

ARTYKUŁY

RAPORT Z EKSPLOATACJI REAKTORA BADAWCZEGO MARIA W 2014 ROKU*)

Report on the MARIA research reactor operation in the year 2014

Jacek Idzikowski

The MARIA high-flux research reactor operated at the National Centre for Nuclear Research is used to produce various radioisotopes and to run physical experiments. Report describes the technical parameters of the reactor and enumerates different targets used to irradiation and radioisotopes production including molybdenum-99, a radioisotope necessary for production of cancer-treatment medicines. Each week of operation of the reactor means medicines for 100,000 hospital patient. The programme of special conference organized on the occasion of 40-th anniversary of the MARIA reactor first criticality (December 16-th 2014) was presented in the article.

Wysokostrumieniowy reaktor badawczy MARIA, eksploatowany w Narodowym Centrum Badań Jądrowych w Świerku, wykorzystywany jest do produkcji izotopów promieniotwórczych dla potrzeb medycyny i przemysłu oraz do prowadzenia badań fizycznych. Podstawowe parametry reaktora są następujące:

- moc nominalna - 30 MW cieplnych,
- strumień neutronów termicznych - $4 \cdot 10^{14}$ n/(cm²s),
- moderator - woda (H₂O) i beryl,
- reflektor – grafit,
- element paliwowy:
 - materiał: dwutlenek (UO₂-Al) lub krzemek (U₃Si₂-Al) uranu,
 - wzbogacenie: 36% lub 19,75% w izotop U-235,
 - koszulka: aluminium (Al),
 - kształt: 5 koncentrycznych rur (paliwo francuskie typu MC),
 - długość: 1000 mm.

Reaktor MARIA został uruchomiony w Instytucie Badań Jądrowych w grudniu 1974 r. (doświadczenie krytyczne) i pracował do remontu w 1985 r., a po nim pracuje nieprzerwanie od 1993 r. (drugie doświadczenie krytyczne) najpierw w Instytucie Energii Atomowej, a potem w Narodowym Centrum Badań Jądrowych do chwili obecnej.

W 2014 r. reaktor przepracował łącznie 4282 godzin na mocy cieplnej od 30 kW do 25 MW, co przedstawiono w poszczególnych cyklach pracy na załączonym zestawieniu (rys.1) i porównywalne jest z czasem pracy w poprzednich latach z wyjątkiem 2013 r., kiedy dokonano modernizacji pomp obiegu kanałów paliwowych. Wprowadzona w dniu 8 września 2014 r. konfiguracja rdzenia (KKR-16/2014) zakończyła zapoczątkowany 24 września

