

# Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis

Studia de Securitate et Educatione Civili IV (2014)

**Justyna Rokitowska**

Uniwersytet Pedagogiczny im. KEN w Krakowie

## Obawy społeczeństwa a bezpieczeństwo elektrowni atomowych

### Wstęp

Energetyka jądrowa nie jest powszechnie uważana za wartość. Energia jądrowa kojarzy się przede wszystkim z bronią atomową i w opiniach wielu nie ma zastosowania jako pokojowe źródło pozyskiwania energii. Opinie są podzielone, a obawy społeczności uzasadnione przykładami katastrof, które miały miejsce w XX i XXI wieku. Niemniej jednak należy pamiętać, że zdobycze nauki i techniki mogą być wykorzystywane zarówno do szlachetnych jak i niecnych celów. Sam postęp techniczny można porównać do globalizacji i dostępu do Internetu: umiejętność właściwego korzystania ze źródeł internetowych może przynieść wiele pozytywnych skutków, niewłaściwe zaś wykorzystanie może działać na niekorzyść społeczeństwa. Także wykorzystanie energii atomowej z rozszczepialnych materiałów energotwórczych może mieć wiele zalet i niekoniecznie służyć jako potencjalne zagrożenie dla człowieka. Pomimo wielu uprzedzeń, energetyka jądrowa rozwija się nadal, choć nie tak szybko jak przewidywano na początku lat 60. ubiegłego stulecia. Według raportu opublikowanego pod koniec 2013 roku na świecie istnieje 436 reaktorów energetycznych w 30 państwach (w tym 6 na Tajwanie)<sup>1</sup>.

### Historia energetyki jądrowej i elektrowni atomowych

Sięgając do kart historii, za datę odkrycia rozszczepialnego jądra atomowego uznaje się rok 1934. Jednakże wtedy naukowcy mylnie interpretowali swoje odkrycia, sądzili bowiem, iż atom nie jest cząstką zdolną do reakcji rozszczepiania. Cztery lata później teorię Fermiego potwierdzili Otto Hahn oraz Fritz Strassmann. Naukowców szczególnie interesował uran. Sądzili, że uda im się odkryć nowy pierwiastek o liczbie atomowej większej od kolejnej liczby atomowej uranu. Wyniki badań potwierdziły jednak uwalnianie energii atomowej, która przewyższała emisję ciepła o około 40–50 mln razy w porównaniu z reakcją chemiczną istniejącą przy spalaniu

---

<sup>1</sup> *Stan energetyki jądrowej na świecie*, <http://www.atom.edu.pl/index.php/component/content/article/74-energetyka-jadrowa-na-swiecie/104-stan-energetyki-jadrowej-na-swiecie.html> [30.03.2014].

węgla. Publiczne oświadczenie w tej sprawie miało miejsce 26 stycznia 1939 roku, a wydarzenie zostało okrzyknięte odkryciem stulecia<sup>2</sup>. W tym samym okresie we Francji wyjaśniono pojęcie masy krytycznej<sup>3</sup>, która umożliwia samodzielne podtrzymywanie reakcji jądrowej. Wkrótce potem Amerykanie i Niemcy podjęli próby skonstruowania bomby atomowej<sup>4</sup>. Pierwszy test bomby jądrowej odbył się w USA w miejscowości Los Alamos w roku 1945. Pierwszymi śmiertelnymi ofiarami wybuchu jądrowego byli mieszkańcy Hiroszimy i Nagasaki (6 i 9 sierpnia 1945).

Wyścig zbrojeń trwał, i do końca 1955 roku posiadaczami bomb jądrowych stały się także ZSRR i Wielka Brytania<sup>5</sup>. Do 1968 roku, kiedy podpisano układ o nierozprzestrzenianiu broni jądrowej, do tego grona dołączyły Francja i Chiny. Do roku 1996 (data podpisania traktatu o całkowitym zakazie prób jądrowych, który nie wszedł jednak w życie) na świecie przeprowadzono około 2046 wybuchów (w tym 528 w atmosferze)<sup>6</sup>.

### Konstrukcja elektrowni i typy reaktorów

Rozważania na temat bezpieczeństwa przy wykorzystywaniu reaktorów jądrowych warto rozpocząć od podstaw, a więc od budowy rdzenia jądrowego, który jak wiadomo jest „sercem” i napędem mocy w całej elektrowni.

