



MARIA - kolejne 10 lat

Wybrane analizy bezpieczeństwa

Maciej Lipka

Departament Energii Jądrowej



DEPARTAMENT ENERGII JĄDROWEJ

**Zakład Eksploatacji
Reaktora MARIA**

**Zakład Techniki
Reaktorów Badawczych**

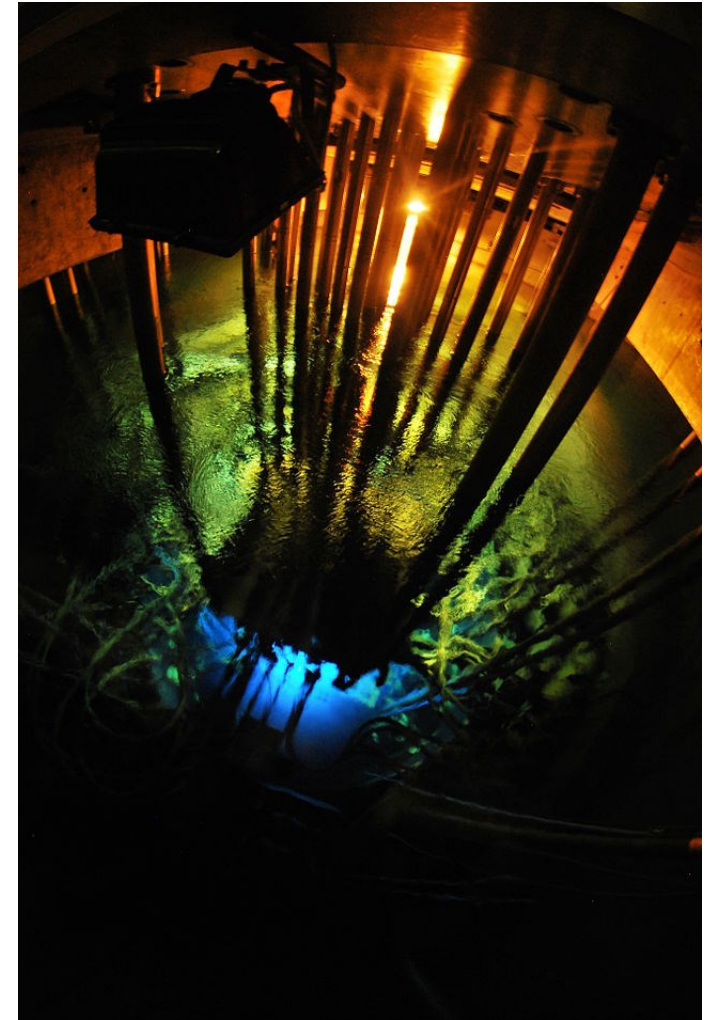
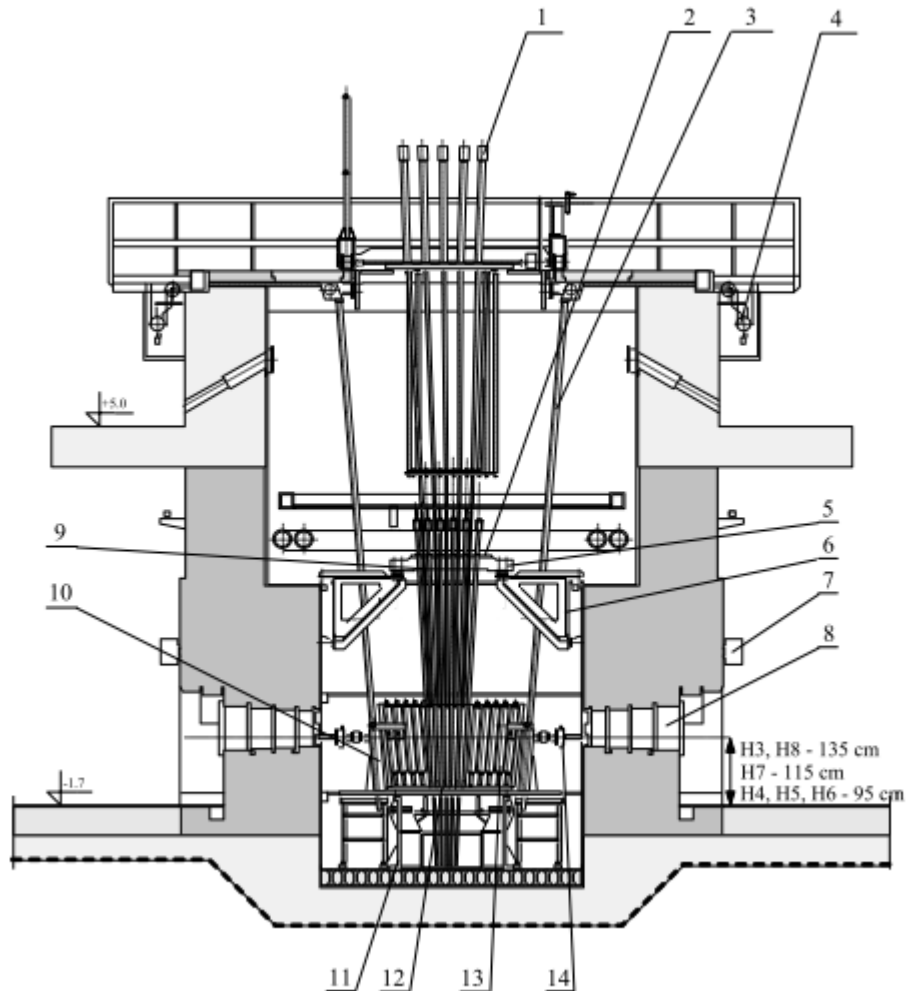
**Laboratorium Pomiarów
Dozymetrycznych**

**Zakład
Energetyki Jądrowej**



Krytyczność 18 grudnia 1974 r.

