

***GOSPODARKA
WYPALONYM PALIWEM
JĄDROWYM W KRAJU I ZA
GRANICĄ***

MARCIN BANACH
BOŻYDAR SNOPEK

ŹRÓDŁA WYPALONEGO PALIWA JĄDROWEGO

Reaktor jądrowy – urządzenie, w którym przeprowadza się z kontrolowaną szybkością reakcje jądrowe; na obecnym etapie rozwoju nauki i techniki są to przede wszystkim reakcje rozszczepienia jąder atomowych.

Wypalone paliwo jądrowe jest źródłem zagrożenia z uwagi na obecność promieniotwórczych produktów rozszczepienia , generację ciepła i obecność niewykorzystanego uranu.

Obok ochrony radiologicznej istotny problem stanowi zapewnienie stanu podkrytycznego wśród zgromadzonych elementów paliwowych i... ich ochrona fizyczna.

Reaktor energetyczny - obiekt przemysłowo-energetyczny (elektrownia ciepła), wytwarzający energię elektryczną poprzez wykorzystanie energii pochodzącej z rozszczepienia jąder atomów, najczęściej uranu (uranu naturalnego lub nieco wzbogaconego w izotop ^{235}U), w której ciepło konieczne do uzyskania pary wodnej.

Reaktory badawcze – mają moc o wiele mniejszą od energetycznych (od pojedynczych watów do 50 MW). Służą przede wszystkim do wytwarzania wiązek neutronów używanych do badań materiałowych, produkcji izotopów dla przemysłu i medycyny oraz modyfikacji materiałów (elektronika).

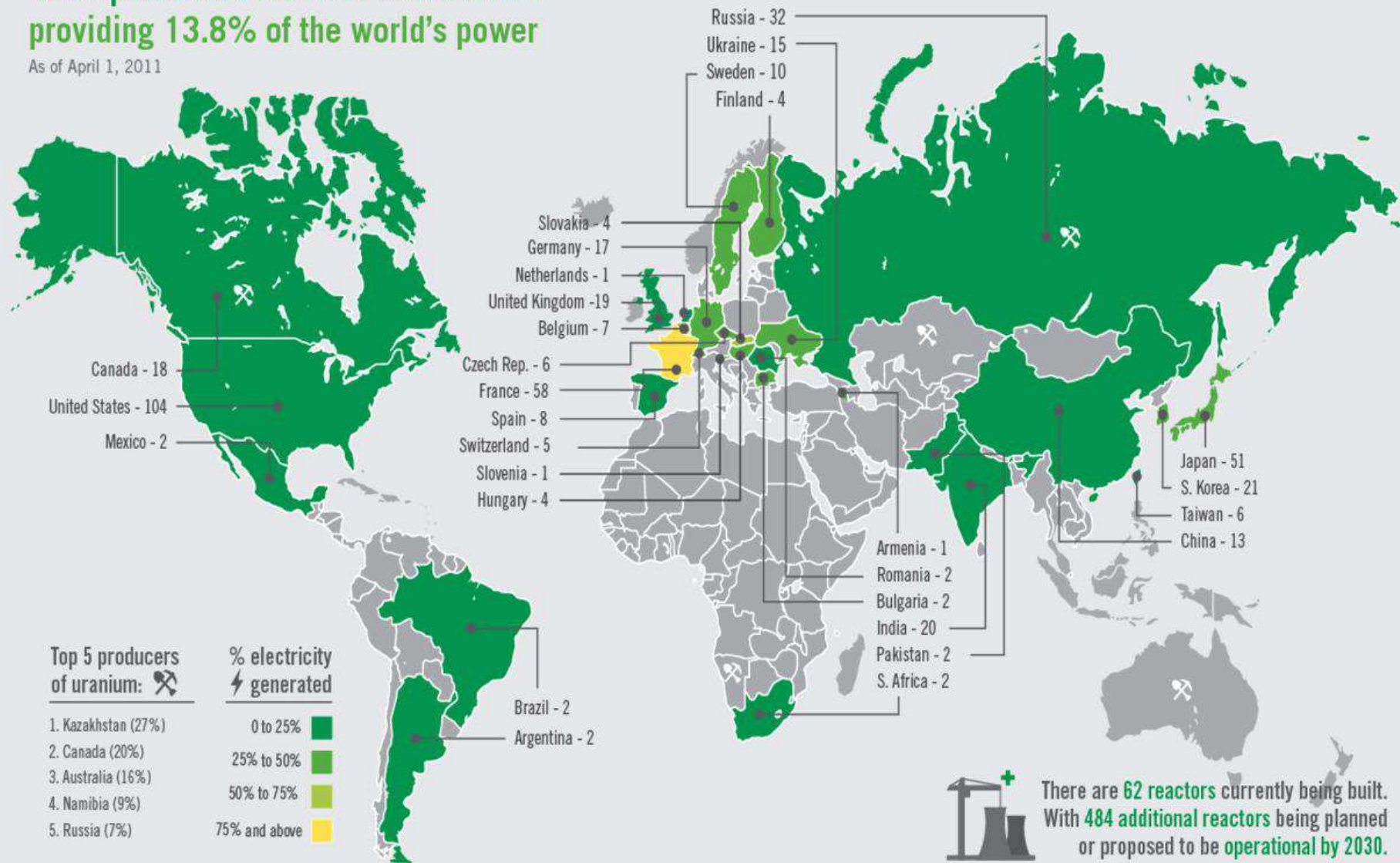
Jednym z 230 reaktorów badawczych pracujących obecnie na świecie jest reaktor Maria w Narodowym Centrum Badań Jądrowych w Świerku pod Warszawą.

Reaktory energetyczne

World Nuclear Power Reactors 439 operational reactors in the world providing 13.8% of the world's power

As of April 1, 2011

Źródło: <http://enformable.com/2011/08/nuclear-power-around-the-world/>

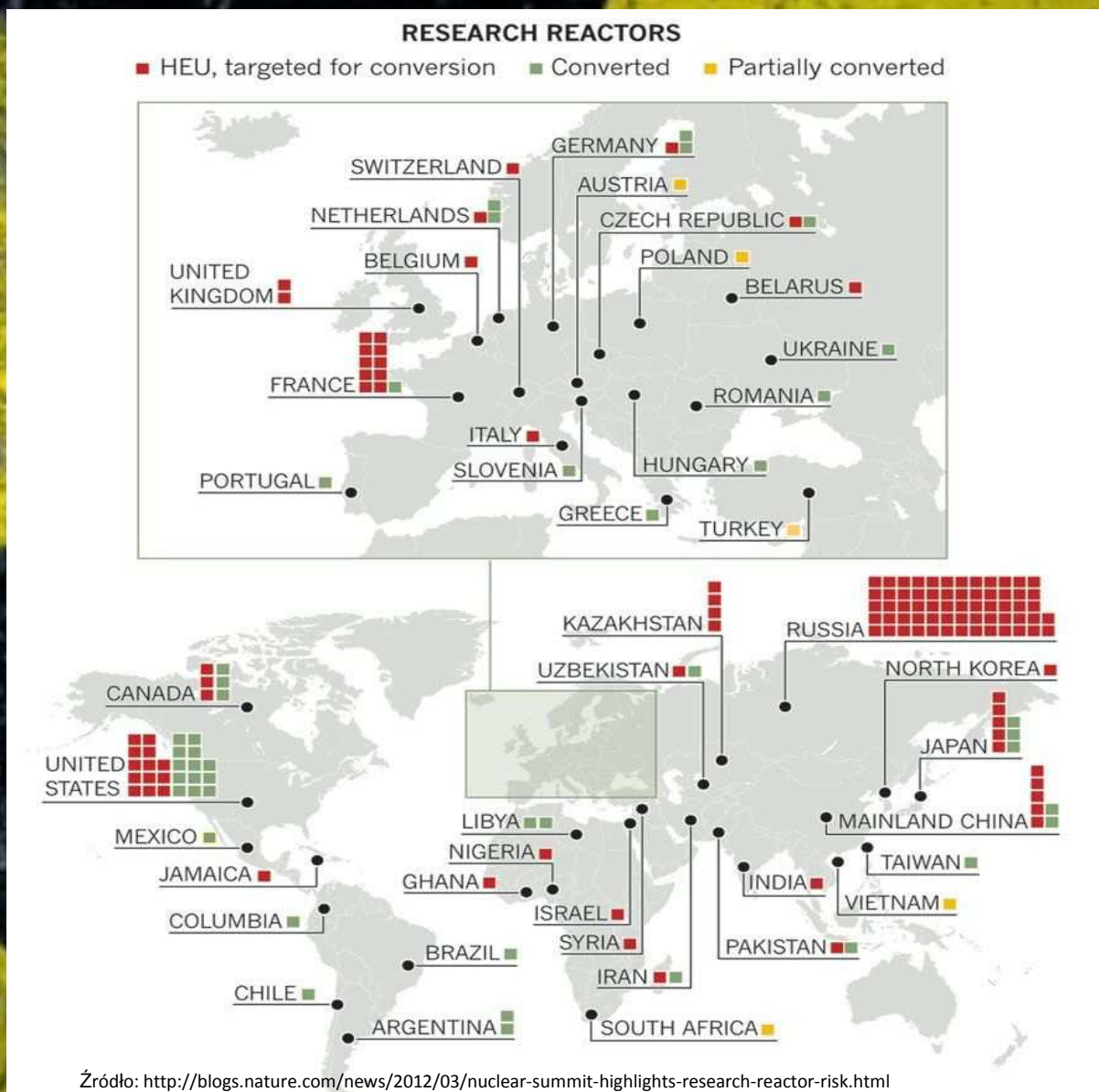


Country	Total Reactors 2017	Total Power 2017	Total Reactors 2020	Total Power 2020	Notes
USA	116	122599	123	135000	1/3 proposed build + 3000MW <u>uprates</u>
China	60	60827	87	84827	WNA planned+1/3 proposed
France	61	67433	62	69763	Added 1400MW of <u>uprates</u>
Japan	68	66436	69	67736	
Russia	47	37083	56	45710	Build program pace slowed because of financial crisis
India	46	28255	51	34922	
Korea RO (South)	32	34516	32	34516	Added <u>uprates</u> 4000MW
Ukraine	17	15068	24	24068	
Germany	17	20339	17	20339	Possible reactor shutdowns
Canada	23	17452	25	19652	Some build cancelled. Refurbishing & uprating 8 reactors
United Kingdom	15	9621	17	12821	Possible reactor shutdowns
UAE	3	4500	7	9667	
Sweden	10	9104	10	9104	
Spain	8	7738	8	7738	Possible reactor shutdowns
South Africa	5	5407	13	6740	
Belgium	7	5728	7	5728	
Italy	0	0	3	5667	
Czech Republic	6	3686	7	4819	
Vietnam	2	2000	5	4667	
Finland	5	4296	5	4629	
Switzerland	5	3237	6	4570	
Brazil	3	3146	4	4479	
Bulgaria	4	3806	4	3806	
Poland	0	0	2	3333	
Indonesia	2	2000	3	3333	
Thailand	2	2000	3	3333	
Slovakia	6	2528	6	2928	
Iran	3	2815	3	2915	
Romania	4	2620	4	2838	
Turkey	2	2400	2	2800	
Belarus	2	2000	3	2667	
Argentina	4	2367	4	2614	
Hungary	4	1826	5	2493	
Lithuania	1	1185	2	2318	
Mexico	2	1310	3	1977	
Pakistan	5	1300	6	1967	
Egypt	1	1000	1	1333	
Slovenia	1	696	1	1029	
Korea DPR (North)	1	950	1	950	
Kazakhstan	2	600	3	800	
Armenia	1	376	1	709	
Bangladesh	0	0	1	667	
Netherlands	1	485	1	485	
Israel	0	0	1	1200	
World	604	560735	698	662858	
		3915		4626	Billion kwh

WNA list of planned reactors: 133 reactors 145025 MW with approvals, funding or major commitment in place mostly expected in operation within 8 years (by 2017.)