Reaktor jądrowy jest urządzeniem, z którego pochodząca energia musi uwalniana być w sposób kontrolowany. Minimalny błąd w sztuce zarządzania może doprowadzić do katastrofalnych skutków lokalnych, jak i globalnych. Wspomnianym wcześniej „sercem” reaktora jest rdzeń (zawiera on paliwo jądrowe), otoczony warstwą reflektorową (zatrzymuje neutrony, samoczynnie opuszczające rdzeń, a także poprawia i kontroluje masę krytyczną oraz pracę reaktora)<sup>7</sup>. Energia, którą wytwarza sekwencja czynności reaktora, jest przechwytywana przez tzw. chłodziwo (zwykle ciecz:  $H_2O$ ,  $D_2O$ , gazy: He, CO,  $CO_2$  lub ciekły metal – Na), które będąc na zewnątrz całej konstrukcji jest otoczone dodatkową osłoną, mającą chłodzić całą reakcję chemiczną. Rdzeń w swojej budowie posiada również elementy paliwowe, mające postać cylindryczną (zawierają w sobie pastylki paliwowe z materiałem rozszczepialnym, np. tlenkiem uranu), skupione w kastetach paliwowych. Między

---

<sup>2</sup> G. Jeziński, *Energia atomowa wczoraj i dziś*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2005, s. 13.

<sup>3</sup> Jest to minimalna ilość materiału rozszczepialnego konieczna do zaistnienia łańcuchowej reakcji jądrowej. Zależy ona przede wszystkim od materiału, poddanego rozpadowi (najmniejsza masa krytyczna zachodzi wtedy, gdy materiał uformowany jest w kształt kuli), izotopu i innych zanieczyszczeń materiału, zob. Z. Celiński, *Energetyka jądrowa*, PWN, Warszawa 1991, s. 65–67.

<sup>4</sup> J. Waluszko, *Protesty przeciwko budowie elektrowni jądrowej Żarnowiec w latach 1985–1990*, Wydawnictwo IPN, Gdańsk 2013, s. 13.

<sup>5</sup> G. Jeziński, dz. cyt. s. 153–158.

<sup>6</sup> Tamże, s. 166.

<sup>7</sup> Z. Celiński, dz. cyt., s. 10–11.

kastetami umieszczane są pręty regulacyjne (zatrzymujące neutrony), za pomocą których można sterować pracą reaktora i kontrolować zmiany w rdzeniu<sup>8</sup>.

Pierwszy reaktor energetyczny został uruchomiony 20 grudnia 1951 roku w Idaho Falls (USA)<sup>9</sup>. Wraz z postępem technicznym pojawiały się nowe elektrownie, wyposażone w najnowocześniejsze reaktory i wykorzystujące nowe konstrukcje. Z uwagi na bezpieczeństwo pracy elektrowni jądrowych wyróżniono cztery generacje reaktorów. Każda generacja techniczno-konstrukcyjna miała zapewnić stabilność i bezpieczeństwo pracy, jednakże wyniki badań potwierdzają wady i błędy, które mogą doprowadzić (i doprowadziły) do katastrof na skalę światową.

**Generacja I** – typowe reaktory komercyjne, rozbudowane po II wojnie światowej jako i zmodyfikowane napędy okrętów podwodnych:

WWER – reaktor, który do chłodzenia wykorzystuje wodę pod ciśnieniem. W swej budowie zawiera poważne błędy konstrukcyjne, nie posiada wtórnego systemu zabezpieczenia oraz awaryjnego systemu chłodzenia rdzenia. Grupa G8 oraz Unia Europejska wskazała brak możliwości ekonomicznego podniesienia bezpieczeństwa w tym typie reaktorów i zostaną one wyłączone do końca 2015 roku<sup>10</sup>;

MAGNUS – reaktor chłodzony powietrzem, moderowany prętami grafitowymi. Błędy techniczne polegają na wykorzystaniu naturalnego uranu jako paliwa oraz na konstrukcji, która w budowie zawiera bardzo mały rdzeń, a co za tym idzie – małą powierzchnię do kontrolowania reakcji rozszczepienia materiału paliwowego<sup>11</sup>.

