**Materiał informacyjny**  
opracowany przez Departament Energii Jądrowej  
Ministerstwa Klimatu i Środowiska

*Styczeń 2021*

**Energetyka jądrowa na świecie**

***Na świecie działa obecnie 438 energetycznych reaktorów jądrowych w 32 krajach[[1]](#footnote-1). W ostatnich dwóch latach liczba ta pozostawała prawie na niezmienionym poziomie. W budowie znajduje się kolejnych 55 bloków energetycznych, a około 100 jest planowanych.***

***Światowe zdolności do produkcji energii elektrycznej w siłowniach jądrowych nieznacznie rosną, ponieważ do sieci są włączane większe reaktory, a wycofuje się jednostki o mniejszej mocy. Ponadto modernizacje i ulepszenia niektórych istniejących reaktorów również zwiększyły światową moc elektrowni jądrowych, która wynosi obecnie 389,70 GWe.***

***Stale rośnie produkcja energii elektrycznej w elektrowniach jądrowych, a ilość wytworzonego w nich prądu w roku 2020 wyniosła 2553,21 TWh.***

***Udział energetyki jądrowej w światowym bilansie energetycznym od pięciu lat utrzymuje się na podobnym poziomie i w roku 2020 wyniósł 10,2%.***

**I. Reaktory jądrowe na świecie**

Energetyka jądrowa jest dobrze rozwinięta lub rozpoczyna się jej wdrażanie w 35 państwach. W grudniu 2021 r. **czynnych było 438 energetycznych reaktorów jądrowych o całkowitej mocy 389,19 GWe** (nakoniec 2020 roku było to odpowiednio 442 reaktory o mocy 392,61 GWe). Oprócz reaktorów energetycznych na świecie eksploatowane są obecnie **222 reaktory badawcze** przeznaczone do prowadzenia prac naukowo-badawczych, do celów dydaktycznych i szkolenia personelu oraz wytwarzania izotopów promieniotwórczych.

|  | Liczba czynnych reaktorów | Moc zainstalowana netto [GWe] | Produkcja energii [TWh] | Udział [%] |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 2000 | 435 | 349,98 | 2443,85 |  |
| 2001 | 438 | 352,72 | 2511,09 |  |
| 2002 | 439 | 357,48 | 2553,18 |  |
| 2003 | 437 | 359,83 | 2504,78 |  |
| 2004 | 438 | 364,67 | 2616,24 |  |
| 2005 | 441 | 368,12 | 2626,34 | 16 |
| 2006 | 435 | 369,58 | 2660,85 | 16 |
| 2007 | 439 | 371,71 | 2608,18 | 15 |
| 2008 | 438 | 371,56 | 2597,81 | 15 |
| 2009 | 437 | 370,70 | 2558,06 | 14 |
| 2010 | 441 | 375,28 | 2629,82 | 13,8 |
| 2011 | 435 | 368,92 | 2517,98 | 13,5 |
| 2012 | 437 | 373,24 | 2346,19 | 11 |
| 2013 | 434 | 371,78 | 2358,86 | 11 |
| 2014 | 438 | 376,26 | 2410,37 | 11 |
| 2015 | 441 | 382,81 | 2441,34 | 11,5 |
| 2016 | 447 | 390,49 | 2477,30 | 10,6 |
| 2017 | 448 | 391,72 | 2502,82 | 10,3 |
| 2018 | 450 | 396,62 | 2562,76 | 10,3 |
| 2019 | 443 | 392,10 | 2657,16 | 10,1 |
| 2020 | 442 | 392,61 | 2553,21 | 10,2 |
| 2021 | 438 | 389,19 |  |  |
| 2022 | 438 | 389,70 |  |  |

**Tab.1. Liczba i moc reaktorów energetycznych oraz produkcja i udział energetyki jądrowej w wytwarzaniu energii elektrycznej na świecie w latach 2000-2022 [wg. MAEA]**

**Rys. 1. Zmiany liczby i mocy czynnych reaktorów energetycznych na świecie [wg. MAEA]**

**Rys. 2. Rozmieszczenie, liczba i moc czynnych reaktorów energetycznych na świecie [wg. MAEA]**

Światowa moc wytwórcza energetyki jądrowej od kilkunastu lat utrzymuje się w przedziale 360-395 GWe, a w latach 2012-18, po okresie spadku związanego z awarią jądrową w Fukushimie i wyłączeniami reaktorów na skutek zmiany polityki energetycznej kilku państw, obserwowano stały niewielki wzrost, natomiast w ciągu ostatnich 4 lat występuje tendencja spadkowa zarówno liczby jak i mocy reaktorów energetycznych. Największą flotą reaktorów jądrowych dysponują obecnie Stany Zjednoczone, które eksploatują 93 energetyczne reaktory jadrowe o sumarycznej mocy 95,523 GWe. Kolejne dziewięć państw (Francja, Chiny, Rosja, Japonia, Korea, Indie, Kanada, Ukraina i UK) posiadają liczbę reaktorów mieszczącą się w przedziale 10-56. Pozostałe kraje eksploatują mniej niż 10 reaktorów.

