

Energetyka Jądrowa

wykład 11 - maj 2017

Zygmunt Szefliński

Środowiskowe Laboratorium Ciężkich Jonów

szef@fuw.edu.pl

<http://www.fuw.edu.pl/~szef/>

Wykład
prof. Tadeusza Hilczera (UAM)
prezentujący reaktor Maria

Reaktory badawcze

- Reaktory naukowe i doświadczalne:
 - badania elementów reaktorów
 - badania wiązek neutronów,
 - naświetlanie neutronami,
 - produkcja izotopów promieniotwórczych
 - zastosowanie medyczne

Reaktor jądrowy MARIA

- Jedyne obecnie w Polsce reaktor jądrowy MARIA znajduje się w Instytucie Energii Atomowej IEA w Świerku k. Otwocka, niedaleko Warszawy
- Reaktor Maria uruchomiony w grudniu 1974 roku
- Zbudowany w Polsce zgodnie z dokumentacją radzieckiego reaktora MR w Instytucie Kurczatowa w Moskwie.
- Nazwa MARIA na cześć Marii Skłodowskiej-Curie.
- Jest reaktorem naukowo-badawczym.

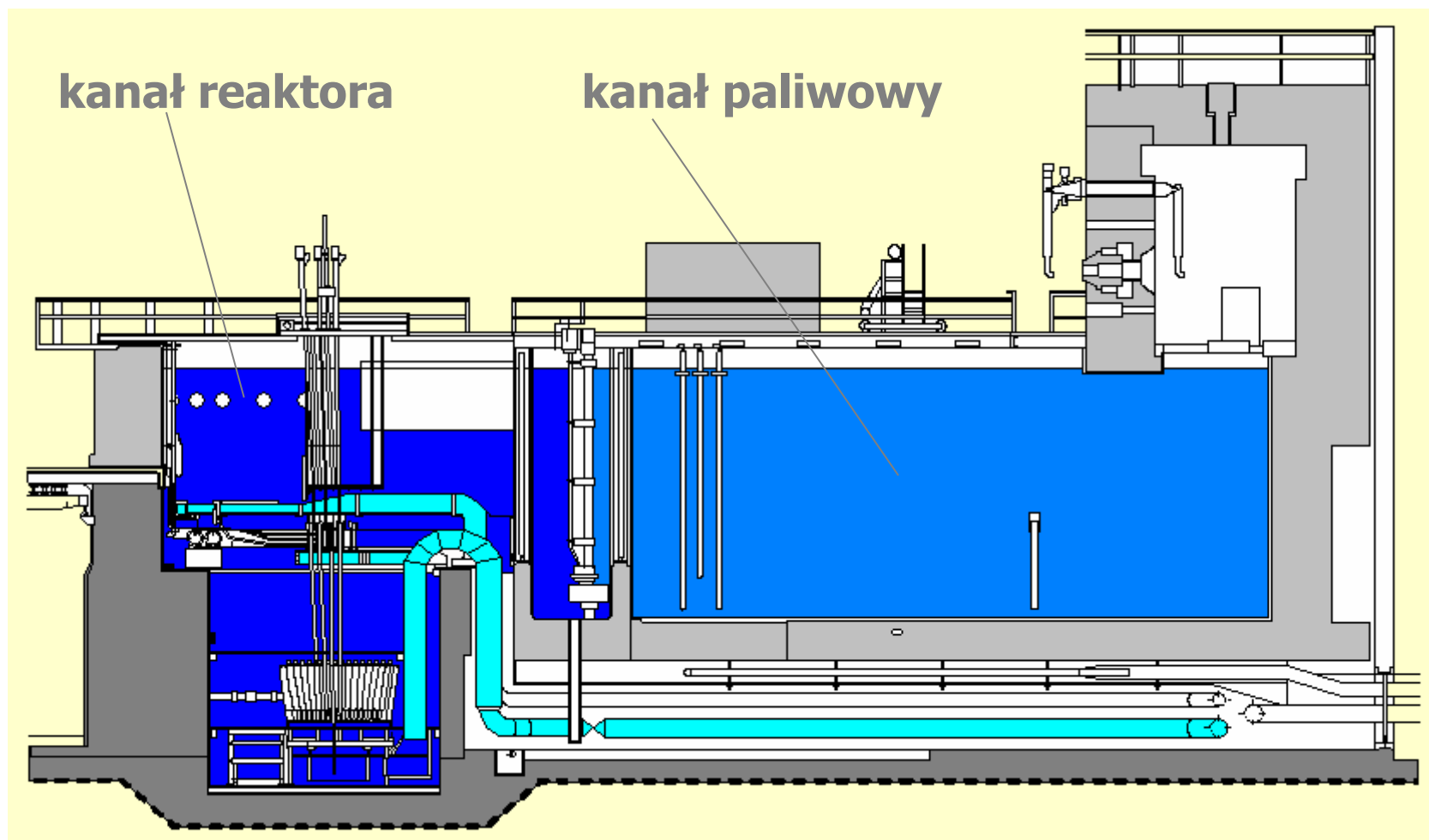
Reaktor jądrowy MARIA

- Moc cieplna pojedynczego kanału - 1.8 MW
- Moc reaktora - 30 MW
- Typ reaktora: basenowy
- Moderator - woda i beryl
- Reflektor - grafit i woda
- Strumień neutronów termicznych:
 - w paliwie $2.5 \times 10^{14} \text{ n/cm}^2\text{s}$
 - w berylu $4.0 \times 10^{14} \text{ n/cm}^2\text{s}$
- Pracuje 3300 godzin rocznie