Źródło: International Atomic Energy Agency (IAEA)

Reaktory Badawcze



Region	OPERATIONAL	TEMPORARY SHUTDOWN	UNDER CONSTRUCTION	PLANNED	SHUT DOWN	DECOMMISSION ED	CANCELLED
N/A					1		
North America	49			1	57	172	4
Latin America	16	2	1	2	2	3	
Western Europe	38	4	2	2	42	100	
Eastern Europe	87	4	2	2	23	39	
Africa	8	2			2	1	1
Middle East and South Asia	15		1	1	4	5	
South East Asia and the Pacific	5	1			1	2	2
Far East	29	6		4	11	16	1
Total	247	19	6	12	143	338	8

Źródło: International Atomic Energy Agency (IAEA)

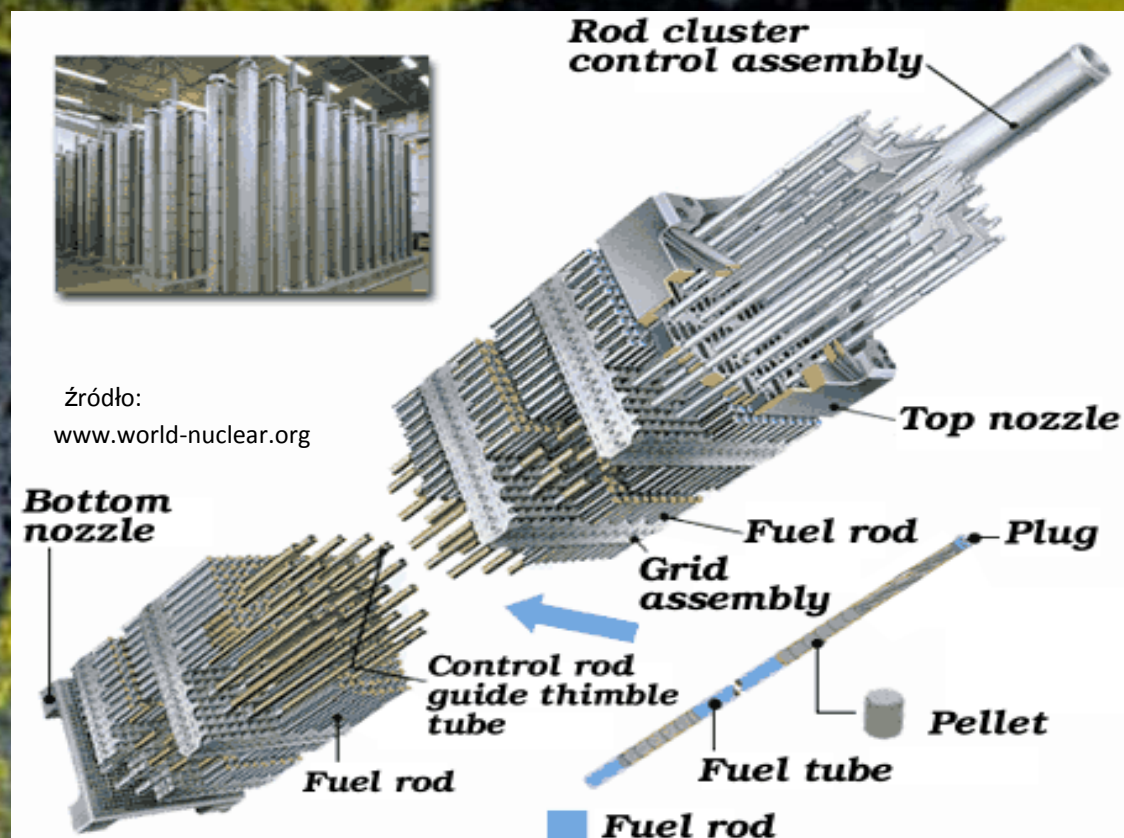
Status	Developed Countries	Developing Countries	All Countries
Operational	159	88	247
Temporary shutdown	13	6	19
Under construction	3	3	6
Planned	4	8	12
Shut down	121	22	143
Decommissioned	314	24	338
Cancelled	4	4	8
Total	618	155	773

Źródło: International Atomic Energy Agency (IAEA)

Rodzaje wypalonego paliwa reaktory energetyczne

	BWR	PWR	CANDU	Magnox	AGR	RBMK
Main countries	US, Japan, Sweden	US, France, Japan, Russia, China	Canada	UK	UK	Russia
Moderator	light water	light water		grafite	grafite	grafite
Coolant	light water	light water	heavy water	CO2 (g)	CO2 (g)	light water
Steam cycle configuration	primary	secondary		secondary	secondary	secondary
Coolant outlet temperature (°C)	285	320		360	650	280
Net thermal efficiency						
- range	30 % - 35 %	30 % - 35 %	30 %	28 % - 31 %	40 % - 42 %	30 % - 32 %
- current average	32 %	32 %	30 %			
- modern/upgraded plant	35 %	35 %	33 %	not relevant	not relevant	not relevant
Uranium enrichment						
- range	3.0 % - 5.0 %	3.0 % - 5.0 %		natural Uranium	2.3 %	1.8 %
- current average	4.0 %	4.0 %	0.7 %			
- modern/upgraded plant	4.5 % - 5.0 %	4.5 % - 5.0 %	0.7 % 2.0 %	not relevant	not relevant	not relevant
Burnup (MWd/kg U)						
- current average	45	45	10 - 15			
- modern/upgraded plant	50 - 60	50 - 60	10 - 40			

Źródło: International Atomic Energy Agency (IAEA)



źródło:

www.world-nuclear.org

BWR/6 FUEL ASSEMBLIES & CONTROL ROD MODULE

- 1.TOP FUEL GUIDE
- 2.CHANNEL FASTENER
- 3.UPPER TIE PLATE
- 4.EXPANSION SPRING
- 5.LOCKING TAB
- 6.CHANNEL
- 7.CONTROL ROD
- 8.FUEL ROD
- 9.SPACER
- 10.CORE PLATE ASSEMBLY
- 11.LOWER TIE PLATE
- 12.FUEL SUPPORT PIECE
- 13.FUEL PELLETS
- 14.END PLUG
- 15.CHANNEL SPACER
- 16.PLENUM SPRING

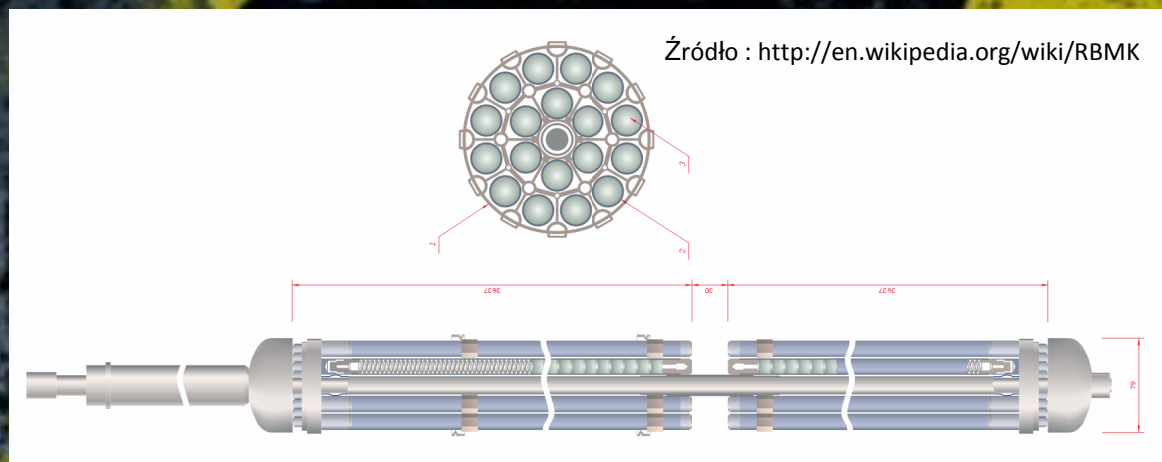


Element paliwowy dla reaktora typu PWR (Mitsubishi Nuclear Fuel)

Pręty paliwowe ułożone są według dolnej i górnej kratownicy, zakończonej dyszą z obu stron elementu. Konstrukcja ma wysokość około 4,5m, przeciętny przekrój poprzeczny mierzy 20cm a masa wynosi około 0,5t. Przykładowy rdzeń reaktora 1100MWe może zawierać 193 elementy paliwowe składające się z 50.000 prętów paliwowych, w których umieszczone jest 18 milionów kapsulek („pellet”) paliwowych.

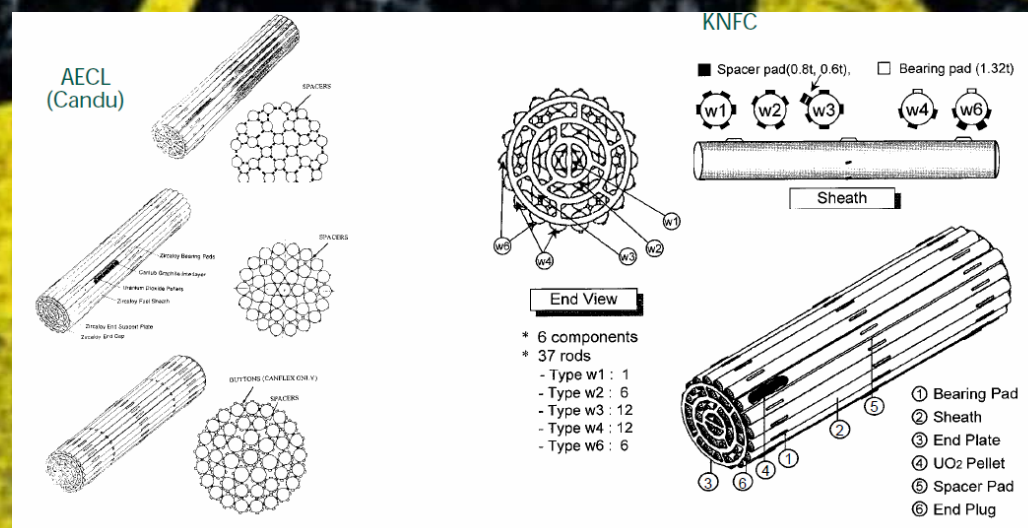
Dla paliwa typu PWR stosuje się kwadratową siatkę kratownicy, która określa bezpośrednio liczbę prętów paliwowych w pojedynczym elemencie (stosowane są kratownice o wymiarach: 14x14; 15x15; 16x16; 17x17 oraz 18x18 prętów paliwowych w pojedynczym elemencie, wyjątkiem są elementy paliwowe używane w radzieckich reaktorach typu WWER, którego pręty oparte są na matrycy w kształcie sześciokąta).

Element paliwowy dla reaktora typu RBMK



Paliwowy ma 10 metrów wysokości jego masa wynosi 185kg. Natomiast konstrukcja składa się z dwóch pakietów paliwowych, w których zastosowano pręty paliwowe o długości 3,65m po 18 w każdej matrycy.

Element paliwowy dla reaktora typu PHWR



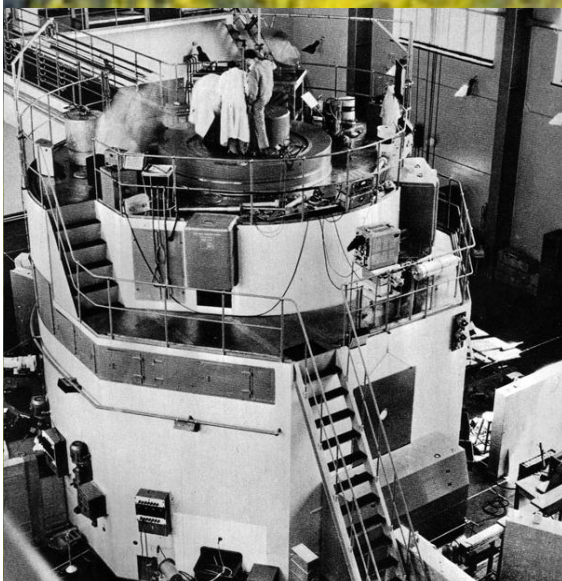
Elementy paliwowe składają się z 28, 37 oraz 43 wiązek paliwowych, o długości 50cm i średnicy 10cm. Paliwo jest załadowywane do poziomych kanałów rdzenia reaktora, w jednym kanale znajduje się 12 elementów paliwowych.

Rodzaje wypalonego paliwa jądrowego reaktory badawcze

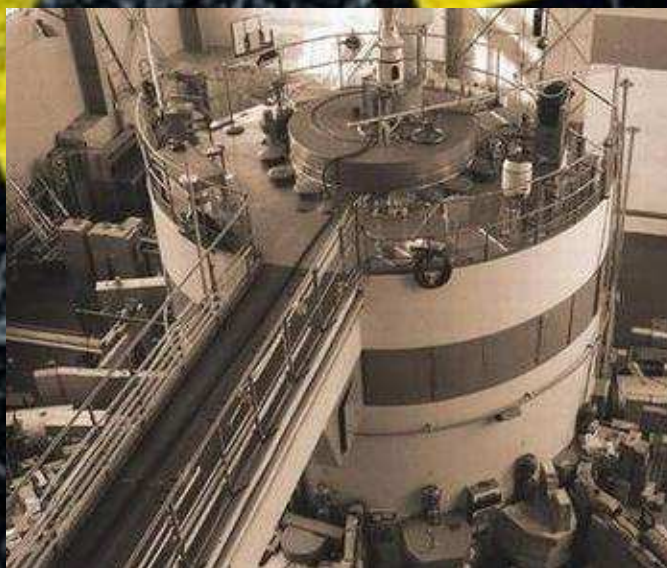
- **Paliwo zawierające uran wysoko wzbogacony (HEU)** ma większą niż 20% koncentrację izotopów ^{235}U i ^{233}U . Uran wysokowzbogacony jest także stosowany jako paliwo w reaktorach szybkich neutronów. Pierwszy prototypowy reaktor szybkich neutronów do zastosowań komercyjnych "Fermi-1" wymaga paliwa wzbogaconego do 26,5% ^{235}U .
- **Paliwo zawierające uran niskowzbogacony (LEU)** ma koncentrację izotopu ^{235}U poniżej 20%, stosowany jest w najbardziej rozpowszechnionych reaktorach wodnych, stosowane w nich wzbogacenie paliwa waha się w granicach między 3 a 5% ^{235}U . W reaktorach badawczych stosuje się uran o koncentracji 12% – 19.75%.
- **Paliwo zawierające Uran nieznacznie wzbogacony (SEU)** ma koncentrację izotopu ^{235}U w zakresie 0,9% – 2%. Jest to nowy rodzaj, wprowadzony w miejsce uranu naturalnego używanego w niektórych reaktorach ciężkowodnych np. CANDU. Niewielkie wzbogacenie ułatwia sterowanie reaktorem, poprawiając bezpieczeństwo i zwiększając elastyczność operacyjną. Koszty uzyskania takiego paliwa są niższe z powodu konieczności małego wzbogacenia uranu. Pozwala to obniżyć ogólny koszt paliwa oraz zagospodarowania niewielkich ilości powstających odpadów.