Moce wytwórcze energetycznych blokow jądrowych zawierają się w przedziale od 600 (z reaktorami PHWR) do 1600 MWe (z reaktorami PWR). Występują jeszcze najstarsze jednostki o mocach 200-440 MWe. Współcześnie budowane reaktory energetyczne mają moce od 1 do 1,6 GWe.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Lp | Elektrownia | Liczba  reaktorów | Typ  reaktorów | Moc (netto) [MWe] | Lokalizacja | Właściciel |
| 1 | **Kashiwazaki-Kariwa** | 7 | BWR | 7965 | Japonia | Tokyo Electric Power Co. (TEPCO) |
| 2 | **Bruce** | 8 | PHWR | 6358 | Kanada | Ontario Power Generation (OPG) |
| 3 | **Tianwan** | 6 | PWR | 6070 | Chiny | Jiangsu Nuclear Power  Corporation |
| 4 | **Yangjiang** | 6 | PWR | 6000 | Chiny | China Guangdong Nuclear Power Company (CGNPC) |
| 5 | **Hanbit** | 6 | PWR | 5924 | Korea Płd | Korea Hydro and Nuclear Power Co. (KHNP) |
| 6 | **Hanul** | 6 | PWR | 5924 | Korea Płd | Korea Hydro and Nuclear Power Co. (KHNP) |
| 7 | **Zaporoże** | 6 | PWR | 5700 | Ukraina | Energoatom |
| 8 | **Gravelines** | 6 | PWR | 5460 | Francja | EDF |
| 9 | **Paluel** | 4 | PWR | 5320 | Francja | EDF |
| 10 | **Hongyanhe** | 5 | PWR | 5305 | Chiny | Liaoning Hongyanhe  Nuclear Power Co. Ltd. (LHNPC) |

**Tab.2. Wykaz największych elektrowni jądrowych na świecie pod względem mocy zainstalowanej [wg. MAEA]**

Wśród eksploatowanych obecnie reaktorów energetycznych zdecydowanie dominują **reaktory lekkowodne,** które stanowią **83%** światowej floty. Są to w większości reaktory ciśnieniowe typu **PWR** (69%) lub z wodą wrzącą typu **BWR** (14%). Pozostałe 17% stanowią reaktory ciężkowodne (PHWR), gazowe (GCR), grafitowe (LWGR), prędkie (FBR) oraz wysokotemperaturowe gazowe (HTGR).

**Rys. 3. Udział różnych typów reaktorów energetycznych eksploatowanych na świecie [wg. MAEA]**

Większość reaktorów pracujących obecnie oddawano do użytku w latach 1975-1990. Należą one do II i III generacji i projektowane były na 40 lat pracy. Dziś prawie połowa z nich (209) przekroczyła okres 36 lat eksploatacji. Państwa posiadające przemysł jądrowy prowadzą politykę przedłużania dopuszczalnego okresu eksploatacji reaktorów (*long-term operation*, LTO) o 10-20 lat (do 50-60 lat). W USA pierwsze reaktory dostały już zgodę na pracę do 80 lat. Pozwoli to odsunąć w czasie decyzję o budowie nowych reaktorów, które powinny zastąpić starzejącą się flotę.

Niektóre kraje wyłączają reaktory przed upływem planowanego terminu ich eksploatacji, z uwagi na wysokie koszty modernizacji i brak ekonomicznego uzasadnienia dalszej pracy przestarzałych bloków (np. USA – Indian Point 2,3; Szwecja – Ringhalsh 1; Taiwan – Kuosheng 1; Wlk. Brytania – Dungeness B-1,2).

Współcześnie budowane reaktory generacji III+ są projektowane do pracy przez okres 60 lat, z możliwością przedłużenia do 80 lat.

**Rys. 4. Liczba i okres eksploatacji reaktorów energetycznych na świecie [wg. MAEA]**

Fala koniecznych wyłączeń ze względu na wiek reaktorów - spodziewana ok. 2030 r. - zmniejszy w zasadniczy sposób (o ok. 150 GWe) potencjał państw w zakresie bezemisyjnych źródeł energii elektrycznej. **Może to w efekcie skutecznie zagrozić wysiłkom podejmowanym na rzecz ograniczenia zmian klimatu**. Wyłączenie reaktora jądrowego o mocy 1000 MWe może spowodować wzrost emisji CO2 od 4,1 do 6,7 mln ton CO2 rocznie lub 0,52-0,84 tony CO2/MWh.

W ostatnich latach utrzymuje się wysoka dynamika inwestycji w energetyce jądrowej. Obecnie na świecie w budowie znajduje się **55 bloków jądrowych o całkowitej mocy 56,975 GWe.** Inwestycje te realizowane są głównie w państwach, które już dawno wdrożyły energetykę jądrową, takich jak Chiny (15), Indie (8), Korea Płd. (4) i Rosja (4). Ostatnio dołączyły do nich nowe państwa, które budują reaktory energetyczne po raz pierwszy - Turcja (3), Bangladesz (2), ZEA (2) i Białoruś (1).

Nowe reaktory w większości należą do typu PWR (45). Budowane są także reaktory typu PHWR (3), BWR (2) i FBR (3). Wśród tych reaktorów znajduje się 36 obiektów o najnowocześniejszej, zaawansowanej konstrukcji z pasywnymi systemami bezpieczeństwa, zaliczane do generacji III/III+:

