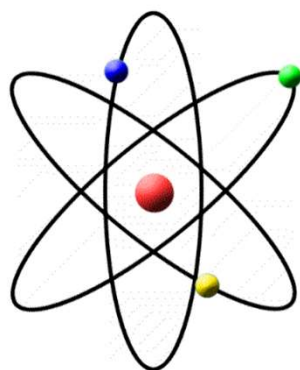

OD ŻARNOWCA DO SMR-ÓW

ENERGETYKA JĄDROWA W TRANSFORMACJI ENERGETYCZNEJ W POLSCE



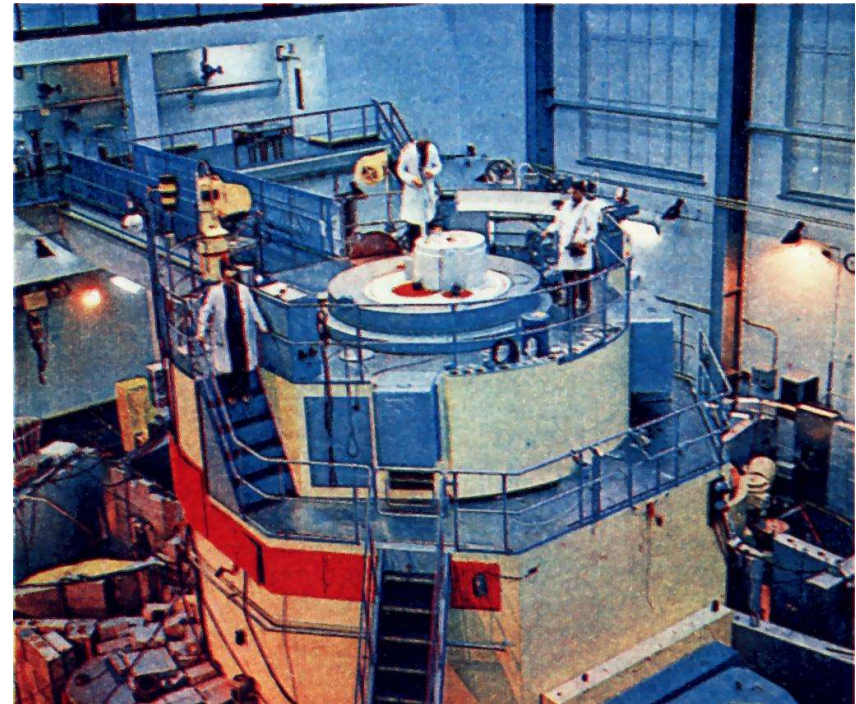
DR INŻ. JACEK NOWICKI

**EKSPERT DS. SYSTEMÓW ELEKTRYCZNYCH – PAŃSWOWA AGENCJA ATOMISTYKI
PRZEWODNICZĄCY KOMITETU ENERGETYKI JĄDROWEJ SEP**

16 STYCZNIA 2024 R.

REAKTORY BADAWCZE W POLSCE (IBJ, ŚWIERK) - EWA

- Budowa reaktora rozpoczęła się wiosną 1956 roku. Gotowa konstrukcja została przekazana przez Związek Radziecki.
- Reaktor EWA (akronim słów eksperymentalny, wodny, atomowy) był reaktorem lekkowodnym o mocy cieplnej 2 MW o konstrukcji zbiornikowej. Woda destylowana spełniała w nim funkcje moderatora i chłodziwa.
- 31 maja 1958 roku reaktor osiągnął stan krytyczny, jego uruchomienie i przekazanie do eksploatacji nastąpiło 14 czerwca 1958 roku.
- 24 lutego 1995 roku reaktor wyłączono, ze względu na zużycie poszczególnych elementów i materiałów.
- Proces likwidacji rozpoczęto w roku 1997. Do 2002 roku usunięto paliwo jądrowe i substancje wysokoaktywne oraz zdemontowano reaktor.



Reaktor EWA – pierwsza połowa lat siedemdziesiątych

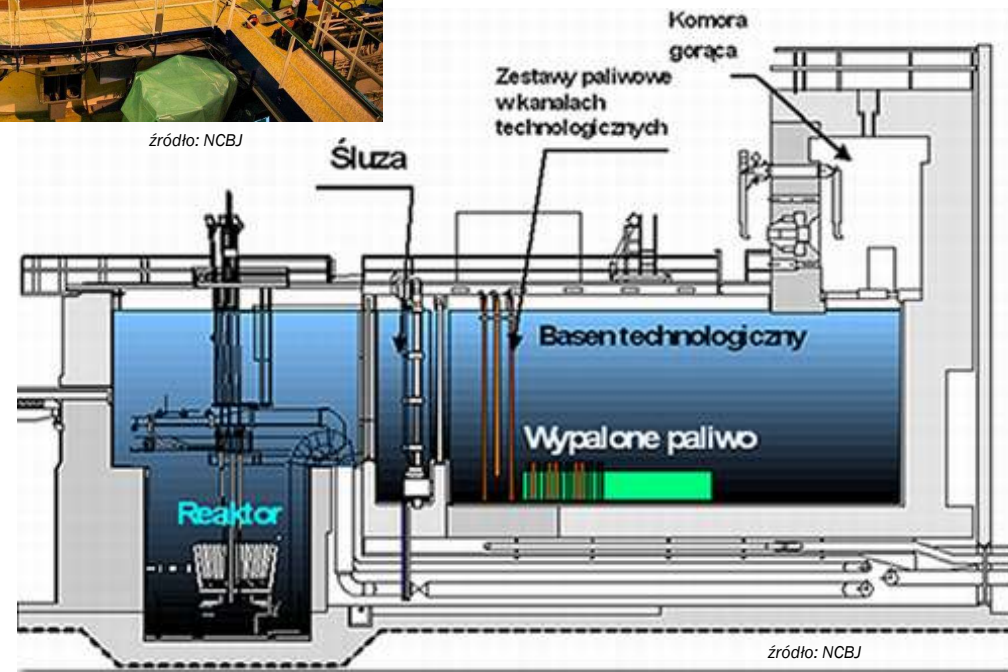
źródło: NCBJ

REAKTORY BADAWCZE W POLSCE (IBJ/NCBJ, ŚWIERK) - MARIA

- Reaktor Maria – jedyny 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.
- Jego główną rolą jest produkcja radiofarmaceutyków, zapewnia m.in 10% światowej produkcji molibdenu-99; jest liczącym się światowym producentem jodu-131, jego praca pokrywa całość polskiego zapotrzebowania na tę substancję.



źródło: NCBJ

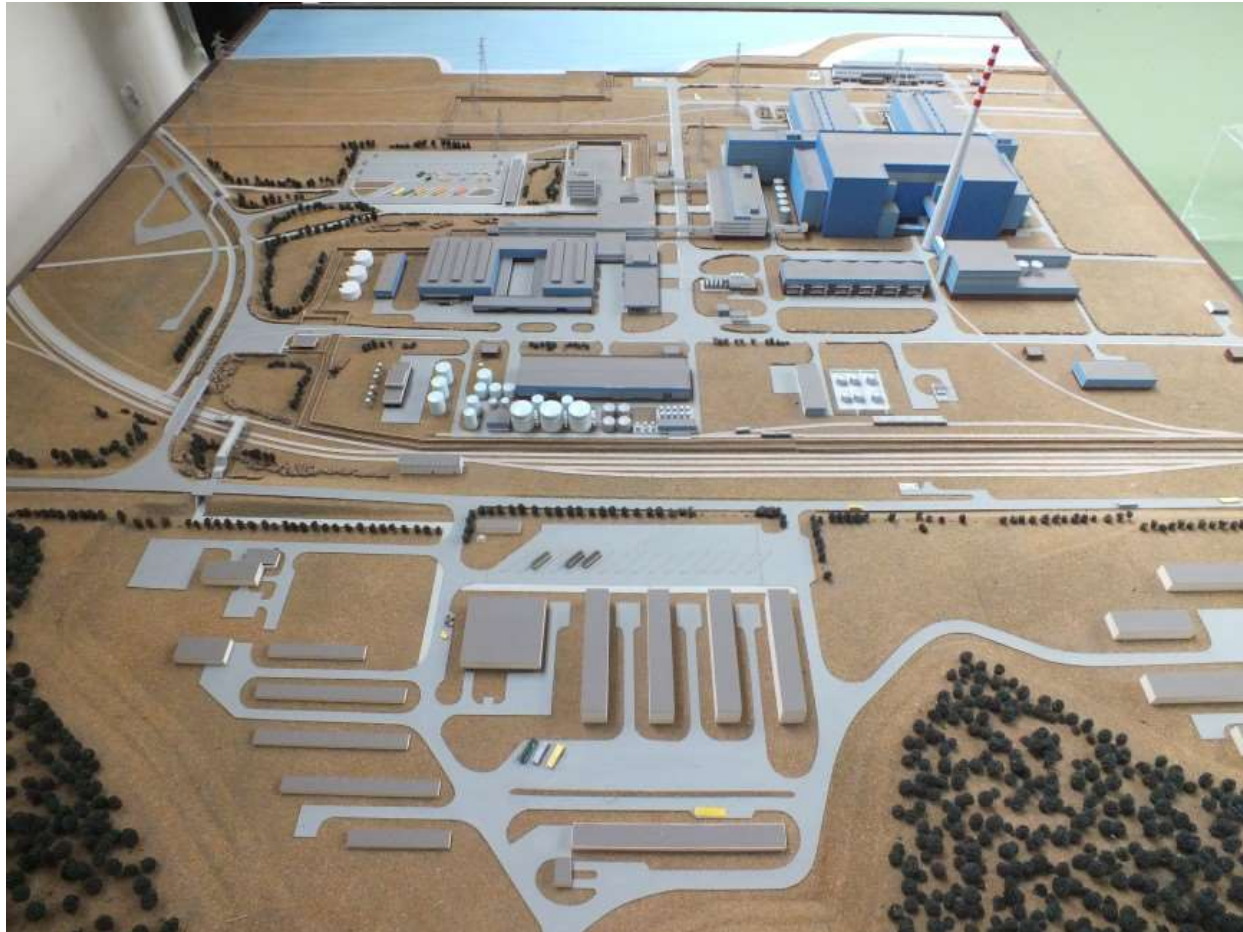


źródło: NCBJ

NIHIL NOVI SUB SOLE

SMUTNA HISTORIA EJ ŻARNOWIEC 1982-1991

- 1982 r. – rozpoczęto budowę pierwszej polskiej elektrowni jądrowej w Żarnowcu;
- 4 bloki jądrowe z reaktorami wodnymi, ciśnieniowymi WWER-440 o mocy 440 MW każdy (1760 MW)



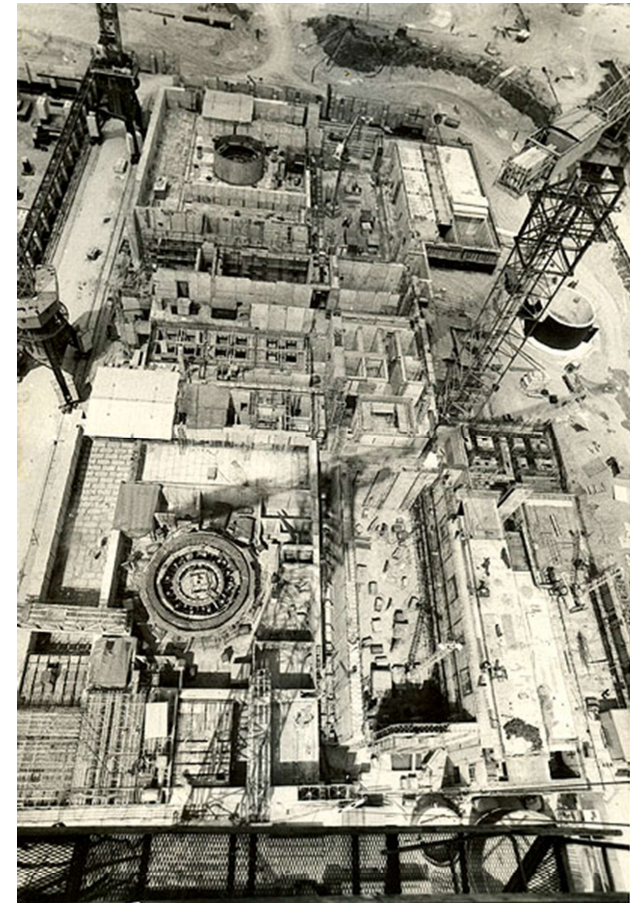
źródło: NCBJ

SMUTNA HISTORIA EJ ŻARNOWIEC 1982-1991

- I etap 2 x 440 MW **1991 r.** - po 9-ciu latach budowa została przerwana przy zaawansowaniu inwestycji (I etapu) wynoszącym 60%.



Źródło: PAP-CAF



Źródło: PAP-CAF

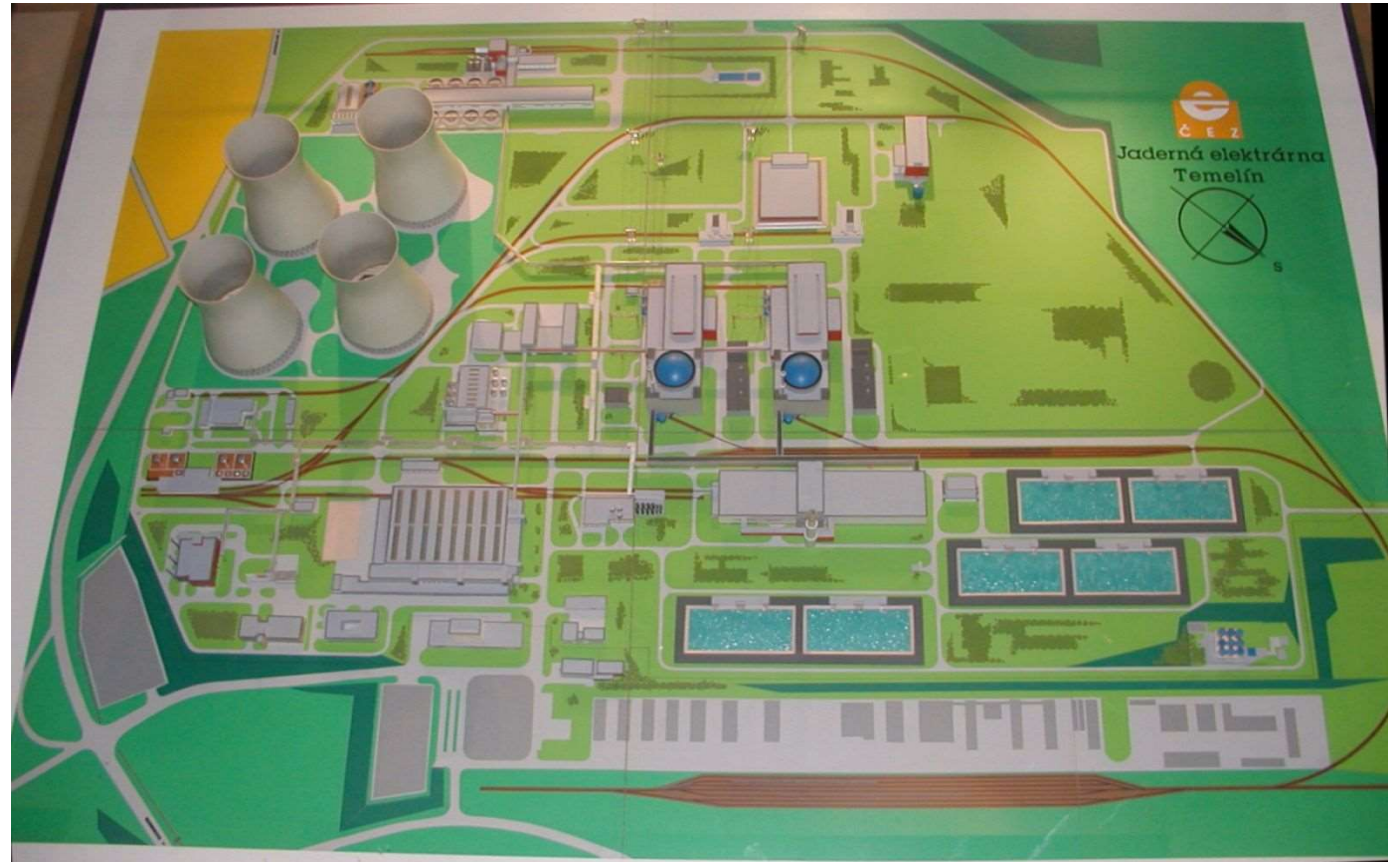
SMUTNA HISTORIA EJ ŻARNOWIEC 1982-1991



Źródło: internet

ELEKTROWNIA JĄDROWA WARTA

- Elektrownia Jądrowa Warta (EJW) – elektrownia jądrowa planowana w latach 1987 – 1989 w Klempiczu (obecnie województwo wielkopolskie), jako drugi tego typu obiekt w Polsce (po Elektrowni Jądrowej Żarnowiec).
- Docelowo miała być wyposażona w cztery reaktory typu WWER-1000/320 o łącznej mocy ok. 4000 MW, każdy o mocy 1000 MWe (brutto). Załoga stała elektrowni miała liczyć 1000 osób.