Paliwo jądrowe z polskich reaktorów badawczych

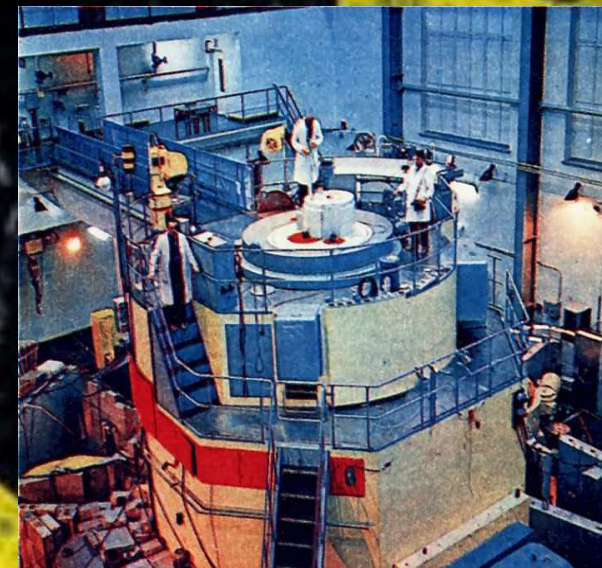
REAKTOR EWA - pierwszy w Polsce badawczy reaktor jądrowy, znajdujący się w dawnym Instytucie Badań Jądrowych (obecnie w Zakładzie Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych Narodowego Centrum Badań Jądrowych) w otwockim Świerku. Nazwa reaktora była akronimem od wyrazów: eksperymentalny, wodny, atomowy. Budowa reaktora zaczęła się wiosną 1956 roku. Reaktor osiągnął krytyczność 31 maja 1958 roku, uruchomienie i rozruch 14 czerwca 1958 roku. Reaktor został wyłączony 24 lutego 1995 roku.



1963



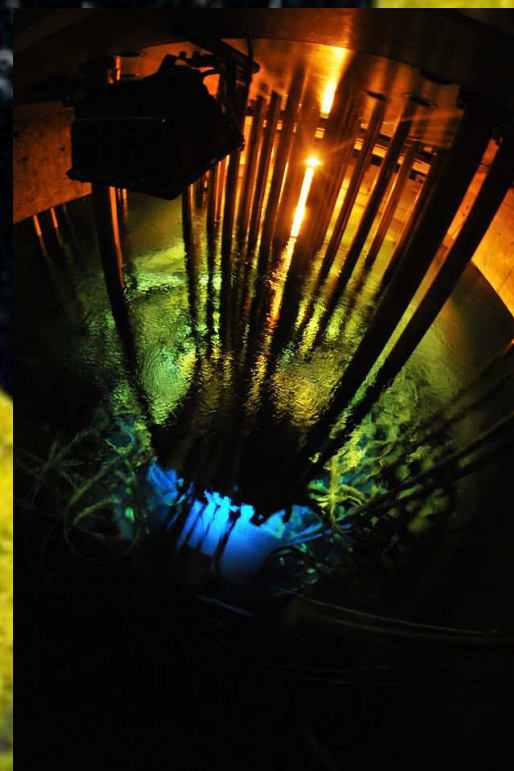
1965



1974

Paliwo jądrowe z polskich reaktorów badawczych

Reaktor Maria – jedyny (od 1995 r.) działający polski reaktor jądrowy o mocy cieplnej 30 MW. Reaktor nosi imię Marii Skłodowskiej-Curie. Jego budowę rozpoczęto w czerwcu 1970 r., a uruchomiony został w grudniu 1974 w Instytucie Badań Jądrowych (IBJ) w Otwocku-Świerku pod Warszawą. Po podziale IBJ 13 grudnia 1982 r. zarządzał nim Instytut Energii Atomowej (IEA). 1 września 2011 r. IEA zostało włączone w skład Instytutu Problemów Jądrowych, a ponownie połączonym instytutom nadano nazwę: **Narodowe Centrum Badań Jądrowych.**



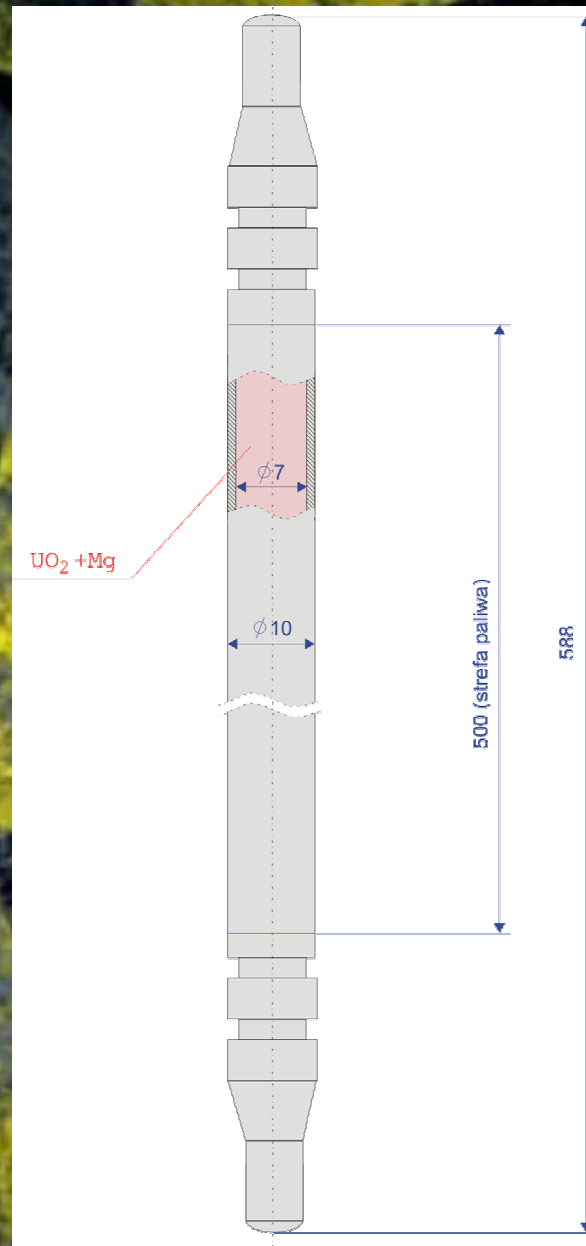
Paliwo jądrowe z polskich reaktorów badawczych

Najstarsze paliwo, stosowane przed ponad czterdziestu laty w reaktorze EWA nosi symbol **EK 10**. Wzbogacenie tego paliwa wynosiło w stanie świeżym 10% i było ono stosowane gdy moc cieplna tego reaktora wynosiła 2 MW.

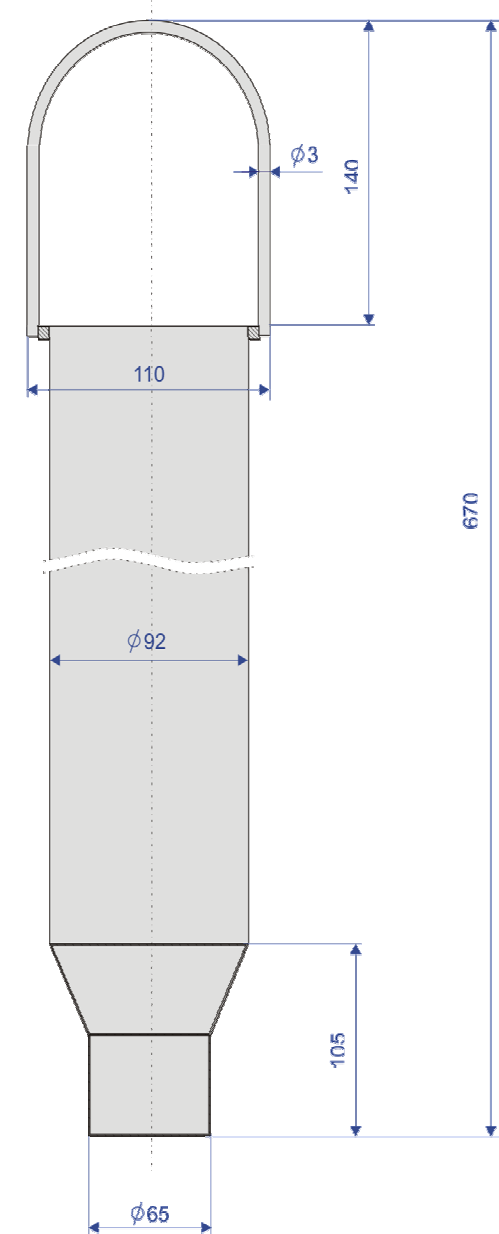
Po modernizacji reaktora i podniesieniu mocy kolejno do 4 MW, potem do 8 MW i ostatecznie do 10 MW używane było paliwo typu **WWR-SM** (stosowane w latach 1967-1995) i **WWR-M2** (stosowane w latach 1988-1995) o wzbogaceniu 36%.

W reaktorze MARIA od początku jego eksploatacji stosowano paliwo o zupełnie innej konstrukcji, typu **MR-5 i MR-6** o wzbogaceniu 80%, a obecnie 36%. Docelowo reaktor ten będzie korzystał z paliwa o wzbogaceniu 19,5% (problem konwersji reaktora na paliwo o wzbogaceniu $< 20\%$).