* Hualong One (CGN, CNNC) – 11.
* WWER-1200 (Rosatom) – 11
* APR-1400 (KHNP) – 6,
* EPR (Areva) – 4,
* AP-1000 (Westinghouse/Toshiba) – 2,
* ABWR (GE Hitachi, Toshiba) – 2.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Lp.** | **Kraj** | **Obiekt** | **Właściciel** | **Status** | **Data rozpoczęcia budowy** | **Data  uruchomienia** | **Czas budowy [mies.]** |
| 1 | Chiny | Changijang 3 | CNNC | W budowie | 31.03.2021 |  |  |
| 2 | Chiny | Changijang 4 | CNNC | W budowie | 28.12.2021 |  |  |
| 3 | Chiny | Fangchenggang 3 | CGN | W budowie | 24.12.2015 |  |  |
| 4 | Chiny | Fangchenggang 4 | CGN | W budowie | 23.12.2016 |  |  |
| 5 | Chiny | *Fangchenggang 5* | CGN | *Planowany* |  |  |  |
| 6 | Chiny | *Fangchenggang 6* | CGN | *Planowany* |  |  |  |
| 7 | Chiny | **Fuqing 5** | CNNC | **Czynny** | 07.05.2015 | **27.11.2020** | **66** |
| 8 | Chiny | **Fuqing 6** | CNNC | **Czynny** | 22.12.2015 | **01.01.2022** | **72** |
| 9 | Chiny | *Ningde 5* | CGN | *Planowany* |  |  |  |
| 10 | Chiny | *Ningde 6* | CGN | *Planowany* |  |  |  |
| 11 | Chiny | San'ao 1 | CGN | W budowie | 31.12.2020 |  |  |
| 12 | Chiny | San'ao 2 | CGN | W budowie | 30.12.2021 |  |  |
| 13 | Chiny | Taipingling 1 | CGN | W budowie | 26.12.2019 |  |  |
| 14 | Chiny | Taipingling 2 | CGN | W budowie | 15.10.2020 |  |  |
| 15 | Chiny | *Taishan 3* | CGN | *Planowany* |  |  |  |
| 16 | Chiny | *Taishan 4* | CGN | *Planowany* |  |  |  |
| 17 | Chiny | Zhangzhou 1 | CNNC | W budowie | 16.10.2019 |  |  |
| 18 | Chiny | Zhangzhou 2 | CNNC | W budowie | 04.09.2020 |  |  |
| 19 | Chiny | *Zhuanghe 1* | Datang | *Planowany* |  |  |  |
| 20 | Chiny | *Zhuanghe 2* | Datang | *Planowany* |  |  |  |
| 21 | Pakistan | **Karaczi 2** | CNNC/PAEC | **Czynny** | 20.08.2015 | **15.03.2021** | **66** |
| 22 | Pakistan | Karaczi 3 | CNNC/PAEC | W budowie | 31.05.2016 |  |  |

**Tab. 3. Przegląd technologii Hualong One na świecie**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Lp.** | **Kraj** | **Obiekt** | **Model reaktora** | **Status** | **Data rozpoczęcia budowy** | **Data  uruchomienia** | **Czas budowy [mies.]** |
| 1 | Bangladesz | Rooppur 1 | V-523 | W budowie | 30.11.2017 |  |  |
| 2 | Bangladesz | Rooppur 2 | V-523 | W budowie | 14.07.2018 |  |  |
| 3 | Białoruś | **Ostrowiec 1** | V-491 | **Czynny** | 08.11.2013 | **03.11.2020** | **83** |
| 4 | Białoruś | Ostrowiec 2 | V-491 | W budowie | 27.04.2014 |  |  |
| 5 | Chiny | Tianwan 7 | V-491 | W budowie | 19.05.2021 |  |  |
| 6 | Chiny | Tianwan 8 | V-491 | Planowany | 2022 |  |  |
| 7 | Chiny | Xudabao 3 | V-491 | W budowie | 28.07.2021 |  |  |
| 8 | Chiny | *Xudabao 4* | V-491 | *Planowany* | 2022 |  |  |
| 9 | Egipt | *El Dabaa 1* | V-529 | *W przygotowaniu* | |  |  |
| 10 | Egipt | *El Dabaa 2* | V-529 | *W przygotowaniu* | |  |  |
| 11 | Egipt | *El Dabaa 3* | V-529 | *W przygotowaniu* | |  |  |
| 12 | Egipt | *El Dabaa 4* | V-529 | *W przygotowaniu* | |  |  |
| 13 | Finlandia | *Hanhikivi 1* | V-491 | *W przygotowaniu* | 2023 | 2029 |  |
| 14 | Rosja | Bałtycka 1 | V-491 | Wstrzymany | 22.02.2012 |  |  |
| 15 | Rosja | Kursk 2-1 | V-510K | W budowie | 29.04.2018 |  |  |
| 16 | Rosja | Kursk 2-2 | V-510K | W budowie | 15.04.2019 |  |  |
| 17 | Rosja | **Leningrad 2-1** | V-491 | **Czynny** | 25.10.2008 | **09.03.2018** | **112** |
| 18 | Rosja | **Leningrad 2-2** | V-491 | **Czynny** | 15.04.2010 | **22.10.2020** | **126** |
| 19 | Rosja | **Nowoworoneż 2-1** | V-392M | **Czynny** | 24.06.2008 | **05.08.2016** | **97** |
| 20 | Rosja | **Nowoworoneż 2-2** | V-392M | **Czynny** | 12.07.2009 | **01.05.2019** | **117** |
| 21 | Turcja | Akkuyu 1 | V-509 | W budowie | 03.04.2018 |  |  |
| 22 | Turcja | Akkuyu 2 | V-509 | W budowie | 08.04.2020 |  |  |
| 23 | Turcja | Akkuyu 3 | V-509 | W budowie | 10.03.2021 |  |  |
| 24 | Turcja | *Akkuyu 4* | V-509 | *W przygotowaniu* | |  |  |
| 25 | Węgry | *Paks 5* | V-527 | *W przygotowaniu* | 2022 | 2027 |  |
| 26 | Węgry | *Paks 6* | V-527 | *W przygotowaniu* | |  |  |

**Tab. 4. Przegląd technologii WWER-1200 na świecie**

**Rys. 5. Rozmieszczenie i liczba reaktorów energetycznych na świecie [wg. MAEA]**

**Rys. 6. Rozmieszczenie i liczba reaktorów energetycznych w budowie [wg. MAEA]**

**II. Produkcja energii elektrycznej w reaktorach jądrowych**

Od roku 2012, po okresie spadku związanym z awarią w EJ Fukushima i zmianą polityki energetycznej Niemiec, stale rośnie produkcja energii elektrycznej w elektrowniach jądrowych. Oznacza to **odwrócenie krótkotrwałej tendencji spadkowej i powrót do hossy** w sektorze energetyki jądrowej.

Ilość energii elektrycznej wytworzona w elektrowniach jądrowych w roku 2020 r. osiągnęła **2553,208** **TWh** – wynik porównywalny z okresem sprzed załamania produkcji, który nastąpił w latach 2011-2012 (spadek z 2629,82 TWh w roku 2010 do 2346,19 TWh w roku 2012).

