

Rola energetyki jądrowej w bilansie energetycznym świata

Zarówno wzrost liczby ludności, jak i dążenie do podniesienia standardu życia w krajach rozwijających się spowoduje znaczny wzrost konsumpcji energii. Zapotrzebowanie na energię elektryczną rośnie dwa razy szybciej niż ogólne zużycie energii (szacuje się, iż wzrośnie od 69% do 80% pomiędzy 2011 a 2035 r.) [25]. Zwiększone zapotrzebowanie na energię elektryczną jest zdecydowanie największe w Azji (roczny wzrost średnio 3,6% w skali roku). Chiny wyprzedziły Stany Zjednoczone w światowej konsumpcji energii i emisji CO₂. Około 42% wykorzystywanej energii pierwotnej zostaje przekształcone w energię elektryczną. W kolejnych dwóch dekadach świat będzie potrzebował znacznie zwiększonej podaży energii elektrycznej, szczególnie wytwarzanej w sposób nieemisyjny. Zmiany klimatu zmuszają do przewartościowania dotychczasowego modelu globalnego systemu energetycznego, opartego na intensywnym wykorzystaniu paliw kopalnych. Uwarunkowania te stwarzają szansę dla rozwoju energetyki jądrowej, najbardziej przyjaznego dla środowiska sposobu wytwarzania energii elektrycznej na dużą skalę (brak emisji gazów cieplarnianych w tym dwutlenku węgla). Dodatkowo, energetyka jądrowa zapewnia stabilne źródło dostaw prądu dużej mocy, przez co idealnie odpowiada na trend wzrostu urbanizacji na świecie.

Współcześnie prawie 2/3 ludności świata zamieszkuje kraje, w których są eksploatowane lub planowane elektrownie jądrowe, zaś energia jądrowa odgrywa bardzo istotną rolę w światowym łańcuchu dostaw energii elektrycznej. Według *Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej* (MAEA) z początkiem 2016 r. elektrownie jądrowe działały w 30 krajach świata (oraz na Tajwanie), w których podłączonych do sieci było 444 reaktorów o łącznej mocy 386 GW, a kolejne 64 jednostek o łącznej mocy 68 GW znajdowało się w różnych stadiach budowy w 15 państwach (blisko 2/3 w Chinach, Indiach i Rosji) [18, s. 46]. MAEA przewiduje, że do 2050 r. największy wzrost mocy zainstalowanej będzie miał miejsce w państwach już eksploatujących elektrownie jądrowe (głównie w Azji) [5, s. 17]. Większość współczesnych reaktorów jest budowanych w czasie krótszym niż 5–7 lat, przy czym kilka lat jest niezbędne na uzyskanie wstępnych zezwoleń przed rozpoczęciem budowy.

Energetyka jądrowa stanowi uznaną część światowego *energy mix* z 11-procentowym udziałem (22.752 TWh) w światowej produkcji energii elektrycznej (wobec 40,3% udziału węgla, 5% ropy naftowej, 22,4% gazu ziemnego i 16,5% hydroenergetyki, 4,8% innych źródeł) [25]. W wysoko rozwiniętych krajach OECD udział energetyki jądrowej sięga nawet 21% generowanej energii elektrycznej. W 2014 r. pięć państw: Stany Zjednoczone, Francja, Rosja,

Korea Południowa i Chiny – wyprodukowało aż 60% energii elektrycznej z energii jądrowej w skali światowej [12]. Elektrownie jądrowe w Ameryce Północnej i Ameryce Łacińskiej działają w Stanach Zjednoczonych, Kanadzie, Argentynie, Brazylii i Meksyku. Na Dalekim Wschodzie i w Azji Południowej są w Chinach, Japonii, Indiach, Pakistanie i Korei Południowej. W Unii Europejskiej 129 reaktorów dostarczyło w 2013 r. 27% energii elektrycznej w 14 krajach, najwięcej we Francji, bo niemal połowę. W Afryce jedyna elektrownia jądrowa działa w Republice Południowej Afryki. Na Bliskim Wschodzie rozwojem energetyki jądrowej na dużą skalę zainteresowane są Zjednoczone Emiraty Arabskie (cztery reaktory są w budowie) oraz Arabia Saudyjska. Arabia Saudyjska podpisała szereg umów o współpracy w zakresie cywilnych technologii jądrowych, m.in. z Argentyną (odsalanie), Koreą Południową (budowa elektrowni jądrowych i reaktorów badawczych, szkolenia, bezpieczeństwa i gospodarki odpadami). Po wielu latach budowy w Islamskiej Republice Iranu uruchomiono w 2008 r. pierwszy reaktor jądrowy, który zapewnia 1,5% produkcji energii elektrycznej tego kraju. Wiele krajów planuje budowę nowych elektrowni, m.in. Turcja, Wietnam, Indonezja, Malezja, Bangladesz, Iran, Syria, Izrael oraz pozostałe kraje Zatoki Perskiej, a także Egipt, Maroko, Tunezja i Nigeria). W UE w dziesięciu państwach członkowskich przewiduje się budowę nowych projektów, m.in. w Czechach, na Węgrzech, w Wielkiej Brytanii, Rumunii, na Litwie, przy czym cztery reaktory są już budowane w Finlandii, we Francji i na Słowacji.

W przeszłości w rozwoju energetyki jądrowej dominowały rozwinięte kraje Ameryki Północnej i Europy. Jednak rosnące zapotrzebowanie na energię w krajach spoza OECD sprawiło, że od lat dziewięćdziesiątych XX w. energetyka jądrowa stała się bardzo atrakcyjna dla Azji i krajów rozwijających się, gdzie zaawansowany jest proces inwestycyjny nowych jednostek¹.