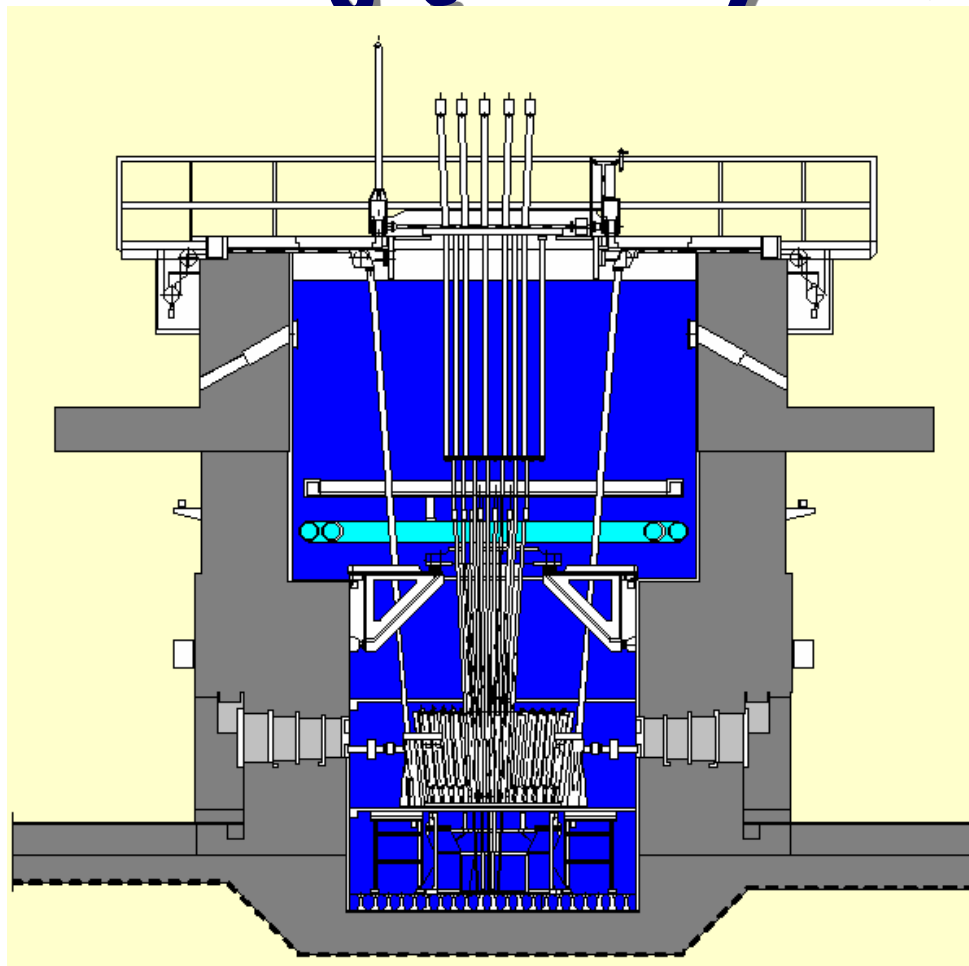
Reaktor jądrowy MARIA

- Rdzeń reaktora:
 - ciśnieniowe kanały paliwowe
 - pręty regulacyjne
 - matryca z bloków berylowych.
- Wokół rdzenia - bloki grafitowe jako reflektor.
- Całość w obudowie zamocowana na dnie basenu.
- Obok basenu reaktora jest basen paliwowy do okresowego przechowywania wypalonego paliwa.
- Pełni on również rolę podwodnej drogi transportowej do komór gorących i komory demontażowej.
- Baseny oddzielone są śluzą.