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Lp | Blok jądrowy | Model reaktora | Typ reaktora | Moc netto [MWe] | Produkcja energii [TWh] | Państwo |
| 1 | **Taishan 2** | EPR-1750 | PWR | 1660 | 12,5 | Chiny |
| 2 | **Peach Bottom 3** | BWR-4 (Mark 1) | BWR | 1331 | 11,6 | USA |
| 3 | **South Texas Project 2** | W (4-loop) DRYAMB | PWR | 1280 | 11,5 | USA |
| 4 | **Palo Verde 3** | COMB CE80 DRYAMB | PWR | 1312 | 11,3 | USA |
| 5 | **Isar 2** | Konvoi | PWR | 1410 | 11,0 | Niemcy |
| 6 | **Perry 1** | BWR-6 (Mark 3) | BWR | 1240 | 11,0 | USA |
| 7 | **Emsland** | Konvoi | PWR | 1335 | 10,8 | Niemcy |
| 8 | **Susquehanna Steam Electric Station 2** | BWR-4 (Mark 2) | BWR | 1257 | 10,7 | USA |
| 9 | **Braidwood 1** | W (4-loop) | PWR | 1194 | 10,6 | USA |
| 10 | **Hope Creek 1** | BWR-4 (Mark 1) | BWR | 1172 | 10,6 | USA |

**Tab.5. Wykaz największych jądrowych producentów energii elektrycznej na świecie w 2020 roku [wg. WNA]**

Udział energii jądrowej w całkowitej produkcji elektryczności zmniejszył się o ok. 7p% w ciągu ostatnich 15 lat (maksimum 17,6% w 1996 r.), ale od pięciu lat utrzymuje się na prawie niezmienionym poziomie. W roku 2020 wynosił **10,2%**, w porównaniu do 10,6% w 2016 r.

Dzieje się tak pomimo faktu, że liczba czynnych reaktorów nieco spadła. Oznacza to, że istniejąca flota reaktorów jądrowych eksploatowana jest niezwykle efektywnie. Elektrownie jądrowe pracują ze współczynnikiem wykorzystania mocy przekraczającym średnio 80% i dotyczy to reaktorów w każdym wieku, zarówno tych oddanych do użytku niedawno jak i tych 40-letnich.

**Rys.7. Zmiany liczby reaktorów energetycznych i wielkości produkcji energii elektrycznej na świecie [wg. MAEA]**

**Rys. 8. Zmiany wielkości produkcji i udziału energetyki jądrowej w wytwarzaniu energii elektrycznej na świecie [wg. MAEA]**

Państwem o największej produkcji energii elektrycznej z energetyki jądrowej są Stany Zjednoczone (789,919 TWh w 2020 r.), a następnie Francja (338,671 TWh), Chiny (344,748 TWh), Rosja (201,821 TWh) i Korea Płd. (152,583 TWh). W pozostałych krajach roczna produkcja energetyki jądrowej kształtuje się poniżej 100 TWh.

Największy udział energetyki jądrowej w bilansie produkcji energii elektrycznej posiada Francja (70,6%), a następnie Słowacja (53,1%), Ukraina (51,2%), Węgry (48%) i Bułgaria (40,8%). Udział energetyki jądrowej w pozostałych krajach nie przekracza 40% krajowej produkcji elektryczności.

**Rys. 9. Produkcja i udział energetyki jądrowej w wytwarzaniu energii elektrycznej w poszczególnych państwach w roku 2020 [wg. MAEA]**

Współczynnik wykorzystania mocy zainstalowanej (*capacity factor*) globalnej floty reaktorów energetycznych w 2020 r. był nadal wysoki i wynosił 80,3%, w porównaniu z 83,1% w 2019 r., ale utrzymuje się na tym poziomie w ciągu ostatnich 20 lat. Prawie dwie trzecie reaktorów miało w ubiegłym roku współczynnik wykorzystania mocy większy niż 80%. Jest to kontynuacja trendu wysokich globalnych współczynników wydajności obserwowanego od 2000 r., mimo że w 2020 r. niektóre reaktory musiały więcej pracować w trybie zależnym od obciążenia z powodu zmniejszonego zapotrzebowania na energię elektryczną podczas pandemii COVID-19.

Wg WNA nie obserwuje się zależności wydajności reaktorów jądrowych od ich wieku. Średni współczynnik wydajności reaktorów w ciągu ostatnich pięciu lat nie wykazuje znaczącej ogólnej zmienności wraz z ich wiekiem. Ponieważ niektóre reaktory mają obecnie licencję na eksploatację przez 80 lat, zauważalna jest stała wydajność reaktorów niezależnie od wieku.



**Rys. 10. Średni globalny współczynnik wykorzystania mocy zainstalowanej w energetyce jądrowej**

Źródło: *WNA, IAEA PRIS*

**III. Zmiany w energetyce jądrowej w latach 2020-22**

W wyniku zmian, jakie zaszły w energetyce jądrowej w 2021 r. liczba czynnych reaktorów energetycznych zmniejszyła się o 4 (z 442 w 2020 r. do 438 w 2021 r.), a sumaryczna moc zainstalowana zmalała o 3,42 GWe (z 392,61 GWe w 2020 r. do 389,19 GWe w 2021 r.).

Poniżej przedstawiono szczegółowy bilans energetyki jądrowej w roku 2021:

* Włączono do sieci energetycznej 6 nowych reaktorów w 4 krajach (Chiny-3, Indie-1, Pakistan-1 i ZEA-1) o sumarycznej mocy 5250 MWe:

**Czas budowy** reaktorów mieścił się w przedziale 4,7-10,1 lat.

* Wyłączono 10 reaktorów w 6 krajach (Niemcy-3, Wlk. Brytania-3, Rosja-1, Pakistan-1, Taiwan-1 i USA-1) o sumarycznej mocy 8668 MWe:
* Rozpoczęto budowę 10 nowych reaktorów w 2 krajach (Chiny-6, Indie-2, Turcja-1 i Rosja-1) o projektowanej mocy 8890 MWe:

Najkrótsze czasy realizacji projektów zostały osiągnięte przez chińskie reaktory, gdzie seryjna budowa i utrzymanie umiejętności ekip dzięki trwającemu programowi budowy nowych obiektów przyczyniły się do skrócenia czasu ich budowy. Średni czas budowy reaktorów przyłączonych do sieci w 2021 r. wyniósł 87 miesiące, w porównaniu z 84 miesiącami w 2020 r.