- moc maksymalna: 30 MWt
- gęstość strumienia neutronów termicznych: $3 \cdot 10^{14}$ n/cm²s
- moderator: H₂O, matryca berylowa
- reflektor: bloki grafitowe
- kanałowy i basenowy system chłodzenia
- Czas pracy >4000 h/a
- Przewidziana eksploatacja: 2030+



„Reaktor11”. A. Rumińska - Praca własna. Licencja GFDL.
Wikipedia

- | | |
|-----------------------------------|----------------------------------|
| 1. napęd pręta regulacyjnego | 8. zasuwka kanału poziomego |
| 2. płyta montażowa | 9. kanał paliwowy |
| 3. kanał komory jonizacyjnej | 10. osłona komór jonizacyjnych |
| 4. napęd komory jonizacyjnej | 11. podstawa kosza |
| 5. konstrukcja wsporcza płyty | 12. obudowa reflektora |
| 6. wspornik płyty | 13. bloki reflektora |
| 7. napęd zasuwki kanału poziomego | 14. kompensator kanału poziomego |



Przeznaczenie reaktora

- Produkcja radioizotopów (w tym molibdenu-99)
- Badania materiałowe
- Neutronowa modyfikacja minerałów
- Analiza aktywacyjna i autoradiografia
- Badania podstawowe
- Wykorzystanie wiązek do celów medycznych
- Szkolenia z zakresu fizyki i techniki reaktorowej



Najnowsze modyfikacje

- 2015 nowy raport bezpieczeństwa i pozwolenie eksploatacyjne
- 2015 modernizacja systemów elektrycznych
- 2014 wywóz wypalonego paliwa
- 2014 źródło neutronów 14 MeV
- 2014 zakończenie konwersji paliwa
- 2014 modernizacja układów chłodzenia
- Od 1974 MARIA pracowała tylko 28 lat



MARIA – nowy raport bezpieczeństwa

Podstawowe dokumenty, których wprowadzenie (po 2009 roku) wpłynęło na zmiany w raporcie bezpieczeństwa i pozostałych dokumentach:

1. Rozporządzenie RM z dnia 1 marca 2013 (poz. 281) w sprawie wymagań dotyczących rozruchu i eksploatacji obiektów jądrowych. **To rozporządzenie wymusiło największe zmiany w ERB.**
2. **Nie zostało wydane** rozporządzenie RM w sprawie dokumentów, wymaganych przy składaniu wniosku o wydanie zezwolenia na wykonywanie działalności, związanej z narażeniem na działanie promieniowania jonizującego albo przy zgłoszeniu wykonywania tej działalności. Planowano wydanie RRM od 1 stycznia 2015. **Początkowo przygotowywano ERB wg tego projektu.**
3. Pozostałe rozporządzenia odnosiły się bądź do elektrowni jądrowych bądź na etapie wniosku o wydanie zezwolenia na budowę obiektu jądrowego.



Ogólne

1. Redakcja ERB zgodnie z rozporządzeniem RM, które miało wejść w życie od 1 stycznia 2015
2. Uwzględnienie wniosków misji INSARR
3. Wprowadzenie modyfikacji i zmian z Aneksów:
 - 2009/1 - Badanie paliwa MC
 - 2010/1 - Napromienianie płytek uranowych do produkcji ^{99}Mo w reaktorze MARIA. Konstrukcje. Technologia. Analizy bezpieczeństwa
 - 2012/1 - Konwersja rdzenia reaktora MARIA na paliwo MC
 - 2013/1 - Analizy bezpieczeństwa napromieniania nisko wzbogaconych tarcz uranowych do produkcji ^{99}Mo
 - 2013/2 - Modernizacja układu chłodzenia kanałów paliwowych reaktora MARIA
4. Dwa typy paliwa niskowzbogaconego: MC i MR .



MARIA – nowy raport bezpieczeństwa

- Nowe typy paliwa: MC i MR
- Usunięcie REP
- Nowy system chłodzenia
- Aktualizacja danych technicznych i warunków eksploatacyjnych
- Analiza sejsmiczna zmian reaktywności
- Aktualizacja danych demograficznych i środowiskowych



Teraźniejsze i przyszłe eksperymenty i projekty

- GAMMA MAJOR
- Konwerter LiD neutronów 14 MeV
- Neutrony H2
- Zakład Energetyki Jądrowej i program energetyki jądrowej