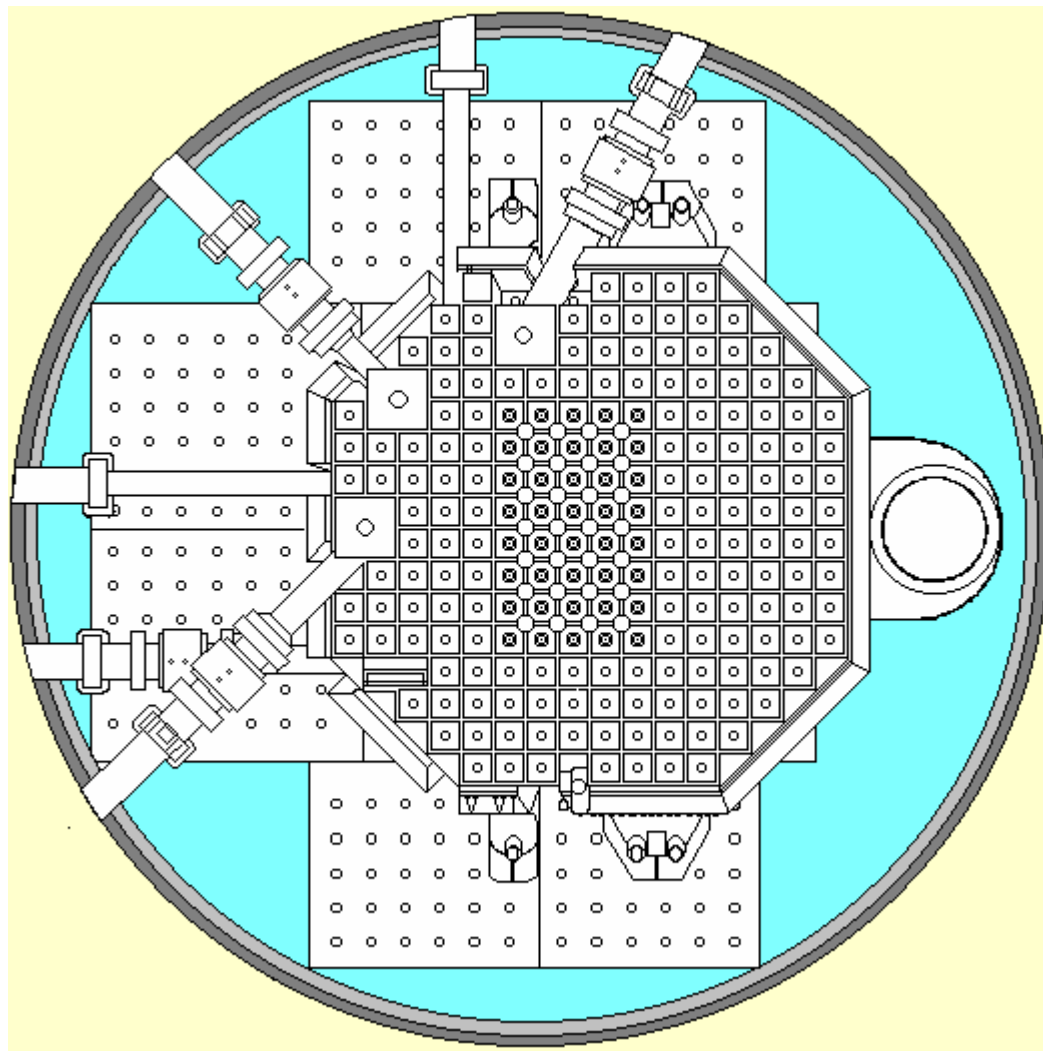
Reaktor jądrowy Maria



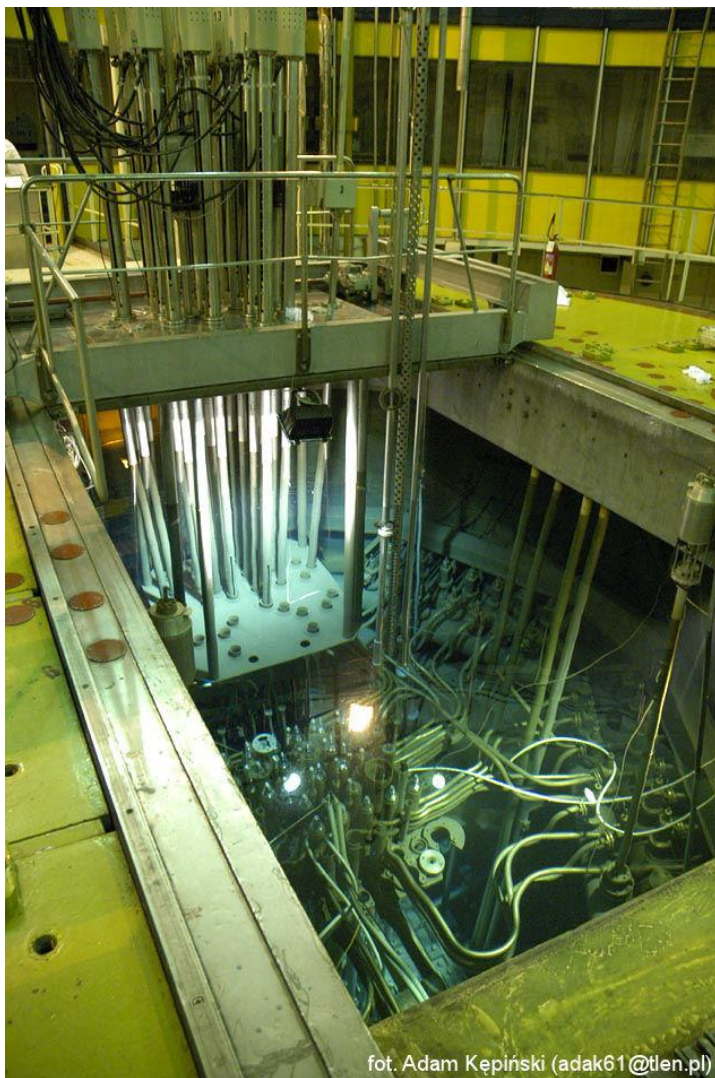
Reaktor jądrowy Maria



Reaktor jądrowy MARIA



Reaktor jądrowy MARIA

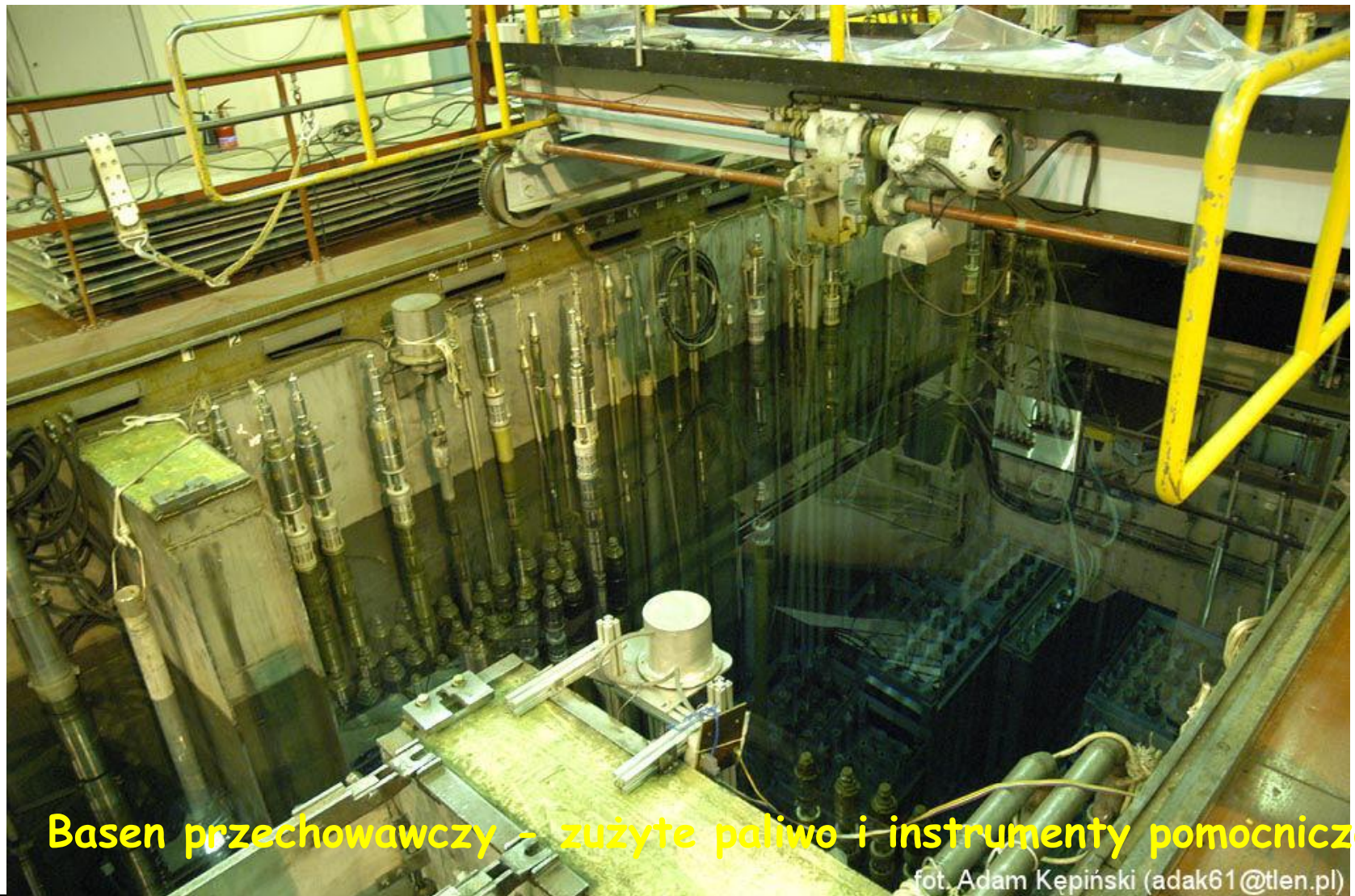


fot. Adam Kępiński (adak61@tlen.pl)

Widok na basen z rdzeniem reaktora

Rdzeń umieszczony jest
na głębokości 7-miu metrów

Reaktor jądrowy MARIA



Basen przechowawczy – zużyte paliwo i instrumenty pomocnicze

fot. Adam Kępiński (adak61@tlen.pl)

Reaktor jądrowy Maria

- Kanały paliwowe:
 - rury z elementem paliwowym umieszczone w rdzeniu reaktora między blokami berylowymi,