Dla większości nowych projektów ich realizację rozpoczęto w ciągu ostatnich dziesięciu lat. Niewielka liczba reaktorów, których budowa trwała dłużej, to instalacje pilotażowe, reaktory pierwsze w swoim rodzaju (FOAK) lub projekty, w których budowa została wstrzymana przed ponownym wznowieniem prac.



**Rys. 11. Okresy budowy nowych bloków jądrowych podłączonych do sieci w ubiegłych latach***Źródło: WNA, IAEA PRIS*

Bilans energetyki jądrowej w latach 2020-22 przedstawia poniższa tabela:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| I. Reaktory włączone do sieci elektroenergetycznych | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | **Kraj** | **Blok jądrowy** | | **Model reaktora** | | **Typ reaktora** | | **Moc netto [MWe]** | | **Włączenie do sieci** | | **Rozpoczęcie budowy** | | **Czas budowy [lata]** | |
| 2022 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |
| 1 | **Chiny** | Fuqing 6 | | Hualong One | | PWR | | 1000 | | 01.01.2022 | | 22.12.2015 | | 6,0 | |
| 2021 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |
| 1 | **Chiny** | Shidao Bay 1 | | HTR-PM | | HTGR | | 200 | | 20.12.2021 | | 09.12.2012 | | 9,0 | |
| 2 | **ZEA** | Barakah 2 | | APR-1400 | | PWR | | 1345 | | 14.09.2021 | | 16.04.2013 | | 8,3 | |
| 3 | **Chiny** | Hongyanhe 5 | | ACPR-1000 | | PWR | | 1061 | | 25.06.2021 | | 29.03.2015 | | 6,2 | |
| 4 | **Chiny** | Tianwan 6 | | ACPR-1000 | | PWR | | 1000 | | 11.05.2021 | | 7.09.2016 | | 4,7 | |
| 5 | **Pakistan** | Karaczi 2 | | Hualong One | | PWR | | 1014 | | 18.03.2021 | | 20.08.2015 | | 5,5 | |
| 6 | **Indie** | Kakrapar 3 | | PHWR-700 | | PHWR | | 630 | | 10.01.2021 | | 22.11.2010 | | 10,1 | |
| *Razem 6 reaktorów o sumarycznej mocy* | | | | | | | | | **5250** | | MWe | | | | | | |
| 2020 | | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |
| 1 | [**Chiny**](https://www.world-nuclear.org/country/default.aspx/China) | Fuqing 5 | | Hualong One | | PWR | | 1000 | | 27.11.2020 | | 7.05.2015 | | 5,5 | |
| 2 | [**Białoruś**](https://www.world-nuclear.org/country/default.aspx/Belarus) | Ostrowiec 1 | | WWER V-491 | | PWR | | 1110 | | 3.11.2020 | | 8.11.2013 | | 6,9 | |
| 3 | [**Rosja**](https://www.world-nuclear.org/country/default.aspx/Russia) | Leningrad 2 2 | | WWER V-491 | | PWR | | 1066 | | 22.10.2020 | | 15.04.2010 | | 10,5 | |
| 4 | [**ZEA**](https://www.world-nuclear.org/country/default.aspx/United%20Arab%20Emirates) | Barakah 1 | | APR-1400 | | PWR | | 1345 | | 19.08.2020 | | 19.07.2012 | | 8,1 | |
| 5 | [**Chiny**](https://www.world-nuclear.org/country/default.aspx/China) | Tianwan 5 | | ACPR-1000 | | PWR | | 1000 | | 8.08.2020 | | 27.12.2015 | | 4,6 | |
| *Razem 5 reaktorów o sumarycznej mocy* | | | | | | | | | **5521** | | MWe | | | | | | |
| II. Reaktory wyłączone na stałe | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | **Kraj** | **Blok jądrowy** | | **Model reaktora** | | **Typ reaktora** | | **Moc netto [MWe]** | | **Wyłączenie z sieci** | | **Włączenie do sieci** | | **Okres pracy [lata]** | |
| 2022 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |
| 1 | **Wlk. Bryt.** | Hunterston B-2 | | AGR | | GCR | | 495 | | 07.01.2022 | | 31.03.1977 | | 44,8 | |
| 2021 | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |
| 1 | **Niemcy** | Brokdorf | | PWR | | PWR | | 1410 | | 31.12.2021 | | 14.10.1986 | | 35,2 | |
| 2 | **Niemcy** | Grohnde | | PWR | | PWR | | 1360 | | 31.12.2021 | | 05.09.1984 | | 37,3 | |
| 3 | **Niemcy** | Gundremmingen C | | BWR-72 | | BWR | | 1288 | | 31.12.2021 | | 02.11.1984 | | 37,1 | |
| 4 | **Rosja** | Kursk 1 | | RBMK-1000 | | LWGR | | 925 | | 19.12.2021 | | 19.12.1976 | | 45,0 | |
| 5 | **Wlk. Bryt.** | Hunterston B-1 | | AGR | | GCR | | 490 | | 26.11.2021 | | 6.02.1976 | | 45,8 | |
| 6 | **Pakistan** | Kanupp-1 | | Candu-137 MW | | PHWR | | 90 | | 1.08.2021 | | 18.10.1971 | | 49,8 | |
| 7 | **Taiwan** | Kuosheng 1 | | BWR-6 | | BWR | | 985 | | 2.07.2021 | | 21.05.1981 | | 40,1 | |
| 8 | **Wlk. Bryt.** | Dungeness B-1 | | AGR | | GCR | | 545 | | 7.06.2021 | | 3.04.1983 | | 38,2 | |
| 9 | **Wlk. Bryt.** | Dungeness B-2 | | AGR | | GCR | | 545 | | 7.06.2021 | | 29.12.1985 | | 35,4 | |
| 10 | **USA** | Indian Point 3 | | WH 4LP | | PWR | | 1030 | | 30.04.2021 | | 27.04.1976 | | 45,0 | |
| *Razem 10 reaktorów o sumarycznej mocy* | | | | | | | | | **8668** | | MWe | |  | |  | |
| 2020 | | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |
| 1 | **Szwecja** | Ringhals 1 | | AA-I | | BWR | | 881 | | 31.12.2020 | | 14.10.1974 | | 46,2 | |
| 2 | **Rosja** | Leningrad 2 | | RBMK-1000 | | LWGR | | 925 | | 10.11.2020 | | 11.07.1975 | | 45,3 | |
| 3 | **USA** | Duane Arnold 1 | | BWR-4 | | BWR | | 601 | | 12.10.2020 | | 19.05.1974 | | 46,3 | |
| 4 | **Francja** | Fessenheim 2 | | CP0 | | PWR | | 880 | | 30.06.2020 | | 7.10.1977 | | 42,7 | |
| 5 | **USA** | Indian Point | | WH-4LP | | PWR | | 998 | | 30.04.2020 | | 26.06.1973 | | 46,8 | |
| 6 | **Francja** | Fessenheim 1 | | CP0 | | PWR | | 880 | | 22.02.2020 | | 6.04.1977 | | 42,8 | |
| *Razem 6 reaktorów o sumarycznej mocy* | | | | | | | | | **5165** | | MWe | | | | | | |
| III. Rozpoczęte budowy nowych reaktorów | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | **Kraj** | **Blok jądrowy** | | **Model reaktora** | | **Typ reaktora** | | **Moc netto [MWe]** | | **Rozpoczęcie budowy** | |  | |  | |
| 2021 | | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |
| 1 | **Chiny** | San'ao 2 | | Hualong One | | PWR | | 1117 | | 30.12.2021 | |  | |  | |
| 2 | **Chiny** | Changjiang 4 | | Hualong One | | PWR | | 1100 | | 28.12.2021 | |  | |  | |
| 3 | **Indie** | Kudankulam 6 | | WWER/V-412 | | PWR | | 917 | | 20.12.2021 | |  | |  | |
| 4 | **Chiny** | Xudabao 3 | | WWER/V-491 | | PWR | | 1100 | | 28.07.2021 | |  | |  | |
| 5 | **Chiny** | Changjiang SMR 1 | | ACP100 | | PWR/SMR | | 125 | | 13.07.2021 | |  | |  | |
| 6 | **Indie** | Kudankulam 5 | | WWER/V-412 | | PWR | | 917 | | 29.06.2021 | |  | |  | |
| 7 | **Rosja** | BREST-OD-300 | | BREST-OD-300 | | FBR | | 300 | | 08.06.2021 | |  | |  | |
| 8 | **Chiny** | Tianwan 7 | | WWER/V-491 | | PWR | | 1100 | | 19.05.2021 | |  | |  | |
| 9 | **Chiny** | Changjiang 3 | | Hualong One | | PWR | | 1100 | | 31.03.2021 | |  | |  | |
| 10 | **Turcja** | Akkuyu 3 | | WWER/V-509 | | PWR | | 1114 | | 10.03.2021 | |  | |  | |
| *Razem 10 reaktorów o sumarycznej mocy* | | | | | | | | | **8890** | | MWe | |  | |  | |
| 2020 | | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |
| 1 | **Chiny** | San'oa 1 | | Hualong One | | PWR | | 1117 | | 31.12.2020 | |  | |  | |
| 2 | **Chiny** | Taipingling 2 | | Hualong One | | PWR | | 1116 | | 15.10.2020 | |  | |  | |
| 3 | **Chiny** | Zhangzhou 2 | | Hualong One | | PWR | | 1126 | | 4.09.2020 | |  | |  | |
| 4 | **Turcja** | Akkuyu 2 | | WWER/V-509 | | PWR | | 1114 | | 8.04.2020 | |  | |  | |
| *Razem 4 reaktory o sumarycznej mocy* | | | | | | | | | **4473** | | MWe | | | | | | |

**Tab. 6. Bilans energetyki jądrowej w latach 2020-22 [wg. MAEA]**

**Energetyka jądrowa na świecie**

Obecny stan energetyki jądrowej na świecie przedstawia poniższa tabela:

*Stan na styczeń 2022*

| Lp. | Kraj | Reaktory 2022 (styczeń) | | | | 2020 | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Czynne | | W budowie | | Produkcja | Udział |
| Liczba | Moc [GWe] | Liczba | Moc [GWe] | [TWh] | [%] |
| 1 | **Argentyna** | 3 | 1,641 | 1 | 0,025 | 10,012 | 7,5 |
| 2 | **Armenia** | 1 | 0,415 | 0 | 0 | 2,552 | 34,5 |
| 3 | **Bangladesz** | 0 | 0 | 2 | 2,160 | 0,000 | 0,0 |
| 4 | **Belgia** | 7 | 5,942 | 0 | 0 | 32,793 | 39,1 |
| 5 | **Białoruś** | 1 | 1,110 | 1 | 1,110 | 0,338 | 1,0 |
| 6 | **Brazylia** | 2 | 1,884 | 1 | 1,340 | 13,244 | 2,1 |
| 7 | **Bułgaria** | 2 | 2,006 | 0 | 0 | 15,938 | 40,8 |
| 8 | **Chiny** | 54 | 50,789 | 15 | 14,846 | 344,748 | 4,9 |
| 9 | **Czechy** | 6 | 3,934 | 0 | 0 | 28,372 | 37,3 |
| 10 | **Finlandia** | 4 | 2,794 | 1 | 1,600 | 22,354 | 33,9 |
| 11 | **Francja** | 56 | 61,370 | 1 | 1,630 | 338,671 | 70,6 |
| 12 | **Hiszpania** | 7 | 7,121 | 0 | 0 | 55,825 | 22,2 |
| 13 | **Indie** | 23 | 6,885 | 8 | 6,028 | 40,374 | 3,3 |
| 14 | **Iran** | 1 | 0,915 | 1 | 0,974 | 5,792 | 1,7 |
| 15 | **Japonia** | 33 | 31,679 | 2 | 2,653 | 43,099 | 5,1 |
| 16 | **Kanada** | 19 | 13,624 | 0 | 0 | 92,166 | 14,6 |
| 17 | **Korea Płd.** | 24 | 23,150 | 4 | 5,360 | 152,583 | 29,6 |
| 18 | **Meksyk** | 2 | 1,552 | 0 | 0 | 10,864 | 4,9 |
| 19 | **Niderlandy** | 1 | 0,482 | 0 | 0 | 3,886 | 3,2 |
| 20 | **Niemcy** | 3 | 4,055 | 0 | 0 | 60,918 | 11,3 |
| 21 | **Pakistan** | 5 | 2,242 | 1 | 1,014 | 9,639 | 7,1 |
| 22 | **Rosja** | 37 | 27,653 | 4 | 3,759 | 201,821 | 20,6 |
| 23 | **RPA** | 2 | 1,860 | 0 | 0 | 11,616 | 5,9 |
| 24 | **Rumunia** | 2 | 1,300 | 0 | 0 | 10,575 | 19,9 |
| 25 | **Słowacja** | 4 | 1,837 | 2 | 0,880 | 14,357 | 53,1 |
| 26 | **Słowenia** | 1 | 0,688 | 0 | 0 | 6,041 | 37,8 |
| 27 | **Szwajcaria** | 4 | 2,960 | 0 | 0 | 23,049 | 32,9 |
| 28 | **Szwecja** | 6 | 6,882 | 0 | 0 | 47,362 | 29,8 |
| 29 | **Tajwan** | 3 | 2,859 | 0 | 0 | 30,342 | 12,7 |
| 30 | **Turcja** | 0 | 0 | 3 | 3,342 | 0,000 | 0,0 |
| 31 | **UK** | 11 | 6,848 | 2 | 3,260 | 45,668 | 14,5 |
| 32 | **Ukraina** | 15 | 13,107 | 2 | 2,070 | 71,550 | 51,2 |
| 33 | **USA** | 93 | 95,523 | 2 | 2,234 | 789,919 | 19,7 |
| 34 | **Węgry** | 4 | 1,902 | 0 | 0 | 15,179 | 48,0 |
| 35 | **ZEA** | 2 | 2,690 | 2 | 2,690 | 1,562 | 1,1 |
|  | **Razem** | ***438*** | ***389,699*** | ***55*** | ***56,975*** | ***2553,208*** | ***10,2*** |

**Tab. 7. Energetyka jądrowa na świecie [wg. WNA, MAEA]**

**Energetyka jądrowa w Unii Europejskiej**

W 2020 r. energetyka jądrowa w 13 państwach członkowskich UE eksploatujących energetyczne reaktory jądrowe wytworzyła 683 512 GWh energii elektrycznej, co stanowiło prawie 25% całkowitej produkcji energii elektrycznej w UE. Największym producentem energii jądrowej w UE była Francja (52% całkowitej produkcji energii jądrowej w UE; 353 833 GWh), następnie Niemcy (9%; 64 382 GWh), Hiszpania (9%; 58 299 GWh) i Szwecja (7%; 49 198 GWh). Te cztery kraje łącznie odpowiadały za ponad trzy czwarte całkowitej ilości energii elektrycznej wytworzonej w obiektach jądrowych w UE.

Obecny stan energetyki jądrowej w państwach UE przedstawia poniższa tabela:

*Stan na styczeń 2022*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Lp. | Kraj | Liczba reaktorów (styczeń 2022) | | | | 2020 | | |
| **Czynne** | | **W budowie** | | **Produkcja** | **Udział** | |
| **Liczba** | **Moc [GWe]** | **Liczba** | **Moc [GWe]** | **[TWh]** | **UE [%]** | **Kraj [%]** |
| 1 | **Belgia** | 7 | 5,930 | 0 | 0 | 34,435 | 5 | 39 |
| 2 | **Bułgaria** | 2 | 2,006 | 0 | 0 | 16,626 | 2 | 41 |
| 3 | **Czechy** | 6 | 3,932 | 0 | 0 | 30,043 | 4 | 37 |
| 4 | **Finlandia** | 4 | 2,794 | 1 | 1,600 | 23,291 | 3 | 34 |
| 5 | **Francja** | 56 | 61,370 | 1 | 1,600 | 353,833 | 52 | 67 |
| 6 | **Hiszpania** | 7 | 7,121 | 0 | 0 | 58,299 | 9 | 22 |
| 7 | **Holandia** | 1 | 0,482 | 0 | 0 | 4,087 | 1 | 3 |
| 8 | **Niemcy** | 3 | 4,055 | 0 | 0 | 64,382 | 9 | 11 |
| 9 | **Rumunia** | 2 | 1,300 | 0 | 0 | 11,466 | 2 | 21 |
| 10 | **Słowacja** | 4 | 1,814 | 2 | 0,880 | 15,444 | 2 | 54 |
| 11 | **Słowenia** | 1 | 0,688 | 0 | 0 | 6,353 | 1 | 38 |
| 12 | **Szwecja** | 6 | 6,859 | 0 | 0 | 49,198 | 7 | 30 |
| 13 | **Węgry** | 4 | 1,902 | 0 | 0 | 16,055 | 2 | 46 |
| Razem w UE | | **103** | **100,253** | **4** | **4,08** | **683,512** |  |  |

**Tab. 8. Energetyka jądrowa w UE [wg. EuroStat]**

**Energetyka jądrowa na Bliskim Wschodzie**

**Egipt**

W lipcu 2021 r. Urząd ds. Elektrowni Jądrowych (NPPA) w Egipcie wystąpił do Urzędu Regulacji Jądrowych i Radiologicznych o pozwolenie na budowę bloków nr 1 i 2 w elektrowni jądrowej El Dabaa. W styczniu 2022 r. złożył wniosek o pozwolenie na budowę bloków 3 i 4. Dyrektor generalny Rosatomu Aleksiej Lichaczow poinformował, że budowa elektrowni może rozpocząć się w lipcu.

Pierwsza elektrownia jądrowa w Egipcie zostanie zbudowana w mieście El-Dabaa w regionie Matrouh 300 km na północny zachód od stolicy Kairu na wybrzeżu Morza Śródziemnego. Będzie składać się z czterech bloków energetycznych wyposażonych w reaktory jądrowe WWER-1200/V-529 (AES 2006E), podobne do działających w elektrowniach jądrowych Leningrad i Nowoworoneż w Rosji oraz Ostrowiec na Białorusi, która została przyłączona do sieci w listopadzie 2020 roku.

Projekt elektrowni jądrowej El Dabaa opiera się na kontraktach, które weszły w życie 11 grudnia 2017 r. Zgodnie z nimi Rosatom nie tylko zbuduje elektrownię, ale będzie też dostarczał rosyjskie paliwo jądrowe przez cały cykl jej życia. Rosyjscy eksperci będą również pomagać egipskim partnerom w szkoleniu personelu i konserwacji zakładu przez pierwsze 10 lat jego funkcjonowania. Rosatom otrzymuje również kontrakt na budowę specjalnego magazynu i dostaw pojemników do przechowywania zużytego paliwa jądrowego.

Rozpoczęcie komercyjnej eksploatacji pierwszego bloku planowane jest na 2026 rok. Według wcześniejszych raportów, Rosja zgodziła się pożyczyć Egiptowi 25 mld dolarów na budowę projektu, dodając, że 85% projektu zostanie sfinansowane z rosyjskiej pożyczki o oprocentowaniu 3%.

**ZEA**

Drugi blok energetyczny w elektrowni jądrowej Barakah w Zjednoczonych Emiratach Arabskich został 14 września podłączony do krajowej sieci elektroenergetycznej. Uruchomiono go po raz pierwszy pod koniec sierpnia, zaledwie cztery miesiące po rozpoczęciu komercyjnej eksploatacji pierwszego reaktora w tej elektrowni.

Elektrownia Barakah znajduje się w regionie Al Dhafra w Abu Zabi i jest jedną z największych elektrowni jądrowych na świecie, z czterema blokami wyposażonymi w reaktory konstrukcji koreańskiej APR-1400. Budowa elektrowni rozpoczęła się w 2012 roku, a blok nr 1 rozpoczął pracę komercyjną 1 kwietnia 2021 r. Bloki 3 i 4 znajdują się w końcowej fazie rozruchu, odpowiednio ukończone w 95 i 91 procentach. Budowa całej elektrowni Barakah jest obecnie zaawansowana w ponad 96 procentach. Po pełnym uruchomieniu elektrownia będzie wytwarzać 5,6 gigawatów czystej energii elektrycznej przez ponad pół wieku i pokryje 25 procent zapotrzebowania na energię elektryczną w kraju.

Minister Energii i Infrastruktury ZEA Suhail bin Mohammed Faraj Faraj Al Mazrouei z zadowoleniem przyjął rozpoczęcie dostaw energii elektrycznej przez Barakah 2, mówiąc, że przyczynia się to do osiągnięcia celów strategii energetycznej ZEA 2050, która ma na celu zwiększenie do 50% udziału czystej energii w całkowitym bilansie energetycznym kraju.

**Arabia Saudyjska**

Arabia Saudyjska zamierza wykorzystać swoje znaczne zasoby uranu do rozwoju programu komercyjnej energetyki jądrowej, powiedział minister energetyki książę Abdulaziz bin Salman Al Saud. „Mamy ogromną ilość zasobów uranu, które chcielibyśmy eksploatować i wykorzystać w najbardziej przejrzysty sposób” – cytowany w rozmowie z Międzynarodową Konferencją Górniczą w Rijadzie.

Według doniesień prasowych Arabia Saudyjska może wyprodukować ponad 90 000 ton uranu z trzech głównych złóż w kraju, co wystarczy, aby zapewnić paliwo dla elektrowni jądrowych, które kraj zamierza budować, a także umożliwi eksport uranu. Według Agencji Energii Jądrowej (NEA) Arabia Saudyjska zamierza zbudować swoją pierwszą elektrownię jądrową i pozyskuje informacje od różnych dostawców z Chin, Francji, Korei Południowej, Rosji i USA.

Największy światowy eksporter ropy chce zbudować około 17 GWe mocy jądrowych. Królestwo chce zdywersyfikować swój miks energetyczny, dodając energię jądrową, aby uwolnić większy wolumen ropy na eksport.

Powyższe plany są analizowane przez USA ze względu na potencjalne militarne zastosowania pozyskanych technologii jądrowych. W 2020 r. Wall Street Journal twierdził, że Arabia Saudyjska zbudowała obiekt – z pomocą Chin – do produkcji koncentratu uranowego (*yellowcake*) z rudy uranu. Arabia Saudyjska zaprzeczyła wówczas temu raportowi.

Obraz zawierający mapa

Opis wygenerowany automatycznie

**Rys. 12. Energetyka jądrowa na Bliskim Wschodzie**

1. Energetyka jądrowa rozwija się także w Republice Chińskiej (Tajwan) - państwo nieuznawane przez większość społecz­ności międzynarodowej. [↑](#footnote-ref-1)