**Generacja II** – większość aktualnie eksploatowanych komercyjnych reaktorów:

RBMK – reaktor wrzący, moderowany również za pomocą prętów grafitowych. Posiada szereg wad, między innymi błędy projektowe, niestabilny rdzeń, dużą liczbę kanałów parowych odprowadzających chłodziwo z reaktora. Tej konstrukcji był właśnie reaktor numer cztery, w elektrowni atomowej w Czarnobylu, gdzie doszło do największej katastrofy tego typu. Wiele błędów po 1986 roku wyeliminowano, lecz to nie podniosło bezpieczeństwa tego typu reaktorów<sup>12</sup>;

PWR – najbardziej rozpowszechniona na świecie konstrukcja reaktorów, początkowo służyła jako rdzeń napędowy okrętów podwodnych. Reaktor posiada małą powierzchnię rdzenia, ale wytwarza dużą moc. Jego wadą jest obieg chłodziwa, które pod wpływem temperatury za bardzo się nagrzewa, co może doprowadzić do korozji całego reaktora. Podobnym reaktorem jest typ WWER – zawiera się w konstrukcji PWR, lecz posiada dodatkowo system wczesnego alarmowania i awaryjny system chłodzenia<sup>13</sup>;

---

<sup>8</sup> J. Paska, *Elektrownie jądrowe*, WPW, Warszawa 1990, s. 15.

<sup>9</sup> G. Jezierski, dz. cyt., s. 296.

<sup>10</sup> A. Froggatt, *Typy reaktorów komercyjnych oraz ich wady*, [w:] *Energia jądrowa: mit i rzeczywistość. O zagrożeniach związanych z energią jądrową i jej perspektywach w przyszłości*, red. D. Szwed, Wydawnictwo ARIES, Warszawa 2006, s. 70–71.

<sup>11</sup> Tamże, s. 71.

<sup>12</sup> Tamże, s. 71–72.

<sup>13</sup> G. Jezierski, dz. cyt., s. 330–332.

BWR – należy do grupy reaktorów wodnych wrzących, zbudowanych na podstawie konstrukcji PWR. Wykorzystanie pojedynczego obiegu miało poprawić wydajność energetyczną, jednakże doprowadziło do powstania wielu wad, dyskwalifikujących reaktor z listy bezpiecznych<sup>14</sup>;

PHWR – najczęściej spotykany reaktor na świecie, zawierający naturalny uran jako paliwo, moderowany przy pomocy ciężkiej wody. Ten rodzaj reaktora charakteryzuje niestabilność – w przypadku utraty chłodziwa bardzo szybko wzrasta poziom reaktywności w środowisku. Przeprowadzone w Kanadzie doświadczenia na reaktorze o nazwie CANDU pokazały, jak kosztowna może być modernizacja elektrowni zbudowanej na bazie konstrukcji PHWR<sup>15</sup>.

**Generacja III** – to tzw. unowocześnione reaktory. Charakteryzują się m.in. uproszczoną konstrukcją, większą odpornością, dłuższą pracą komercyjną, ograniczoną możliwością stopienia rdzenia. Do tej grupy zaliczyć można Europejski Reaktor Wodny Ciśnieniowy, EPR, charakteryzujący się uproszczoną konstrukcją systemu chłodzenia rdzenia, co zwiększa potencjalne bezpieczeństwo. Optymistyczne prognozy jego wykorzystywania okazały się nazbyt entuzjastyczne, bo oprócz udoskonalenia systemu awaryjnego reagowania, nie poprawił się żaden czynnik bezpieczeństwa<sup>16</sup>.

**Generacja IV** – najnowocześniejsze typy reaktorów, których plan budowy, konstrukcja, zaplecze kadrowe zostało zaproponowane w roku 2000 przez Amerykański Departament Energii Atomowej. Obszar projektu obejmuje trwałość, ekonomikę (im większa wydajność, tym większa moc i zaopatrzenie w energię elektryczną), bezpieczeństwo i niezawodność (dobry system chłodzenia i awaryjnego reagowania), odporność na rozprzestrzenianie się broni jądrowej (zabezpieczenia przed ewentualnymi możliwościami awarii na skutek ataku terrorystycznego czy innych czynników zewnętrznych mogących sprzyjać niekontrolowanemu sterowaniu pracą reaktorów)<sup>17</sup>.

## Zagrożenia dla społeczeństwa i środowiska naturalnego

Błędy, brak kompetencji zarządzających i sterujących pracą elektrowni prowadzą do reakcji łańcuchowej, na końcu której mamy do czynienia z awarią jądrową. Zważywszy na światowy ruch przeciwników wykorzystywania energii jądrowej, bardzo mało mówi się oficjalnie na temat awarii, związanych z przemysłem jądrowym. Katastrofy przyporządkowane są do skali INES (Międzynarodowa Skala Zdarzeń Jądrowych, The International Nuclear Event Scale<sup>18</sup>) w przedziale od 0 do 7, gdzie: 7 odpowiada wielkiej awarii, 6 – poważnej awarii, 5 – awarii, której

---

<sup>14</sup> Tamże, s. 332–334.