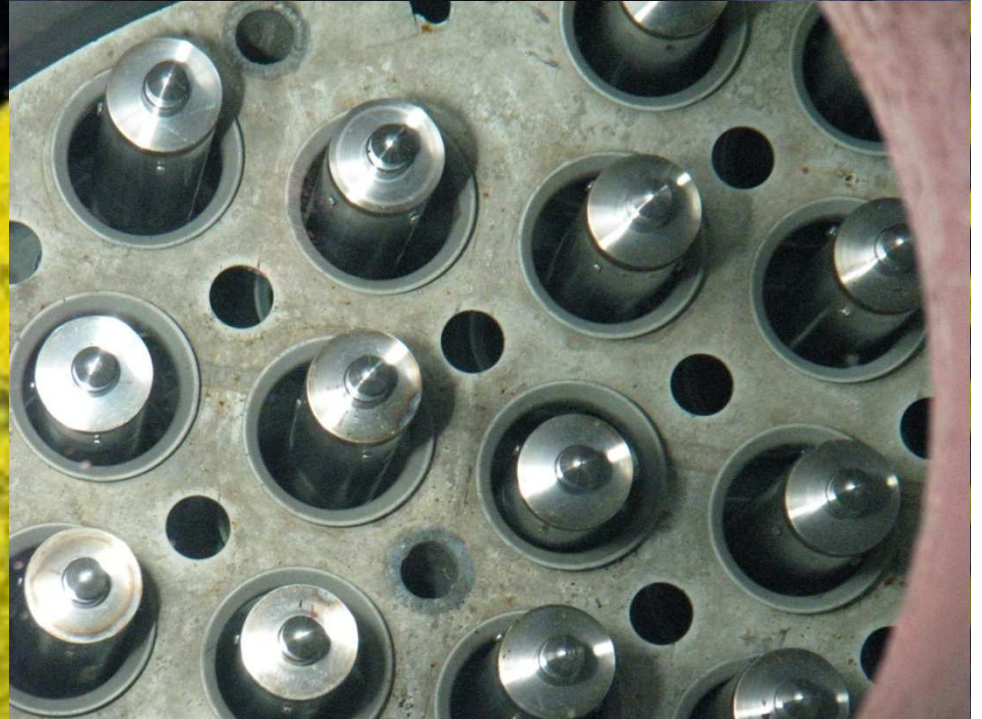
EK-10



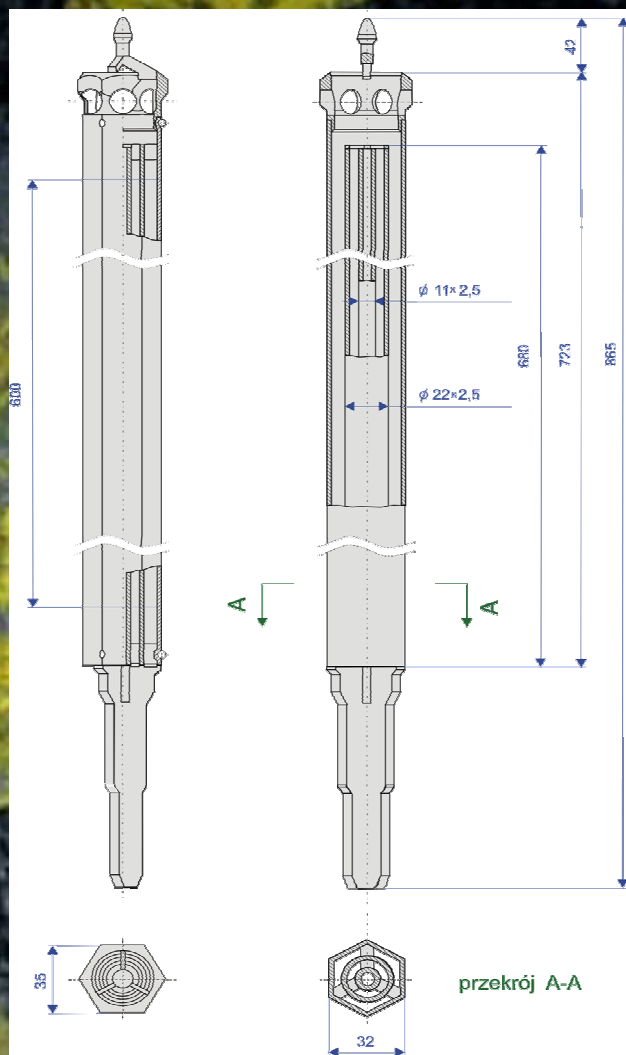
Rys. 3.1. ELEMENT PALIWOWY EK-10



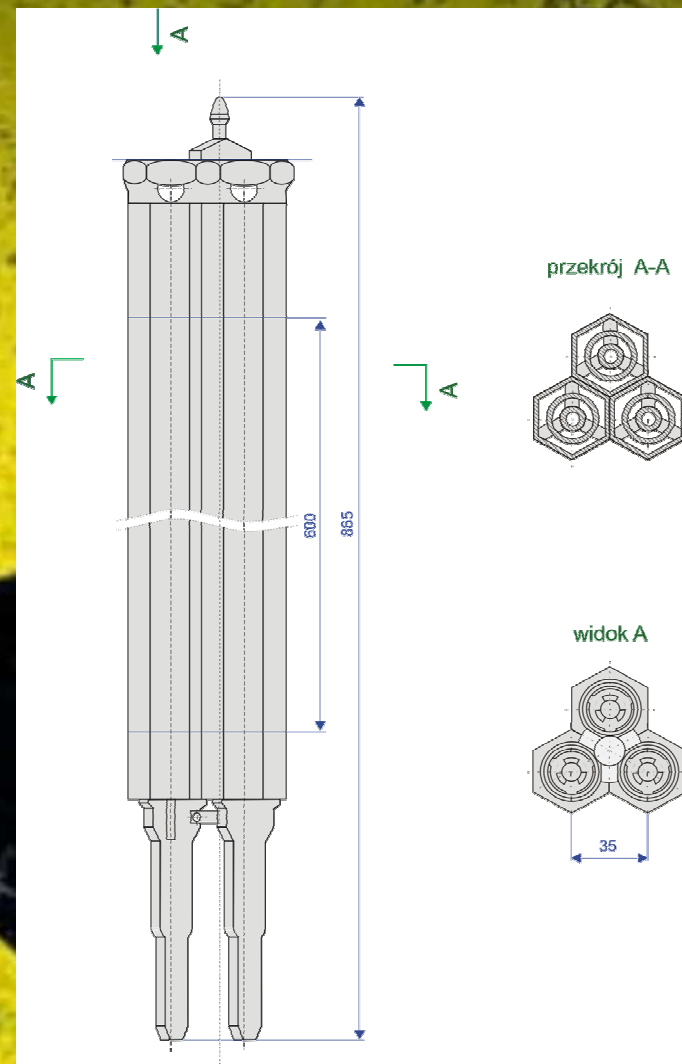
Rys. 3.2. WIADERKO NA WYPALONE PALIWO EK-10



WWR

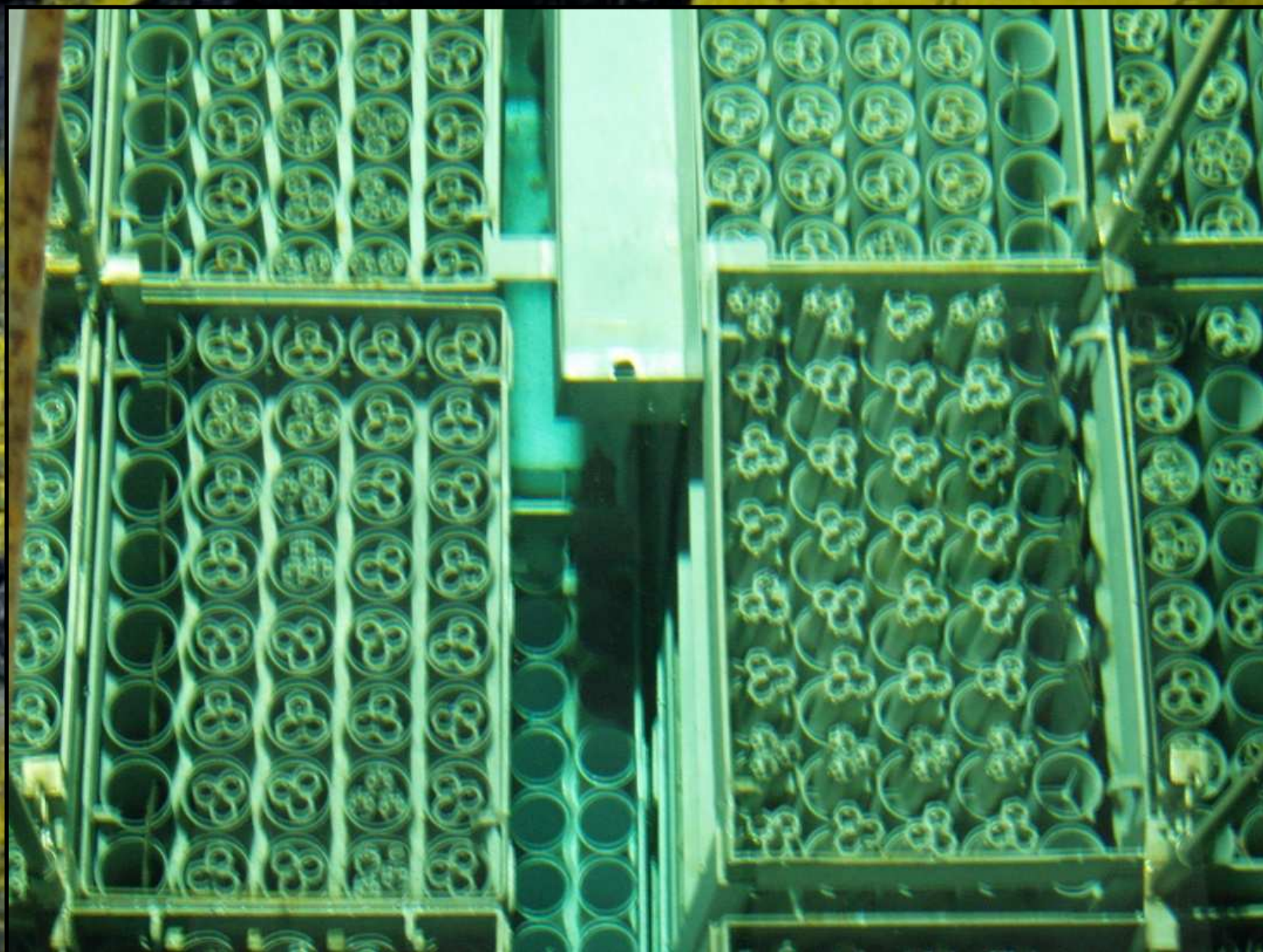


Rys. 3.3. POJEDYNCZY ELEMENT PALIWOWY WWR

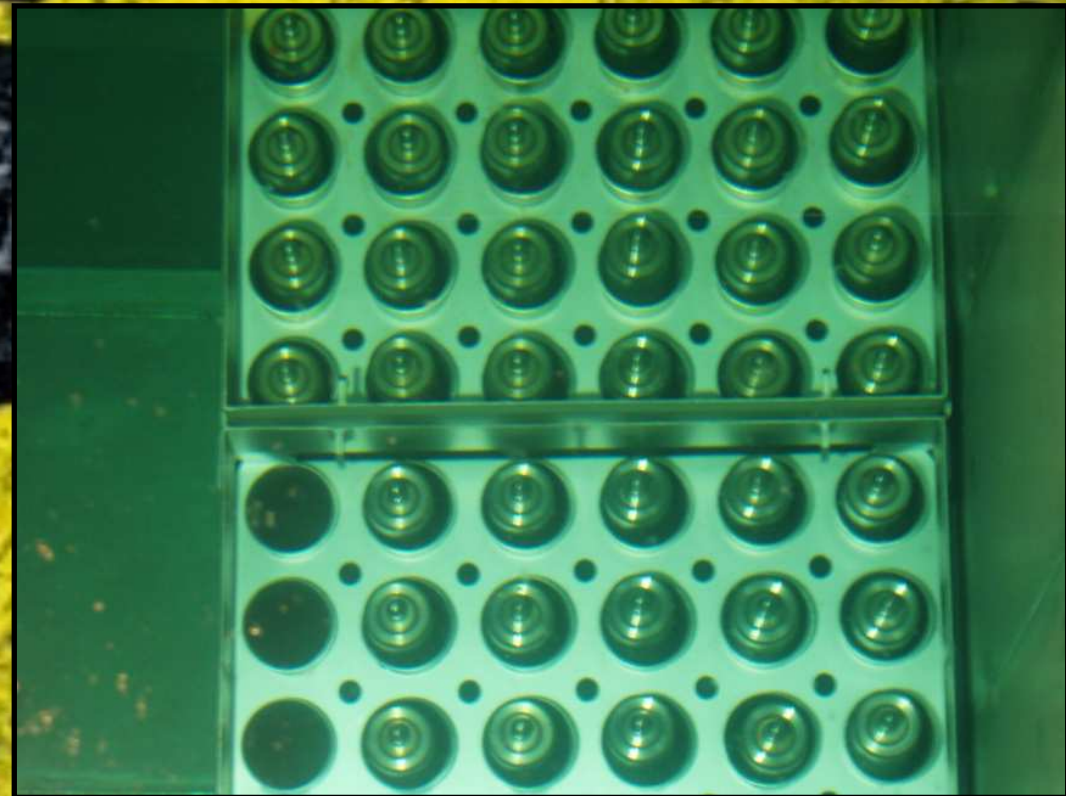
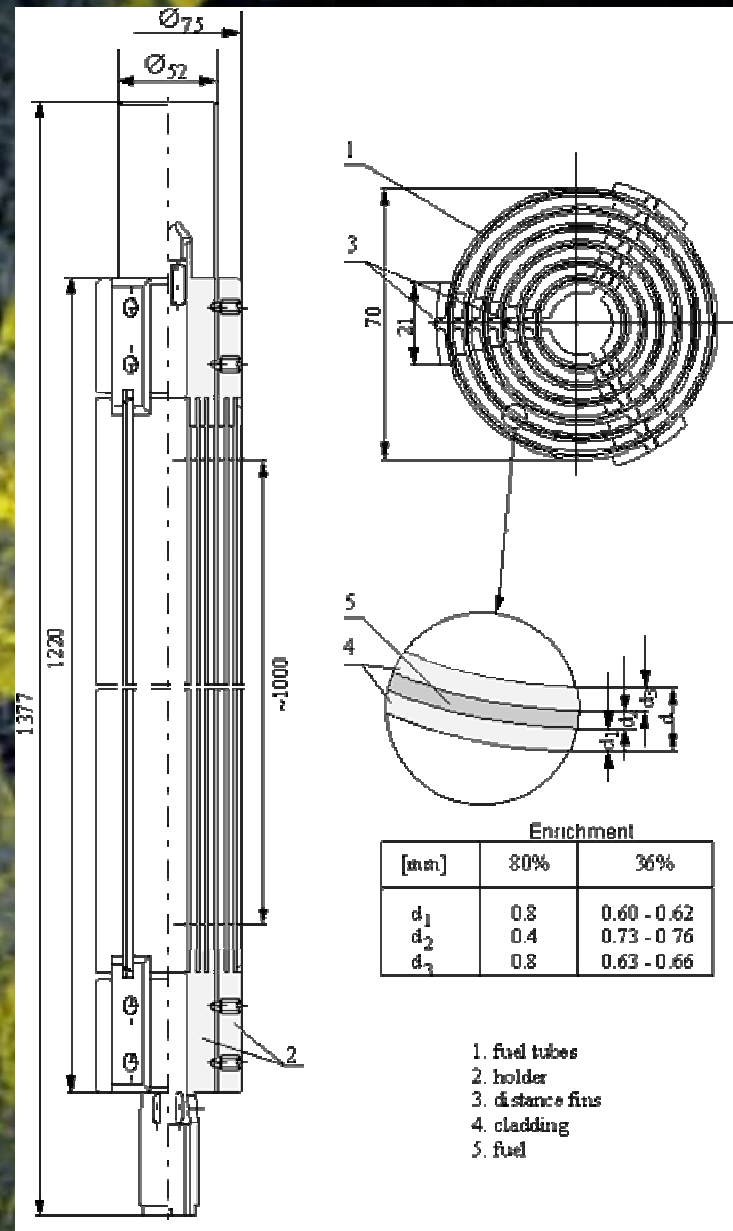