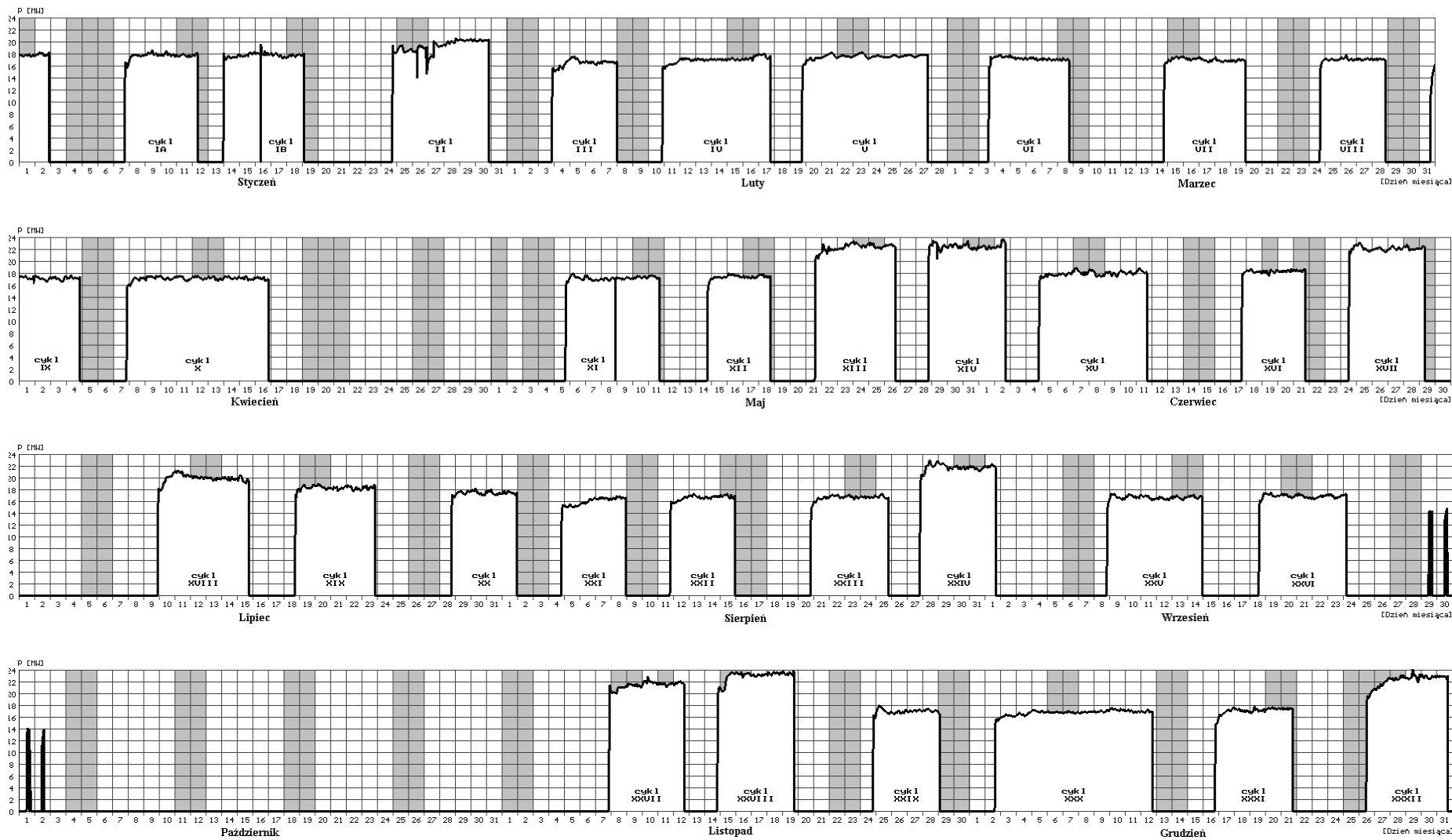
2012 r. dwuletni okres konwersji rdzenia z paliwa rosyjskiego typu MR-6/430/36 na niskowzbożone paliwo francuskie typu MC-05/485/20.

Eksploatacja reaktora dostosowana była w szczególności do zapotrzebowań na napromienianie:

- 2056 zasobników z materiałem tarczowym, takim jak dwutlenek telluru, chlorek potasu, siarka, lutet, kobalt, żelazo, iryd, miedź, iterb, wolfram itd. dla Ośrodka Radioizotopów POLATOM,
- 112 tarcz uranowych (HEU) do produkcji molibdenu (Mo-99) dla firmy Mallinckrodt (Holandia) umieszczonych w tzw. kanałach molibdenowych (i-6 i f-7),
- 172 zleceń na napromieniowanie minerałów dla firmy Topaz Minerals na stanowiskach T1, T1, T3 i T4 zainstalowanych w reflektorze reaktora.