<sup>15</sup> Tamże, s. 343–347.

<sup>16</sup> A. Froggatt, dz. cyt., s. 76–82.

<sup>17</sup> Tamże, s. 83–94.

<sup>18</sup> J. Waluszko, dz. cyt., s. 16.

zagrożenie występuje również poza obiektem, 4 – awarii, której zagrożenie nie ma większego znaczenia dla otoczenia poza obiektem, 3 – poważnemu incydentowi, 2 – incydentowi, 1 – anomalii, 0 – bez znaczenia dla bezpieczeństwa (brak uszkodzeń – poniżej skali)<sup>19</sup>.

Najwyższy stopień uzyskała awaria w elektrowni atomowej w Czarnobylu w roku 1986, podczas której doszło do uwolnienia do atmosfery 190 tys. ton materiałów radioaktywnych, zgromadzonych w rdzeniu reaktora<sup>20</sup>. Była to mieszanina długożyciowych produktów rozszczepienia, powodująca poważne uszczerbki na zdrowiu nie tylko w otoczeniu lokalnym, ale i światowym oraz skutki uboczne dla rozwoju środowiska naturalnego w bezpośrednim otoczeniu (Czarnobyl – Zona, strefa zamknięta około 3 km w obrębie elektrowni)<sup>21</sup>. Porównując awarie, do bardzo groźnej (stopień 6) można zaliczyć katastrofę w Czelabińsku w roku 1957, gdzie zawiódł system chłodzenia reaktorów. Jest mało danych dotyczących tej awarii, gdyż ówczesny rząd ZSRR po skażeniu, które przewyższało 20 razy skażenie czarnobylskie, utajnił wszystkie dane, a społeczeństwo z 22 wiosek ewakuowano z terenów w promieniu około 22 km od zdarzenia<sup>22</sup>.

Pięty stopień skali INES uzyskała awaria w miejscowości Windscale w Wielkiej Brytanii w 1957 roku. Sprawę próbowano zatuszować, zmieniając nazwę miejscowości na Sellafield. Katastrofa miała miejsce 8 dni po utworzeniu Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej, dlatego władze w obawie o skutki dalszej produkcji plutonu, pod koniec 1957 wyłączyły oba reaktory<sup>23</sup>. Do poważnych awarii zaliczyć należy stopienie reaktora w Three Mile Island (USA, 1979 r., stopień 5 skali), skażenie i napromieniowanie ludności w Goiânii (Brazylia, 1987 r.), awarie wojskowego reaktora, w wyniku której zginęły 4 osoby w Idaho (USA, 1961 r. INES – 4), a także wiele awarii w byłym ZSRR, m.in. w Leningradzie (1975 r.) i Bałakowie (1985 r.), USA (Oklahoma, 1986 r.), we Francji (1992 r.), w Japonii (1999, 2004, 2011)<sup>24</sup> – gdzie największą (7 stopień) była awaria reaktorów Fukushima (2011 r.) na skutek podziemnego trzęsienia ziemi i tsunami<sup>25</sup>.

<sup>19</sup> International Atomic Energy Agency, *INES - The International Nuclear and Radiological Event Scale*, <http://www-ns.iaea.org/tech-areas/emergency/ines.asp> [9.04.2014].

<sup>20</sup> United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, *Health effects due to radiation from the Chernobyl accident, volume II*, [http://www.unscear.org/docs/reports/2008/11-80076\\_Report\\_2008\\_Annex\\_D.pdf](http://www.unscear.org/docs/reports/2008/11-80076_Report_2008_Annex_D.pdf), USA New York, 2011 [9.04.2014].

<sup>21</sup> *Międzynarodowa Skala Zdarzeń Jądrowych (INES)*, <http://www.atom.edu.pl/index.php/bezpieczenstwo/skala-ines.html>, [9.04.2014].

<sup>22</sup> J. Waluszko, dz. cyt., s. 17.

<sup>23</sup> G. Jezierski, dz. cyt., s. 423–424.

<sup>24</sup> J. Waluszko, dz. cyt., s. 17–18.