Rys. 3.4. POTRÓJNY ELEMENT PALIWOWY WWR

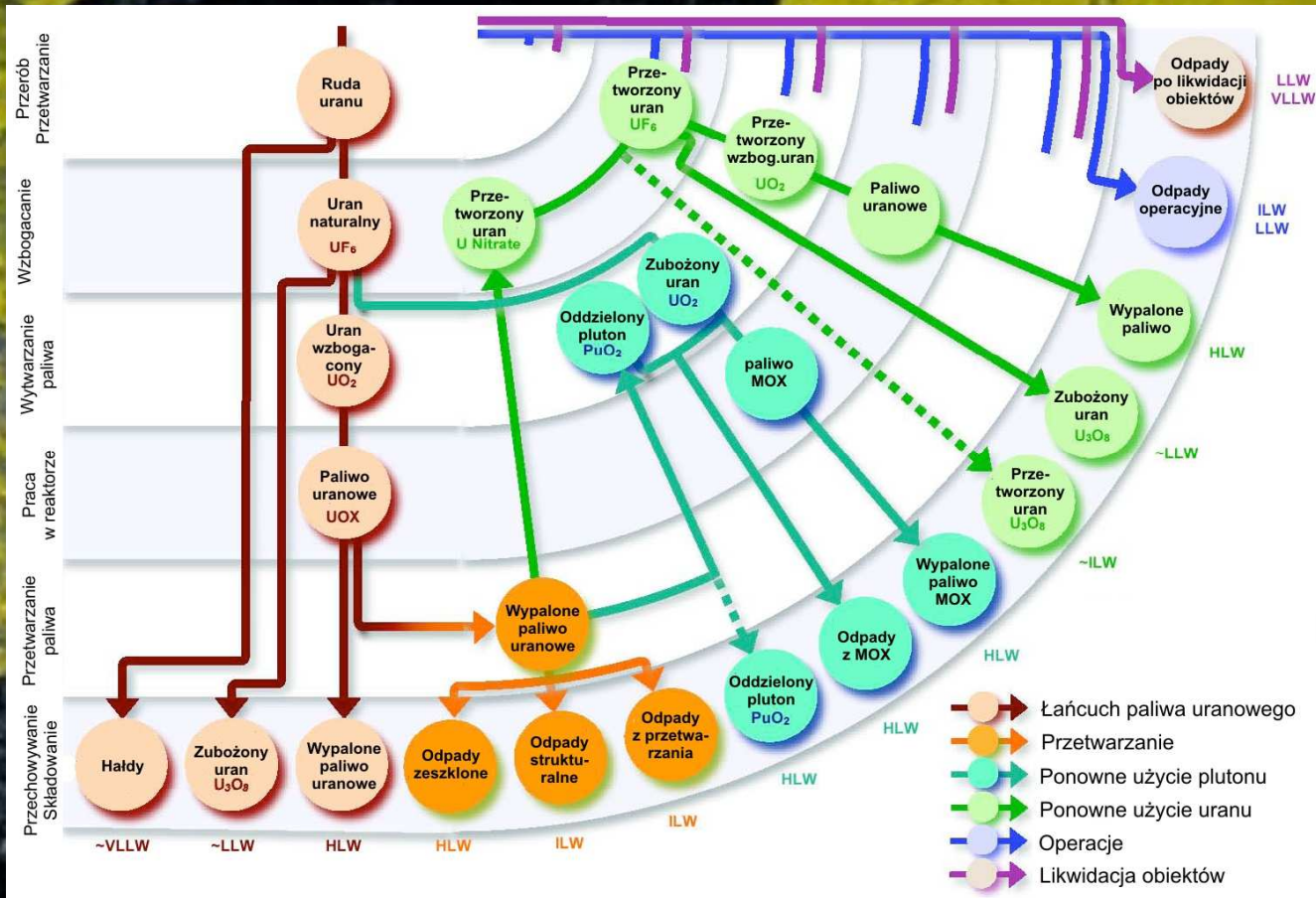
Zestawy paliwowe WWR, używanego w reaktorze Ewa w Świerku aż do likwidacji tego reaktora w r. 1995. Materiał rozszczepialny w postaci tlenków uranu zawarty jest między wewnętrzną i zewnętrzną ścianką każdej ze współosiowych rur. Woda przepływając między rurami odbiera wydzielane ciepło.