Problemem pozostaje stan techniczny światowej floty jądrowej, albowiem średnia wieku reaktorów jądrowych w 2015 r. wyniosła blisko 30 lat. Pomimo dużej liczby krajów rozważających rozwój energetyki jądrowej nie należy oczekiwać skokowego rozwoju jej potencjału, a dynamicznego rozwoju cywilnego programu energetyki jądrowej w ciągu kolejnych dwóch/trzech dekad można jedynie spodziewać się w krajach „wschodzących”. Regionem, gdzie inwestycje w budowę nowych jednostek dynamicznie rosną, jest Azja, która w ostatnich dziesięcioleciach na wielką skalę pomnożyła zdolności nuklearne, a także Bliski Wschód, gdzie rozwój tej technologii wytwarzania energii (ale także odsalania wody morskiej) jest bardzo perspektywiczny. Wiosną 2016 r. w Chinach aż 22 reaktory znajdowały się w fazie budowy, zaś w Indiach 6, co łącznie stanowi 43% powstających na świecie jednostek [23].

Cywilny przemysł budowy reaktorów jądrowych narodził się z wojskowych programów zbrojeń atomowych. W pierwszych latach po II wojnie światowej energia jądrowa była wykorzystywana głównie do celów wojskowych (np. budowy ładunków nuklearnych, napędu łodzi podwodnych), szybko jednak rozpoczęto prace nad wykorzystaniem paliwa jądrowego do wytwarzania energii elektrycznej w elektrowniach czy elektrociepłowniach. Pierwszą generację reaktorów stanowiły konstrukcje przejęte z programów wojskowych, przystosowane do wymiany paliwa podczas pracy. Wdrożenie wykorzystania energii jądrowej na szeroką skalę wymagało wielu prac badawczych, m.in. polegających na budowie reaktorów eksperymentalnych i prototypowych². Z czasem technologia jądrowa znalazła szerokie zastosowanie do celów cywilnych: w medycynie (radioterapia), do produkcji

¹Spośród 438 reaktorów funkcjonujących na świecie połowa (186) pracuje w Europie, więcej niż jedna czwarta – w Ameryce Północnej, zaś pozostała ponad jedna czwarta – na Dalekim Wschodzie i w Azji Południowej. W Ameryce Łacińskiej i Afryce pracuje łącznie 9 reaktorów.

²W 1942 r. we Włoszech został uruchomiony pierwszy na świecie reaktor doświadczalny, zob. J. Malej, Bezpieczeństwo energetyczne świata a ochrona ekosfery: technologie odnawialnych źródeł energii, technologie jądrowe, termojądrowe i wodorowe, Koszalin 2009, s. 160–161.

ciepła technologicznego, centralnego ogrzewania, do odsalania wody, produkcji wodoru, uzdatniania ścieków przemysłowych. Po kryzysie naftowym z lat siedemdziesiątych XX w. energetyka jądrowa zyskała na popularności i stała się elementem bilansu energetycznego wielu krajów. Wprowadzenie do krajowych *energy mix* paliwa jądrowego uznano za bardzo korzystne z punktu widzenia bezpieczeństwa energetycznego i zapewnienia stabilności kosztów produkcji energii elektrycznej. Rozwój energetyki jądrowej został drastycznie zahamowany po awarii w Czarnobylu (kwiecień 1986), na skutek czego procesy inwestycyjne w sektorze energetyki jądrowej zostały znacznie zahamowane. Pierwsza i druga dekada XXI w. to głównie okres przedłużania czasu eksploatacji czynnych elektrowni jądrowych (do 50–60 lat) i systematyczny, aczkolwiek umiarkowany przyrost nowych inwestycji.

Energetyka czy broń? Implikacje upowszechniania cywilnych technologii jądrowych dla bezpieczeństwa międzynarodowego

Transfer jądrowego *know-how* do dużej liczby państw może prowadzić do podważania wysiłków nierozprzestrzeniania technologii jądrowej. Źródłem obaw jest fakt, iż technologia jądrowa to technologia tzw. podwójnego zastosowania (*dual use*), wykorzystywana do celów pokojowych, ale i wojskowych [6, s. 104]. Rosnące zapotrzebowanie na energię elektryczną prowadzi do upowszechnienia się rozmaitych, potencjalnie niebezpiecznych technologii z cywilnego cyklu energetyki jądrowej, które mogą znaleźć zastosowanie nie tylko pokojowe, ale i wojskowe, pomimo że kontrolowana produkcja oraz obrót takimi technologiami i materiałami jest nadzorowana. Podstawowym traktatem międzynarodowym, który ma temu zapobiegać, jest *Traktat o nieprolifracji broni jądrowej (Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons, NPT)*. Obliguje on sygnatariuszy do rezygnacji z broni jądrowej w zamian za dostęp do technologii wykorzystywanej do celów pokojowych. Traktat NPT, podpisany w 1968 r. (wszedł w życie 5 marca 1970 r.), jest najważniejszym prawnie wiążącym międzynarodowym zobowiązaniem, mającym na celu zapobieżenie rozprzestrzenianiu się broni jądrowej oraz technologii mogących służyć do jej skonstruowania (poza traktatem są: Izrael, Indie i Pakistan, a także Korea Północna). Oprócz międzynarodowego reżimu nieprolifracji istnieje szereg politycznych inicjatyw na rzecz kontroli współpracy międzynarodowej w zakresie ograniczenia dostępu do technologii jądrowych (kontrola eksportu). Służą temu m.in. działalność NSG, Wiedeńskiej Grupy Dziesięciu, a także Globalna Inicjatywa Zwalczenia Terroryzmu Nuklearnego czy Inicjatywa na rzecz nieprolifracji i rozbrojenia oraz tzw. Komitet 1540 (pomocnicze ciało RB NZ).

