzy względną dawką maksymalną Dmax i względną dawką minimalną Dmin;
 - Symetria – (ang. Symmetry) – symetria pola napromieniania – wartość maksymalnego ilorazu wartości dawki w polu wyznaczonym przez izodozy 90%-1cm dla punktów równoodległych od centralnej osi wiązki.
- Zgodnie z IEC 60976 dla obliczenia symetrii korzysta się ze wzoru: $s = \left(\frac{D(x)}{D(-x)} \right)_{max} \cdot 100\%$

Przeprowadzono również pomiary powtarzalności i stabilności jednodniowej mocy dawki (zgodnie z normą IEC60976 obie ww. wartości wyliczane są ze wzoru na odchylenie standardowe dla serii pomiarów) oraz liniowość odpowiedzi akceleratora zgodnie z IEC60976 (zależność dawki zadanej do zmierzonej zewnętrznym absolutnym detektorem wzorcowym) dla mocy dawki 1000MU/min w prze-

dziale od 50 do 2000 jednostek monitorowych (MU), natomiast dla mocy dawki 500MU/min w przedziale 20 – 1000MU (ze skokiem nie większym niż 100MU). Pomiary bezwzględne dawki wykonano za pomocą komory jonizacyjnej płasko–równoległościennej typu Markus (PTW Freiburg). Uzyskane wyniki zostały przedstawione w Tabeli 3.

Tabela 3. Zmierzone wartości powtarzalności i stabilności jednodniowej dla akceleratora śródoperacyjnego IntraLine-IOERT
Table 3. Measured values of repeatability and one-day stability for the IOERT IntraLine akcelerator

Energia [MeV]	Dawka zadana [MU]	Powtarzalność	Stabilność jednodniowa
4MeV	1000	0,19	1,54
	500	0,25	1,34
6MeV	1000	0,38	1,89
	500	0,24	1,97
9MeV	1000	0,29	1,55
	500	0,01	1,51
12MeV	1000	0,35	1,05
	500	0,37	1,93

Zależność dawki zmierzonej od zadanej powinna być liniowa a wartość liniowości wylicza się ze wzoru:
$$Liniowość = \frac{S_{max} - S_{min}}{S_{max} + S_{min}} \cdot 200\%$$
 gdzie: Smax i Smin są odpowiednio maksymalnym i minimalnym wyliczonym dla danego punktu współczynnikiem kierunkowym prostej przechodzącej przez dany punkt pomiarowy i początek układu współrzędnych. Uzyskane wyniki zostały przedstawione w Tabeli 4.

Tabela 4. Zmierzone wartości liniowości odpowiedzi akceleratora dla akceleratora IntraLine-IOERT
Table 4. Measured values of linearity of detector response for the IOERT IntraLine accelerator

1000	500	Moc dawki[Mu/min] Energia [MeV]
1,97	1,98	4
1,98	1,94	6
1,84	1,93	9
1,93	1,98	12

Wykonane pomiary potwierdziły osiągnięcie przez akcelerator założonych parametrów emitowanej wiązki terapeutycznej.

6. Podsumowanie

Wynikiem projektu INTRADOSE jest opracowanie przez Narodowe Centrum Badań Jądrowych we współpracy z Wielkopolskim Centrum Onkologii akceleratora do terapii śródoperacyjnej. Przygotowana specyfikacja parametrów użytkowych akceleratora powstała po analizie urządzeń istniejących na rynku oraz na podstawie doświadczeń Wielkopolskiego Centrum Onkologii – placówki onkologicznej wiodącej w Polsce w zakresie wykorzystania napromieniania śródoperacyjnego. Wszystkie założone parametry akceleratora zostały osiągnięte co potwierdziły wykonane pomiary.

Należy podkreślić, w relacji do innych akceleratorów do terapii śródoperacyjnej, dużą mobilność akceleratora IntraLine-IOERT to zarówno całego aparatu, jak i również jego głowicy. Możliwość przemieszczania akceleratora przy zasilaniu bateryjnym oraz duża przestrzeń robocza zakończenia aplikatora (zob. fot. 3) stanowi jego główną zaletę i przewagę nad podobnymi aparatami obecnymi na światowym rynku (pozwala ona również na rezygnację z aplikatorów ściętych pod ostrym kątem). Istotną zaletą aparatu jest możliwość jego używania ze standardo-

wym stołem operacyjnym. Dopracowana konstrukcja mechaniczna i elektryczna wózka pozwala na płynne i ciche, a więc dostosowane do wymogów panujących na sali operacyjnej, jego przemieszczanie a ruchy głowicy pozwalają na bardzo precyzyjne naprowadzenie głowicy nad umieszczony w łóżu pooperacyjnej pacjenta aplikator. Solidne zasilanie bateryjne zapewnia dojazd akceleratora do stołu operacyjnego. W razie potrzeby można również przejechać akceleratorem z jednej sali operacyjnej do drugiej.

Struktura akceleracyjna zapewnia wiązkę elektronów o energii z przedziału 4-12 MeV. Unikalny system formowania wiązki terapeutycznej wraz z systemem kolimacji dostarcza wiązki terapeutyczne o bardzo dobrych parametrach w pełnym przedziale energii elektronów generowanych przez akcelerator. Akcelerator jest sterowany i kontrolowany przez system sterowników PLC, którego interfejs umożliwia pracę w trybach Terapeutycznym, Dozymetrycznym i Administratora.

opracowanie całości:
mgr inż. Jacek Prac,
dr Agnieszka Syntfeld-Każuch,

przy przygotowaniu artykułu brali udział:
mgr Marta Kruszyna,
Wielkopolskie Centrum Onkologii,
Poznań
mgr inż. Konrad Kosiński,
dr Przemysław Adrich,
mgr inż. Ewa Kulczycka,
inż. Janusz Prac,
mgr inż. Bartosz Meglicki,
mgr inż. Agnieszka Misiarz,
Narodowe Centrum Badań Jądrowych,
Otwock-Świerk

Literatura:

- [1] Ginekologia onkologiczna Tom 1 – Red. Janina Markowska. Rozdział Podstawy fizyczne i radiobiologiczne radioterapii. Elsevier, Wydawnictwo Medyczne Urban&Partner Wrocław 2006
- [2] Kruszyna M., Malicki J. Biblioteka Chirurga Onkologa, Rozdział: Fizyczne i techniczne aspekty radioterapii śródoperacyjnej. 2016.
- [3] Calvo FA., Sole CV., Herranz R., et al. Intraoperative radiotherapy with electrons: fundamentals, results, and innovation. *Ecantermedicalscience*. (2013); 7:339.
- [4] Veronesi U., Orecchia R., Luini A. et al. Intra- operative radiotherapy during breast conserving surgery: a study on 1,822 cases treated with electrons. *Breast Cancer Res Treat* (2010); 124:141–151
- [5] Krengli M., Calvo FA., Sedlmayer F., et al. Clinical and technical characteristics of intraoperative radiotherapy. Analysis of the ISORT-Europe database. *Strahlenther Onkol* (2013); 189:729–737
- [6] Planowanie leczenia i dozymetria w radioterapii Tom 1 pod redakcją: J. Malicki i K. Ślosarek, Via Medica, 2017
- [7] Calvo FA, Meirino RM, Orecchia R. Intraoperative radiation therapy First part: Rationale and techniques. *Critical Reviews in Oncology/Hematology*. (2006); 59:106–115
- [8] P. Adrich et al., The IOERT IntraLine accelerator - the development, current state, and future plans. *Nukleonika*, 61:3–9, 2016
- [9] P. Adrich. A new method for designing dual foil electron beam forming systems. I. Introduction, concept of the method. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 817:93–99, 2016.
- [10] P. Adrich. A new method for designing dual foil electron beam forming systems. II. Feasibility of practical implementation of the method. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 817:100–108, 2016.
- [11] S. Agostinelli, et. al. Geant4 - a simulation toolkit. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 506:250–303, 2003
- [12] J. Allison, et. al. Geant4 developments and applications. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 53:270–278, 2006
- [13] Polski Komitet Normalizacyjny. Polska Norma PN-EN 60601-2-1 Medyczne urządzenia elektryczne. Część 2-1: Szczegółowe wymagania bezpieczeństwa akceleratorów elektronów w zakresie od 1 MeV do 50 MeV. PKN, Warszawa, 2005.
- [14] Norma IEC 60976:2007 Medical electrical equipment - Medical electron accelerators - Functional performance characteristics

Radowa Księżniczka

W roku 2017 przypada kilka rocznic związanych z osobą Marii Skłodowskiej-Curie. 7 listopada mija 150 lat od urodzenia uczzonej, 29 maja obchodziliśmy 85 rocznicę otwarcia Instytutu Radowego w Warszawie, 12 września minie 120 lat od urodzenia starszej córki – Ireny Curie, 22 października minie 10 lat od śmierci młodszej córki Ewy Curie. Do tych rocznic należy także dodać 50 rocznicę utworzenia przez prof. Józefa Hurwica warszawskiego muzeum Marii Skłodowskiej-Curie oraz 80 rocznicę pierwszego wydania książki E. Curie pt. „Maria Curie”. Pierwsze wydanie w języku polskim ukazało się rok później. Z tych okazji Towarzystwo Marii Skłodowskiej-Curie w Hołdzie organizuje i dotychczas zorganizowało wiele spotkań i wydarzeń. Z tych nadchodzących zapraszamy m.in. do siedziby Towarzystwa przy ul. Wawelskiej 15 na promocję książki o Lise Meitner pióra dr hab. Tomasza Pospiesznego (spotkanie wokół postaci Lise Meitner odbędzie się grudniu), 14.10 na II edycję biegu Przepędzić raka po Polu Mokotowskim, 23.10 na konferencję organizowaną przez Towarzystwo wraz z TNW, Instytutem Historii PAN i Wydz. Pedagogicznym UKSW pt. „Maria Skłodowska-Curie nauczycielka i uczona”.



Plakat promujący książkę o Irenie Joliot-Curie (promocja książki miała miejsce we wrześniu)

150-LECIE URODZIN MARI SKŁODOWSKIEJ-CURIE, DWUKROTNEJ LAUREATKI NAGRODY NOBLA (W 1903 R. I W 1911 R.)

*150 Years from nativity of Madame Maria
Skłodowska-Curie, twice winner of the Nobel prize
(in 1903 and 1911)*

Edward Rurarz, Małgorzata Sobieszczak-Marciniak

Streszczenie: Rok 2017 jest czasem wielu rocznic związanych z Marią Skłodowską-Curie i jej dokonaniem. 150 rocznica urodzin uczzonej, 120 rocznica urodzin Ireny Joliot-Curie, 10 rocznica śmierci Ewy Curie Labouisse i 85 rocznica otwarcia Instytutu Radowego w Warszawie to przyczynek do wielu wydarzeń i artykułów na temat życia, odkryć i osiągnięć Marii Skłodowskiej-Curie. Historia badań nad promieniotwórczością, pierwiastkami promieniotwórczymi, to historia fizyki jądrowej, chemii radiacyjnej i onkologii. Oczywiście Maria i Piotr Curie nie byli jedynymi uczonymi zajmującymi się tymi dziedzinami, ale niewątpliwie to właśnie oni, a właściwie Maria Skłodowska-Curie była inicjatorką tak nowoczesnego myślenia o atomie. To dzięki jej uporowi, odwadze w stawianiu pytań i wydawałoby się niemożliwych do udowodnienia hipotez, nauka zawdzięcza nowe metody badawcze i pierwiastki promieniotwórcze. To jej kompleksowe myślenie o badaniach naukowych i medycynie dało początek nowoczesnym metodom leczenia nowotworów, powstanie dwóch bliźniaczych placówek onkologicznych- Instytutów Radowych w Paryżu i w Warszawie otworzyło drogę do budowy całej sieci onkologicznej i kompleksowego leczenia pacjentów.

Abstract: Year 2017 is a year of many anniversaries connected with Maria Skłodowska-Curie and her achievements. The 150th anniversary of the birth of Maria Skłodowska-Curie, the 120th anniversary of the birth of Irena Joliot-Curie's, the 10th anniversary of Eve Curie Labouisse's death and the 85th anniversary of the opening of the Radium Institute in Warsaw represent a contribution to many events and articles on Maria Skłodowska-Curie's life, discoveries and accomplishments. The history of research on radioactivity and radioactive elements is the history of nuclear physics, radiation chemistry and oncology. Obviously, Maria and Piotr Curie were not the only scientists involved in these fields, but undoubtedly they, or Maria Skłodowska-Curie actually, who initiated such modern thinking about the atom. It is thanks to her persistence and courage to ask questions, as well as her perseverance in proving hypotheses that had been almost impossible to prove, the science owes new research methods and radioactive elements. It is Maria Curie's comprehensive thinking about the research and medicine that has given rise to modern methods of cancer treatment, the establishment of two twin oncology centres: the Radium Institute in Paris and in Warsaw. These have opened the way to building the entire oncology network and comprehensive patient treatment.

Słowa kluczowe: badania, promieniotwórczość, laboratorium, chemia, fizyka jądrowa, eksperymenty, pierwiastki chemiczne, wiedza, uczeni, rocznice, urodziny, Panteon

Key words: research, radioactivity, laboratory, chemistry, nuclear physics, experiments, chemical elements, knowledge, scientists, anniversary, birth, Pantheon

Droga Marii i Piotra Curie z szopy laboratoryjnej do Panteonu

Motto: *W dziejach eksperymentów przypadek pomaga dobrze przygotowanym umysłom.*

Edward Rurarz

Ludwik Pasteur (1822-1895)

W pewnym nieokreślonym momencie w bezkresnym czasie STWÓRCA przekształcił Energię w Materię. W ten sposób powstała Ziemia. Jeśli nasza Ziemia przeżyje szaleństwo spowodowane przez człowieka, to historyk przyszłości zapisze jako największy prze-

łomowy moment w historii kosmosu realizację marzenia Prometeusza – kiedy Człowiek, odwracając równanie $E = mc^2$ (znane nam wszystkim) w mrokach ciemności, przed wschodem słońca w dniu 16 lipca 1945 r. nad pustynią w stanie Nowy Meksyk zmienił

Materię z powrotem w Energię. Powstało olśniewające światło „wielokrotnie jaśniejsze niż promienie słońca w południe”. Było ono również świadectwem narodzin epoki atomowej. Przeróżający grzyb atomowy pojawił się jako symbol wzbudzającej grozę destrukcyjnej mocy bomby jądrowej i szkodliwej natury promieniowania jądrowego.

Wchodzimy w drugie stulecie od momentu odkrycia promieniotwórczości i często dominuje w nim strach przed zjawiskiem promieniowania, uniemożliwiający wręcz podejmowanie racjonalnych decyzji. Jak to się stało? Jak do tego doszło?

Odpowiedź jest tylko jedna – dążenie do wiedzy jest nieodłączną cechą rodzaju ludzkiego. To ono właśnie było zachętą dla Holendra Antoniego van Leeuwenhoek (1632-1723) do zbudowania mikroskopu, pozwalającego zajrzeć w głąb nieskończone małych obiektów, a także dla Włocha Galileo Galilei (Galileusza; 1564-1642) do zbudowania teleskopu, umożliwiającego poznanie struktur i granic wszechświata. Od czasu do czasu w historii ludzkości zdarzają się rozstrzygające obserwacje lub syntezy idei dostarczane przez wybitnych ludzi. Na przykład, nasz rodak Mikołaj Kopernik (1473-1543) odkrył, że Ziemia nie jest centrum wszechświata i że istnieją inne wszechświaty. Z kolei angielski fizyk Izaak Newton (1642-1727) odkrył w 1687 r. siłę wzajemnego ciążenia, czyli grawitację, łącząc ziemię z niebem.

Dążenie do wiedzy jest zachętą dla ludzkości, aby w obecnych czasach wydawać¹ miliony dolarów na ogromne akceleratory, statki kosmiczne, radioteleskopy i teleskopy kosmiczne.

To naprawdę niesamowite, że najbardziej wnikliwe koncepcje dotyczące struktury materii pojawiły się bardzo wcześnie w historii nauki, trwały przez całe stulecia i nawet dziś mają wpływ na nasz sposób myślenia. Żarliwe pragnienie zmniejszenia ogromnej różnorodności form występowania materii doprowadziło już starożytnych Greków do spekulacji na temat podziału materii na małe, niepodzielne jednostki, czyli atomy. Grecy poszli dalej w swych koncepcjach i spekulacjach, zakładali bowiem, że cała materia we wszechświecie została utworzona z czterech elementów: ognia, ziemi, powietrza i wody, z których można utworzyć przeróżne strukturalne kombinacje, dające wielką różnorodność dostrzegalnych postaci materii. Pierwsze naukowe podejście do zagadnień materii zawdzięczamy chemii. Długa droga ludzkich wysiłków nad zrozumieniem struktury materii rozpoczęła się w 1662 r., kiedy Robert Boyle (1627-1691) ustalił podstawową naturę pierwiastków chemicznych i tym samym spowodował kres alchemii.

