Pułaski Policy Papers
Komentarz Międzynarodowy Pułaskiego
ISSN 2080-8852 Warszawa, 11.03.2025 r.

Autor: Mikołaj Oettingen

Ponowne uruchamianie elektrowni jądrowych – nowy trend w energetyce jądrowej

Plany ponownego uruchomienia przewidzianych do rozbiórki elektrowni jądrowych zapoczątkowały nowy trend w amerykańskiej energetyce jądrowej. Sprawne techniczne elektrownie jądrowe o długim stażu pracy są oficjalnie wyłączane z eksploatacji, a następnie poddawane szerokiej analizie bezpieczeństwa oraz modernizacji w celu ich ponownego uruchomienia. Prace analityczne i modernizacyjne finansowane są częściowo kredytami zapewnianymi przez organy federalne, a gwarancjami powodzenia przedsięwzięcia są długoterminowe umowy na sprzedaż energii elektrycznej.

Studium przypadku

W czerwcu 2022 firma Holtec International kupiła zamkniętą elektrownię jądrową Palisades w stanie Michigan, w celu jej ostatecznej wyłączenia z eksploatacji i finalnej rozbiórki. Jednakże, we wrześniu tego samego roku firma ogłosiła plany ponownego uruchomienia elektrowni, a rok później podpisała umowę na długoterminowy odbiór energii elektrycznej z firmą Wolverine Power Cooperative.[1] Podobnie, 20 września 2024 firma Constellation Energy z Pensylwanii podpisała 20 letnią umowę z firmą Microsoft na sprzedaż energii elektrycznej z zamkniętej elektrowni jądrowej Three Mile Island-1 (TMI-1).[2]

> *Przestarzałe elektrownie są oficjalnie wyłączane z eksploatacji, a następnie modernizowane celem ponownego uruchomienia.*

Sam fakt podpisania obu umów nie byłby niczym nadzwyczajnym, gdyby energia będąca ich przedmiotem nie miała być dostarczana z elektrowni jądrowych permanentnie wyłączonych z eksploatacji, a planowanych do ponownego uruchomienia. W obu przypadkach proces ich ponownego uruchomienia został zainicjalizowany po zmianie właściciela elektrowni. W przypadku elektrowni Palisades nowym właścicielem została spółka Holtec zaangażowana w biznes rozbiórkowy, a w przypadku elektrowni

TMI-1 firma Constellation Energy, której poprzednim właścicielem do 2022 była firma Excellon.

Jedną z głównych motywacji do ponownego uruchomienia elektrowni jądrowych jest rosnące zapotrzebowanie na zero-emisyjne źródła energii elektrycznej w portfolio firm energetycznych, który to warunek spełniany jest przez energetykę jądrową. **Fakt ten ma również duże znaczenia dla Polski, ponieważ w czasach rosnących europejskich zobowiązań klimatycznych i potrzeby redukcji emisji,** energia jądrowa jest traktowana jako cenne zero-emisyjne uzupełnienie miksu energetycznego. Zero-emisyjna energia jądrowa jest pożądana przez duże korporacje ze względów marketingowo-wizerunkowych oraz klientów indywidualnych ze względów światopoglądowych.

Dodatkowo, produkcja elektryczności w elektrowni jądrowej nie jest uzależniona od warunków pogodowych a tym samym energetyka jądrowa gwarantuje wysoką niezawodność dostaw do odbiorców końcowych. W przypadku Microsoftu całkowita produkcja z elektrowni TMI-1 ma zasilać centra danych skupiające się na rozwoju sztucznej inteligencji oraz obliczeniach w chmurze, co wymaga ciągłej i niezwodnej dostawy energii elektrycznej. Kolejnym argumentem za ponownym uruchomieniem elektrowni jądrowych jest większa przewidywalność ceny energii elektrycznej zapewnianej w kontraktach długoterminowych, a tym samym jej mniejsza podatność na fluktuacje rynkowe związane z wykorzystaniem innych np. pogodo-zależnych źródeł energii. **Model finansowy ma nie tylko kluczowe znacznie dla ponownie uruchamianych elektrowni ale również pełni strategiczną rolę dla nowobudowanych elektrowni, co jest obecnie zauważalne w kontekście budowy pierwszej elektrowni jądrowej w Polsce.**