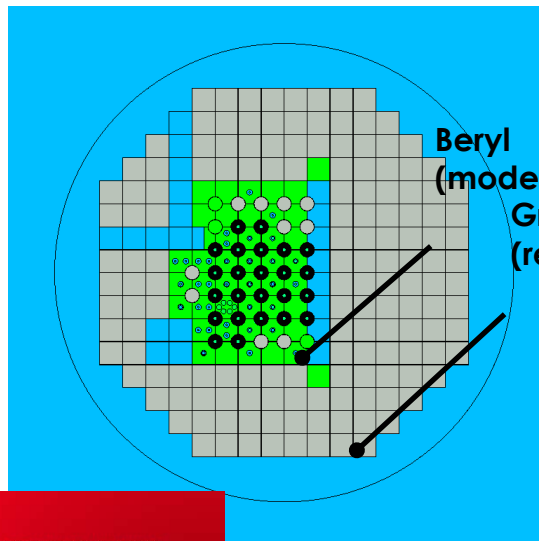
GAMMA MAJOR



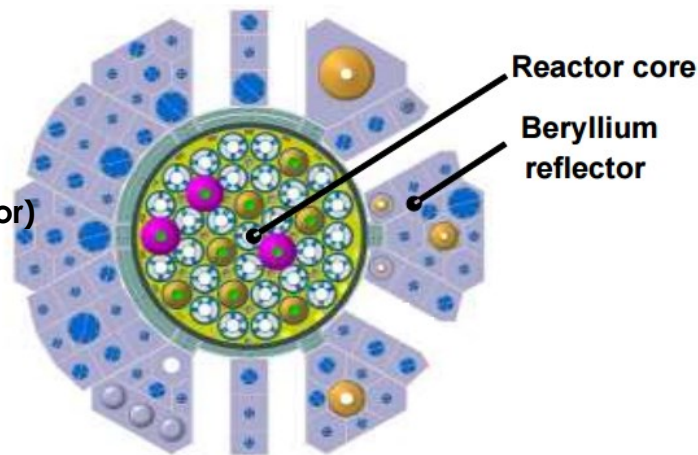
GAMMA MAJOR

Gamma Heating of MARIA and Jules Horowitz Reactor

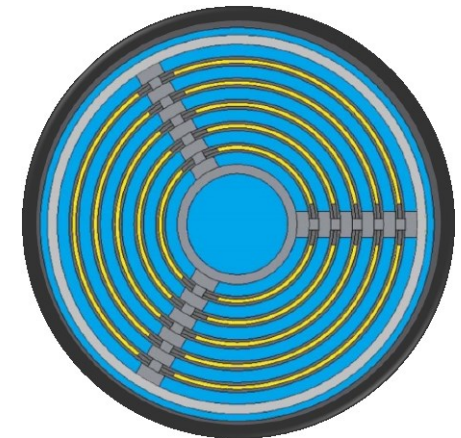
**Berylowy
moderator MARII**



**Berylowy
reflektor JHR**

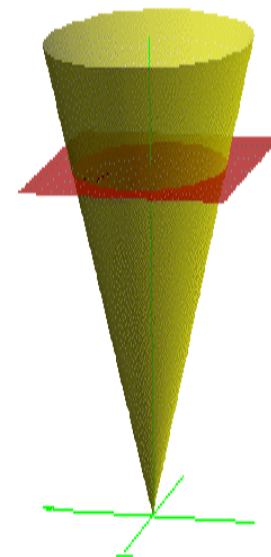
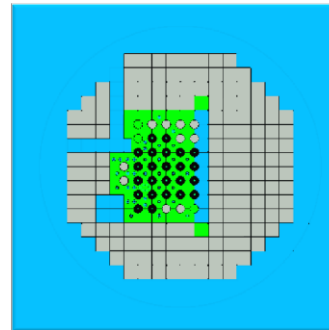
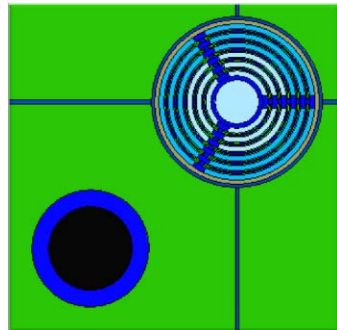
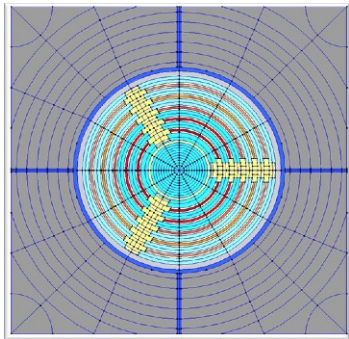


Paliwo CERCA





GAMMA MAJOR



APOLLO 2

Obliczenia
izotopowego
składu rdzenia

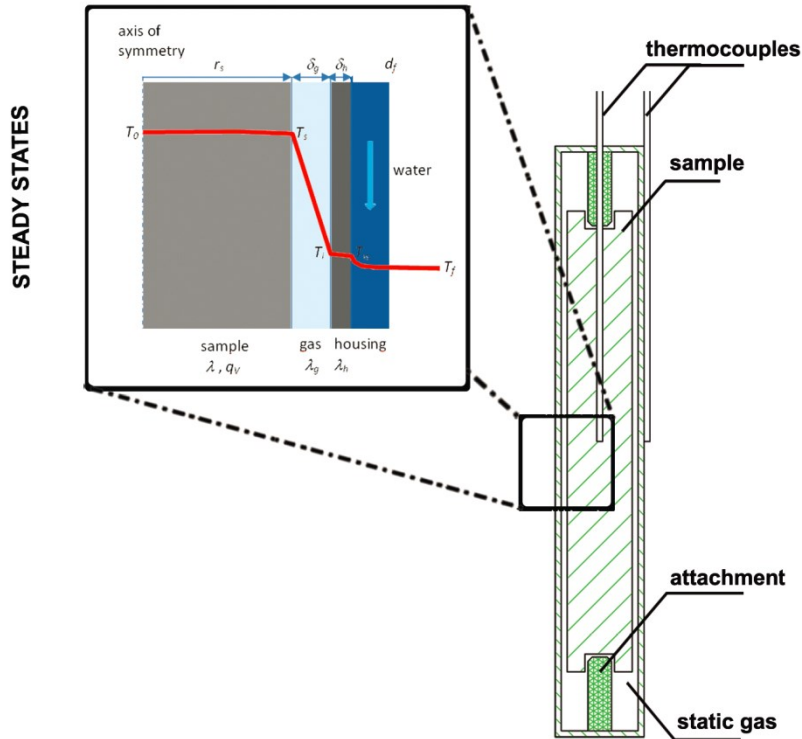
TRIPOLI 4

Obliczenia
neutronowe i ich
eksperymentalne
potwierdzenie

STOŻKOWY KSZTAŁT
RDZENIA

KAROLINA – kalorymetr gamma

schematic temperature distribution inside the calorimeter (steady state with internal heating)



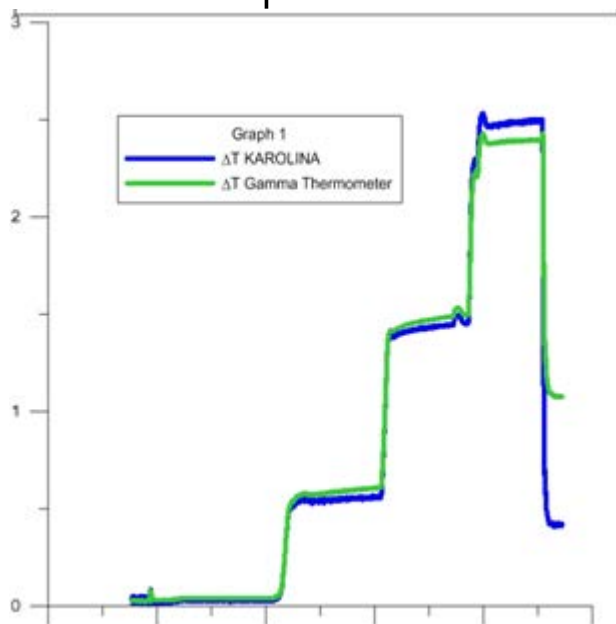
Urządzenie kalibracyjne
odzwierciedla warunki cieplno-
przepływowe w reaktorze MARIA