Współpraca jądrowa nasuwa pytanie: czy otrzymanie pomocy cywilnej nuklearnej w określonym czasie zwiększa prawdopodobieństwo zainicjowania lub rozwijania wojskowych programów, a w konsekwencji nawet budowy bomby jądrowej? Jeśli cywilny przemysł budowy reaktorów jądrowych narodził się z wojskowych programów zbrojeń atomowych, prowadzi to do wniosku, iż odwrócenie tego kierunku jest bardzo możliwe. Stwarza to jednak groźbę upowszechnienia się na świecie technologii jądrowych użytecznych militarnie. Poniższe przykłady historyczne potwierdzają tę hipotezę.

Indie. Użyły cywilnego reaktora badawczego dostarczonego przez Kanadę w 1950 r., aby przeprowadzić swoją pierwszą próbę atomową w 1974 r. Głównym powodem rozpoczęcia współpracy w dziedzinie energetyki jądrowej między Kanadą a Indiami było dążenie do wsparcia młodej demokracji oraz ograniczenie wpływu ZSRR, gdyż po wizycie Chruszczowa w 1955 r. Indie rozpoczęły powolny zwrot w kierunku ZSRR. Kanada ostrzegła Indie, że zbudowanie broni jądrowej zakończy współpracę obu krajów. Niemniej jednak współpraca była kontynuowana, mimo dowodów, że Indie dążyły do budowy broni jądrowej [5, s. 101]. Indie otwarcie krytykowały traktat NPT, gdyż zezwalał mocarstwom atomowym (Stany Zjednoczone, ZSRR, Wielka Brytania, Francja, Chiny) na posiadanie broni nuklearnej,

podczas gdy zabraniał tego innym, co w ocenie New Delhi było dyskryminujące. Mimo to Kanada sprzedała reaktor CIRUS – przeważały korzyści strategiczne, a politycy Kanadyjscy uzasadniali, że Kanada dostarcza technologii wyłącznie do pokojowego użycia, mimo że reaktor CIRUS wytwarzał pluton klasy wojskowej (pluton może być używany do reaktorów cywilnych, ale także jest ważnym komponentem broni jądrowej).

RPA. Amerykańska pomoc dla Republiki Południowej Afryki w ramach programu „Atom dla Pokoju” w zakresie cywilnego programu energetyki jądrowej, która rozpoczęła się w lipcu 1957 r., przyczyniła się do rozpoczęcia programu wojskowego w warunkach braku zagrożeń bezpieczeństwa. Amerykańskie wsparcie obejmowało również dostarczenie wysoko wzbogaconego uranu oraz szkolenia naukowców, co zaowocowało znaczącym postępem technologicznym w obszarze energii atomowej oraz rozwinięciem doświadczenia wśród kadry naukowej. Istniejąca od połowy lat sześćdziesiątych XX w. i systematycznie rozwijana cywilna infrastruktura jądrowa pozwoliła na skuteczny rozwój programu jądrowego. Podejrzewa się, że RPA przeprowadziła (prawdopodobnie przy współpracy z Izraelem) podmorskie testy atomowe 22 września 1979 r. na oceanie na południowy wschód od Afryki, zaobserwowane przez amerykańskiego satelitę zwiadowczego (jednak dotychczas ze względu na utajnienie większości materiałów dotyczących tego incydentu trudno jednoznacznie przesądzić o odpowiedzialności tych państw) [13]. Amerykański satelita Vela zarejestrował podwójny rozbłysk światła, charakterystyczny dla eksplozji jądrowej (ładunek o mocy 2 do 4 kiloton) nad Oceanem Indyjskim w rejonie Wyspy Księcia Edwarda. Amerykańskie CIA, *Defense Intelligence Agency* oraz *Los Alamos National Laboratories*, a także *Naval Research Laboratory* (który wykrył sygnały hydroakustyczne) uważają, że rzeczywiście przeprowadzono test jądrowy. Nie ma jednak co do tego dowodów, a szczegóły wydarzenia pozostają nadal utajnione. Ponieważ Republika Południowej Afryki do listopada 1979 r. nie posiadała kompletnego urządzenia jądrowego z wysoko wzbogaconym uranem (HEU), a także wystarczająco dużo materiału rozszczepialnego, by wyprodukować taki ładunek nuklearny, jest mało prawdopodobne, aby samodzielnie mogła być odpowiedzialna za zdarzenie. Eksperci spekulują jednak, iż w incydent zaangażowany był Izrael. Ze względu na utajnienie większości materiałów dotyczących tego przedsięwzięcia, trudno jednoznacznie przesądzić o odpowiedzialności tych państw, tym bardziej że powołany wówczas przez administrację prezydenta J. Cartera panel wybitnych ekspertów nie potrafił z całą pewnością stwierdzić, czy wykryte zjawisko było testem jądrowym. Mimo to z dużą dozą prawdopodobieństwa przypuszcza się, że miała miejsce próbna eksplozja nuklearna [19]. Dopiero na początku lat dziewięćdziesiątych XX w. RPA samodzielnie zdecydowała o rezygnacji z posiadania broni jądrowej (niszcząc swój arsenał) i przystąpiła do NPT.