Podobna elektrownia: Temelin w Czechach (2 x WWER-1000)

Źródło: internet

„DUŻY ATOM-1”: EJ LUBIATOWO-KOPALINO NA BAZIE TECHNOLOGII WESTINGHOUSE AP1000 (USA)



PIERWSZE DECYZJE

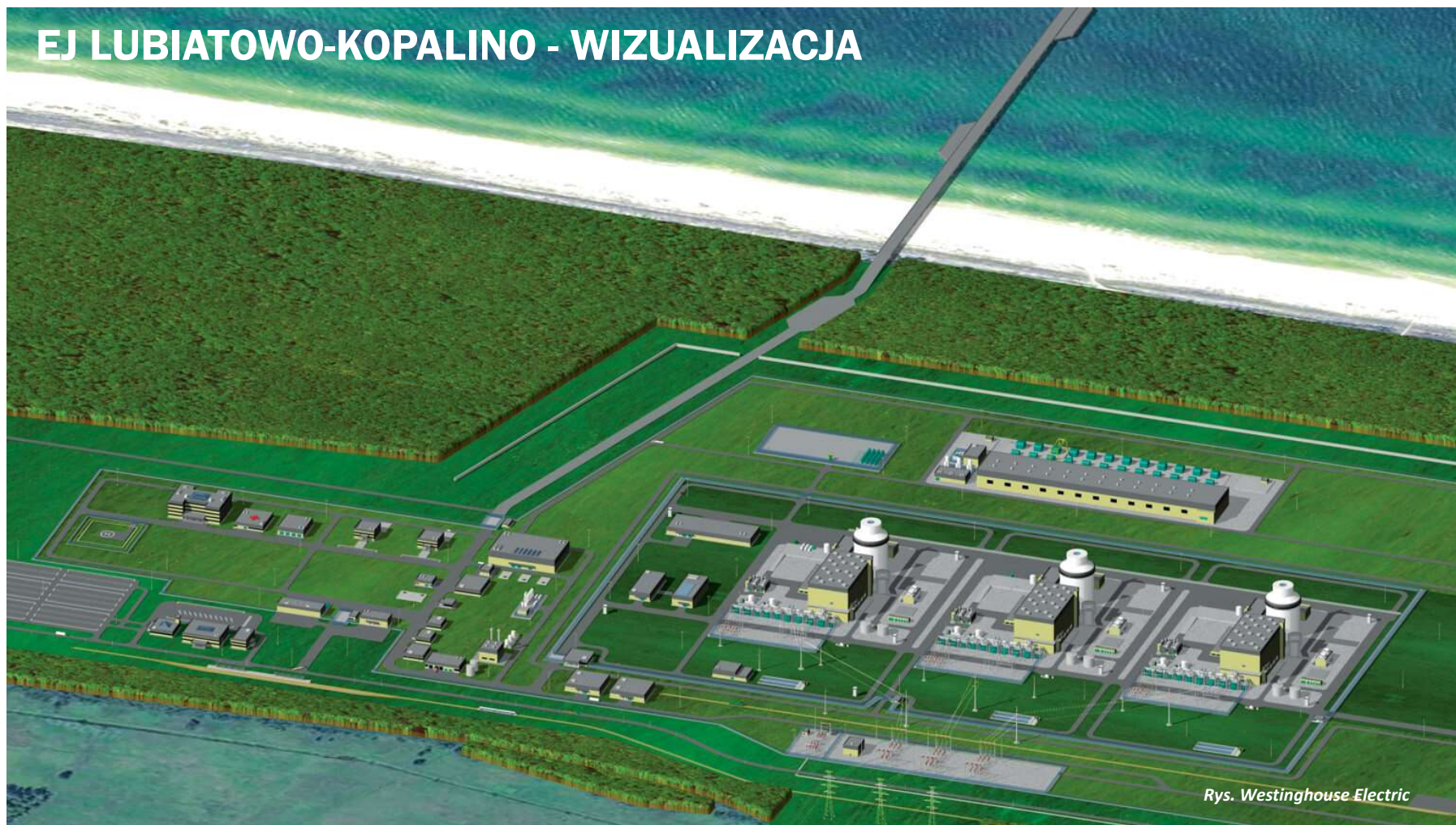
- W dniu **2 listopada 2022 r.** Rada Ministrów podjęła uchwałę nr 215/2022 w sprawie budowy wielkoskalowych elektrowni jądrowych w Rzeczypospolitej Polskiej. W p. 4 tego dokumentu czytamy: *„Mając na uwadze dostępne i sprawdzone technologie reaktorów jądrowych, konieczność zagwarantowania odpowiedniej mocy pojedynczego reaktora oraz maksymalizacji bezemisyjnych i stabilnych mocy wytwórczych, a także uwzględniając uwarunkowania krajowego systemu elektroenergetycznego i charakterystykę stosowanych w reaktorach jądrowych systemów bezpieczeństwa, Rada Ministrów uznaje za niezbędne budowę elektrowni jądrowej o mocy elektrycznej do 3750 MWe na obszarze gmin Choczewo lub Gniewino i Krokowa w oparciu o amerykańską technologię reaktorów AP1000.”*
- W dniu **15 grudnia 2022 r.** firmy Westinghouse Electric Company i Polskie Elektrownie Jądrowe podpisały umowę określającą główne zasady współpracy i kolejne etapy projektu budowy elektrowni na bazie technologii bloków AP1000. 22 lutego podpisany został pomiędzy PEJ a Westinghouse Electric tzw. kontrakt pomostowy (ang. *bridge contract*).
- **13 marca 2023 r.** do Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki wpłynął wniosek PEJ o wydanie ogólnej opinii Prezesa PAA dotyczący klasyfikacji bezpieczeństwa systemów oraz elementów konstrukcji i wyposażenia zastosowanych w projekcie reaktora AP1000. W następstwie wniosku Prezes PAA wydał ogólną opinię w tej sprawie w dniu 9 czerwca.

LOKALIZACJA INWESTYCJI



- Pierwsza w Polsce elektrownia jądrowa zostanie wybudowana w amerykańskiej technologii AP1000 dostarczonej przez Westinghouse.
- Reaktory staną we wskazanej przez inwestora preferowanej lokalizacji „Lubiatowo-Kopalino”.
- Docelowo obiekt ma być złożony z 3 bloków energetycznych po 1250 MWe o łącznej mocy do 3750 MWe.
- Planowane ukończenie pierwszego bloku: 2033 r.

EJ LUBIATOWO-KOPALINO - WIZUALIZACJA



25 MAJA 2023 R.

- **Warszawa, 25 maja 2023 r.** – Spółki Westinghouse Electric Company, Bechtel i Polskie Elektrownie Jądrowe podpisały umowę określającą zasady współpracy stron w zakresie zaprojektowania i wybudowania pierwszej elektrowni jądrowej w Polsce.

Od lewej, górny rząd: Mark Brzezinski, Ambasador Stanów Zjednoczonych w Polsce; Anna Moskwa, Minister Klimatu i Środowiska; Mateusz Berger, pełnomocnik Rządu do spraw Strategicznej Infrastruktury Energetycznej. Od lewej, dolny rząd: Patrick Fragman, prezes i dyrektor generalny Westinghouse Electric Company; Łukasz Młynarkiewicz, p.o. prezesa Polskich Elektrowni Jądrowych; Craig Albert, prezes i dyrektor operacyjny Bechtel

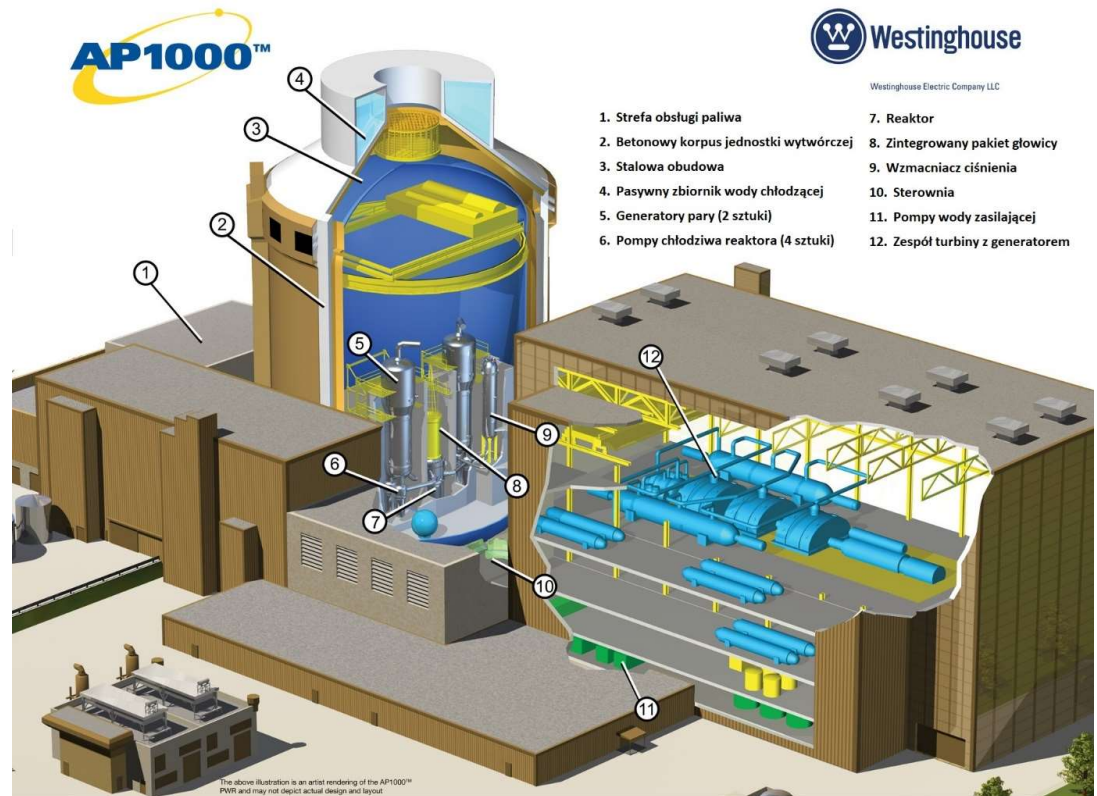


KOLEJNE KROKI W 2023 R.

- W maju Rada Ministrów przyjęła uchwałę w sprawie zapewnienia finansowania budowy elektrowni jądrowej na obszarze gminy Choczewo (lub w alternatywnej lokalizacji na obszarze gmin Gniewino i Krokowa).
- W czerwcu w kolejnej uchwale Rady Ministrów przyjęła wieloletni program na lata 2023-2029 o wartości ponad 4,7 mld zł na rozwój infrastruktury drogowej, kolejowej oraz hydrotechnicznej w województwie pomorskim związanej z budową elektrowni jądrowej.
- 11 lipca Ministerstwo Klimatu i Środowiska, na wniosek Spółki Polskie Elektrownie Jądrowe (PEJ), wydało decyzję zasadniczą, która formalnie potwierdziła, że inwestycja w pierwszą elektrownię jądrową w Polsce jest zgodna z interesem publicznym i realizowaną przez państwo polityką, w tym polityką energetyczną.
- 19 lipca PEJ oraz Urząd Morski w Gdyni podpisały porozumienie określające zasady współpracy przy budowie konstrukcji do rozładunku dużych elementów wyposażenia dostarczanych transportem morskim (MOLF – ang. *Marine Off-Loading Facility*) przy planowanej elektrowni jądrowej.
- 22 sierpnia spółka PEJ złożyła do wojewody pomorskiego wniosek o wydanie decyzji lokalizacyjnej dla projektu pierwszej polskiej elektrowni jądrowej w lokalizacji "Lubiatowo-Kopalino". W wyniku decyzji wojewody wydanej w dniu 26 października PEJ otrzymała prawo do dysponowania terenem na potrzeby prac przygotowawczych oraz budowy i późniejszej eksploatacji elektrowni jądrowej. Decyzja szczegółowo określa m.in. zakres terytorialny inwestycji zarówno na lądzie, jak i na morzu, a także precyzuje warunki realizacji inwestycji.
- 19 września Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska wydała decyzję środowiskową dla elektrowni jądrowej na Pomorzu, co poprzedziła analiza ponad 19 tys. stron dokumentacji oraz uzgodnienia transgraniczne z 14 państwami.
- 27 września spółka PEJ i konsorcjum Westinghouse-Bechtel podpisały umowę na opracowanie projektu elektrowni jądrowej tzw. ang. *Engineering Services Contract*.

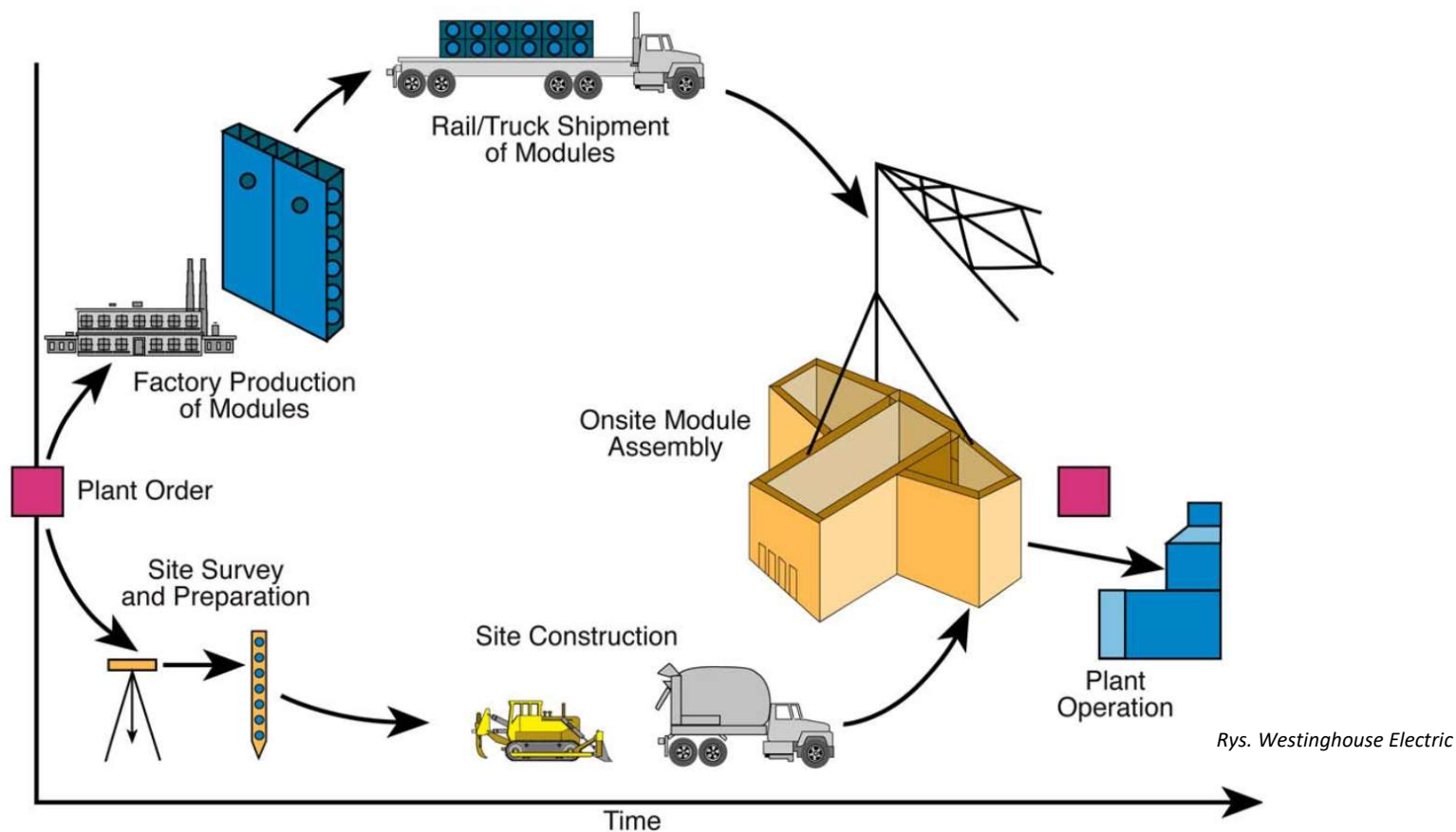
AP1000 – DUŻY REAKTOR MODUŁOWY (LMR? 😊)