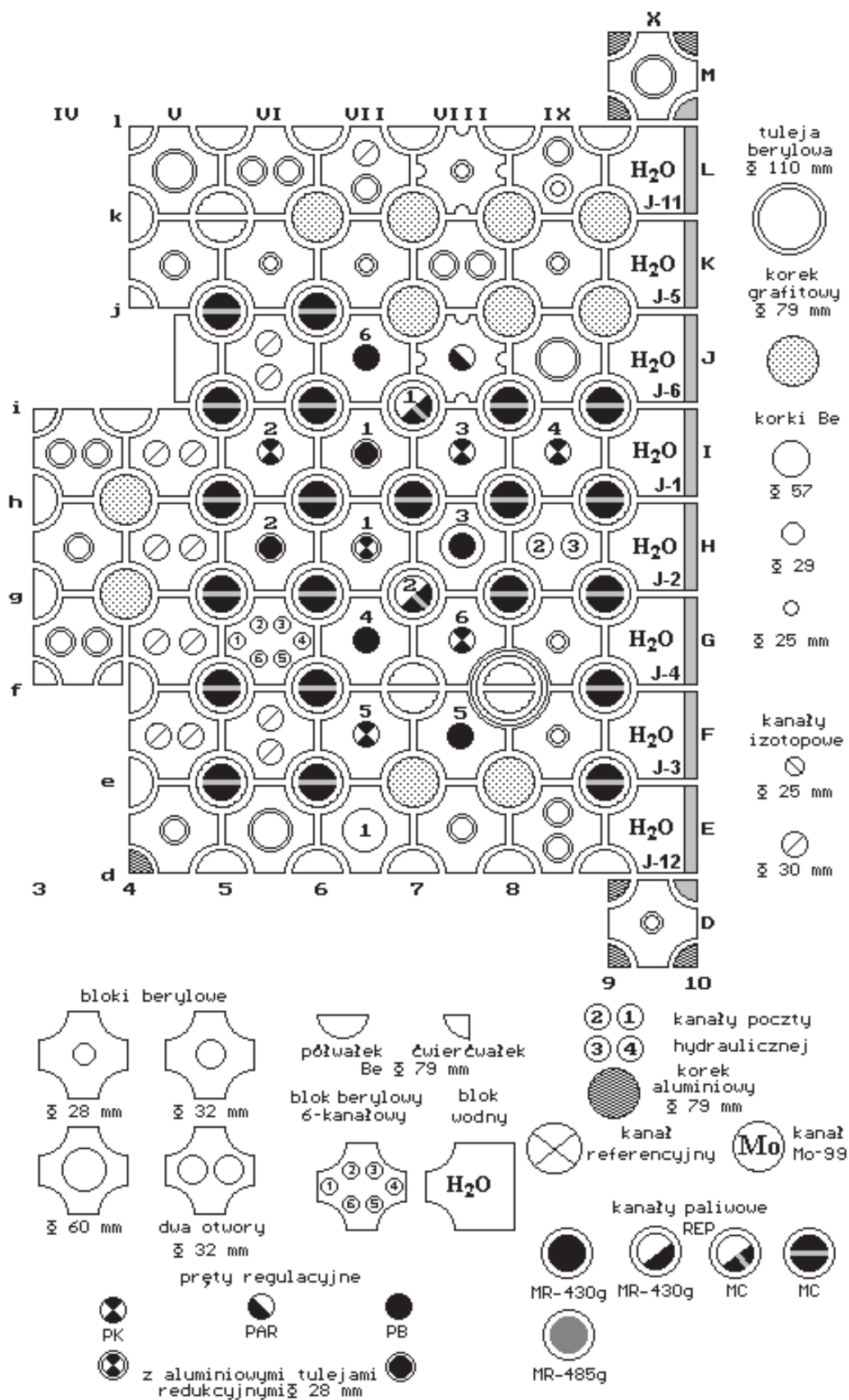
W 2014 r. zakończono testy dwóch rosyjskich prototypowych elementów paliwowych typu MR-6/485/20 osiągając 40 i 60% wypalenia U-235.