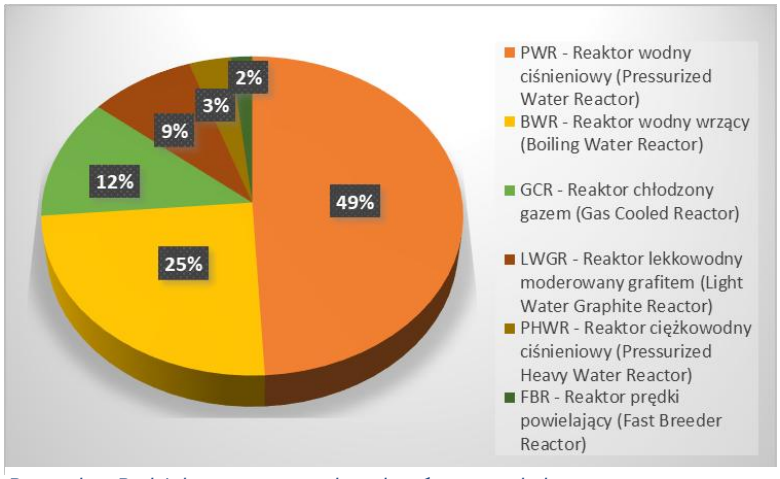
Z technologicznego punktu widzenia w obu elektrowniach były eksploatowane reaktory wodne ciśnieniowe uruchomione w latach 70-tych. Reaktor pracujący w elektrowni Palisades o mocy nominalnej brutto 850 MWel został dostarczony przez firmę Cambustion Engineering, z kolei reaktor pracujący w elektrowni TMI-1 o mocy nominalnej brutto 880 MWel przez firmę Babcock & Wilcox. Pierwsza z elektrowni rozpoczęła pracę w systemie elektroenergetycznym na początku roku 1972, a druga pod koniec 1974 roku. Elektrownie przepracowały odpowiednio 50 oraz 40 lat wytwarzając 232.35 TW.h oraz 245.12 TW.h energii elektrycznej. Elektrownia TMI-1 nie produkowała energii w latach 1980-1984 ze względu na komplikacje w jej ponownym uruchomieniu spowodowane kwestiami społeczno-administracyjnymi po awarii bliźniaczej jednostki Three Mile Island-

2. Powody wyłączenia obu elektrowni były związane ze względami ekonomicznymi, a nie technologicznymi. Dodatkowo w obu elektrowniach nie rozpoczęła się faza rozbiórki systemów kluczowych dla funkcjonowania elektrowni, przede wszystkim systemów wchodzących w skład wyspy jądrowej.

Obecnie planuje się ponowne uruchomienie elektrowni Palisades pod koniec roku 2025, a elektrowni TMI-1 w roku 2028.[34] Zakładając otrzymanie licencji operacyjnych na kolejne 20 lat elektrownia Palisades może pracować do 2051 roku (około 75 lat pracy), a elektrownia TMI-1 do 2054 roku (około 70 lat pracy). Warto zaznaczyć, że obecna licencja operacyjna dla elektrowni Palisades wygasa w roku 2031 a dla elektrowni TMI-1 w roku 2034. Przewidziany czas pracy nowobudowanych elektrowni jądrowych planowany jest na 60 lat, lecz niektóre starsze elektrownie posiadają już licencję operacyjną na 80 lat pracy, przykładowo jednostka trzecia (lipiec 2052) i czwarta (kwiecień 2053) elektrowni Turkey Point w Stanach Zjednoczonych, uruchomione odpowiednio w 1972 oraz 1973 roku.[5]