<sup>25</sup> Była to największa cywilna awaria jądrowa od wydarzenia w Czarnobylu w 1986 roku. Materiał radioaktywny został uwolniony z uszkodzonej elektrowni, ewakuowano dziesiątki tysięcy ludzi. Zob. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, *The Fukushima-Daiichi nuclear power plant accident – UNSCEAR's assessment of levels and effects of radiation exposure due to the nuclear accident after the 2011 great*

Jak można zauważyć, problemy energetyki jądrowej nie wynikają wyłącznie z posiadania elektrowni jądrowych. W Polsce również dochodziło do wypadków, m.in. w latach 1964, 1976, 1977. Najgłośniejszy miał miejsce w 1979 roku w Instytucie Badan Jądrowych w Świerku, kiedy w wyniku eksperymentu doszło do wyłączenia chłodzenia, co doprowadziło do gwałtownego rozszczepienia materiału paliwowego i znacznego wzrostu promieniotwórczości oraz skażenia budynku i jego okolicy. Pracowników o incydencie nie poinformowano, został zatajony<sup>26</sup>.

Oprócz katastrof i mniejszych awarii, energetyka jądrowa ma do czynienia również z problemem składowania odpadów radioaktywnych. Z uwagi na stan skupienia wyróżnia się opady stałe, ciekłe i gazowe, z których ciekłe występują najczęściej. Powstają m.in. z procesu chłodzenia rdzenia reaktora w wodzie, będącej w obiegu całej konstrukcji, stanowiąc 15% wszystkich izotopów promieniotwórczych z tej produkcji. Przy przerobieniu paliwa uranowo-plutonowego z średniej wielkości elektrowni (np. o mocy 1300MW) powstaje około 200 m<sup>3</sup> stałych odpadów radioaktywnych<sup>27</sup>. W świecie nie wynaleziono jeszcze sposobu dobrej utylizacji, tak więc stosuje się jak najmniej szkodliwe procesy składowania tych substancji (oficjalnie) lub też niejednokrotnie spotykane jawne zrzuty tychże materiałów np. do mórz czy oceanów. Oficjalnie materiały stałe, ciekłe – niepalne są prasowane i zamknięte w szczelnie dopasowanym bloku betonowym. Taki blok zakopuje się częściowo w ziemi. Tym samym dobrze zbudowana osłona nie stanowi bezpośrednio niebezpieczeństwa dla otoczenia środowiska naturalnego, nawet w przypadku uszkodzenia<sup>28</sup>.

Problem stanowi przechowywanie ciekłych materiałów promieniotwórczych, które są gromadzone w cylindrycznych zbiornikach, wykonanych ze stali szlachetnej. Przewiduje się, że zbiornik może przetrwać w nienaruszonym stanie od 20 do 30 lat. Niestety, działanie czynników atmosferycznych i glebowych (kiedy zbiornik zanurzony jest częściowo w ziemi) może sprzyjać korozji, co grozi niebezpieczeństwem<sup>29</sup>. Ostateczne składowiska dla wypalonego i zużytego paliwa jądrowego (w tym także opadów chłodzących) to składowiska nadziemne, podziemne lub w głębokich formacjach geologicznych – stosowanych do wysokoaktywnych odpadów. Obecnie na świecie nie przewiduje się stworzenia dużego składowiska odpadów. Każdy kraj chce indywidualnie przyjrzeć się kosztom utylizacji oraz ewentualnej, możliwie całkowitej degradacji takich odpadów<sup>30</sup>. Stworzenie optymalnego sposobu utylizacji skupia się przede wszystkim na projektach konstrukcji, która zapewniłaby ochronę przed promieniowaniem i skażeniem do momentu całkowitego

---

*east-japan earthquake and tsunami*, <http://www.unscear.org/unscear/en/fukushima.html>, [10.04.2014].

<sup>26</sup> J. Waluszko, dz. cyt., s. 18.

<sup>27</sup> Z. Celiński, dz. cyt., s. 270–272.

<sup>28</sup> Tamże, s. 272.

<sup>29</sup> Tamże, s. 276–277.

<sup>30</sup> G. Jezierski, dz. cyt., s. 383.

spadku aktywności danego pierwiastka radioaktywnego<sup>31</sup>. Jednak nie można przewidzieć, na jakie produkty rozpadnie się jądro uranu – według wyników przeprowadzonych dotychczas badań takich możliwości jest ok. 170<sup>32</sup>.

### Zalety produkcji energii elektrycznej w elektrowniach jądrowych

Mimo przedstawionych wad, energetyka jądrowa posiada również pozytywne aspekty produkcji komercyjnej. Odnosząc się do podstawowych źródeł energii elektrycznej, uzyskiwanej z przerobu węgla kamiennego i innych surowców naturalnych, napotykamy na skutki nieodwracalne dla środowiska i dla ludzi: zmiany klimatu, maksymalne wydobycie kopalni (wyczerpanie się zasobów), degradacja powietrza i lasów, zakwaszenie wód pitnych, toksyczne zanieczyszczenia gruntów rolnych i skażenia wód gruntowych (żużel, węgiel, olej), a także przymusowe wysiedlenia ludności, utrata prywatnych gruntów, wszelkiego rodzaju awarie (tamy, np. Witka-Turów, 2010 r.).