MR

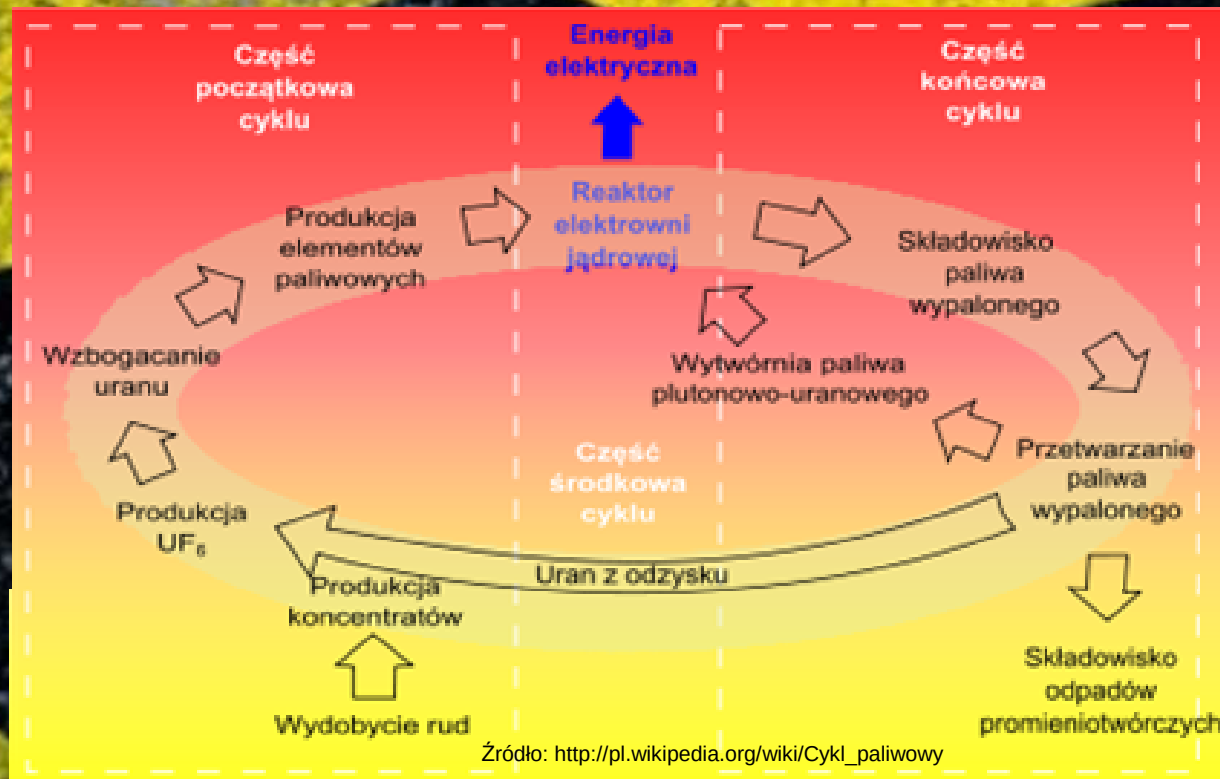


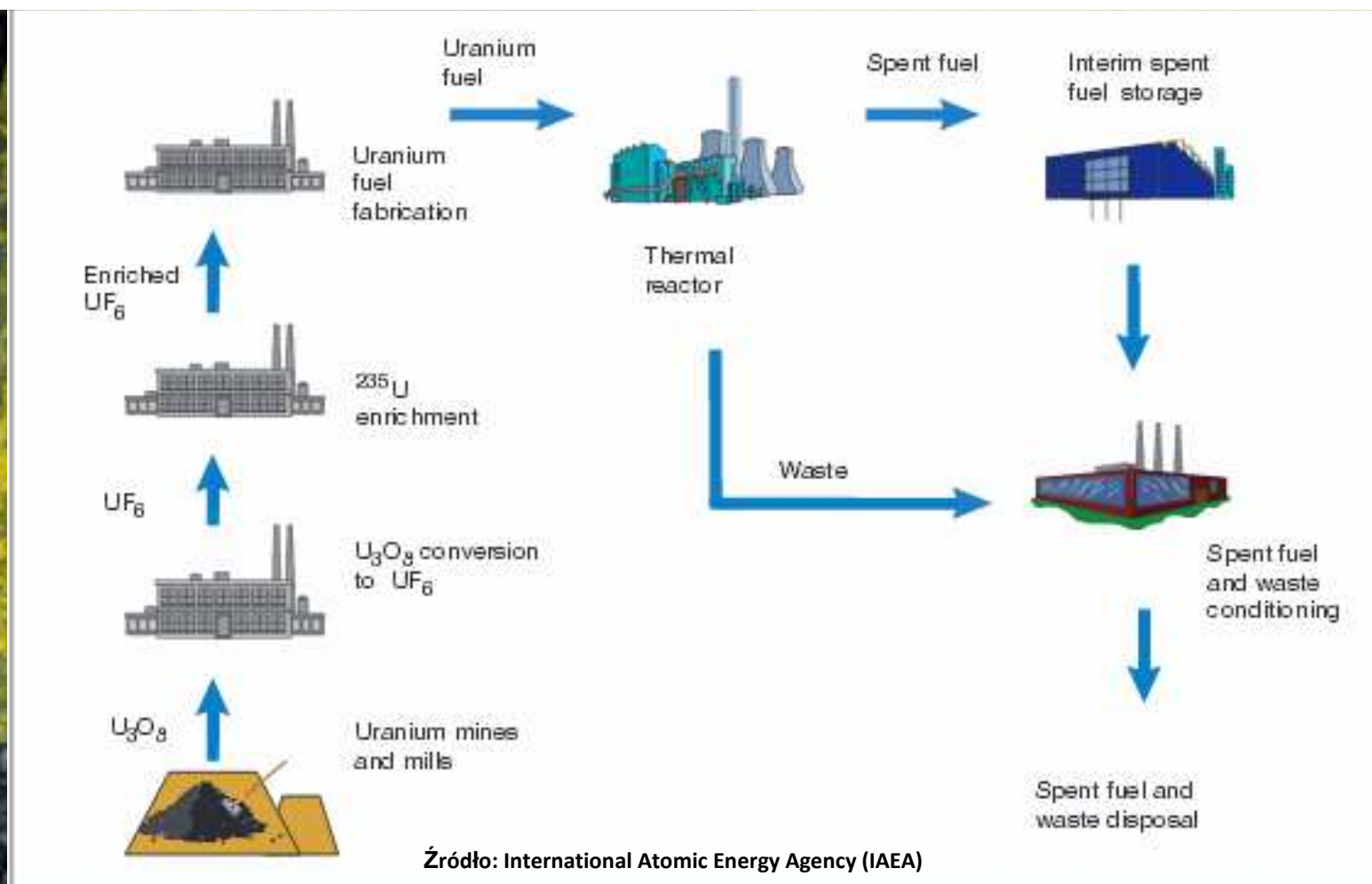
Cykl paliwa jądrowego



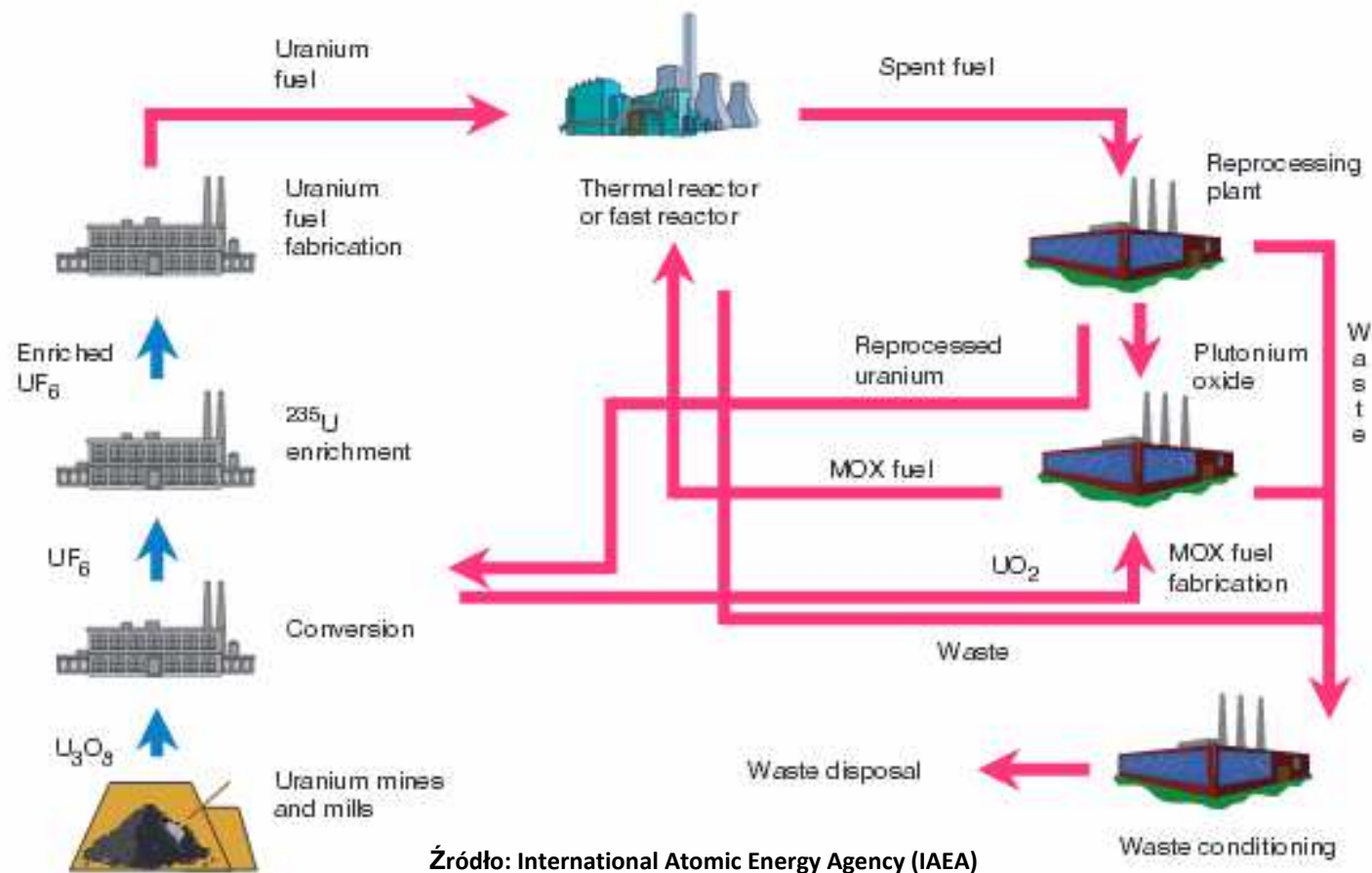
Cykl paliwa jądrowego można zdefiniować jako szereg procesów technologicznych oraz operacji potrzebnych do wyprodukowania paliwa jądrowego, jego napromienienia w elektrowni jądrowej, przechowywania, przerobu, unieszkodliwienia lub finalnego składowania. Różne typy cykli paliwowych mogą być rozpatrywane w zależności od typu reaktora jądrowego, typu paliwa jądrowego oraz zastosowania przerobu wypalonego paliwa jądrowego w procesie odzyskiwania nie wypalonego uranu z elementów

Rozróżnia się trzy rodzaje krajowej polityki cyklu paliwowego: cykl „**otwarty**”, cykl „**zamknięty**” oraz cykl pośredni „zaczekaj i popatrz”. Wybór danego cyklu uzależniony jest od polityki postępowania z wypalonym paliwem jądrowym w danym kraju oraz od ekonomicznych kalkulacji cen na światowym rynku paliwowym.





„Otwarty” cykl paliwa charakteryzuje się tym, że materiał jądrowy zawarty w elementach paliwowych napromieniany jest w reaktorze atomowym tylko jeden raz. Po napromienieniu wypalone paliwo jądrowe trafia do basenów przechowawczych umiejscowionych w budynku reaktora później transportowane jest do przechowalników poza terenem reaktora (ewentualnie do pojemników przechowawczych). Kolejnie realizowane jest kondycjonowanie elementów paliwowych na potrzeby ostatecznego składowania w głębokich składowiskach



„Zamknięty” cykl paliwa scharakteryzowany jest jako zestaw operacji, w którym po schłodzeniu wypalonego paliwa jądrowego elementy paliwowe poddane są procesowi ekstrakcji pozostałego materiału jądrowego jakim jest uran oraz pluton od produktów rozszczepienia oraz innych aktynowców. Odzyskany Uran i Pluton ponownie jest wypalany w reaktorach. Proces ten stosuje się głównie w reaktorach typu LWR w/w pierwiastki wchodzi w skład elementów paliwowych typu MOX.

Odzyskany materiał jądrowy można użyć w cyklu paliwowym dla reaktora typu FR (Fast Reactors). Takie rozwiązanie umożliwia uzyskanie większej ilości rozszczepialnego plutonu do produkcji kolejnych elementów paliwowych niż sam reaktor go zużywa do pracy

COMMERCIAL FUEL REPROCESSING FACILITIES

Country	Company	Facility name (or location)	Year of commissioning	Capacity (t HM/a)	Fuel type
France	Cogéma	UP2-UP3/La Hague	1976, 1989	1 700	LWR
India	DAE	Prefre-1, Tarapur	1977	—	PHWR
		Prefre-2, Kalpakkam	1996	—	PHWR
Japan	JNC	Tokai-Mura	1977	120	LWR, ATR
UK	BNFL	Thorp/Sellafield	1994	1 200	LWR, AGR
		B205 Magnox	1964	1 500	Magnox GCR
Russian Federation	Minatom	RT-1	1977	400	WWER
		Tcheliabinsk-65 Mayak			FR. Propulsion reactor

Źródło: International Atomic Energy Agency (IAEA)

COMMERCIAL ENRICHMENT FACILITIES

Country	Facility name (or location)	Operating organization	Capacity (10 ³ SWU/a)	Enrichment process	Start of operation
China	Lanzhou	CNNC	500	Centrifuge	2002
	Shaanxi	CNNC	500	Centrifuge	1999
France	Tricastin (George Besse)	Eurodif	10 800	Gaseous diffusion	1979
Germany	Gronau	Urenco Ltd	1 800	Centrifuge	1985
Japan	Rokkasho- Mura 1	JNFL	600	Centrifuge	1992
	Rokkasho- Mura 2	JNFL	450	Centrifuge	1997
Netherlands	Almelo	Urenco Ltd	1 850	Centrifuge	1973
Russian Federation	Angarsk	Minatom	1 000	Centrifuge	1954
	Ekaterinburg	Minatom	7 000	Centrifuge	1949
	Krasnoyarsk	Minatom	3 000	Centrifuge	1964
	Tomsk	Minatom	4 000	Centrifuge (reprocessed U)	1953
UK	Capenhurst	Urenco Ltd	2 300	Centrifuge	1976
USA	Paducah	USEC Inc.	11 300	Gaseous diffusion	1954

Źródło: International Atomic Energy Agency (IAEA)

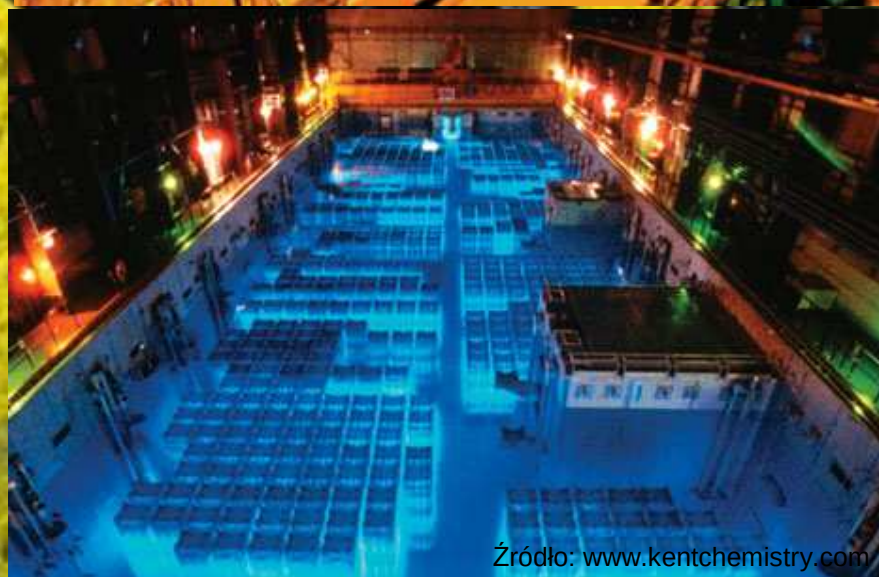
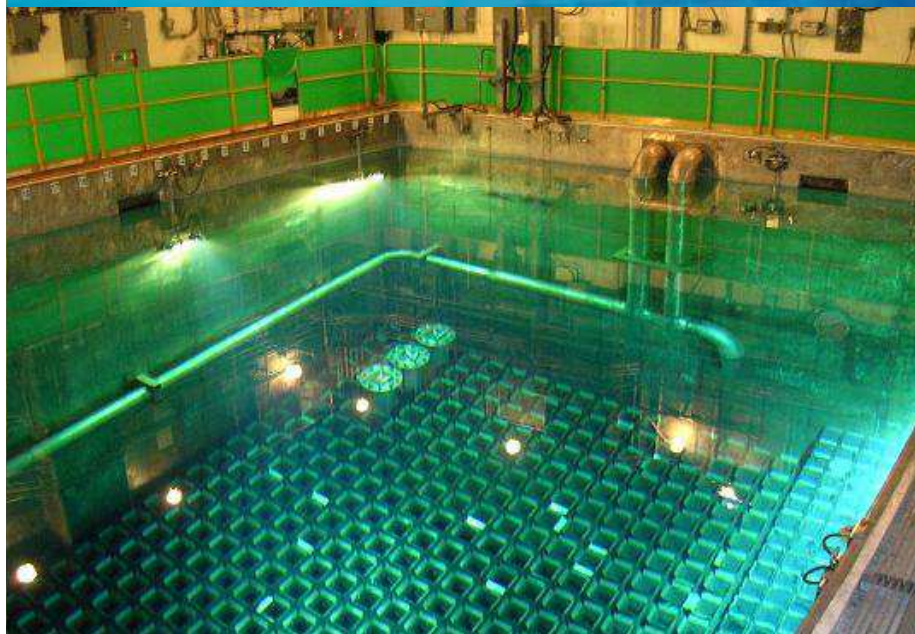
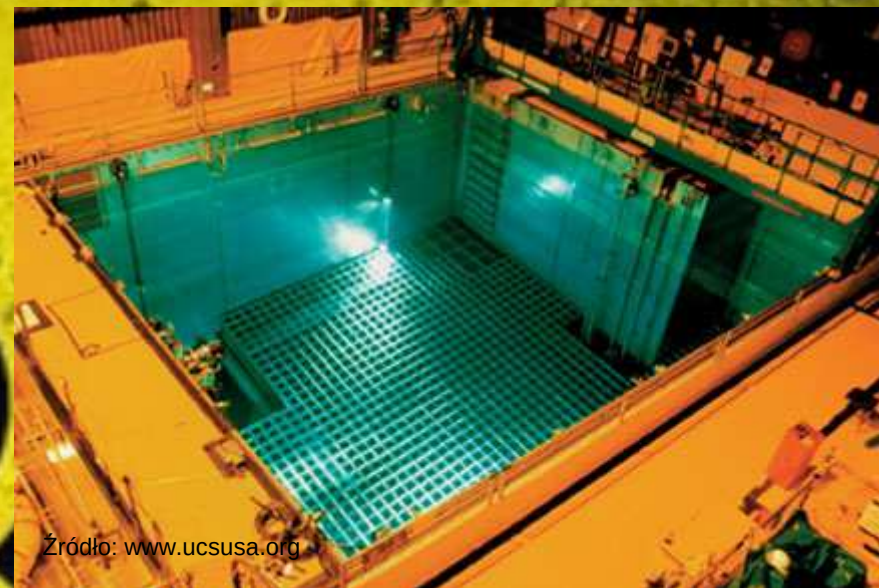
Country	Mining and Milling (t U/a)	Conversion to UF ₆ (t U/a)	Enrichment (10 ³ SWU/a)	Fuel Fabrication (t HM/a)	Reprocessing (t HM/a)
Argentina	120	62	20	150	
Armenia					
Australia	9 438				
Belgium				435	
Brazil	340	40		280	
Bulgaria					
Canada	14 890	12 500		2 700	
China	840	1 500	1 000	400	
Czech Republic	650				
Finland					
France		14 350	10 800	1 585	1 700
Germany			1 800	650	
Hungary					
India	175			594	data not provided
Japan			1 050	1 689	120
Kazakhstan	5 950				
Korea, Rep. of				800	
Lithuania					
Mexico					
Mongolia					
Namibia	4 000				
Netherlands			2 500		
Niger	3 800				
Pakistan	30		5	20	
Portugal					
Romania	300			110	
Russian Federation	4 200	30 000	15 000	2 600	400
Slovakia					
Slovenia					
South Africa	1 272				
Spain				400	
Sweden				600	
Switzerland					
Ukraine	1 000				
UK		6 000	2 300;	1 680	2 700
USA	1 150	14 000	11 300	3 450	
Uzbekistan	2 300				

Źródło: International Atomic Energy Agency (IAEA)

TRENDY NA ŚWIECIE

- CYKL PALIWOWY OTWARTY – CANADA, CZECH REPUBLIC, FINLANDIA, NIEMCY, KOREA, RUMUNIA, SZWECJA, SZWAJCARIA, USA, UK.
- CYKL PALIWOWY ZAMKNIĘTY – CHINY, FRANCJA, NIEMCY, INDIE, JAPONIA, HOLANDIA, ROSJA, SZWAJCARIA, UK.