Potencjał globalny

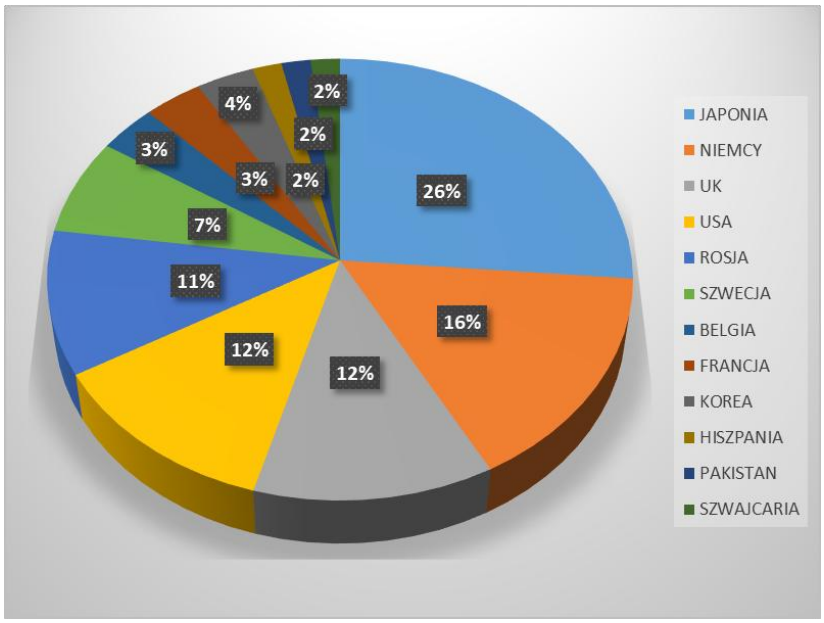
Obecnie wiele elektrowni jądrowych zbudowanych w latach 70-tych zostało już wyłączonych z eksploatacji, a niektóre z nich posiadają potencjał do ponownego uruchomienia po wymaganych analizach bezpieczeństwa, modernizacjach oraz ostatecznym wydaniu licencji operacyjnej przez organy dozoru jądrowego. Poniższa analiza przedstawia potencjalne jednostki mogące podlegać procesowi ponownego uruchomienia. W analizie wzięto pod uwagę jednocześnie jednostki uruchomione po 1970 roku, elektrownie wyłączone z eksploatacji po 2015 roku (do dziesięciu lat temu), oraz posiadające status „ostatecznego wyłączenia" zgodnie z danymi Międzynarodowej Agencji Energii



Rysunek 1. Podział rozpatrywanych reaktorów ze względu na typ

Atomowej.[6] Tabela 1. przedstawia wszystkie reaktory spełniające założone warunki.[*] Obecnie na świecie jest ich 57, najwięcej typu PWR – 28 oraz BWR – 14, co sumarycznie daje prawie 75% rozważanych reaktorów. Pozostałe 25% stanowią reaktory GCR, LWGR, PHWR oraz jeden reaktor FBR, co jest widoczne na Rys. 1.

Zgodnie z Rys. 2. krajem który posiada największy potencjał jednostek do ponownego uruchomienia jest Japonia z 15 reaktorami oraz Niemcy z 9 reaktorami.[7] W obu krajach ponowne uruchomienie jednostek nie jest przewidziane ze względu na uwarunkowania polityczne. Warto zaznaczyć, że w analizie nie zostały wzięte pod uwagę 19 reaktorów japońskie, które posiadają status „zawieszonej eksploatacji". Są to reaktory w miarę młode, podłączone do sieci energetycznej w przeważającej większości po roku 1985, a tym samym ich ponowne uruchomienie jest wyłącznie kwestią polityczną a nie technologiczną. Wprowadzenie statusu „zawieszona eksploatacja" również pośrednio sugeruje, że reaktory japońskie o statusie „ostatecznego wyłączenia" nie są przewidzenie do ponownego uruchomienia. Z kolei w Niemczech koalicja rządząca nie wspierała powrotu do atomu a dotychczasowe partie opozycyjne odnoszą się do tej idei z dystansem, mimo rozważania powrotu do atomu w programowych dokumentach politycznych.[8]



Rysunek 2. Podział rozpatrywanych reaktorów ze względu na kraj.