Zestawiając ze sobą kilka produktów, które wytwarzają energię elektryczną, wiemy, że z jednego kg drewna opałowego wygenerować można 1 kWh, 1 kg węgla kamiennego – 3 kWh, 1 kg oleju – 4 kWh, a 1 kg uranu – aż 50 000 kWh (co w przeliczeniu na przerób rdzenia energetycznego wynosi: 3 500 000 kWh)<sup>33</sup>. W elektrowni jądrowej w krótkim czasie z 1 kg uranu wyprodukować można 1 166 666 (6) razy więcej kilowatogodzin energii elektrycznej w porównaniu ze spalaniem kilograma węgla kamiennego. Z ekonomicznego punktu widzenia jedna elektrownia atomowa w Polsce mogłaby zaspokajać potrzeby 4 mln mieszkańców. Ekonomika energetyki jądrowej polega na wyprodukowaniu energii w krótszym czasie w porównaniu z produkcją energii w elektrowniach węglowych<sup>34</sup>.

Problem globalnego ocieplenia jest jednym z największych wyzwań XXI wieku. W produkcji energii elektrycznej w reaktorach jądrowych nie trzeba się obawiać emisji CO<sub>2</sub> (do struktury powietrza uwalniana jest para wodna) do atmosfery. W kwestii ekologicznej pojawia się jednak problem składowania odpadów radioaktywnych, a elektrownie jądrowe nie są w stanie przeciwdziałać efektowi cieplarnianemu na taką skalę, aby poprawić kondycję układów klimatycznych<sup>35</sup>. Niemniej

---

<sup>31</sup> Czas połowicznego rozpadu (zaniku), to potocznie czas życia izotopu promieniotwórczego; czas, po jakim aktywność danego izotopu (radionuklidu) spadnie do połowy swej początkowej wartości. Zob. *Czas połowicznego zaniku*, [w:] *Popularna encyklopedia powszechna*, t. 3, red. L. Czopek, Wydawnictwo Fogra, Kraków 1994, s. 251.

<sup>32</sup> E. Skrzypczak, Z. Szefliński, *Wstęp do fizyki jądra atomowego i cząstek elementarnych*, WN PWN, Warszawa 1997, s. 113–120.

<sup>33</sup> *Nuclear Power Advantages – Limited Environmental Impacts*, <http://www.iaea.org/Publications/Booklets/Development/devnine.html> [12.04.2014].

<sup>34</sup> *Nuclear Energy's Economic Benefits – Current and Future*, Washington 2013, <http://www.nei.org/CorporateSite/media/filefolder/economicbenefitscurrentfuture.pdf?ext=.pdf> [12.04.2014].

<sup>35</sup> F.Ch. Matthes, *Energia atomowa, a zmiana klimatu*, [w:] *Energia jądrowa: mit i rzeczywistość...*, s. 333, 381–382.

jednak ekonomika produkcji energii elektrycznej w reaktorach jądrowych przewyższa znacznie produkcję energii pochodzącej z innych źródeł. Zwiększa się tzw. dyspozycyjność (zdolność do wyprodukowania zamierzonej ilości energii elektrycznej w danym czasie) elektrowni, m.in. poprzez zmniejszenie wyłączeń reaktorów czy przeładunek paliw<sup>36</sup>.