- Uproszczenie systemów
 - Znacząca redukcja materiałów konstrukcyjnych i pracochłonności na placu budowy
- Maksymalne wykorzystanie modularyzacji
 - 300 urządzeń i modułów rurociągów przystosowanych do transportu kolejowego
 - 50 dużych modułów konstrukcyjnych
 - Montaż na budowie na miejscu z modułów przystosowanych do transportu kolejowego
- Produkcja i montaż modułów w warunkach przemysłowych
 - Przewidywalny, krótki harmonogram produkcji
 - Poprawiona kontrola jakości
 - Wstępne testy i kontrola przed wysyłką
- Usprawniona instalacja na budowie
 - Moduły zmniejszają pracochłonność na budowie
 - Stosowanie szczegółowej sekwencji montażu



Rys. Westinghouse Electric

JAK REALIZACJA RÓWNOLEGŁYCH ZADAŃ PRZY MODUŁOWEJ KONSTRUKCJI AP1000 SKRACA HARMONOGRAM BUDOWY



AP1000 – MODUŁY BUDOWLANE

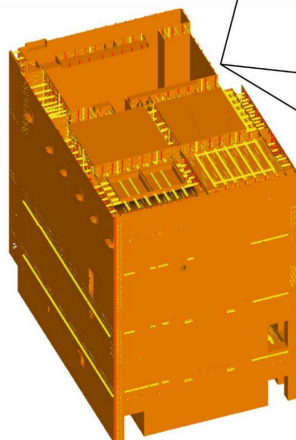
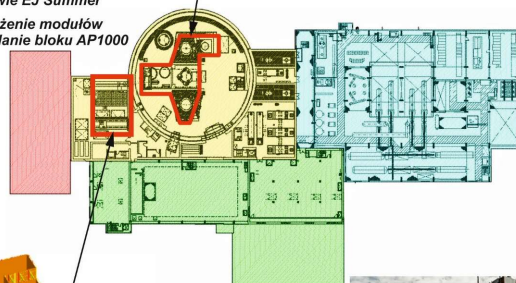


Prefabrykowany moduł konstrukcyjny CA01
złożony z 72 podzespołów
- wymiary: 13 × 21 × 20.7 m
- masa własna 777 ton



Montaż CA01 na budowie EJ Summer

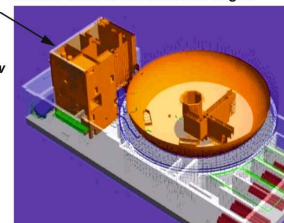
Położenie modułów
na planie bloku AP1000



Prefabrykowany moduł
konstrukcyjny CA20
złożony z 47 podzespołów
- wymiary:
28 × 29 × 23 m
- masa własna 727 ton



Montaż CA20 na budowie EJ Vogtle



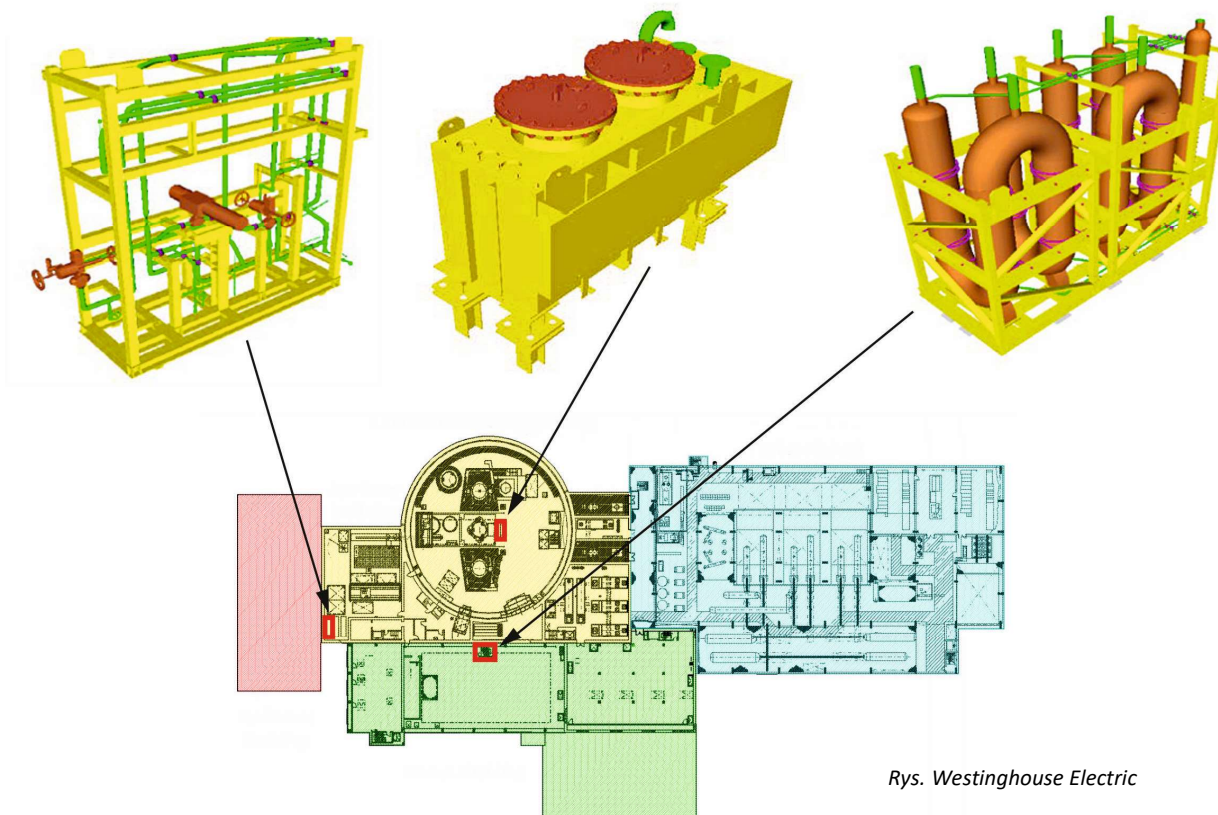
Rys. Westinghouse Electric

AP1000 – MODUŁY MECHANICZNE

Moduł mechaniczny R216:
zespół zaworów systemu ciekłych
odpadów promieniotwórczych (WLS)
- wymiary: $3,68 \times 1,247 \times 3,89$ m
- masa własna 2287 kg

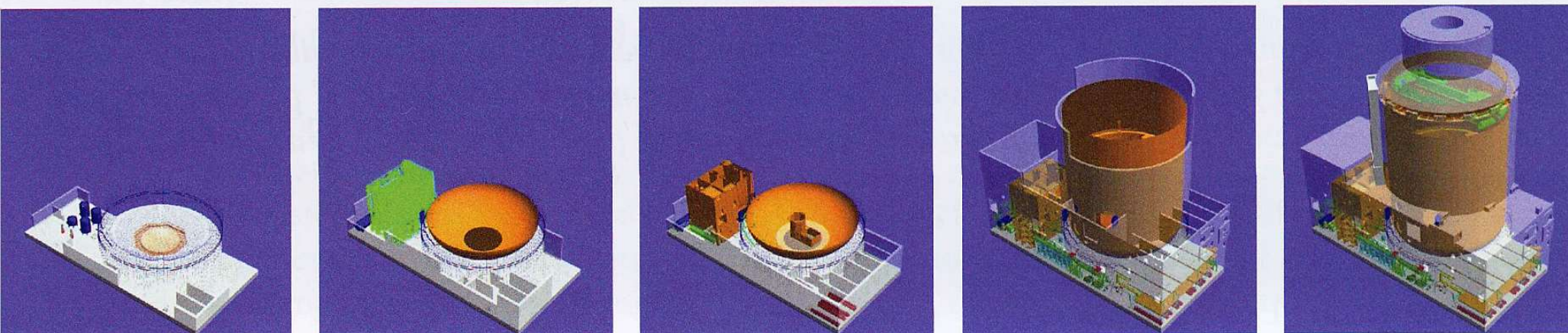
Moduł mechaniczny KQ11:
pompa ciekłych odpadów
promieniotwórczych (WLS)
- wymiary: $2,79 \times 1,37 \times 1,24$ m
- masa własna 3927 kg

Moduł mechaniczny KB04:
zespół zabezpieczenia gazowych
odpadów promieniotwórczych (WGS)
- wymiary: $4,62 \times 1,88 \times 4,55$ m
- masa własna 6902 kg



Rys. Westinghouse Electric

AP1000 – MONTAŻ WYSPY JĄDROWEJ



Rys. Westinghouse Electric

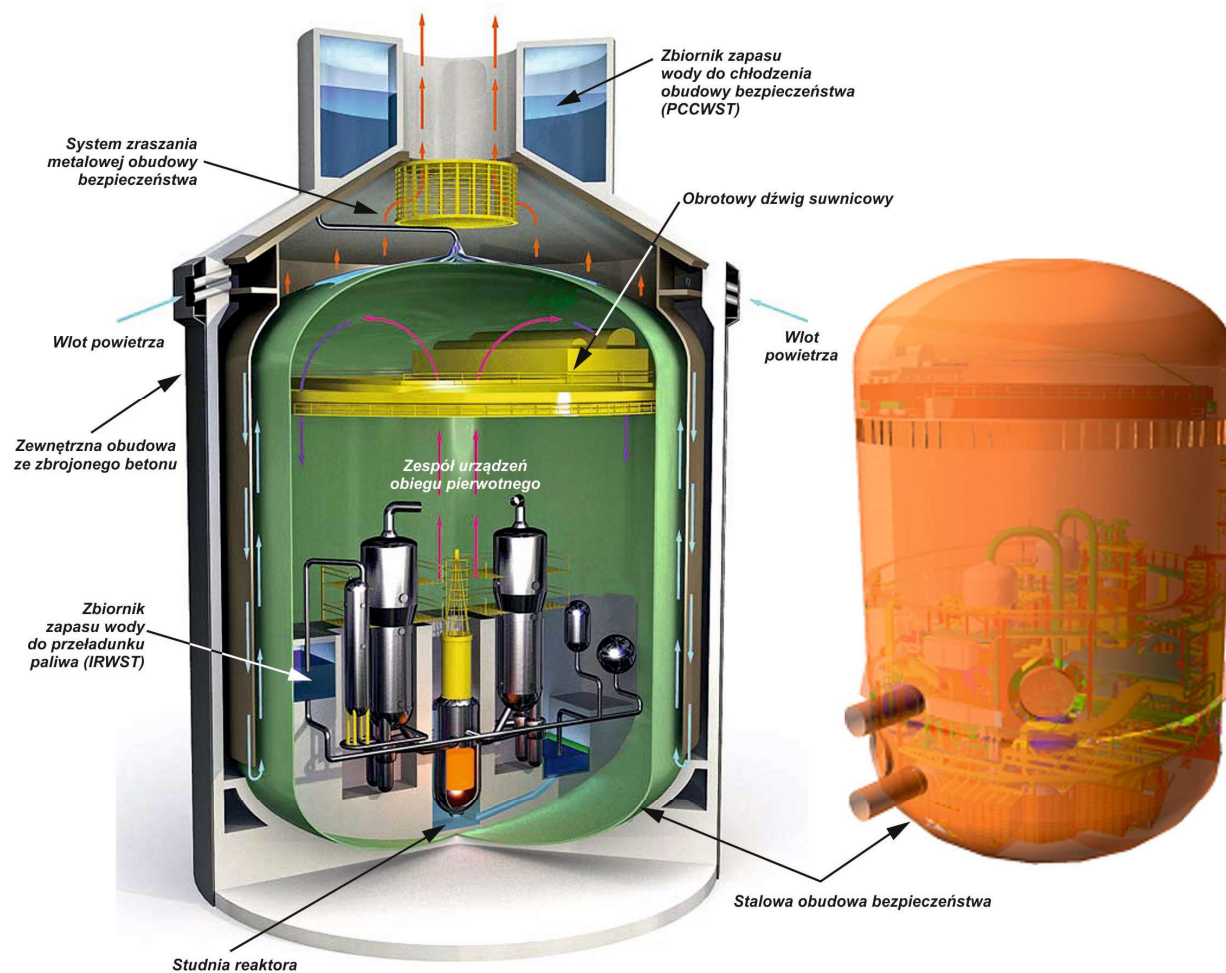
BLOK AP1000 – BEZPIECZEŃSTWO PASYWNE

- Blok AP1000 dysponuje faktycznymi cechami konstrukcji bloku pasywnego, tj. o zmniejszonych wymaganiach odnoszących się do systemów zasilania elektrycznego bloku w sytuacji awaryjnej.
- Powtórzmy zatem raz jeszcze: Podstawową zasadą bezpieczeństwa pasywnego jest wykorzystanie rozwiązań technicznych opartych na naturalnych zjawiskach związanych z cyrkulacją czynnika chłodzącego tj. naturalnej konwekcji, kondensacji pary wodnej, odparowywania wody, wtrysku wody wytłaczanej zakumulowanym ciśnieniem poduszki azotowej oraz grawitacyjnego zrzutu wody.
- Podstawowym imperatywem, jakim kierowali się konstruktorzy systemów chłodzenia awaryjnego AP1000 było uniezależnienie się od bieżącej dostępności energii elektrycznej lub mechanicznej (np. braku zasilania z sieci energetyki krajowej, a także braku dostawy energii z własnych agregatów prądotwórczych bloku jądrowego).