Wielka Brytania jak i Stany Zjednoczone posiadają po 7 jednostek klasyfikujących się do ponownego uruchomienia. Jednak w Wielkiej Brytanii zostały wyłączone reaktory typu GCR, których ponowne uruchomienie niej jest rozważane ze względu na wysokie zużycie technologiczne.[9] Stany Zjednoczone przewidują uruchomienie co najmniej dwóch jednostek, a nawet trzech biorąc pod uwagę jednostkę Duane Arnold-1. Firma NextEra Energy zapoczątkowała w styczniu 2025 roku proces administracyjny prowadzący

[*] Patrz: aneks; przyp. red.

do ponownego uruchomienia tej elektrowni, jednak terminy ponownego uruchomienia, jak i realny zakres prac potrzebny do niego, nie zostały jeszcze określone.[10] Pozostałe cztery amerykańskie jednostki są w zawansowanej fazie wyłączania z eksploatacji i nie planuje się ich ponownego uruchomienia. Warto wspomnieć, że trzy z nich (Pilgrim, Indian Point-2 i Indian Point-3) są demontowane przez firmę Holtec postulującą uruchomienie elektrowni Palisades, a czwarta (Fort Calhoun) przez firmę EnergySolutions.

W Rosji w rozpatrywanym czasie zostało wyłączone 6 reaktorów - pięć typu LWGR czyli RBMK oraz jeden typu PWR. Reaktory LWGR planuje się zastąpić nowym typem reaktorów PWR i nie są one planowane do ponownego uruchomienia o czym świadczy powstanie centrum technologicznego dedykowanego do rozwoju technologii ich wyłączania z eksploatacji.[11] Wyłączony reaktor PWR typu VVER-440 stanowiący jednostkę trzecią elektrowni Novovoronezh jest pierwszym z reaktorów projektu VVER-440, a tym samym osiągnął koniec swojej technologicznej eksploatacji.[12] Ponowne uruchomienie reaktorów w Rosji nie jest przewidziane ze względu na ich stan technologiczny i zawansowane prace w kierunku ich ostatecznej rozbiórki.

W Szwecji zostały wyłączne 4 reaktory – dwa w elektrowni Oskarshamn oraz dwa w elektrowni Ringhals. W elektrowni Oskarshamn prace rozbiórkowe są zawansowane co uniemożliwia ponowne uruchomienie reaktorów.[13] Jednak, jednostki w elektrowni Ringhals zostały wyłączone z powodów ekonomicznych, w momencie wyłączenia posiadały one ważne licencje operacyjne odpowiednio do 2025 i 2026 roku, a prace rozbiórkowe w tej elektrowni dopiero się zaczynają.[14] Powyższe uwarunkowania są podobne jak dla planowanych do ponownego uruchamianych jednostek amerykańskich, a tym samym świadczą o potencjalnej możliwości uruchomienia jednostek na wzór amerykański.