Pomiary ciepła gamma

Cały, sześciodniowy,
dedykowany cykl pracy MARII
we wrześniu 2014 roku

Kolejny dedykowany cykl
pomiarów w październiku 2015



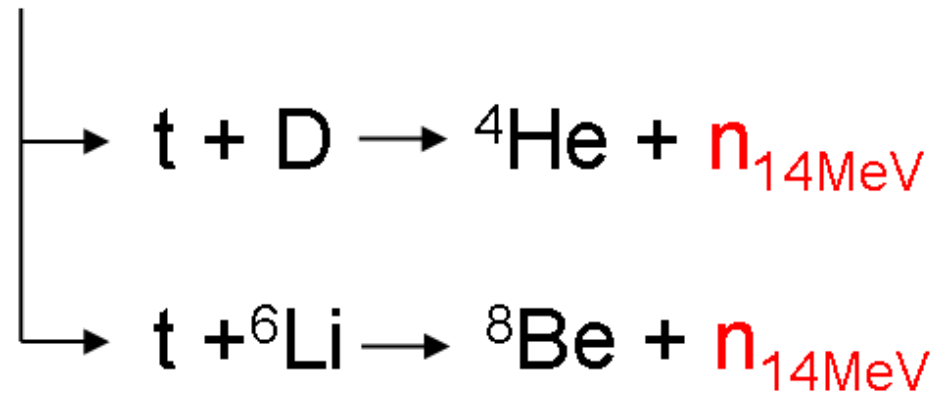
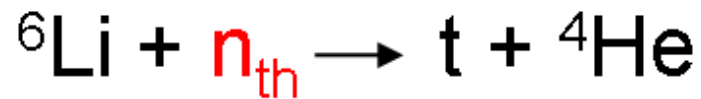
APARATURA BADAWCZA	Dostawca
KAROLINA – nowy rodzaj kalorymetru	NCBJ
Gamma Termometr	LDCI CEA
Komora jonizacyjna	LDCI CEA
Rhodium SPND	LDCI CEA
Silver SPND	LDCI CEA
Detektory aktywacyjne [Al-Co, Al-Au, Ni, Ti, Nb, Y, Fe]	NCBJ
*) CALMOS - kalorymetr	Aix-Marseille University, CEA



KONWERTER LiD NEUTRONÓW 14 MeV



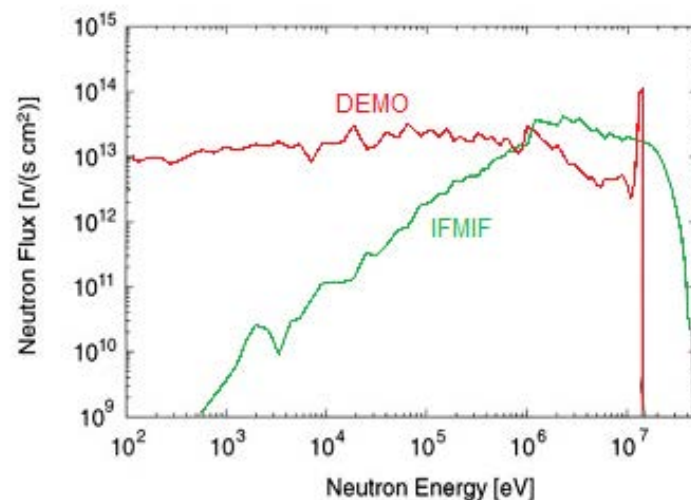
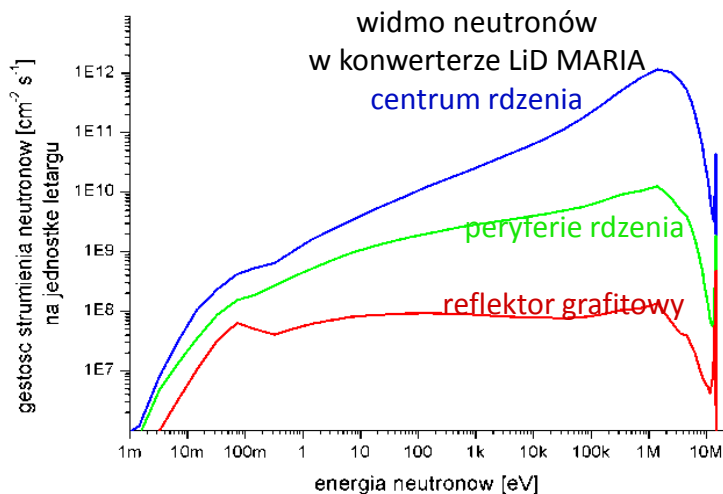
Konwersja neutronów





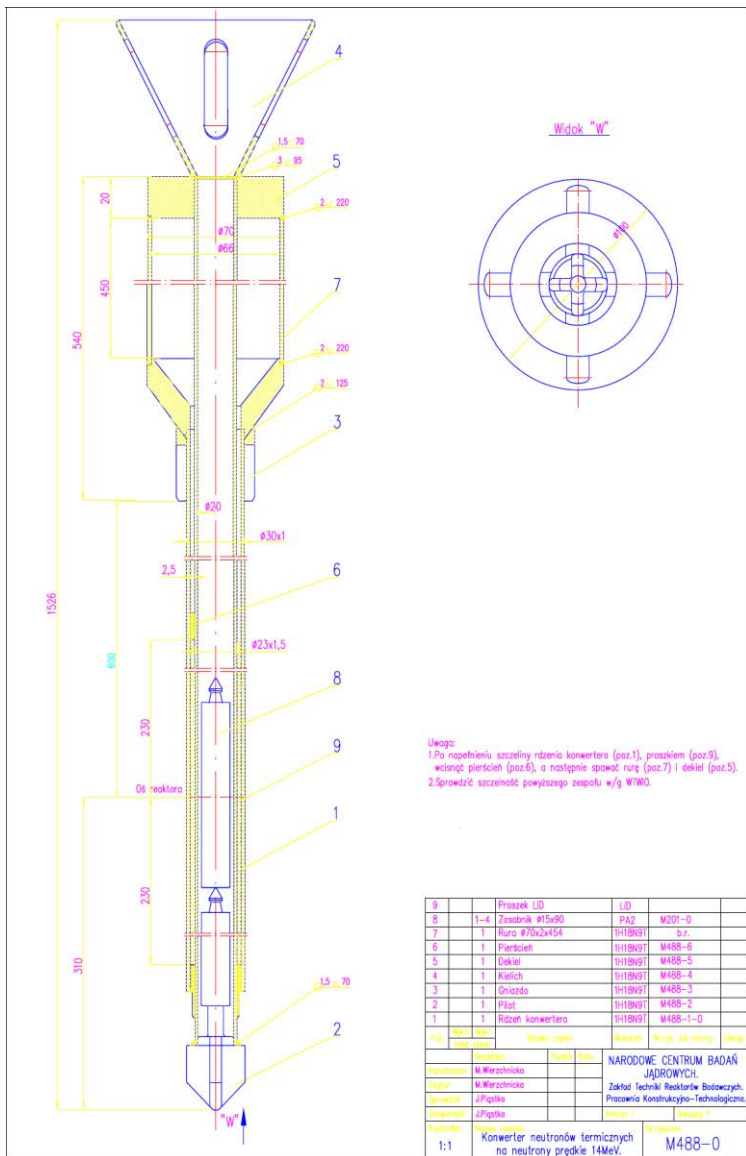
KONWERTER 14 MeV

- Gęstość strumienia neutronów 14 MeV $5 \cdot 10^9$ n/cm²s
- Objętość do 60 cm³ (zasobniki Ø15x90 mm)
- eksploatacja do 4500 h rocznie
- widmo neutronów zbliżone do widma ITER/DEMO