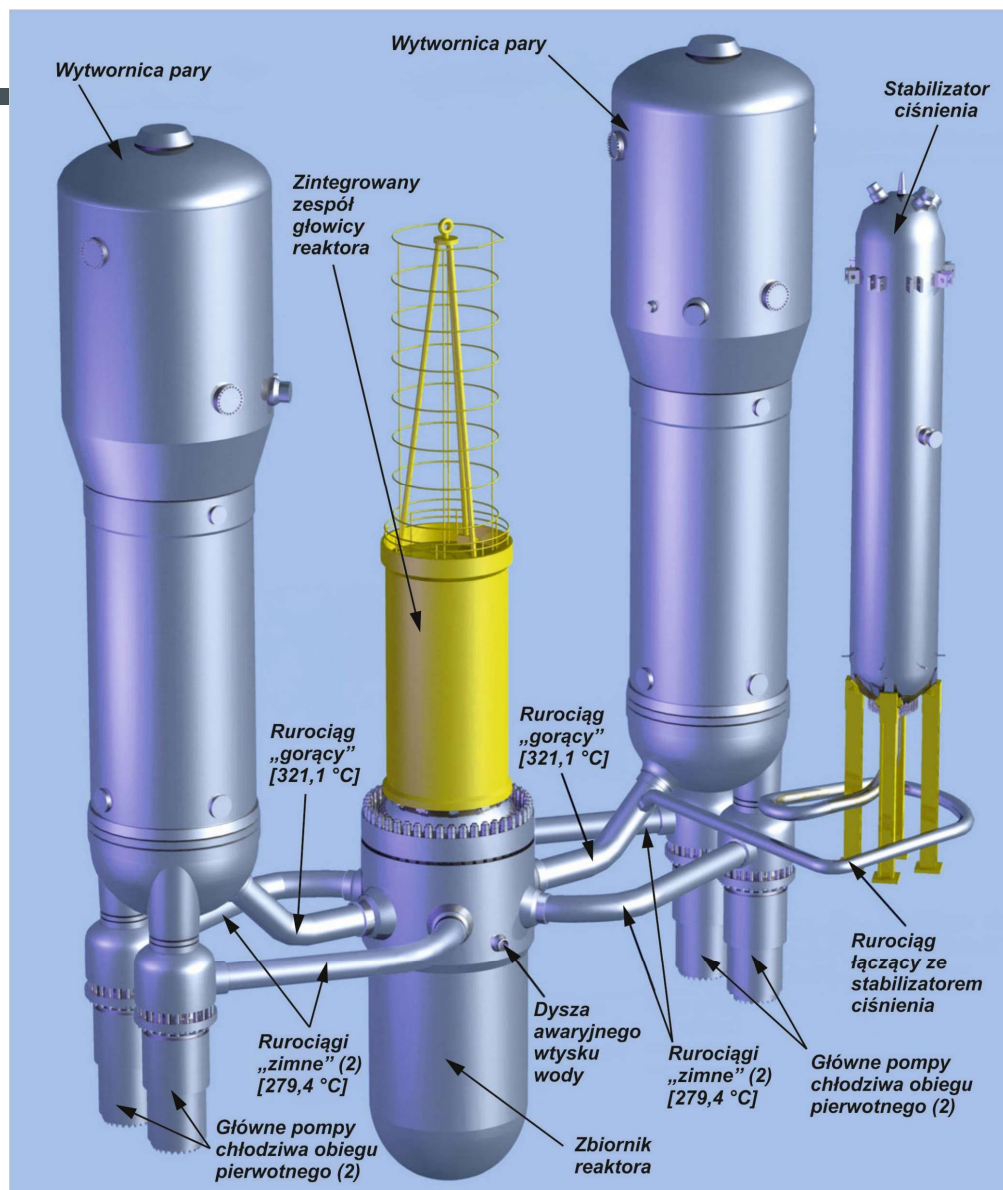
Rys. Westinghouse Electric

AP1000 - OBUDOWA BEZPIECZEŃSTWA

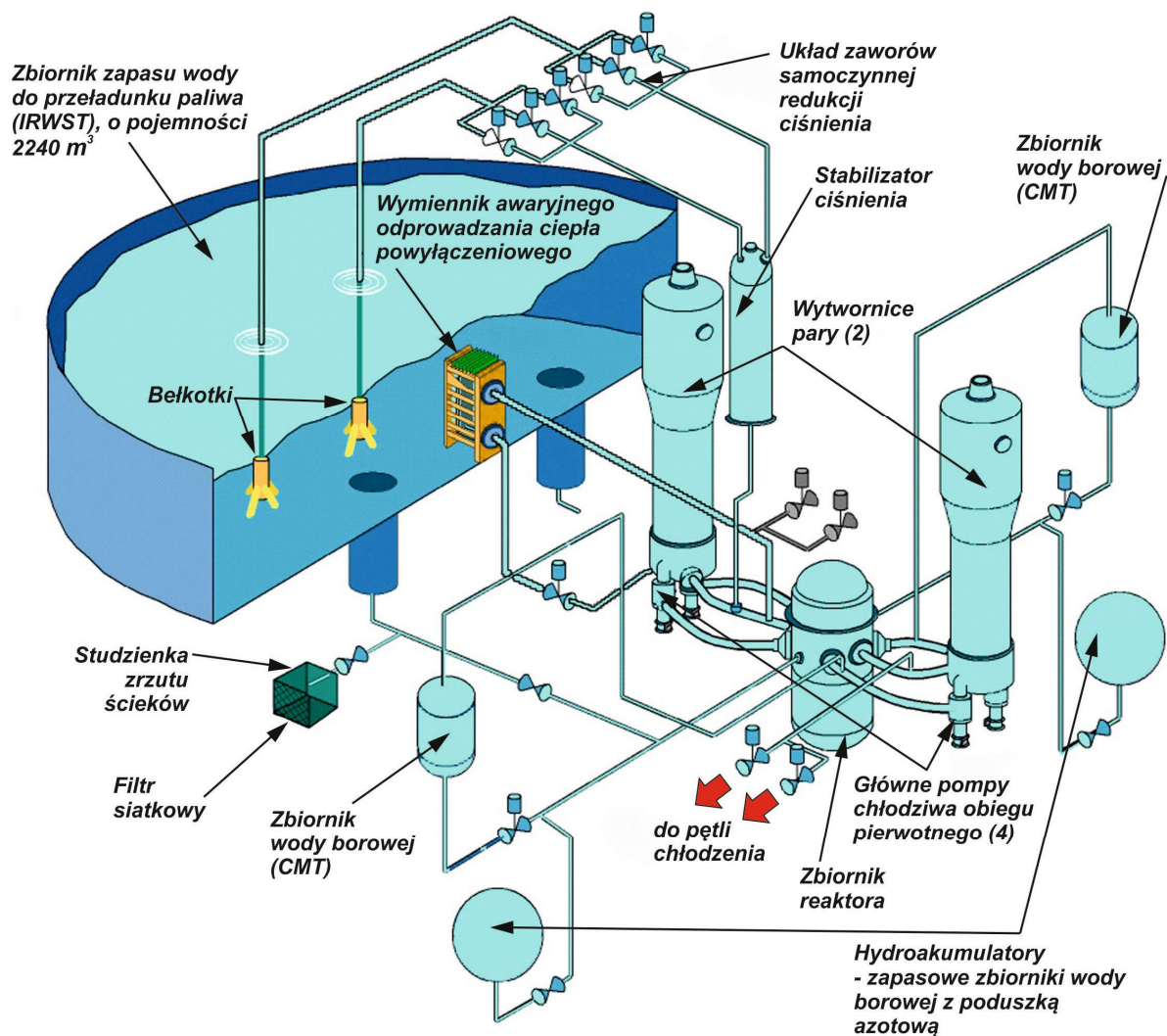


AP1000

– OBIEG PIERWOTNY

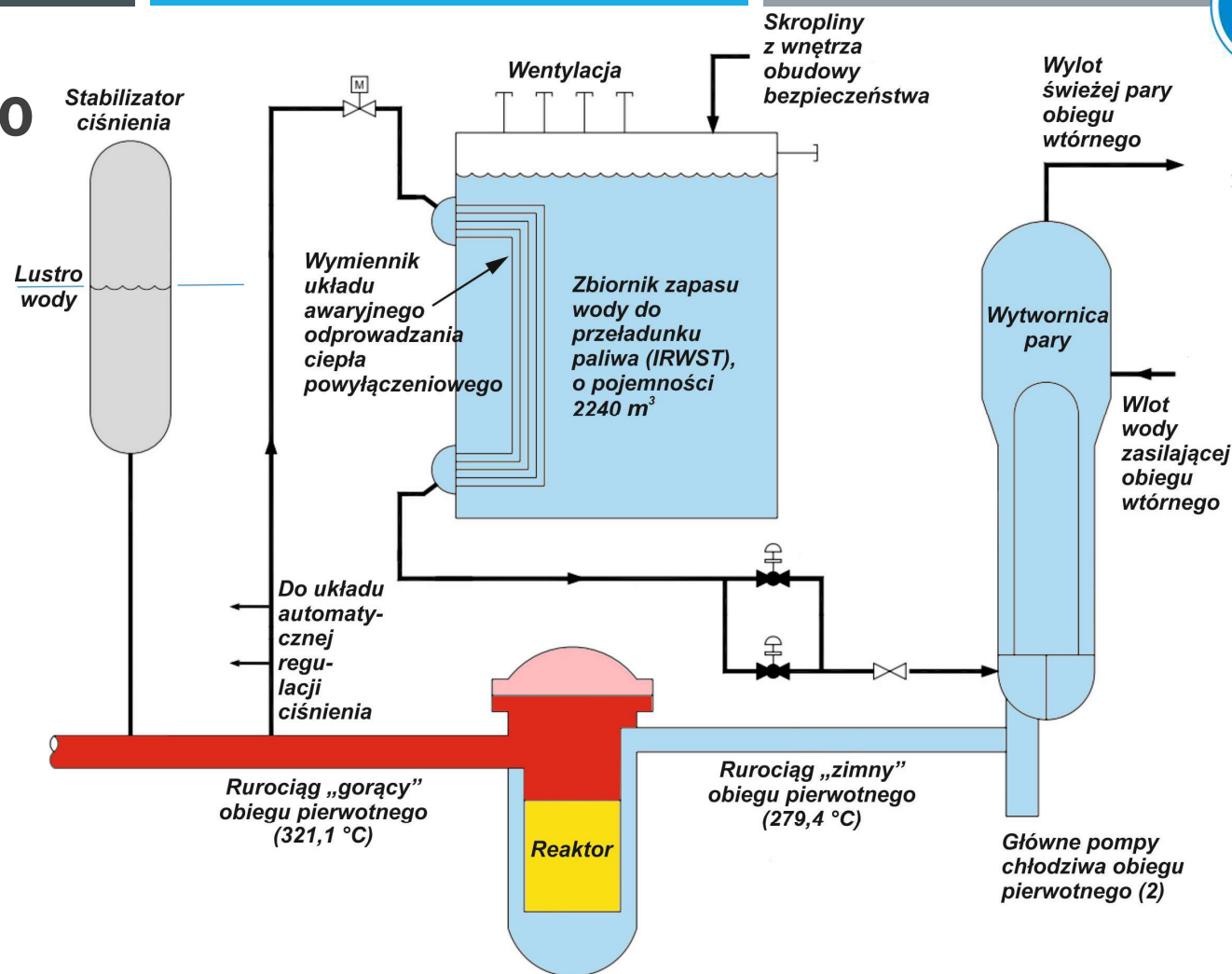


BLOK AP1000 – BEZPIECZEŃSTWO PASYWNE

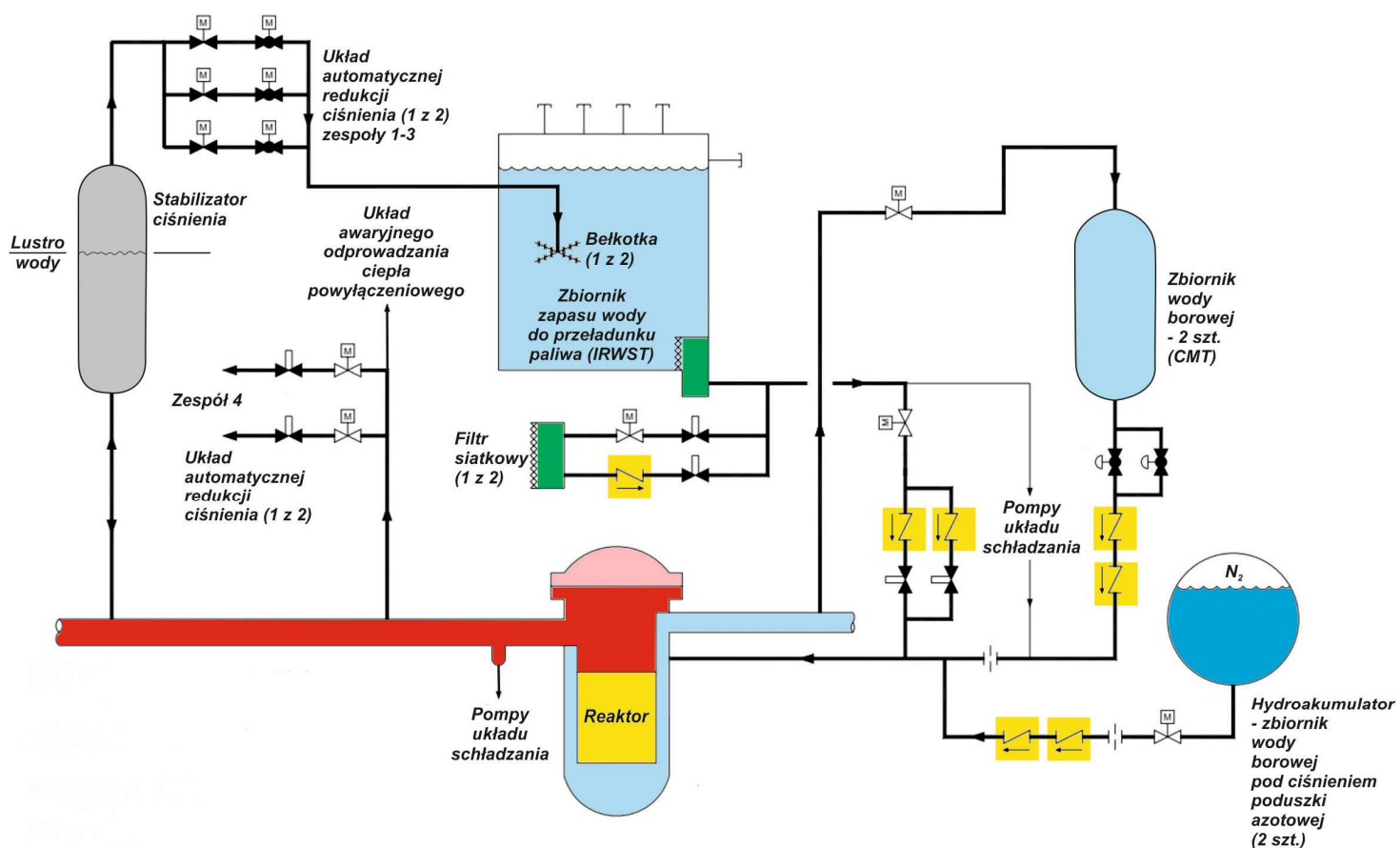


Rys. Westinghouse Electric

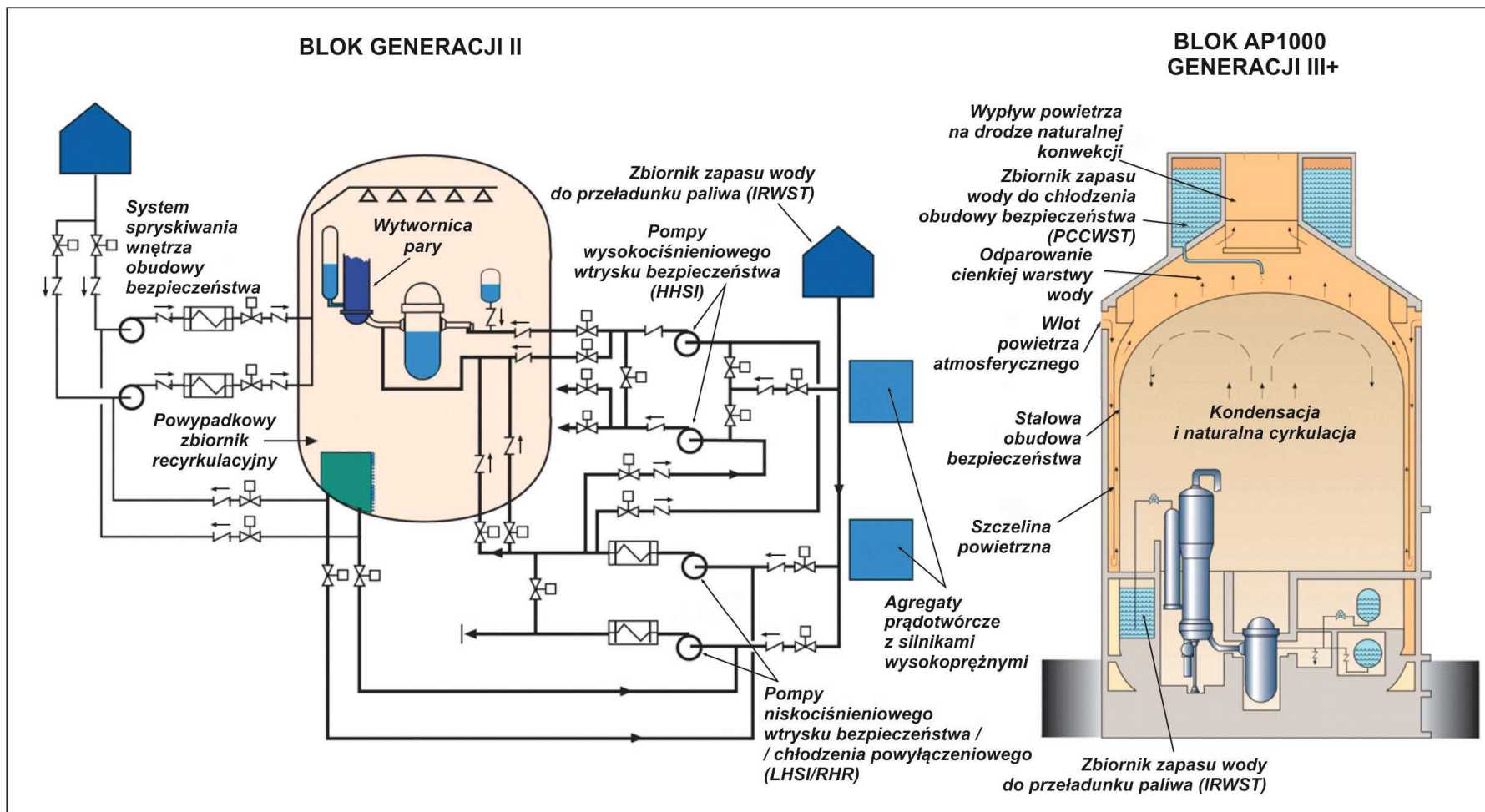
BLOK AP1000 – BEZPIECZEŃSTWO PASYWNE



BLOK AP1000 – BEZPIECZEŃSTWO PASYWNE



BLOK AP1000 – BEZPIECZEŃSTWO PASYWNE



ELEKTROWNIA JĄDROWA VOGTLE 3 I 4 (USA) – 2 X AP1000





ZAPRASZAM NA FILM Z BUDOWY EJ VOGTLE 3 & 4



Film: Westinghouse Electric

„DUŻY ATOM-2”: 2 BLOKI APR-1400 W PĄTNOWIE

- Prywatna firma ZE PAK, której właścicielem w blisko 66% jest Zygmunt Solorz-Żak (twórca i właściciel stacji telewizyjnej Polsat) poprzez firmę Argumenol Investment Company Limited, jest obecnie operatorem dwóch elektrowni ciepłych opalanych węglem brunatnym zlokalizowanych w Pątnowie i Koninie w konińskim zagłębiu węglowym (trzecia elektrownia w Adamowie została już zlikwidowana).
- Z racji tego, że na początku lat trzydziestych przewiduje się zamknięcie wydobywania węgla brunatnego i wyłączenie wszystkich konwencjonalnych elektrowni należących do ZE PAK, firma intensywnie poszukuje nowych możliwości odbudowy swych mocy generacyjnych.
- Początkowe zainteresowanie małymi reaktorami modułowymi w technologii BWRX-300 zastąpiła chęć wejścia w duże bloki jądrowe o ugruntowanych referencjach.