Belgijskie jednostki Doel-3 i Tihange-2 są obecnie w fazie post-wyłączeniowej a ich fizyczna rozbiórka się nie rozpoczęła, dlatego posiadają teoretyczny potencjał do ponownego uruchomienia. Ich wyłączenie dokładnie po 40 latach pracy było związane z polityką wyjścia z produkcji energii w elektrowniach jądrowych przez ówczesną koalicję rządzącą, a nie z czynnikami ekonomicznymi jak i technologicznymi. Obecny rząd Belgii wspiera rozwój energetyki jądrowej o czym świadczą prace nad przedłużeniem o 10 lat eksploatacji dwóch reaktorów pierwotnie przewidzianych do wyłączania - jednostki Doel-4 i Tihange-3.[15]

We Francji dwie jednostki elektrowni Fessenheim zostały permanentnie wyłączone z eksploatacji jako najstarsze wielkoskalowe reaktory PWR. Jednostki zlokalizowane są praktycznie na niemieckiej granicy, co wywoływało naciski niemieckich aktywistów do zamknięcia elektrowni, szczególnie po awarii elektrowni jądrowej Fukushima Daiichi. Obawy aktywistów były związane z potencjalną podatnością terenu na którym znajduje się elektrownia na ruchu sejsmiczne oraz z zalaniem elektrowni przez wody z pobliskiego Kanału Alzackiego i Renu.[16] Obecnie nie planuje się ponownego uruchomienia jednostek Fessenheim.

W Korei Południowej nie przewiduje się ponownego uruchomienia reaktorów Kori-1 oraz Wolsong-1.[17][18] Jednak rozbiórka obu jednostek jeszcze się nie rozpoczęła i teoretycznie mogły by być one ponownie uruchomione. Biorąc jednak pod uwagę, że są to najstarsze jednostki w Korei, oraz budowę nowych jednostek PWR (Saeul 3-4), jak i planowane wydłużenie eksploatacji jednostek PHWR w elektrowni Wolsong (jednostki 2-4) uruchomienie obu reaktorów wydaje się mało prawdopodobne.

Hiszpańska elektrownia Santa Maria de Garona jest w pierwszej fazie rozbiórkowej skupiającej się na zagospodarowaniu zużytego paliwa, dekontaminacji komponentów obiegu pierwotnego, oraz rozbiórce elementów hali turbin.[19] Elektrownia została wyłączona w 2013 roku ze statusem „zawieszonej eksploatacji" i dopiero w 2017 roku otrzymała status „ostatecznego wyłączenia", więc nie jest ona eksploatowana od około 12 lat, a tym samym jej ponowne uruchomienie nie jest przewidziane.

Pakistańska elektrownia KANUPP (KArachi NUclear Power Plant) została wyłączona częściowo w 2002, a od 2013 pracowała na zmniejszonej mocy aby zostać ostatecznie wyłączona w roku 2021.[20] Nie jest ona przewidziana do ponownego uruchomienia.

Szwajcarska elektrownia Mühleberg jest w zaawansowanej fazie rozbiórki więc jej uruchomienie nie jest przewidziane.[21]

Wnioski i rekomendacje

1) Obecnie jedynie trzy amerykańskie jednostki (Palisades, Three Mile Island-1 oraz Duane Arnold-1) posiadają realny potencjał do ponownego uruchomienia, na co wskazują podjęte prace modernizacyjne i administracyjne przez operatorów elektrowni.