Izrael. Innym przykładem cywilnej współpracy w zakresie energetyki jądrowej, która sprzyjała wytworzeniu broni jądrowej, była francuska „pomoc jądrowa” Izraelowi w latach 1958–1965, która zwiększyła zdolność Izraela do wytworzenia bomby atomowej. Współpraca Francja i Izraela to przykład kooperacji, w której decydujące były względy strategiczne, ponieważ jeden z motywów strony francuskiej stanowiło ograniczenie wspólnego dla obydwu krajów przeciwnika, czyli Egiptu. Izraelscy naukowcy wizytowali francuskie obiekty (m.in. w Saclay). W 1958 r. Izrael we współpracy z Francją uruchomił Nuklearne Centrum Badawcze Negew (*Negev Nuclear Research Center*), a reaktor atomowy zbudowano pod powierzchnią ziemi, podobnie jak instalację do produkcji plutonu, którą ukończono na przełomie 1964/1965 (potajemnie wykorzystywaną dla produkcji bomb atomowych) [1]. W 1958 r. także Wielka Brytania zgodziła się sprzedać Izraelowi 20 ton ciężkiej wody (ciężka woda to kluczowy składnik do produkcji plutonu). Kiedy uruchomiono reaktor w Dimona, Izrael zyskał

infrastrukturę do produkcji plutonu (zbudowany z istotną pomocą francuskich firm), który jest dla Izraela podstawowym materiałem do budowy broni jądrowej [18, s. 5]. Izrael nigdy oficjalnie nie potwierdził, że posiada broń atomową, ale też nigdy nie zaprzeczył. To jeden z trzech znaczących krajów, które nigdy nie były częścią Traktatu NPT, więc każda dostawa urządzeń jądrowych lub paliwa spoza kraju powinna zostać poważnie ograniczona.

Pakistan. Cywilny program jądrowy w Pakistanie został zainicjowany w połowie lat pięćdziesiątych XX w., w oparciu o pomoc Stanów Zjednoczonych, co zaowocowało budową małego reaktora badawczego i dostawami wzbogaconego uranu. Również dzięki wsparciu Kanady powstała elektrownia jądrowa w Karaczi, podłączona do sieci w 1971 r., a Pakistan otrzymał ciężką wodę i paliwo uranowe dla reaktora. Inne kraje zachodnioeuropejskie również poważnie zaangażowały się w pomoc Pakistanowi. Np. Wielka Brytania dostarczyła urządzenia do wydzielania plutonu w skali laboratoryjnej, zaś Francja i Belgia pomogły Pakistanowi w rozwoju „nowych laboratoriów”, w tym zakładu produkcji ciężkiej wody w Multan uruchomionego w 1980 r. Dzięki otrzymywaniu cywilnej pomocy nuklearnej (a także dzięki wsparciu tajnej sieci A.Q. Khana) Pakistan był w stanie zbudować własną bombę jądrową ze wzbogaconego uranu. W latach 1981–1986 Pakistan był także wspierany przez Chiny, które przekazały Pakistanowi wrażliwe technologie nuklearne, aczkolwiek chińska pomoc miała wyraźnie militarny charakter, gdyż dotyczyła materiałów i technologii stosowanych wyłącznie do celów wojskowych. 28 maja 1998 r. Pakistan z powodzeniem przeprowadził pierwsze testy nuklearne.

Inne kraje. Korea Północna, która otrzymała technologię budowy elektrowni atomowej od ZSRR, wykorzystywała reaktor badawczy, który przez lata wytwarzał pluton do celów wojskowych. Mimo nacisku dyplomatycznego Rady Bezpieczeństwa Narodów Zjednoczonych i społeczności międzynarodowej Korea Północna przeprowadziła kilkakrotne (2006, 2009, 2013, 2016) próby z bronią jądrową. Również Irak prowadził badania nad bombą jądrową, toteż w 1980 r. najpierw Irańczycy, a rok później w czerwcu 1981 r. izraelskie siły powietrzne zbombardowały cywilny iracki reaktor badawczy Tammuz-1 w Osirak (w zaawansowanej fazie budowy). W 2014–2015 r. rozmowy nuklearne P-5+1 z Iranem doprowadziły do porozumienia obejmującego ograniczenie irańskich zdolności wzbogacania uranu celem wyeliminowania obaw o to, że Teheran będzie gotów do budowy bomby.

Współcześnie ryzyko proliferacji technologii do celów wojskowych wzrasta głównie na Bliskim Wschodzie, gdzie energia jądrowa jest coraz częściej postrzegana jako niezbędny element koszyka energetycznego dla całego regionu. Dla importerów ropy (m.in. Egipt, Jordania) oferuje większe bezpieczeństwo energetyczne³. Bogate w ropę kraje arabskie, takie jak Arabia Saudyjska i Zjednoczone Emiraty Arabskie, także chcą zdywersyfikować swój koszyk energetyczny i dzięki energetyce jądrowej zwiększyć możliwości eksportu ropy naftowej. Równocześnie należy pamiętać, iż region ten jest jednym z najbardziej podatnych na konflikty na świecie⁴. Pierwszy reaktor na Bliskim Wschodzie w Zjednoczonych Emiratach Arabskich jest w ponad 75% ukończony (2015) i ma zostać uruchomiony w 2017 r. Krajem szczególnie zainteresowanym rozwojem cywilnej energetyki jądrowej jest Arabia Saudyjska, która planuje budowę szesnastu reaktorów jądrowych w ciągu najbliższych dwudziestu lat. W tym celu Arabia Saudyjska podpisała umowy o współpracy w zakresie energetyki jądrowej m.in. z Rosją, Koreą Południową, Francją, Węgrami, Stanami Zjednoczonymi i Chinami. Perspektywy rozwoju energetyki jądrowej w królestwie Saudów są zatem znaczące.