W dniu 27 września 2014 r. rozpoczęto pierwszą trwającą 135 godzin testową eksploatację konwertera neutronów termicznych, podczas której napromieniono próbki stali oraz detektory aktywacyjne. Na podstawie pomiarów aktywacyjnych oszacowano strumień neutronów wewnątrz konwertera w trzech grupach energetycznych: neutrony termiczne (widmo Maxwella) wynoszące $15 \cdot 10^9$ n/(cm²s), neutrony rozszczepieniowe (widmo Watta) $1,7 \cdot 10^9$ n/(cm²s) i neutrony o energii 14 MeV $1,1 \cdot 10^9$ n/(cm²s), wszystkie z dokładnością $\pm 2\%$. Otrzymana wartość strumienia neutronów o energii 14 MeV była mniejsza od wartości obliczonej teoretycznie, czego oczekiwano, ponieważ w obliczeniach przyjęto idealne warunki zachodzenia dwuetapowej realizacji konwersji.



Rys. 1. Zestawienie cykli pracy reaktora MARIA w 2014 r.

Fig. 2. Summary of MARIA reactor's operational cycles in 2014. NCNR



Rys. 2. Konfiguracja rdzenia reaktora MARIA we wrześniu 2014 r. (KKR-16/2014) po zakończeniu konwersji rdzenia reaktora na paliwo nisko-wzbogacone typu MC

Fig. 2. The MARIA reactor core configuration of September 2014 (KKR-16/214) at the end of conversion to LEU fuel of MC type

Prace naukowo-badawcze prowadzone z wykorzystaniem wiązek neutronów wyprowadzanych przez kanały poziome realizowane są przez Środowiskowe Laboratorium Neutronografii, a łączny czas otwarcia poszczególnych kanałów był następujący:

- H-3 - 900 godzin,
- H-4 - konserwacja układów mechanicznych spektrometru 0 godzin,
- H-5 - 500 godzin,
- H-6 - 2500 godzin,
- H-7 - 2900 godzin,
- H-8 - 950 godzin.

W 2014 r. odnotowano 4 wyłączenia nieplanowane:

- trzy związane były z układem pomp głównych układu chłodzenia kanałów paliwowych,
- jedno z nieszczelnością układu chłodzenia kanałów paliwowych w obrębie stabilizatora ciśnienia.

W czasie pracy reaktora nie odnotowano istotnych uwolnień substancji promieniotwórczych do otoczenia, a zagrożenie radiologiczne personelu pozostało na bardzo małym poziomie (poniżej 2 mSv) ze względu na dobrą jakość eksploatowanego paliwa.

W 2014 r. emisja gazów szlachetnych (^{41}Ar oraz izotopy ksenonu i kryptonu) do atmosfery wynosiła $9,3 \cdot 10^{12}$ Bq, co stanowi ok. 0,9% przyznanego przez Prezesa PAA w zezwoleniu Nr 1/2009 z dnia 31.03.2009 rocznego limitu uwolnień przy czym maksymalna godzinna emisja wynosiła $4,4 \cdot 10^9$ Bq, co stanowi 2,2% godzinnego limitu uwolnień. Emisja jodów promieniotwórczych (^{131}I , ^{132}I , ^{133}I , ^{134}I , ^{135}I) w tym okresie wynosiła $5,8 \cdot 10^7$ Bq, co stanowi ok. 1,2% rocznego limitu uwolnień, przy czym maksymalna tygodniowa emisja wynosiła $1,0 \cdot 10^7$ Bq, co stanowi 10% tygodniowego limitu uwolnień. Uwolnienie ^{131}I w wynosiło $3,1 \cdot 10^7$ Bq, co stanowi ok. 0,6% rocznego limitu uwolnień, przy czym maksymalne tygodniowe uwolnienie wynosiło $9,1 \cdot 10^6$ Bq, co stanowi ok. 9,1% tygodniowego limitu uwolnień. Uwolnienie krótkożyjących izotopów ^{88}Rb i ^{138}Cs wynosiło ok. $2,3 \cdot 10^8$ Bq, przy czym maksymalne tygodniowe uwolnienie wynosiło $1,3 \cdot 10^7$ Bq.