2) Przykład amerykański pokazuje na konkretne warunki które muszą być spełnione dla ponownego uruchomienia elektrowni jądrowych tzn. dobry stan techniczny elektrowni, poparcie polityczno-administracyjne dla ponownego uruchomienia, zmiana właściciela elektrowni oraz długoterminowa gwarancja sprzedaży energii.
3) Największy teoretyczny potencjał do ponownego uruchomienia jednostek posiadają Japonia i Niemcy, jednak ze względów politycznych ponowne uruchomienie reaktorów w tych krajach jest mało prawdopodobne, z wyłączeniem reaktorów japońskich o statusie „zawieszonej eksploatacji".
4) W kontekście spełnienia kryteriów ponownego uruchomienia, cztery jednostki europejskie posiadają podobne uwarunkowania jak przewidziane do uruchomienia jednostki amerykańskie – Ringhals-1, Ringhals-2, Doel-3 i Tihange-2. Jednak ani Szwecja ani Belgia obecnie nie planują rozpoczęcia prac związanych z ich ponownym uruchomieniem, mimo pozytywnej postawy obecnych koalicji rządzących do energii atomowej.
5) Ponowne uruchamianie elektrowni jądrowych będących całkowicie wyłączonych z eksploatacji nie jest procesem masowym gdyż liczba jednostek spełniających kryteria do ponownego uruchomienia pod względem technologicznym, politycznym jak i ekonomicznym jest niewielka.
6) Należy rozważyć ciągłą modernizację reaktorów jądrowych podczas planowanych przestojów operacyjnych tak aby wdrożyć płynne przedłużenie licencji operacyjnej nawet poza całkowity planowany czas eksploatacji jednostki, a nie wyłączanie jednostek a później ich ponowne uruchamianie, **co wymaga politycznego poparcia strategii wydłużenia życia istniejących elektrowni jądrowych, szczególnie w Europie.**
7) Analiza wskazuje, że tylko reaktory typu lekkowodnego (PWR i BWR) posiadają realny potencjał do ponownego uruchomienia. Całkowite wyłącznie z eksploatacji rosyjskich reaktorów LWGR (RMBK) jest pożądane ze względu ich niższe standardy bezpieczeństwa w porównaniu z reaktorami typu PWR oraz BWR.
8) Rozważając wyłączanie z eksploatacji oraz całkowitą rozbiórkę elektrowni jądrowych należy zwrócić uwagę na ponowne wykorzystanie lokalizacji do budowy reaktorów nowego typu lub innej infrastruktury energetycznej, co jest procesem łatwiejszym administracyjnie w lokalizacjach uważnych za „jądrowe".
9) Z punktu widzenia demontażu systemów elektrowni jądrowych, część ich sprawnego wyposażenia może posłużyć jako części zamienne do innych jednostek tego samego typu w celu wydłużenia ich czasu eksploatacji.

10) **Jednym z kryteriów ponownego uruchomienia elektrowni jądrowych jak i budowy nowych elektrowni są stabilne ramy prawne oraz polityczne w zakresie energetyki jądrowej, które pozwalają na efektywne regulacje podczas wszystkich faz życia obiektu jądrowego – budowy, eksploatacji oraz rozbiórki.**

Założona w 2005 roku Fundacja im. Kazimierza Pułaskiego jest niezależnym, bezstronnym polskim think tankiem non-profit, prowadzącym badania nad różnymi aspektami bezpieczeństwa europejskiego i transatlantyckiego, ze szczególnym uwzględnieniem Europy Środkowo-Wschodniej. Fundacja zrzesza kilkudziesięciu międzynarodowych ekspertów z różnych dziedzin (polityka zagraniczna, obronność, energetyka, odporność demokratyczna) i publikuje analizy opisujące i wyjaśniające wydarzenia międzynarodowe, identyfikujące trendy w europejskim i transatlantyckim środowisku bezpieczeństwa oraz rekomendujące rozwiązania dla decydentów rządowych i sektora prywatnego. Fundacja im. Kazimierza Pułaskiego jest także pomysłodawcą i głównym organizatorem konferencji Warsaw Security Forum, która od 2014 roku corocznie gromadzi ponad 2000 interesariuszy z ponad 60 krajów w celu wypracowywania wspólnych odpowiedzi na wyzwania bezpieczeństwa transatlantyckiego. Co roku Fundacja przyznaje także nagrodę „Rycerza Wolności" wybitnym osobistościom, które przyczyniają się do promocji wartości generała Kazimierza Pułaskiego, takich jak wolność, sprawiedliwość i demokracja. Jest także siedzibą polskiego oddziału sieci Women in International Security. Fundacja Kazimierza Pułaskiego znalazła się na pierwszym miejscu wśród polskich Think Tanków zajmujących się obronnością i bezpieczeństwem narodowym według raportu „Global Go To Think Tank Index" odpowiednio w latach 2018, 2019 i 2020. Fundacja posiada także status organizacji partnerskiej Rady Europy. www.pulaski.pl