 - stacjonarne
 - z ruchomym elementem paliwowym
 - mają indywidualne podłączenia układu chłodzącego. oddzielne zawory odcinające na wejściu i wyjściu wody chłodzącej, przepływającej pod ciśnieniem.

Reaktor jądrowy Maria

- Kanał stacjonarny
 - pręt paliwowy mocowany za pomocą zamka kulowego,
 - element paliwowy przymocowany jest do wewnętrznej rury kanału.
- Kanał z ruchomym elementem paliwowym
 - dłuższy, wewnętrzna rura kanału zawieszona jest na pręcie wyprowadzonym poprzez dławicę na zewnątrz,
 - możliwe przemieszczanie elementu paliwowego w kanale
 - elementy paliwowe poruszane są dwoma silnikami o mocy 40W.
- W wyłączonym reaktorze ruchome elementy paliwowe znajdują się pod rdzeniem.
 - przed rozruchem są podnoszone i wprowadzane do rdzenia.

Reaktor jądrowy Maria

- Element paliwowy składa się z 6 koncentrycznych rur (jedna w drugiej) o długości 1 m, pokrytych aluminiową koszulką.
- Każda rura zbudowana jest z dyspersji uranu $\text{UAl}_x(\text{UO}_2)$ w Al.
- Wzbogacenie uranu ^{235}U :
 - w pierwszych latach 80%
 - obecnie 36%.
- Elementy paliwowe produkowane są w Rosji.