W okresie od 25 września do 7 listopada 2014 r. nastąpiła przerwa w pracy reaktora ze względu na konieczność przeprowadzenia prac remontowych. W tym czasie zmodernizowano układ awaryjnego zasilania reaktora. Dotychczas stosowane przetwornice elektromaszynowe uległy naturalnemu zużyciu. Naprawa bądź wymiana przetwornic na nowe okazała się niemożliwa, stąd podjęta została decyzja o modernizacji wspomnianych układów. Polegała ona na wymianie przetwornic elektromaszynowych na zasilacze bezprzerwowe typu FTM-200. W wyniku modernizacji uzyskano bardziej niezawodny układ zasilania awaryjnego o prawie dwukrotnie wydłużonym czasie działania.

Zgodnie z amerykańskim programem redukcji zagrożenia globalnego (ang. *Global Threat Reduction Initiative*) współpracując z Zakładem Unieszkodliwiania Odpa-

dów Promieniotwórczych (ZUOP) wywieziono z reaktora MARIA w sierpniu 2014 r. do Federacji Rosyjskiej 44 szt. wypalonych elementów paliwowych typu MR.

W dniu 16 grudnia 2014 r. minęła 40-ta rocznica pierwszego doświadczenia krytycznego w reaktorze MARIA i z tej okazji zorganizowano sesję okolicznościową zapraszając byłych pracowników reaktora, na której przedstawiono rolę reaktora MARIA w rozwoju NCBJ (prof. G. Wrochna), historię reaktora MARIA i jego ludzi (G. Krzysztozek) oraz przyszłość reaktora MARIA w oczach młodych (M. Tarchalski, R. Prokopowicz), a spotkanie zakończono indywidualnym wspomnieniem byłego pracownika (J. Tombacher). W dalszej części sesji, już z udziałem gości zagranicznych, stan obecny i przyszłość reaktora MARIA przedstawił G. Krzysztozek, a jego wykorzystanie do produkcji radioizotopów D. Socha. Na koniec zorganizowany został panel pt. „Reaktory badawcze i społeczeństwo”, na którym goście zagraniczni przedstawili następujące referaty:

- Bezpieczeństwo jądrowe oparte na badaniach (A. Borio, MAEA),
- Reaktory jądrowe dla medycyny (R. Brown, Mallinckrodt Medical BV),
- Perspektywa OECD/NEA w odniesieniu do reaktorów badawczych (K. Carlton, OECD/NEA),
- Spojrzenie na reaktory badawcze z pozycji europejskiej (R. Barańczyk, KE),
- Reaktory badawcze z perspektywy Europejskiej Agencji Dostaw (S. Tsalias, Euratom Supply Agency),
- Reaktory badawcze w projektach Euratomu (B. Schmitz, Euratom-Fission),
- Reaktor Jules Horowitz (G. Bignan, CEA/JHR).

Obie części spotkania należy ocenić bardzo pozytywnie, gdyż w pierwszej z nich była możliwość spotkania dawnych pracowników po latach, a podczas drugiej zaznajomienia się z przyszłościową perspektywą rozwoju reaktorów badawczych w Europie.

W ramach upowszechniania wiedzy o atomistyce w 2014 r., reaktor MARIA zwiedziło ok. 5500 uczniów szkół średnich i studentów uczelni wyższych z terenu całej Polski. Dla niektórych grup studenckich organizowano również ćwiczenia praktyczne z zakresu fizyki reaktorowej i ochrony przed promieniowaniem jonizującym.

Podsumowując, należy stwierdzić, że praca reaktora MARIA w 2014 r. przebiegała bez większych zakłóceń, potwierdzając jego dobrą dyspozycyjność oraz bezpieczną eksploatację.

*mgr inż. Jacek Idzikowski,
Narodowe Centrum Badań Jądrowych,
Otwock -Świerk*