³Egipt wobec rosnącego krajowego zużycia ropy naftowej zmuszony jest importować produkty rafinacji.

⁴Przyczyny konfliktów wynikają przede wszystkim ze zróżnicowania religijnego, wewnętrznej niestabilności państw (autorytarne, długoletnie rządy), rywalizacji krajów zewnętrznych w regionie (m.in. Rosja, Chiny, USA), rozwoju ruchów terrorystycznych pod wpływem fundamentalizmu islamskiego, utworzenia państwa Izrael bez zgody bezpośrednio dotkniętej tą decyzją ludności arabskiej, czy też problemów z dostępem do wody pitnej).

Kraj ten posiada znaczące rezerwy zasobów finansowych, silny centralny ośrodek decyzji politycznych (monarchia), co ogranicza potencjalne demonstracje ekologów i organizacji środowiskowych. Ma też do dyspozycji wielkie przestrzenie pod lokalizację elektrowni. Pewnym problemem może okazać się niestabilność sejsmiczna półwyspu Arabskiego, gdyż miejsca stabilne geologicznie są pozbawione zasobów wody koniecznej do funkcjonowania elektrowni. W połowie drugiej dekady XXI w. Arabia Saudyjska wydaje się nie chcieć broni jądrowej, a przewaga broni konwencjonalnej i amerykańskie gwarancje bezpieczeństwa są wystarczające, by rozwiązać regionalne problemy i poczucie zagrożenia. Ryzyko związane z uruchomieniem programu wojskowego jest zbyt duże, albowiem jeśli program atomowy ujrzałby światło dzienne, kraj czekałyby sankcje, utrata zaufania sojuszników, prawdopodobnie likwidacja cywilnego programu jądrowego, a być może nawet konflikt militarny. Ryzyko, iż Saudowie zbudują broń jądrową, jest zatem ograniczone i nie ma twardych dowodów na to, że kraj przygotowuje się do programu wojskowego.

Saudyjczycy nie będą też podejmować prób krajowego wzbogacania paliwa jądrowego, gdyż naraziłoby to ich na zbyt duże kontrowersje związane z bronią jądrową. Niemniej jednak nie można wykluczyć, iż kraj, który zamierza osiąść zdolności technologiczne w sektorze produkcji energii elektrycznej ze źródeł atomowych, w przyszłości nie pokusi się o adaptację tego programu do celów wojskowych, tym bardziej że niektóre informacje potwierdzają atomowe ambicje Rijadu. Większość z tych spekulacji wynika z zarzutów przedstawionych przez Muhammada Khilewi, byłego dyplomatę saudyjskiego, który uciekł do Stanów Zjednoczonych w 1990 r. Ujawnił on tysiące stron dokumentów, rzekomo skopiowanych bezpośrednio z oficjalnych źródeł saudyjskich. Khilewi twierdził, że od 1975 r. Rijad dążył do posiadania broni nuklearnej. Utrzymywał, że po wojnie arabsko-izraelskiej w 1973 r. Arabia Saudyjska utworzyła tajne centrum programu badań jądrowych w odległej placówce wojskowej w pobliżu miasta Al-Sulayyil na południowy zachód od Rijadu. W 1998 r. w wywiadzie stwierdził również, że Arabia Saudyjska wydała miliony na wsparcie programów broni jądrowej Iraku i Pakistanu [12]. Rijad zaprzeczył prawdziwości tych oświadczeń, a większość ekspertów odrzuciła ich wiarygodność. Ponadto Saudowie mogliby nabyć broń z Pakistanu, gdyż królestwo wspierało finansowo projekt nuklearny Pakistanu (zachodnie agencje wywiadowcze uważają, że monarchia Saudów sfinansowała nawet do 60% programu nuklearnego Pakistanu, w zamian za możliwość zakupu głowic dla siebie w krótkim czasie) [20]. Wybudowanie broni samodzielnie, w oparciu o technologie cywilne, jest jednak bardzo realistyczne, o ile na taki krok zdecydowałby się w przyszłości Iran, wykorzystując własne cywilne jądrowe zaplecze technologiczne w celach wojskowych. Żaden z tych krajów obecnie nie zamierza wybudować bomby jądrowej, ale jeśli zmieniłyby się ogólne uwarunkowania bezpieczeństwa (np. jeśli Iran zbudowałby bombę atomową lub Izrael przeprowadziłby testy jądrowe), takiego scenariusza nie można wykluczyć, co więcej nabiera on dużego prawdopodobieństwa.

„Banki paliw”. W kierunku międzynarodowej kontroli cyklu paliwowego

Kraje zainteresowane energetyką jądrową nie są w stanie samodzielnie rozwinąć koniecznych zdolności (w szczególności produkcji paliwa jądrowego) i wymagają pomocy od rozwiniętych dostawców jądrowych. Bez posiadania podstawowej bazy technicznej i przemysłowej dla energetyki jądrowej rozwijanie programu wojskowego jest zbyt kosztowne. Jednak po uzyskaniu dostępu do wrażliwej technologii podwójnego zastosowania wzrasta ryzyko, iż może ona być wykorzystana do budowy arsenału jądrowego. Ekspansja cywilnych koncernów atomowych na globalnym rynku atomowym i promocja eksportu cywilnych technologii jądrowych są bardziej intensywnie niż kiedykolwiek, a eksperci nieprolifracji wskazują na konsekwencje potencjalnego eksportu technologii *dual use*, które

mogą być wykorzystane do budowy bomby atomowej w regionach podatnych na konflikty [6]. Rozproszenie wiedzy, materiałów i technologii jądrowych powoduje, że całkowite wyeliminowanie proliferacji technologii jądrowych nie jest możliwe. Tym bardziej nowe, elastyczne mechanizmy „kontrolowanej proliferacji” są niezbędne.