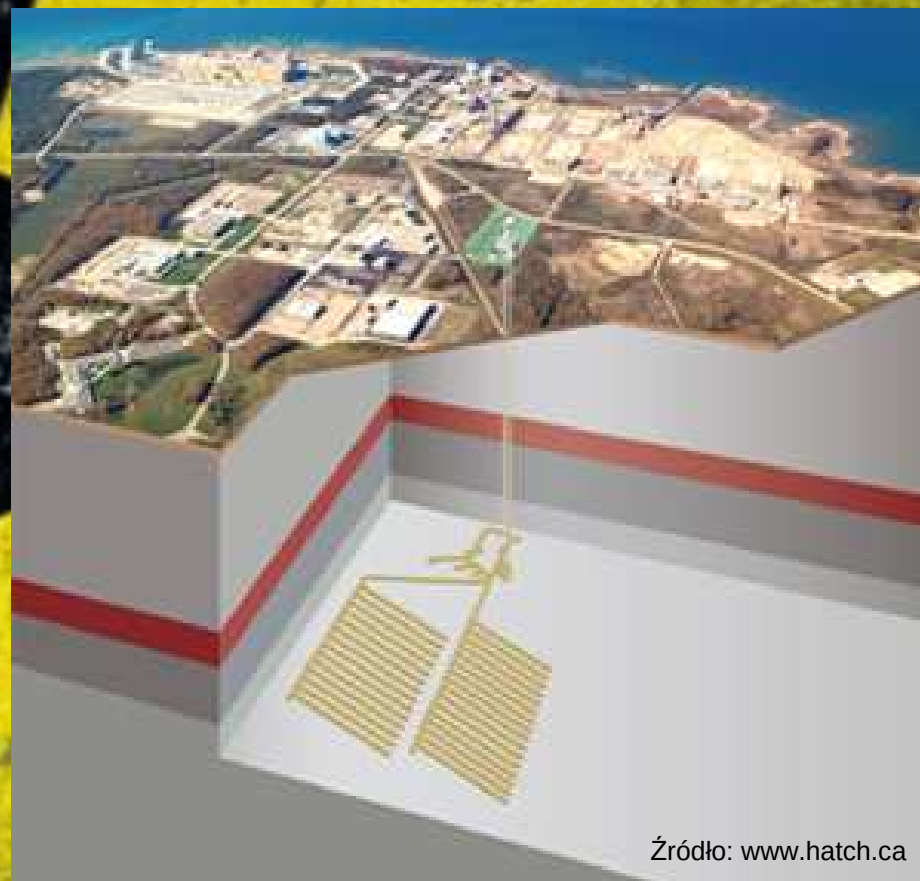
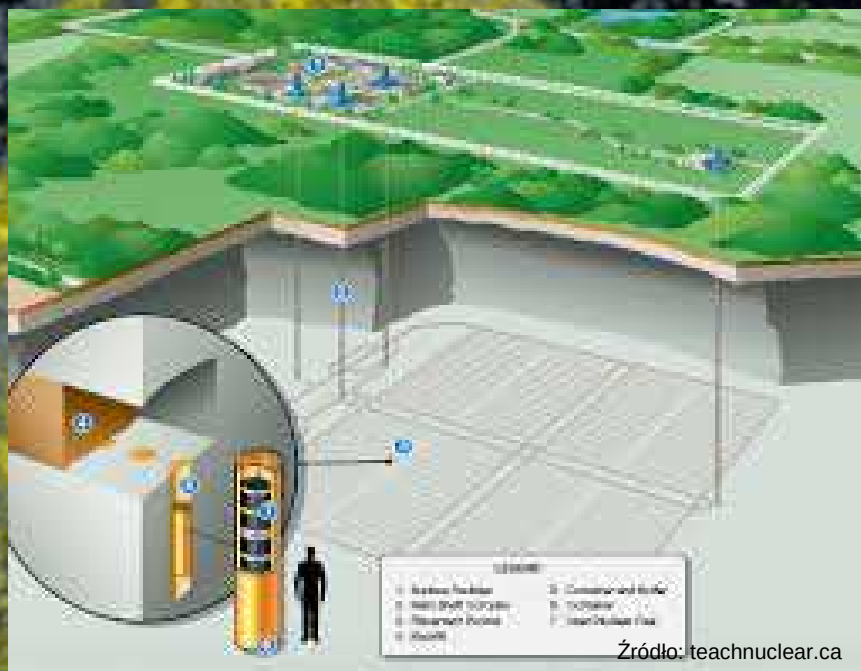
CYKL PALIWOWY



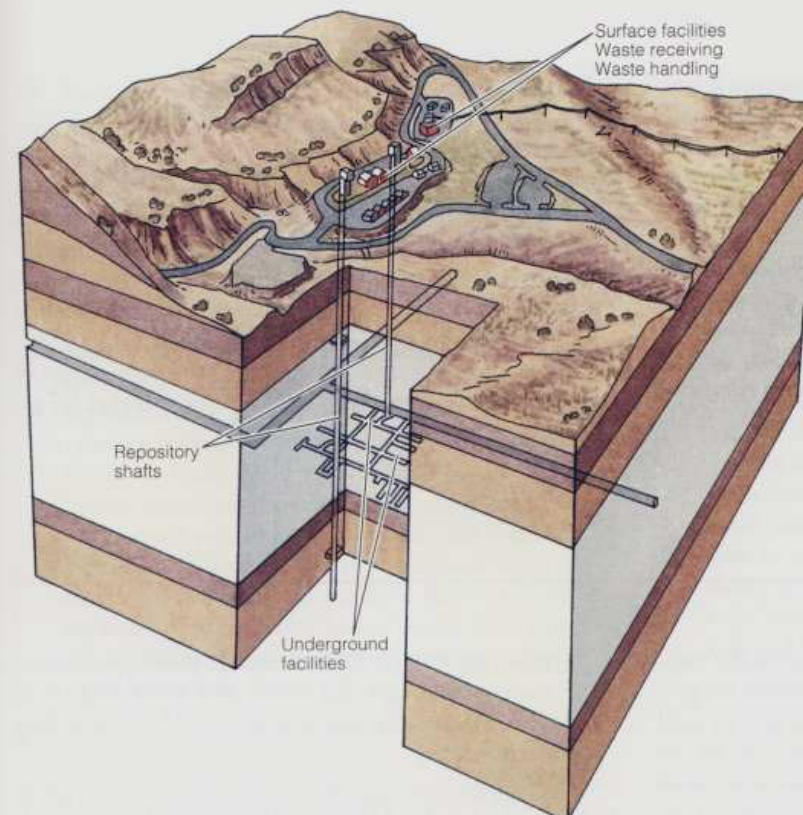
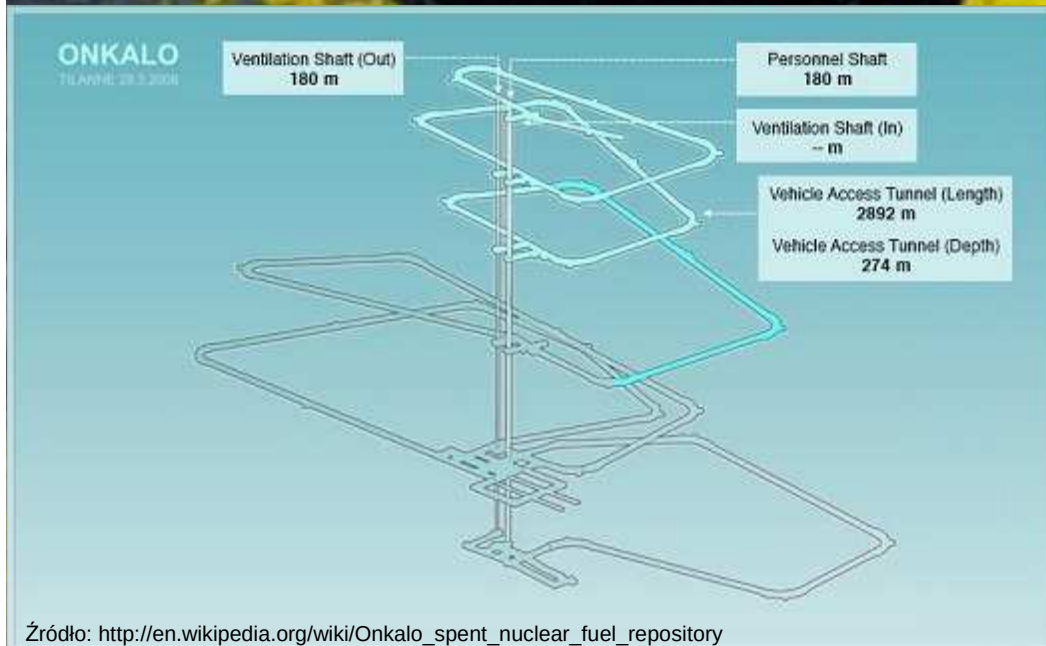
CYKL PALIWOWY



CYKL PALIWOWY OTWARTY



CYKL PALIWOWY OTWARTY



CYKL PALIWOWY OTWARTY

Podziemne placówki badawcze

country	facility name	location	geology	depth	status
Belgium	HADES Underground Research Facility	Mol	plastic clay	223 m	in operation 1982
Canada	AECL Underground Research Laboratory	Pinawa	granite	420 m	1990-2006
Finland	Onkalo	Olkiluoto	granite	400 m	under construction
France	Meuse/Haute Marne Underground Research Laboratory	Bure	mudstone	500 m	in operation 1999
Japan	Horonobe Underground Research Lab	Horonobe	sedimentary rock	500 m	under construction ¹
Japan	Mizunami Underground Research Lab	Mizunami	granite	1000 m	under construction
Korea	Korea Underground Research Tunnel		granite	80 m	in operation 2006 ¹
Sweden	Äspö Hard Rock Laboratory	Oskarshamn	granite	450 m	in operation 1995
Switzerland	Grimsel Test Site	Grimsel Pass	granite	450 m	in operation 1984
Switzerland	Mont Terri Rock Laboratory	Mont Terri	claystone	300 m	in operation 1996
USA	Yucca Mountain nuclear waste repository	Nevada	tuff, ignimbrite	50 m	1997-2008

Źródło: International Atomic Energy Agency (IAEA)

Potencjalne lokalizacje dla głębokich składowisk odpadów promieniotwórczych

country	facility name	location	waste	geology	depth	status
Argentina	Sierra del Medio	Gastre		granite		under discussion
Belgium			high-level waste	plastic clay	~225 m	under discussion
Canada	OPG DGR	Ontario	200,000 m ³ L&ILW	argillaceous limestone	680 m	licence application 2011
Canada			spent fuel			under discussion
China						under discussion
Finland	VLJ	Olkiluoto	L&ILW	tonalite	60–100 m	in operation 1992
Finland		Loviisa	L&ILW	granite	120 m	in operation 1998
Finland	Onkalo	Olkiluoto	spent fuel	granite	400 m	under construction
France			high-level waste	mudstone	~500 m	siting
Germany	Schacht Asse II	Lower Saxony		salt dome	750 m	closed 1995
Germany	Morsleben	Saxony-Anhalt	40,000 m ³ L&ILW	salt dome	630 m	closed 1998
Germany	Gorleben	Lower Saxony	high-level waste	salt dome		proposed, on hold
Germany	Schacht Konrad	Lower Saxony	303,000 m ³ L&ILW	sedimentary rock	800 m	under construction
Japan			high-level waste			under discussion
Korea	Gyeongju		L&ILW		80 m	under construction
Sweden	SFR	Forsmark	63,000 m ³ L&ILW	granite	50 m	in operation 1988
Sweden		Forsmark	spent fuel	granite	450 m	licence application 2011
Switzerland			high-level waste	clay		siting
United Kingdom			high-level waste			under discussion
USA	Waste Isolation Pilot Plant	New Mexico	transuranic waste	salt bed	655 m	in operation 1999
USA	Yucca Mountain Project	Nevada	70,000 ton HLW	ignimbrite	200-300 m	proposed, cancelled 2010

Źródło: International Atomic Energy Agency (IAEA)

CYKL PALIWOVY ZAMKNIĘTY



Źródło: www.world-nuclear.org

The Thermal Oxide Reprocessing Plant (THORP) at Sellafield , UK

CYKL PALIWOWY ZAMKNIĘTY

Źródło: www.japanfocus.org



Źródło: http://en.wikipedia.org/wiki/Rokkasho_Reprocessing_Plant



Rokkasho Nuclear Fuel Reprocessing Facility

CYKL PALIWOVY ZAMKNIĘTY



Źródło: www.areva.com



Źródło: www.globalsecurity.org

(Credit COGEMA)

View of the COGEMA-La Hague reprocessing plant, France

POSTĘPOWANIE Z WYPALONYM PALIWEM W POLSCE



23 reaktory pracują
6 reaktorów w budowie
9 reaktorów planowanych do 2025 r.