Rys. Wiki Commons

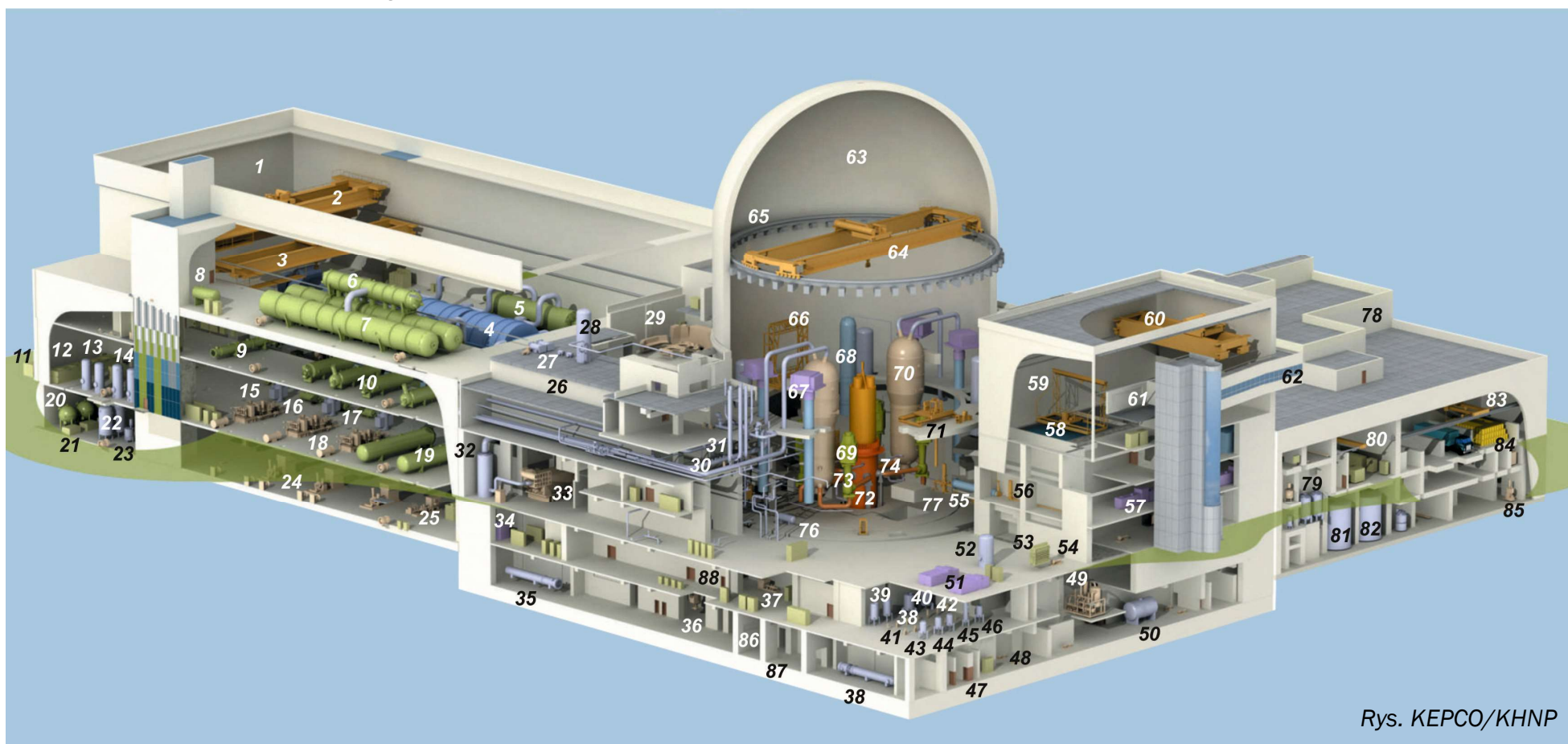
DECYZJE

- **31 października 2022 r.** ogłoszono, że Ministerstwo Aktywów Państwowych RP, Ministerstwo Handlu, Przemysłu i Energii Republiki Korei, polskie firmy energetyczne ZE PAK i PGE oraz KHNP na spotkaniu w Seulu podpisały wspólnie list intencyjny w sprawie planu rozwoju elektrowni jądrowej w Pątnowie oraz zawarcie porozumienia o współpracy między ministerstwami. Głównym celem tych działań jest opracowanie planu budowy elektrowni jądrowej w Pątnowie w Polsce w oparciu o technologię bloków APR-1400.
- Projekt w chwili obecnej znajduje się na etapie studium wykonalności. Sprawdzane są warunki co do możliwości budowy dużej elektrowni jądrowej w tej lokalizacji.
- Rozważana jest budowa 2 bloków APR-1400.
- **24 listopada 2023 r.** minister klimatu i środowiska Anna Moskwa wydała decyzję zasadniczą dot. budowy drugiej elektrowni jądrowej w Polsce w rejonie Pątnowa-Konina.



Źródło: KEPCO-KHNP

PRZEKRÓJ BLOKU JĄDROWEGO Z REAKTOREM KEPCO/KHNP APR-1400

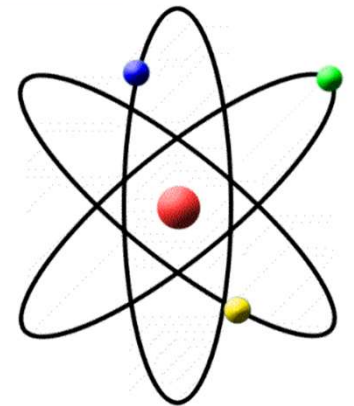


Rys. KEPCO/KHNP

EJ BARAKACH (ZJEDNOCZONE EMIRATY ARABSKIE) – 4 X APR-1400

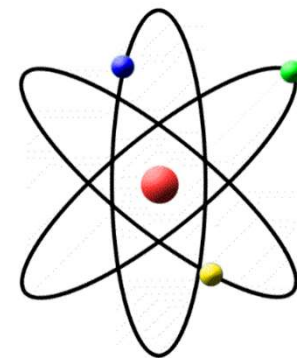


SMR – CO TO TAKIEGO?



SMR – CO TO TAKIEGO?

- Małe reaktory modułowe (SMR – ang. *Small Modular Reactors*) mają mniejszą moc i rozmiary od konwencjonalnych, współczesnych reaktorów energetycznych. Reaktory SMR grupowane po kilka lub kilkanaście sztuk w jednej instalacji pozwalają na uzyskanie mocy porównywalnej do pojedynczego „dużego bloku” jądrowego.
- Moc elektryczna pojedynczego modułu SMR: **10 do 300 MW**.
- Technologie: **BWR** (wodny wrzący) i **PWR** (ciśnieniowy wodny)– aktualnie rozważane do użycia w Polsce.
- Moduł SMR zawierający wszystkie istotne elementy instalacji jądrowej wytwarzany jest w zakładzie produkcyjnym i w całości dostarczany na plac budowy.
- Idea SMR-ów pozwala na zachowanie wysokiej jakości poprzez powtarzalność procesu produkcyjnego i dostawę kompletnego modułu reaktora jądrowego, zintegrowanego z innymi elementami obiegu pierwotnego na plac budowy.
- Przeznaczenie / zastosowania SMR:
 - Energetyka przemysłowa (np. rafinacja węglowodorów, „wielka” chemia itp.);
 - Energetyka zawodowa;
 - Kogeneracja (energia elektryczna + ciepło);
 - Trigenracja (energia elektryczna + ciepło + chłód);
 - Odsalanie wody morskiej;
 - Napędy okrętowe.



DANE TECHNICZNE WSPÓŁCZESNYCH ENERGETYCZNYCH BLOKÓW JĄDROWYCH

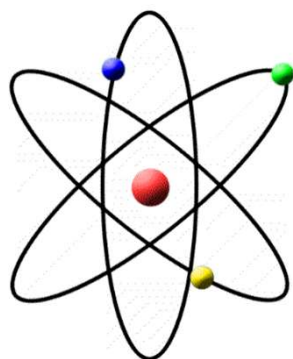


Tabela 1. Porównanie podstawowych parametrów technicznych głównych typów współczesnych reaktorów energetycznych.
Table 1. Comparison of basic technical parameters of the main types of modern power reactors.

Typ bloku energetycznego / reaktora	Producent, kraj	Rodzaj reaktora	Moc cieplna bloku [MW]	Moc elektryczna bloku [MW] – brutto i netto*	Liczba pętli chłodzenia
AP1000	Westinghouse Electric, USA	ciśnieniowy-wodny (PWR)	3400÷3415	brutto: 1250 netto: 1117	2
APR-1400	KEPCO/KHNP, Republika Korei	ciśnieniowy-wodny (PWR)	4000	brutto: 1400÷1455 netto: 1345÷1416	2
BWRX-300 (SMR**)	General Electric Hitachi, USA i Japonia	wodny-wrzący (BWR)	870	brutto: 300 netto: brak danych	2
Enhanced CANDU-6 (EC6)	Candu Energy / SNC Lavallin, Kanada	ciśnieniowy-ciężkowodny (PHWR)	2064	brutto: 730÷745 netto: 600÷668	2
EPR	EDF/Framatome, Francja	ciśnieniowy-wodny (PWR)	4500	brutto: 1730 netto: 1650	4
ESBWR	General Electric Hitachi, USA i Japonia	wodny-wrzący (BWR)	4500	brutto: 1594 netto: 1535	2
Hualong One	CGNP, Chiny	ciśnieniowy-wodny (PWR)	3060	brutto: 1170 netto: 1090	3
NuScale (SMR**)	Nuscale Power, USA	ciśnieniowy-wodny (PWR)	250	brutto: 77 netto: brak danych	2
WWER-1200	Rosatom, Rosja	ciśnieniowy-wodny (PWR)	3200	brutto: 1194 netto: 1110	4

* Moc elektryczna brutto – moc na wyjściu generatora blokowego; moc elektryczna netto – moc wyjściowa pomniejszona o moc zużywającą przez układy potrzeb własnych energetycznego bloku jądrowego.

** Z racji rosnącego znaczenia małych reaktorów modułowych (SMR) do zestawienia włączono dwa przykładowe typy tych urządzeń.

PROJEKTY SYNTHOS, ZE PAK I ORLEN NA BAZIE TECHNOLOGII BWRX-300



GRUPA SYNTHOS

MICHAŁA SOŁOWOWA

- „Polska stoi przed koniecznością dokonania całkowitej rewolucji w energetyce. Praktycznie wszystkie nasze źródła węglowe przestaną działać na przestrzeni najbliższych lat. OZE z kolei jest związane z sezonowością i nie może dziś być bazą dla dużego przemysłu. Oczywiście jakąś alternatywą jest gaz, ale to oznacza jeszcze większe uzależnienie się od importu. My po prostu potrzebujemy atomu.”
- Najbogatszy człowiek w Polsce wg rankingu magazynu „Forbes” w 2020 r.
- Należące do niego firmy Synthos, Barlinek i Cersanit są liderami na światową skalę. **Synthos** jest największym, producentem kauczuku syntetycznego i polistyrenu na świecie a kauczuk z jego fabryk trafia do 20 największych producentów opon. **Barlinek** jest największym na świecie wytwórcą desek podłogowych, a **Cersanit** jest trzecim europejskim producentem wyposażenia łazienki (płytek ceramicznych, ceramika sanitarna itp.)
- Grupa Synthos, należąca do Michała Sołowowa, w 2019 r. rozpoczęła rozmowy z General Electric Hitachi w sprawie zainstalowania reaktorów BWRX-300 w Polsce.



Michał Sołowow



SYNTHOS I PKN ORLEN

- W grudniu 2021 r. ORLEN i Synthos podpisały umowę inwestycyjną zakładającą utworzenie spółki joint venture ORLEN Synthos Green Energy. Głównym celem przedsięwzięcia będzie przygotowanie i komercjalizacja w Polsce technologii SMR-ów, a w szczególności BWRX-300 GE Hitachi
- Podpisana umowa zakłada szeroki zakres działalności spółki obejmujący m.in. promocję technologii, wspieranie rozwoju rozwiązań prawnych, badanie poszczególnych lokalizacji pod kątem budowy instalacji, realizację wspólnych inwestycji, a w końcu także produkcję energii i ciepła na potrzeby własne, komunalne i komercyjne.
- 7 marca 2022 roku poinformowano, że UOKIK wyraził zgodę na powołanie spółki ORLEN Synthos Green Energy.
- 8 lipca 2022 r. do Państwowej Agencji Atomistyki (PAA) wpłynął wniosek spółki Orlen Synthos Green Energy o ocenę technologii SMR, czyli małych modułowych reaktorów jądrowych.



Potencjalne lokalizacje

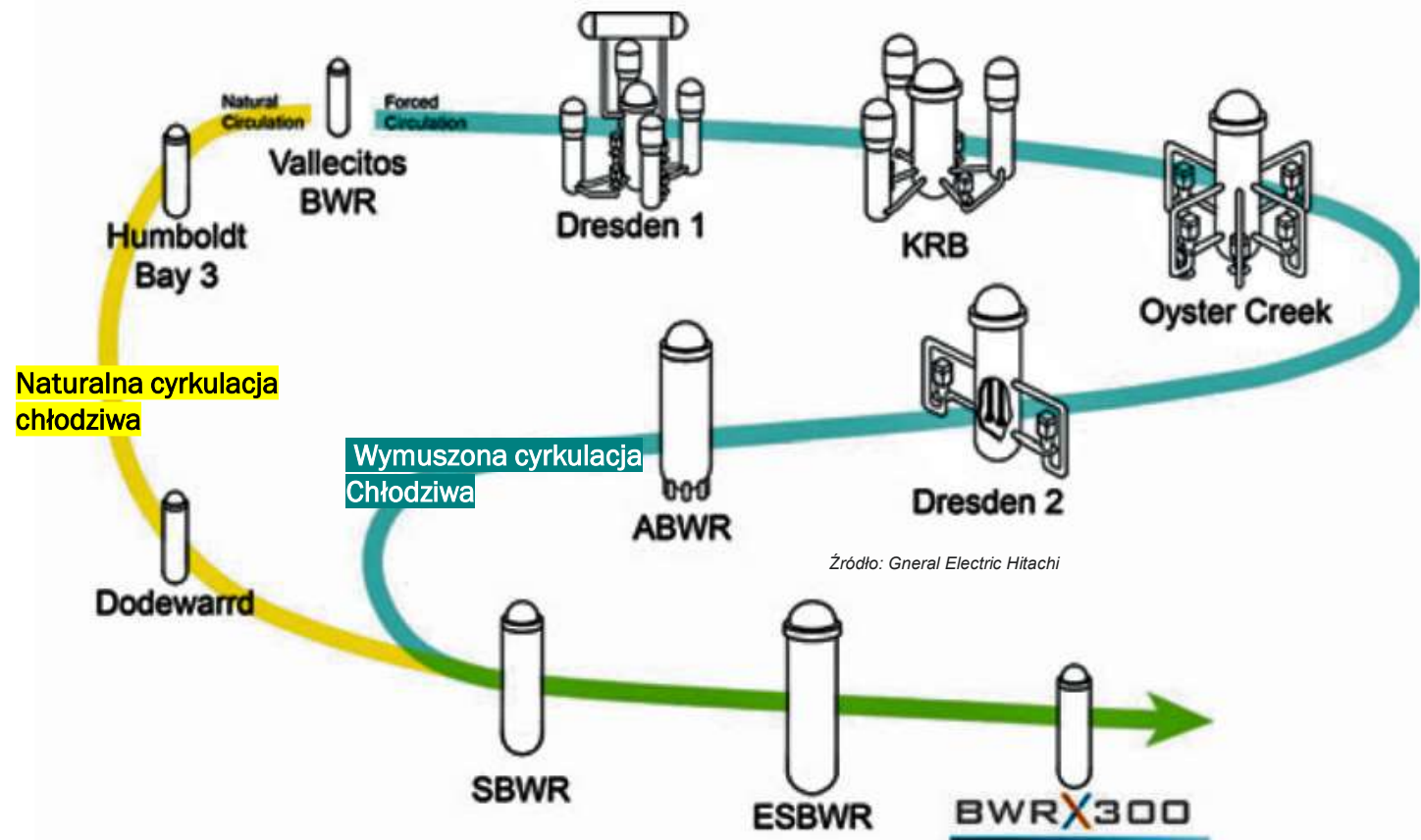
OSGE – KWIECIEŃ 2023 R.