www.pulaski.pl

Aneks

LP	TYP REAKTORA	JEDNOSTKA	ROK PODŁĄCZENIA	ROK WYŁĄCZENIA	KRAJ
1	BWR	FUKUSHIMA-DAINI-1	1981	2019	JAPONIA
2	BWR	FUKUSHIMA-DAINI-2	1983	2019	
3	BWR	FUKUSHIMA-DAINI-3	1984	2019	
4	BWR	FUKUSHIMA-DAINI-4	1986	2019	
5	PWR	GENKAI-1	1975	2015	
6	PWR	GENKAI-2	1980	2019	
7	PWR	IKATA-1	1977	2016	
8	PWR	IKATA-2	1981	2018	
9	PWR	MIHAMA-1	1970	2015	
10	PWR	MIHAMA-2	1972	2015	
11	FBR	MONJU	1995	2017	
12	PWR	OHI-1	1977	2018	
13	PWR	OHI-2	1978	2018	
14	BWR	ONAGAWA-1	1983	2018	
15	BWR	SHIMANE-1	1973	2015	
16	PWR	BROKDORF	1986	2021	NIEMCY
17	PWR	EMSLAND	1988	2023	
18	PWR	GRAFENRHEINFELD	1981	2015	
19	PWR	GROHNDE	1984	2021	
20	BWR	GUNDREMMINGEN-B	1984	2017	
21	BWR	GUNDREMMINGEN-C	1984	2021	
22	PWR	ISAR-2	1988	2023	
23	PWR	NECKARWESTHEIM-2	1989	2023	
24	PWR	PHILIPPSBURG-2	1984	2019	
25	GCR	DUNGENESS B-1	1983	2021	UK
26	GCR	DUNGENESS B-2	1985	2021	
27	GCR	HINKLEY POINT B-1	1976	2022	
28	GCR	HINKLEY POINT B-2	1976	2022	
29	GCR	HUNTERSTON B-1	1976	2021	
30	GCR	HUNTERSTON B-2	1977	2022	
31	GCR	WYLFA-1	1971	2015	
32	BWR	DUANE ARNOLD-1	1974	2020	USA
33	PWR	PALISADES	1971	2022	
34	PWR	THREE MILE ISLAND-1	1974	2019	
35	PWR	FORT CALHOUN-1	1973	2016	
36	PWR	INDIAN POINT-2	1973	2020	
37	PWR	INDIAN POINT-3	1976	2021	
38	PWR	PILGRIM-1	1972	2019	
39	LWGR	BILIBINO-1	1974	2019	ROSJA
40	LWGR	KURSK-1	1976	2021	
41	LWGR	KURSK-2	1979	2024	

42	LWGR	LENINGRAD-1	1973	2018	
43	LWGR	LENINGRAD-2	1975	2020	
44	PWR	NOVOVORONEZH-3	1971	2016	
45	BWR	OSKARSHAMN-1	1971	2017	SZWECJA
46	BWR	OSKARSHAMN-2	1974	2016	
47	BWR	RINGHALS-1	1974	2020	
48	PWR	RINGHALS-2	1974	2019	
49	PWR	DOEL-3	1982	2022	BELGIA
50	PWR	TIHANGE-2	1982	2023	
51	PWR	FESSENHEIM-1	1977	2020	FRANCJA
52	PWR	FESSENHEIM-2	1977	2020	
53	PWR	KORI-1	1977	2017	KOREA
54	PHWR	WOLSONG-1	1982	2019	
55	BWR	SANTA MARIA DE GARONA	1971	2017	HISZPANIA
56	PHWR	KANUPP-1	1971	2021	PAKISTAN
57	BWR	MÜHLEBERG	1971	2019	SZWAJCARIA