Reaktor jądrowy MARIA



Element paliwowy gotowy do włożenia do pochwy

fot. Adam Kępiński (adak61@tlen.pl)

Reaktor jądrowy MARIA



Świeży element paliwowy

fot. Adam Kępiński (adak61@tlen.pl)

System chłodzenia reaktora jądrowego Maria

- Pierwotny obieg chłodzenia paliwa:
 - woda przepływa między rurami kanałów paliwowych
 - ciśnienie przepływającej wody wynosi (zależnie od miejsca) od 0.8 MPa do 1.8 MPa
 - maksymalna temperatura paliwa osiąga 450 K
 - przepływ chłodziwa (wody) wynosi:
 - przez kanał paliwowy $30 \text{ m}^3/\text{h}$
 - przez obieg $600 \div 700 \text{ m}^3/\text{h}$

System chłodzenia reaktora jądrowego Maria

- Drugi pierwotny obieg chłodzenia:
 - basen wodny, w którym zanurzony jest reaktor
 - Ciśnienie atmosferyczne ok. 1000 hPa
 - Temperatura:
 - na wlocie 323 K
 - na wylocie 333 K
 - Przepływ wody w basenie wynosi 1400 m³/h

Pręty bezpieczeństwa reaktora jądrowego Maria

- Pręty bezpieczeństwa i kompensacyjne (pochłaniające)
 - umieszczone w kanałach znajdujących się w blokach berylowych
- Konstrukcja napędów i kanałów dla wszystkich trzech rodzajów prętów jest jednakowa
 - umożliwia optymalny wybór funkcji pracy każdego z zainstalowanych prętów.

Matryca rdzenia i reflektor reaktora jądrowego Maria

- Matryca rdzenia składa się z bloków berylowych.
- Reflektor składa się z bloków grafitowych.
- Bloki mają te same wymiary zewnętrzne.
- Bloki grafitowe są ściętymi ostrosłupami o podstawie kwadratowej, część ma ścięte naroża.
- Górny wymiar bloku (nakładki) wynosi 140 mm, dolny zaś 120 mm.
- Wysokość bloków wraz z nakładkami wynosi 1585 mm.
- Układ stożkowy pozwala na zainstalowanie nad rdzeniem większych elementów reaktora i urządzeń doświadczalnych.

Matryca rdzenia i reflektor reaktora jądrowego Maria

- Bloki grafitowe są osłonięte cienką blachą aluminiową.
- Ze względu na możliwość pracy bloku w temperaturze przekraczającej 1000 K, grafit został odgazowany w próżni w temperaturze około 1000 K i nasycony azotem.
- Szczelina między osłoną a grafitem jest wypełniona azotem.
- Analogiczną geometrię mają bloki berylowe ale nie mają osłony.
- Między blokami znajdują się szczeliny ok. 1,5 mm, przez które może swobodnie przepływać chłodziwo.

Reaktor jądrowy MARIA



Reaktor w czasie pracy

fot. Adam Kępiński (adak61@tlen.pl)

Reaktor jądrowy MARIA



Wymiana elementu paliwowego

fot. Adam Kępiński (adak61@tlen.pl)

Reaktor jądrowy EWA

- Pierwszy polski reaktor EWA (Eksperymentalny, Wodny, Atomowy).
- Reaktor EWA był reaktorem naukowo-badawczym.
- Został sprowadzony z b.ZSRR i zamontowany w Świerku.
- Pierwszy raz uruchomiony w roku 1958
- Początkowa moc 2 MW, stopniowo zwiększana 10 MW.
- Reaktor został definitywnie zamknięty w roku 1995.
- Pozostała pusta konstrukcja, która będzie służyć do przechowywania odpadów radioaktywnych.
- Hala reaktora EWA znajduje się ok. 300 metrów od hali reaktora MARIA.

Reaktor jądrowy EWA



fot. Adam Kępiński (adak61@tlen.pl)

Reaktor jądrowy EWA



Górna część korpusu reaktora EWA. Mechanizmy sterujące i korby obrotowe

Tadeusz Hilczer, wykład
monograficzny