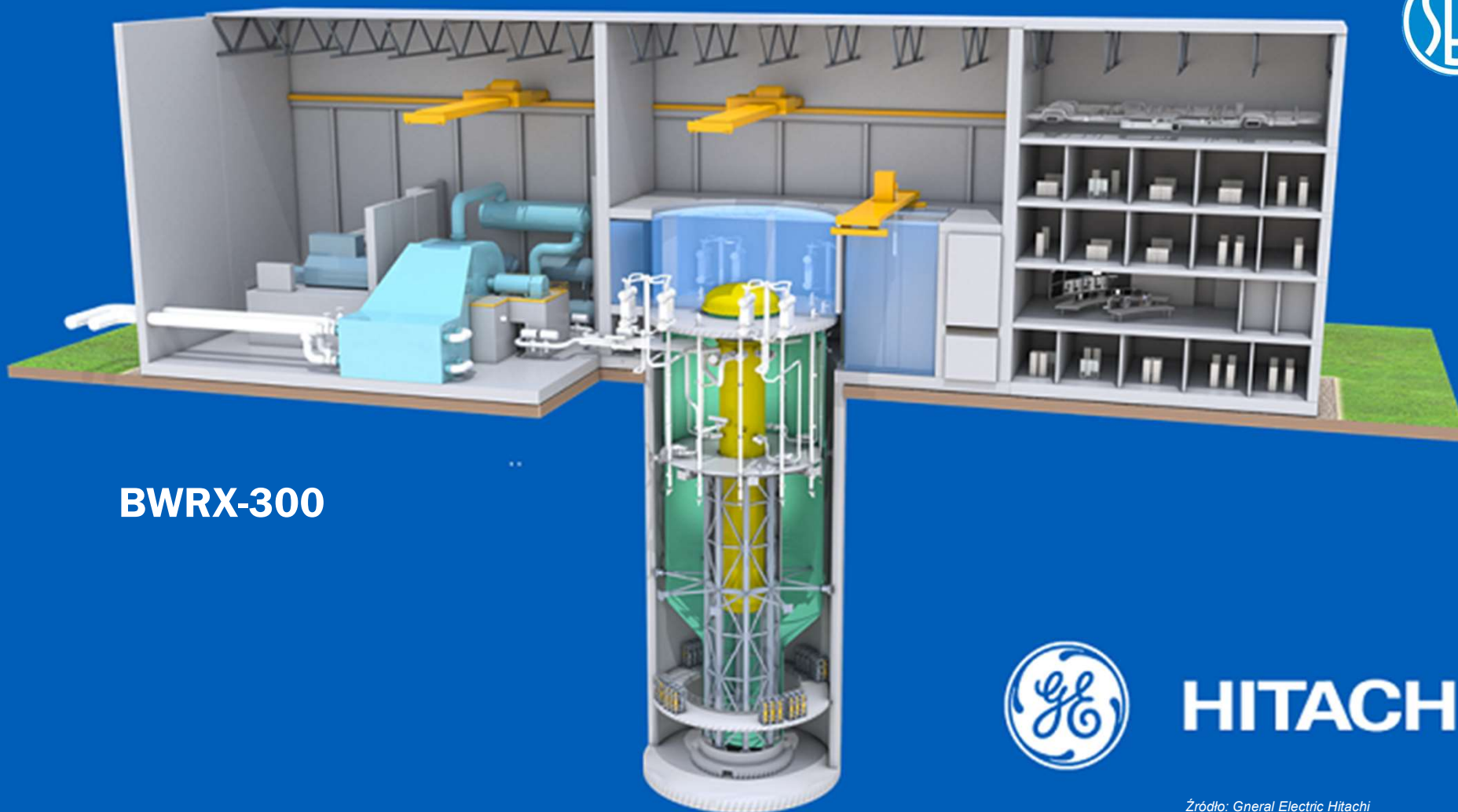


Źródło: OSGE

EWOLUCJA REAKTORÓW WODNYCH WRZĄCYCH PRODUKCJI GENERAL ELECTRIC HITACHI

- BWRX-300 to najnowszy projekt GEH - joint-venture amerykańskiego General Electric i japońskiego Hitachi.
- Należy do rodziny reaktorów wodnych-wrzących (BWR), które GE buduje od lat 50.





BWRX-300



HITACHI

Źródło: Gneral Electric Hitachi

WYKORZYSTANIE DOŚWIADCZEŃ CHŁODZENIA NATURALNEGO I WYMUSZONEGO

- BWRX-300 firmy *General Electric Hitachi* został zaprojektowany jako mały modułowy reaktor wodny wrzący (typu BWR) o mocy elektrycznej 300 MW z naturalnym obiegiem chłodzenia.
- Wykorzystano w nim doświadczenia z eksploatacji dużych reaktorów wodnych wrzących budowanych głównie przez firmę *General Electric*, z których pierwszy reaktor energetyczny dla bloku Dresden-1 został uruchomiony w 1960 roku, a wszystkie następne wpisują się dwa ewolucyjne ciągi konstrukcyjne z chłodzeniem wymuszonym lub naturalnym.
- To ostatnie rozwiązanie wydaje się bardziej bezpieczne i takim jest reaktor BWRX-300, który korzysta z doświadczeń eksploatacyjnych podobnych reaktorów w *EJ Humboldt Bay* (USA) i *EJ Dodewaard* (Holandia) pracujących od lat sześćdziesiątych do dziewięćdziesiątych ubiegłego stulecia.



Źródło: Wiki Commons

EJ Humboldt Bay (USA) - 63 MW: 1963-1976



Źródło: Wiki Commons

EJ Dodewaard (Holandia) – 58 MW: 1969-1997

DARLINGTON, KANADA – NOWA ELEKTROWNIA NA BAZIE BWRX-300



Źródło: General Electric Hitachi

PROJEKT KGHM NA BAZIE TECHNOLOGII NUSCALE SMR



KGHM I NUSCALE

- **KGHM Polska Miedź SA** zajmuje się wydobywaniem i przeróbką cennych surowców naturalnych z największymi europejskimi złożami rud miedzi zlokalizowanymi w południowo-zachodniej części Polski.
- KGHM w lutym 2022 r. podpisał umowę z amerykańską firmą NuScale Power w sprawie rozpoczęcia prac nad wdrożeniem zaawansowanych małych reaktorów modułowych (SMR) w Polsce. Miedziowa spółka uruchomi pierwsze reaktory do 2029 r.
- 08 lipca, 2022 – KGHM złożył pierwszy w Polsce wniosek do Państwowej Agencji Atomistyki dotyczący wdrożenia małych reaktorów modułowych (SMR).
- Kolejnym krokiem będzie przygotowanie studium lokalizacyjnego. KGHM bierze pod uwagę kilka miejsc potencjalnej instalacji SMR-ów, kryteria wyboru dotyczą m.in. zgodności z polskim prawem, ochrony środowiska czy kwestii ekonomicznych.
- KGHM zamierza uruchomić ośrodek szkoleniowy dla operatorów SMR i specjalistów z dziedziny energetyki jądrowej.
- 06 września 2022 r. - KGHM Polska Miedź SA i SN Nuclearelectrica SA (Rumunia) ogłosiły podpisanie niewiążącego memorandum o współpracy (MOU) w sprawie rozwoju projektów małych reaktorów modułowych (SMR) podczas Forum Ekonomicznego w Karpaczu.



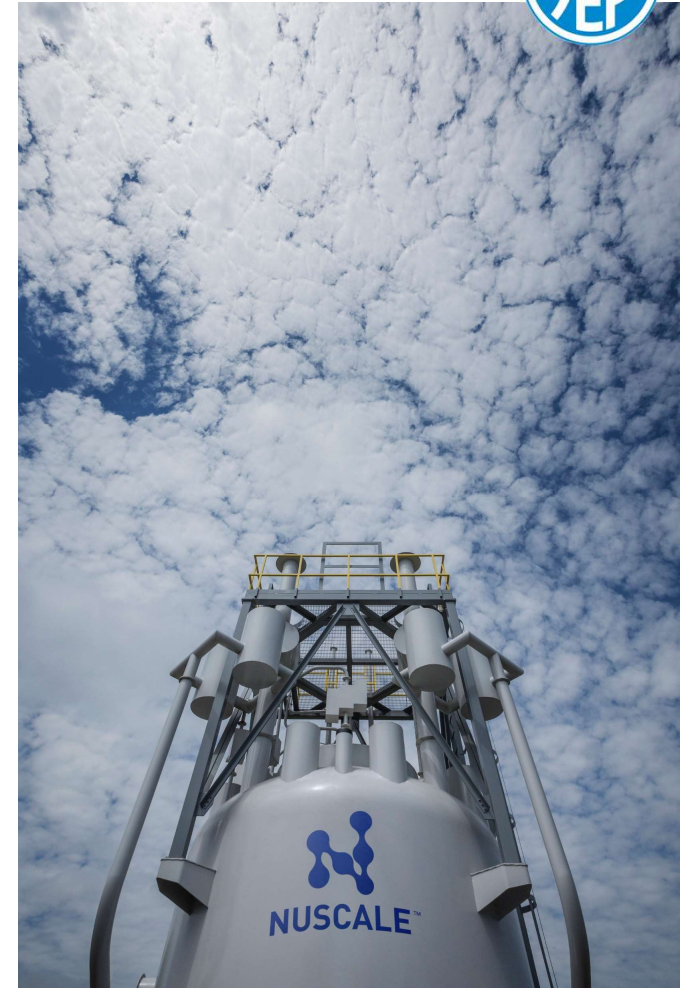
Źródło: Nuscale



KGHM
POLSKA MIEDŹ

REAKTORY SMR FIRMY NUSCALE (#1)

- NuScale - amerykański producent małych modułowych reaktorów jądrowych.
- Siedziba firmy znajduje się w Tigard w stanie Oregon w Stanach Zjednoczonych.
- Reaktor ciśnieniowy-wodny – **PWR** (ang. *Pressurized Water Reactor*).
- Moc elektryczna bloku jądrowego: **77 MWe** (brutto) lub około **73,5 MWe** (netto)
- Zajmuje zaledwie **1%** powierzchni zajmowanej przez konwencjonalny duży blok jądrowy.
- Zbiornik reaktora NuScale będzie miał 2,7 m średnicy i 20 m wysokości, masa 590 ton
- Moduły byłyby prefabrykowane, dostarczane na plac budowy koleją, transportem samochodowym lub drogą wodną (barki śródlądowe, statki morskie).
- Paliwo – uranowe o stopniu wzbogacenia **4,95%**.
- Operacja wymiany paliwa – co 2 lata.

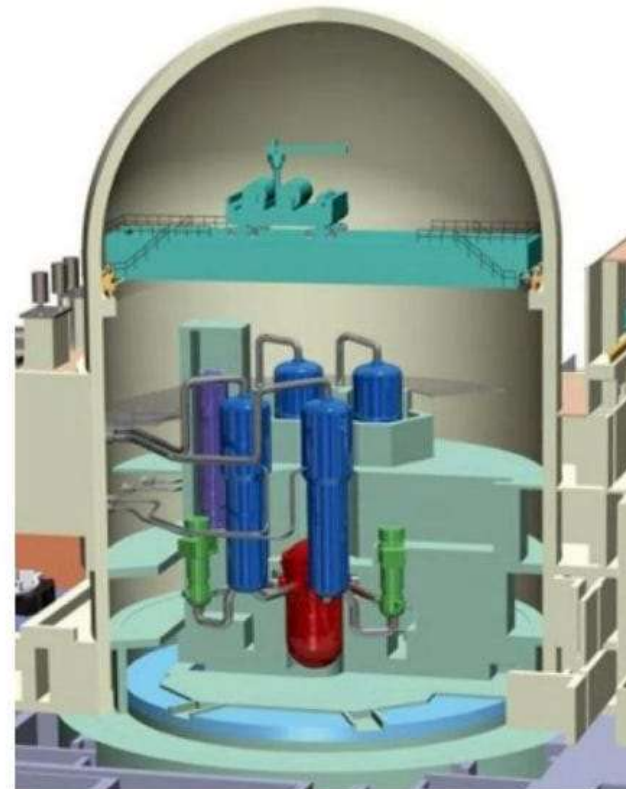


Źródło: Oregon State University

PORÓWNANIE ROZMIARÓW SMR NUSCALE I WSPÓŁCZESNEGO „DUŻEGO” REAKTORA ENERGETYCZNEGO

Typical Pressurized-Water Reactor

NuScale's combined
containment vessel
and reactor system



Źródło: US NRC

*Source: NRC

REAKTORY SMR FIRMY NUSCALE (#2)

- W listopadzie 2014 r. NuScale ogłosiło pierwszy SMR w USA zostanie zainstalowany w stanie Idaho. Elektrownia jest przeznaczona do projektu Free Power Project z firmą Utah Associated Municipal Power Systems. Firma przedłożyła projekt do Komisji Dozoru Jądrowego (Nuclear Regulatory Commission) w styczniu 2017 r., a jeśli zostanie on zatwierdzony, ma nadzieję ukończyć swoją pierwszą elektrownię w 2026 r.
- W styczniu 2018 r. NRC uzgodniła, że NuScale SMR nie wymaga zasilania rezerwowego.
- W sierpniu 2020 r. NRC wydała końcowe sprawozdanie z oceny bezpieczeństwa projektu małego reaktora modułowego NuScale, poświadczając, że projekt spełnia wymogi bezpieczeństwa NRC. NuScale planuje wystąpić o standardowe zatwierdzenie projektu w wersji 60-megawatowej w 2022 roku, co jeśli zostanie zaakceptowane, pozwoli firmie na kontynuowanie pierwszego wdrożenia reaktora w połowie lat 2020-tych.
- W listopadzie 2021 r. NuScale ogłosiło zamiar budowy wraz z Nuclearelectricą pierwszych reaktorów SMR poza Stanami Zjednoczonymi - w Rumunii do 2028 r.
- W lutym 2022 r. NuScale i koncern górniczy KGHM ogłosiły podpisanie umowy na budowę SMR w Polsce do 2029 r.
- W kwietniu 2022 roku koreańska firma Doosan Enerbility podpisała umowę z NuScale na rozpoczęcie produkcji komponentów do SMR. Doosan Enerbility rozpocznie produkcję na pełną skalę w swoim zakładzie w Changwon w Korei Południowej na module zasilania NuScale w drugiej połowie 2023 roku.