KONWERTER 14 MeV





Projekty badawcze

- Napromienianie i badania materiałów konstrukcyjnych dla ITER
- Napromienianie i badania komponentów diagnostyk ITER (proj. F4E - OFC-358)
- Napromienianie i badania elementów układów powielających tryt (wspólnie z AGH)

Badania materiałowe materiałów aktywnych

- Komory demontażowe reaktora MARIA (10^{15} Bq) z oprzyrządowaniem
- Komory gorące LBM NCBJ ($12 \times 3.7 \cdot 10^{12}$ Bq) z oprzyrządowaniem
- Wykonana adaptacja układu transportowego MARIA – LBM



NEUTRONY H2

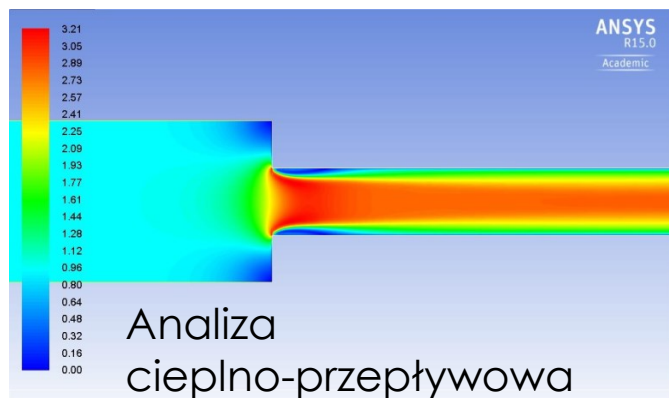
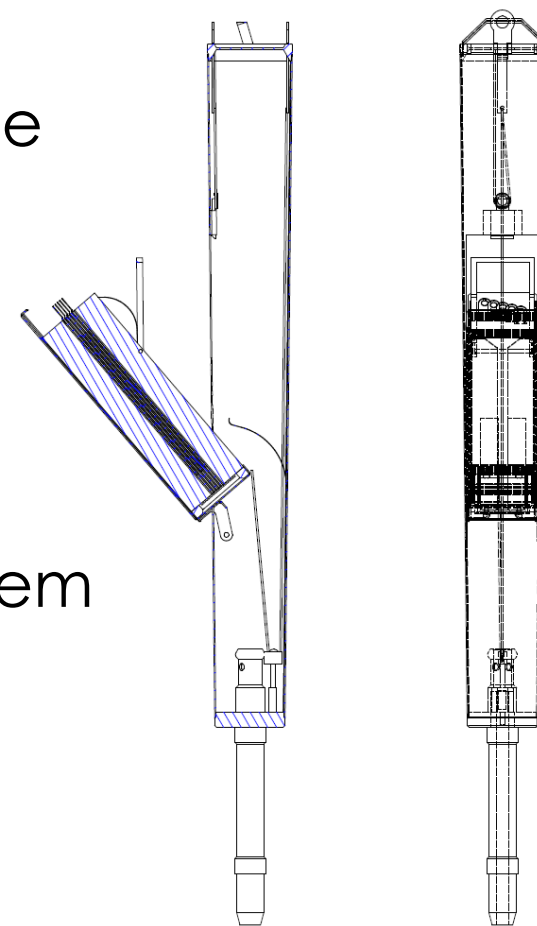


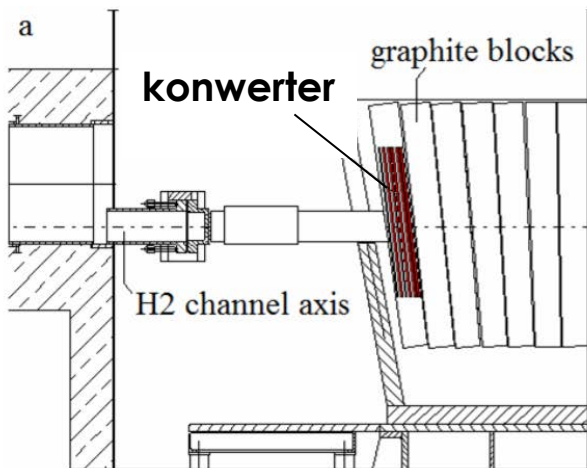
Wiązka neutronów epitermicznych

- Epithermal neutron energy range - 0.5 eV to 10 keV
- Possibility of changing the beam parameters
- Innovative process of creating the beam
- Treatment preclinical studies
- High neutron flux $> 2 \times 10^9 \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$
- Enrichment of the device fuel elements lower than 20%
- Radiation procedures utilizing the beam
- Mobile source which can be take off from irradiation place
- Annually works up to 4000 hours
- Low gamma component

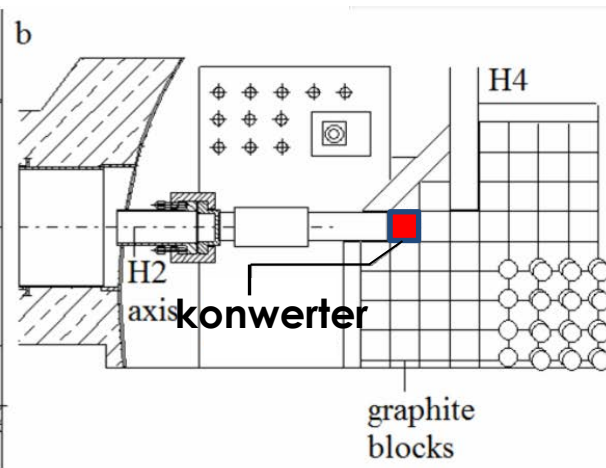
Nowy konwerter z płytkami LEU

- Konwersja neutronów na epitermiczne
- 5 płytek paliwowych LEU,
każda 110 x 280 mm
- Płytki umieszczone pionowo
- Wiązka wyprowadzona z konwertera
do kanału H2 wewnętrznym duktem