## Sytuacja w Polsce

W Polsce pierwszy reaktor jądrowy został uruchomiony w 1958 roku w Świerku i służył do przeprowadzania badań fizyki reaktorów<sup>37</sup>. Planowano także uruchomić pierwszą elektrownię, a do 2000 roku zakładano powstanie kilku, o mocy równej 6 tys. MW<sup>38</sup>. Sytuacja w Polsce stała się kontrowersyjna w latach 1985–1990, kiedy to starano się wdrożyć energetykę jądrową, a na miejsce budowy elektrowni wybrano Żarnowiec. Był to okres dość burzliwy, ponieważ po awarii reaktora w Czarnobylu w 1986 roku, początkowo zatajonej przed społeczeństwem (kilka dni po katastrofie w miejscowości Mikołajki czynniki wykrywające stężenie radioaktywne potwierdziły, że gdzieś musiała nastąpić awaria), liczne grupy występowały przeciw wdrażaniu energetyki jądrowej w kraju, powołując się przede wszystkim na skutki awarii w Czarnobylu<sup>39</sup>. Obecnie rząd podjął uchwałę o budowie pierwszej elektrowni atomowej do roku 2025, zakładając, że konstrukcja zawierać będzie 2–3 bloki energetowórcze<sup>40</sup>. Program budowy elektrowni jądrowej obejmuje założenia i potwierdzenia o bezpieczeństwie funkcjonowania, ochronie środowiska oraz umiejętnym składowaniu i recyklingu paliwa uranowego. Bezpieczeństwo opierać się będzie na konstrukcji bloków IV generacji, niwelującej ryzyko wystąpienia awarii do minimum<sup>41</sup>. W razie jakichkolwiek problemów w funkcjonowaniu, bloki reaktora będą wyposażone w systemy awaryjne, które umożliwią wczesne ostrzeganie pracowników. Ewakuacja ludności w obrębie elektrowni nie będzie koniecznością w przypadku wystąpienia awarii i promieniowania (radioaktywność powinna zatrzymać się wewnątrz i nie będzie możliwości, aby rozprzestrzeniła się do środowiska naturalnego)<sup>42</sup>.

---

<sup>36</sup> G. Jezierski, dz. cyt., s. 507.

<sup>37</sup> *Korzenie NCBJ: historia Instytutu Badań Jądrowych (1955–1982)*, <http://www.ncbj.gov.pl/node/5> [12.04.2014].

<sup>38</sup> Ł. Koszuc, *Kadry dla energetyki jądrowej*, [http://www.atomowyautobus.pl/referaty/kadry\\_ref.pdf](http://www.atomowyautobus.pl/referaty/kadry_ref.pdf) [12.04.2014].

<sup>39</sup> J. Waluszko, dz. cyt., s. 22, 36–61.

<sup>40</sup> *Jest decyzja: W Polsce powstanie elektrownia atomowa*, 29-01-2014, <http://polska.newsweek.pl/elektrownia-jadrowa-w-polsce-newsweek-pl,artykuly,279748,1.html> [12.04.2014].

<sup>41</sup> K. Borowski, *Energetyka jądrowa – perspektywy rozwoju w Polsce*, Biuro Analiz Sejmowych, Warszawa 2007, nr 10, s. 1–2.

<sup>42</sup> *Współpraca międzynarodowa w dziedzinie bezpieczeństwa elektrowni jądrowych*, <http://www.atomistyka.pl/energetyka/bezpieczenstwo.html> [9.04.2014].



## Zakończenie

Reasumując, umiejętne wykorzystanie reaktorów jądrowych może przynieść wiele korzyści dla społeczeństwa, przede wszystkim zachowanie źródeł energii i złóż, których deficyt przewiduje się do końca tego stulecia (np. węgiel). Terroryzm, katastrofy i większe awarie, składowanie odpadów radioaktywnych to uzasadnione, potwierdzone przykładami obawy społeczeństwa, które skutecznie przysłaniają dobre strony energetyki jądrowej. Katastrofa w Czarnobylu przyczyniła się do zaangażowania organizacji ekologicznych, które umiejętnie starają się sterować społeczeństwem, podkreślając minusy, nie dostrzegając plusów stworzenia alternatywnego źródła energii. Światowa innowacja zakłada stworzenie elektrowni bezpieczniejszych i wydajniejszych. Prace nad polepszeniem bezpieczeństwa trwają przez cały czas. Dobrze zbudowane, modernizowane i umiejętnie wykorzystywane źródło, jakim jest energia jądrowa, jest gwarantem, że nie wystąpi poważna awaria. Bariery bezpieczeństwa najnowocześniejszych elektrowni (m.in. w Niemczech) zapewniają ochronę przed zamachami terrorystycznymi. Nie istnieje jednak jednoznaczna odpowiedź na pytanie, czy funkcjonowanie elektrowni atomowych jest bezpieczne.