W 2020 roku Polska będzie już
całkowicie otoczona przez
elektrownie jądrowe.

Od 2024 jedynym sąsiadem bez EJ
będą (prawdopodobnie) Niemcy,
choć kraj ten będzie importował
duże ilości energii z „jądrowej”
Francji, Szwecji, Czech, Szwajcarii
oraz z Polski.

Etapy PPEJ

- Etap I - do 31.12.2013: Uchwalenie i wejście w życie przepisów prawnych niezbędnych dla rozwoju i funkcjonowania energetyki jądrowej;
- Etap II - 1.01.2014 - 31.12.2016
Ustalenie lokalizacji i zawarcie kontraktu na wybraną technologię pierwszej elektrowni jądrowej;
- Etap III - 1.01.2017 - 31.12.2018:
Wykonanie projektu technicznego i uzyskanie wymaganych prawem decyzji i opinii;
- Etap IV - 1.01.2019 - 31.12.2024:
Pozwolenie na budowę, budowa i podłączenie do sieci pierwszego bloku pierwszej elektrowni jądrowej, rozpoczęcie budowy kolejnych bloków/elektrowni jądrowych;
- Etap V - 1.01.2025 - 31.12.2030:
Kontynuacja i rozpoczęcie budowy kolejnych bloków/elektrowni jądrowych.
Zakończenie budowy pierwszej elektrowni jądrowej.

Zakończenie budowy drugiej elektrowni jądrowej przewidywane jest na 2035 rok.

Wywóz wypalonego paliwa jądrowego w ramach programu GTRI

Celem misji Global Threat Reduction Initiative (GTRI) jest zmniejszenie ,ochrona i zabezpieczenie wrażliwych z punktu widzenia ochrony fizycznej i radiologicznej materiałów jądrowych znajdujący się w rękach cywilnych na całym świecie. Program finansowany jest przez USA Departamentu Energii. Program ma na celu zwiększenie bezpieczeństwa poprzez zapobieganie nabywaniu przez terrorystów materiałów jądrowych i radiologicznych, które mogłyby być stosowane w broni masowego rażenia lub innych aktów terroryzmu. GTRI działa poprzez wywiezienie z reaktorów badawczych do zakładów przerobu wypalonego paliwa jądrowego paliwa wysoko wzbogaconego uranu (HEU) i konwersję reaktorów do pracy na paliwo o niskim wzbogaceniu uranu (LEU). Projekt ten realizowany jest w wielu krajach na świecie w tym również w Polsce.

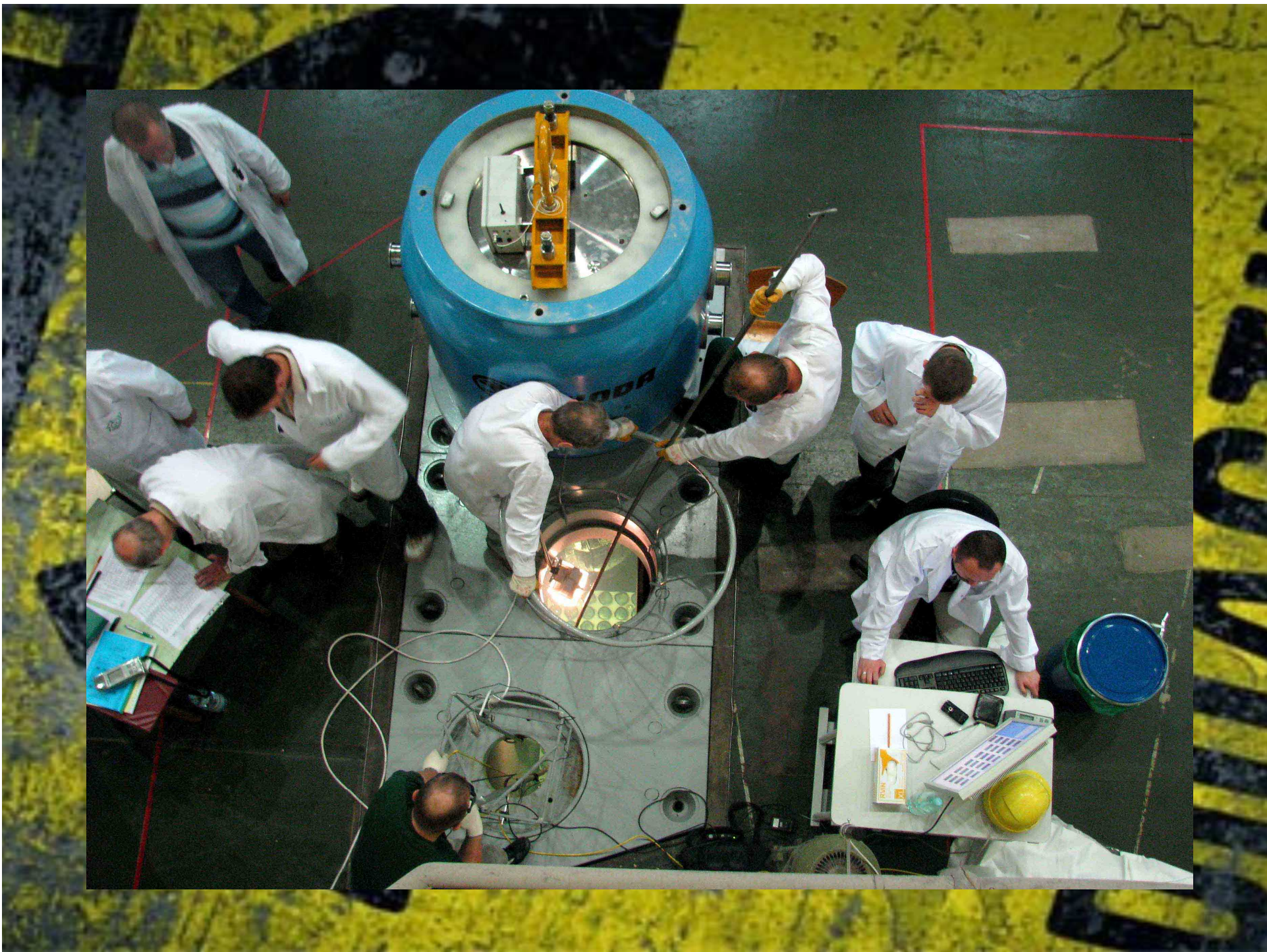
GTRI program w latach 2010 - 2012 - 6 transportów wypalonego paliwa jądrowego.

MARIA Reactor	Fuel type	Enrichment [%]	Value of spent nuclear fuel assemblies	Burnout [%]	Reactor type
1	MR6	80	273	40	Light-water
2	MR5	80	15	40	Light-water
3	MR6	36	210	45	Light-water
Total:			498		
EWA Reactor					
1	WWR	36	668 ¹	35.8	Light-water
2	WWR	36	536	35.3	Light-water
Total:			2540 ²		
EWA Reactor					
3	EK-10	10	2595	17.7	Light-water

GTRI program w latach 2010 - 2012 - 6 transportów wypalonego paliwa jądrowego.

Date of transport	Fuel type	Type and amount casks		Amount nuclear fuel assemblies
2010-09	WWR	VPVR/M	16	856
2010-02	WWR	VPVR/M	8	348
	MR	TUK-19	20	80
	WWR+MR			428
2010-05	MR	TUK-19	20	80
2010-07	MR	TUK-19	20	80
2010-09	MR	TUK-19	20	80
2012-09	EK10	VPVR/M	3	2595
	MR	TUK-19	15	60
Total amount nuclear fuel assemblies:				4179
			In it WWR:	1204
			In it MR:	380
			In it EK-10:	2595









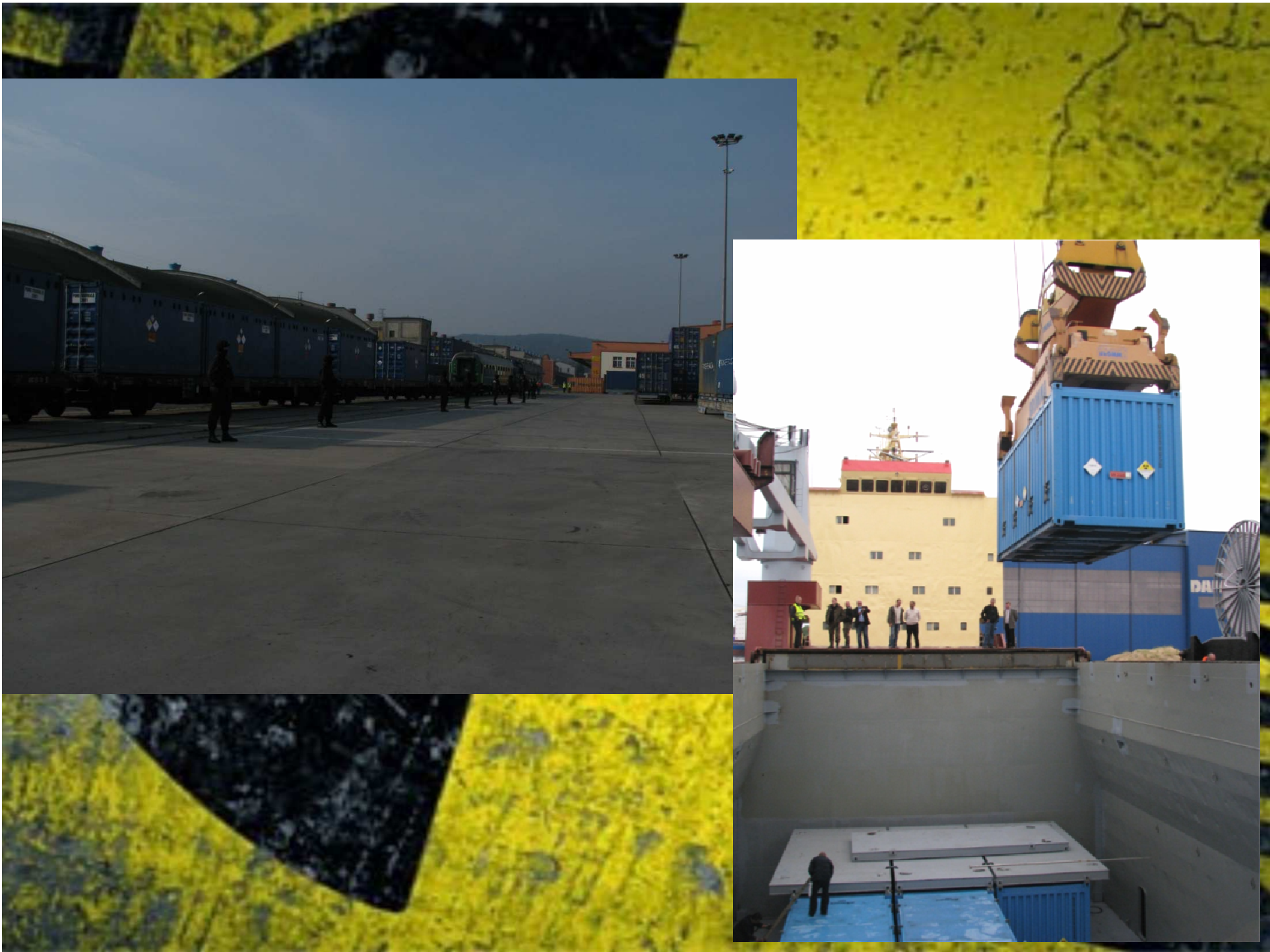








Fot. Grzegorz Mikosz





Dziękuję za Uwagę