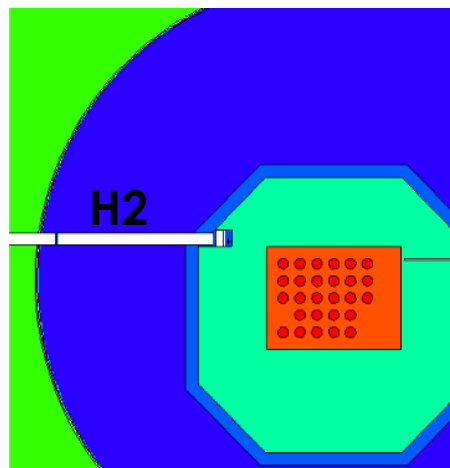
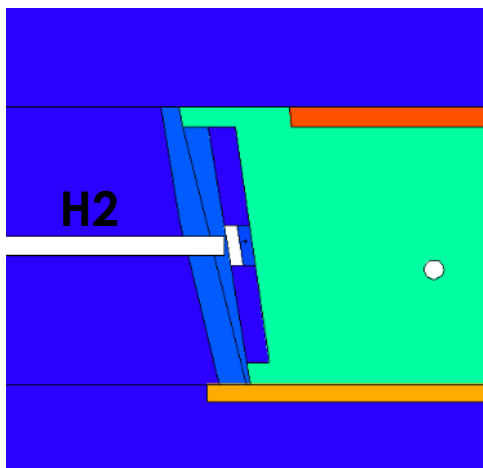
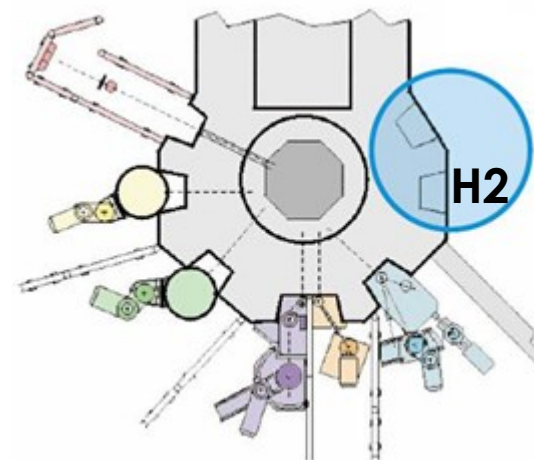


Rzut poziomy



Rzut pionowy

Nieużywane kanały:

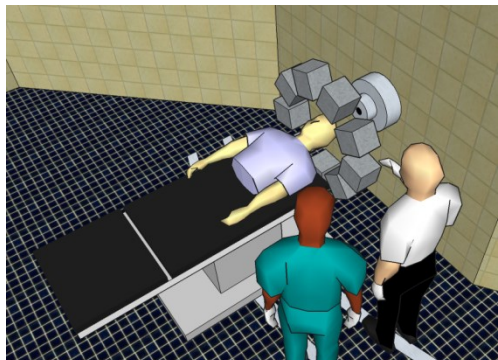
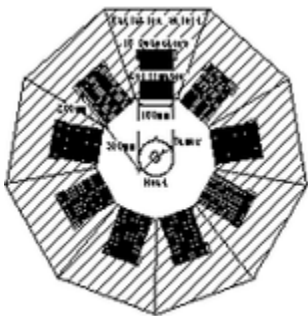


Konwerter będzie umieszczony pomiędzy rdzeniem, a grafitowym reflektorem

Zastosowania

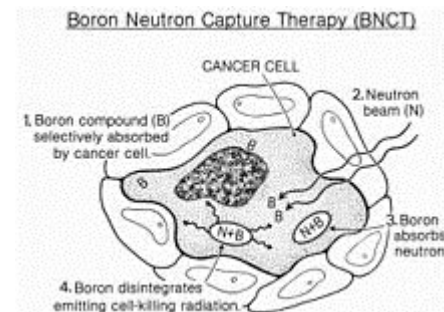
Rozwój PG-SPECT

- Detektory HPGe
- Nowa generacja detektorów scyntylacyjnych
- Badania nieinwazyjne związków
- Specjalne osłony dla detektorów
- Obrazowanie 2D i 3D



Badania NCT

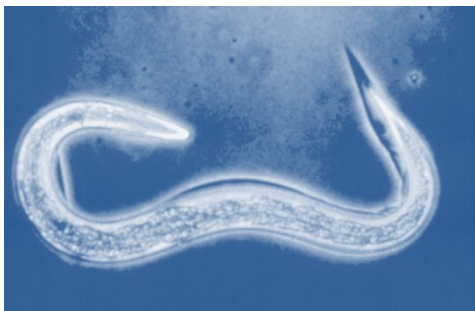
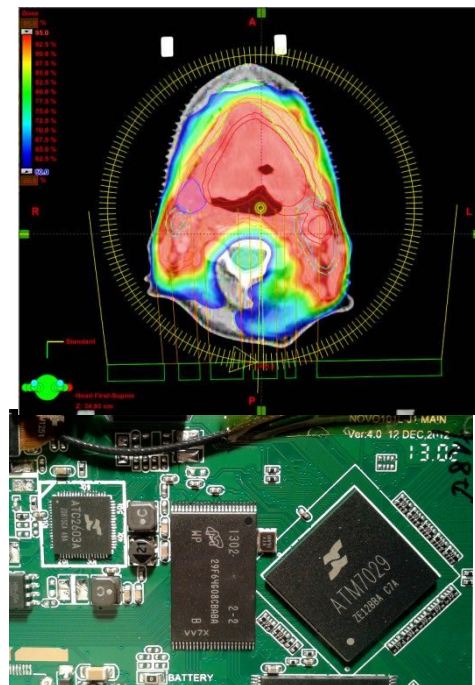
- Próby „kliniczne” napromieniowań
- Szkolenia personelu medycznego
- Rozwój systemu planowania terapii
- Dozymetria wiązek
- Ochrona radiologiczna (n+y)
- Napromienianie próbek biologicznych
- Radiobiologia





Zastosowania c.d.

- Napromienianie nicieni
- Badania materiałowe
- Ochrona elektroniki przed neutronami
- Napromienianie próbek biologicznych i innych
- Badania w dziedzinie rolnictwa (napromienianie zbóż)



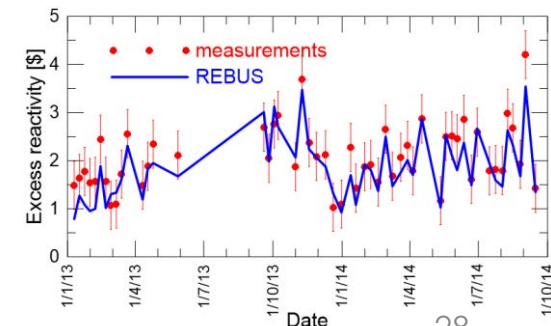
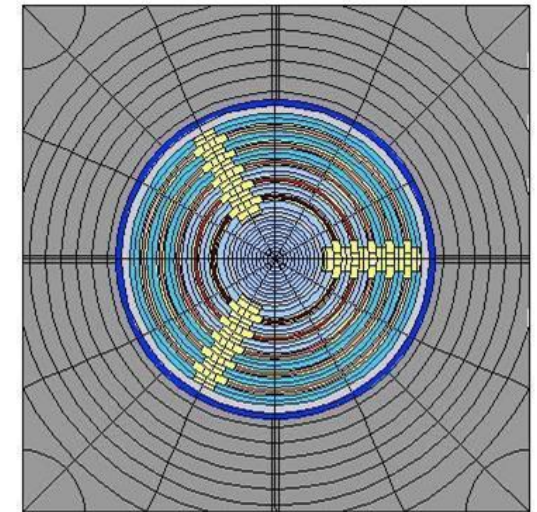