Źródło: US NRC

MODUŁ NUSCALE – TRANSPORT WODNY, ŚRÓDLĄDOWY



Źródło: Nuscale

MODUŁ NUSCALE – TRANSPORT DROGOWY



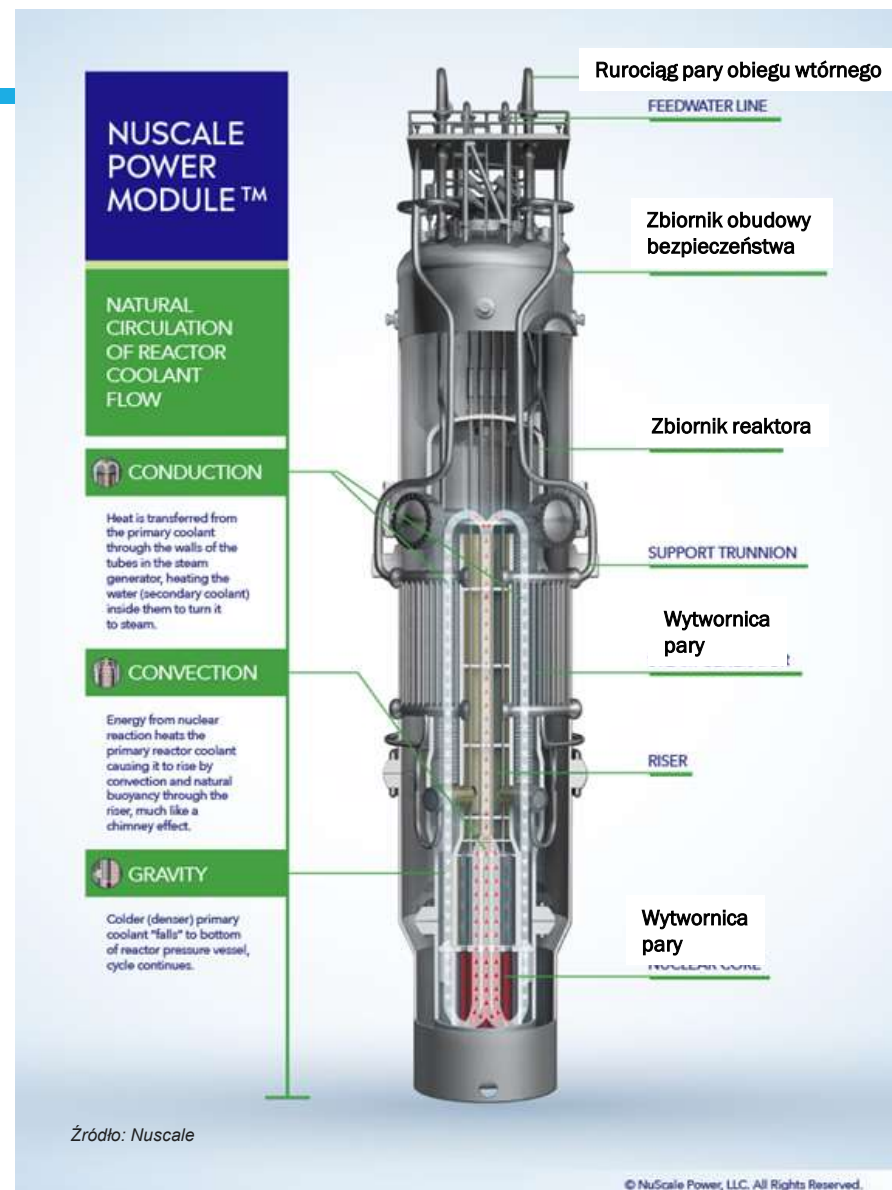
Źródło: Nuscale

INSTALACJA RÓWNOLEGŁA MODUŁÓW SMR NUSCALE **5 X 77 MW = 385 MW**



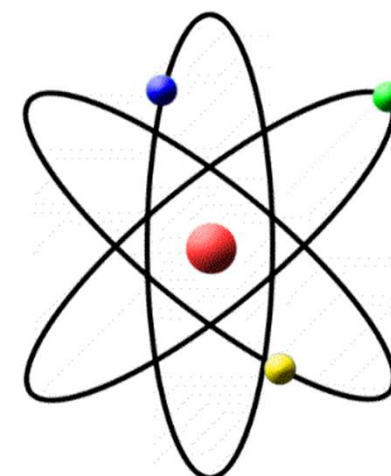
MODUŁ JĄDROWY NUSCALE SMR-A

- **NATURALNA CYRKULACJA CHŁODZIWA REAKTORA** (nie ma głównych pomp chłodzenia obiegu pierwotnego).
- **Przewodzenie ciepła** – ciepło jest oddawane z wody obiegu pierwotnego przez ścianki rurek grzejnych wytwornicy pary. Tu woda obiegu pierwotnego zamienia się w parę.
- **Konwekcja** – energia cieplna z reakcji jądrowej nagrzewa wodę pierwotnego obiegu chłodzenia powodując jej unoszenie się na skutek konwekcji i pływności – efekt kominowy.
- **Działanie grawitacyjne** - zimniejsze chłodziwo obiegu pierwotnego opada na dno zbiornika reaktora, cykl powtarza się.



WNIOSKI DOTYCZĄCE MAŁYCH REAKTORÓW MODUŁOWYCH

1. Małe reaktory modułowe w Polsce mają szansę odegrać znaczącą rolę na drodze do dekarbonizacji wytwarzania energii elektrycznej jako cenne uzupełnienie źródeł OZE i systemów magazynowania energii.
2. Zainteresowanie dużych firm i kapitału prywatnego rokuje wprowadzenie technologii SMR zarówno w energetyce przemysłowej jak i w energetyce zawodowej sprawniej i szybciej niż ma to miejsce w przypadku projektów, którym patronuje państwo.
3. Zastosowanie SMR może być kluczem dla samodzielności energetycznej przemysłu metalurgicznego, chemicznego, petrochemicznego i innych energochłonnych działów gospodarki narodowej.
4. Wprowadzenie elektrowni przemysłowych i zawodowych bazujących na SMR-ach wcale nie wyklucza budowy w Polsce dużych bloków jądrowych bazujących np. na technologiach AP1000 czy też APR-1400.
5. SMR-y pomóc mogą przełamać nieufność społeczną wobec energetyki jądrowej.
6. Przyszłościowym kierunkiem zastosowań SMR-ów w warunkach polskich jest kogeneracja.

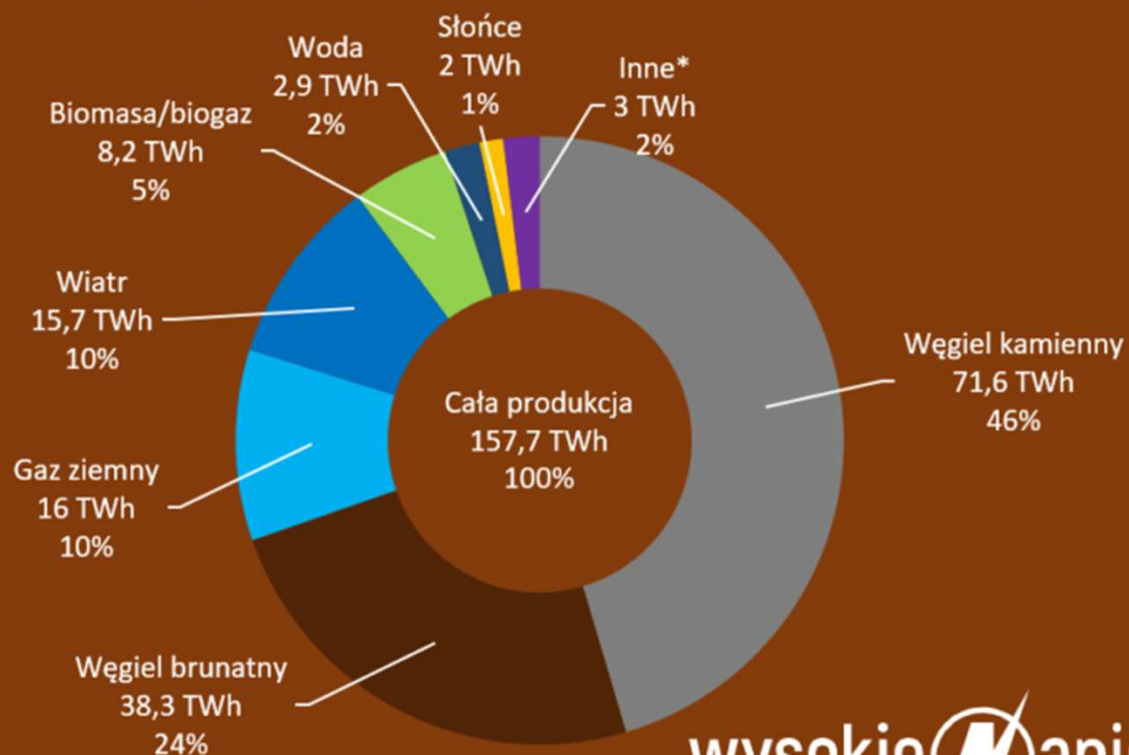


ENERGETYKA JĄDROWA W TRANSFORMACJI ENERGETYCZNEJ W POLSCE

- Obecny horyzont mocy elektrowni jądrowych w Polsce (optymistycznie-realistycznie?):
 - 3 bloki AP1000 EJ Lubiatowo-Kopalino: 3,75 GW
 - 2 bloki APR-1400 w Pątnowie: 2,8 GW
 - 7 bloków BWRX-300 (wg mapy lokalizacji): 2,1 GW
 - ...co dalej???

POLSKI MIKS ENERGETYCZNY - OBECNIE

Źródła energii elektrycznej w Polsce w 2020 roku



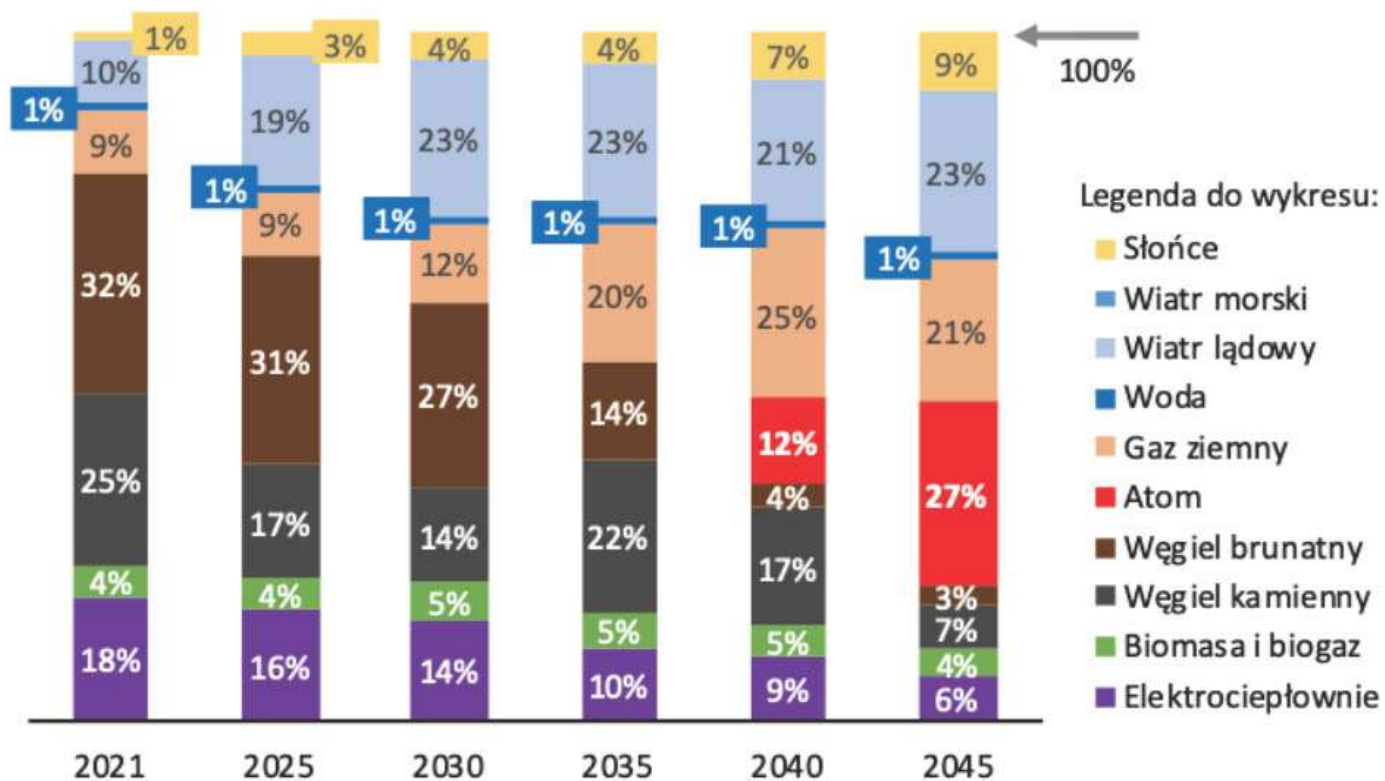
* Ropa, odpady i in.

Dane: ARE | Luty 2021

UDZIAŁ ŹRÓDEŁ W POLSKIM MIKSIE WYTWARZANIA ENERGII ELEKTRYCZNEJ

SCENARIUSZ I – WOLNA OPTIMALIZACJA)

ŹRÓDŁO: PPEJ (2020 R.)



3 FILARY POLSKIEJ POLITYKI ENERGETYCZNEJ DO 2040 R.

I filar



Sprawiedliwa transformacja

II filar



Zeroemisyjny system energetyczny

III filar



Dobra jakość powietrza

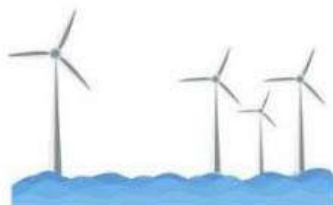


Źródło: PPEJ

II FILAR I ROLA ENERGETYKI JĄDROWEJ

II FILAR

Zeroemisyjny system energetyczny



MORSKA
ENERGETYKA
WIATROWA

Okolo 8-11 GW do 2040 r.

Nakłady inwestycyjne
około 130 mld PLN



ENERGETYKA
JĄDROWA

Okolo 6-9 GW

Nakłady inwestycyjne
około 150 mld PLN



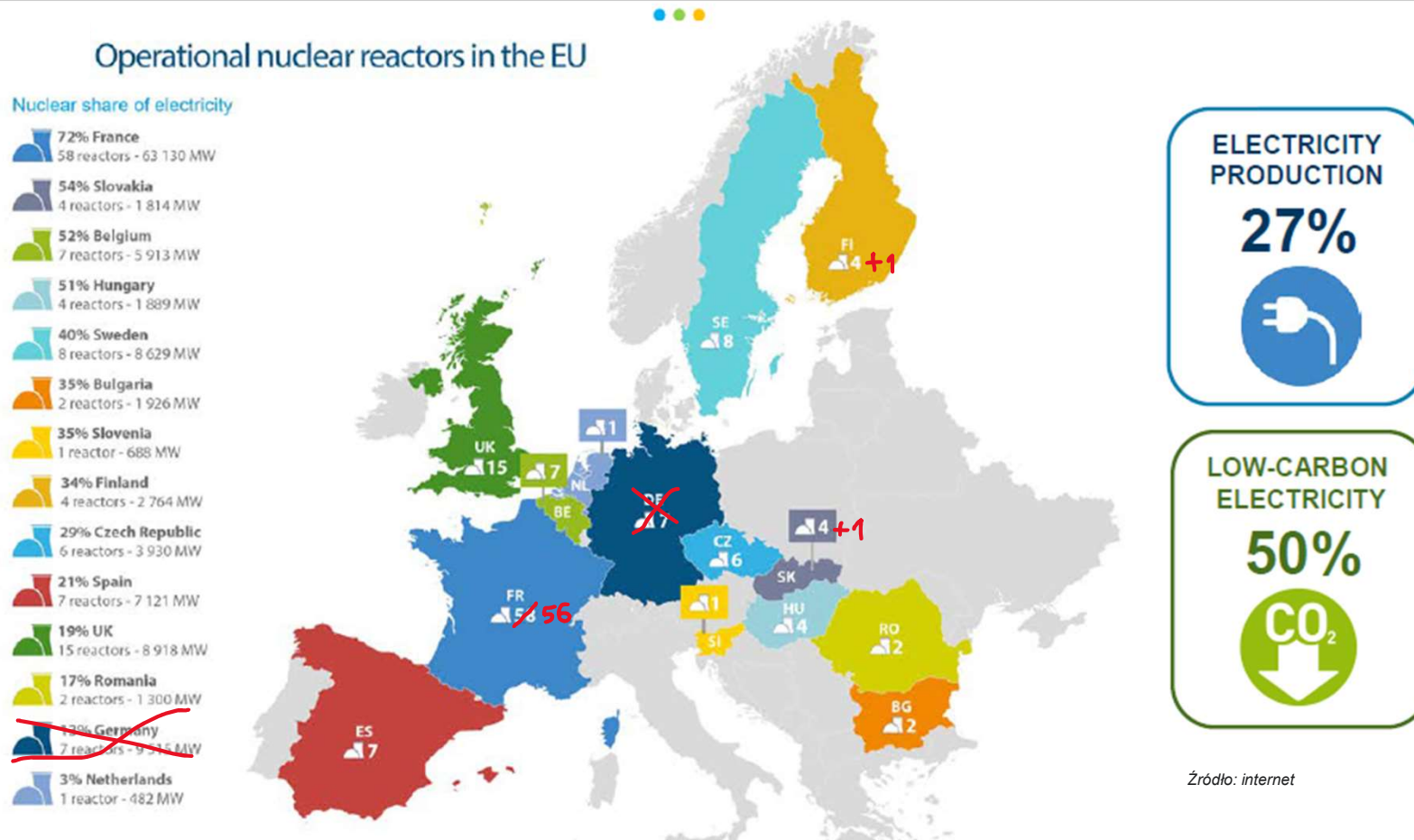
ENERGRTYKA LOKALNA
I OBYWATELSKA

Wzrost udziału odbiorców
aktywnie uczestniczących w rynku

300 obszarów zrównoważonych
energetycznie i 1 mln prosumentów
do 2030 r.