Należy wzmocnić operacyjną współpracę na rzecz przeciwdziałania użycia cywilnych technologii jądrowych do celów inne niż pokojowe. Rozwiązaniem prewencyjnym byłoby umiędzynarodowienie cyklu paliwowego poprzez utworzenie międzynarodowych konsorcjów – „banków paliw” niskowzbożonego uranu, celem zapewnienia zainteresowanym państwom gotowego do użycia paliwa do elektrowni, a po jego zużyciu odbiór i wymianę na nowe [16]. Wspólne przedsięwzięcia objęłyby zatem zarządzane centrami wzbogacania i przetwarzania paliwa jądrowego i miały zniechęcić państwa do budowania własnych zakładów wzbogacania uranu. Dostarczanie paliwa jądrowego przez koncerny międzynarodowe i odbiór paliwa ograniczyłoby ryzyko współpracy w cywilnej energetyce jądrowej. Międzynarodowe centra wzbogacania i przetwarzania paliwa jądrowego wzmocniłyby kontrolę w oparciu o zasadę wspólnych minimalnych zasad postępowania. Koncerny, które eksportują technologie jądrowe, podkreślają bezwarunkowość oddzielenia zastosowania cywilnego od militarnego. W praktyce jednak cywilna współpraca w dziedzinie energetyki jądrowej zwiększa ryzyko proliferacji, nawet jeśli w jej zakres nie wchodzi transfer technologii i zakładów wzbogacania i przetwarzania paliwa jądrowego.

Motywy współpracy w cywilnych technologiach jądrowych są różne. Mają źródło geostrategiczne – np. „Umowa 123” z 2008 r., umożliwiająca współpracę nuklearną między Stanami Zjednoczonymi i Indiami – lub ekonomiczne – niektóre kraje oferują pomoc w cywilnej energetyce jądrowej, gdyż jest to niezbędne, aby zapewnić przetrwanie i żywotność własnego przemysłu jądrowego. Pierwszy przykład potwierdza umowa parafowana przez prezydenta Busha 8 października 2008 r. i podpisana dwa dni później, 10 października, przez sekretarz stanu Condoleezzę Rice i ministra spraw zagranicznych Indii Pranaba Mukherjee w Waszyngtonie. Umowa, która dotyczyła współpracy w zakresie pokojowego wykorzystania energii nuklearnej (*United States-India Nuclear Cooperation Approval and Non-proliferation Enhancement Act*), umożliwiła m.in. amerykańskim firmom budowę reaktorów jądrowych w Indiach. Jest to kontrowersyjne, gdyż Indie nadal nie zostały stroną układu NPT, zaś sama umowa nie nakłada na nie wprost zobowiązania do rezygnacji z wojskowego programu nuklearnego, choć przeprowadzenie prób jądrowych w przyszłości będzie skutkować, zgodnie z amerykańskim prawem, wstrzymaniem handlu technologią jądrową. W aspekcie ekonomicznym przykładem jest choćby polityka Kanady, która eksportuje reaktory ze względu na zbyt małe zapotrzebowanie krajowe, tak by przemysł jądrowy miał ekonomiczne podstawy egzystencji [5, s. 47]. Aktywną promocję cywilnych technologii jądrowych ze względów ekonomicznych realizuje także Francja, gdzie decyzją prezydenta Sarkozy’ego 9 maja 2008 r. powołana została *Agence France Nucléaire International* (AFNI), odpowiedzialna za promocję handlu cywilnymi technologiami nuklearnymi i za wsparcie wysiłków na rzecz międzynarodowej współpracy w dziedzinie cywilnej energetyki jądrowej, zgodnie z najwyższymi normami bezpieczeństwa, nierozprzestrzeniania i ochrony środowiska [3]. Jednym z jej zadań jest oferowanie francuskich ekspertyz, konsultacji i doradztwa dla państw, które pragną przygotować swoje środowisko instytucjonalno-prawne, zasoby ludzkie i techniczne do rozwoju cywilnych technologii jądrowych. Podobnie jak Stany Zjednoczone, silny potencjał wytwórczy urządzeń dla energetyki jądrowej (w oparciu o takie koncerny, jak *Tokyo Electric Power Co.*, Hitachi czy Toshiba, Mitsubishi) posiada Japonia, która jest dostawcą wielu urządzeń dla energetyki jądrowej na skalę ogóln światową.

Ambicje eksportowe osiągnąć przemysłu jądrowego dynamicznie rozwija także Rosja, która nie wyklucza nawet ryzyka budowy elektrowni według modelu długoterminowej własności: zbuduj – bądź właścicielem – zarządzaj (*Build-Own-Operate*, BOO, tzn. będzie budowniczym, właścicielem i zarządzającym elektrownią). Międzynarodowym dostawcą technologii jądrowych stała się także Korea Południowa, która zawarła kontrakt na budowę czterech reaktorów jądrowych w Zjednoczonych Emiratach Arabskich.

Historia potwierdza, że każda forma cywilnej pomocy/współpracy nuklearnej zwiększa ryzyko proliferacji [7, s. 8]. Kraje, które otrzymały technologię wzbogacania i przetwarzania paliwa jądrowego, wcześniej czy później okazywały się bardziej skłonne do wytworzenia bomby atomowej. Pokojowa współpraca (proliferacja) nuklearna jest powiązana przyczynowo-skutkowo ze względu na podwójną naturę zastosowania technologii jądrowej i *know-how*.

Społeczność międzynarodowa podejmuje wysiłki na rzecz skutecznego zapobieżenia proliferacji atomowej. Reżimy kontrolne i polityczne inicjatywy nieproliferaacji (mające swoje umocowanie w art. III 2 NPT) stanowią specyficzną formę międzynarodowej redukcji dostępu do technologii jądrowych. Dotychczasowe funkcjonowanie reżimu nieproliferaacji potwierdza słabość w szczególności funkcji kontrolnej Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (MAEA). Do końca lat osiemdziesiątych XX w. wysiłki MAEA na rzecz wykrycia nielegalnej produkcji materiałów rozszczepialnych, które mogłyby być wykorzystywane do celów wojskowych, były ograniczone. Dopiero w latach dziewięćdziesiątych XX w. Agencja zaczęła częściej korzystać z przepisów o „szczególnym prawie kontroli” wobec umów i instalacji, które mogą zawierać niezadeklarowany materiał. W efekcie rozpoczęto realizację specjalnych inspekcji kontrolnych w miejscach, gdzie pojawiały się wątpliwości odnośnie do nielegalnego wykorzystywania materiałów rozszczepialnych lub nielegalnej działalności. Współcześnie MAEA nadal nie jest zdolna do wykrycia wystarczająco wcześnie tajnych zakładów lub instalacji i wymaga głębokiej reformy oraz rozszerzenia kompetencji kontrolnych. Wspólne podejście (MNA, *multilateral nuclear approaches*) nie jest panaceum na wszystkie wyzwania związane z udostępnianiem cywilnych technologii energetyki jądrowej. MNA są instrumentem oddzielenia pokojowego od wojskowego wymiaru cyklu paliwowego, a także poprawiają transparentność powiązań między dostawcami technologii a krajami aspirującymi do jej rozwoju [15, s. 118]. Mogą skłaniać do rezygnacji z własnych zakładów wzbogacania i przetwarzania paliwa w państwach rozwijających energetykę jądrową. Podejście MNA nie daje jednak całkowitej pewności, że kraje importujące paliwo uranowe – szczególnie kraje, które mają bardzo rozbudowaną infrastrukturę i doświadczenie w sektorze energetyki jądrowej, nie podejmą się w przyszłości samodzielnej polityki wzbogacania (np. Korea Południowa, czy Japonia), aczkolwiek znacząco takie ryzyko obniżają. Prowadzi to do wniosku, że potrzeba głębokiej reformy międzynarodowego reżimu nieproliferaacji, poprzez nadanie większego rygoru procedurom kontrolnym i ściślejszej dobrowolnej współpracy wszystkich państw członkowskich z inspektorami Agencji.

Wnioski

- Energia jądrowa jest stabilnym źródłem nieemisyjnej energii elektrycznej i odgrywa istotną rolę w światowym bilansie elektroenergetycznym. Zmiany klimatyczne i problem globalnego ocieplenia wzmacniają perspektywę rozwoju energetyki jądrowej. Ożywienie zainteresowania energetyką jądrową w krajach Azji i Bliskiego Wschodu oznacza zarówno duży i na szeroką skalę wzrost mocy w krajach, które posiadają aktualnie ograniczoną infrastrukturę jądrową (Chiny, Indie, RPA), jak i wprowadzenie reaktorów do krajów, które nie mają doświadczenia z energetyką jądrową (takich, jak m.in. ZEA, Turcja, Wietnam, a w przyszłości Arabia Saudyjska). Niemal żaden z krajów aspirujących nie jest zdolny zbudować i operować elektrownią jądrową bez zagranicznej pomocy.

• Współpraca nuklearna rodzi problem niekontrolowanego transferu urządzeń i wiedzy i nie musi, ale może prowadzić do „kaskady proliferacji” technologii podwójnego zastosowania, dlatego wzmocniona kontrola jest konieczna, by powstrzymać nowych cywilnych odbiorców i użytkowników jądrowych przed rozwojem ich działań nuklearnych w celach innych niż pokojowe. Dostęp do cywilnych technologii jądrowych jest kwestią bardzo wrażliwą, albowiem łatwo mogą być one wykorzystane do celów wojskowych. Dlatego tak ważne jest zaostrzenie formalnych procedur i politycznych instrumentów międzynarodowego reżimu nieprolifacji. Jednym z proponowanych działań jest komercjalizacja dostaw paliwa jądrowego, co jednak wymagałoby stworzenia międzynarodowego rynku jego dostaw. Tzw. banki paliwa jądrowego (nisko wzbogaconego) ograniczyłyby dostęp do technologii cyklu paliwowego i możliwości wykorzystania cywilnych komponentów w celach militarnych.

• Warunkiem rozwoju cywilnej energetyki jądrowej jest zwiększenie efektywności reżimu kontroli NPT, w tym uzyskanie zgody krajów aspirujących do programu atomowego na rygorystyczne inspekcje międzynarodowych funkcjonariuszy MAEA. Równocześnie stabilne dostawy paliwa do reaktorów atomowych celem ograniczenia możliwości produkcji ładunku do bomb powinny realizować międzynarodowe konsorcja, pod ścisłą kontrolą międzynarodową, co wpisuje się w koncepcję *global energy governance*. Szczegóły wypracowania tej koncepcji pozostają otwarte, aczkolwiek istnieje postęp w postaci pierwszego na świecie banku MAEA nisko wzbogaconego uranu (IAEA Low Enriched Uranium Bank, IAEA LEU), który został utworzony 27 sierpnia 2015 r. na mocy porozumienia Agencji z Kazachstanem.