ZAKŁAD ENERGETYKI JĄDROWEJ I PROGRAM ENERGETYKI JĄDROWEJ



Analizy neutronowe rdzenia

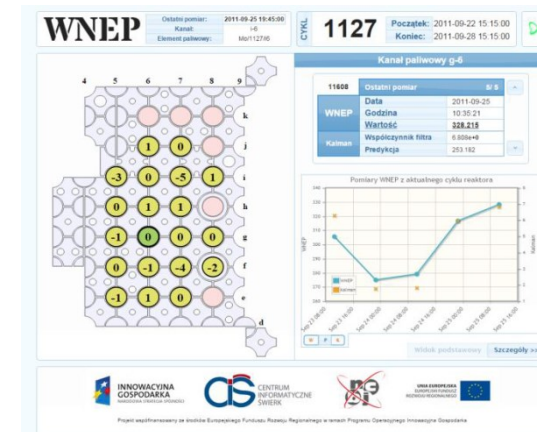
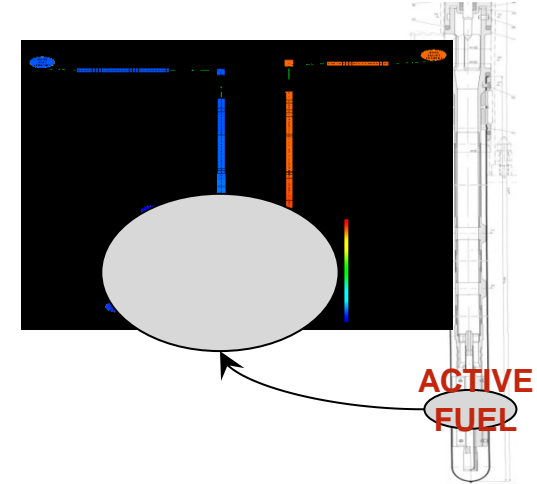
- Obliczenia historii eksploatacji rdzenia, stanów przejściowych i składu izotopowego rdzenia dla różnych typów reaktorów, włączając IV Generację.
- Studium wykonalności i analiza eksperymentów w reaktorach badawczych i pętłach eksperymentalnych.
- Zastosowanie metody Monte Carlo w analizach reaktorowych.
- Eksploatacyjne analizy bezpieczeństwa dla rdzenia reaktora:
- Monitorowanie rozkładu mocy w rdzeniu reaktora.
- Obliczenia zarządzania wypalonym paliwem w przechowalnikach i basenach wypalonego paliwa.





Analizy deterministyczne i ciężkich awarii

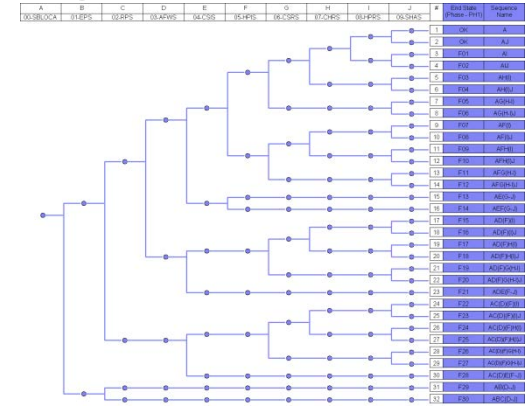
- Analizy systemowe reaktorów
 - Analizy ciepło – przepływowe
 - Analizy awarii projektowych
 - Warunki eksploatacyjne
- Analizy awarii ciężkich
 - Awarie ponadprojektowe – rozszerzone warunki projektowe
 - Awarie ciężkie, włączając stopienie rdzenia i zniszczenie obudowy bezpieczeństwa
- Analizy niepewności i wrażliwości – nowe podejście do metodologii
- Walidacja i weryfikacja kodów obliczeniowych
- Rozwój narzędzi obliczeniowych w wysokowydajnym środowisku komputerowym (HPC)
- Rozwijanie oprogramowania reaktorowego



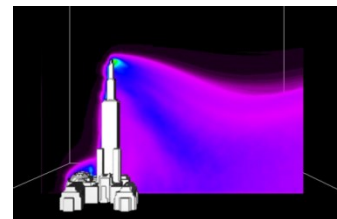
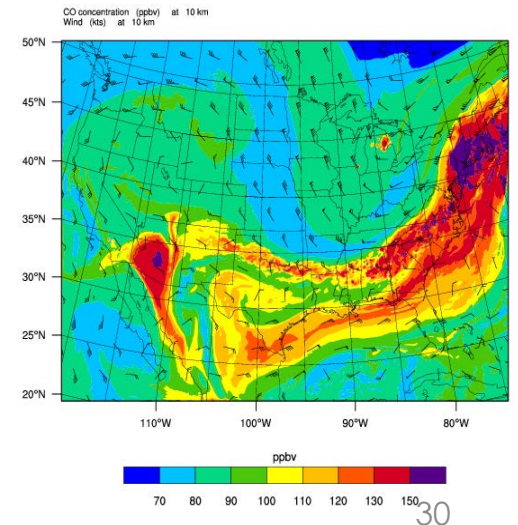


Analizy probabilistyczne

- PSA Poziom-1, badania dla reaktorów badawczych i energetycznych (PWR & BWR) przy użyciu kodu SAPHIRE
- Probabilistyczna ocena bezpieczeństwa pożarowego (Fire PSA) dla elektrowni jądrowych i innych instalacji,
- IRIDM – Zintegrowany proces podejmowania decyzji dla instalacji jądrowych (metodologia i zastosowania)
- Zdarzenia zewnętrzne wynikające z działalności człowieka
- Zdarzenia zewnętrzne wynikające z naturalnych zagrożeń
- Warunki hydrogeologiczne
- Modele dyspersji atmosfery



Valid: 2006-07-22 18:00:00





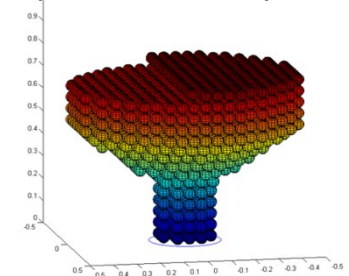
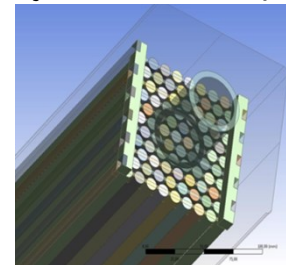
Analizy CFD

Nasze **możliwości i wiedza** połączona z jedną z najpotężniejszych instalacji obliczeniowych – klaster CIS pozwala na dostarczenie **pełnych trójwymiarowych (3D) analiz cieplno-przepływowych** w wysokiej rozdzielczości od ułamków milimetrów do metrów. Badania te pozwalają na odnalezienie miejsc kluczowych i problemowych dla danej instalacji.

**Nasze działanie to wspomaganie
Zakładu Eksploatacji Reaktora MARIA.**

Nasze zadania to:

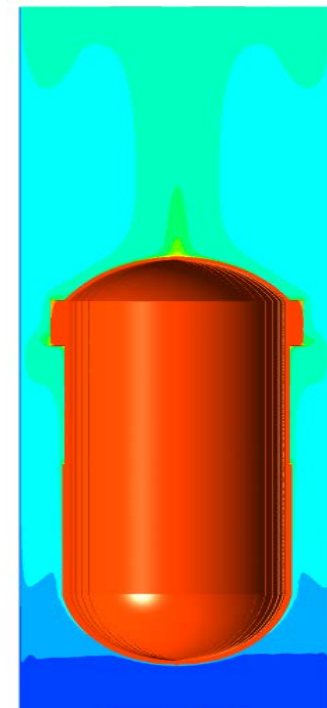
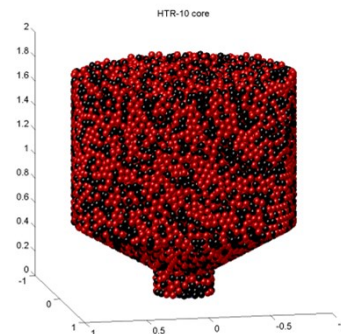
- **projektowanie** nowych komponentów instalacji, przedstawianie sugestii w kwestii kształtu i materiałów, z których mogłyby się składać;
- **testowanie i optymalizacja** instalacji, tak aby mogły działać bezpieczniej i bardziej efektywnie podczas eksploatacji;
- **pomoc** w wyborze najlepszej oferty, walidujemy działanie komponentów oferowane przez dostawców poprzez analizę części statycznych oraz czynnika roboczego;
- **badanie i dostarczanie informacji** na temat warunków ekstremalnych pracy, tak aby instalacja była w stanie pracować z danym obciążeniem, wyznaczamy marginesy bezpieczeństwa.





Rozwój nowych technologii reaktorowych

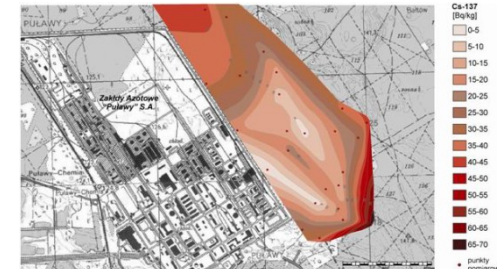
- Obliczenia systemów odbioru ciepła powyłączeniowego w reaktorach gazowych,
- Rozwój własnych narzędzi wspomagających gospodarkę paliwem w reaktorach typu Pebble-bed,
- Analizy procesów licencjonowania obiektów jądrowych w Polsce.
- Projekt HTR-PL
 - Analiza możliwości zastosowania technologii HTGR jako źródło ciepła i mocy dla przemysłu w Polsce.
 - Budowa narodowej kompetencji w dziedzinach związanych z technologią HTGR.
- Projekt Allegro
 - Koncepcja Prędkiego Reaktora Gazowego (GFR)
 - Od 2010 r., koncepcja ta jest rozwijana przez konsorcjum partnerów z Czech, Słowacji, Węgier oraz Polski.
- Projekt NC2I-R (EU FP7)
 - Konstrukcja „task force” – siły do stworzenia i implementacji technologii HTGR w skali przemysłowej.
 - Optymalna struktura prawna dla konsorcjum, które byłoby odpowiedzialne za budowę reaktora demonstracyjnego.
 - Optymalny schemat finansowania przedsięwzięcia i modelu biznesowego.
 - Miejsce i technologia dla demonstratora.





Analizy środowiskowe

- Pomiar zanieczyszczeń powietrza:
 - Analizy jakości powietrza na obszarach miejskich i wiejskich
 - Badania radioaktywnych aerozoli
- Modelowanie zanieczyszczeń powietrza oraz tworzenie baz danych
- Komunikacja za społeczeństwem:
 - Promocja energetyki jądrowej
 - Badania socjologiczne
- Rozwój narzędzi wdrażających udział społeczeństwa w inwestycjach jądrowych
- Badania geologiczne promieniotwórczości gleb, skał i próbek z głębi Ziemi (do głębokości 3000m)
- Badania archeologiczne
- Podstawowe badania w fizyce wysokich energii
- Pomiar napromieniowanych materiałów wykorzystując widmo promieniowania gamma
- Edukacja i szkolenia
 - e-Learning oraz szkolenia zdalne





Kompetencje dla programu energetyki jądrowej

- Wsparcie procesu licencjonowania obiektu jądrowego
- Tworzenie Raportu Oceny Bezpieczeństwa w każdej fazie istnienia EJ
- Przygotowanie raportu oceny lokalizacji wraz z opracowaniem programu monitoringu radiologicznego środowiska;
- Tworzenie dodatkowych analiz: eksploatacji elektrowni, niezawodności, dostępności, utrzymania, ALARA i optymalizacją jej odstawienia
- Odnalezienie referencji do podobnych instalacji jądrowych i benchmarki z pochodzącymi z nich danymi
- Prowadzenie i przygotowanie szkoleń oraz planów kwalifikacyjnych dla personelu reaktora
- Tworzenie planów awaryjnych i postępowania awaryjnego
- Przygotowanie raportów i instrukcji ochrony radiologicznej;
- Opracowywanie raportów dotyczących zarządzania odpadami promieniotwórczymi i wypalonym paliwem, które zawierają opisy systemu klasyfikacji i charakteryzacji odpadów oraz zasady i kryteria ich usuwania;
- Utworzenie planów ochrony fizycznej obiektów z wykorzystaniem analizy ryzyka i zagrożeń, Security Vulnerability Analysis



Dziękuję za uwagę.

Pytania?

Maciej.Lipka@ncbj.gov.pl