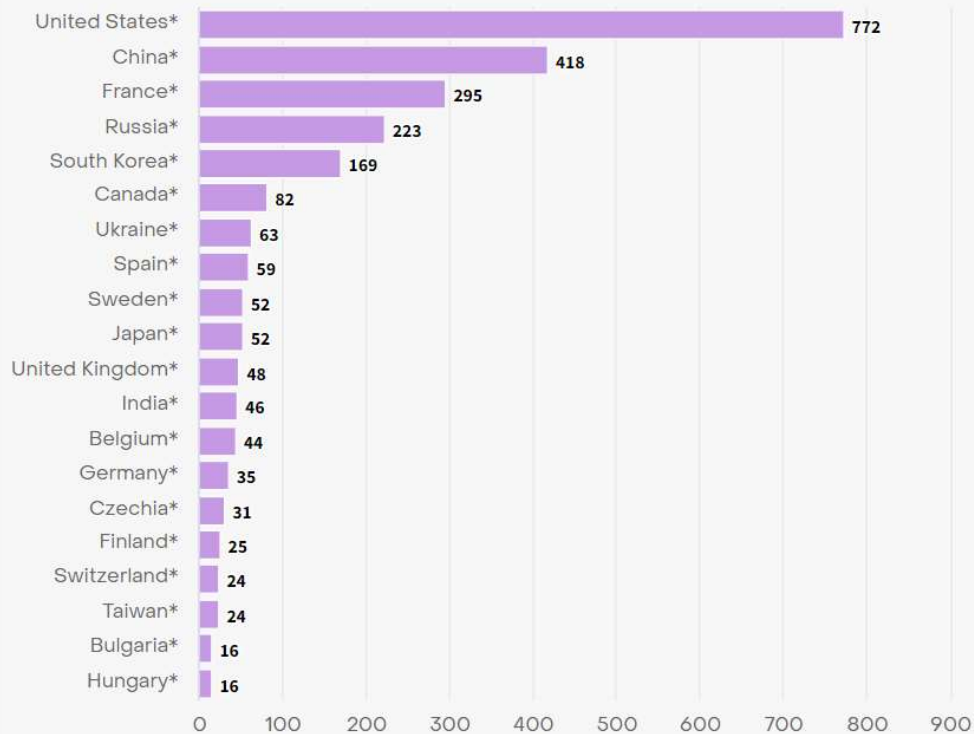
Źródło: PPEJ

STAN ENERGETYKI JĄDROWEJ W KRAJACH EUROPY

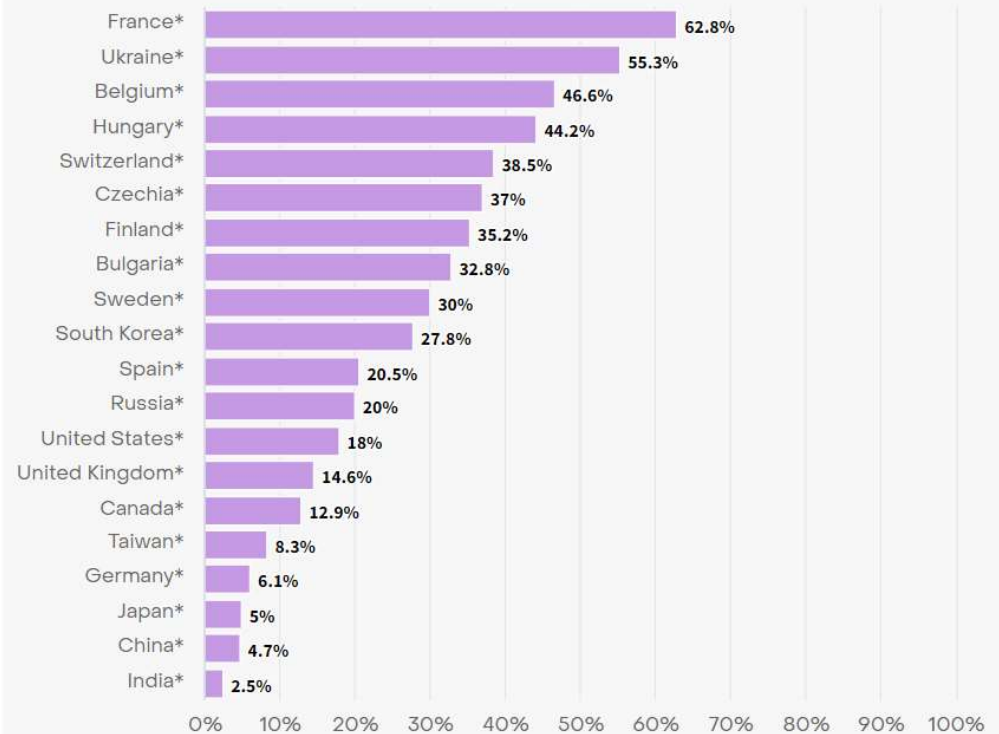


ILE ENERGII JĄDROWEJ W MIKSIE ENERGETYCZNYM?

Electricity generation (Terawatt hours)

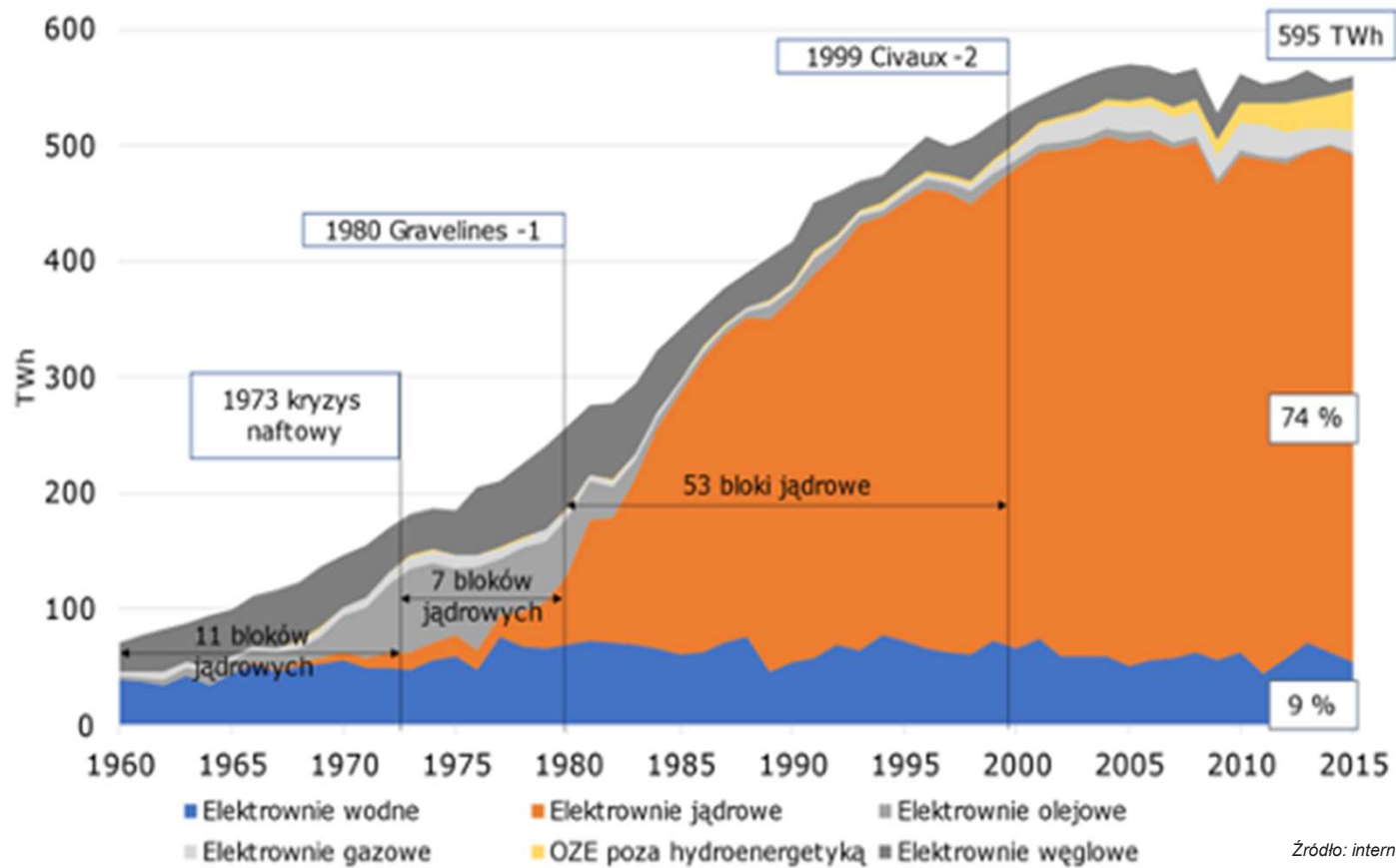


Share of total electricity production (%)



Źródło: internet

FRANCJA – DOMINUJĄCA ROLA ENERGETYKI JĄDROWEJ

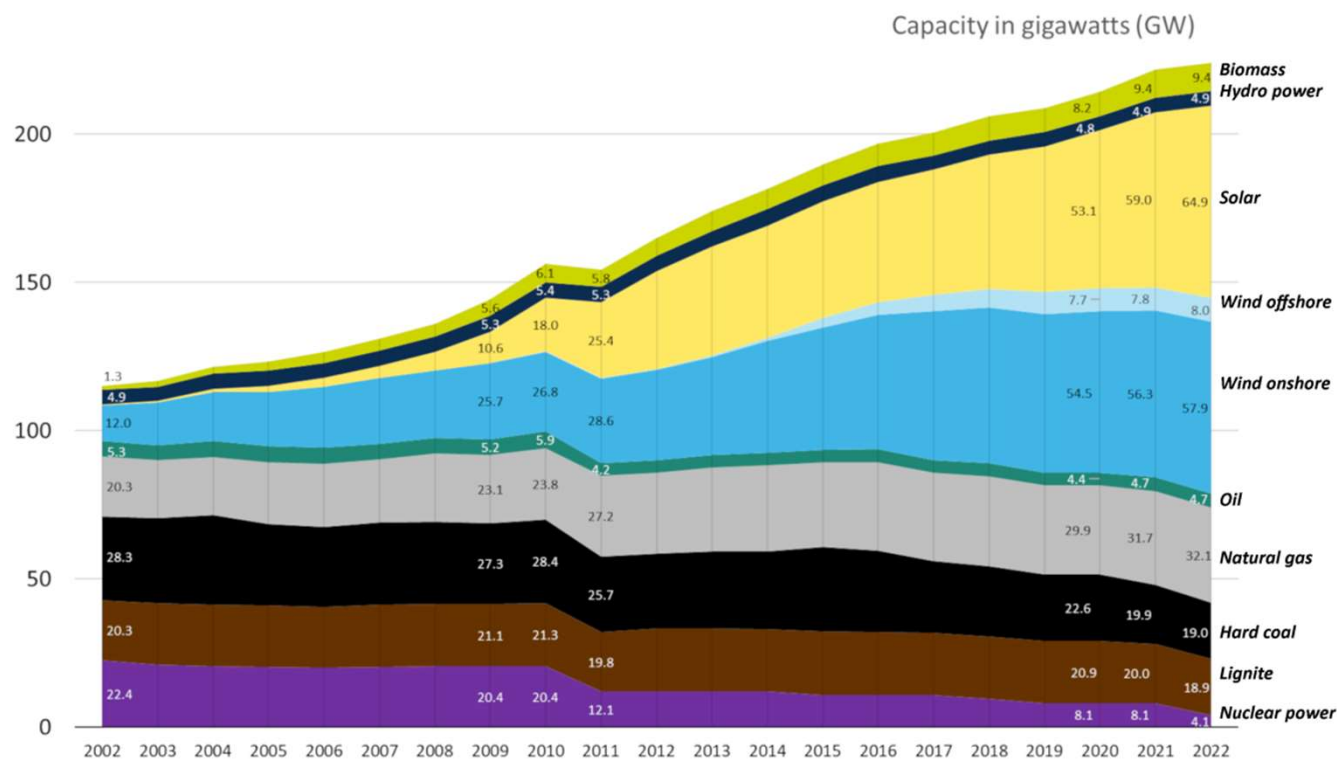


NIEMCY - ENERGIEWENDE

Installed net power generation capacity in Germany 2002 - 2022.

Data: Fraunhofer ISE 2022 (2022 status of 19 December).

CLEAN
ENERGY
WIRE



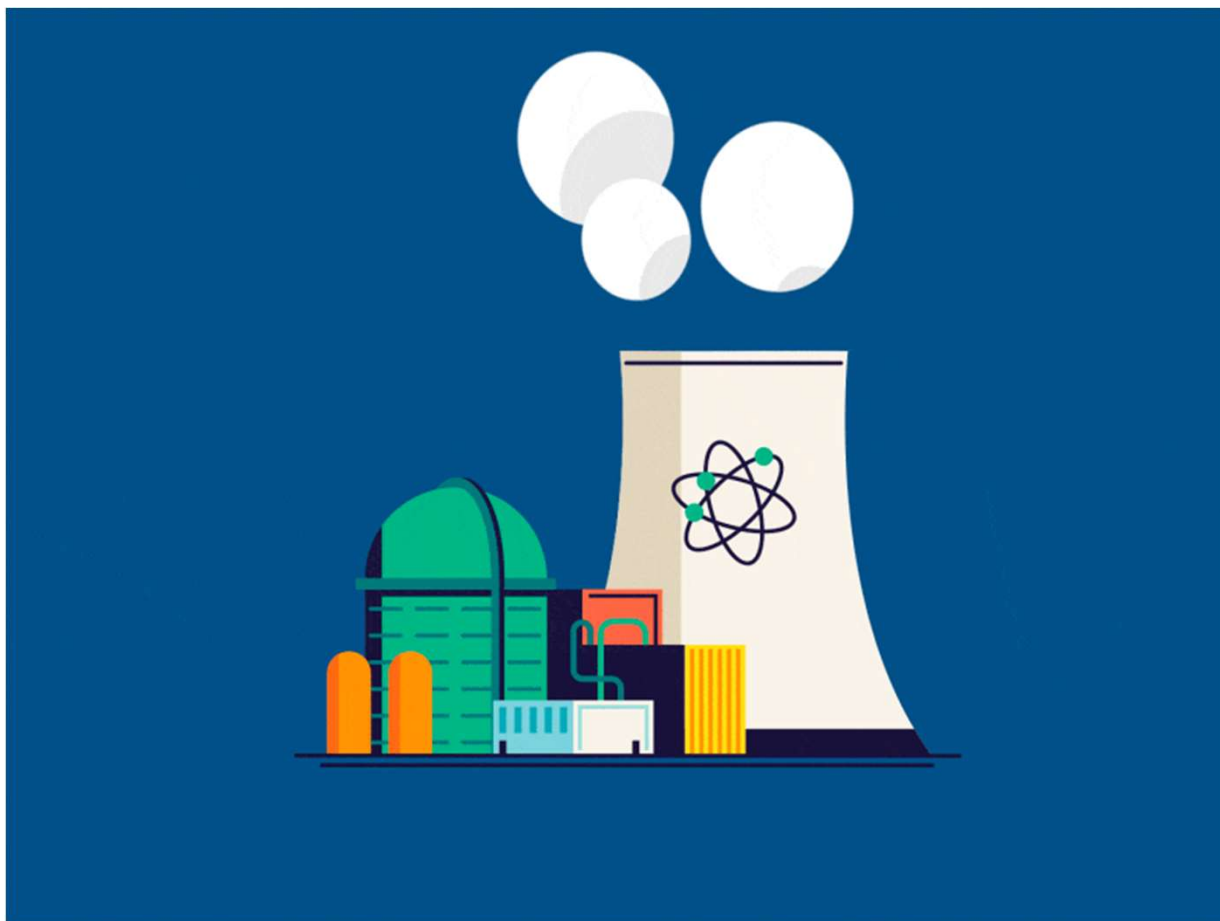
15 kwietnia 2023 r. :
wygaszenie ostatnich
trzech bloków jądrowych
w Niemczech

Źródło: internet

WNIOSKI KOŃCOWE

- Odejście od paliw kopalnych (poza uranem) jest koniecznością. Jednocześnie cywilizacyjnym wyzwaniem jest takie przeprowadzenie transformacji energetycznej, by zapewnić mieszkańcom stabilne i pewne dostawy energii elektrycznej po rozsądnych cenach.
- Energetyka jądrowa i odnawialne źródła energii to jedyne, realnie istniejące technologie, w oparciu o które można przeprowadzić dekarbonizację.
- Nie są wobec siebie konkurencyjne i dobrze uzupełniają się w systemie elektroenergetycznym, zastępując węgiel.
- Wobec problemów jakie wciąż sprawia technologia magazynowania energii rezygnacja z atomu oznacza w istocie spowolnienie transformacji energetycznej – konieczne będzie np. spalanie gazu ziemnego.

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ!



Źródło: internet