Angielski chemik John Dalton (1766-1844) proponował definicję atomu jako „najmniejszej cząstki materii, która zachowuje chemiczne własności pierwiastka”. Słowo „chemiczne” jest w tej definicji istotne i wskazuje na kontekst wielu dokonań. Dalton był w stanie wyjaśnić prawo zachowania masy w reakcjach chemicznych, odkryte w 1789 r. przez A.L. Lavoisiera (1743-1794) oraz prawo stosunków stałych sformułowane w 1799 r. przez francuskiego chemika J. L. Prousta (1754-1826). To ostatnie prawo zostało

przez niego rozszerzone na prawo stosunków wielokrotnych (1804-1808). Odkrycie Daltona stanowiło kolejny punkt zwrotny w poznaniu struktury materii w pierwszej dekadzie XIX wieku – wieku rozkwitu europejskiej kultury i cywilizacji, zwiastującego tragedię Europy w dwóch wojnach światowych.

Wiek XIX był okresem wielkich wynalazków! Robert W. Bunsen (1811-1899) i Gustaw R. Kirchhoff (1824-1887) opracowali i rozwinęli ilościową metodę analizy widmowej (1859) i odkryli nowe pierwiastki takie jak rubid, cez i tul. Rudolf J. E. Clausius (1822-1888) opracował kinetyczną teorię gazów i stworzył podstawy termodynamiki. Od 1862 r. znano też prędkość światła dzięki J. Bradleyowi (1693-1762), A. H. L. Fizeau (1819-1896) i J. B. Foucaultowi (1819-1868). Z kolei J. C. Maxwell (1831-1879) sformułował w 1864 r. teorię zjawisk elektromagnetycznych, łącząc elektryczność, magnetyzm i światło. Na podstawie tej teorii w 1888 r. H. R. Hertz (1857-1894) odkrył doświadczalnie fale elektromagnetyczne. Nadanie nazwy „elektron” najmniejszej porcji ładunku elektrycznego w zjawisku elektrolizy Faradaya zostało zaproponowane w 1894 r. przez J. Stoneya (1820-1894), ale identyfikację i ostateczne określenie właściwości elektronu jako cząsteczki elementarnej zawdzięczamy angielskiemu fizykowi-J. J. Thomsonowi (1856-1940) w roku 1897.

Uporządkowanie pierwiastków według ich masy atomowej doprowadziło około 1860 r. do odkrycia periodyczności w ich własnościach chemicznych i fizycznych. W 1869 r. Dmitrijowi J. Mendelejewowi (1834-1907) udało się stworzyć okresowy układ pierwiastków chemicznych (zwany potem na jego cześć „układem Mendelejewa” i „tablicą Mendelejewa”), wiążąc własności pierwiastków z ich miejscem w układzie. Układ ten podlegał powiększeniu i zmianom w trakcie następnych 60 lat aż do roku 1930, kiedy znane były 92 naturalnie występujące pierwiastki, w tym uran, ułożone w logicznej kolejności. Układ Mendelejewa był pomocny w odkryciu wielu pierwiastków (w ciągu ponad 125 lat od jego stworzenia) aż do pierwiastka o liczbie atomowej 118.

Kilka przełomowych odkryć miało miejsce w krótkim, bo zaledwie 10-letnim okresie na przełomie XIX i XX wieku: promieniowanie X w 1895 r., promieniotwórczość naturalna rok później, własności elektronu w 1897 r., teoria kwantów w 1900 r., w 1905 r. - teoria względności. Indywidualnie każde z tych odkryć miało ogromne znaczenie w przyszłości, a razem były zwiastunem tego, co współcześnie nazywamy nowoczesną fizyką i chemią. Większość ze wspomnianych odkryć uhonorowano Nagrodą Nobla.

W 1895 r. Wilhelm Konrad Roentgen (1845-1923) badał wyładowania w rurze szklanej z wtopionymi metalowymi elektrodami (anodą i katodą), do których przykładął napięcie. Stwierdził, że elektrony wychodzące z katody, padając na ściankę szklaną, powodują jej świecenie (produkują światło widzialne). Naświetlając siarczek cynku lub platynocyjanek baru, zaobserwował wystąpienie silniejszego efektu świecenia niż w przypadku szkła. Zdumienie Roentgena wywołało silne świecenie papieru pokrytego

platynocyjankiem baru, kiedy rurka szklana była całkowicie zasłonięta czarnym papierem. Promienie zachowujące się jak „niewidzialne światło”, które przechodziły przez przedmioty nieprzezroczyste, nie były znane. Roentgen nadał im nazwę promieni X, jako że były wielką niewiadomą. Litera x jest w matematyce używana do oznaczenia nieznannej wartości, ale w późniejszym okresie bardziej przyjęła się nazwa „promieniowanie rentgenowskie”, na cześć jego odkrywcy. Roentgen odkrył również, że promienie X zaciemniają płyty fotograficzne. Natura tych promieni jako fal elektromagnetycznych o krótkiej długości ($\nu \approx 10^{10}$ m) została potwierdzona w następnym roku. Wiadomość o tym odkryciu szybko rozeszła się po świecie, a na początku 1896 r. właściwości promieni X badano w laboratoriach fizycznych w całej Europie i Ameryce Północnej. Odkryciu towarzyszyła demonstracja pierwszego zdjęcia ręki żony Roentgena, Berty, na którym widoczne są kości ręki i złota obrączka na palcu. Wyniki obserwacji wywołały niemałą sensację nie tylko wśród społeczeństwa, jak i wśród medyków, którzy w promieniowaniu X widzieli nowe zastosowanie w diagnostyce medycznej. W związku z tym, że promienie rentgenowskie mają właściwości przenikające, pozwalają zajrzeć w głąb ludzkiego ciała, bez potrzeby stosowania skalpela chirurgicznego.

Obecnie promieniowanie rentgenowskie ma zastosowanie w szpitalach i portach lotniczych, w laboratoriach fizycznych i biologicznych, w produkcji nanostruktur dla elektroniki oraz w budowie maszyn. Przenika ono do całego współczesnego życia.

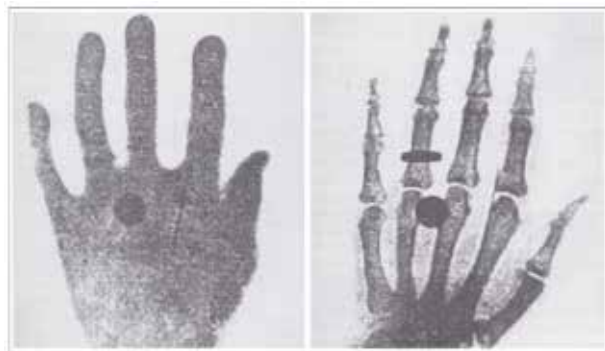
Do godnych podziwu odkryć w fizyce, mających wpływ na rozwój nauki, można zaliczyć teorię względności Alberta Einsteina (1879-1955), łączącą energię i masę oraz identyfikującą istotne znaczenie układu odniesienia.

Równie ważną teorię zaprezentował w 1900 r. Max Planck (1858-1947), w której wprowadził pojęcie kwantów, ale nie znalazła ona jednak początkowo uznania wśród fizyków. Dopiero w 1905 r., gdy Einstein za pomocą tej teorii wyjaśnił zjawisko fotoelektryczne, zaczęto ją traktować z większą łaskawością. I za to właśnie Albert Einstein otrzymał Nagrodę Nobla, a nie za teorię względności!

Wszystkie te odkrycia wywarły duży wpływ na wynalazczość w technice. Wiek XIX był wyjątkowo bogaty w nowe osiągnięcia techniczne. Przykładami mogą być: wynalezienie fotografii przez J. N. Niepce (1765-1833), w 1847 r. wyprodukowano pierwsze kable do elektrotechniki, w 1852 r. rozpoczęto produkcję na większą skalę kwasu siarkowego, w 1854 r. – wytwarzanie aluminium i żarówek, w 1855 r. – produkcja stali na wielką skalę (konwertory Bessemera), w 1856 r. – produkcja szkła na wielką skalę, 1861 r. – wynalezienie telefonu i produkcja amoniaku na skalę przemysłową (metoda Solvaya), 1867 r. – Alfred Nobel, chemik, inżynier i przemysłowiec, wynalazł dynamit i inne silniejsze materiały wybuchowe. W tym samym roku zbudowano pierwszą maszynę do pisania, w 1880 r. dokonano analizy i syntezy barwnika indygo, w 1881 r. – pierwsze elektryczne oświetlenie Wystawy Świato-

wej w Paryżu, w 1885 r. – pierwsze samochody, 1895 r. – produkcja techniczna ciekłego powietrza. Spektakularny rozwój chemii organicznej, w wyniku którego powstały tysiące nowych związków organicznych miał miejsce w drugiej połowie XIX w. Jedną z nowych substancji organicznych był wspomniany już dynamit, który sprawił, że współczesne działania wojenne stały się okrutnymi i krwawymi.

Co działo się w dziedzinie fizyki po odkryciu promieni przez Roentgena? W 1896 r. narodziła się FIZYKA JĄDROWA, na dziesięć lat przed odkryciem przez E. Rutherforda (1871-1937) istnienia jądra w atomie! Do tego odkrycia przyczyniło się odkrycie promieniotwórczości przez H. A. Becquerela (1852-1908), w trakcie eksperymentów nad promieniami X, odkrytymi przez Roentgena w roku poprzednim. Jest jakimś znakiem czasu, że w tym samym 1896 r., w którym Becquerel odkrył promieniotwórczość, zmarł Alfred Nobel (fundator nagród za największe osiągnięcia w dziedzinie fizyki, chemii, medycyny, literatury i pokoju; przyznawanie tych corocznych nagród rozpoczęło 10 grudnia 1901 r., w piątą rocznicę śmierci fundatora).



Fot. 1. Obraz ręki otrzymany przy zastosowaniu „promieni Becquerela” (a) i „promieni Roentgena” (b). Łatwo stwierdzić, że promienie Roentgena dają ostrzejszy obraz w krótszym czasie, a więc były bardziej przydatne.

Photo 1. Image of hand performed with “Becquerel’s rays” (left) and “Roentgen rays” (right). Roentgen rays which produced sharper photographic images in shorter time, were naturally more popular.

Intensywne badania tego nowego zjawiska w fizyce prowadzone w latach 1896-1898 doprowadziły do odkrycia promieniotwórczości. Badaczami, którzy wnieśli swój wkład w wyjaśnienie zjawiska promieniotwórczości byli: **Henryk Antoni Becquerel** (1852-1908), **Maria Skłodowska-Curie** (1867-1934) i **Piotr Curie** (1859-1906). Pierwszy z nich stwierdził istnienie promieniotwórczości, a państwo Curie podali interpretację tego zjawiska. Los tak zrzucił, że uczeni ci byli wyjątkowo predestynowani do badania *terra incognita* w ówczesnej chemii i fizyce, gdzie wszystko było tajemnicze i niezwykłe.

H. A. Becquerel, podobnie jak jego ojciec Edmond Alexander (1820-1891), a także dziadek Antoni Cesar (1788-1878), był specjalistą w dziedzinie luminescencji². Był bardzo pomysłowy w opracowywaniu koncepcji i realizacji eksperymentów na niewielką skalę za niewielkie pieniądze. Był także specjalistą w zakresie zastosowań laboratoryjnych technik fotograficznych, które w tamtych czasach były dobrze

rozwinęte. Podobnie jak jego ojciec, Henryk Becquerel, fascynował się solami uranu i zbadał ich widma zarówno w świetle widzialnym, jak i w podczerwieni.

Uran został odkryty w 1789 r. w postaci tlenku przez niemieckiego chemika M. Klaprotha w trakcie badania blendy smolistej pochodzącej z Saksonii w Niemczech. Dopiero w 1841 r. francuski chemik E. Poligot (1811-1890) uzyskał uran w postaci metalicznej. Do roku 1896 r. uran nie był rzadkością w laboratoriach. W czasie swego odkrycia Becquerel również uzyskał kryształ uranu.

H. A. Becquerel, badając konsekwencje odkrycia Roentgena, stwierdził, że fosforescencja wywołana w szkle rurki próżniowej podczas wytwarzania promieni X sugerowała mu, a także innym fizykom, że zjawisko fosforescencji nawet w naturalnych materiałach, które świeciły się przy ekspozycji na światło, mogło być związane z działaniem promieni X. Umieścił on fosforującą sól uranu na światłoszczelnej kopercie, zawierającej nieeksploatowaną płytkę fotograficzną i ustawił ją w świetle słonecznym. Jeśli prześwietlona płyta wykaże czarne plamy w miejscach, gdzie znajdowała się sól uranowa, Becquerel przypuszczał, że byłoby to spowodowane „promieniami X”. Ucieszyło go odkrycie, że czarne plamy rzeczywiście pojawiły się i zauważył on również, że promienie X przeniknęły przez cienkie folie aluminiowe i miedziane. Długotrwały okres pochmurnej pogody pomógł w jego wysiłkach, gdyż później, po wywołaniu płyt fotograficznych, które leżały w ciemności w szufladzie biurka i na których znajdowały się szczypty soli uranowych, Becquerel ze zdumieniem stwierdził na nich występowanie zaciemnionych obszarów w miejscach, gdzie znajdowała się sól uranowa. Doszedł on do wniosku, że sól uranowa wytwarza przenikliwe promieniowanie nawet znajdując się w swoim normalnym, niewzbudzonym stanie.

Zjawisko promieniotwórczości zostało odkryte!

Edward Rurarz, Małgorzata Sobieszczak-Marciniak

Po trzech dniach niepogody w lutym 1896 r. Becquerel skupił swą uwagę na nowo odkrytym promieniowaniu uranowym (w późniejszych czasach nazwano je również „promieniowaniem Becquerela”) i wysnuł wniosek, że promieniowanie to nie zależy ani od składu chemicznego pierwiastka (soli uranowych) ani od jego temperatury. Z chwilą, gdy zdano sobie sprawę z tego, że promieniowanie z łatwością jonizuje gazy, gdyż może wyładować elektroskop, pojawiły się nowe narzędzia pozwalające na badanie zjawiska (Becquerel odkrył promieniotwórczość przy wykorzystaniu płyt fotograficznych). Emisja promieni Becquerela była niezależna od temperatury soli uranowych w zakresie temperatur od -20 do 100°C. Natura emitowanych promieni była skomplikowana, ponieważ część z nich była odchylana przez pola magnetyczne lub elektryczne oraz absorbowana. Łatwo zauważyć, że odkrycie promieniotwórczości nie było tylko ślepym przypadkiem, ale wynikiem prawdziwego talentu naukowego! Dokonanie interpretacji obserwowanego zjawiska przez naukowców w ówczes-

nych latach było niemożliwe. Nikt nie mógł wyjaśnić pochodzenia tych promieni (energii).

W owym czasie naukowcy nie byli świadomi znaczenia odkrycia Becquerela, które było mniej spektakularne niż odkrycie promieni X (zob. rys. 1). Nie tylko dziennikarze i społeczeństwo nie poświęcili wiele uwagi odkryciu Becquerela, ale i społeczność naukowa. Nic dziwnego, że sam Becquerel tracił stopniowo zainteresowanie odkrytym przez siebie zjawiskiem. Dwa lata później był on bardziej zainteresowany zjawiskiem Zeemana (wpływem pól magnetycznych na promieniowanie) niż swym odkryciem!

Piotr Curie był edukowany w domu przez ojca, Eugeniusza Curie – doktora medycyny oraz prywatnych nauczycieli. Młody Piotr wykazywał duże zdolności do matematyki i doskonale znał geometrię przestrzenną, która okazała się bardzo pomocna w jego badaniach nad krystalografią. W 1878 r. został asystentem na Sorbonie. Wspólnie ze starszym bratem Jacques'em odkryli zjawisko piezoelektryczności. W tym samym roku Piotr Curie został powołany na stanowisko wykładowcy w Szkole Fizyki i Chemii Przemysłowej w Paryżu i rozpoczął samodzielne badania nad zjawiskiem magnetyzmu. W 1895 r. sformułował teorię na temat magnetyzmu i otrzymał tytuł naukowy doktora. Nie ma wątpliwości, że Piotr Curie posiadał nie tylko rozległą wiedzę w dziedzinie fizyki, ale był również niezwykle utalentowanym eksperymentatorem.

Maria Skłodowska urodziła się 07.11.1867 r. w Warszawie w dość licznej rodzinie. Była najmłodsza z pięciorga dzieci (czterech córek: Zofii, Bronisławy, Heleny, Marii oraz syna Józefa).



Fot. 2. Maria Skłodowska najmłodsza z pięciorga dzieci od lewej: Zofia, Helena, Maria, Józef, Bronisława

Photo 2. Maria Skłodowska, the youngest of five children, from the left: Zofia, Helena, Maria, Józef and Bronisława

Ukończyła, podobnie jak reszta rodzeństwa za złotym medalem rządowe gimnazjum w Warszawie. Miłość do nauki, odwaga stawiania pytań i obrony własnych tez zrodziła się u Marii pod wpływem utalentowanych nauczycieli, atmosfery domu rodzinnego i rodziców-pedagogów (byłych nauczycieli fizyki i matematyki). Od najmłodszych lat Maria wyróżniała się niezwykłą pamięcią. Dzieciństwo i młodość Marii Skłodowskiej upływały w czasach wzmożonej rusyfi-

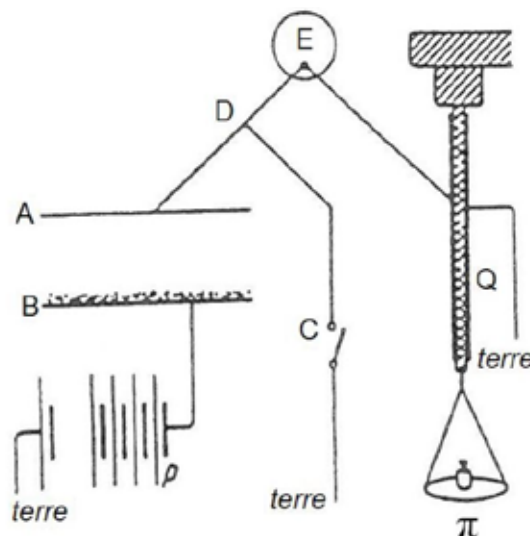
kacji, jaka nastąpiła po upadku powstania styczniowego. W tym czasie w jej życiu nastąpiły tragiczne wydarzenia, które miały niewątpliwie wpływ na jej osobowość i charakter. W 1876 r. zmarła na tyfus najstarsza siostra-Zofia, z którą Maria była bardzo silnie związana emocjonalnie, zaś dwa lata później śmierć zabrała chorującą na gruźlicę matkę. Od tej chwili powoli, powoli Maria zaczyna odsuwać się od religii. Śmierć matki spowodowała, że wszystkie obowiązki związane z wychowaniem i wykształceniem dzieci spoczęły na Władysławie Skłodowskim. Próbował on także podreperować sytuację finansową rodziny, ulokował jednak swój majątek tak nieszczęśliwie, że oszczędności przepadły. Fakt ten spowodował, iż nie było środków, aby wysłać najmłodszą Marię na wymarzone studia na Sorbonie.

W wieku 18 lat Maria objęła posadę guwernantki w majątku administrowanym przez pp. Żórawskich w Szczukach, a z otrzymywanego wynagrodzenia pomagała starszej siostrze Bronisławie, będącej na studiach medycznych w Paryżu. Siostry zawarły bowiem niepisany układ, polegający na wzajemnej pomocy, potem to Bronisława będzie Marii pomagała utrzymać się w Paryżu. W latach 1884–1891 dzięki wsparciu kuzyna ze strony matki, Józefa Boguskiego, Maria miała możliwość nauki analizy chemicznej w laboratorium chemicznym i fizycznym Muzeum Przemysłu i Rolnictwa w Warszawie. Warto tu zauważyć, że był to jedyny czas, kiedy uczyła się chemii. Podczas jednego z pobytów w Warszawie powiedziała, że gdyby jej w Warszawie nie nauczyli analizy chemicznej prof. Napoleon Milicer i dr Kossakowski, nie wydzieliłaby radu. W 1891 r., w wieku 24 lat Maria Skłodowska rozpoczęła studia na wydziale nauk ścisłych na paryskiej Sorbonie. Była niezwykle pilną studentką, z zachwytem wsłuchującą się w wykłady. Zafascynowało ją także uczucie swobody, tak inne od tego, do czego była przyzwyczajona w Warszawie, możliwość czytania książek, jakie się chce, rozmawiania w dowolnym języku, swobodny wybór tematów, to tylko niektóre przejawy owej swobody, o której pisała w listach do rodziny. Znajdowała jednak czas i okazję, aby zwiedzać okolice Paryża i napawać się pięknem przyrody, na które zawsze była wrażliwa. W 1893 r. uzyskała licencjat z fizyki z najlepszym wynikiem i rozpoczęła pracę w laboratorium badawczym profesora Gabriela Lippmana. Rok później ukończyła studia matematyczne, zajmując tym razem drugie miejsce. Miała wówczas 27 lat, posiadała dwa stopnie naukowe i planowała wrócić do Warszawy i pracować jako nauczycielka. W ojczyźnie mogła liczyć tylko na taką posadę. W Paryżu poznała wielu wybitnych fizyków. U prof. Józefa Wierusza-Kowalskiego (1866–1927), wybitnego polityka i dyplomaty, a także fizyka i profesora uniwersytetu we Fryburgu, znanego Marii jeszcze przed wyjazdem na studia, Maria Skłodowska poznała Piotra Curie. Ten starszy od niej o 8 lat francuski fizyk, który po niedawnych osobistych trudnych przeżyciach nie zamierzał zbliżyć się do żadnej kobiety, został niemalże porażony osobą Marii Skłodowskiej.

Ona zaś, poraniona emocjonalnie po rozstaniu z synem zarządcy majątku w Szczukach, także nie zamierzała wiązać się z nikim. Jednak już po pierwszym spotkaniu okazało się, że los lubi płać figle. Wspólne

pojmowanie świata, wspólne zainteresowania, podobne poglądy, a wreszcie umiejętność słuchania ze strony obojga zbliżyła ich do siebie. W lipcu 1895 r. w mero-stwie w Sceaux, gdzie mieszkał Piotr, zawarli związek małżeński, a Maria Skłodowska miała odtąd nosić także nazwisko Curie. Miała także zamieszkać we Francji. Warto tu wspomnieć, iż Maria dwukrotnie wcześniej próbowała znaleźć zatrudnienie w ojczyźnie, nie chciał jej jednak zatrudnić żaden uniwersytet, z tym najstarszym, Jagiellońskim włącznie. Czas, kiedy kobiety wykładają na uczelniach wyższych miały dopiero nadejść, a młoda Maria Skłodowska-Curie była ich zapowiedzią.

Naturalnym etapem po ukończeniu studiów było rozpoczęcie pracy nad doktoratem. Należało tylko znaleźć interesujący, najlepiej niebadany dotąd przez nikogo obszar. Wspomniany już H. Becquerel, odkrywając zjawisko nazwane potem przez Marię zjawiskiem promieniotwórczości i nie zajmując się już potem jego zgłębianiem, niemalże podał jej temat na tacy. Podjęła więc decyzję – miała wyjaśnić, co wywołuje obserwowane przez Becquerela promieniowanie z uranu, to temat godny doktoratu.



Rys. 1. Układ do pomiaru promieniotwórczości, używany przez Marię Curie. Składał się z 2 płasko-równoległych metalowych elektrod A i B, między którymi wytwarzano pole elektryczne P. Na płytce (elektrodzie) B umieszczano materiał promieniotwórczy. Pomiędzy płytkami zaczyna płynąć słaby prąd, wytworzony w powietrzu przez emitowane promieniowanie z preparatu, i jest on mierzony bardzo precyzyjną i wiarygodną metodą kompensacyjną. Prąd kompensowany przez prąd przeciwnego znaku z komory jonizacyjnej i płytki kwarcowej Q zmierzono elektrometrem kwadrantowym E. Po raz pierwszy ta metoda kompensacji prądów pozwoliła precyzyjnie ustalić związki aktywności promieniotwórczej z mierzonymi prądami.

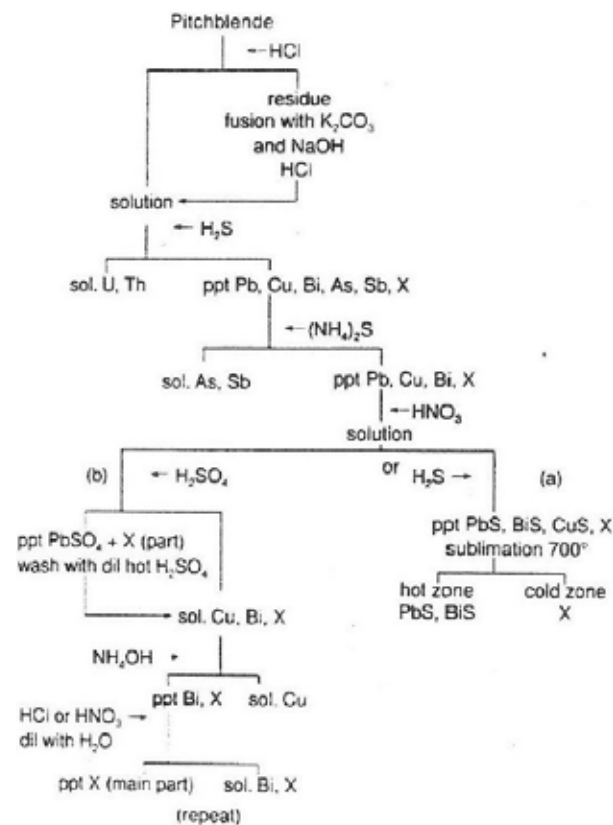
Słowa i litery nie objaśnione na rys. 1: C, D – połączenia z ziemią, słowo „terre” w jęz. francuskim oznacza ziemię, a π – wagę.

Fig. 1. Apparatus used by Maria Curie for measurement of radioactivity. It consisted of 2 parallel-mounted metallic electrodes A and B between which an electric field was generated (P). One electrode (B) was loaded with a radioactive material to be measured and the very small electric current produced in the air by the rays and flowing between the electrodes was measured with a highly sensitive and reliable compensation method. The compensation of the opposite currents from the ionization chamber and from the quartz (Q) was controlled by quadrant electrometer (E). For the first time the emission of uranic rays could be quantified on the basis of the intensity of the current (picoampere range).

The words and letters not explained in the Fig. 1: C, D – connection to the ground, French word terre = ground, π – weight

Piotr Curie, pracując jako profesor w szkole technicznej, uzyskał pozwolenie, aby jego żona mogła prowadzić badania w szopie, która służyła jej jako laboratorium. Pomieszczenie było dość prymitywne, ale Maria i Piotr cieszyli się niezależnością, prowadząc w nim badania. Maria rozpoczęła systematyczne badania nad promieniotworem soli uranu, kryształów i minerałów. Wtedy to nazwała tę cechę promieniotwórczością (radioaktywnością) i rozpoczęła badania nad zmierzaniem promieniotwórczości przy pomocy zjawiska piezoelektrycznego, które wcześniej odkrył jej mąż. W swoich badaniach posługiwała się komorą jonizacyjną (zob. rys. 1.) połączoną z elektrometrem i z kryształem piezoelektrycznym jako ładunkiem elektrycznym (które zastąpiły elektroskopy i klisze fotograficzne). W odróżnieniu od wcześniejszych badań w dziedzinie promieniotwórczości państwa Curie były również wykonywane w dziedzinie analizy chemicznej ilościowej, ale z najwyższą precyzją. Początkowe wyniki tych badań tak zainteresowały Piotra, że przerwał swoje badania nad magnetyzmem stali i wspólnie z żoną kontynuował jej badania. Małżonkowie wykazali, że zarówno pierwiastek uran, jak i tor posiadają właściwości promieniotwórcze. Niezależnie od nich właściwość tę potwierdził niemiecki fizyk Gerhard S. Schmidt (1865-1949). Właściwości promieniotwórcze były bardzo intrygujące i stało się oczywiste, że zaobserwowane promieniowanie nie było promieniowaniem rentgenowskim, ale nowym rodzajem promieniowania, bardziej energetycznym i przenikliwym. W trakcie badań nad zawartością uranu w blendzie smolistej (rudzie, z której usunięto uran) i w chalkolite, małżeństwo Curie spostrzegło, że próbki charakteryzowały się wyższą aktywnością niż czysty uran. Doszli do wniosku, że w badanych minerałach musi występować inny, bardziej promieniotwórczy pierwiastek. Warto podkreślić, że badania nad promieniotwórczością przeniosły się z dziedziny fizyki do chemii. Ani Becquerel, ani Piotr Curie nie byli chemikami, tylko Maria była przygotowana do przeprowadzenia analizy chemicznej zarówno pod kątem eksperymentalnym, jak i teoretycznym, a przygotowanie to zdobyła, przypomnijmy, podczas zajęć w Muzeum Przemysłu i Rolnictwa w Warszawie. W wyniku serii żmudnych, pracochłonnych i czasochłonnych separacji chemicznych kilku ton blendy smolistej uzyskali w lipcu 1898 r. pierwiastek śladowy, „którego aktywność (tj. rozpad na 1 sekundę), jest 400 razy wyższa niż aktywność podobnej ilości uranu”. Blendę smolistą sprowadzali z Czech z kopalni uranu.

Na prośbę Marii nowy pierwiastek promieniotwórczy nazwali **polonem**, aby uhonorować jej kraj ojczysty – Polskę. Chociaż znana była analiza chemiczna blendy smolistej, państwo Curie dokonali jej z zastosowaniem nowej niezwykle czułej metody, obejmującej pomiar radioaktywności poszukiwanego pierwiastka. Sekwencja chemiczna separacji, która doprowadziła do odkrycia polonu, została ukazana na rys. 2.



Rys. 2. Sekwencja chemiczna separacji, która doprowadziła do odkrycia polonu. Był on częściowo wydzielony z Bi przez sublimację (gałąź A) lub metodą frakcyjnego strącania wodorotlenków (gałąź B)

Fig. 2. Flow chart of the chemical separations which led to the discovery of polonium. The polonium was partially separated from Bi by sublimation [path (a)] or by a wet method based on fractional precipitation of hydroxides [path (b)]

Do grudnia 1898 r. państwo Curie wydzielili nowy pierwiastek o bardzo wysokiej aktywności (milion razy większej od uranu) – rad (Ra), którego nazwa pochodzi od łacińskiego słowa „radius” (promień). Ważną rolę w wydzieleniu radu odegrała współpraca z francuskim chemikiem Gustawem Bemont’em (1867 – 1932). Istnienie nowego pierwiastka zostało wykazane w trakcie niezwykle żmudnych chemicznych separacji, w wyniku których udało się otrzymać 0,120 g chlorku radu (RaCl_2) z jednej tony blendy uranowej. Analiza blendy uranowej była „radiochemiczną” separacją, którą jako pierwsza wykonała Maria Curie. Maria była świadoma, jak ważne było udowodnienie, że Ra i Po są pierwiastkami. Doszła do wniosku, że jest to prostsze w przypadku radu. Nie ustawała w wysiłkach, aby określić masę atomową radu. W lipcu 1902 r. Maria Skłodowska-Curie ogłosiła, że masa atomowa radu wynosi 225 ± 1 . Dzisiaj znamy ją jako 226,0254, a więc w granicach błędów doświadczalnych. W rezultacie przeprowadzenia opisywanych badań uczona otrzymała doktorat z nauk ścisłych w czerwcu 1903 r. Warto tu wspomnieć, że już rok później praca została wydana także w języku polskim. To ważne, gdyż potwierdza fakt przywiązania uczzonej do pierwszej ojczyzny oraz dbałość i szybkie informowanie polskich uczonych o własnych osiągnięciach.

Po światowym sukcesie Marii Skłodowskiej-Curie, Henryk Becquerel wraca do badań nad promieniotwórczością. Państwo Curie przekazali mu próbkę radu i odseparował on promieniowanie alfa i beta emitowane przez ten pierwiastek. W tym samym roku (1903) Maria Skłodowska-Curie z Piotrem Curie i prof. Becquerelem wspólnie otrzymują Nagrodę Nobla w dziedzinie fizyki, za odkrycie promieniotwórczości. To kolejna zapowiedź zmian w systemie społecznym, pierwsza kobieta nagrodzona najwyższą nagrodą naukową.

Trzeba dodać, że podczas badania różnorodnych związków potasu, między innymi związków potasu z obecnym w nich tantalem (Ta) i niobem (Nb), uczona stwierdziła słabą ich aktywność, którą przypisała raczej cięższemu pierwiastkom – tantalowi i niobowi niż potasowi. Dziś wiemy, że aktywność ta pochodzi od długozyciowego izotopu ^{40}K !

Odkrycie nowych pierwiastków ma zawsze duże znaczenie dla nauki. W roku 1900 cztery lata po odkryciu promieniotwórczości, liczba pierwiastków radioaktywnych wynosiła 5: uran, tor, polon, rad i aktyn (odkryty w październiku 1899 r. przez francuskiego chemika A. Debierne'a (1874 – 1949), ucznia i przyjaciela Piotra Curie, podczas pracy nad separacją polonu z blendy uranowej). Zdawano sobie sprawę, że miejsce tych 3 ostatnich pierwiastków znajduje się między bizmitem a torem.

Państwo Curie napotkali wiele problemów, takich jak:

- 1) poszukiwanie promieniotwórczych rud;
- 2) opracowanie metod separacji mikroilości promieniotwórczych pierwiastków;
- 3) przebadanie ich fizycznych i chemicznych właściwości zarówno w formie metalicznej, jak i innej;
- 4) produkcja dużych ilości radu (w formie metalu i innej);
- 5) opracowanie precyzyjnych metod pomiaru efektów cieplnych emitowanego promieniowania;
- 6) uważne badanie właściwości różnych form promieniowania;
- 7) opracowanie całkowicie nowych metod pomiaru i sprzętu.

Wkład państwa Curie w naukę miał bardziej niż zasadnicze znaczenie i polegał na wykazaniu, że promieniotwórczość jest zjawiskiem atomowym i może być wykorzystana do odkrycia nowych pierwiastków. Do tego momentu uważano, że znane pierwiastki są stabilne.

W świetle powyższych faktów przyznanie Nagrody Nobla państwu Curie nie jest sensacją. Przed otrzymaniem Nagrody Nobla w 1903 r. Maria i Piotr Curie nie byli znani w świecie nauki. Piotrowi Curie dwukrotnie odmówiono stanowiska wykładowcy na Sorbonie i pracował on jako nauczyciel w szkole. Maria była wykładowcą fizyki w szkole dla dziewcząt w Sevres na przedmieściach Paryża, zdając wcześniej z I lokatą egzamin nauczycielski dający odpowiednie uprawnienia. Można powiedzieć, że po otrzymaniu Nagrody Nobla sytuacja państwa Curie zmieniła się na lepsze, Piotr został powołany na stanowisko profesora na Sorbonie, a Maria – na szefową laboratorium na tej samej uczelni. Choć uczeni widzieli także wiele utrudnień, które do ich życia wprowadziła sława związana z przyznaniem owej nagrody.

W życiu prywatnym uczonych także wiele się działo na przestrzeni tych ostatnich lat. W roku 1897 przychodzi na świat pierwsza córka, Irena. Później

szła uczona, noblistka, partnerka naukowa Marii, siedem lat później druga córka – pianistka, pisarka, dziennikarka, działaczka społeczna – Ewa, umiera także w Warszawie Władysław Skłodowski.

Dzień 19 kwietnia 1906 r. przyniósł jednak kolejny osobisty dramat w życiu uczzonej. Tego dnia w wypadku ulicznym zginął bowiem Piotr Curie. Uczona została sama z córkami, z rozpoczętymi pracami w laboratorium i z kwiatami, które jeszcze kilka dni wcześniej zbierali razem z Piotrem. W tym też roku zaproponowano Marii katedrę, w której wykładał Piotr, nie było dla niej prostą decyzją skorzystać z tej propozycji. Poza bólem miała świadomość, że gdyby jej mąż żył, nie dopuszczono by jej do stanowiska wykładowcy, co więcej, dwa lata później, w roku 1908 została pierwszą kobietą profesorem zwyczajnym Sorbony. Teraz już okowy społecznych przesądów zaczynają pękać coraz wyraźniej. Maria kontynuowała badania nad promieniotwórczością, rozbudowała laboratorium i przygotowała międzynarodowy wzorzec radu. W roku 1910 r. opublikowano jej dzieło na temat promieniotwórczości. Rok później ubiegała się o przyjęcie w poczet członków Francuskiej Akademii Nauk, jej kandydatura przepadła jednak w głosowaniu. Jakby na pocieszenie, czy na potwierdzenie wielkości uczzonej, w 1911 r. Szwedzka Akademia Nauk przyznała jej Nagrodę Nobla za pracę nad wydzieleniem czystego radu.



Fot. 3. W 1911 r. Szwedzka Akademia Nauk przyznała Marii Skłodowskiej-Curie Nagrodę Nobla

Photo 3. In 1911 the Swedish Academy of Sciences awarded the Nobel Prize to Maria Skłodowska-Curie

Była uczoną i do tego kobietą uhonorowaną tą nagrodą dwukrotnie i to w dwóch różnych dziedzinach naukowych. Do dziś nikt nie powtórzył tego wyczynu. Niewątpliwie ta nagroda pomogła jej w utworzeniu w Paryżu Instytutu Radowego w 1912 r., w którym kierowała wydziałem fizyczno-chemicznym aż do śmierci. Od 1911 r. uczona jako jedyna kobieta bierze udział w słynnych kongresach Solvayowskich. Na tych spotkaniach największych fizyków ówczesnego świata do roku 1933 była jedyną kobietą. We wspomnianym roku dołączyły dwie inne damy nauki, Irena Joliot Curie i austriacka uczona, Lise Meitner. (zob. fot. 4, 5 i 6).

INSTITUT DU RADIUM.
LABORATOIRE CURIE.
1, rue Pierre-Curie, Paris (5^e).

Paris P. Curie 19 33

CERTIFICAT. N° 3038

DOSAGE DE RADIUM PAR LE RAYONNEMENT γ .

NATURE ET PROVENANCE DE L'APPAREIL.
Appareil à sel de Radium solide avec aiguille platine marquée H. 57
Longueur 19,3 mm
Épaisseur 1,5 mm
Poids 0,561 g.
apporté par P. H. Joliot Curie
et rendu le 30 Juin 1933
le 9 Juin 1933.

CONDITIONS DE MESURES.
Le rayonnement γ de l'appareil est comparé au rayonnement γ de l'Étalon du Laboratoire.
Si l'appareil n'a pas atteint son rayonnement limite, celui-ci est déduit des mesures par le calcul.
L'appareil qui fait l'objet de ce Certificat avait atteint son rayonnement limite.

RÉSULTAT DES MESURES.
Le rayonnement γ limite émis à l'extérieur de l'appareil est équivalent à celui de 1,268 Milligrammes de radium élément.

QUANTITÉ DE RADIUM CONTENUE DANS L'APPAREIL.
Cette quantité est évaluée en tenant compte de l'absorption du rayonnement γ par la paroi de l'appareil, conformément à l'épaisseur de celle-ci et à son coefficient d'absorption.
L'épaisseur indiquée par P. H. Joliot Curie est mm. 0,5
La correction qui en résulte est évaluée à 6%
du rayonnement γ qui émane de la substance.
La quantité de radium contenue dans l'appareil est donc :

MILLIGRAMMES DE RADIUM ÉLÉMENT 1,885
une centaine, huit cent vingt cinq dixième

MILLIGRAMMES DE BROMURE DE RADIUM HYDRATÉ $\text{RaBr}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 2,420
deux cent quarante deux dixième

à la condition que la matière employée ne contienne pas d'autres substances radioactives que le radium et ses dérivés.
La précision des mesures est suffisante pour que l'erreur ne puisse atteindre 1%
Ce Certificat est unique et doit accompagner l'appareil pour lequel il a été délivré.

Le Directeur du Laboratoire.
M. Curie

Fot. 4. Świadcstwo pomiarów zawartości radu w próbce, sporządzone własnoręcznie przez Marię Curie (kopia)

Photo 4. Certificate of the measurements of radium content in the sample performed by Madame Maria Curie with Her own hands (a copy)

Maria utrzymywała kontakty ze swoją ojczyzną, wspierała badania naukowe w Warszawie i wysłała do Polski swoich stypendystów, m.in. dwóch wybitnych fizyków, swoich uczniów: Jana Danysza (1889-1914) oraz Ludwika Wertensteina (1887-1945) do pracy w Laboratorium Radiologicznym, zorganizowanym przez Warszawskie Towarzystwo Naukowe.

Już od samego początku, kiedy Maria Skłodowska stała się Madame Curie, była lojalną obywatelką Francji (nadal pozostając polską patriotką). Była nią wtedy, kiedy dokonywała odkryć w szopie laboratoryjnej i dwukrotnie otrzymała Nagrodę Nobla, przynosząc prestiż Francji i Polsce, jak i podczas działań na frontach I wojny

światowej. Kiedy ogłoszono w Paryżu mobilizację, pisała w jednym z listów do Paula Langevina, że skoro nie może swoich sił oddać swojej własnej ojczyźnie, odda je ojczyźnie przybranej. Dzięki swemu uporowi zorganizowała dziesiątki ruchomych punktów prześwietleń, wyposażała samochodowe laboratoria radiologiczne, prowadząc także samodzielnie furgonetki Renault i Peugeot, aby w szpitalach wojskowym diagnozować rannych. Szkoliła również dziewczęta z obsługi tych urządzeń (chłopcy służyli w wojsku na froncie), aby mogły zostać asystentkami radiologicznymi (pielęgniarkami). Po wojnie w Instytucie Radowym powstała szkoła techników radiologów, do której przyjeżdżali także żołnierze amerykańscy.



Fot. 5. Ich 23 i ona jedna! Maria Curie jako uczestnik Pierwszego Kongresu Solvayowskiego w Brukseli (29.10-03.11.1911 r.), w którym wzięli udział najznakomitsi fizycy ówczesnej Europy. Od lewej do prawej stoją: R. B. Goldschmidt, M. Planck, H. Rubens, A. Sommerfeld, F. Lindemann, M. de Broglie, M. Kundsén, Hasenohrl, Hostelet, Herzen, J. H. Jeans, E. Rutherford, H. Kamerlingh-Onnes, A. Einstein, P. Langevin; Siedzą: W. Nernst, M. Brillouin, E. Solvay, H. A. Lorentz, O. H. Warburg, J. Perrin, W. Wien, M. Curie i H. Poincaré

Photo 5. One woman among 23 men. Marie Curie as a member of intellectual elite of European Physics during First Solvay Congress in Brussels (29 Oct.-3 Nov. 1911). From left to right, standing: R.B. Goldschmidt, M. Planck, H. Rubens, A. Sommerfeld, F. Lindemann, M. de Broglie, M. Kundsén, Hasenohrl, Hostelet, Herzen, J.H. Jeans, E. Rutherford, H. Kamerlingh Onnes, A. Einstein, P. Langevin; Sitting: W. Nernst, M. Brillouin, E. Solvay, H.A. Lorentz, O.H. Warburg, J. Perrin, W. Wien, M. Curie, H. Poincaré



Fot. 6. W 1933 w kongresie brały udział jeszcze dwie kobiety: Irena Joliot Curie i Lise Meitner

Photo 6. In 1933 two other women also took part in the Solvay Congress: Irena Joliot Curie and Lise Meitner

Po I wojnie światowej, w 1918 r. zaczął funkcjonować w Paryżu Instytut Radowy, który stał się międzynarodowym centrum badań nad składem chemicznym substancji promieniotwórczych i ich zastosowań w medycynie.

W latach 1921 i 1929 r. Maria Skłodowska-Curie wyjeżdżała do Stanów Zjednoczonych (zob. fot. 7), po finansowe wsparcie dla Instytutów Radowych w Paryżu i w Warszawie.



Fot. 7. Powiększony kadr z fot. 5. Maria Curie pomiędzy Janem Perrin (po jej lewej) i Henrykiem Poincaré (po prawej)

Photo 7. Enlarged fragment of Fot 5. Marie Curie between Jean Perrin (on the left) and Henri Poincaré (on the right)



Fot. 8. Ameryka, Ameryka! Jedni jadą do niej za chlebem, a inni, jak Maria Curie z córkami Ireną i Ewą (rok 1921) i panią W. G. Maloney udają się po 1 gram radu, który mają jej ofiarować amerykańskie kobiety

Photo 8. America, America! While some went there for bread, Marie Curie went there in 1921 with Her daughters Irene and Eve and Mrs W.G. Maloney for a gram of radium offered to Her by American women

Maria Curie wygłosiła wiele wykładów w wielu krajach (m.in. w Belgii, Brazylii, Czechosłowacji, Hiszpanii, itp.), gdzie uniwersytety nadały jej tytuł doktora honoris causa, i gdzie otrzymała liczne nagrody i wyróżnienia, a także honorowe członkostwo towarzystw naukowych. Była także członkiem Międzynarodowej Komisji do Spraw Intelktualnej Współpracy w Lidze Narodów, reprezentowała tam także sprawę polską.

29 maja 1932 r. uczona przyjechała po raz ostatni do Warszawy na uroczystość otwarcia Instytutu Radowego w Warszawie.

Placówkę w całości wybudowano ze składek społecznych, społeczeństwo oddawało w ten sposób cześć sławnej Polce. Ona zaś zapewniła część wyposażenia i pierwszy gram radu.

Maria Skłodowska-Curie zmarła 4 lipca 1934 r. na białaczkę, spowodowaną długotrwałym działaniem promieniowania. Pochowano ją zgodnie z wolą zmarłej podczas skromnej, rodzinnej ceremonii w rodzinnym grobie w Sceaux u boku Piotra Curie. W roku 1995 prochy uczonych spoczęły w paryskim Panteonie, w którym spoczywają zasłużeni dla Francji. Maria Skłodowska-Curie jest pierwszą cudzoziemką i jedyną kobietą uhonorowaną w ten sposób za własne zasługi naukowe (fot. 8 i 9).



Fot. 9. Trumny z prochami Marii i Piotra Curie przed Panteonem, Paryż, 19 kwietnia 1995 r. W głębi fotografii widać prezydenta Francji F. Mitterranda, mera Paryża J. Chiraca i dalej córkę M. Curie, panią Ewę Curie-Labouisse

Photo 9. The coffins with ashes of Marie and Pierre Curie in front of Pantheon, Paris, 19 April 1995. In the deep background: President F. Mitterrand, Lord Mayor of Paris J. Chirac and Eve Curie – Labouisse, daughter of M. Curie

Odkrycie naturalnej promieniotwórczości miało miejsce we Francji, natomiast do identyfikacji składowych atomu największy wkład wnieśli Brytyjczycy. Identyfikacja jądra atomu dokonana w 1911 r. przez Ernesta Rutherforda stanowiła wielki przełom w nauce. Wraz z F. Soddy w 1912 r. Rutherford przypisał radioaktywność procesowi obejmującemu spontaniczny rozpad atomów. Rutherford, Soddy, Becquerel, państwo Curie i P. Villard (1900) zidentyfikowali poprzez zachowanie w polu magnetycznym trzy rodzaje emisji promieniowania: 1) cząsteczki alfa naładowane dodatnio; 2) cząsteczki beta jako elektrony naładowane ujemnie; 3) bezcząsteczki, wysokopenertrujące emisje promieni gamma.

W wyniku wielu eksperymentów dowiedziono, że wszystkie trzy typy promieniowania pochodzą z jądra naturalnie promieniotwórczych pierwiastków. Dalszym postępowaniem było ustalenie protonowo-neutronowego składu jąder atomowych i wyjaśnienie zjawiska izotopii. W następnych dekadach odkryto również inne źródła radioaktywności: w 1919 r. Rutherford realizuje pierwszą reakcję jądrową, używając cząsteczek alfa, natomiast odkrycie neutronu nastąpiło w 1932 r. przez J. Chadwicka, a sztucznej promieniotwórczości w 1934 r. przez Irenę Curie i F. Joliot'a. Opisano również właściwości różnych materiałów promieniotwórczych. Wszystkie te fakty spowodowały, że promieniotwórczość przekształciła się w nową gałąź nauki – **FIZYKĘ JĄDROWĄ!**

Ponieważ odkrycie promieniotwórczości i radioaktywnych pierwiastków ewaluowało w kierunku fizyki jądrowej, to ich zastosowanie dotyczy przede wszystkim medycyny jądrowej, reaktorów jądrowych i broni jądrowej. Pierwsze zastosowanie uzyskało akceptację społeczeństw, ale pozostałe dwa zastosowania są bardziej problematyczne.



Fot. 10. Ceremonia przeniesienia prochów małżeństwa Curie na Panteon, Paryż, 19.04.1995 r.

Photo 10. The funeral ceremony of transfer the remains of the Curies at Pantheon (19 April 1995, Paris)

Nazwiska **H. A. Becquerel, M. i P. Curie** istnieją w nauce. Dla przykładu:

1. Uznanyimi jednostkami promieniotwórczości w świecie są:

1 becquerel = 1 Bq = 1 rozpad na sekundę,

1 curie = 1 Ci = $3,7 \times 10^{10}$ rozpadów na sekundę.

2. Dr Glenn Seaborg ze współpracownikami odkryli nowy sztucznie wytworzony pierwiastek o liczbie atomowej 96, który na cześć państwa Curie nazwali **curium**.
3. Metoda leczenia raka, w której izotop jest umieszczony na powierzchni (brachy) lub bezpośrednio wewnątrz (endo) guza rakowego jest nazywana brachyterapią lub **endocurieterapią**.
4. Jeden z polskich uniwersytetów w Lublinie (UMCS) nosi nazwę Marii Curie-Skłodowskiej.
5. W Warszawie, przy ul. Freta 16, w domu, w którym urodziła się Maria Skłodowska-Curie, znajduje się muzeum poświęcone jej pamięci.
6. Wiele szkół, instytucji publicznych i fundacji w Polsce nosi jej imię.
7. W Warszawie od 22 lat działa w dawnym Instytucie Radowym (obecnie Klinika Centrum Onkologii) przy ul. Wawelskiej 15 Towarzystwo Marii Skłodowskiej-Curie w Hołdzie propagujące wiedzę o postaci i dokonaniach uczzonej.

PODZIĘKOWANIA

Autor tego artykułu pragnie serdecznie podziękować za pomoc pracownikom bibliotek:

- 1) Instytutu Francuskiego (Warszawa, ul. Widok 12);
- 2) Fizyki Teoretycznej (Warszawa, ul. Hoża 69);
- 3) Muzeum Marii Skłodowskiej-Curie (Warszawa, ul. Freta 16);
- 4) Towarzystwa Marii Skłodowskiej-Curie w Hołdzie (Warszawa, ul. Wawelska 15).

Zdjęcia pochodzą z archiwum Towarzystwa Marii Skłodowskiej-Curie w Hołdzie i archiwum autora.

*dr Edward Rurarz,
Instytut Problemów Jądrowych,
Otwock-Świerk*

*mgr Małgorzata Sobieszczak-Marciniak,
prezes Towarzystwa Marii Skłodowskiej-Curie
w Hołdzie,
Warszawa*

Przypisy:

- 1 Po II wojnie światowej fizycy potrafili organizować wielkie przedsięwzięcia naukowe, budować w szybkim tempie wielkie urządzenia badawcze i rozmawiać ze swoim rządami.
- 2 Luminescencja - termin ogólny, który obejmuje różne procesy wzbudzania, takie jak chemiluminescencję, katodoluminescencję i fotoluminescencję oraz emisję światła. Niezależnie od czynnika wzbudzającego, luminescencję dzielimy na: fluorescencję, która trwa tylko w czasie działania czynnika wzbudzającego oraz fosforescencję, polegającą na uwalnianiu energii zgromadzonej w materiale luminescencyjnym (świecenia), trwającą nawet po usunięciu czynnika wzbudzającego.



CZTERY NOWE PROJEKTY EU H2020 UZYSKANE PRZEZ ICHTJ

W maju 2017 r. odbył się w Genewie kick-off meeting projektu H2020 ARIES „Badania i innowacje w zastosowaniach akceleratorów elektronów w służbie nauki i społeczeństwa”. Ponadto, w tym samym miesiącu podpisano umowy rozpoczynające realizację trzech innych projektów H2020, RIA, EURATOM fission: CHANCE „Charakteryzowanie kondycjonowanych odpadów promieniotwórczych w celu ich bezpiecznego składowania w Europie”, GENIORS „Zintegrowane strategie recyklingu tlenkowych paliw GEN IV”, TeaM Cables „Europejskie narzędzia i metodologie dla efektywnego zarządzania starzeniem kabli w elektrowniach jądrowych”. Projekty będą realizowane w latach 2017-2021.

Należy dodać, że IChTJ realizuje również dziewięć międzynarodowych projektów badawczych (Coordinated Research Programmes) w ramach umów z IAEA. Jest to dowód na aktywne działania instytutów badawczych w zakresie pozyskiwania funduszy europejskich i funduszy zarządzanych przez agendy ONZ. Jest też wyrazem uznania instytucji międzynarodowych dla osiągnięć oraz wysokiego potencjału naukowego naszych jednostek. IChTJ jako jedyna instytucja naukowa w Polsce uzyskała zatwierdzoną przez Rząd RP nominację na tzw. Collaborating Centre IAEA. Posiada również Erasmus Charter przyznaną przez EU na lata 2014-2020, a w ramach prowadzonego przez IChTJ międzynarodowego studium doktoranckiego naukę pobiera 20 osób. Realizowany program studiów i badań w zakresie chemii jądrowej i radiacyjnej oraz jądrowej inżynierii chemicznej jest programem unikatowym w skali kraju i jednym z wiodących w Europie.



Fot. 1. Zdjęcie grupowe ARIES

- <https://indico.cern.ch/event/616743/>

Krzysztof Krukowski,
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej,
Warszawa



JUBILEUSZOWA SESJA NAUKOWA POLSKIEGO TOWARZYSTWA BADAŃ RADIACYJNYCH IM. MARII SKŁODOWSKIEJ-CURIE

W dniu 29 czerwca 2017 r. odbyła się w Warszawie Jubileuszowa Sesja Naukowa Polskiego Towarzystwa Badań Radiacyjnych im. Marii Skłodowskiej-Curie (PTBR) pt. „Promieniowanie w nauce, technologii, medycynie i środowisku naturalnym”, zorganizowana przez Zarząd Główny i Prezesów Oddziałów PTBR z okazji 50-lecia istnienia Towarzystwa oraz 150. rocznicy urodzin jego patronki. Eleganckie sale Pałacu Staszica gościły ponad 100 naukowców oraz nestorów nauki: chemików, biologów, fizyków, lekarzy.

Patronat honorowy nad tym wydarzeniem objęli: minister energii Krzysztof Tchórzewski, minister nauki i szkolnictwa wyższego Jarosław Gowin, minister zdrowia Konstanty Radziwiłł i prezes Państwowej Agencji Atomistyki (PAA) Andrzej Przybycin. Sponsorem konferencji były firmy: RadPro International GmbH (Niemcy), Elekta Sp. z o.o. (Warszawa), Alchem Grupa Sp. z o.o. (Toruń), Foton-Bis Sp. z o.o. (Bydgoszcz), IRtech Sp. z o.o. (Kraków), Canberra Packard, Sp. z o.o. (Warszawa), Kikgel, Sp. z o.o. (Ujazd), VWR International Sp. z o.o. (Gdańsk) oraz Międzyresortowy Instytut Techniki Radiacyjnej Politechniki Łódzkiej.



Fot. 1. Pani prof. dr hab. Ewa Szajdzińska-Piętek, prezes PTBR, wita uczestników Sesji Jubileuszowej PTBR (fot. Jacek Wendykier)

Sesję Jubileuszową otworzyła prezes PTBR prof. dr hab. Ewa Szajdzińska-Piętek, która powitała uczestników spotkania, w szczególności osoby reprezentujące patronów honorowych oraz zaproszonych gości honorowych: przedstawicieli instytucji i towarzystw naukowych, wybitnie zasłużonych działaczy Towarzystwa (członkowie założyciele, członkowie honorowi, byli prezesi) oraz laureatów Medalu im. Marii Skłodowskiej-Curie. Po odczytaniu listów skierowanych do uczestników Sesji przez ministra J. Gowina i prezesa PAA A. Przybycina, wystąpili kolejno profesoro- wie Andrzej Danysz, Jerzy Peńsko i Roman Broszkiewicz –

twórcy PTBR, przedstawiając swoje wspomnienia z okresu jego narodzin. Ponadto, w imieniu dyrektora Instytutu Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie – prof. Marka Jeżabka, wystąpił prof. Paweł Olko.

Następnie prof. Antoni K. Gajewski w błyskotliwy sposób opowiedział o genezie i historii Towarzystwa w latach 1967-1985 (*od narodzin do dojrzałości*) oraz o atmosferze panującej w tym czasie w środowiskach naukowych w Polsce. Kolejnym wykładem była opowieść o Marii Skłodowskiej-Curie wygłoszona przez panią Małgorzatę Sobieszczak-Marciniak, prezesa Towarzystwa Marii Skłodowskiej-Curie w Hołdzie i autorkę książki o naszej wybitnej rodaczce.



Fot. 2. Pani prof. Irena Szumiel wygłasza wykład z dziedziny radiobiologii p.t. „Radiobiologia komórkowa: od teorii tarczy do efektu widza” (fot. Jacek Wendykier)

Po przerwie kawowej rozpoczęła się pierwsza z dwóch sesji naukowych, podczas których wygłoszono wykłady z dziedziny radiobiologii (Irena Szumiel oraz Anna Gasińska), radioterapii (Krzysztof Skłodowski), bioelektromagnetyzmu (Marek Zmyślony), ochrony radiologicznej (Paweł Krajewski), chemii radiacyjnej (Piotr Ulański) i energetyki jądrowej (Andrzej G. Chmielewski). Szczegółowy program i większość prezentacji można znaleźć na stronie internetowej PTBR: www.ptbr.org.pl/index.php/jubileuszowa-sesja-naukowa-ptbr/prezentacje-sesji-jubileuszowej.html.

Członkowie założyciele PTBR oraz wykładowcy otrzymali egzemplarze jubileuszowego wydania dwujęzycznej (polsko-angielskiej) książki-albumu autorstwa naszej patronki pt. „Autobiografia i Piotr Curie” (Galant Edition, Warszawa 2017). Do materiałów konferencyjnych, które otrzymał każdy uczestnik sesji, dołączona była natomiast książka pt. „50 lat działalności Polskiego Towarzystwa Badań Radiacyjnych im. Marii Skłodowskiej-Curie” (1967-2017), opracowana przez komitet redakcyjny w składzie: Agnieszka Adamczyk, Antoni K. Gajewski, Marek K. Janiak, Krzysztof Pachocki, Małgorzata Rochalska i Ewa Szajdzińska-Piętek. Opowiada ona o historii PTBR, zawiera wiele interesujących wspomnień i archiwalnych fotografii.

Po zakończeniu części naukowej Sesji w salach recepcyjnych Pałacu Staszica odbyła się uroczysta kolacja, podczas której w miłej atmosferze, przy lampce wina i dobrym jedzeniu można było porozmawiać, powspominać i zastanowić się jak widzimy nasze Towarzystwo w przyszłości...



Fot. 3. Uczestnicy Sesji Jubileuszowej PTBR w trakcie wykładu na Sali Łustrzanej Pałacu Staszica (fot. Jacek Wendykier)

Na zakończenie chciałbym podkreślić, że w zgodnej opinii uczestników Sesji, PTBR przez cały czas 50. letniego istnienia, skutecznie realizowało swój cel, którym jest popieranie i popularyzacja badań dotyczących działania promieniowania jonizującego i elektromagnetycznego promieniowania niejonizującego na materię. Towarzystwo niewątpliwie jest rozpoznawalną marką w obszarze nauki polskiej i aktywnie uczestniczy w kształtowaniu badań radiacyjnych w naszym kraju.

Sylwester Sommer,
Prezes Warszawskiego Oddziału Polskiego Towarzystwa
Badań Radiacyjnych,
Warszawa



XX KONFERENCJA INSPEKTORÓW OCHRONY RADIOLOGICZNEJ

Stowarzyszenie Inspektorów Ochrony Radiologicznej (OR) zorganizowało w dniach od 21 do 24 czerwca br. konferencję naukową połączoną z Walnym Zebraniem członków SIOR. Spotkania te mają już długą tradycję i odbywają się zwykle w Skorzęcinie koło Gniezna. W konferencjach poza inspektorami OR biorą udział pracownicy różnych zawodów związanych z wykorzystaniem dla celów medycznych, przemysłowych i naukowych promieniowań jonizujących. Spotkania w ostatnim czasie zmieniły nieco formułę i w sporej części oferują zajęcia praktyczne prowadzone przez najlepszych specjalistów w dziedzinie OR. W tym roku uczestnicy konferencji byli również gośćmi Instytutu Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego PAN w Krakowie. Mottem XX konferencji były „Różne aspekty ochrony radiologicznej”.

W części praktycznej zatytułowanej „Pomierzmy i policzmy” w tym roku skupiono się na problematyce ochrony radiologicznej przy produkcji radiofarmaceutyków. Do obliczeń dla przykładu wybrano Cyklotron Cyclone 18/9 produkowany przez IBA będący akceleratorem cyklicznym,

izochronicznym, przyspieszającym ujemnie naładowane jony wodoru (H^-) do ustalonej energii 16,5 MeV oraz jony deuteru (D^-) do energii 8,4 MeV. Naładowane cząsteczki rozpędzone w polu magnetycznym po zderzeniu z tarczem węglowym tracą elektrony i zmieniają się w protony. Aparat umożliwia instalację tarcz gazowych, ciekłych i stałych, z których można uzyskać szereg izotopów stosowanych w medycynie takich jak: ^{11}C , ^{13}N , ^{15}O i ^{18}F oraz ^{124}I , ^{86}Y , ^{64}Cu i ^{66}Ga . Wybrano wariant najbardziej popularny, czyli produkcję ^{18}F . Źródłem promieniowania w cyklotronie są tarcze napromieniane wiązką protonów w wyniku czego powstaje promieniowanie neutronowe oraz wtórnie promieniowanie gamma będące wynikiem oddziaływania neutronów z powietrzem. Należy to wziąć pod uwagę, projektując osłony pracowni. Instalacja, uruchomienie oraz prace serwisowe cyklotronu mogą być prowadzone jedynie przez specjalistyczny serwis producenta posiadający właściwe zezwolenie Prezesa PAA. Przykładowe obliczenia można znaleźć w materiałach konferencyjnych na stronie SIOR. Więcej na temat konferencji można przeczytać w najnowszym numerze biuletynu „Bezpieczeństwo Jądrowe i Ochrona Radiologiczna” Państwowej Agencji Atomistyki.



NAGRODY IM. WOJCIECHA ŚWIĘTOSŁAWSKIEGO

5 maja 2017 r. w Audytorium Czochralskiego (Gmach Technologii Chemicznej Politechniki Warszawskiej) odbyła się uroczystość wręczenia nagród im. Wojciecha Świętosławskiego. Kapituła Oddziału Warszawskiego Polskiego Towarzystwa Chemicznego w składzie: prof. Białecka-Florjańczyk, Dobrowolski, Galus, Gryff-Keller, Jarosz, Proń i Waluk wyróżniła w tym roku następujących naukowców: Nagroda specjalna - prof. Tadeusz Marek Krygowski (profesor emerytowany, Uniwersytet Warszawski).



Fot.1. Nagrodzeni naukowcy w towarzystwie członków kapituły

Nagroda I stopnia – prof. Wiktor Koźmiński (Uniwersytet Warszawski),
Nagroda II stopnia – dr hab. Joanna Niedziółka-Jons-son (Instytut Chemii Fizycznej PAN),
Nagroda III stopnia – dr Maciej Giedyk (Instytut Chemii Organicznej PAN).



NOWY ZAKŁAD RADIOTERAPII W WOJSKOWYM INSTYTUCIE MEDYCZNYM

Prezydent Andrzej Duda wraz z małżonką Agatą Kornhauser-Dudą uczestniczyli w uroczystym otwarciu Zakładu Radioterapii oraz zmodernizowanej Kliniki Onkologii w Wojskowym Instytucie Medycznym przy ulicy Szaserów w Warszawie. Pięciokondygnacyjny budynek, w którym znalazły się również Laboratorium Onkologii Molekularnej oraz Zakład Prewencji Nowotworów to największa inwestycja w historii szpitala. Pomieszczenia ze źródłami promieniowania jonizującego znajdują się poniżej poziomu gruntu, poza obrysem budynku. Obiekt kosztował 105 mln zł z czego 100 mln zł, pochodziło z budżetu MON. W przemówieniu otwierającym uroczystość prezydent podkreślił, że kolejny Zakład Radioterapii zwiększy możliwość kompleksowego leczenia pacjentów onkologicznych.



Fot.1. Budynek Nowego Zakładu Radioterapii

Przypomniął, że corocznie 160 tys. osób w Polsce zapada na choroby onkologiczne, a 100 tys. w ich wyniku umiera. Zakład Radioterapii będzie działał w ramach wieloprofilowego szpitala publicznego, w którym pacjent będzie miał dostęp do lekarzy wszystkich specjalności. Pozwoli to na przeprowadzenie całego procesu leczenia onkologicznego w jednym miejscu, co ma zwiększyć komfort pacjenta oraz podnieść jakość oferowanego leczenia. Zakład został wyposażony w linię terapeutyczną, która zawiera dwa liniowe akceleratory, posiadające wszystkie najnowsze rozwiązania techniczne. Umożliwia to zastosowanie w sposób precyzyjny i bezpieczny najnowszych technik radioterapii. Instalacje radiacyjne będą obsługiwane przez zespół złożony z ośmiu doświadczonych lekarzy specjalistów radioterapii onkologicznej, czterech fizyków medycznych oraz ośmiu techników radioterapii. Ich zadaniem będzie wykorzystanie akceleratorów do procesu kwalifikacji, planowania i prowadzenia napromieniowania.

Wojciech Głuszewski,
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej,
Warszawa



PLASTPOL 2017

Otrzymaliśmy zaproszenie do udziału w konferencji prasowej rozpoczynającej Międzynarodowe Targi Przetwórstwa Tworzyw Sztucznych i Gumy w Kielcach.



Fot.1. PlasticsEurope promuje hasło polimery przyjazne środowisku, przyjazne ludziom

Spotkanie dla dziennikarzy w czasie, którego zaprezentowano najnowsze dane dotyczące przemysłu tworzyw polimerowych, zorganizowało tradycyjnie stowarzyszenie producentów tworzyw sztucznych PlasticsEurope. Z zaprezentowanego przez dyrektora zarządzającego Fundacji Kazimierza Borkowskiego, raportu można się dowiedzieć, że zużycie tworzyw sztucznych w roku 2016 wyniosło w Polsce 3,3 mln, co oznacza wzrost o 6,9% w porównaniu do roku 2015. Średnia europejska wzrostu zapotrzebowania na tworzywa w roku 2016 szacowana jest na 3,2%, a wielkość tego zapotrzebowania na 50,5 mln ton. Ilości tworzyw zużywane na potrzeby przetwórstwa w Polsce stanowią ok. 6,5% średniego zapotrzebowania europejskiego, a Polska pozostaje na szóstym miejscu pod względem zapotrzebowania na tworzywa w Europie po Niemczech, Włoszech, Francji, Hiszpanii i Wielkiej Brytanii. Biorąc pod uwagę segmenty zastosowań w ogólnym zużyciu tworzyw udział sektora opakowaniowego wzrósł do 33,5%, w porównaniu do 31,5% w roku ubiegłym, natomiast zmalał udział sektora budowlanego z 27,6% do 24,4%. Niezmiennie od kilku lat rośnie udział sektora motoryzacyjnego (wzrost do

9,4%) oraz Elektronika i Elektromechanika (E&E) (6,2%). Od lat systematycznie występuje niedobór surowców rodzimej produkcji. Polska importuje z zagranicy głównie surowce do przetwórstwa (polimery), a ujemne saldo wymiany handlowej z zagranicą wyniosło w 2016 r. łącznie dla tworzyw i wyrobów z tworzyw 2065 tys. ton, co stanowi ilość o kilkaset tysięcy ton większą niż w latach ubiegłych. Większy deficyt wynika prawdopodobnie z dłuższych niż zwykle przestojów produkcyjnych polskich instalacji w roku 2016. Głównym partnerem handlowym Polski w wymianie wewnątrznijnej, zarówno w eksporcie, jak i w imporcie tworzyw w formach podstawowych oraz wyrobów, są od wielu lat Niemcy. Wymiana handlowa Polski w 80-90% odbywa się z krajami unijnymi, natomiast z krajów spoza UE nasze największe rynki eksportowe to Ukraina - w zakresie tworzyw w formach podstawowych i Rosja - w zakresie wyrobów. Spoza UE najwięcej tworzyw w formach podstawowych importujemy z Korei Płd., a wyrobów z Chin. W targach wzięło udział 806 firm z 36 krajów świata i 18 900 zwiedzających. Jest to obecnie najważniejsza wystawa tej branży w Polsce i jednym z uznanych wydarzeń tego sektora w Europie. Ponad 50% wystawców stanowili w 2017 r. reprezentanci zagranicznych przedsiębiorstw między innymi z Niemiec, Austrii, Włoch, Francji, Holandii, Belgii, Czech, Danii, Grecji, Hiszpanii, Irlandii, Wielkiej Brytanii, Litwy, Izraela, Portugalii, Szwecji, Turcji, Rosji, USA, Słowacji, Węgier, Egiptu, Japonii, Chiny czy Malezji. Najliczniejszą reprezentację stanowiły tradycyjnie firmy z Niemiec i Włoch. Znaczna grupa prezentowała możliwości branży tureckiej i chińskiej. Znaczący wkład w rozwój tej branży przemysłu wnoszą obecnie techniki radiacyjne. O postępie w tej dziedzinie pisze między innymi obecny na targach dwumiesięcznik „Tworzywa Sztuczne w Przemysle”.

Wojciech Gluszewski,
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej,
Warszawa



TARGI DZIEDZICTWO - W TROSCE O DZIEDZICTWO KULTUROWE

W dniach od 7 do 9 listopada br. w Centrum Targowo-Kongresowym w Warszawie odbędą się 5. Targi Konserwacji i Restauracji Zabytków oraz Ochrony, Wyposażenia Archiwów, Muzeów i Bibliotek. Podczas tego najważniejszego w Polsce spotkania branżowego konserwatorzy zabytków, muzealnicy,

bibliotekarze oraz archiwiści będą mogli zapoznać się z szeroką ofertą wystawców, a także uczestniczyć w wartościowym programie merytorycznym. Podobnie jak w roku poprzednim obecny będzie na targach Instytut Chemii i Techniki Jądrowej, który przedstawi ofertę w zakresie wykorzystania technik jądrowych do identyfikacji i konserwacji obiektów o znaczeniu historycznym. Będzie również okazja do zaprezentowania najnowszych wyników badań nad radiacyjną konserwacją papieru oraz wniosków z konferencji dotyczącej bezpiecznej eksploatacji urządzeń analitycznych wykorzystujących promieniowanie jonizujące. W związku z przypadającą 7 listopada br. 150. rocznicą urodzin Marii Skłodowskiej-Curie zapraszamy na wykład „Maria Skłodowska-Curie prekursorką radiacyjnych metod konserwacji dzieł sztuki”. Zaprezentowane zostaną poddane radiacyjnej dezynfekcji artefakty, znalezione w czasie remontu kamienicy, w której mieści się Muzeum Marii Skłodowskiej-Curie. Międzynarodowa Agencja Energii Atomowej w Wiedniu zapowiedziała wydanie we wrześniu monografii poświęconej radiacyjnej konserwacji obiektów zabytkowych. Być może będzie więc okazja zaprezentować po raz pierwszy tą oczekiwaną od lat publikację. Jej redaktorem jest zmarły niestety w tym roku Jhon Havermans.

Wojciech Głuszewski,
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej,
Warszawa



ALEJA IM. MARII SKŁODOWSKIEJ-CURIE

18 czerwca br. w Ogrodzie Botanicznym PAN w Powsinie odbyła się uroczystość nadania imienia Marii Skłodowskiej-Curie alei pamiątkowych drzew. Inicjatywa ta powstała w roku 1998. Laureaci nagród Nobla z fizyki, chemii i medycyny z całego świata, którzy przyjechali wówczas do Warszawy na obchody 100-lecia Odkrycia Radu i Polonu zasadzili pierwsze buki, które dziś są już okazałymi drzewami. Przy każdym z nich widnieje tabliczka z podpisem osoby, która je sadziła. Z okazji 150. rocznicy urodzin Marii Skłodowskiej-Curie w alei odsłonięto tablicę pamiątkową oraz zorganizowano wystawę poświęconą życiu i pracy uczzonej. Zaproszeni goście mieli okazję zwiedzić ogród w towarzystwie dyrektora ogrodu botanicznego dr Pawła Kojasa. Odbył się koncert fortepianowy na tarasie zabytkowego dworku Fangorów, pośród okalających go krzewów ozdobnych, wiekowych dębów i lip. Była również okazja do rozmów w mniej oficjalnej atmosferze przy lampce wina.

W ogrodzie zorganizowano również dwudniowy piknik naukowy, w którym uczestniczyły **instytuty i jednostki naukowe Polskiej Akademii Nauk oraz Warszawski Uniwersytet Medyczny**. Goście ogrodu mieli okazję odkrywać tajemnice świata roślin poprzez rebusy, zagadki i zadania terenowe oraz dowiedzieć się, w jaki sposób powstaje biosfera zamknięta w szklanym naczyniu i jak jest napędzana. Muzeum Ziemi w Warszawie zabrało uczestników w podróż w czasie, która umożliwiła poznanie historii drzew. Na

ekspozycji prezentowano także skamieniałe szczątki roślin, m.in. „żywe skamieniałości”, które przetrwały w prawie niezmięnionej postaci wiele milionów lat. W Archiwum PAN pokazano, jak pisano kiedyś gęsim piórem i zaprezentowano pamiątki po słynnych kobietach - naukowcach. Instytut Filozofii i Socjologii PAN przedstawił ciekawe aplikacje wspomagające nauczanie historii. Mówiono również o technikach restaurowania starych dokumentów oraz rozmawiano z autorami książek podróżniczych. Dzieci mogły poznać świat bakterii oraz bawić się w rozpoznawanie odgłosów zwierząt leśnych. Dorośli mogli porozmawiać o prawidłowym żywieniu oraz działu przeciwutleniaczy. Pokazywano, jak wygląda proces przygotowania leków cytostatycznych. Chętni mogli wykonać pomiary: stężenia glukozy, ciśnienia tętniczego czy składu masy ciała. Pokazano, jak działają drukarki i skanery 3D. Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności Polskiej Akademii Nauk w Olsztynie promował Europejską Noc Naukowców, której Maria Curie-Skłodowska jest patronką, a która odbyła się w Olsztynie 29 września br.



Fot. 1. Aleja im. Marii Skłodowskiej-Curie



Fot. 2. Piknik Naukowy



Fot. 3. Uczestnicy spotkania zwiedzają wystawę o M. Skłodowskiej-Curie

Wojciech Głuszewski,
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej,
Warszawa



PROGRAM JĄDROWY W POLSCE - ANALIZA SPOŁECZNO- EKONOMICZNA

W dniu 25 sierpnia 2017 r. w Instytucie Chemii i Techniki Jądrowej odbyło się seminarium naukowe poświęcone zagadnieniom ekonomicznym i społecznym wdrażania programu jądrowego w Polsce. Seminarium zostało zorganizowane w ramach projektu badawczego MAEA „Studying the social and socio-economic effects of the implementation of the Polish Nuclear Power Programme using new methodology”, współfinansowanego przez MNiSW.

W spotkaniu wzięli udział przedstawiciele Ministerstwa Energii, Ministerstwa Środowiska, Państwowej Agencji Atomistyki, Zakładu Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych, Narodowego Centrum Badań Jądrowych, Uniwersytetów Łódzkiego, Collegium Civitas, Szkoły Głównej Handlowej, a także pracownicy IChTJ.



Fot. 1. Uczestnicy seminarium

Zgromadzonych uczestników seminarium powitali: dyrektor Instytutu Chemii i Techniki Jądrowej - prof. dr hab. inż. Andrzej Chmielewski oraz prof. dr hab. inż. Grażyna Zakrzewska-Kołtuniewicz - kierownik Centrum Radiochemii i Chemii Jądrowej.

Cele oraz założenia projektu, w ramach którego zostało zorganizowane spotkanie, przedstawiła w swoim wystąpieniu dr inż. Agnieszka Miśkiewicz.



Fot. 2. Dr inż. Agnieszka Miśkiewicz przedstawia cele i założenia projektu

Projekt, w którym wzięły udział jednostki z następujących krajów: Chorwacja, Wietnam, Korea Południowa, Urugwaj, Malezja, Tunezja, Indonezja, USA oraz RPA, koncentrował się na stworzeniu prototypowej metody służącej do analizy społecznych i gospodarczych skutków wdrażania programów jądrowych. Koordynatorom projektu przyświecała idea opracowania narzędzia analitycznego wykorzystującego ogólnodostępne oprogramowanie, aby mogło ono być w jak największym stopniu użyteczne politykom w analizie kluczowych skutków realizacji projektów jądrowych. W trakcie realizacji zadania bazowano na wymianie doświadczeń partnerów projektu w stosowaniu narzędzi udostępnionych przez MAEA oraz innych modeli opracowanych przez kraje uczestniczące w realizacji tego przedsięwzięcia. Z punktu widzenia oceny skuteczności opracowanej metody zakładano także konieczność porównania wyników analiz skutków socjoekonomicznych wdrażania programów jądrowych uzyskanych z zastosowaniem różnych metod (I-O, CGE, etc.)

Kolejnym punktem seminarium był aktualny stan Programu Polskiej Energetyki Jądrowej, który przygotował i przedstawił Łukasz Sawicki, specjalista z Departamentu Energii Jądrowej w Ministerstwie Energii. Łukasz Sawicki poinformował uczestników seminarium, że Ministerstwo Energii prowadzi prace nad nowym systemem finansowania inwestycji dla pierwszej elektrowni jądrowej oraz analizuje koszty przyjęcia konkretnego rozwiązania. Analizowane są również możliwe struktury właścicielskie elektrowni jądrowej oraz sposób sprzedaży energii. Zaktualizowanie Programu Polskiej Energetyki Jądrowej planowane jest do końca 2017 r.



Fot. 3. Łukasz Sawicki podczas swojego wystąpienia na temat aktualnego stanu Programu Polskiej Energetyki Jądrowej

W drugiej części swojego wystąpienia Łukasz Sawicki przedstawił wyniki analiz prowadzonych przez Departament Energii Jądrowej dotyczących wpływu przemysłu jądrowego na gospodarkę Polski. Celem prowadzonych analiz było uświadomienie decydom i „liderom opinii” roli gospodarczej przemysłu jądrowego oraz zwiększenie poparcia społecznego poprzez pokazanie pozytywnego wpływu przemysłu jądrowego na życie przeciętnego obywatela. Opracowania Departamentu Energii Jądrowej omawiane podczas seminarium można znaleźć na stronie internetowej Ministerstwa Energii: <http://www.me.gov.pl/Energetyka+jadrowa/Opracowania+i+analizy>

Aspekty społeczne energetyki jądrowej w szczególności postrzeganie społeczne tego rodzaju wytwarzania energii omówiła w swojej prezentacji dr Katarzyna Iwińska z Collegium Civitas.



Fot. 4. Dr Katarzyna Iwińska przedstawia badania dotyczące percepcji energetyki jądrowej wśród Polaków

Dr Katarzyna Iwińska omówiła triangulacyjne badania społeczne, które były niezbędne do uzupełnienia badań ilościowych (sondaży poparcia/akceptacji) często wykonywanych w celu uzyskania wiedzy na temat akceptacji energetyki jądrowej w Polsce. Nowe badania społeczne dotyczące percepcji energii z atomu wymagały wdrożenia różnych metod badawczych takich jak: seminarium konceptualizacyjne, badanie ilościowe treści w Internecie oraz wywiady pogłębione (IDI). Podmiotami badania były zarówno „zwykli” przedstawiciele polskiego społeczeństwa, jak i osoby pracujące w wydziałach i departamentach odpowiednich ministerstw związanych z realizacją systemu energetycznego kraju.

Aspekty ekonomiczne energetyki jądrowej w Polsce analizowane w projekcie zostały omówione przez specjalistów z dziedziny ekonomii: dr hab. Mariusza Plichę z Uniwersytetu Łódzkiego oraz Michała Antoszewskiego ze szkoły Głównej Handlowej. Prof. Mariusz Plich przedstawił ocenę skutków społeczno-ekonomicznych z zastosowaniem rozszerzonego modelu Input-Output (model EMPOWER). Model ten, we wstępnym etapie prac, był testowany i udoskonalany, a następnie wykorzystany do oceny efektów wdrożenia w Polsce Programu Jądrowego. Analizowany był zarówno etap budowy elektrowni jądrowej, jak i etap jej eksploatacji.



Fot. 5. Dr hab. Mariusz Plich podczas prezentacji na temat zastosowania modelu EMPOWER

Pan Michał Antoszewski natomiast zaprezentował wyniki dotyczące aspektów ekonomicznych rozwoju energetyki jądrowej w Polsce uzyskane w wyniku zastosowania innego modelu matematycznego – modelu ATOM-PL, który jest Obliczeniowym Modelem Równowagi Ogólnej (Computable General Equilibrium, CGE).



Fot. 6. Michał Antoszewski przedstawia zastosowanie modelu CGE do oceny skutków ekonomicznych rozwoju energetyki jądrowej w Polsce (fot. IChTJ)

Omówione zostało opracowanie modelu w ujęciu statycznym, a następnie jego rozbudowa w celu powstania wersji modelu w ujęciu dynamicznym. Model ATOM.PL umożliwiał analizę różnych scenariuszy związanych z produkcją energii, w tym: zmiana ceny za emisję CO₂ oraz wymóg produkcji energii ze źródeł odnawialnych, różne koszty kapitałowe, a także mechanizm stałej ceny dla produkcji energii z elektrowni jądrowej.

Seminarium wzbudziło duże zainteresowanie wśród uczestników i wywołało szereg dyskusji na tematy związane zarówno z aspektami ekonomicznymi energetyki jądrowej w Polsce, jak i względami społecznymi. W dyskusjach podniesiono m.in. wątek wpływu energetyki jądrowej na kształt tzw. miksu energetycznego, a w szczególności na ewentualne zmiany w produkcji energii elektrycznej w elektrowniach węglowych i związane z tym skutki społeczne.

Agnieszka Miśkiewicz,
Centrum Radiochemii i Chemii Jądrowej,
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej,
Warszawa



**ENERGIA JĄDROWA
POZOSTAJE KLUCZOWYM
ELEMENTEM MIKSU
ENERGETYCZNEGO
UKRAINY**

18 sierpnia rząd Ukrainy uchwalił nową strategię rozwoju energetyki. Zgodnie z zapisami umieszczonymi w strategii udział energii jądrowej w krajowej produkcji energii

elektrycznej ma pozostawać na poziomie około 50% do 2035 r. Ministerstwo energetyki i przemysłu węglowego wydało komunikat, w którym oświadczone, że dokument strategiczny – zatytułowany „Bezpieczeństwo, Efektywność Energetyczna, Konkurencyjność” – przedstawia szereg szeroko zakrojonych reform w krajowym sektorze energetycznym. Reformy te mają na celu zmniejszenie energochłonności gospodarki, przyciągnięcie inwestorów, zwiększenie krajowej podaży energii, zwiększenie efektywności energetycznej i zintegrowanie sektora energetycznego Ukrainy z odpowiednim sektorem Unii Europejskiej. Dokument opracowywano ponad dwa lata. W jego przygotowaniu brały udział ukraińskie instytuty badawcze, w tym Narodowy Instytut Studiów Strategicznych, organizacje społeczne, jak również krajowi i międzynarodowi eksperci.

Wicepremier Ukrainy Wołodimir Kistion powiedział: „istotnym celem nowej strategii jest zmniejszenie o połowę konsumpcji energii w gospodarce Ukrainy do roku 2030 oraz zwiększenie produkcji tradycyjnych i alternatywnych źródeł energii”.

Strategia zakłada, że w roku 2035 jądrowe źródła energii dostarczą 50% energii elektrycznej, źródła odnawialne 25%, elektrownie wodne 13%, a pozostałą część zapotrzebowania elektrownie węglowe. Według Międzynarodowej Agencji Energetycznej w roku 2014 Ukraina wyprodukowała 182,82 TWh energii elektrycznej, z czego 48% w reaktorach jądrowych, 46% w elektrowniach spalających paliwa kopalne, 5% energii pochodziło z elektrowni wodnych, a 1% z wiatru i słońca.



Fot. 1. Rowieńska Elektrownia Jądrowa. 15 reaktorów jądrowych dostarcza około połowy energii elektrycznej wykorzystywanej na Ukrainie. (Zdjęcie: Energoatom)

Minister energii Igor Nasalik oświadczył, że dokument o strategii jest bardzo ważny dla przemysłu paliw i energii, zwłaszcza w długoczasowej perspektywie. „Zgodnie ze strategią będzie opracowany plan konkretnych działań, gdzie zdefiniowane zostaną wymagane środki i będzie podany harmonogram realizacji konkretnych zadań” – powiedział minister.

Ukraińskie priorytety dotyczące paliwa jądrowego wymienione w strategii polegają na zapewnieniu wzrostu produkcji uranu i cyrkonu oraz rozwoju i budowie sprawdzonych przechowalników uranu.

W dokumencie odnotowano informację, że Ukraina już obecnie posiada zdolność produkcji niektórych komponentów paliwa jądrowego. Stwierdza się, że Ukraina powinna rozszerzyć ilość i rodzaj komponentów, które produkowane są w tym kraju i zaimportować technologię produkcji paliwa jądrowego. Ukraina powinna też zbudować skład świeżego paliwa jądrowego – stwierdza dokument.

Wicepremier Kistion powiedział: „Podstawy przyszłości zrównoważonej energii naszego kraju zostały przedstawione. Strategia jedynie formułuje i unaocznia cele, których implementacja następować będzie stopniowo. Wiele zrobiono, ale nadal jest wiele do zrobienia”.

opracowano na podstawie doniesienia

*World Nuclear News
23 sierpnia 2017 r.*

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



RAPORT PORTALU BIZNESALERT O ENERGETYCE JĄDROWEJ W POLSCE PO DZIENNIKARSKIEJ WIZYCIE W JAPONII

Rozpoczęta na początku sierpnia br. [2017] kolejna faza dyskusji o energetyce jądrowej w Polsce zbiegła się w czasie z wizytą w Japonii dziennikarzy z Polski, a w tym Wojciecha Jakóbika, redaktora naczelnego portalu BIZNES-ALERT.PL i opublikowaniem przez ten portal, 19 sierpnia br. raportu pt. „Atom znów na stole. Czy Polska podoła?” Autor w trzech krótkich rozdziałach zatytułowanych:

- Kiedy decyzja?
- Ile pieniędzy trzeba wydać?
- Skąd wziąć technologię?

przedstawia syntezę dotychczasowych działań, głównie rządu PiS, w zakresie energetyki jądrowej w Polsce, które w zasadzie nie wnoszą nowych informacji. Natomiast czwarty rozdział (dziwnie zatytułowany):

- #BAwJaponii

relacjonuje wizytę dziennikarzy w Japonii i odsyła czytelnika do wymienionych niżej odrębnych publikacji:

- Jądrowy flirt Japonii z Polską z szansą na stały związek (7.08.2017),
- Aby być jak Japonia, Polska musiałaby stać się wyspą (8.08.2017),

- Szyszko blokuje atom. Zespoły technologiczne czekają na sygnał (10.08.2017),
- Jak chronić polską elektrownię jądrową. Przykład z Japonii (REPORTAŻ) (10.08.2017),
- Atom w Polsce nie powstanie bez poparcia Śląska (11.08.2017),
- Atom na czas i w budżecie? To możliwe, choć ruchy antyatomowe mówią, że nie (11.08.2017),
- Polska musi się ogarnąć, inaczej jedna wichura zdmuchnie nasz atom (18.08.2017).

Szereg spostrzeżeń i wniosków z raportu jest bardzo słusznych, ale niektóre są co najmniej kontrowersyjne i chciałbym się do nich odnieść.

Prawdą jest, że Japonia chce dalej wykorzystywać swoje możliwości technologiczne w dziedzinie jądrowej (przypomnijmy, że zbiornik do reaktora w EJ Olkiluoto w Finlandii został wykonany w Japonii). Prace przy nowych reaktorach zostały wstrzymane: Shimane 3 (budowa ukończona w 94%, a uruchomienie wstrzymane bezterminowo) i Ohma 1 (planowane uruchomienie w 2014 r. przesunięto do 2023 lub 2024 r.). Całość wysiłków przemysłu została skierowana na zwiększenie bezpieczeństwa istniejących reaktorów i przywracanie ich do pracy, co postępuje dosyć wolno, gdyż po ponad 6 latach od katastrofy w Fukushima uruchomionych zostało 5 reaktorów typu PWR, czyli innego niż który pracował w Fukushima. Czy w tej sytuacji kraj ten może być wzorem dla Polski?

Osobiście mam zastrzeżenia do różnych spekulacji prasowych jak np. „Szyszko blokuje atom” i wolę jasne stwierdzenia wicepremiera Mateusza Morawieckiego czy ministra Krzysztofa Tchórzewskiego opowiadających się za budową elektrowni jądrowej.

W jednym z artykułów autor stwierdza, że japońska technologia ABWR będzie jedną z opcji i powołuje się na bloki nr 6 i 7 w EJ Kashiwakazi Kariwa wybudowane zgodnie z planem (trzy lata) i kosztorysem. Niestety budowano je do rozpoczęcia komercyjnej eksploatacji przez 4 lata, a koszt z 1997 r. jest nieporównywalny z kosztami szacowanymi 20 lat później. Poza tym bloki BWR stanowią tylko 17% wszystkich reaktorów energetycznych na świecie.

Autor podkreśla w swoim tekście znaczenie przekazywania informacji dla społeczeństwa, tak nieprecyzyjnie określanych angielskim skrótem PR (Public Relation), z czym nie jest najlepiej na świecie i w Polsce, by powołać się na ostatnie informacje o uszkodzeniu zbiornika na budowie EJ Ostrowiec (Białoruś) w lipcu 2016 r., czy rzekomej awarii w EJ Tihange (Belgia) w sierpniu br. I to jest najważniejszy kierunek działania mediów i innych organizacji.

W Polsce ścierają się koncepcje wykorzystania węgla i atomu do produkcji energii elektrycznej, ale czy tytuł „Atom w Polsce nie powstanie bez poparcia Śląska” jest właściwy to mam wątpliwości, bo w domyśle oznacza zgodę Śląska na zmniejszenie wydobycia węgla, gdy wybudujemy elektrownię jądrową, co wcale nie musi być prawdą.

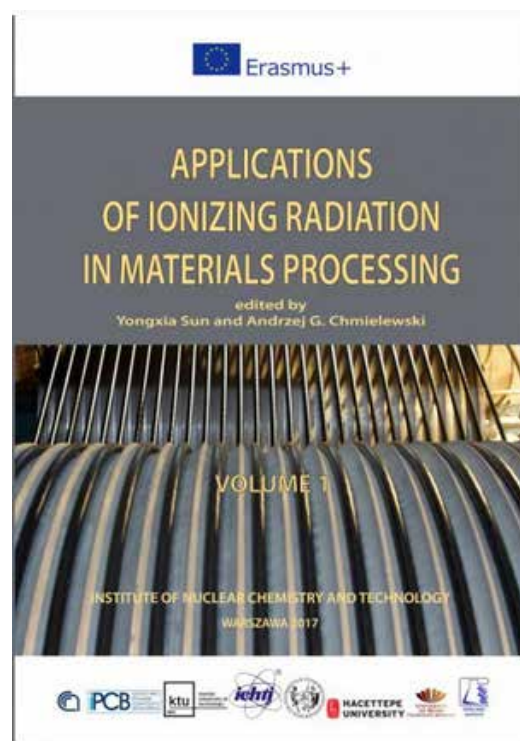
Postulat z tytułu „Atom na czas i w budżecie?” jest jak najbardziej słuszny, ale już na etapie przygotowywania kontraktu należy sformułować odpowiednie wymagania w tym zakresie.

I jeszcze uwaga na koniec - we wszystkich działaniach starajmy się korzystać z malejącej kadry specjalistów, którzy mają odpowiednią wiedzę i w swojej pracy zawodowej zetknęli się z budową i eksploatacją zarówno elektrowni klasycznych i jądrowych.

Andrzej Mikulski,
Polskie Towarzystwo Nukleoniczne,
Warszawa



UPOWSZECHNIENIE WIEDZY O PODRĘCZNIKU „APPLICATIONS OF IONIZING RADIATION IN MATERIALS PROCESSING”- SYMPOZJUM



25 maja oraz 23 czerwca 2017 r. odbyły się dwa wydania upowszechniające wiedzę o podręczniku „Applications of Ionizing Radiation in Materials Processing” powstałym w ramach programu Erasmus + KA2 „Wspólny innowacyjny program szkolenia/nauczania mający na celu rozwój i transfer wiedzy na temat zastosowania promieniowania jonizującego w przetwórstwie materiałów”.



Fot. 1. Uczestnicy sympozjum „Upowszechnienie wiedzy o podręczniku” („Applications of Ionizing Radiation in Materials Processing”)

Podręcznik składający się z dwóch tomów zawierających 22 rozdziały na w sumie 516 stronach obejmuje zagadnienia związane z zastosowaniem promieniowania jonizującego w przetwórstwie materiałów. Został on napisany przez cenionych na świecie specjalistów w tej dziedzinie mających aktualną wiedzę na temat najnowszych osiągnięć naukowych. Za korektę merytoryczną i językową podręcznika napisanego w języku angielskim odpowiadał p. Anthony J. Berejka, światowej sławy specjalista w dziedzinie radiochemii. Nad zawartością merytoryczną czuwało dwóch edytorów prof. dr hab. inż. A.G. Chmielewski i dr hab. Yongxia Sun prof. IChTJ.



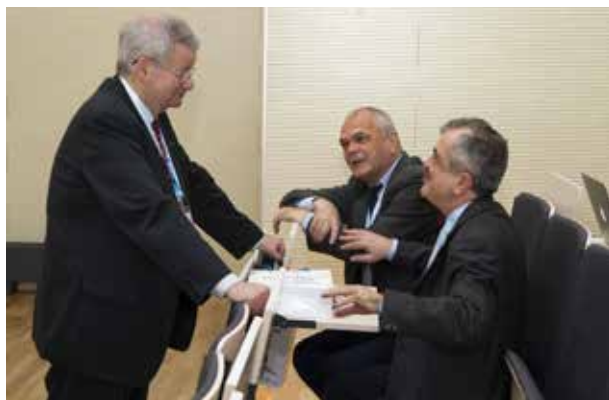
Fot. 2. Dr hab. Yongxia Sun, prof. nzw. IChTJ podpisuje podręcznik



Fot. 3. Prof. dr hab. inż. Andrzej G. Chmielewski udziela wykładu

Wydarzenia mające miejsce na Politechnice Warszawskiej, pierwsze w Centrum Zarządzania Innowacjami i Transferu Technologii, a drugie na Wydziale Inżynierii Chemicznej i Procesowej miały na celu dotarcie do studentów oraz naukowców zajmujących się co dzień radiochemią. W pierwszym sympozjum 25 maja br. udział wzięło 56 uczestników, w tym 4 uczestników z zagranicy, z których każdy otrzymał książkę w wersji elektronicznej.

W czasie sympozjum wygłoszone były wykłady nawiązujące swoją treścią do poszczególnych rozdziałów książki. Wśród nich można wyróżnić wykłady na temat chemii radiacyjnej cieczy prof. Krzysztofa Bobrowskiego, polimeryzacji inicjowanej radiacyjnie prof. Xaviera Coquereta, zastosowania akceleratorów w przetwórstwie materiałów dr. Zbigniewa Zimka, sieciowanych radiacyjnie polimerów dr hab. Grażyny Przybytniak prof. IChTJ, czy nanotechnologii w radiacyjnym przetwórstwie materiałów dr. Wojciecha Starosty.



Fot. 4. Prof. dr hab. inż. Andrzej G. Chmielewski w rozmowie z profesorami z Rumunii prof. Ioan Calinescu i prof. Vasile Lavric (fot. z archiwum IChTJ)

W drugim wydarzeniu wzięło udział 33 uczestników, z których 21 było z zagranicy aż z 15 krajów. O projekcie Erasmus+ i powstałej w ramach projektu książce opowiadała dr hab. Yongxia Sun prof. IChTJ, będąca koordynatorką programu Erasmus+ w IChTJ. Podobnie jak w czasie pierwszego sympozjum każdy z uczestników dostał książkę w wersji elektronicznej. Dokładniejsze informacje na temat wydarzenia związanego z upowszechnieniem wiedzy o książce można znaleźć na stronie projektu: <http://tl-irmp.eu/en/category/events/>. Wersja elektroniczna podręcznika na zasadzie otwartego dostępu znajduje się również na stronie projektu: <http://tl-irmp.eu/download/application-of-ionizing-radiation-in-materials-processing-volume-1/>.

Ewa Zwolinska,
Yongxia Sun,
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej,
Warszawa



Warszawa 2017.07.26

Szanowni Państwo,

FESTIWAL ZUP ŚWIATA - odbył się w dniach 22.09 – 01.10.2017 r. w Warszawie, ul. Krakowskie Przedmieście

Wydarzenie o charakterze edukacyjno-promocyjnym miało na celu wspieranie świadomego odżywiania, zdrowego i aktywnego stylu życia oraz promocję dorobku samorządu terytorialnego i lokalnych przedsiębiorców, zajmujących się produktem regionalnym. Podczas dni festiwalowych odbyły się degustacje, prezentacje, pokazy oraz wykłady ekspertów z wielu dziedzin, a sam Festiwal był realizowany w ramach projektu **MIASTO ZDROWIA** - leczenie przez jedzenie.



Dotychczas zrealizowanych zostało szereg wydarzeń, między innymi Festiwal Chlebów Świata, Festiwal Owoców i Warzyw Świata, Festiwal Słoików Świata oraz Festiwal Słodczy Świata, targi China Homelife Poland, Spotkania Mediów i Samorządu Gospodarczego, zagraniczne sesje dziennikarskie i inne. Dzięki wieloletniemu doświadczeniu z całą pewnością można stwierdzić, że taki format organizacji imprez jest przyjmowany z entuzjazmem. Spełnia oczekiwania tysięcy odwiedzających, co pozwala nam mówić o sukcesie. Na ten sukces składają się: walor edukacyjny, promocja zdrowej i różnorodnej żywności z całego świata, prozdrowotny i kulturowy aspekt mądrego odżywiania się oraz motyw integracyjny dla odwiedzających festiwal z różnych zakątków Polski i świata. Formuła oddziaływania tego typu inicjatyw na młode pokolenie, na społeczeństwo, na współpracę i integrację jest ze wszech miar pożądana.

FESTIWAL ZUP ŚWIATA to wydarzenie wielokulturowe, będące znakomitą okazją do zwrócenia uwagi na troskę o zdrowie poprzez świadome odżywianie, jak i promocję polskich marek oraz integrację z innymi społecznościami.

Dzięki atrakcyjnej formie prezentacji zup świata, lokalizacji, w Festiwalu wzięło udział co najmniej 50 tys. osób.

Dodatkowych informacji udzieliło biuro@wig.waw.pl
Serdecznie zapraszamy do współpracy i aktywnym udziale w następnym takim przedsięwzięciu.

Serdecznie pozdrawiam
Marek Traczyk,
Naczelny Kuchmistrz
Festiwalu Zup Świata

W ramach promocji naszego czasopisma zdecydowaliśmy się na współudział w patronacie medialnym Festiwalu Zup Świata. Stąd publikacja listu Naczelnego Kuchmistrza Festiwalu. Warto dodać, że wśród organizatorów tej imprezy znajdują się tak poważne firmy i stowarzyszenia jak Warszawska Izba Gospodarcza czy Stowarzyszenie Polskich Mediów.

Niejako w zamian za objęcie patronatu organizatorzy zobowiązali się opublikować w swoich wydawnictwach i mediach elektronicznych informację o PTJ i o radiacyjnej metodzie utrwalania żywności (m.in. na łamach periodyku „TTG Wiadomości Gospodarcze”).



PODZIĘKOWANIE



DLA REDAKCJI „POSTĘPÓW TECHNIKI JĄDROWEJ”

ZA OBJĘCIE PATRONATEM MEDIALNYM I WSPARCIE NASZYCH DZIAŁAŃ
ZWIAZANYCH Z ORGANIZACJĄ

I OGÓLNOPOLSKIEJ KONFERENCJI NAUKOWEJ

PRAKTYCZNE DZIAŁANIA W PRZYPADKU ZAGROZEŃ CHEMICZNYCH,
BIOLOGICZNYCH, RADIOLOGICZNYCH I NUKLEARNYCH (CBRN)

ZORGANIZOWANEJ W WARSZAWIE W DNIACH 7 - 8 WRZEŚNIA 2017 R.

POD PATRONATEM HONOROWYM
KOMENDANTA GŁÓWNEGO PAŃSTWOWEJ STRAŻY POŻARNEJ
GEN. BRIGADIERA LESZKA SUSKIEGO

REKTOR KOMENDANT
Leszek Suski

Przewodniczący
Komitetu Organizacyjnego
Konferencji



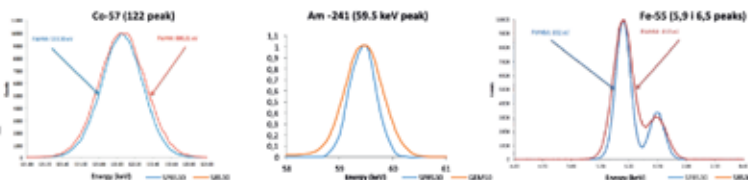
Powyżej reprodukcja podziękowania jakie otrzymała redakcja naszego kwartalnika za podjęcie się patronatu nad konferencją naukową "Praktyczne działania w przypadku zagrożeń chemicznych, biologicznych, radiologicznych i nuklearnych".

Nowości w ofercie 2017

IRtech®

Profile GEM-SP8530

Detektory Profile GEM-SP mają zaimplementowaną technikę *Low Noise Back Contact (LNBC)* poprawiającą rozdzielczość dla energii <700keV. W rezultacie dla bardzo niskich energii rozdzielczość jest ok. 25% lepsza w porównaniu ze standardowymi detektorami.



Profile GEM-S9430

Model S9430 jest detektorem semiplanarnym typu P o największej dostępnej średnicy (94mm) i obszarze aktywnym ok. 6940mm². Dzięki zastosowaniu techniki STFC (*Stable Thin Front Contact*) wyróżnia się poprawioną wydajnością w niskim zakresie energii. Dodatkowo STFC pozwala na przedłużone (miesiące/lata) przechowywanie detektora w temperaturze otoczenia bez utraty wydajności związanej z pogorszeniem parametrów okna frontowego. Detektor tego typu może być szczególnie przydatny w identyfikacji różnych nuklidów w bardzo szerokim przedziale energetycznym.

Tabela poniżej przedstawia gwarantowane oraz zmierzone parametry detektora S9430.

Base Detector Model	Crystal Dimension		Warranted Full Width Half Max resolution (in eV) at			Peak Shape		Peak to Compton warranted	Nominal Relative Efficiency (%)	Endcap Diameter (mm)
	Diameter (+0/-2 mm)	Minimum Thickness (mm)	5.9 keV	122 keV	1332 keV	FWHM	FWHM			
Sample result:	94	30	418	604	1760	1.88	2.64	71	72.3	108
GEM-S9430	94	30	500	700	1500	2.00	2.90	65	65	108



Detektor z opcją SMART

Detective X₄₀

Podręczny spektrometr gamma z detektorem HPGe chłodzonym mikrochłodziarką Stirlinga z zasilaniem bateryjnym z funkcją „hot swap”. Spektrometr spełnia standard ANSI N42.34 2016 dla detekcji gamma i neutronów oraz szereg norm odporności środowiskowej.

DANE TECHNICZNE

Detekcja:

- HPGe o geometrii koaksjalnej, kryształ typu P. Wydajność wzgl. ok. 40%.
- Detektor Geiger-Muller z kompensacją energetyczną do pomiaru mocy dawki
- Opcjonalnie detektor Li-6/ZnS do detekcji neutronów.
- Pomiar mocy dawki: 0,05 - 10 mSv/h

Fizyczne:

- Masa: ok. 7 kg
- Wymiary: 374 x 146 x 172 mm
- Akumulator: Li-Ion 14,4 V
- Temp. pracy: -20°C...50°C
- Czas pracy do 8h na jednym akumulatorze

ORTEC®



Mobius

ICS - Integrated Cryocooling System



ICS to system chłodzenia detektorów przy użyciu chłodziarki Stirlinga. Firma Ortec wykorzystuje chłodziarki firmy Sunpower, które sprawdziły się w najtrudniejszych warunkach eksploatacyjnych (misje NASA) oraz wyróżniają się niskim poborem mocy i dużą wydajnością.

System ICS posiada aktywny system tłumienia drgań oraz innowacyjny i opatentowany kriostat, dzięki któremu nie ma konieczności tzw. termocyklingu detektora.

Mobius to hybrydowy układ chłodzenia detektorów składający się z dewara zawierającego ciekły azot oraz skraplarki odparowanego azotu bazujące na chłodziarki Stirlinga firmy Sunpower.

W typowej pracy konieczność uzupełniania chłodziwa występuje ok. raz na dwa lata (zależy od użytego detektora). System ten jest odporny na zanik lub przerwy zasilania elektrycznego i idealnie nadaje się do trudno dostępnych miejsc monitorowania promieniowania jak i do długotrwałych badań w terenie.



Hidex 300 SL

Hidex 300 SL oferuje zaawansowaną technologię detekcji w potrójnej koincydencji. Dzięki temu uzyskujemy wyjątkowo wysoką wydajność zliczania, bez wpływu chemiluminescencji oraz zliczanie absolutnej aktywności bez zewnętrznych i wewnętrznych źródeł promieniotwórczych dzięki wykorzystaniu metody TDCR (triple-to-double-coincidence ratio). Ma nowoczesny i kompaktowy design, jest o połowę mniejszy oraz lżejszy niż rozwiązania konkurencyjne. Dzięki temu łatwiej i wygodniej jest go przenosić i instalować w laboratorium oraz w rozwiązaniach mobilnych.

DANE TECHNICZNE

- Detekcja: 3 niskotłowe PMT single-photon counting o wym. 3" x 1,5" usytuowane względem siebie o 120°
- Osłony ołowiowe: 70 mm dla PMT o geometrii 4 pi
- MCA: 2 logarytmiczne analizatory wielokanałowe z 1024 kanałów każdy
- Tryb zliczania Luminescence Free
- Limit detekcji dla H-3: 8,5 Bq/l lub 6,5 Bq/l w opcji niskotłowych PMT
- Ilość próbek (20 ml / 7 ml) : 40/96
- Wydajność detekcji H-3/C-14 (%): >70/96
- Wydajność detekcji alfa (Po-210, U-234/238, Am-241, Rn-222, Ra-226) (%): >95

HIDEX



www.irtech.pl



PROFESOR KAZIMIERZ GROTOWSKI

(26 STYCZNIA 1930 R. - 23 LIPCA 2017 R.)

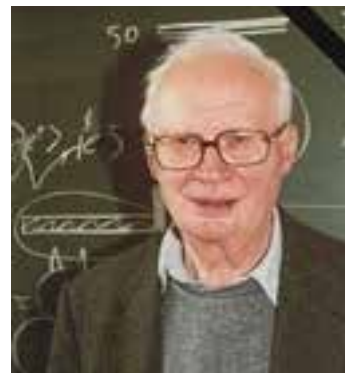
Wybitny polski fizyk, długoletni pracownik Instytutu Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk w Krakowie, uczonek o rozległej wiedzy i ogromnym autorytecie, znakomity wykładowca, wychowawca kilku pokoleń krakowskich fizyków jądrowych.

Prof. dr hab. Kazimierz Grotowski był wybitnym fizykiem, współtwórcą polskiej szkoły fizyki jądrowej, wychowawcą wielu pokoleń polskich uczonych. Z Instytutem Fizyki Jądrowej związany był od jego powstania. W latach 1954-1957 był asystentem w Zakładzie II Instytutu Badań Jądrowych PAN (później IFJ, a obecnie IFJ PAN) w Krakowie. W latach 1956-1957 odbył staż naukowy w Instytucie Naukowo-Technicznym w Leningradzie (ZSRR), a w latach 1959-1961 w Instytucie Fizyki Uniwersytetu w Birmingham (Wielka Brytania). Od 1957 r. był zatrudniony w IFJ, początkowo jako starszy asystent, następnie adiunkt, a w końcu samodzielny pracownik naukowy. W roku 1958 uzyskał na Wydziale Matematyki, Fizyki i Chemii Uniwersytetu Jagiellońskiego stopień doktora nauk matematyczno-fizycznych na podstawie rozprawy doktorskiej pt. „Pomiary czasów życia stanów wzbudzonych nuklidów ^{167}Er , ^{147}Sm , ^{190}Os i ^{145}Eu powstałych przez wychwyty elektronów K”. Praca habilitacyjna pt. „Zagadnienia modelu optycznego dla deuteronów”, ukończona w 1963 r., dotyczyła problemów związanych z wyznaczaniem parametrów modelu optycznego. Nominację na profesora nadzwyczajnego otrzymał w 1971 r., a profesora zwyczajnego w 1977 r. W IFJ pracował do 2002 r. Pełnił szereg funkcji kierowniczych w IFJ oraz Instytucie Fizyki UJ.

Był jednym z pionierów badań polaryzacji neutronów z reakcji strippingu na węglu wykonanych na cyklotronie w Krakowie oraz protonów w reakcji sprężystego rozpraszania na jądrach miedzi przeprowadzonych w Birmingham. Był jednym z odkrywców efektu glorii fal de Broglie’a materii oraz anomalii w rozpraszaniu wstecznym cząstek alfa zwaną ALAS – badania te przeprowadzone były na cyklotronie U-120 w IFJ PAN. Przez lata zajmował się fizyką zderzeń ciężkich jonów w obszarze niskich i pośrednich energii. Związane z tym eksperymenty przeprowadzał na całym świecie.

Profesor Grotowski był członkiem Polskiej Akademii Umiejętności – przewodniczącym Komisji Astrofizyki PAU. Był zapalonym grotolazem, taternikiem i żeglarzem.

*prof. dr hab. Tadeusz Lesiak,
Instytut Fizyki Jądrowej PAN,
Kraków*



PROFESOR WIESŁAW CZYŻ

(2 MAJA 1927 R. - 8 KWIETNIA 2017 R.)

Wybitny polski fizyk, długoletni pracownik Instytutu Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk w Krakowie, uczonek o rozległej wiedzy i ogromnym autorytecie, znakomity wykładowca, wychowawca kilku pokoleń krakowskich fizyków teoretyków.

Prof. dr hab. Wiesław Czyż był jednym z najwybitniejszych polskich fizyków teoretyków. Z Instytutem Fizyki Jądrowej (obecnie IFJ PAN) związany był od jego powstania.

Swoją działalność naukową rozpoczął od analizy zjawisk polaryzacyjnych w reakcjach fotojądrowych, a następnie zajmował się kwantową teorią wielu ciał. Podstawę jego rozprawy habilitacyjnej stanowiły pionierskie prace formułujące opis wibracyjnych rezonansów jądrowych. W latach 60. rozpoczął badania teoretyczne wielorodnej produkcji cząstek, a w latach 70. procesów produkcji dyfrakcyjnej. Prace te, rozwinięte przez skupioną wokół niego grupę uczniów i współpracowników, weszły do kanonu literatury naukowej. Szczególnie aktualne są pochodzące z lat siedemdziesiątych Jego prace na temat oddziaływań hadronów z jądrami oraz nieelastycznych zderzeń jądro-jądro. Sformułowana wtedy hipoteza zranionych nukleonów okazała się jednym z najważniejszych elementów teoretycznego opisu oddziaływań ultra-relatywistycznych ciężkich jąder.

Prof. Wiesław Czyż przez kilkadziesiąt lat kierował Zakładem Fizyki Teoretycznej w IFJ. Stworzona przez niego szkoła fizyki teoretycznej jest do dziś jedną z najbardziej znanych w świecie polskich grup naukowych. Do roku 2001 prowadził zajęcia dydaktyczne na UJ oraz wykładał mechanikę kwantową dla doktorantów UJ i IFJ. Opublikował ok. 200 prac naukowych w renomowanych czasopismach międzynarodowych, wypromował 17 doktorów. Był członkiem rzeczywistym PAN i członkiem czynnym PAU.

Został odznaczony Krzyżem Kawalerskim (1966), Krzyżem Oficerskim (1977) i Krzyżem Komandorskim Orderu Odrodzenia Polski (2005).

*prof. dr hab. Tadeusz Lesiak,
prof. dr hab. Marek Jeżabek,
Instytut Fizyki Jądrowej PAN,
Kraków*

Jubileusz Polskiego Towarzystwa Badań Radiacyjnych im. Marii Skłodowskiej-Curie

Warszawa, 29 czerwca 2017 r.



Uczestnicy Jubileuszowej Sesji Naukowej Polskiego Towarzystwa Badań Radiacyjnych im. Marii Skłodowskiej-Curie przed Pałacem Staszica w Warszawie

(Fot. Jacek Wendykier) Czytaj na str. 12 i 40.

W pierwszym rzędzie od lewej: 1. Piotr Sawicki, 2. Małgorzata Sobieszczak-Marciniak, 3. Antoni K. Gajewski, 4. Magdalena Kowalska, 5. Halina Lisowska, 6. Jolanta Wnorowska, 7. Kamila Szafulera, 8. Jacek Michalik, 9. Halina Aniołczyk, 10. Jerzy Olszewski, 11. Ewa Szajdzińska-Piętek, 12. Dorota Słonina, 13. Ewa Nowosielska, 14. Małgorzata Dobrzyńska, 15. Aneta Gajownik, 16. Wojciech Gluszewski (kuca), 17. Elżbieta WańIEWSKA, 18. Beata Biesaga, 19. Aleksander Sochaniak, 20. Jacek Rogoliński, 21. Janina Kopyra.

W drugim i dalszych rzędach od lewej: 22. Stanisław Latek, 23. Aneta Węgierek-Ciuk, 24. Anna Lankoff, 25. Aneta Cheda, 26. Paweł Krajewski, 27. Karol Wnorowski, 28. Alicja K. Olejnik, 29. Małgorzata Matusiak, 30. Iwona Słonecka, 31. Krzysztof Lis, 32. Małgorzata Rochalska, 33. Andrzej G. Chmielewski, 34. Robert Klonowski, 35. Sławomir Kadłubowski, 36. Krzysztof Chomiczewski, 37. Wiesława Barszczewska, 38. Grażyna Przybytniak, 39. Wiesław Flakiewicz, 40. Roman Kubacki, 41. Sylwester Sommer, 42. Elżbieta Sobiczewska, 43. Marcin Kruszewski, 44. Piotr Ulański, 45. Krzysztof Pachocki, 46. Radosław Wach, 47. Marek Zmyślony, 48. Jerzy Sobkowski, 49. Agata Wach, 50. Agata Bauer, 51. Marek K. Janiak, 52. Mariusz Wójcik, 53. Sebastian Sowiński, 54. Agnieszka Adamczyk.

Jubileuszowa Sesja Naukowa Polskiego Towarzystwa Badań Radiacyjnych im. Marii Skłodowskiej-Curie

Warszawa, 29.06.2017



Prof. Andrzej Danysz, członek założyciel PTBR
wspomina początki Towarzystwa



Prof. Jerzy Peńsko, członek założyciel PTBR
w trakcie wystąpienia



Dr hab. Piotr Ulański (MITR), prezes Łódzkiego
PTBR wygłasza wykład „Chemia radiacyjna –
nauka ważna i pożyteczna”



Prowadzący obrady: prof. Ewa Szajdzińska-Piętek (MITR), prof. Marcin
Kruszewski (IChTJ) i prof. Marek Zmyślony (Instytut Medycyny Pracy)



Dr Ewa Nowosielska, dr Elżbieta Sobiczewska (obie WIHE) i dr Karol
Wnorowski (UPH Siedlce) w trakcie sesji



Rozmowy w kulisach: prof. Marek K. Janiak, płk dr n. biol. Robert Zda-
nowski (obaj WIHE) i prof. Paweł Olko (IFJ)



Prezes PTBR prof. Szajdzińska-Piętek wręcza książkę autorstwa Marii Skło-
dowskiej-Curie prof. Andrzejowi G. Chmielewskiemu (IChTJ)