[1] Wolverine Power Cooperative, https://www.wolverinepowercooperative.com/palisades/

[2] Reuters, Microsoft deal propels Three Mile Island restart, with key permits still neededhttps://www.reuters.com/markets/deals/constellation-inks-power-supply-deal-with-microsoft-2024-09-20/

[3] World Nuclear News, Palisades on schedule for repowering, NRC considers restart regulations, https://www.world-nuclear-news.org/articles/palisades-on-schedule-for-repowering-nrc-considers-restart-regulations

[4] Metro Philadelphia, Three Mile Island could reopen in 2028. What does that mean for Pennsylvanians?, https://metrophiladelphia.com/three-mile-island-reopening/

[5] NucNet, US Regulator Upholds License Renewals For Two-Unit Nuclear Station, https://www.nucnet.org/news/us-regulator-upholds-license-renewals-for-two-unit-nuclear-station-9-4-2024

[6] International Atomic Energy Agency, The Power Reactor Information System, https://pris.iaea.org/pris/

[7] The Nippon Communications Foundation, Japan's Nuclear Power Plants in 2023, https://www.nippon.com/en/japan-data/h01752/

[8] Clean Energy Wire, Nuclear plant operator rejects ideas to restart Germany's reactors on economical grounds, https://www.cleanenergywire.org/news/nuclear-plant-operator-rejects-ideas-restart-germanys-reactors-economical-grounds

[9] NS Energy, AGR reactors: Examining decommissioning costs of UK fleet, https://www.nsenergybusiness.com/analysis/agr-decommissioning-nao-review-government-arrangements/?cf-view&cf-closed

[10] World Nuclear News, NextEra initiates regulatory process to restart Duane Arnold, https://www.world-nuclear-news.org/articles/nextera-initiates-regulatory-process-to-restart-duane-arnold

[11] World Nuclear News, Russia establishes RBMK decommissioning technology centre, https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Russia-establishes-RBMK-decommissioning-technology

[12] Nuclear Engineering International, Russia permanently closes Novovoronezh 3, https://www.neimagazine.com/news/russia-permanently-closes-novovoronezh-3-5709099/
[13] World Nuclear News, Dismantling of Swedish reactors reaches milestone, https://www.world-nuclear-news.org/articles/dismantling-of-swedish-reactors-reaches-milestone
[14] Nuclear Engineering International, Nuvia contracted to dismantle Ringhals 1&2, https://www.neimagazine.com/news/nuvia-contracted-to-dismantle-ringhals-12-11494065/
[15] World Nuclear News, Belgian government seeks to reverse nuclear phase-out policy, https://www.world-nuclear-news.org/articles/belgian-government-seeks-to-reverse-nuclear-phase-out-policy
[16] The British Broadcasting Corporation, France's oldest nuclear plant Fessenheim shuts down, https://www.bbc.com/news/world-europe-53233385
[17] World-Energy, Korea's First Commercial Nuclear Reactor Kori-1 Prepares for Dismantlement, https://www.world-energy.org/article/42081.html
[18] World Nuclear News, KHNP, Candu Energy to cooperate in decommissioning, https://www.world-nuclear-news.org/Articles/KHNP,-Candu-Energy-to-cooperate-in-decommissioning
[19] Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, Dismantling of the Santa María de Garoña Nuclear Power Plant, https://www.enresa.es/eng/index/activities-and-projects/dismantling-and-environmental-restoration/dismantling-of-the-santa-maria-de-garona-nuclear-power-plant
[20] Power Technology, Karachi nuclear power plant (KANUPP) expansion, https://www.power-technology.com/projects/karachi-nuclear-power-plant-expansion/?cf-view
[21] Bernische Kraftwerke, The decommissioning of Mühleberg Nuclear Power Plant, https://www.bkw.ch/en/energy/energy-generation/decommissioning-of-the-muehleberg-nuclear-power-plant