1. *Atomowa pomoc*, BBC, 4.08.2005, http://www.bbc.co.uk/polish/worldnews/story/2005/08/050804_israel_nuclear.shtml (dostęp: 22 sierpnia 2015).
2. *CO₂ emissions from fuel combustion*, OECD/IEA, International Energy Statistics, Highlights 2015.
3. *Création d'une agence France nucléaire internationale*, Représentation permanente de la France auprès de l'Office des NU et des Organisations internationales à Vienne, <http://www.delegfrance-onu-vienne.org/Creation-d-une-agence-France> (dostęp: 15 stycznia 2015).
4. *Czy energetyka jądrowa jest bezpieczna dla środowiska?* Ministerstwo Gospodarki, 26.04.2012, http://poznajatom.pl/poznaj_atom/czy_energetyka_jadrowa_jest_be,185 (dostęp: 25 maja 2015).
5. *Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2050*, Reference data series No 1, 2013 Edition, IAEA 2013, s. 17.
6. Fuhrmann M., *Atomic Assistance. How „Atoms for Peace” Programs Cause Nuclear Insecurity*, Cornell University Press 2012.
7. Fuhrmann M., *Preventive War and the Spread of Nuclear Programs*, w: *Moving Beyond Pretense: Nuclear Power and Nonproliferation*, Jun 2014.
8. Fuhrmann M., *Spreading Temptation. Proliferation and Peaceful Nuclear Cooperation Agreements*, International Security, vol. 34, No 1, Summer 2009.
9. Lindsey R., *How much will Earth warm if carbon dioxide doubles pre-industrial levels?*, National Oceanic and Atmospheric Administration, January 24, 2014, <https://www.climate.gov/news-features/climate-qa/how-much-will-earth-warm-if-carbon-dioxide-doubles-pre-industrial-levels> (dostęp: 10 stycznia 2016).
10. Młynarski T., *Francja w procesie uwspólnotowienia bezpieczeństwa energetycznego i polityki klimatycznej Unii Europejskiej*, Kraków 2013, s. 265–266.
11. Młynarski T., Tarnawski M., *Źródła energii i ich znaczenie dla bezpieczeństwa energetycznego w XXI wieku*, Warszawa 2016.
12. *Operational & Long-Term Shutdown Reactors*, IAEA 2015, www.iaea.org (dostęp: 16 stycznia 2016).
13. *Operational Reactors by Age*, International Atomic Energy Agency (IAEA) – Power Reactor Information System, <https://www.iaea.org/PRIS/WorldStatistics/OperationalByAge.aspx> (dostęp: 15 stycznia 2016).

14. *Saudi Arabia*, The Nuclear Threat Initiative (NTI), September 2015, <http://www.nti.org/country-profiles/saudi-arabia>, (dostęp: 15 stycznia 2016).
15. *South Africa Nuclear*, The Nuclear Threat Initiative (NTI), September 2015, <http://www.nti.org/country-profiles/south-africa/nuclear> (dostęp: 15 stycznia 2016).
16. Sovacool B.K., Valentine A.V., *The National Politics of Nuclear Power*, Routledge, New York 2012.
17. Stulberg A.N., *Internationalization of Fuel Cycle and the Nuclear Energy Renaissance. Confronting the credible commitment problem, w: The Nuclear Renaissance and International Security*, red. A.N. Stulberg, M. Fuhrmann, 2013.
18. *The Database on Nuclear Power Reactors*, IAEA Power Reactor Information System, <https://www.iaea.org/PRIS/home.aspx> (dostęp: 9 maja 2016).
19. *The IAEA LEU Bank*, <https://www.iaea.org/ourwork/leubank> (dostęp: 10 stycznia 2016).
20. *The Saudis are ready to go nuclear*, The Telegraph, Jun 8 2015, <http://www.telegraph.co.uk/news/worldnews/middleeast/saudi-arabia/11658338/The-Saudis-are-ready-to-go-nuclear.html> (dostęp: 9 maja 2016).
21. *Tracking Clean Energy Progress 2015. Energy Technology Perspectives 2015 Excerpt IEA Input to the Clean Energy Ministerial*, International Energy Agency, OECD/IEA, 2015.
22. Ullom J., *Enriched uranium versus plutonium: proliferant preferences in the choice of fissile material*, The Nonproliferation Review/Fall 1994, <http://cns.miis.edu/npr/pdfs/ullom21.pdf> (dostęp: 22 września 2015).
23. *Under Construction Reactors*, IAEA, <https://www.iaea.org/PRIS/WorldStatistics/UnderConstructionReactorsByCountry.aspx> (dostęp: 9 maja 2016).
24. Weiss L., *The 1979 South Atlantic Flash: The Case for an Israeli Nuclear Test*, Center for International Security and Cooperation Stanford University, 2011, http://www.npolicy.org/article_file/The_1979_South_Atlantic_Flash__The_Case_for_an_Israeli_Nuclear_Test.pdf (dostęp: 15 stycznia 2016).
25. *World Energy Needs and Nuclear Power*, World Nuclear Association, December 2015, <http://www.world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/world-energy-needs-and-nuclear-power.aspx> (20 kwietnia 2016).