## Bibliografia

- Borowski K., *Energetyka jądrowa – perspektywy rozwoju w Polsce*, Biuro Analiz Sejmowych, Warszawa 2007, nr 10
- Celiński Z., *Energetyka jądrowa*, PWN, Warszawa 1991
- Froggatt A., *Typy reaktorów komercyjnych oraz ich wady*, [w:] *Energia jądrowa: mit i rzeczywistość. O zagrożeniach związanych z energią jądrową i jej perspektywach w przyszłości*, red. D. Szwed, Wydawnictwo ARIES, Warszawa 2006
- International Atomic Energy Agency, *INES – The International Nuclear and Radiological Event Scale*, <http://www-ns.iaea.org/tech-areas/emergency/ines.asp> [9.04.2014]
- Jezierski G., *Energia atomowa wczoraj i dziś*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2005
- Jest decyzja: W Polsce powstanie elektrownia atomowa*, <http://polska.newsweek.pl/elektrownia-jadrowa-w-polsce-newsweek-pl,artykuly,279748,1.html>, 29-01-2014 [12.04.2014]
- Korzenie NCBJ: historia Instytutu Badań Jądrowych (1955–1982)*, <http://www.ncbj.gov.pl/node/5> [12.04.2014]
- Koszuk Ł., *Kadry dla energetyki jądrowej*, [http://www.atomowyautobus.pl/referaty/kadry\\_ref.pdf](http://www.atomowyautobus.pl/referaty/kadry_ref.pdf) [12.04.2014]
- Matthes F. Ch., *Energia atomowa, a zmiana klimatu*, [w:] *Energia jądrowa: mit i rzeczywistość. O zagrożeniach związanych z energią jądrową i jej perspektywach w przyszłości*, red. D. Szwed, Wydawnictwo ARIES, Warszawa 2006
- Międzynarodowa Skala Zdarzeń Jądrowych (INES)*, <http://www.atom.edu.pl/index.php/bezpieczenstwo/skala-ines.html> [9.04.2014]
- Nuclear Energy's Economic Benefits – Current and Future*, Washington 2013, <http://www.nei.org/CorporateSite/media/filefolder/economicbenefitscurrentfuture.pdf?ext=.pdf> [12.04.2014]
- Nuclear Power Advantages – Limited Environmental Impacts*, <http://www.iaea.org/Publications/Booklets/Development/devnine.html> [12.04.2014]
- Paska J., *Elektrownie jądrowe*, WPW, Warszawa 1990

- Skrzypczak E., Szepliński Z., *Wstęp do fizyki jądra atomowego i cząstek elementarnych*, PWN, Warszawa 1997
- Stan energetyki jądrowej na świecie*, <http://www.atom.edu.pl/index.php/component/content/article/74-energetyka-jadrowa-na-swiecie/104-stan-energetyki-jadrowej-na-swiecie.html> [30.03.2014]
- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, *Health effects due to radiation from the Chernobyl accident, volume II*, USA New York, 2011 [http://www.unscear.org/docs/reports/2008/11-80076\\_Report\\_2008\\_Annex\\_D.pdf](http://www.unscear.org/docs/reports/2008/11-80076_Report_2008_Annex_D.pdf) [9.04.2014]
- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, *The Fukushima-Daiichi nuclear power plant accident - UNSCEAR's assessment of levels and effects of radiation exposure due to the nuclear accident after the 2011 great east-Japan earthquake and tsunami*, <http://www.unscear.org/unscear/en/fukushima.html> [10.04.2014]
- Waluszko J., *Protesty przeciwko budowie elektrowni jądrowej Żarnowiec w latach 1985–1990*, Wydawnictwo IPN, Gdańsk 2013
- Współpraca międzynarodowa w dziedzinie bezpieczeństwa elektrowni jądrowych*, <http://www.atomistyka.pl/energetyka/bezpieczenstwo.html> [9.04.2014]

## Public concerns and the safety of nuclear power plants

### Abstract

The safety of nuclear power plants is a very contentious topic. In its content, this article contains some major pros and cons of nuclear energy operating in the world. Drawbacks include mainly negative externalities for natural environment, for example: economic consequences after reactor accidents, storage of nuclear fuel, often inexperienced management of the plant or danger of possible terrorist attacks. The most important, positive factor affecting the prospect of growth of nuclear power is its economics – that is to say, to produce a large quantity an electrical energy in short time and moreover lack of CO<sub>2</sub> emission – the by-product is an emission of steam. Economic policy assumes that building nuclear power plants should be based on the newest technology, which will ensure maximum safety of produced an electrical energy. Countries have to ensure that situations similar to the one in Chernobyl in 1986 will not happen again.

**Słowa kluczowe:** energetyka na świecie, elektrownie atomowe, katastrofy ekologiczne, awarie jądrowe

**Key words:** world power industry, nuclear power plants, environmental disasters, nuclear accidents

### Justyna Rokitowska

lic. pedagogiki, studentka studiów magisterskich na kierunku pedagogika o specjalności edukacja dla bezpieczeństwa i zarządzanie kryzysowe w Instytucie Bezpieczeństwa i Edukacji Obywatelskiej Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie