

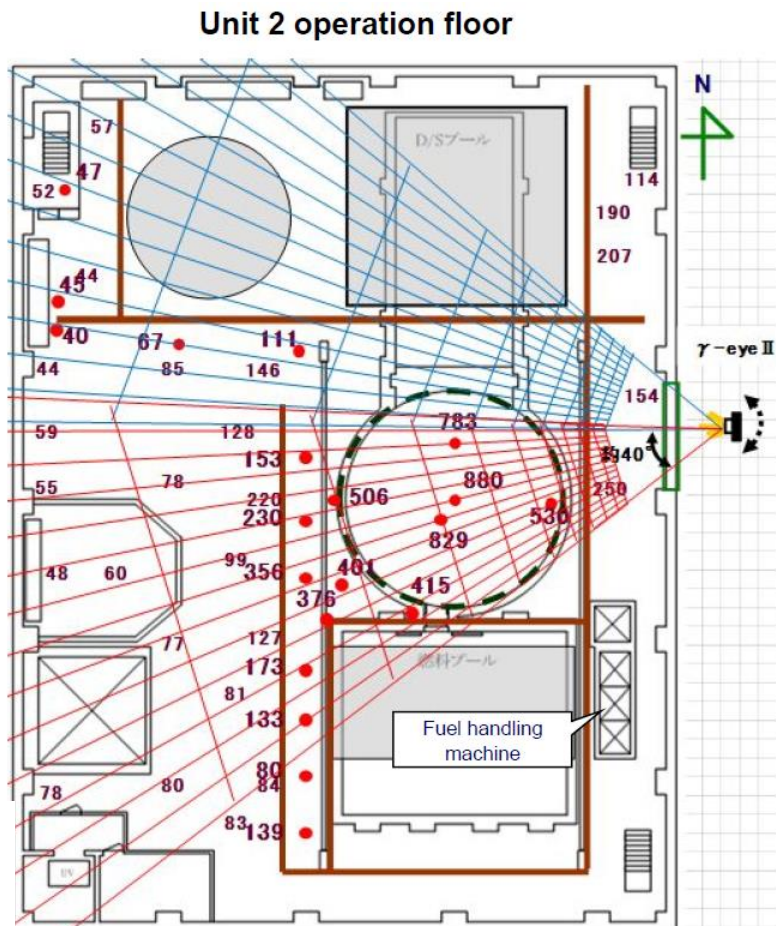
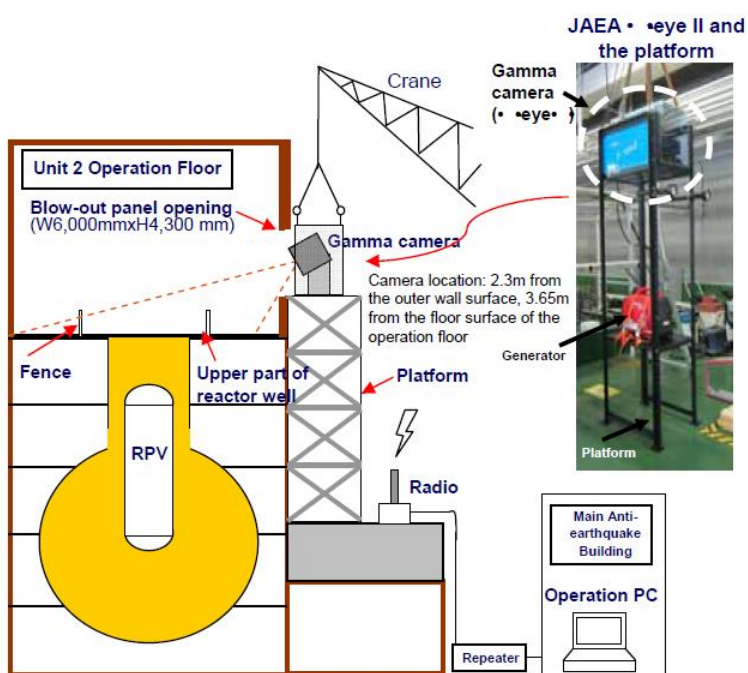


METODY WYKRYWANIA WYBUCHÓW JĄDROWYCH
ANNA, AGATA, MARYLA – ZAPOMNIANE POLSKIE REAKTORY
"ATOMOWA" DIAGNOSTYKA MEDYCZNA



Wstępne wyniki badań w budynku 2 reaktora z wykorzystaniem kamery gamma

Elektrownia Fukushima Daiichi 22 lutego 2013
Tokyo Electric Power Company



W pracach przygotowawczych do usuwania wypalonego paliwa w bloku Nr 2 w dniu 21 02 2013 było zatrudnionych 20 osób w czasie od 9:00 do 16:55. Każdy pracownik otrzymał w tym czasie dawkę 0,75 mSv znacznie niższą od spodziewanej (4mSv). W hali reaktora pomiary ciągłe, dokonywane są za pomocą specjalnego detektora promieniowania gamma umieszczonego na wysokości 3,65 m w odległości od ściany 2,3 m. Analiza wyników pomiarów pozwoli oszacować rozkład natężenia promieniowania w hali reaktora. Wyniki powinny być dostępne w ciągu miesiąca.





ul. Świętokrzyska 14 00-050 Warszawa
tel. 22 336 14 19 fax. 22 336 14 25
www.ekoatom.com.pl
E-mail: redakcja@ekoatom.com.pl

SKŁAD REDAKCJI

Redaktor Naczelny

dr inż. Krzysztof Rzymkowski,
dr inż. Marek Rabiński,
dr inż. Andrzej Mikulski,
dr inż. Piotr Czerski (PGE),
Sekretarz Redakcji
mgr Jerzy Szczurowski (SEP COSIW)
Redaktor Techniczny
Jarosław Cyrynger (SEP COSIW)

RADA PROGRAMOWA:

Przewodniczący

prof. dr hab. Maciej Sadowski,
Członkowie
prof. dr hab. Janusz Lewandowski (PW),
prof. dr hab. Łukasz Turski (UW)
prof. dr hab. Zdzisław Celiński (PW)
prof. dr Andrzej Strupczewski (NCBJ)
prof. dr hab. Natalia Golnik (PW)
prof. dr hab. inż. Roman Domański (PW)

DOŁĄCZ I ZOBACZ RELACJE FOTOGRAFICZNE



Redakcja zastrzega sobie prawo dokonywania skrótów, korekty, edycji nadesłanych materiałów, oraz nie zwraca materiałów niezamówionych. Redakcja zastrzega sobie prawo do publikacji materiałów w dogodnym dla redakcji czasie i kolejności oraz niepublikowania materiału bez podania przyczyny.

Redakcja nie odpowiada za treść zamieszczonych reklam ogłoszeń i innych płatnych.

EKOATOM JEST PRAWNIE ZASTRZEŻONYM
ZNAKIEM TOWAROWYM

Centralny Ośrodek Szkolenia i
Wydawnictw

Ul. Świętokrzyska 14 00-050
Warszawa
tel. 22 336 14 19 fax. 22 336 14 25

www.cosiw.pl
e-mail: handlowy@cosiw.pl



Szanowni Państwo,

Prezentujemy ósmy numer kwartalnika EKOATOM zamykający dwuletni okres jego istnienia. Dziękujemy za wzrastające zainteresowanie naszym czasopismem. Będziemy dokładać starań, by atrakcyjność naszego pisma stale rosła. Zachęcamy do odwiedzania przebudowanej strony EKOATOM.com.pl.

SEP, SEREN i redakcja EKOATOM wzięły udział 13 – 14 stycznia w jednym z najważniejszych w tym roku wydarzeń dotyczących energetyki jądrowej, jakim była konferencja pt. Polska Nauka i Technika dla Elektrowni Jądrowych w Polsce zorganizowana z inicjatywy Polskiego Towarzystwa Nukleonicznego. Celem konferencji było przedstawienie możliwości polskiej nauki w budowie i eksploatacji elektrowni jądrowej w Polsce. Krótkie sprawozdanie z Konferencji przedstawimy na naszej stronie.

Obecny numer prezentuje następujące materiały:

- opracowanie dotyczące elektrowni jądrowych w Polsce w kontekście opinii publicznej (W. Misiak, W. Wójcik)
- historię polskich reaktorów (K. Fornalski)
- stosowane obecnie metody wykrywania wybuchów jądrowych (K. Rzymkowski)
- szczegółowe omówienie układu o nierozprzestrzenianiu broni jądrowej (A. Suda)
- podstawy prawne energetyki jądrowej w Polsce ze szczególnym uwzględnieniem bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej (J. Niewodniczański)

Rozpoczynamy również dwa cykle artykułów:

I o postępowaniu z odpadami promieniotwórczymi (A. Korczyk)

II o wykorzystaniu techniki jądrowej w medycynie (J. Chmielewski)

W dalszym ciągu oczekujemy na stanowisko rządu w sprawie Memorandum dotyczącego energetyki jądrowej w Polsce, wystosowanego przez p. Andrzeja G. Chmielewskiego Prezesa SEREN, p. Jerzego Barglika Prezesa SEP, Ewę Mańkiewicz-Cudny Prezesa FSNT NOT, p. Zbigniewa Zimka Prezesa PTN, które zostało skierowane do Kancelarii Premiera w dniu 25.07.2012.

Pojawiające się obecnie trudności finansowe związane z polityką oszczędnościową stwarzają poważne problemy w realizacji celów czasopisma. Czasopismo EKOATOM powstało z myślą upowszechniania i uzupełniania w społeczeństwie wiedzy w dziedzinie techniki jądrowej.

Jak już wspomniano w poprzednich numerach postanowiono, by czasopismo było powszechnie dostępne w Internecie bez żadnych dodatkowych opłat ze strony czytelników.

Oszczędności budżetowe powodują znaczne spowolnienie programu promocji i mogą spowodować zawieszenie lub zakończenie wydawania kwartalnika. Dlatego też zwracamy się ponownie do wszystkich zainteresowanych kontynuacją istnienia czasopisma o pomoc.

Jak zwykle, wszystkich chętnych, a przede wszystkim specjalistów, serdecznie zapraszamy do współpracy i publikowania na naszych łamach.

Redaktor Naczelny
Dr inż. Krzysztof Rzymkowski



Spis treści

Edukatorzy energetyki jądrowej na spotkaniu w MG	6
Energetyka jądrowa (synergia węglowo-jądrowa)	6
Z ambasadorem USA o gazie łupkowym i energetyce jądrowej.....	8
KRZYSZTOF W. FORNAŁSKI	9
ANNA, AGATA, MARYLA – ZAPOMNIANE POLSKIE REAKTORY	9
Streszczenie.....	9
Wstęp	9
Reaktor MARYLA	10
Reaktor ANNA	11
Reaktor AGATA.....	14
Reaktor UR-100.....	16
Reaktory jądrowe w Świerku	16
LITERATURA:	17
ANETA KORCZYC	19
POSTĘPOWANIE Z ODPADAMI PROMIENIOTWÓRCZYMI W POLSCE	19
CZĘŚĆ 1 - ZAKŁAD UNIESZKODLIWIANIA ODPADÓW PROMIENIOTWÓRCZYCH - ZUOP	19
KRZYSZTOF RZYMKOWSKI	23
METODY WYKRYWANIA WYBUCHÓW JĄDROWYCH	23
Ewolucja broni jądrowej	24
Etapy rozwoju broni jądrowej.....	25
Materiały używane do budowy broni jądrowej	26
Systemy wykrywania broni jądrowej	28
I. Klasyfikacja wybuchów jądrowych.....	28
II. Zjawiska wywołane przez wybuchy jądrowe i metody ich wykrywania	29
a) Promieniowanie cieplne – impuls świetlny	30
b) Impuls elektromagnetyczny.....	36
c) Fala podmuchu (fala uderzeniowa).....	36
d) Fale sejsmiczne	37
e) Promieniowanie jądrowe.....	39
III. Traktat o całkowitym zakazie prób jądrowych (<i>Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty</i> <i>CTBTO</i>).....	40
Literatura.....	44
.....	45

ŁUKASZ KOSZUK	45
KOLEJNA EDYCJA ATOMOWEGO AUTOBUSU ZAKOŃCZONA SUKCESEM!	45
WŁADYSŁAW MISIAK, WOJCIECH WÓJCIK	49
ELEKTROWNIE JĄDROWE W POLSCE W KONTEKŚCIE OPINII SPOŁECZEŃSTWA	49
1. Pojęcie opinii publicznej	49
2. Aktualny stan przygotowań do budowy EJ	51
2.1. Sytuacja bieżąca w branży energetycznej w Polsce	51
2.2. Kontekst prawny energetyki jądrowej w Polsce	62
3. Opinie Polaków dotyczące budowy i funkcjonowania EJ	64
3.1. Żarnowiec	64
4. Optymalne rozwiązania problemu EJ w wybranych krajach europejskich.	73
4.1. Nasz przyjaciel atom.	73
4.2. Sukcesy i bariery w rozwoju elektrowni jądrowych	74
5. Podsumowanie i wnioski	83
JERZY NIEWODNICZAŃSKI	86
PODSTAWY PRAWNE ENERGETYKI JĄDROWEJ W ZAKRESIE BEZPIECZEŃSTWA JĄDROWEGO I OCHRONY RADIOLOGICZNEJ	86
ANDRZEJ SUDA	92
UKŁAD O NIEROZPRZESTRZENIANIU BRONI JĄDROWEJ, JAKO PRAWNIE WIAŻĄCE MIĘDZYNARODOWE ZOBOWIĄZANIE ZAPOBIEGAJĄCE PROLIFERACJI BRONI ATOMOWEJ	92
Układ o nierozprzestrzenianiu broni jądrowej	92
Podstawowe postanowienia Układu	93
Konferencje Przeglądowe i ich wpływ na zahamowanie proliferacji broni jądrowej	95
Dalsze kroki w kierunku rozbrojenia jądrowego w ramach NPT.	97
Przypisy:	98
Bibliografia	99
JERZY CHMIELEWSKI	100
"ATOMOWA" DIAGNOSTYKA MEDYCZNA	100
Cz. I Wykorzystanie promieni X	100



MINISTERSTWO
GOSPODARKI

Edukatorzy energetyki jądrowej na spotkaniu w MG

Odpowiednio wyszkolona kadra to gwarancja powodzenia Programu Polskiej Energetyki Jądrowej - powiedziała Pełnomocnik Rządu ds. Polskiej Energetyki Jądrowej Hanna Trojanowska otwierając spotkanie z przedstawicielami polskich uczelni wyższych i instytutów naukowych, zajmujących się kształceniem w obszarze energetyki jądrowej. Spotkanie odbyło się 23 stycznia 2013 r. w MG.

Spotkanie było podsumowaniem trzech etapów szkoleń i staży zorganizowanych w latach 2009 – 2012 przez Ministerstwo Gospodarki we współpracy z francuskim Komisariatem ds. Energii Atomowej oraz Alternatywnych Źródeł Energii (CEA). Wzięli w nim również udział przedstawiciele Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz Polskiej Grupy Energetycznej S.A. Celem staży było przeszkolenie grupy 36 tzw. edukatorów, którzy tworzą obecnie zaplecze kadrowe na potrzeby kształcenia przyszłych specjalistów w obszarze energetyki jądrowej. Edukatorzy podnosili swoje kwalifikacje w wiodących francuskich instytutach zajmujących się badaniami w zakresie energetyki jądrowej. We współpracy z naukowcami z Francji mieli oni okazję realizować prace badawcze, które kontynuują w kraju. Dzięki zdobytej wiedzy edukatorzy koordynują nowo otwarte studia podyplomowe i kształcą studentów na poziomie inżynierskim i magisterskim w szkołach wyższych m.in. na Politechnice Warszawskiej, Uniwersytecie Warszawskim, Uniwersytecie Łódzkim, Politechnice Wrocławskiej czy Politechnice Poznańskiej. Wyjazdy wzmocniły także kontakty i współpracę pomiędzy ich macierzystymi uczelniami a ośrodkami zagranicznymi. Wnioski i uwagi edukatorów z przebiegu szkoleń we Francji zostaną wykorzystane w dalszych pracach Ministerstwa Gospodarki.

Celem Programu Polskiej Energetyki Jądrowej w obszarze rozwoju zasobów ludzkich jest stworzenie kadry, która zagwarantuje rozwój bezpiecznej energetyki jądrowej w Polsce, w tym efektywną i bezpieczną budowę i eksploatację elektrowni jądrowych, a w późniejszej perspektywie ich likwidację. Instytucjami bezpośrednio zaangażowanymi w proces przygotowywania i realizacji Programu w tym zakresie są: Ministerstwo Gospodarki, Ministerstwo Edukacji Narodowej, Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, Państwowa Agencja Atomistyki, Zakład Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych, Urząd Dozoru Technicznego, Inwestor (PGE S.A) oraz otoczenie akademickie i naukowe.

Energetyka jądrowa (synergia węglowo-jądrowa)



MINISTERSTWO
GOSPODARKI

Wśród zaawansowanych technicznie reaktorów, występujących aktualnie na światowym rynku, zwracają uwagę reaktory termiczne. Większość reakcji rozszczepialnych wywołana jest w nich przez spowolnione neutrony o dużej energii kinetycznej. Nazwa „termiczne” wywodzi się od tego, że średnia prędkość odpowiada temperaturze pokojowej. Istnieją trzy typy reaktorów termicznych. Pierwszym jest reaktor lekkowodny Light Water Reactor LWR - moderowany i chłodzony wodą, na paliwie nisko wzbogaconym uranie lub plutonie-uranie w pastylkach MOX – z dwoma najpopularniejszymi w świecie odmianami: wodnociśnieniowy Pressurized Water Reactor PWR i wrzący Boiling Water Reactor BWR. Drugim jest ciężkowodny Pressurized Heavy Water Reactor PHWR – moderowany ciężką wodą D₂O, chłodzony ciężką lub lekką wodą, na paliwie nisko wzbogaconym uranie lub uranie naturalnym. Trzecim reaktorem termicznym jest wysokotemperaturowy High Temperature Graphite-moderated Reactor HTGR – moderowany grafitem, chłodzony helem.

Reaktor wysokotemperaturowy wyróżnia się specjalną konstrukcją elementów paliwowych (ceramiczne ziarenka paliwa) oraz chłodziwem helowym. Hel, gaz szlachetny, nie wchodzi w reakcje chemiczne z materiałami konstrukcyjnymi reaktora i posiada wysoką przewodność cieplną. Dzięki wysokiej temperaturze chłodziwa na wyjściu z niego, uzyskana para posiada nadkrytyczne parametry cieplne, umożliwiające uzyskanie wysokiej sprawności wytwarzania energii elektrycznej. Zrzuty ciepła do otoczenia są 2-krotnie mniejsze w porównaniu do reaktorów wodnych. Paliwo reaktorów wysokotemperaturowych, o początkowym stopniu wzbogacenia 15,5%, pozwala na uzyskanie wysokiego stopnia wypalenia – np. 2-krotnie wyższego niż w reaktorach wodnych. Charakterystyki neutronowe omawianych reaktorów umożliwiają wykorzystanie występującego w paliwie plutonu militarnego (nieproliferacja). W uranowym cyklu paliwowym, w wypalonym paliwie znajduje się 2-krotnie mniej tego plutonu na jednostkę wytworzonej energii w porównaniu z reaktorami lekkowodnymi. Ekonomicznie uzasadniona jest budowa małych, modułowych układów z reaktorami wysokotemperaturowymi, które można wytwarzać w fabryce, a montaż prowadzić na placu budowy. Walory reaktorów wysokotemperaturowych pozwalają na ich lokalizację w pobliżu aglomeracji miejskich.

Południowoafrykański reaktor modułowy „ze złożem usypanym z elementów kulowych” Pebble Bed Modular Reactor PBMR należy do generacji III i III+. Przeznaczono go do wytwarzania energii elektrycznej, a zaprojektowało konsorcjum ESKOM Westinghouse. Próby prowadzi się w USA, Japonii i w Niemczech oraz w Chinach. Czynnik chłodzący osiąga w

nich temperaturę 900 °C, przepływając bezpośrednio do układu turbiny gazowej i generatora wytwarzającego energię elektryczną. Sprawność cieplna wynosi 40% - więcej od LWR. Każdy moduł energetyczny PBMR, o mocy elektrycznej 165 MWe, może być umieszczony w bloku zajmującym powierzchnię 10-krotnie mniejszą od elektrowni z reaktorami LWR. Międzynarodowe joint venture – głównie z udziałem amerykańskorosyjskim (General Atomics-OKBM) - konstruuje w Rosji reaktor wysokotemperaturowy GTMHR do „spalania” plutonu militarnego. Reaktory IV generacji mają mieć nie tylko jeszcze lepsze charakterystyki technicznoekonomiczne. Będą efektywniejsze ekonomicznie w porównaniu z innymi technologiami generacji energii elektrycznej. Prowadzone są nad nimi badania, a niektóre znajdują się w fazie prób i mają być, z pewnymi wyjątkami, wdrożone do 2040 r. W dniu 17 lutego 2009 r., prezydent USA ogłosił Program rozwoju nowych źródeł energii z budżetem 25 mld USD.



Amerykańska strategia energetyczna „Energy Policy of Act 2005” postawiła projektowi Next Generation Nuclear Plant (NGNP), z budżetem 1,25 mld USD na lata 2006-2015, zadanie uruchomienia przed 2021 r. pierwszego reaktora wysokotemperaturowego do produkcji elektryczności i paliwa przyszłości - wodoru. W 2006 r., NGNP zaproponowała zastosowanie HGTR do produkcji paliw z węgla, recykling CO₂, i zastosowanie wodoru do jego redukcji do CO i następnie przetwarzanie gazu syntezowego CO + H₂, jak i wysokotemperaturowej elektrolizy mieszaniny pary wodnej i CO₂, prowadzącą do gazu syntezowego CO + H₂ + O₂. Program jest bardziej zaawansowany od europejskich. Duży program badawczy Nuclear Energy Research Initiative Programme NERI, realizowany pod auspicjami amerykańskiego Departamentu Energetyki (US DoE), obejmuje trzy znaczące programy. Pierwszy to Generation IV Nuclear International Forum (GIF) dziesięciu początkowo krajów, który stawia sobie za cel opracowanie 6 typów reaktorów - wśród nich bardzo wysokotemperaturowy VHTR. Drugi odnosi się do badań nad cyklem paliwowym The Advanced Fuel Cycle Initiative (AFCI). Trzeci to program badań na zastosowaniach wodoru jako paliwa The Nuclear Hydrogen Initiative (NHI). W Unii Europejskiej prowadzi się prace badawczo rozwojowe – także nad VHTR – szczególnie w ramach powstałej we wrześniu 2007 r. Europejskiej Platformy Technologicznej Zrównoważonej Energetyki Jądrowej (European Technology Platform on Sustainable Nuclear Energy SNE-TP) 12 zainteresowanych krajów. Ok. 40 % paliw pierwotnych na świecie zużywa się do wytwarzania energii elektrycznej, zaś resztę w transporcie i na do wytwarzania ciepła znajdującego zastosowanie w procesach przemysłowych. Roczne potrzeby ponad połowy odbiorców przemysłowych w krajach rozwiniętych mieszczą się w przedziale poniżej 10 MWt (megawatów termicznych), ok. 40 % w przedziale od 10 do 50 MWt i tylko wyjątkowo przekraczają 1000 MWt. 85 % zużycia energii elektrycznej miało miejsce w hutach żelaza i metali nieżelaznych, przemyśle metalurgicznym, wielkiej syntezie chemicznej, produkcji nawozów sztucznych, petrochemii, cementowniach, hutach szkła i ceramiki, zagęszczaniu soków i produkcji papieru. Liczbę testowanych reaktorów wysokotemperaturowych na świecie oszacowała MAEA w 2007 r. na ok. sześćdziesiąt. Reaktory lekkie obsługują procesy odsalania wody lub zasilania systemów ciepłowniczych w medium o temperaturze do 300 °C. Dla stosowanych w procesach przemysłowych temperatur 400-1600 °C mogą znaleźć zastosowanie reaktory VHTGR – takie jakie testowane w ramach GIF – z oczekiwaną sprawnością 48-60 % i temperaturą na wylocie medium chłodzącego 1000 °C. Wysokotemperaturowe reaktory testowano najwcześniej w USA i Niemczech (torowy THTR), ich wydajność wynosiła 40 %, a medium chłodzące (hel) miał temperaturę 750 °C. Japoński prototyp reaktora HTGR o mocy 30 MWt osiągnął temperaturę medium chłodzącego – najpierw 850 °C, a potem 950 °C i jest testowany w cyklach paliwowych. Podobny reaktor o mocy 10 MWt (HTR-10) jest testowany w Chinach. Początkowo był używany do wytwarzania pary dla generatora prądu, a obecnie do wzbogacania uranu. Doświadczenia amerykańskie, niemieckie i południowoafrykańskie dają podstawę do stwierdzenia, że możliwe jest wyprodukowanie komercyjnego reaktora wysokotemperaturowego zdolnego sprostać potrzebom przemysłu. Znanymi są nieliczne jeszcze przypadki przemysłowego zastosowania reaktorów jądrowych. Jednym z nich jest Park Technologiczny Bruce w Kanadzie – blok PHWR wytwarza tam rocznie 5350 MWt (megawatów termicznych) ciepła dla celów produkcji: powłok plastycznych, etanolu, zagęszczonego soku jabłkowego, alfa dehydratu i formowania na gorąco oraz do prowadzenia eksperymentów w produkcji rolnej, jak też ograniczaniu emisji szkodliwych gazów. Inny przypadek odnosi się do Szwajcarii, gdzie taki reaktor o mocy 25 MWt zastosowano w produkcji tektury.

Pierwszoplanowym nierozwiązanym globalnym problemem krajów uboższych (ok. 2 mld ludności) jest zaspokojenie potrzeb w zakresie wody do picia. Produkuje się jej w świecie z użyciem i bez pomocy reaktorów 36 mln m³/dzień w 12,5 tys. wytwórni, głównie na Bliskim Wschodzie. Odsalarnia wody w Aktau w Kazachstanie produkuje 80 tys. m³ wody dziennie z zastosowaniem reaktora na neutronach prędkich, w Japonii zaś wykorzystuje się w tym celu 10 reaktorów typu PWR. MAEA podjęła współpracę w dziedzinie aplikacji systemów jądrowych do odsalania wody z dalszymi 20 krajami. Najliczniejsze aplikacje reaktorów wysokotemperaturowych istnieją w miejskich systemach ciepłowniczych krajów o zimniejszym klimacie: skandynawskich, Rosji, Chin, Ukrainy, Kanady oraz Szwajcarii, Bułgarii i Słowacji. Takie większe systemy ciepłownicze wymagają średnio 600-1200 MWt, a mniejsze 10-50 MWt. MAEA podaje, że w 2007 r. 40 reaktorów jądrowych było sprzęgniętych z systemami ciepłowniczymi. Szacuje się, że światowe zapotrzebowanie na ciepło dla systemów ciepłowniczych wynosi 7600 GWt, z czego systemy jądrowe zaspokajają 4,4 GWt. Przyszłość



zastosowań HGTR w tej dziedzinie zależy od możliwości tworzenia efektywnych ekonomicznie wielkich sieci ciepłowniczych. Światowe zużycie wodoru na cele produkcji nawozów sztucznych i jako „czyste” paliwo do napędzania pojazdów wynosi obecnie ok. 50 mln ton rocznie i rośnie co roku w granicach od 4 do 10 %. Wschodzącym rynkiem paliwa wodorowego jest transport samochodowy, lotniczy i morski. Według NEA/OECD, do 2040 r., wysokotemperaturowe systemy jądrowe znajdą zastosowanie do wytwarzania wodoru w:

- elektrolizie wody z użyciem dostaw energii elektrycznej poza szczytem dostarczanej z elektrowni jądrowych (bowiem w ten sposób zapewnia się stałe obciążenie, co korzystnie wpływa na wyniki ekonomiczne),
- wysokotemperaturowej elektrolizie wody z użyciem skojarzonych źródeł jądrowych wytwarzających ciepło łącznie z energią i elektryczną,
- reakcjach chemicznych zachodzących tylko w wysokich temperaturach.

Amerykańska NERAC/GIF informuje, że 10 elektrowni jądrowych z reaktorami HGTR, po 200 MWt każda, zastosowanych do reformingu metanu (SNG), jest w stanie wytworzyć tyle wodoru, że zaspokoi potrzeby 5 mln samochodów.

Synergia oznacza wyższe efekty całości od prostej sumy efektów jej części. W naszym kraju węgiel jest istotnym surowcem i gwarantem bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej Polski. Synergia węglowo-jądrowa jest ważna dla naszego kraju, którego gospodarka energetyczna opiera się obecnie w 93 % na węglu i wymaga zwiększenia efektywności elektrowni, zmniejszenia emisji CO₂ i głębszego przetwarzania węgla na paliwa węglowodorowe. Zaproponowanie synergii technologii węglowej i jądrowej jako atrakcyjnego polskiego produktu jest w tej sytuacji oczywiste. Schemat zastosowania reaktorów HGTR w przemyśle węglowym polega na wykorzystaniu ciepła do rozkładu wody na wodór i tlen w procesach pośrednich. Tlen umożliwia wydajniejsze i bardziej ekologiczne spalanie w elektrowniach, a wodór – do uwodornienia węgla, recyklingu dwutlenku węgla w gaz syntezowy dla przemysłu chemicznego i do bezemisyjnej produkcji płynnych i gazowych paliw węglowodorowych. Możliwe jest też wykorzystanie gazu syntezowego jako surowca dla wielkiej syntezy chemicznej. W tym celu należy zasilić proces reformingu parowego gazu ziemnego ciepłem z HGTR, albo wykorzystać gorącą parę do hydrogazowania węgla czy też do ciepła do pirolizy węgla. Będzie to możliwe raczej w nowych instalacjach. Polskie uczelnie i instytuty naukowo-badawcze oraz ośrodki badawczo-rozwojowe włączyły się do realizacji europejskich projektów naukowo-badawczych i wdrożeniowych: w ramach 7 Programu Ramowego (7PR) do EUROPAIR (End-User Requirements for Industrial Process Heat Applications with Innovative Nuclear Reactor for Sustainable Energy Supply) i w ramach 6PR do RAPHAEL (Reactor for Process Heat, Hydrogen and Electricity Generation) - realizowanego przez konsorcjum 33 organizacji badawczych, z budżetem rocznym 19 mln EUR. Najnowszy projekt „Polityki energetycznej Polski do roku 2030” wychodzi naprzeciw potrzebom synergii węglowo-jądrowej.

Opracował: dr inż. Lech Małecki DDE 21.02.09 r.

Podstawowe źródło „Nuclear Energy Outlook”,

Nuclear Energy Association/OECD 2008



Z ambasadorem USA o gazie łupkowym i energetyce jądrowej

Minister skarbu Mikołaj Budzanowski spotkał się dziś z ambasadorem USA w Polsce J.E. Stephenem D. Mullem. Głównym tematem rozmowy były problemy z samolotami Boeing 787 Dreamliner, rozmowa dotyczyła także gazu z łupków oraz planów związanych z budową pierwszej elektrowni jądrowej w Polsce.

Ambasador USA z uznaniem odniósł się do perspektyw wydobywania gazu z łupków w naszym kraju, pytając jednocześnie o kwestie związane z nowym prawem mającym regulować stawki podatkowe dotyczące wydobywania ropy naftowej i gazu. Minister Budzanowski zapewnił go, że nowe przepisy zostaną uchwalone niebawem, a zastosowane stawki podatku będą atrakcyjne dla inwestorów poszukujących tych paliw w Polsce.

Ostatnim punktem rozmowy był proces inwestycyjny związany z budową elektrowni jądrowej. Strona amerykańska pytała o harmonogram oraz możliwość udziału amerykańskich inwestorów w tym projekcie.

W spotkaniu oprócz ambasadora J.E. Stephena D. Mulla, po stronie USA wzięli udział także William Czajkowski, Radca Handlowy Ambasady Stanów Zjednoczonych w Polsce oraz John Schutte, Zastępca Radcy Polityczno-Ekonomicznego Ambasady.

KRZYSZTOF W. FORNAŁSKI

ANNA, AGATA, MARYLA – ZAPOMNIANE POLSKIE REAKTORY

Streszczenie

W powszechnej świadomości ośrodek jądrowy w Świerku znany jest z dwóch reaktorów: EWA oraz MARIA. Mało kto wie, iż oprócz nich istniały także inne, mniejsze: Anna, Agata, Maryla oraz UR-100. W niniejszym artykule podano kilka ciekawych informacji poświęconych tym zapomnianym już urządzeniom.

Wstęp

W Narodowym Centrum Badań Jądrowych w Świerku pracuje dziś jeden reaktor jądrowy o nazwie MARIA. To uruchomione w 1974 roku urządzenie badawcze o maksymalnej mocy cieplnej równej 30 MW jest największym ze wszystkich polskich reaktorów jądrowych. Informacji o Marii jest wiele i są one ogólnodostępne, toteż niniejszy artykuł nie będzie się na niej skupiał. Podobnie jest w przypadku reaktora EWA (skrót od Eksperymentalny Wodny Atomowy), czyli pierwszym polskim reaktorze, który został wyłączony z eksploatacji w 1995 r. W 2002 roku zdemontowano ostatecznie rdzeń Ewy, a zachowany korpus reaktora (rys. 1) służy obecnie Zakładowi Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych.



**Rysunek 1. Wnętrze pustego korpusu po reaktorze EWA.
Widoczny żeliwny pierścień na którym oparty był rdzeń reaktora.**

Oprócz tych dwóch największych reaktorów, w ośrodku jądrowym w Świerku działało też kilka mniejszych: MARYLA, ANNA, AGATA i UR-100. W związku z tym, iż informacje o tych reaktorach są trudno dostępne w literaturze [1], w niniejszym artykule postarano się przybliżyć nieco tę tematykę.

Reaktor MARYLA

Reaktor MARYLA (skrót od Mały Reaktor Laboratoryjny) został uruchomiony w 1963 roku [2] i mieścił się w północnym narożniku hali reaktora EWA (rys. 2 i 3). Był to tzw. reaktor mocy zerowej (zwany również zestawem krytycznym), gdyż nie wymagał czynnego odprowadzania ciepła z uwagi na jego niewielką generację, ok. 100 W¹. Reaktor MARYLA pracował na paliwie reaktora EWA (rys. 4 i 5).

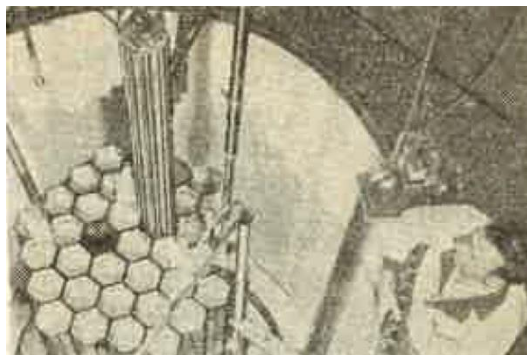


**Rysunek 2. Północny narożnik hali reaktora EWA.
Pod przesuwną osłoną znajdują się pozostałości po reaktorze MARYLA.**

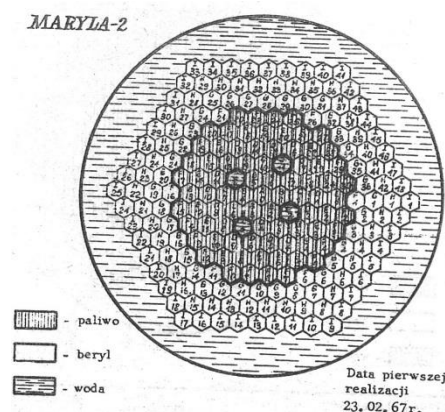


**Rysunek 3. Reaktor MARYLA w trakcie pracy.
Widoczny jest pulpit sterowania. Rysunek zaczerpnięty z [2].**

¹ W słowniku Ryszarda Szepe [2] błędnie podano moc reaktora Maryla. Poprawna wartość to 100 W.



Rysunek 4. Rdzeń reaktora MARYLA. Rysunek zaczerpnięty z [2].



Rysunek 5. Schemat rdzenia reaktora MARYLA. Rysunek zaczerpnięty z [3].

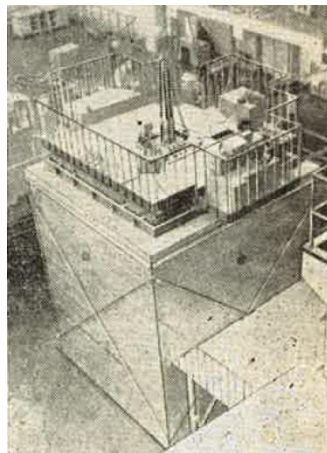
Głównym celem twórców reaktora MARYLA było stworzenie prototypu reaktora szkoleniowego [2]. Ostatecznie Marylę wykorzystano do testowania nowego paliwa do reaktora EWA (z czasów, kiedy planowano podnieść jego moc - pod koniec lat '60). Kilka lat później dokonano znacznej modyfikacji rdzenia Maryli [3], dzięki czemu w tej samej obudowie powstał w zasadzie kolejny reaktor o mocy zerowej, pod nazwą Maryla 2 (rys. 5). Reaktor Maryla 2 służył już celom naukowo-badawczym. Dzięki reaktorowi Maryla odkryto m.in., iż przy zastosowaniu paliwa Ewy widmo neutronów termicznych różni się nieco od spodziewanego. W związku z tym zdecydowano o dołożeniu do rdzenia berylu jako dodatkowego moderatora, co spowodowało dostosowanie widma do oczekiwanej postaci [1].

Reaktor ANNA

W tym samym roku 1963, w którym uruchomiono Marylę, uruchomiono kolejny polski reaktor jądrowy o nazwie ANNA [3]. Reaktor ten był od początku całkowicie polskim pomysłem, projektem i wykonaniem (rys. 6 i 7). Podobnie jak Maryla, Anna pracowała na paliwie Ewy (tzw. EK-10).



Przeznaczeniem tego reaktora były prace naukowo-badawcze, a przez pewien okres – także niewielka produkcja radioizotopów. Anna była doskonałym narzędziem do badań nad technologią reaktorów jądrowych. Przykładowo prowadzono tam badania nad neutronami prędkimi, stąd popularne później określenie tego reaktora jako Prędkiej Anny (P-ANNA) [3].



Rysunek 6. Reaktor ANNA w trakcie pracy. Rysunek zaczerpnięty z [2].



Rysunek 7. Korpus reaktora ANNA dzisiaj.

Reaktor jądrowy ANNA był de facto trzecim (pod względem mocy) reaktorem w Świerku. Posiadał on własną halę (rys. 8), własną sterownię (rys. 9) oraz układ chłodzenia (rys. 10), gdyż przy mocy 10 kW należało już użyć czynnego systemu odprowadzania ciepła². Zarówno sama hala reaktora, jak i chłodnie, znajdują się na terenie ośrodka w Świerku do dzisiaj. Na rysunku 11 pokazano współczesny wygląd pozostałości rdzenia Anny.

² W słowniku Ryszarda Szepeke [2] błędnie podano moc reaktora Anna. Poprawna wartość to 10 kW.



Rysunek 8. Hala reaktorów Anna i Agata w Świerku, a tyłach tzw. budynku Cyfronetu.



Rysunek 9. Fragment panelu sterowni reaktora ANNA.



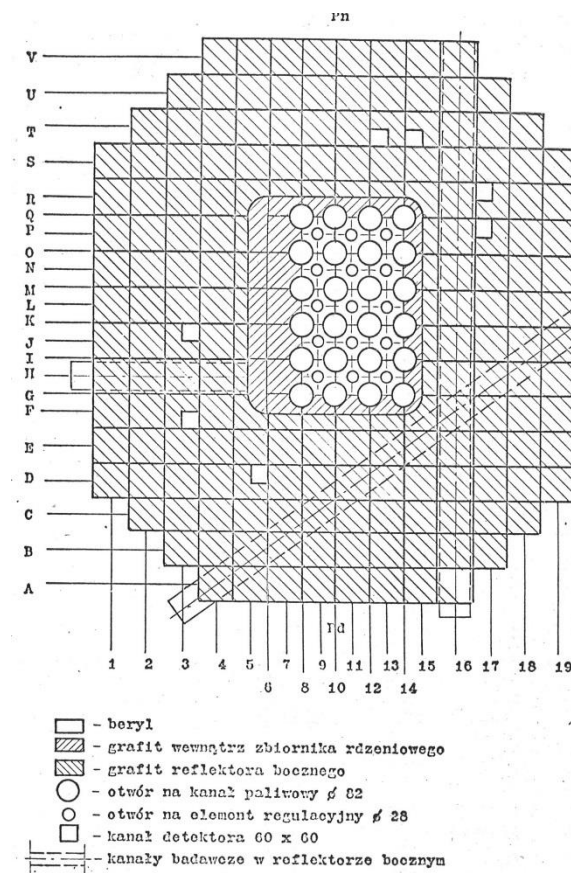
Rysunek 10. . Zewnętrzny element systemu chłodzenia reaktora ANNA.



Rysunek 11. Pozostałości po rdzeniu reaktora ANNA.

Reaktor AGATA

Dziesięć lat później, tj. w 1973 roku, w hali reaktora Anna uruchomiono reaktor AGATA [4][5] (rys. 12). Reaktor ten był, podobnie jak Maryla, reaktorem „mocy zerowej” (o mocy rzeczywistej ok. 10 W). Agata była pilotem powstającego właśnie reaktora Maria. Na Agacie testowano paliwo do Marii, a także szkolono przyszłych operatorów. Po uruchomieniu Marii w grudniu 1974 roku to właśnie funkcja szkolno-treningowa była głównym celem działania Agaty. Do dnia dzisiejszego w Świerku używany jest popularny symulator tego niewielkiego reaktora.



Rysunek 12. Schemat rdzenia reaktora AGATA. Rysunek zaczerpnięty z [4].

Reaktor Agata swą konstrukcją przypominał nieco reaktor Maria (np. charakterystyczna stożkowa geometria rdzenia) i pracował na paliwie Marii. Co ciekawe rdzeń tego reaktora, po usunięciu elementów paliwowych, pozostał w większości nienaruszony, co można zobaczyć na rysunku 13.



Rysunek 13. Dzisiejszy stan rdzenia reaktora AGATA.

Reaktor UR-100

Ostatnim dzieckiem polskiej technologii reaktorów jądrowych była konstrukcja UR-100 (*Uniwersytecki Reaktor 100 kW*). Reaktor ten powstał w miejscu reaktora Maryla, a używanym paliwem było pierwotne paliwo z reaktora Ewa (z czasów, gdy pracowała na początkowej mocy 2 MW). Głównym zamierzeniem konstruktorów reaktora UR-100 była możliwość jego seryjnej produkcji na potrzeby uczelni wyższych (nie tylko polskich), aby na takim szkolno-treningowym urządzeniu mogli kształcić się studenci kierunków związanych z atomistyką. Po uruchomieniu i pozytywnym przejściu testu krytyczności reaktora, prototyp UR-100 został rozmontowany i bez elementów paliwowych przewieziony do Krakowa, do tamtejszej Akademii Górniczo-Hutniczej, gdzie nigdy nie użyty znajduje się prawdopodobnie do dnia dzisiejszego. Poza modelem prototypowym nie powstały inne egzemplarze UR-100 [1].

Reaktory jądrowe w Świerku

W ciągu całej historii ośrodka jądrowego w Świerku, czyli od 1958 roku, działało na jego terenie w sumie 6 reaktorów jądrowych: EWA, MARYLA, ANNA, AGATA, MARIA oraz UR-100. Dwa z nich (MARYLA i AGATA) były tzw. reaktorami mocy zerowej (zwanymi popularnie zestawami krytycznymi). Z kolei UR-100 przeszedł jedynie test krytyczności i nigdy nie pracował na pełnej mocy. Do dnia dzisiejszego w Świerku znajdują się pozostałości po niepracujących już reaktorach, a jedynym pracującym jest oczywiście Maria.

zestawiono dane dozymetryczne z danymi medycznymi dla 575 osób, które w latach 1956-2001 objęte były indywidualną kontrolą dozymetryczną (pracownicy IBJ, IPJ oraz IEA). Po rozdzieleniu tej grupy na grupę narażoną i kontrolną (gdzie zakumulowane dawki były mniejsze od 0,5 mSv) okazało się, iż w tej pierwszej istnieje nieznaczący statystycznie ok. 10% spadek częstości występowania chorób nowotworowych (w porównaniu z grupą drugą, czyli wewnętrzną grupą kontrolną). Co ciekawe, wśród 52 pracowników, którzy byli narażeni na najwyższe dawki (powyżej 35 mSv), nie zaobserwowano ani jednego przypadku choroby nowotworowej [6]. Jest to niezwykle ważny argument w dyskusji nad bezpieczeństwem reaktorów jądrowych.

Jak widać ośrodek jądrowy w Świerku jest gigantyczną skarbnicą wiedzy i doświadczenia, co ma szczególne znaczenie w perspektywie planów budowy pierwszej polskiej elektrowni jądrowej.

LITERATURA:

[1] – Fornalski K.W. 'Reaktory jądrowe w Polsce'. *Energia dla Przemysłu*, nr 3-4, 2011, pp. 16-19.

[2] – Szepe R. '1000 słów o atomie i technice jądrowej'. Wydawnictwo MON. Warszawa, 1977. pp. 8, 18, 78, 149, 150, 215.

[3] – Kozieł J., Wojciechowski M. 'Zestaw krytyczny MARYLA – jego rola w zwiększeniu mocy reaktora EWA'. *Postępy Techniki Jądrowej*, nr 22, 1978, pp. 443-458.

[4] – Bukowski K., Dąbek W., Suwalski W., Szczechla B. 'Raport bezpieczeństwa zestawu krytycznego AGATA'. Wyd. Instytut Badań Jądrowych, Zakład Fizyki Reaktorowej. Świerk, 1972.

[5] – Suwalski W. 'Doświadczalne badania makiet pętli wodnej w zestawie krytycznym AGATA – charakterystyka ogólna, zestawienie konfiguracji rdzenia'. Opracowanie nr 0-123/IXA/77, wyd. Instytut Badań Jądrowych, Zakład Fizyki Reaktorowej. Świerk, 1977.

[6] – Fornalski K.W., Dobrzyński L. 'Statystyka otrzymanych dawek i chorób nowotworowych wśród pracowników ośrodka jądrowego w Świerku'. *Postępy Techniki Jądrowej*, vol. 54, no. 4, 2011, pp. 20-32.

ANETA KORCZYC

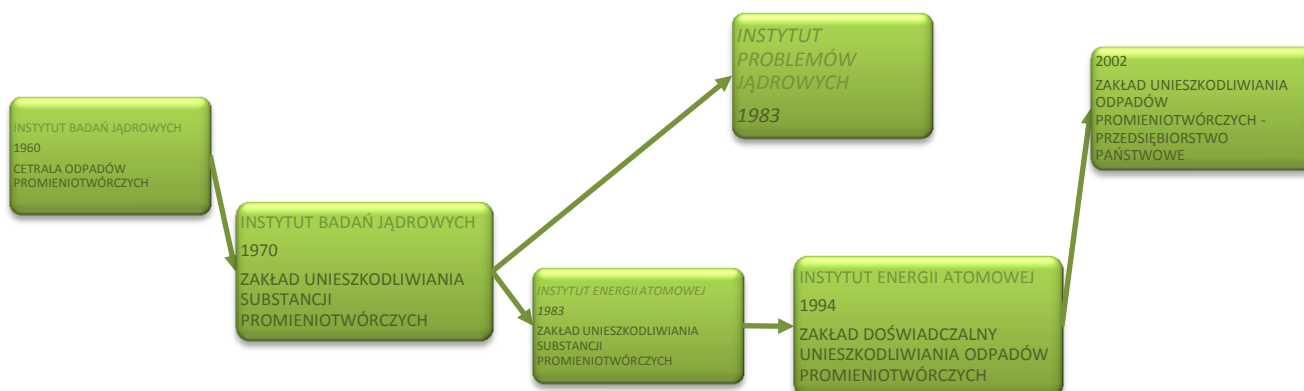
POSTĘPOWANIE Z ODPADAMI PROMIENIOTWÓRCZYMI W POLSCE

CZĘŚĆ 1 - ZAKŁAD UNIESZKODLIWIANIA ODPADÓW PROMIENIOTWÓRCZYCH - ZUOP



W 1958 roku uruchomiono w Polsce pierwszy badawczy reaktor jądrowy EWA. Od tej chwili wraz rozwojem technik wykorzystujących materiały promieniotwórcze rozpoczęto intensywne prace nad unieszkodliwianiem odpadów promieniotwórczych.

Historia ZUOP rozpoczyna się w roku 1960 roku, kiedy to utworzona zostaje Centrala Odpadów Promieniotwórczych (COP), działająca w strukturach Instytutu Badań Jądrowych, a wraz z nią uruchomiono w 1961 roku składowisko odpadów promieniotwórczych w Róźnie. Po wielu przekształceniach COP (Rys 1), 1 stycznia 2002, na mocy ustawy Prawo Atomowe, powołano Zakład Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych – Przedsiębiorstwo Państwowe (ZUOP), który uzyskał również statut przedsiębiorstwa państwowego użyteczności publicznej. ZUOP, wypełniając swoje ustawowe i statutowe zadania, zajmuje szczególną pozycję w sektorze publicznym, zapewniając unieszkodliwianie i składowanie odpadów promieniotwórczych.



Rys.1 Schemat zamian organizacyjnych, które poprzedzały powstanie Zakładu Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych

Zadaniem, określonym przez prawo atomowe, ZUOP jest wykonywanie działalności w zakresie postępowania z odpadami promieniotwórczymi i z wypalonym paliwem jądrowym, a przede wszystkim do zapewnienia stałej możliwości składowania odpadów promieniotwórczych i przechowywania wypalonego paliwa jądrowego. Zakład wykonuje również działalność polegającą na odbiorze, transporcie, przechowywaniu i składowaniu materiałów jądrowych, źródeł promieniotwórczych oraz innych substancji promieniotwórczych.

ZUOP realizuje swoje zadania w oparciu o trzy fundamentalne zasady:

- bezpieczeństwo pracowników,
 - bezpieczeństwo społeczności lokalnej,
 - bezpieczeństwo środowiska naturalnego.
- Pełna realizacja tych zasad jest możliwa tylko przy zachowaniu najwyższej staranności w zakresie bezpieczeństwa jądrowego, ochrony radiologicznej i transportu materiałów promieniotwórczych.
 - Nadzór nad Zakładem oraz funkcję organu założycielskiego od 01 stycznia 2012 roku sprawuje Minister Gospodarki. Wcześniej rolę tę pełnił Minister Skarbu Państwa. Zmiana podyktowana była dostosowaniem struktury do realizacji Programu Polskiej Energetyki Jądrowej.



Siedziba główna ZUOP

Działalność ZUOP określona jest przez ustawę Prawo atomowe oraz akty wykonawcze do tej ustawy, a także statut zatwierdzony przez Ministra Gospodarki. Zakład Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych ma siedzibę w Otwocku - Świerku przy ulicy Sołtana 7, około 25 km od centrum Warszawy. Teren, na którym mieści się siedziba ZUOP, to historycznie własność Instytutu Badań Jądrowych. Obecnie, po wielu reorganizacjach, na tym terenie działają dwie instytucje: Zakład Unieszkodliwiania

Odpadów Promieniotwórczych – Przedsiębiorstwo Państwowe oraz Narodowe Centrum Badań Jądrowych.

Od początku roku 2011 działalność ZUOP została włączona do programu budowy polskiej energetyki jądrowej, w związku z tym od dwóch lat, przeprowadzane są w ZUOP zmiany, mające na celu przygotowanie zarówno ZUOP jak i jego zasobów ludzkich do realizacji nowych wyzwań. Działania związane z tworzeniem nowych działów i sekcji, ukierunkowane są na zbudowanie prężnej, organizacji, która będzie przygotowana do zarządzania odpadami promieniotwórczymi w fazie eksploatacji pierwszej i kolejnych elektrowni jądrowych w Polsce.(Rys.2)

PALIWO JĄDROWE



Rys.2 Schemat organizacyjny ZUOP

W chwili obecnej ZUOP zatrudnia 49 osób. Pracownicy ZUOP aktywnie korzystają z międzynarodowych doświadczeń dotyczących postępowania z odpadami promieniotwórczymi, poprzez udział w szkoleniach, warsztatach i formalnych spotkaniach organizowanych między innymi przez Międzynarodową Agencję Energii Atomowej (MAEA).

Szeroki zakres działalności ZUOP wymaga również zatrudnienia wyspecjalizowanych firm zajmujących się np.: ochroną fizyczną, pomiarami radiologicznymi i geologicznymi, jak i wykonujących prace budowlane i remontowe. Taka organizacja pracy pozwala na optymalne wykorzystanie środków finansowych, a także daje możliwość elastycznego korzystania z usług dostępnych na rynku, w ramach obowiązującego prawa związanego z gospodarką finansami publicznymi.



Krajowe Składowisko Odpadów Promieniotwórczych (KSOP) w Róźnie mieści się w województwie mazowieckim, w powiecie makowskim. Zostało ono oddane do eksploatacji w roku 1961 pod nazwą Centralna Składowica Odpadów Promieniotwórczych. Według klasyfikacji Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (IAEA) KSOP jest składowiskiem powierzchniowym.

KSOP zlokalizowane jest w byłym III forcie wojskowym, będącym częścią twierdzy Różan. Została ona wybudowana przez Rosjan w latach 1905-1908. Wybór tej lokalizacji na składowisko

odpadów promieniotwórczych, podyktowany był bardzo dobrymi warunkami geologicznymi oraz już istniejącą infrastrukturą.



Rys.3 Odpady promieniotwórcze

KSOP przeznaczone jest do składowania odpadów promieniotwórczych krótkożyciowych nisko i średnioaktywnych, oraz do przechowywania odpadów długożyciowych nisko i średnioaktywnych, które w fazie zamykania składowiska zostaną przeniesione do nowego składowiska.

Eksploracja składowiska jest przewidziana do roku około 2020. Po tym czasie KSOP przejdzie w fazę zamknięcia składowiska, które to związane będzie z wykonaniem szeregu czynności zarówno fizycznych jak i administracyjnych. Po tym etapie nastąpi faza monitoringu, po zamknięciu składowiska, która będzie trwała około 300 lat.

Głównymi wytwórcami odpadów promieniotwórczych są instytucje naukowe (głównie Narodowe Centrum Badań Jądrowych będące użytkownikiem jedyne w Polsce badawczego reaktora jądrowego Maria), szpitale i przemysł.

ZUOP pobiera opłaty za swoje usługi, zgodnie z cennikiem, który każdego roku jest aktualizowany i zatwierdzany przez Ministra Gospodarki. Cena odbioru, unieszkodliwienia oraz składowania zależy w głównej mierze od rodzaju, a także aktywności odpadów promieniotwórczych.

ZUOP ma wiodącą rolę w międzynarodowych programach związanych z zagrożeniem radiologicznym, między innymi w Programie Ograniczania Zagrożeń Globalnych (GTRI). W ramach tego programu, w latach 2009-2012, ZUOP kierował projektem wywozu wysokowzbogaconego wypalonego paliwa jądrowego z reaktorów badawczych do kraju producenta, a także od roku 2004 kieruje pracami związanymi z

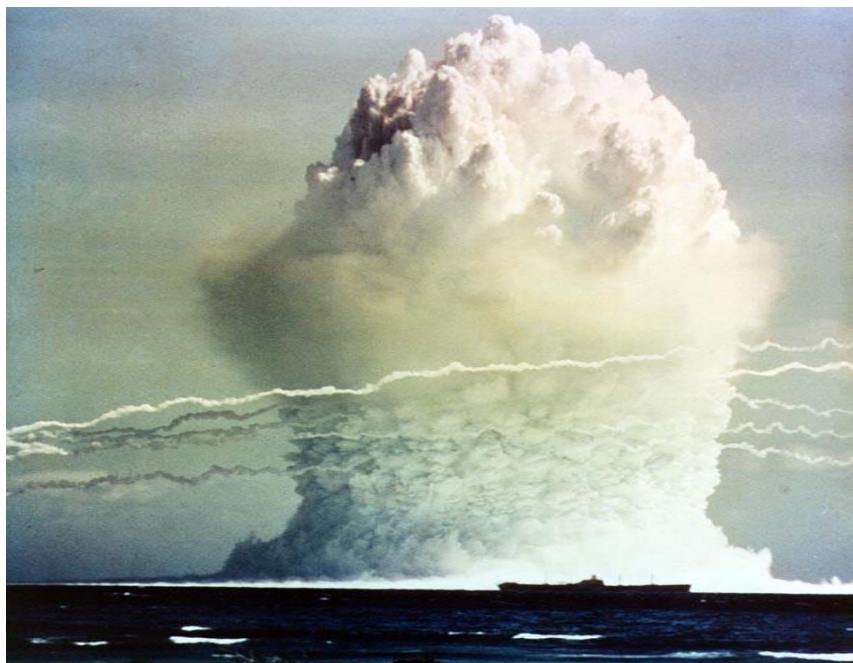


Rys.4 Komora gorąca

instalowaniem systemów ochrony fizycznej zamkniętych źródeł wysokoaktywnych w medycynie, przemyśle i placówkach naukowych. ZUOP korzystał ze środków finansowych programu PHARE, budując komorę gorącą przeznaczoną do wykonywania operacji na wypalonym paliwie jądrowym. (Rys.4)

KRZYSZTOF RZYMKOWSKI

METODY WYKRYWANIA WYBUCHÓW JĄDROWYCH



Wykorzystanie broni jądrowej w końcowej fazie II wojny światowej spowodowało przyspieszenie badań nad sposobami zneutralizowania skutków jej działania, a w szczególności zminimalizowania strat wśród ludności i strat materialnych. Obrona przed taką bronią jądrową może być obroną czynną, polegającą najogólniej rzecz biorąc, na zniszczeniu broni przeciwnika, lub obroną bierną, której głównym elementem jest wczesne wykrywanie ataku jądrowego i prognozowanie jego skutków. Celem obrony biernej jest ograniczenie własnych strat.

Próbné wybuchy jądrowe (tzn. wybuchy następujące w wyniku reakcji jądrowych zachodzących w materiale wybuchającym), prowadzone intensywnie w latach powojennych, oprócz podstawowego celu jakim było doskonalenie broni jądrowej, stały się również unikalnymi eksperymentami umożliwiającymi poznanie niektórych zjawisk fizycznych i przyrodniczych zachodzących pod wpływem bardzo wysokich temperatur, ciśnień, oraz różnych rodzajów promieniowania, niemożliwych do uzyskania w warunkach laboratoryjnych. Ilość zebranych danych w trakcie tych eksperymentów jak i liczne zagrożenia z nimi związane spowodowały ograniczenie wybuchów doświadczalnych, aż do wprowadzenia całkowitego ich zakazu. W 1997 roku powołano międzynarodowej organizacji kontroli prób z bronią jądrową CTBTO (*Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty*) i powstanie międzynarodowego systemu kontroli.

Ewolucja broni jądrowej

Historia powstania broni jądrowej jest ściśle powiązana z rozwojem fizyki atomowej i dlatego w pewnym uproszczeniu można przyjąć, że pierwsze prace eksperymentalne i teoretyczne umożliwiające w przyszłości budowę broni jądrowej zostały zapoczątkowane przez E. Rutherforda (1919 r.) i A. Einsteina (1915 r.). Przełomowym etapem przygotowawczym były próby dokonywane przez E. Fermiego w 1934r. i potwierdzona próba rozszczepienia atomu uranu przez uczonych niemieckich O. Hahna i F. Strasmana. Eksperymenty prowadzone przez uczonych niemieckich pozwalały sądzić, że możliwe jest przeprowadzenie neutronowej reakcji łańcuchowej, wyzwalającej ogromną ilość energii.

Wybuch wojny znacznie przyspieszył badania nad możliwości wykorzystania uranu jako materiału wybuchowego.

W Niemczech pracownicy Instytutu Fizyki im. Cesarza Wilhelma Uniwersytetu Berlińskiego P. Harteck i W. Groth 24 kwietnia 1939 przedłożyli Ministerstwu Uzbrojenia projekt wykorzystania uranu jako materiału wybuchowego. We wrześniu 1939 rozpoczęto prace nad niemiecką bronią jądrową.

W ZSRR w Leningradzkim Instytucie Fizyko – Technicznym I. Kurczatow opublikował w 1939 prace na temat reakcji jądrowych. G. Florow wraz z K. Pietrzakiem prowadzili prace z dziedziny fizyki jądrowej dotyczące samorzutnego rozszczepiania jąder uranu, opublikowane w 1940 r. Program budowy broni jądrowej pod kierownictwem I. Kurczatowa został uruchomiony w ZSRR w 1942 roku.

W Wielkiej Brytanii prace uciekinierów z Niemiec O. Frisha i R. Peiersa dotyczące obliczenia masy krytycznej i zasad wzbogacania uranu metodą dyfuzji gazowej przedstawiono 1940 r. Komitetowi Naukowych Badań Obrony Powietrznej (*Committee for the Scientific Survey of Air Warfare*) spowodowało powołanie Komitetu ds. Wojskowego Wykorzystania Detonacji Uranu MAUD (*Military Application of Uranium Detonation*) Pod przewodnictwem H. Tizarda. W trakcie prac nad projektem broni jądrowej, w ramach MAUD, powołano grupę naukowców brytyjskich i kanadyjskich pod przewodnictwem G. Thomasona zajmującą się technicznym opracowaniem „urządzenia wybuchowego” pod kryptonimem Tube Alloys. W sierpniu 1943 r. w Quebec w Kanadzie podpisano porozumienie pomiędzy Stanami Zjednoczonymi i Wielką Brytanią o współpracy przy budowie bomby jądrowej. Ze strony Wielkiej Brytanii we współpracy miał brać udział zespół Tube Alloys. Podpisanie tego porozumienia znacznie opóźniło budowę brytyjskiego potencjału atomowego.

W Japonii, w kołach wojskowych, śledzono osiągnięcia fizyków dotyczące badań jądrowych w zakresie reakcji łańcuchowej. Szef Wydziału Naukowo - Technicznego Sił Powietrznych gen. Takeo Yasuda, próbował zainteresować tym zagadnieniem naukowców i przedstawicieli rządu. W wyniku tej inicjatywy w 1941 roku zorganizowano pod przewodnictwem Yosio Nishiny Instytut Badań Fizyczno – Chemicznych. Yosio Nishina był studentem Nielsa Bohra. Prowadzone przez jego zespół prace, mimo pewnych osiągnięć uzyskanych w 1943 r. (przygotowanie teoretycznych założeń projektu bomby, budowy niedokończonego cyklotronu, opracowania metody wzbogacania uranu

metoda gazową jedynie dostępną w warunkach wojennych, opracowania metody uzyskiwania fluorku uranu koniecznego w gazowej metodzie wzbogacania), ze względu na trudności finansowe, ograniczony zespół naukowców nie mogli doprowadzić do powstania japońskiej bomby atomowej.

Pierwszą kontrolowaną reakcję jądrową przeprowadzono pod kierunkiem E. Fermiego w 1942 r. w Stanach Zjednoczonych. Pierwszego doświadczalnego wybuchu jądrowego dokonano także w Stanach Zjednoczonych 16 lipca 1945 r. (eksperyment pod kryptonimem „Trinity”. Podobne wybuchy przeprowadzono następnie w ZSRR w 1949 r. W 1952 r. została dokonana próba z bronią jądrową przez Wlk. Brytanię, w 1960 r. przez Francję., w 1962 r. przez CHRL.

Wstępne prace nad bronią jądrową opartą o zjawisko syntezy atomowej rozpoczęto już w 1941 r., a pierwszą próbę przeprowadzono w 1954 r. w Stanach Zjednoczonych. W latach 1963-1970 sformułowano (S.T. Cohen) podstawowe wymagania dotyczące kolejnej odmiany broni jądrowej, której podstawowym czynnikiem rażącym jest promieniowanie neutronowe.

Etapy rozwoju broni jądrowej.

W pierwszym etapie powstały uważane już dzisiaj za klasyczne bomby uranowe i plutonowe wykorzystujące reakcje jądrowe rozszczepienia w materiale wybuchowym. Zostały one bardzo dokładnie przebadane i należą do najszerzej rozprzestrzenionych typów broni jądrowej o konstrukcjach dostosowanych do różnych potrzeb taktycznych. Stanowią one największe zagrożenie dla ludności

W etapie drugim powstały konstrukcje o powiększonej sile rażenia, wykorzystujące reakcję rozszczepienia we wstępnej fazie wybuchu do zwiększenia ilości neutronów powodujących zwielokrotnienie wydajności reakcji rozszczepienia w głównym materiale wybuchowym lub wytworzenia warunków koniecznych do wywołania reakcji syntezy wyzwalaającej znacznie większą moc w porównaniu do starszych rozwiązań. Tego rodzaju urządzenia wybuchowe nazywane bombami termojądrowymi, mogą osiągać wydajności energetyczne rzędu Mt (równoważnika TNT) Najsilniejszy doświadczalny wybuch tego rodzaju bomby wykonanej w Stanach Zjednoczonych wynosił 15 Mt a analogiczna bomba zdetonowana w ZSRR osiągnęła 58 Mt. Dla porównania bomby zrzucone w czasie II wojny światowej posiadały moc zaledwie 20 kT.

W trzecim etapie udoskonalania broni jądrowej skoncentrowano się przede wszystkim na sposobie niszczenia „siły żywej nieprzyjaciela” przy ograniczeniu szkód materialnych. Do tego celu wykorzystywane jest promieniowanie neutronowe powodujące szybkie zgony ludzi w schronach odpornych na promieniowanie cieplne i wysokie ciśnienie, a także w pojazdach pancernych. Konstrukcja tej broni jest zbliżona do broni termojądrowej. Źródłem promieniowania neutronowego i gamma jest reakcja syntezy. Badania nad tego rodzaju bronią rozpoczęto w 1963 r. w Stanach Zjednoczonych i przerwano je w 1978 r. , by ponownie je uruchomić w 1981 r. Broń jest objęta traktatem o zakazie prób jądrowych.

Czwarty etap badań nad bronią jądrową koncentruje się na udoskonaleniu i miniaturyzacji głowic jądrowych poprzez użycie wyrafinowanych technologii wykorzystujących sekwencję wybuchu jądrowego podobną do broni opracowanej w drugim etapie. Przewidywaną zaletą takiej broni jest niezwykle korzystny stosunek masy materiału wybuchowego do całkowitej masy urządzenia wybuchowego. Wydajność energetyczna takich urządzeń wybuchowych nie przekracza na ogół 100t TNT (*trinitrotoluen – trotyl*) co pozwala ominąć ograniczenia wynikające z traktatu o zakazie prób jądrowych. Broń jądrowa tego typu może być stosowana, szczególnie przy użyciu samonaprowadzających się środków przenoszenia broni, do niszczenia konkretnych nawet bardzo odległych celów. Nad tą bronią pracuje się w krajach o bardzo wysoko rozwiniętych technologiach.

Biorąc pod uwagę, że eksplozje jądrowe są wywoływane przez reakcję rozszczepienia i syntezy materiału wybuchowego możliwe są zastępujące warianty konstrukcji broni jądrowej wykorzystujące różne rodzaje reakcji:

- wybuchy powstałe w wyniku bezpośredniego rozszczepienia materiału wybuchowego (uran-235, pluton-239)
- wybuchy powstałe w wyniku działania dwustopniowego - rozszczepienie materiału zapłonowego stwarzającego warunki do syntezy materiału wybuchowego
- wybuchy powstałe w wyniku działania trójstopniowego - rozszczepienie materiału zapłonowego - synteza materiału wybuchowego – rozszczepienie powłoki urządzenia wybuchowego

Zupełnie innym zagrożeniem dla ludności jest potencjalna możliwość wykorzystania materiałów jądrowych do budowy bomby radiacyjnej, tzw. "brudnej bomby", polegającej na radioaktywnym skażeniu terenu w wyniku zdetonowania przy pomocy konwencjonalnych materiałów wybuchowych ładunku zawierającego izotopy promieniotwórcze, lub ataku na obiekt jądrowy, np. magazyny wypalonego paliwa, elektrownie, zakłady przerobu paliwa itp.

Pierwsze projekty militarnego zastosowania broni radiacyjnej powstały w latach pięćdziesiątych. Skuteczność broni zależy od rodzaju zastosowanych izotopów. Jej działanie jest opóźnione i długotrwałe. Ze względu na prostotę konstrukcji takiej broni i względną łatwość uzyskania izotopów promieniotwórczych istnieje obawa przed użyciem jej przez organizacje terrorystyczne.

Materiały używane do budowy broni jądrowej

W jądrowych środkach wybuchowych (bombach, pociskach, głowicach raketowych) wykorzystywana jest niekontrolowana łańcuchowa reakcja rozszczepienia, prowadząca do wyzwolenia ogromnej ilości energii w krótkim czasie - eksplozji. Do produkcji materiału jądrowego tj. materiału, który może być użyty do budowy jądrowych środków wybuchowych wymagany jest proces wzbogacania i oczyszczania. Obecnie do budowy broni jądrowej wykorzystywane są izotopy uranu ²³⁵U i plutonu ²³⁹Pu w postaci metalicznej o bardzo wysokiej czystości (bez domieszek).

Dopuszcza się (w uranowych jądrowych środkach wybuchowych) niewielkie ilości izotopu ^{238}U nie będącego materiałem wybuchowym, ale podtrzymującym łańcuchową reakcję rozszczepienia. Dla uranowych jądrowych urządzeń wybuchowych wymagany jest uran metaliczny o wzbogaceniu 90% (wzbogacenie określa stosunek ilości izotopu uranu ^{235}U do ilości izotopu uranu ^{238}U – podstawowego składnika uranu naturalnego).

W plutonowych jądrowych urządzeniach wybuchowych stosowany jest metaliczny, o bardzo wysokie czystości izotop plutonu ^{239}Pu , stanowiący ponad 93% składu tzw. plutonu bojowego zawierającego ponadto 6 % ^{249}Pu i około 0,6 % ^{241}Pu oraz innych domieszek

Aby zaszła samopodtrzymująca się *łańcuchowa reakcja rozszczepienia* potrzebna jest tzw. *masa krytyczna*, czyli pewna minimalna ilość materiału rozszczepialnego w której taka reakcja może powstać. Wielkość masy krytycznej w jądrowych urządzeniach wybuchowych zależy nie tylko od materiału jądrowego (decydującego o wydajności energetycznej wybuchu – mocy), ale przede wszystkim od konstrukcji urządzenia wybuchowego zależnego od przeznaczenia np. pociski niszczące, penetrujące, bomby niszczące, bomby radiacyjne, itp.) Wielkość *masy krytycznej* może wynosić od kilku do kilkudziesięciu kg.

Masa krytyczna (bez specjalnych konstrukcji „goła”) dla izotopu uranu ^{233}U wynosi 15 kg, dla izotopu uranu ^{235}U przy wzbogaceniu 90 % wynosi około 50 kg, dla plutonu ^{239}Pu 10 kg ale np. dla tego izotopu przy zmianie konstrukcji jądrowego środka wybuchowego (ekran berylowy wstrzymujący ucieczkę neutronów) może wynosić 4kg.

W jądrowym urządzeniu wybuchowym, przed wybuchem, masa krytyczna jest rozdzielona (na ogół na dwie części). Wywołanie wybuchu polega na doprowadzeniu do ich połączenia. W klasycznych rozwiązaniach stosowane są dwie metody :

- wstrzeliwania (jedna część jest wstrzeliwana w drugą przy użyciu klasycznych materiałów wybuchowych – rozwiązanie zastosowane w bombie uranowej zrzuconej nad Hiroszimą – uranowej)
- implozja – polegająca na kompresji -ściśnięciu – jądrowego materiału wybuchowego przez ładunki wybuchowe (chemiczne) rozmieszczone wokół niego. Warunkiem zainicjowania eksplozji jest jednoczesny wybuch ładunków chemicznych. (Rozwiązanie zastosowane w bombie zrzuconej nad Nagasaki - plutonowej).

Były próby konstrukcji broni strzeleckiej i dywersyjnej – “walizkowej”.

Systemy wykrywania broni jądrowej

Systemy wczesnego wykrywania wybuchów jądrowych są ważnym elementem obrony biernej.

Systemy wykrywania wybuchów jądrowych różnią się między sobą przede wszystkim przeznaczeniem, ponieważ inne są wymagania dla systemów wykrywania wybuchów na polu walki, a inne w warunkach pokoju, gdzie głównym celem jest weryfikacja wypełniania zobowiązań wynikających z traktatów międzynarodowych. Systemy wojskowe muszą zapewnić jak najdokładniejszą informację o stanie rażonych elementów operacyjnych pozwalającą na podjęcie decyzji o odtworzeniu zdolności bojowej zaatakowanych jednostek, o rozmiarach stref skażeń i ich wielkości oraz skutkach ataku głównie zakresu zniszczeń elementów o znaczeniu strategicznym. Systemy używane w warunkach pokojowych powinny umożliwić ustalenie miejsca i czasu próby jądrowej, mocy wybuchu, rodzaju materiałów użytych w eksplozji, wielkość obszaru skażonego, oraz umożliwić prognozę późnych skutków wybuchu.

Systemy wykrywania wybuchów wykorzystują do ich detekcji oczywiście zjawiska fizyczne towarzyszące eksplozji tzn. promieniowanie świetlne (cieplne). Falę uderzeniową (zmianę ciśnienia) sygnał akustyczny, wstrząs sejsmiczny, fale radiowe (impuls elektromagnetyczny), promieniowanie jądrowe (początkowe i resztkowe).

Wojskowe urządzenia do wykrywania wybuchów jądrowych umieszczane były na samochodach wraz z radiostacją umożliwiającą łączność z punktem dowodzenia. Problemem było to, że ta łączność mogła być silnie zakłócona przez sam wybuch. Wojskowa stacja pomiarowa umożliwiała pomiar wydajności energetycznej wybuchu na podstawie fali świetlnej, kąt położenia kuli ognistej okręcający jej wysokość i ewentualnie szybkość wznoszenia, azymut wybuchu (określenie miejsca wybuchu wymagało sprzężenia co najmniej dwóch stacji, rejestrację radioimpulsu, sygnału akustycznego). Ze względu na konieczność szybkiego przemieszczania się stacji nie wykorzystywano sygnałów sejsmicznych. W wojsku polskim w latach siedemdziesiątych używany był sprzęt produkcji radzieckiej.

Systemy pracujące w warunkach pokojowych są obecnie rozprzestrzenione na całej kuli ziemskiej i wykorzystują wszystkie dostępne metody pomiarowe umożliwiające określenie parametrów wybuchu.

Ewentualne zamachy terrorystyczne dokonywane przy użyciu jakiegoś rodzaju bomby radiacyjnej mogą być względnie łatwo wykrywane przez międzynarodowe systemy wczesnego ostrzegania i wykrywania awarii jądrowych, jak np. Centrum ds. Zdarzeń Radiacyjnych w PAA.

I. Klasyfikacja wybuchów jądrowych

Wybuchy jądrowe można klasyfikować uwzględniając ich różne właściwości, np. czynniki rażące. Podstawowymi czynnikami rażącymi w klasycznej broni jądrowej są podmuch (fala uderzeniowa) i wstrząs, stanowiące około 50% siły wybuchu, oraz promieniowanie cieplne (około 30% siły wybuchu) i promieniowanie jonizujące (około 10 % siły wybuchu). Podstawowym

czynnikiem rażącym w neutronowej broni jądrowej jest promieniowanie stanowiące wg niektórych danych aż 80% siły wybuchu. Innego rodzaju klasyfikacji uwzględniające przeznaczenie, siłę rażenia itp. stosuje się dla celów wojskowych.

Dla celów ochrony ludności przyjęto podział wybuchów jądrowych na powietrzne powierzchniowe, podziemne i podwodne. Podziemne i podwodne nazywane są również podpowierzchniowymi. Ponieważ w praktyce może zachodzić szereg sytuacji pośrednich podział ten ma charakter umowny. Wybuchem powietrznym nazywany jest wybuch, w czasie którego centrum eksplozji znajduje się nad powierzchnią wody lub ziemi na takiej wysokości, że kula ognista w chwili osiągnięcia drugiego szczytu emisji nie dotyka powierzchni środowiska nad którym nastąpił wybuch. Charakterystyczną cechą powietrznych wybuchów jądrowych jest występowanie dwóch szczytów emisji energii cieplnej. W wybuchu podpowierzchniowym centrum eksplozji znajduje się pod powierzchnią środowiska pod którym nastąpił wybuch. Należy podkreślić, że granice pomiędzy tymi wybuchami są umowne, ponieważ np. wybuch powierzchniowy może być traktowany również jako płytki wybuch podpowierzchniowy. Z punktu widzenia ochrony ludności istotne znaczenie ma przewidywanie zasięgu skażeń radioaktywnych, zniszczeń, przewidywanie kierunku przemieszczania się chmur radioaktywnych itp. Dlatego też poznanie zjawisk występujących w takich warunkach jest niezwykle istotne.

Dokonywane były również próby jądrowe na dużych wysokościach, praktycznie w przestrzeni kosmicznej. Jednak znaczenie ich z punktu widzenia ochrony ludności jest znikome ponieważ brak jest fali uderzeniowej, promieniowanie cieplne (impuls świetlny) jest widoczny ale nie ma właściwości niszczących, a promieniotwórcze pozostałości po bombie są bardzo rozproszone. Wybuchy te miały wpływ na odbiór radiowy co jest istotne w przypadku konfliktu.

II. Zjawiska wywołane przez wybuchy jądrowe i metody ich wykrywania

Szczegółowe opisy procesów fizycznych zachodzących w czasie wybuchu jądrowego są w dostępnej obecnie literaturze opisane dość szeroko. Dla celów wykrywania i oceny wydajności energetycznej wybuchów powietrznych i podpowierzchniowych najgroźniejszych dla ludności ze względu na duży zasięg wykorzystywane są przede wszystkim następujące zjawiska;

- promieniowanie cieplne (impuls świetlny) - mierzony jest czas osiągnięcia minimum promieniowania pozwalający wyznaczyć wydajność energetyczną wybuchu
- impuls elektromagnetyczny - badana jest współbieżność z sygnałem świetlnym w celu potwierdzenia, że obserwowany wybuch jest wybuchem jądrowym
- fala podmuchu (uderzeniowa) - mierzony jest czas dojścia czoła fali uderzeniowej w celu określenia odległości
- fale sejsmiczne - mierzone są: czas dojścia czoła fali sejsmicznej dla potwierdzenia odległości od centrum wybuchu oraz energia fali sejsmicznej, która wraz z obliczoną wydajnością energetyczną wybuchu umożliwia określenie jego rodzaju i określenie wysokości na której on nastąpił.

a) Promieniowanie cieplne – impuls świetlny

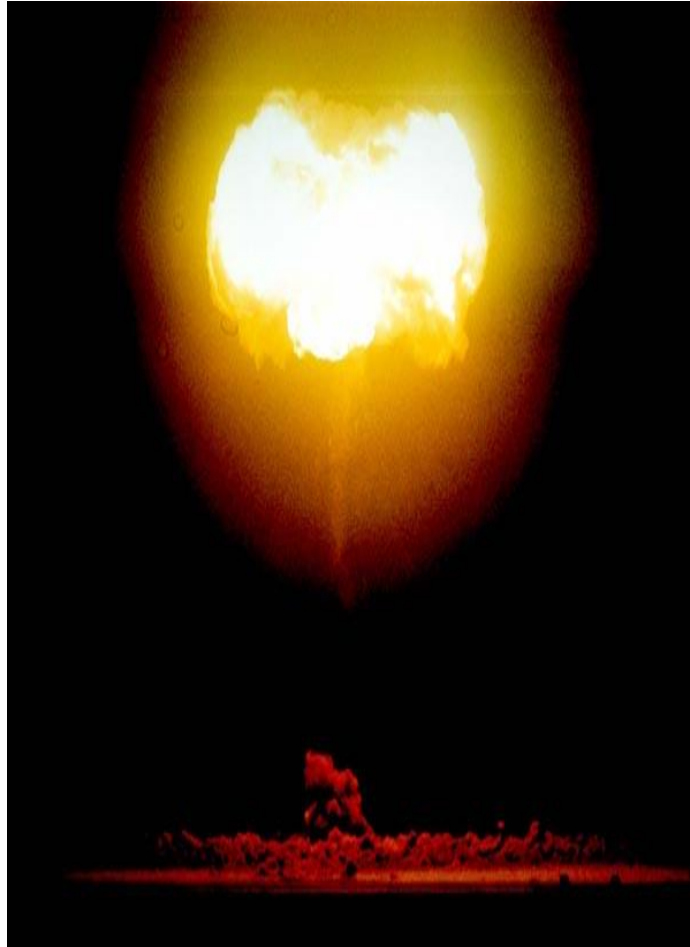
Promieniowanie emitowane podczas wybuchu jądrowego w zakresie światła widzialnego jest wykorzystywane do określenia jego wydajności energetycznej. Mechanizm tworzenia się kuli ognistej stanowiącej źródło sygnału świetlnego jest następujący:

Faza I – źródło pierwotne - wysoka temperatura (dochodząca do kilkunastu milionów stopni) powstała w wyniku reakcji jądrowych powoduje powstanie plazmy; zjonizowane pary materiału bomby nazywane źródłem pierwotnym stanowią centrum wybuchu. Rys.1



Rys.1 Faza I

Faza II – wzrost radiacyjny kuli ognistej - wyzwolona energia jest emitowana w postaci promieniowania elektromagnetycznego obejmującego szerokie spektrum od podczerwieni do promieniowania rentgenowskiego; fotony promieniowania rentgenowskiego są pochłaniane w warstwie powietrza powodują silne nagrzanie i zjonizowanie tej warstwy powietrza w pobliżu źródła pierwotnego przekazują energię dalszym warstwom powietrza powodują powiększanie się kuli ognistej. Jednocześnie kula powstała z par bomby rozpręży się zbliżając się do zewnętrznej warstwy kuli ognistej utworzonej przez promieniowanie rentgenowskie. Gdy przestanie się wydzielać energia z reakcji jądrowych szybkość rozprzestrzeniania się kuli gwałtownie spada i temperatura w jej wnętrzu maleje, prędkość przekazywania energii przez promieniowanie i prędkość rozszerzania się gazów wyrównują się. Rys.2



Rys.2 Faza II

Faza III – przejście od wzrostu radiacyjnego do uderzeniowego tzn. przejście od wzrostu kuli ognistej spowodowanego promieniowaniem do powstania fali uderzeniowej - z chwilą kiedy warstwa sprężonego powietrza powstała wokół centrum wybuchu połączy się z warstwą czoła fali powstałej w wyniku promieniowania, powierzchnia kuli ognistej staje się czołem fali uderzeniowej, której właściwości rażąco zależą od mocy wybuchu. Ze względu na wysoką temperaturę czoło tej fali stanowi rodzaj ekranu przesłaniającego bardziej rozżarzone wnętrze. Rys. 3



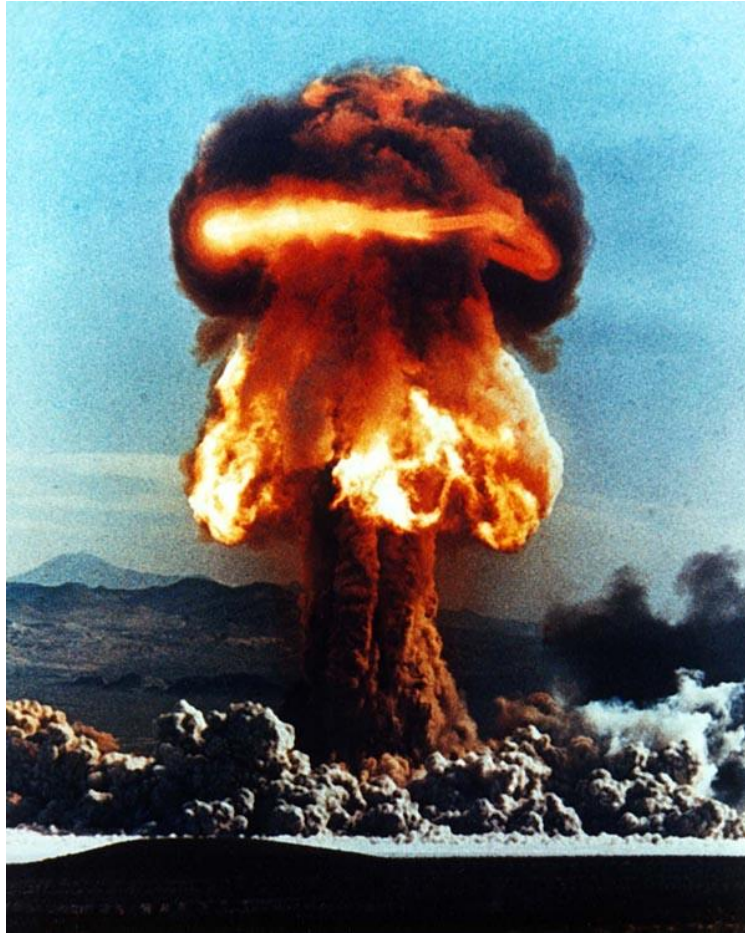
Rys.3 Faza III

Faza IV – wzrost kuli ognistej wywołany przez falę uderzeniową - kula ognista w tej fazie składa się z dwóch koncentrycznych obszarów: wewnętrznego o bardzo wysokiej temperaturze i zewnętrznego stanowiącego warstwę jarzącego się powietrza. Kula wewnętrzna powiększa się, przy czym, wskutek obniżania się temperatury, zmienia się zakres widma promieniowania. W miarę oddalania się fali uderzeniowej od centrum wybuchu jej temperatura powierzchni maleje do około 2000^0 K i przestaje świecić odsłaniając wnętrze kuli - pierwsze minimum. Rys.4



Rys.4 Faza IV

Faza V - kula ognista po oderwaniu się fali uderzeniowej - stają się widoczne obszary wnętrza kuli ognistej nazywanej późną kulą ognistą i wzrasta natężenie promieniowania cieplnego aż do osiągnięcia maksimum około 6000°K – 8000°K , (obserwowana temperatura powierzchni Słońca wynosi około 6000°K), a następnie opada na skutek strat energii na promieniowanie i ochładzanie się gazów. Zanik kuli następuje po czasie zależnym od mocy wybuchu (tzw. drugie minimum). Rys.5



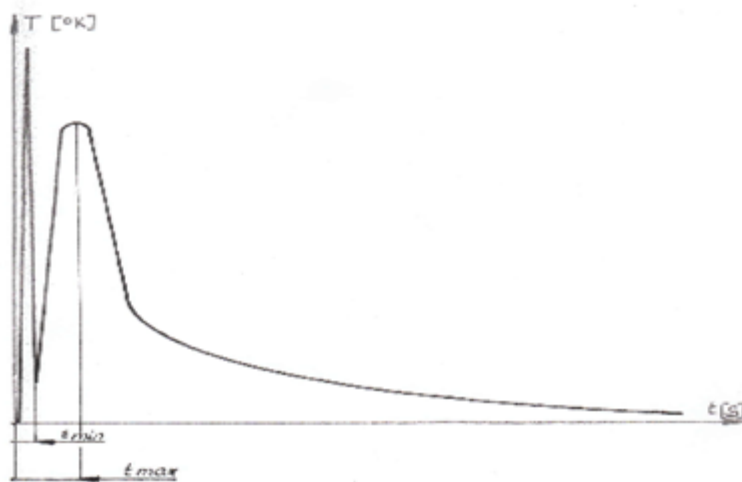
Rys.5 Faza V

Powstawanie dwóch szczytów emisji promieniowania jest charakterystyczną cechą wybuchów powietrznych do wysokości około 30 km. Na wysokości 110 km obserwowano pojedynczy błysk. Sygnał świetlny może być odbierany przez aparaturę wykrywającą wybuchy nawet bez bezpośredniej widoczności kuli ognistej tzn. gdy wybuch nastąpił poza horyzontem. Wydajność energetyczna wybuchu jest określona wzorami empirycznymi

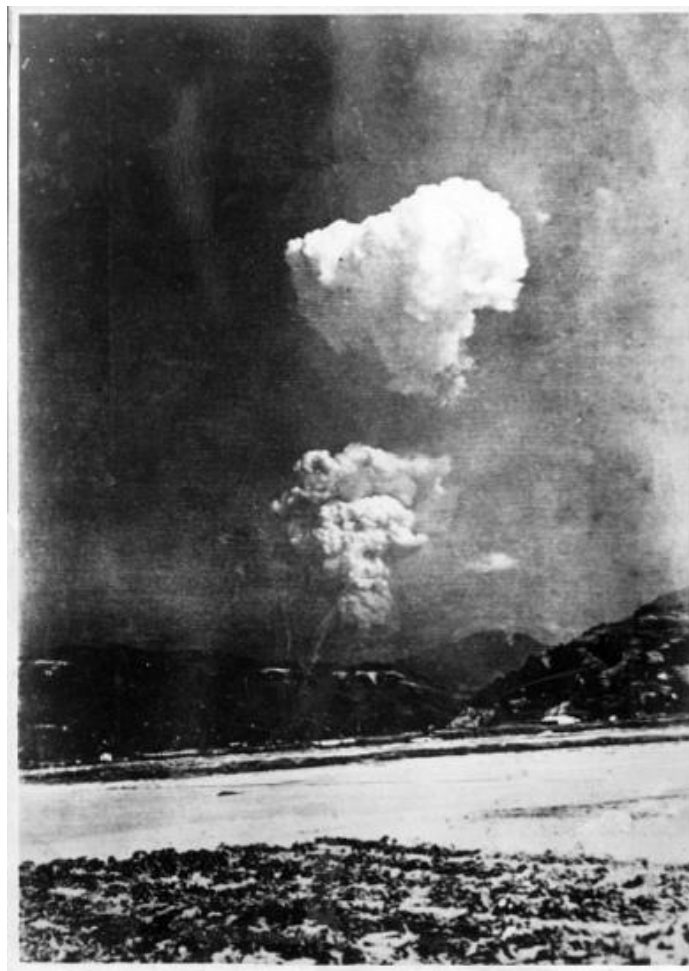
$$t_{min} = 0,0025\sqrt{W}$$

$$t_{max} = 0,0032\sqrt{W}$$

gdzie W wydajność energetyczna wybuchu (kt TNT). Rys. 6



Rys.6 Promieniowanie termiczne kuli ognistej (impuls świetlny)



fot. AFP / Honkawa Elementary School



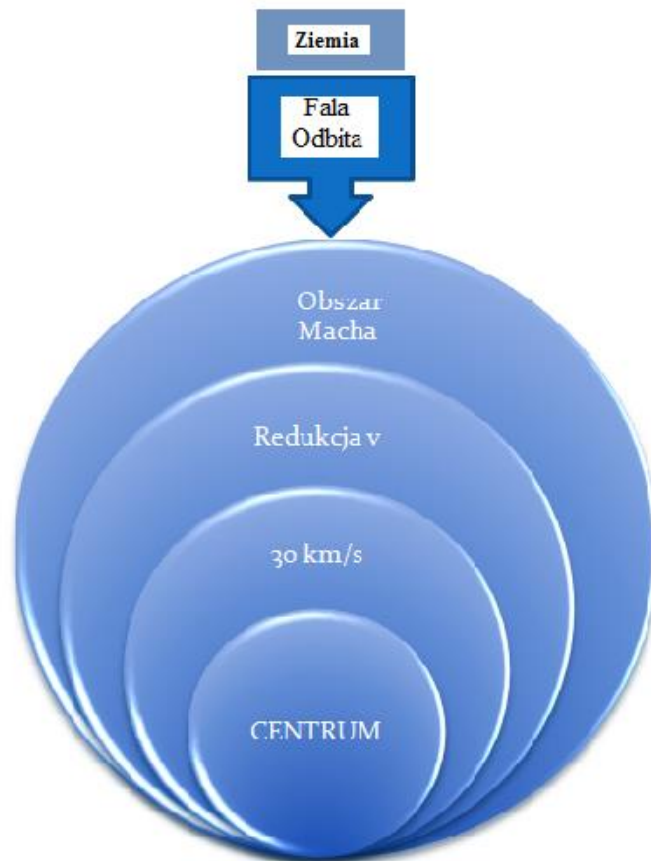
Rys. 7 Zaginiona fotografia odnalazła się w zbiorach szkoły podstawowej Honkawa - informuje agencja AFP. Atak na Hiroszimę nastąpił 6 sierpnia 1945 r.

b) Impuls elektromagnetyczny

Impuls elektromagnetyczny powstaje w pierwszej fazie tworzenia się kuli ognistej bezpośrednio po detonacji wskutek oddziaływania promieniowania z materią i powstania plazmy w centrum wybuchu i jest generowany przez elektron rozproszenia comptonowskiego i fotoelektrony. Impuls wywołuje bardzo krótkotrwałe i silne natężenia pola elektromagnetycznego mogące spowodować czasowe unieruchomienie wszelkich urządzeń elektronicznych. Wybuchy mające na celu tego rodzaj działania są wykonywane na dużych wysokościach (przeprowadzano próby na wysokości 400 km). Odbiór szerokopasmowego (od 3Hz do 3kHz) sygnału wraz z sygnałem świetlnym informuje o możliwym wybuchu jądrowym i uruchamia pozostałe układy systemu wykrywania.

c) Fala podmuchu (fala uderzeniowa)

Fala uderzeniowa stanowi obok promieniowania cieplnego najważniejszy składnik rażący wybuchu jądrowego. Początkowo fala uderzeniowa rozchodzi się z prędkością znacznie przewyższającą szybkość rozchodzenia się dźwięku i wynosi około 30 km/s a w miarę rozprzestrzeniania się jej szybkość maleje i staje się falą dźwiękową i może rozchodzić się na znaczne odległości. Rozprzestrzenianiu się fali uderzeniowej może towarzyszyć zjawisko tzw. fali Macha. Fala uderzeniowa, zderzając się z gęstym ośrodkiem ulega odbiciu. Wartość odbitego ciśnienia zależy od siły uderzenia fali padające i jej kąta padania. Mierząc ciśnienie w pewnej odległości od centrum wybuchu w oddaleniu od powierzchni ziemi obserwuje się dwa uderzenia: jedno pochodzące od bezpośredniej fali uderzeniowej, a drugie od fali odbitej. W pewnych warunkach czoła obu fal łączą się i obserwowane jest jedno uderzenie. Obszar w którym to następuje nazywany jest obszarem Macha. Rys.8



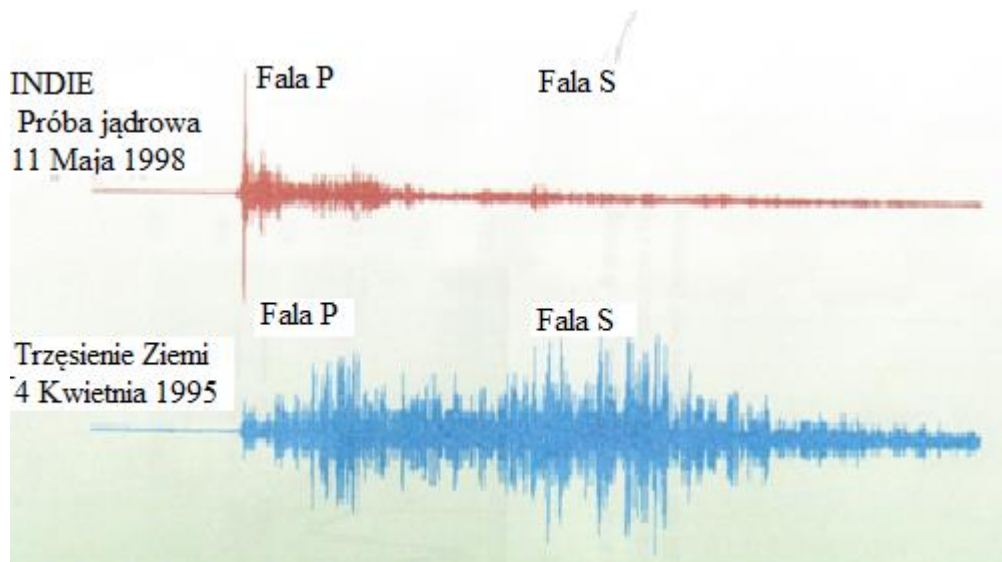
Rys.8 Fala Uderzeniowa

W stacjonarnych stacjach wykrywania wybuchów jądrowych stosowanych w międzynarodowym systemie czułe przyrządy pomiarowe (mikrobarografy) wykrywają zmiany ciśnienia rzędu ułamków mikrobarów. Urządzenie te wykrywają zachodzące zmiany umożliwiając zapis danych zbieranych w ciągu 30 s. Częstotliwość wykrywanych infradźwięków wynosi 6 Hz. Podstawowym problemem jest wyodrębnienie sygnałów pochodzących od wybuchów z tła naturalnego (wirów powietrznych, anomalii pogodowych, intensywnych opadów) i sygnałów emitowanych przy erupcji wulkanów, samolotów, pożarów a nawet meteorów. W celu wyeliminowania tych zakłóceń stosuje się zestawy detektorowe pracujące we wspólnej sieci, a zebrane dane są analizowane i korelowane z innymi stacjami systemu.

d) Fale sejsmiczne

Siła wstrząsu ziemi wywołanego wybuchem jądrowym zależy przede wszystkim od wydajności energetycznej wybuchu oraz oddalenia centrum wybuchu od powierzchni ziemi. Zjawiska występujące przy wybuchach powierzchniowych i podpowierzchniowych, a w szczególności przy wybuchach dokonywanych na dużych głębokościach w których większa część energii wybuchu zamieniana jest na wstrząs sejsmiczny, różnią się bardzo znacznie od zjawisk zachodzących przy wybuchach powietrznych. Przy wybuchu powietrznym fala sejsmiczna powstaje w wyniku uderzenia czoła fali uderzeniowej o powierzchnię ziemi. Fala sejsmiczna może przenosić bardzo dużą energię i wywoływać silne wstrząsy na wet na bardzo znacznych odległościach. Wielkość powstałych wstrząsów zależy od rodzaju powierzchni i podpowierzchniowych warstw

ziemi od których rodzaju zależy również szybkość i zakres propagacji fali sejsmicznej. Przy wybuchu powietrznym, gdy fala uderzeniowa jest silna, fala sejsmiczna może przenosić się szybciej od czoła fali uderzeniowej, lub być w stosunku do niego opóźniona. Zależy to od lokalnych warunków propagacji tzn. głównie od gęstości warstwy przenoszącej zaburzenie sejsmiczne. Gdy szybkość fali uderzeniowej osiągnie szybkość dźwięku fala sejsmiczna na ogół wyprzedza falę uderzeniową. Propagacja fal sejsmicznych jest bardzo złożona ze względu na zróżnicowanie warstw geologicznych i w skrajnych przypadkach może się zdarzyć, że czujnik odbierze falę sejsmiczną pochodzącą od tego samego wybuchu, ale z różnych kierunków. W pewnych odległościach od centrum wybuchu identyfikacja pochodzenia wstrząsu nie powinna sprawiać trudności, natomiast duże trudności mogą powstać w odległościach tysięcy kilometrów. Dlatego do pełnej identyfikacji powinna być zbudowana sieć odbioru sygnałów sejsmicznych. Zakłócenia identyfikacji mogą być spowodowane trzęsieniami ziemi, wybuchami w kopalniach, a ze względu na wielką czułość aparatury nawet pracami budowlanymi. Wykrywane częstotliwości wynoszą od 0, 5 Hz do 8 Hz. Rys. 9



Rys. 8 Sejsmogramy zarejestrowane w stacji Nilore Pakistan

Jedną z metod identyfikacji (odróżnienia wybuchu od trzęsienia ziemi) jest analiza fal sejsmicznych fali podłużnej P (Primary) i fali podłużnej S (Secondary). Fale sejsmiczne P drgają w kierunku rozchodzenia się (podobnie do fali dźwiękowej) i są one bardzo szybkie (około 5 km/s) fale podłużne S wywołują drgania prostopadłe do kierunku rozchodzenia w płaszczyźnie pionowej lub poziomej (z szybkością około 3 km/s). Wybuch jądrowy wywołuje silniejszą falę P i słabszą S w przeciwieństwie do trzęsienia ziemi P słabsza S silniejsza. Identyfikację przeprowadza się na podstawie sejsmogramu uwzględniając częstotliwość i lokalne warunki propagacji. Stacje sejsmiczne pracują w sieci, co pozwala określić miejsce wybuchu.

Z systemem wykrywania wstrząsów sejsmicznych jest powiązana sieć wykrywania wybuchów nad powierzchnią wody i podwodnych pomagająca jednocześnie w ich identyfikacji. Sieć tworzy system czujników podwodnych (hydrofonów) rozmieszczonych w różnych punktach oceanów, z których dane są przesłane kablami do najbliższych stacji obserwacyjnych. Przewidywana

jest również łączność satelitarna między stacjami. Systemy hydroakustyczne są niezwykle czułe i pozwalają identyfikować wybuchy z dużą precyzją. Wiadomo, że np. wybuchy podwodne wysyłają specyficznej sygnały tzw. oscylacje pęcherzykowe. Systemy odbierają fale o znacznie wyższej częstotliwości niż stacje sejsmiczne, co dodatkowo ułatwia identyfikację np. wybuchów dokonywanych nad powierzchnią wody. Umożliwiają one również odbiór najsłabszej i najwolniejszej fali sejsmicznej fali T (Tertiary) co pozwala wykrywać bardzo słabe trzęsienia ziemi nie rejestrowane przez seismografy na lądzie i nawet odległe wybuchy. Tego rodzaju czujniki naprowadziły obserwatorów między innymi na podejrzenie, że okręt podwodny KURSK zatonął w wyniku eksplozji.

e) Promieniowanie jądrowe

Szczególną cechą wybuchów jądrowych jest emisja promieniowania jądrowego składającego się z promieni γ neutronów, cząstek β niewielkiej ilości cząstek α jak również promieniowania rentgenowskiego. Dla celów ochrony ludności przyjmuje się umownie, że promieniowanie jądrowe jest emitowane w dwóch etapach:

- początkowe promieniowanie jądrowe składające się głównie z promieniowania γ i neutronów powstałych w wyniku rozszczepienia
- resztkowe promieniowanie jądrowe składające z promieniowania β i promieniowania γ z substancji radioaktywnych będącymi produktami rozszczepienia

Za granicę podziału przyjmuje się okres 1 min po wybuchu, tzn. promieniowanie przed upływem minuty od chwili wybuchu jest promieniowaniem początkowym, po tym czasie promieniowaniem resztkowym. Energia promieniowania początkowego stanowi około 35 % całkowitej emitowanej energii. Charakter źródła promieniowania resztkowego zależy od wielu parametrów, np. od stopnia wpływu reakcji rozszczepienia, lub syntezy na siłę wybuchu.

Dla celów wykrywania wybuchów jądrowych oraz dla celów ochrony ludności przyjmuje się, że promieniowanie resztkowe jest emitowane przez pyły radioaktywne, pary, resztki materiału urządzenia wybuchowego docierające do ziemi w dwóch etapach. Opad wczesny docierający do powierzchni ziemi spowodowany opadem cięższych cząstek radioaktywnych, (stanowiących około 80 % całkowitego opadu) w ciągu 24 godz. od chwili wybuchu i opad opóźniony składający się z bardzo małych praktycznie niewidocznych cząstek o niewielkim stężeniu przenoszony nawet na znaczne odległości. Opady mogą przemieszczać się daleko od miejsca wybuchu skażając odległe tereny. Znajomość czasu i kierunku przemieszczania się chmury radioaktywnej ma zasadnicze znaczenie dla prognozowania skażenia terenów opadami jak i pozwala na weryfikację parametrów wybuchu. Przy silnych wybuchach znaczna część całkowitego opadu jest wynoszona poza atmosferę. O wybuchu jądrowym świadczy duże stężenie izotopów ^{137}Cs , ^3H , ^{14}C , ^{90}Sr , ^{131}I jak pojawienie się innych (około 300) rzadko występujących izotopów. Najpowszechniej są mierzone izotopy Cs i Sr szczególnie niebezpieczne dla ludzi a których długi czas rozpadu ułatwia ich wykrywanie. Systemy wykrywania stosują różne metody wyodrębniania najbardziej charakterystycznych dla wybuchów jądrowych nawet śladowych ilości izotopów i tak np. wykryto niewielkie ilości plutonu i technetu w osadach morskich w pobliżu wybrzeży Kanady pochodzących z

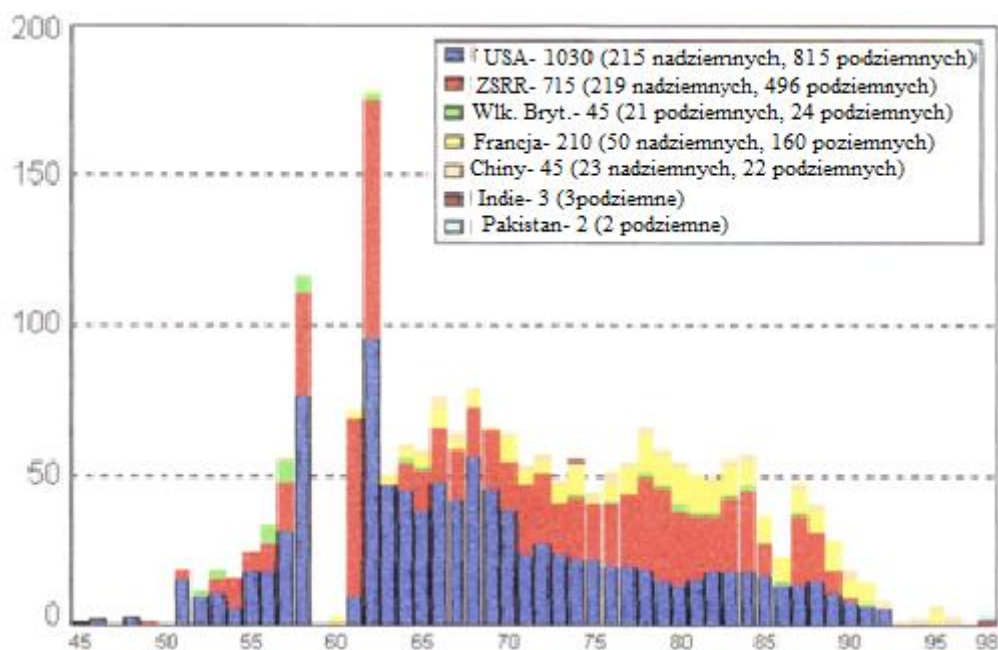
bomb zrzuconych na Nagasaki i Hiroszimę. Jednoznacznym potwierdzeniem wybuchów podziemnych jest wykrycie niewielkich ilości gazów szlachetnych - ksenonu, helu i argonu - w atmosferze.

Stacje pomiarowe rozprzestrzenione w różnych miejscach kuli ziemskiej pozwalają potwierdzić zaistnienie wybuchu, a nawet określić jego typ i rodzaj użytego materiału.

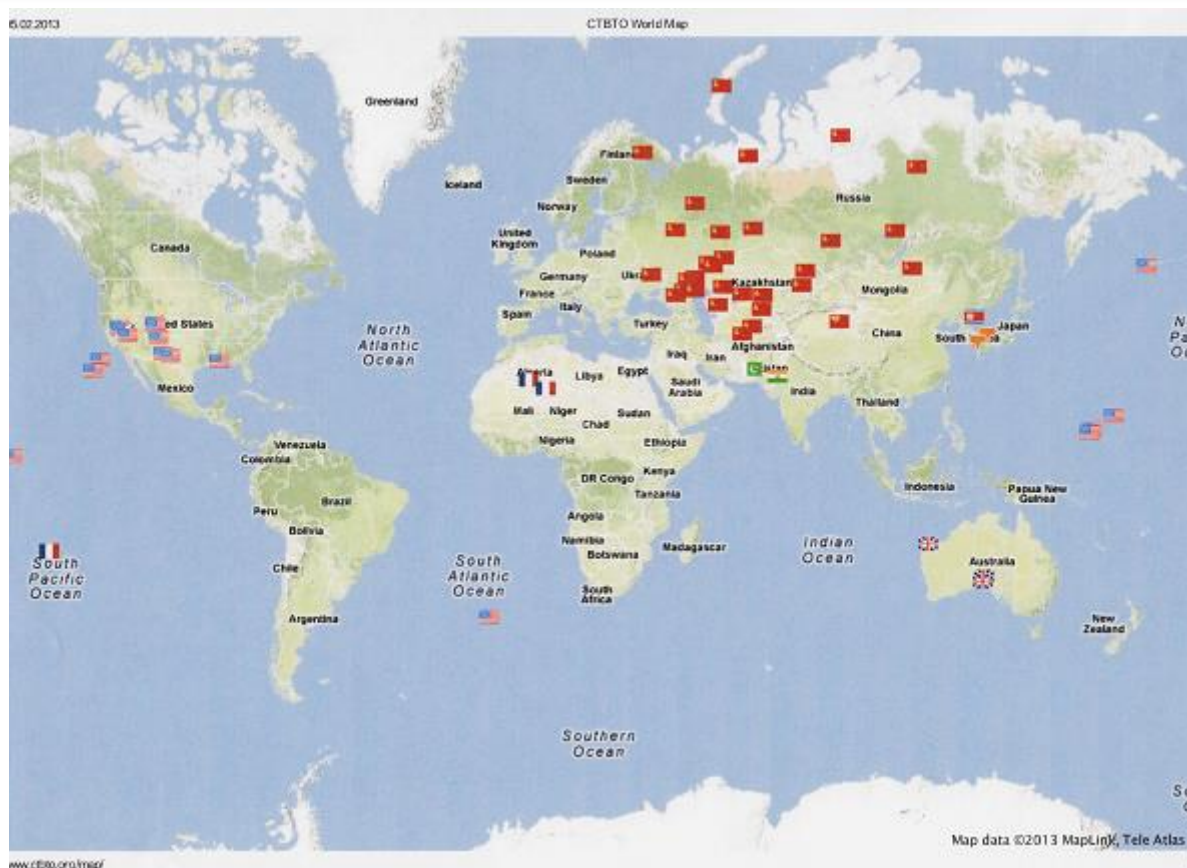
III. Traktat o całkowitym zakazie prób jądrowych (*Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty CTBTO*)

Duża ilość doświadczalnych wybuchów jądrowych (około 200 od detonacji pierwszej próbnej bomby jądrowej 16 lipca 1945 w Stanach Zjednoczonych do 29 lipca 1996 w Chinach) spowodowała wyraźne zwiększenie zagrożeń skażeniem substancjami promieniotwórczymi w niektórych rejonach świata i zmobilizowała opinię publiczną do żądania wprowadzenia ograniczeń prób jądrowych. Pierwsze ograniczenia dotyczące wybuchów powietrznych wprowadzono w 1963 roku. Próby podziemne rozpoczęte 1951 były prowadzone do roku 1996 tzn. do chwili podpisania Traktatu o Całkowitym Zakazie Prób Jądrowych. Traktat ten powołał jednocześnie międzynarodową organizację pod patronatem ONZ CTBTO z siedzibą w Wiedniu. Zadaniem CTBTO jest kontrola wypełniania warunków Traktatu. Traktat podpisało początkowo 177. W chwili obecnej traktat podpisało 180 państw, a 148 ratyfikowało. By Traktat mógł zacząć obowiązywać konieczna jest ratyfikacja przez wszystkich jego uczestników. Polska ratyfikowała Traktat w maju 1999 roku.

Rys.10

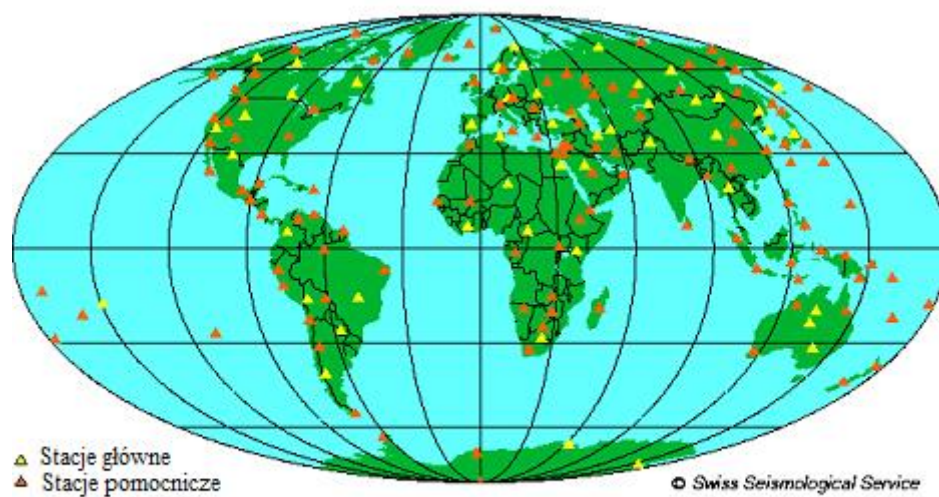


Rys.10 Próby Jądrowe do roku 1998. Koreańska Republika Ludowo-Demokratyczna dokonała w roku 2006 9 października pierwszej próby broni jądrowej (o mocy 0,5 kt) a trzy lata później w roku 2009 29 maja dokonano kolejnej próby (o mocy 20 kt). Przypuszcza się, że niezidentyfikowany rozbłysk zaobserwowany 22 września 1979 nad Oceanem Indyjskim przez system satelitarny był próbą broni jądrowej opracowanej przez Izrael i Republikę Południowej Afryki.

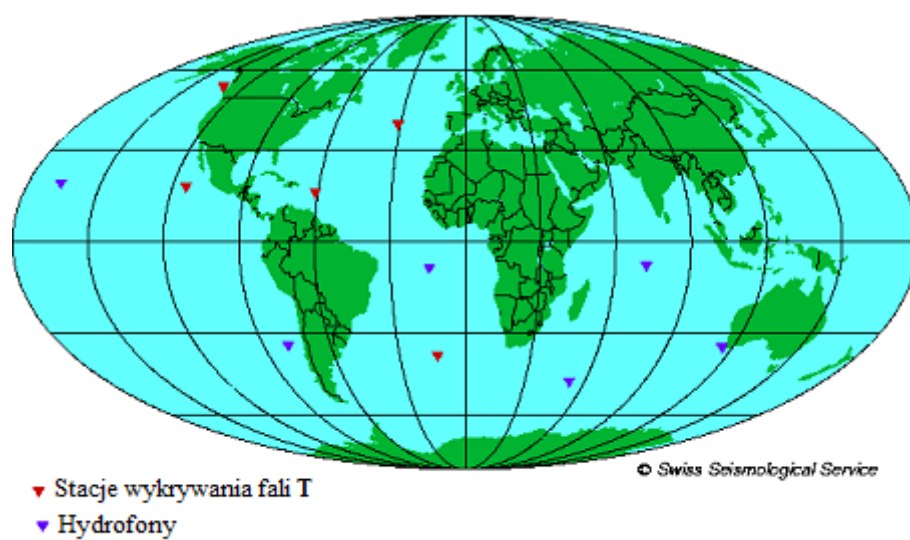


Rys. 11 Lokalizacja prób jądrowych

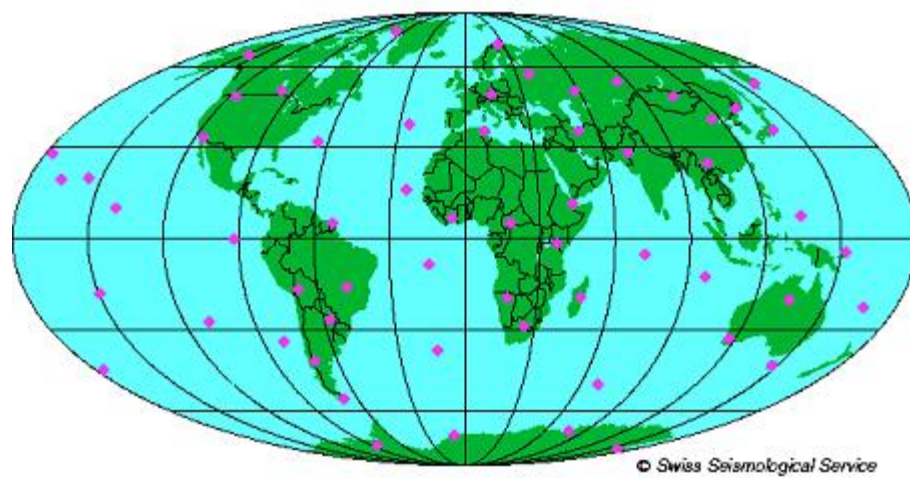
W celu realizacji kontroli warunków Traktatu CTBTO organizuje Międzynarodowy System Monitorowania (*International Monitoring System – IMS*), tworzący sieć 321 stacji pomiarowych i 16 laboratoriów rozmieszczonych po całym świecie w taki sposób, aby pokryty był cały obszar, w którym mogłyby być przeprowadzane próby. Rozmieszczenie punktów pomiarowych zostało uzgodnione i zapisane w Aneksie do Traktatu. Część stacji jest trudno dostępna i jest sterowana zdalnie. W systemie wykorzystywane są najnowsze technologie, a stacje pomiarowe są stale modernizowane. Stacje monitorowania, z których dane przekazywane są bezpośrednio do centrali w Wiedniu i stanowią sieć pierwotną (obecnie 50). Do systemu monitorowania należą także stacje krajowe (obecnie 120) zbierające dane przechowywane w systemach krajowych i udostępniane na żądanie do centrali. System posiada stacje zbierające dane sejsmiczne (170), hydroakustyczne (11), infradźwiękowe, (60) i stacje wykrywania radionuklidów (80). Rys. 11



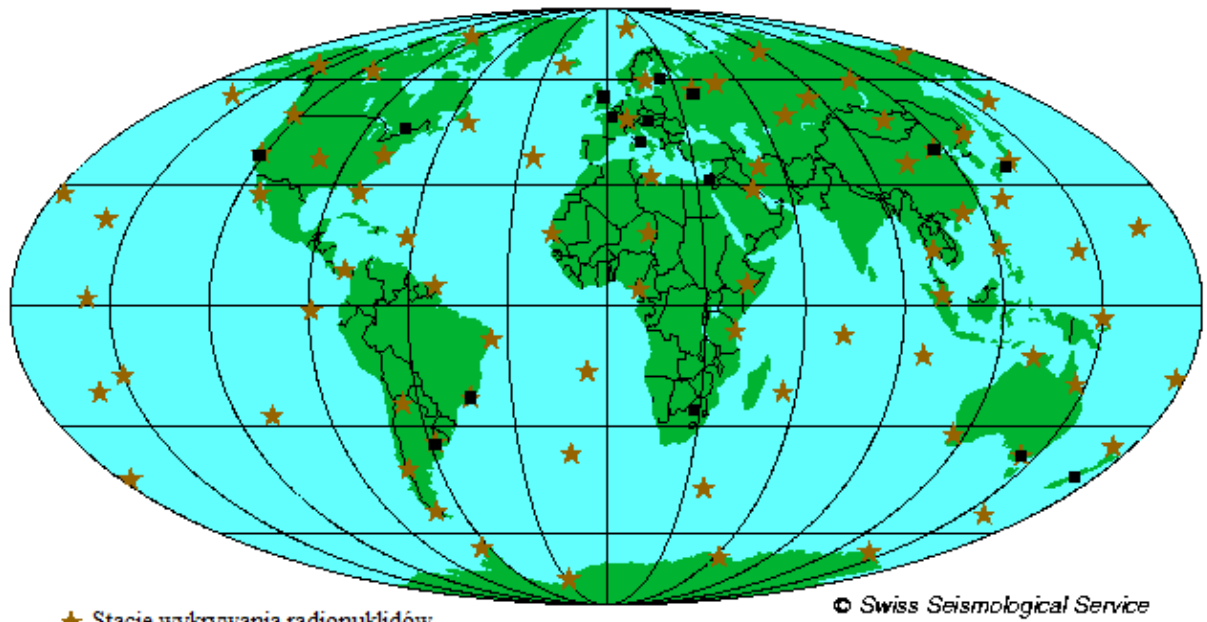
Stacje sejsmiczne CTBTO



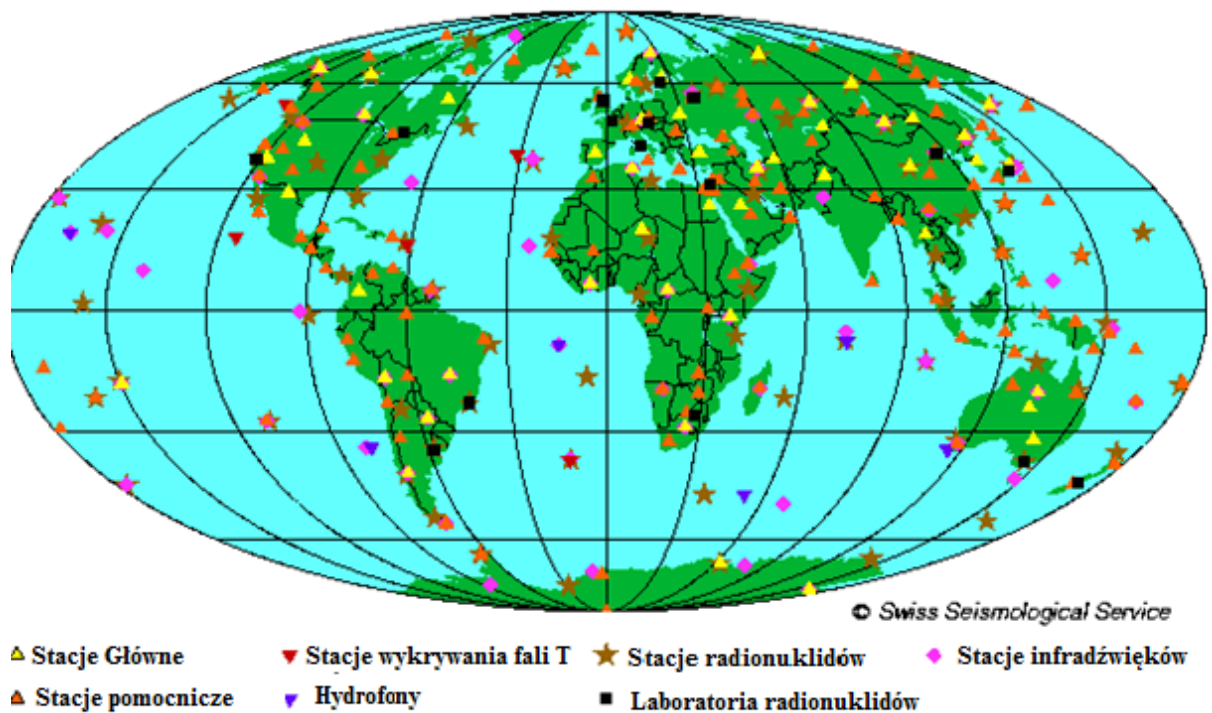
Stacje hydroakustyczne CTBTO



Stacje wykrywania infradźwięków CTBTO



Stacje wykrywania radionuklidów CTBTO



Światowa sieć stacji wykrywania wybuchów jądrowych CTBTO

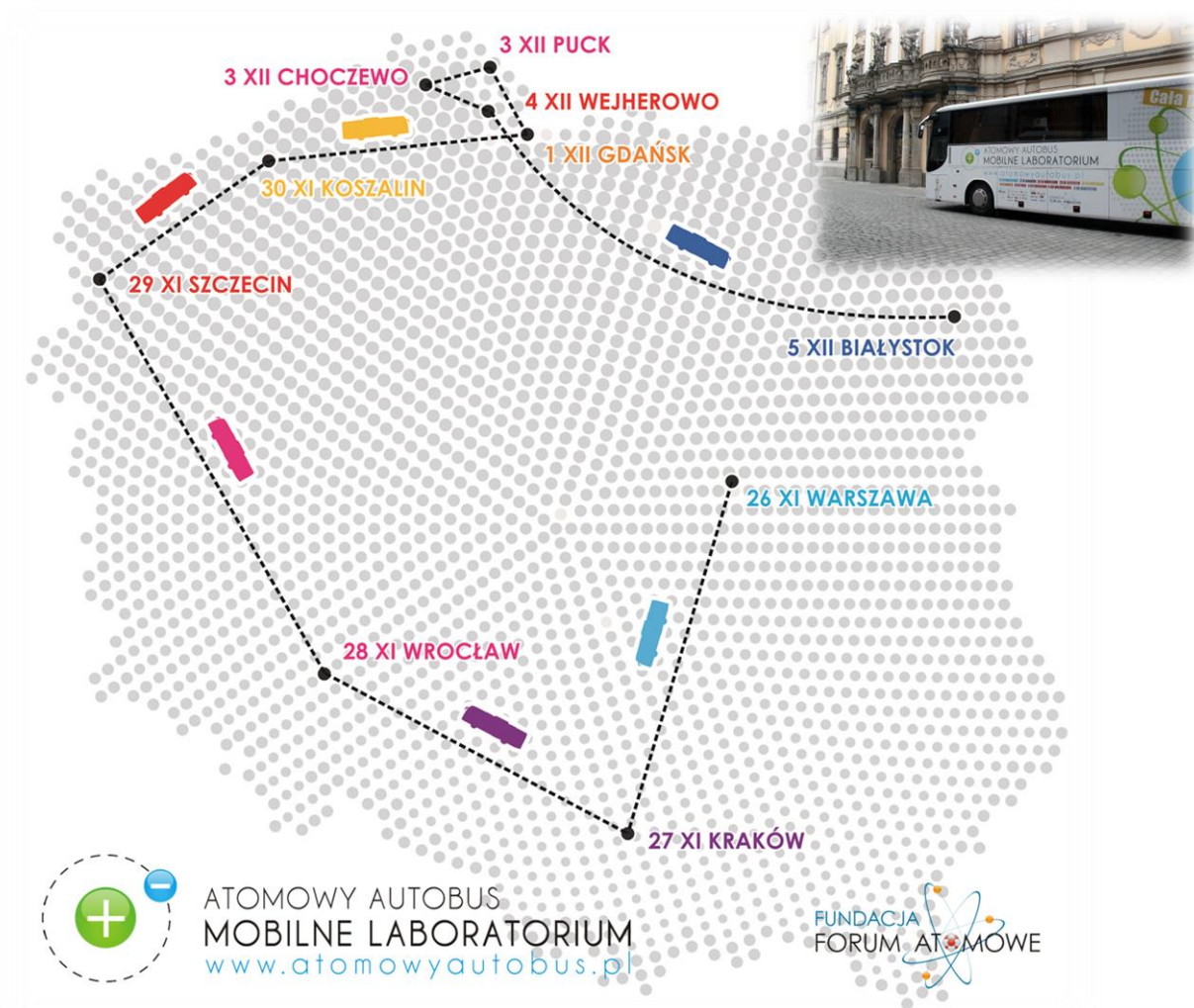
W przypadku podejrzenia, że nastąpiła detonacja materiału jądrowego w określonym terenie organizowana jest międzynarodowa specjalna inspekcja składająca się ze specjalistów z różnych dziedzin, której zadaniem jest ustalenie czy taka eksplozja rzeczywiście miała miejsce.

Mimo, że Traktat jeszcze formalnie nie obowiązuje, prace nad organizacją sieci trwają i są nawet przeprowadzane specjalne ćwiczenia mające na celu zwiększenie efektywności powstającego

systemu. W ćwiczeniach biorą udział specjaliści wielu dziedzin nauki. Prace są koordynowane przez CTBTO.

Literatura

1. Jezierski Grzegorz; *Energia Jądrowa wczoraj i dziś*. WNT Warszawa 2005
2. Kubowski Jerzy; *Broń Jądrowa*. WNT Warszawa 2008
3. Andre Gsponer, Jean-Pierre Hurni *Skrót raportu (J. Kubowski); Czwartą generacją broni jądrowej PTJ 4/2002*
4. CBTO Bulletin Nr 3 Austria 2001
5. CTBTO: Annual Report 2006
6. Rzymkowski Krzysztof; *Powietrzne i powierzchniowe wybuchy jądrowe, Przegląd Obrony Cywilnej Warszawa 1985*
7. Rzymkowski Krzysztof; *Wykrywanie wybuchów jądrowych, PTJ VOL.52 Z.2 2009 Warszawa*.
8. Rhodes Richard; *Jak powstawała bomba atomowa Prószyński i Ska 2000 Warszawa*
9. Gladstone S; *Skutki działania broni jądrowej T1/2 PTJ 1963*
10. *Effects of Nuclear weapons Tests .Scientific Facts* <http://glasstone.blogspot>
11. Irvine T; *Bubble acoustic Vibration data.com 2002*
12. Guz Zbigniew; *Pododdziały wykrywania wybuchów jądrowych Biuletyn Chemik nr 2/2007*
13. *Infrasound monitoring system Katalog BIOAGE s.r.l Lamezia Terme Italy*
14. *Monitoring System CBTO apansa.gov.au*
15. T.G.Varghese, Vijai Kumar; *Detection and Location of an Atmospheric Nuclear Explosion by Microbarograf Arrays Nature 225 1970*
16. Richard Lanza *Nuclear Techniques for Explosive Detection: Current Prospects and Requirements for future development MIT Cambridge IEEE 2005*
17. Mikhailova N.N, Sokolova I.N ; *Kazakhstan national monitoring system of nuclear explosions and earthquakes CTBTO org.*
18. W.R.Walter *Seismic Monitoring Techniques put to a test I Livermore National Laboratory 1998*
19. Marti W Lawrence, Maria Galindo Arranz ; *A Global Monitoring System for CTBTO Plans and Progress ICA/ASA 98 Seattle 1998*
20. www.nought.de/evil/gallery: collection of atomic explosions
21. izismile.com>picdums; Nuclear explosions
22. <http://www.eksplorator.com/10.htm>; Bomba atomowa Hitlera
23. <http://facet.interia.pl/obyczaje/historia/news-bomba-w-koronie,nld>, 4513366
24. [Polish.ruvr./2009/07/31/524136.html](http://polish.ruvr./2009/07/31/524136.html) :historia powstania pierwszej radzieckiej bomby atomowej



ŁUKASZ KOSZUK

KOLEJNA EDYCJA ATOMOWEGO AUTOBUSU ZAKOŃCZONA SUKCESEM!

Druga edycja największego projektu realizowanego przez Fundację FORUM ATOMOWE zakończyła się sukcesem. Atomowy Autobus 5 grudnia zakończył objazd po Polsce. Tym razem, poza ośrodkami akademickimi w całej Polsce, działalność Fundacji została skoncentrowana w północnych regionach kraju, szczególnie w województwie pomorskim i zachodniopomorskim.

Tegoroczna trasa Atomowego Autobusu objęła 10 polskich miast i wystartowała, tak jak poprzednio, z centralnej części Polski, z Warszawy. Następnie Autobus, kierując się na południe, dojechał do Krakowa, później zahaczył o Wrocław na zachodzie kraju, po czym wyruszył na północ. Na Pomorzu rozpoczął działalność na uczelniach wyższych w Szczecinie oraz w Koszalinie. W Gdańsku mobilna wystawa zorganizowana została w Parku Naukowo-Technologicznym. Następnie autobus odwiedził Puck, Choczewo i Wejherowo. Akcja zakończona została na Uniwersytecie w Białymstoku. Idea całego projektu zrodziła się w Zespole naszej Fundacji – jeden z

kolegów z organizacji pozarządowej, która zajmuje się dyplomacją i promowaniem Unii Europejskiej, organizował Eurobus na Ukrainie. Podsunął nam pomysł, abyśmy coś podobnego zrobili o energii jądrowej. I tak powstała koncepcja Atomowego Autobusu.



Celem projektu jest edukacja społeczna w dziedzinie pokojowego wykorzystania energii jądrowej. Nasze działania kierujemy do ogółu społeczeństwa, ale skupiamy się przede wszystkim na młodych ludziach – uczniach szkół gimnazjalnych i średnich oraz studentach. W tym roku szczególnie potraktowaliśmy Pomorze, gdzie planowana jest budowa pierwszej elektrowni jądrowej – tu spędziliśmy połowę naszego czasu. W bezpośrednich rozmowach z mieszkańcami wokół stoiska informacyjno-edukacyjnego pracownicy Fundacji oferowali nieodpłatną, obiektywną i jak najbardziej aktualną wiedzę m.in. w zakresie ochrony radiologicznej, istoty promieniotwórczości, stosowanych technologii budowy reaktorów i systemów zabezpieczeń oraz kosztów budowy przyszłej elektrowni jądrowej przy uwzględnieniu aspektów środowiskowych. W ramach projektu zaplanowano także przeprowadzenie na wydziałach uniwersyteckich i politechnicznych seminariów o różnych aspektach związanych z energetyką jądrową.

Atomowy Autobus to przede wszystkim mobilne centrum informacyjne, wyposażone w szereg pomocy dydaktycznych (sprzęt audiowizualny, obiekty i urządzenia demonstracyjne oraz mini-laboratorium atomistyki). Pracownicy Fundacji zaangażowani w projekt, oprócz prezentacji oraz dystrybucji ulotek i broszur, mieli możliwość przeprowadzania ciekawych pokazów i doświadczeń z zakresu fizyki jądrowej oraz ochrony radiologicznej, a także zademonstrowania działania typowej elektrowni jądrowej za pomocą specjalnie przygotowanych modeli i makiet! Przygotowany został interaktywny model elektrowni jądrowej, a także makietka kasety paliwowej reaktora PWR.

Podobnie jak dwa lata temu i tym razem frekwencja dopisała. Najwięcej osób odwiedziło nas w Krakowie i Koszalinie. Zaskoczeni byliśmy także ilością szkół przybyłych na nasze seminaria i stoisko wystawowe w Wejherowie i Pucku. W niektórych miastach zaplanowane seminaria popularnonaukowe, które są częścią tego projektu, trzeba było powtarzać kilkakrotnie, ponieważ nie wszyscy mieścili się w salach. Odbiór był bardzo pozytywny, co pokazuje, że takie inicjatywy są bardzo potrzebne. Zaskoczyła nas także ilość pytań, szczególnie młodych mieszkańców Pomorza, którzy są bardzo zainteresowani projektem budowy elektrowni jądrowej w ich okolicy. Często wyrażali swoje obawy i zaniepokojenie tą inwestycją. Ewidentnie potrzebna jest im wiedza na ten temat. Najczęściej padały pytania dotyczące odpadów promieniotwórczych, jak są przechowywane i transportowane, czy woda, którą wypuszczamy z elektrowni jest skażona, czy nie spowoduje zniszczenia środowiska wodnego. Ważną kwestią była także możliwość pracy w elektrowni i jej otoczeniu.





Na trasie Atomowego Autobusu pojawili się także przeciwnicy energetyki jądrowej, którzy zorganizowali protest w trzech miastach. W Szczecinie była to niewielka grupka - kilka osób, z lokalnej organizacji ekologicznej, która rozprawdzała swoje ulotki poza budynkiem uczelni. Nie trwało to jednak długo - część z nich zdecydowała się zwiedzić nasze stoisko wystawowe. Dyskusja z nimi była spokojna, żadnych nowych argumentów jednak nie usłyszeliśmy. Również niewielka grupa

osób przysła zaprotestować w Gdańsku. Tu pojawili się przedstawiciele Inicjatywy Antynuklearnej. Jednak największy protest był w Koszalinie, gdzie pojawiło się ok. 60 osób z Gąsek, którzy przyjechali własnym autokarem. Na początku wydawało się nam, że będzie groźnie i dojdzie do jakichś incydentów, nie mniej jednak byliśmy bardzo pozytywnie zaskoczeni. Główny protest odbył się przed budynkiem Politechniki, natomiast część osób przysła na nasze stoisko edukacyjne. Z niektórymi osobami było można spokojnie rozmawiać, ale były też przypadki skrajnych emocji i uznaliśmy, że trzeba po prostu dać się "wypowiedzieć" tym ludziom. Dyskusja była bardzo ożywiona, staraliśmy się hamować nasze emocje i nie wdawać się w zbędną polemikę. Nie mniej jednak było to dla nas ogromne doświadczenie, ponieważ z protestem na taką skalę nie mieliśmy jeszcze do czynienia. To nie zdarzało się podczas pierwszej edycji projektu.

Ciekawe jest także to, na co skarżyli się mieszkańcy okolic potencjalnych lokalizacji elektrowni jądrowej – głównie na brak fachowej informacji – jak wspomniano wcześniej – na temat odpadów promieniotwórczych, bezpieczeństwa reaktorów, promieniowania wokół elektrowni i skutków zdrowotnych... Ale oczywiście, co nie zaskakuje, głównym powodem sprzeciwu jest postawienie lokalnego społeczeństwa przed faktem dokonanym, bez wcześniejszych konsultacji w kwestii lokalizacji elektrowni.



Istotą naszego projektu jest jego apolityczność. W toku prowadzonych dyskusji, szczególnie z oponentami budowy elektrowni jądrowej, padały zarzuty o prowadzenie projektu Fundacji w ramach kampanii rządowej "Poznaj Atom". Przeciwników przekonał dopiero fakt, że inicjatywa ta jest oddolna i ma na celu poszerzanie wiedzy, a nie nachalną promocję budowy EJ. Okazało się, że w opinii oponentów, taki rodzaj prowadzenia kampanii (od strony naukowej) jest o wiele

mniej drażliwy i stanowi bardziej wiarygodne źródło informacji o całym programie energetyki jądrowej w Polsce. Ucieszyło nas to, że docenili to także przeciwnicy.

Podsumowując, w ciągu 10 dni Atomowy Autobus przejechał około 2600 km, odwiedził 10 miast i miejscowości - uczelnie wyższe, szkoły średnie, instytucje publiczne. Pracownicy Fundacji spędzili 60 godzin prowadząc pokazy na stoiskach i odpowiadając na pytania odwiedzających i w tym czasie wygłosili 32 seminaria popularnonaukowe. Szacujemy, że mobilną wystawę odwiedziło co najmniej 3500 osób.

Fundacja FORUM ATOMOWE chce podtrzymywać ideę Atomowego Autobusu, ponieważ projekt okazał się wielkim sukcesem. Formuła przekazywania wiedzy o energetyce jądrowej w postaci mobilnego „pikniku naukowego” po raz kolejny okazała się atrakcyjna, warta zaangażowania i wysiłku włożonego w realizację tej akcji. Ogromnym atutem całego przedsięwzięcia jest Zespół Fundacji, który skupia osoby interesujące się tematyką, mający specjalistyczną wiedzę i chęci, aby dzielić się nią z innymi. To dzięki nim, ich otwartości i umiejętności prowadzenia dialogu, Atomowy Autobus zjednał sobie już rzeszę sprzymierzeńców. Wizyty mobilnego laboratorium wzbudzały w każdym mieście duże zainteresowanie, dlatego Fundacja planuje już kolejną edycję projektu w 2013 roku.

Więcej na temat całej można przeczytać na stronie internetowej: <http://www.atomowyautobus.pl> oraz na naszym profilu na Facebooku.

Fundacja FORUM ATOMOWE została utworzona w 2008 roku. Prowadzona jest przez grupę młodych ludzi, połączonych pasją do energetyki jądrowej i chcących dzielić się swoją wiedzą. Celem Fundacji są działania edukacyjne i informacyjne w dziedzinie pokojowego wykorzystania energii atomowej oraz promocja idei budowy pierwszej polskiej elektrowni jądrowej. Pozostałe projekty Fundacji to m.in. platforma e-learningowa Nukleo, skierowana do ludzi w wieku od 6 do 106 lat, portal tematyczny z forum energiajadowa.pl, który ma być miejscem prowadzenia rzetelnej dyskusji wokół wyzwań związanych z budową elektrowni jądrowej oraz cykl wykładów edukacyjnych „Spotkania z Energią Atomową”, skierowanych do szkół, ale nie tylko.



WŁADYSŁAW MISIAK, WOJCIECH WÓJCIK

ELEKTROWNIE JĄDROWE W POLSCE W KONTEKŚCIE OPINII SPOŁECZEŃSTWA

1. Pojęcie opinii publicznej

W kwestii opinii publicznej występuje znaczna rozbieżność w określeniu tego fenomenu społecznego. Można mówić o swoistej ewolucji tego pojęcia na przestrzeni czasu. Od Napoleona Bonaparte po współczesność. Cesarz francuzów twierdził, że „opinia publiczna, jest niewidzialną i tajemniczą potęgą, której nic nie jest w stanie się oprzeć...”

Współczesny czeski socjolog Jiri Reichel, nie tylko stwierdził, że opinia publiczna zajmuje zasadnicze miejsce w szerzej pojętej problematyce badawczej socjologii i politologii, lecz także podjął próbę bliższego określenia tego pojęcia.

Autor ten określa opinię publiczną, jako receptywną grupę społeczną bądź ogół członków społeczeństwa, zajmujących określone stanowisko, postawę wyrażającą przekonanie o konkretnym problemie, procesie społecznym, zjawisku społecznym, politycznym, kulturowym czy ekonomicznym.

Zasadniczym czynnikiem konstytuującym opinię publiczną jest motyw reaktywności większej czy mniejszej populacji, a zatem poszukiwanie odpowiedzi na pytanie, dlaczego jedni członkowie danej społeczności gotowi są zaprezentować swoją opinie, a inni przyjmują bierną postawę.

Na prezentację poglądów, opinii, przekonań w ramach opinii publicznej ma istotny wpływ zróżnicowanie uczestników wyrażających swoje zdanie, pod względem wieku, zawodu, stylu życia stopnia uspołecznienia, płci, wysokości dochodów, zamieszkiwania w miastach bądź na wsi¹.

Przyjmując tę koncepcję czeskiego socjologa warto zwrócić uwagę, że tym kontekście opinia społeczna stanowi istotny element szerzej rozumianego pojęcia kapitału ludzkiego określonego społeczeństwa. W takim ujęciu istotna jest zależność między poziomem kapitału ludzkiego (stopień kompetencji, kultura polityczna), a miarodajnością wypowiedzi w ramach opinii publicznej².

¹ Reichel J. 2008, Kapitoły systematyce socjologie, Grada, Praha

² Lista publikacji nawet najwybitniejszych medioznawców jest niezwykle obszerna, począwszy od prac Paula F. Lazarsfelda, Umberto Eco, aż po współczesne publikacje T. Gobana-Klasa i Walerego Pisarka

Dysponując ogólnym określeniem pojęcia opinii publicznej można przejść do analizy bardziej szczegółowych zagadnień.

W ramach metodologii badań socjologicznych i politologicznych wypracowano szereg procedur, modeli postępowania interpretacyjnego wyników badań, które z powodzeniem można odnieść do problematyki opinii społecznej odnośnie zróżnicowanych inicjatyw zbudowania w Polsce elektrowni jądrowych.

Pierwszym zagadnieniem, niezwykle istotnym jest problem źródeł wiedzy i poziom znajomości problematyki związanej z szeroko pojętą problematyką wykorzystania energii jądrowej.

Najobszerniejszy dorobek teoretyczny i aplikacyjny można odnotować, odnośnie wpływu mediów na kształtowanie opinii publicznej. Dotychczasowe badania wskazują, iż kluczowym zagadnieniem w relacjach media opinia publiczna jest problem tzw. prawdy obiektywnej. Opinia publiczna domaga się od mediów rzetelnych, prawdziwych informacji o problematyce budowy elektrowni jądrowych, o wynikających z tych inicjatyw i lokalizacji zagrożeniach i ewentualnych korzyściach. Warto także podkreślić fakt, że każdy odbiorca informacji o energii jądrowej i budowaniu elektrowni jądrowych dostarczanych przez media, zgłasza swoje oczekiwania zróżnicowanych informacji dysponując już nabytą wiedzą z nieformalnych źródeł, czy stereotypowych opinii. Niezwykle istotnym elementem pilnie śledzonym w toku komunikacyjnego rytuału przez odbiorców informacji mediów odnośnie problematyki energii jądrowej, jest powoływanie się na dokładne źródła eksponowanych danych i informacji w mediach.

Kolejnym zagadnieniem jest niezwykle często występująca zmienność wyrażanych ocen i konstatacji w ramach badań opinii społecznej. W wielu przypadkach można stwierdzić swoistą ewolucję wyrażanych poglądów. Wystarczy powołać się na znamieny przykład. Według wyników badań panelowych (kilkakrotnie z uwzględnieniem sekwencji czasu) przeprowadzonych przez rządowy CBOS poparcie dla budowy elektrowni jądrowych w skali ogólnopolskiej, wynosiło odpowiednio w 2006 roku 25%, w 2008 – 28%, w 2009 48%, w 2010 – 46% i 2011 – 40%.³

Trzecim kluczowym zagadnieniem, w pełni zasługującym na bliższą analizę jest problem rozbieżności, a czasami sprzeczności opinii wyrażanych w badaniach opinii publicznej. Typowym przykładem z praktyki badawczej, w której zastosowano metody sondażowe, jest stwierdzona rozbieżność w wynikach badań między oceną zagrożenia w bliskiej strefie Elektrowni Jądrowej, a utrwalonym w świadomości badaczy wielu dyscyplin naukowych, tzw. zasady NIMBY. Przeciwnie niż głosi zasada NIMBY („nie na moim podwórku”), w badaniach przeprowadzonych w 2011 roku stwierdzono, że „poziom obaw jest najniższy właśnie w powiatach położonych wokół

³ Stankiewicz P., Lis A. Dla kogo elektrownia jądrowa? Wyniki badań opinii publicznej (opracowanie wyników badań z lat 2010 – 2011 zleconych przez Pomorską Specjalną Strefę Ekonomiczną)

Żarnowca i w województwie pomorskim”⁴. Tego rodzaju rozbieżności w wypowiedziach respondentów badań opinii publicznej nie można pozostawiać bez próby interpretacji.

W wypadku stwierdzonych wyraźnych rozbieżności między stanowiskiem opinii publicznej, a przekonaniem rządu, jak to miało miejsca np. CBOS z 2011 roku, potrzebna jest pomoc politologów w wyjaśnianiu tego zjawiska⁵.

W ramach metodologii badań socjologicznych w takich przypadkach zalecana jest głębsza analiza opinii respondentów odnośnie innych kontrolnych pytań przeprowadzonego badania (tzw. weryfikacja wewnętrzna) bądź zmiana sformułowania pytania w badaniach powtórnych.

Odpierając krytyki sondażowych badań problematyki elektrowni jądrowych, godzi się także wskazać na problem dopuszczalnych błędów wynikających z występujących ograniczeń, zarówno badań ilościowych jak i jakościowych.

W procedurach renomowanych ośrodków badawczych, posługujących się wypróbowanymi metodami i miarodajnymi wielkościami prób reprezentacyjnych dopuszczalny margines błędów statystycznych wynosi 3 – 4%. W przypadku badań w skali ogólnopolskiej, wskazana wielkość błędu polega na różnicy między opinią całego społeczeństwa a opinią zbadanej próby reprezentacyjnej respondentów. Najczęściej wskazane błędy wynikają z ograniczonych funduszy na badania, a problemem znacznie bardziej dolegliwym jest manipulowanie wynikami badań, co występuje szczególnie w przypadku mediów⁶.

2. Aktualny stan przygotowań do budowy EJ

2.1. Sytuacja bieżąca w branży energetycznej w Polsce

Branża energetyczna w Polsce to aż 40% urządzeń mocy wytwórczych w wieku 40 lat i 10% w wieku 50 lat. Do wyeksploatowanych urządzeń należy dodać wysoko energochłonne sieci przesyłowe, które w większości powodują ogromne straty energii. Krajowe ceny energii elektrycznej w Polsce są wyższe od tych, jakie trzeba płacić w państwach sąsiadujących od wschodu. Powodem jest konieczność utrzymywania nieproduktywnych mocy.

Z powodu niedoboru surowców i fatalnej infrastruktury energetycznej Polska stanie w przyszłości w obliczu niedoborów energii. Obecnie zdarzają się już tzw. blackouty, spowodowane wyłączeniem się zasilania z powodu utraty napięcia. Niedobory mocy zapowiadane są już od kilku lat. Wcześniej przewidywano, że braki energii zaczną występować powszechnie od 2011 r., z czasem przesuwano tą granicę. Ekspertki wskazują na możliwość pojawienia się, blackoutów w latach 2013-2015 r. Ponadto system energetyczny kraju nie jest energooszczędny. Dane wskazują, iż w Polsce jest 2, 67-krotnie większe zużycie energii na jednostkę PKB niż w krajach Unijnej 15 (EU-15). Sprawność netto elektrowni w Polsce to 32, 5%,

⁴ Stankiewicz P., Lis A. op cit. , s. 1047

⁵ Hipsz. N, 2011, Energetyka jądrowa w Polsce – za czy przeciw, CBOS, Warszawa

⁶ Łucki Z. Misiak W., 2011, Energetyka a społeczeństwo. Aspekty socjologiczne, PWN, Warszawa, s. 107.

natomiast w Unii Europejskiej to 41,5%. Potrzebna jest nie tylko gruntowna przebudowa infrastruktury technicznej. Badania wskazują na niską efektywność zatrudnienia w branży energetycznej. Konieczne jest zastąpienie starych pracowników nowymi. Zmiany wymaga, co najmniej 60–80% pracowników⁷.

W Polsce nadal dominują konwencjonalne surowce energetyczne. Ponad 92% zapotrzebowania na energię elektryczną jest pokrywane z paliw kopalnych. Chociaż w planach jest wiele inwestycji w energetykę, duża część z nich może nie zostać zrealizowana. Powodem może być m.in. kryzys ekonomiczny. Przedsiębiorstwa energetyczne nie mają natomiast w planach oddania do eksploatacji żadnych dużych nowych bloków. W fazie przygotowania są przetargi na budowę nowych mocy w elektrowniach opalanych węglem: Tauron (Elektrownia Jaworzno III, 910 MW), PGE (Elektrownia Opolo, dwa bloki po 800-900 MW), Elektrownia Turów (460 MW), Enea (Elektrownia Kozienice, 1000 MW), Energa (Elektrownia Ostrołęka, 1000 MW), a w Elektrowni Północ jest w planach budowa dwóch bloków po ok. 780-1050 MW. Rozwój energetyki gazowej to przede wszystkim plany budowy kilku bloków gazowych elektrociepłowni w Stalowej Woli (400 MWe), jednego bloku gazowego (800-910 MWe) w Elektrowni Blachownia, PKN Orlen (Włocławek, 400-450 MW), Energa i Grupa ESB International (Grudziądz, 800 MW), a PGE razem z Zakładami Azotowymi Puławy (840 MWe)⁸. Jest wysokie prawdopodobieństwo, że wiele z tych projektów natrafi na trudności natury administracyjnej, technicznej i organizacyjnej⁹. W planach są także inwestycje w energetykę ciepłą – w modernizację sieci ciepłowniczej i przyłączanie do niej nowych odbiorców.

Badania statystyczne¹⁰ wskazują na to, że w Polsce wystarczy węgla na ok. 40 lat. Trzeba jednak brać pod uwagę, iż surowca tego nie wystarczy na cały ten okres. Ocenia się, że co najmniej 20-30% zasobów zaliczanych do operatywnych nie zostanie wykorzystanych, gdyż znajdują się w filarach ochronnych kopalni i z powodów bezpieczeństwa nie można ich wydobywać. Ponadto część zasobów znajduje się zbyt płytko (na głębokości 1, 5 m), co uniemożliwia wydobywanie nie tylko ze względów technicznych, ale i naturalnych. Eksperci wskazują, że do roku 2030 zostanie czynnych w Polsce tylko 12 kopalni węgla kamiennego i roczne wydobywanie obniży się do 47 mln ton węgla. Podobna sytuacja dotyczy rynku węgla brunatnego. Przewiduje się obniżenie rocznego wydobywania o 20% do roku 2030 i całkowite zakończenie pozyskiwania tego surowca w 2050 r. Niektórzy specjaliści radzą by nie spalać węgla, ropy naftowej, gazu ziemnego do produkcji energii, ale by zachować je, jako rezerwy paliwowe, a część przeznaczyć na produkcję w przemyśle chemicznym¹¹. Można przecież zastosować inne źródła do wytworzenia energii, a z surowców naturalnych w przemyśle chemicznym niczym się nie zastąpi. Dlatego warto zwrócić

⁷ „Alternatywna polityka energetyczna Polski do roku 2030”, Raport techniczno-metodyczny wydany w ramach projektu „EkoHerkules”, Instytut na rzecz Ekorozwoju, czerwiec 2009 r.

⁸ Artykuł „Bloki gazowe mogą nas uchronić przed blackoutem”, Portal WNP, 25.05.2012 (Źródło : http://energetyka.wnp.pl/bloki-gazowe-moga-nas-uchronic-przed-blackoutem,173044_1_0_1.html)

⁹ Artykuł „Inwestycje energetyczne nie bez problemów”, Portal WNP, 01.11.2011 (Źródło : http://energetyka.wnp.pl/inwestycje-energetyczne-nie-bez-problemow,7425_2_0_0.html)

¹⁰ BP Statistical Review of World Energy, June 2011.

¹¹ Strupczewski, A., „Nie bójmy się energetyki jądrowej”, 10.2010 r.

(Źródło : <http://cosmo.fiz.univ.szczecin.pl/pliki/mariusz/strupczewski.pdf>).

uwagę na uran, jako potencjalne źródło energii, które mogłoby być wykorzystane w przyszłych elektrowniach jądrowych w Polsce. Uran można wykorzystać tylko w drodze spalania, nie ma on innego zastosowania w gospodarce. Warto dodać, iż z łatwością zgromadzić można zapas uranu nawet na 10 lat. Nie zajmuje on dużo miejsca. Nie możliwe jest jednak zgromadzenie takich zapasów innych paliw, np. węgla, czy gazu ziemnego.

W imię walki z globalnym ociepleniem i zobowiązań wobec Unii Europejskiej gospodarka w kraju musi redukować poziom emisji gazów cieplarnianych. W latach 1989-1991 udało się znacznie obniżyć poziom emisji w Polsce o 30% w stosunku do roku bazowego (1988), dzięki upadkowi wielu nierentownych przedsiębiorstw przemysłu ciężkiego, które nie przetrwały dekonunktury. Od połowy lat 90-tych XX w. nastąpił w kraju znaczny wzrost gospodarczy, a przez to zwiększyła się emisja. Mimo dobrych wyników w przeszłości jesteśmy zobowiązani do działania na rzecz środowiska, bo gospodarka będzie się rozwijać coraz szybciej i zapotrzebowanie na energię wzrośnie.

Bezemisijnym źródłem energii jest energia jądrowa. Szacuje się, że uranu na świecie wystarczy na 200 lat. Wiadomo również, że przy zastosowaniu reaktorów i technologii IV generacji, będzie możliwe przedłużenie czasu eksploatacji nawet o kilkaset lat. Uran, jako surowiec do produkcji paliwa dla elektrowni jądrowych będzie w Polsce wkrótce bardzo potrzebny. Na rok 2025 planowane jest oddanie do użycia pierwszego reaktora elektrowni jądrowej III generacji. Do tego momentu powinny być podpisane umowy z dostawcami surowca. Obecnie bardziej opłacalne byłoby sprowadzanie uranu z zagranicy. Tańsze byłoby kupowanie z Kanady czy Australii, ale myśląc o strategicznych zasobach trzeba brać pod uwagę korzystanie w przyszłości także z zasobów rodzimych. W ramach Programu Polskiej Energetyki Jądrowej nie zostały jeszcze określone krajowe zasoby uranu. Pracownicy Ministerstwa Gospodarki zapewniają, iż do końca 2012 r. zostanie wykonana stosowna analiza dostaw tego surowca ze źródeł wewnętrznych i zewnętrznych. W 2009 r. wskazywano na duże zasoby uranu w Polsce. Analitycy rynku, twierdzą, że z biegiem czasu cena uranu będzie rosła, co uczyni wydobycie tego surowca w Polsce jeszcze bardziej opłacalnym.

Prawdopodobnie nowym surowcem na rynku energii w Polsce będzie gaz łupkowy. Idea pozyskiwania tego surowca ma, tak samo jak energetyka jądrowa, wielu entuzjastów i oponentów. Tematyka gazu łupkowego pojawia się często w dyskusjach, jako alternatywa dla energii jądrowej. Nie jest to jednak zasadne. Gaz z łupków mógłby być kolejnym elementem miksu energetycznego, oprócz węgla, energii atomowej i energii z odnawialnych źródeł. Wstępne badania wskazały, iż w Polsce są złoża o pojemności 5,3 bln m³., Co stanowi aż 1/3 prognozowanych zasobów gazu łupkowego Europy¹². W Polsce są duże nadzieje związane z tym nowym źródłem energii. Wydobycie gazu łupkowego może wzmocnić nasze bezpieczeństwo energetyczne poprzez uniezależnienie w przyszłości kraju od dostaw z zewnątrz. Być może Polska będzie także sprzedawać gaz do krajów Europy Zachodniej.

¹² Artykuł „Wicepremier Pawlak: Gaz łupkowy to szansa na tańszą energię dla Europy”, Portal Ministerstwa Gospodarki, 18.10.2011 (Źródło : <http://www.mg.gov.pl/node/14725>).

Od 2010 r. trwa szacowanie zasobów na podstawie map i odbywają się odwierty w poszukiwaniu surowca. Niestety, gazu łupkowego nie ma w niektórych potencjalnych miejscach występowania.

Niezależnie od tego, czy zasoby gazu łupkowego w Polsce potwierdzą się czy też nie, to ze względu na znaczący wzrost wydobycia tego surowca na świecie jego cena znacząco się obniża, także na dzień dzisiejszy Amerykanie płacą za gaz pięciokrotnie mniej niż Polacy za gaz sprowadzany z Rosji. Nawet po doliczeniu kosztów skroplenia, transportu i regazyfikacji w Świnoujściu można oczekiwać, że cena gazu LNG z USA będzie wynosiła ok. 50 % ceny gazu rosyjskiego. Biorąc pod uwagę powyższe widać jak istotna dla Polski była podjęta w 2006 roku decyzja o budowie terminalu gazowego LNG w Świnoujściu, który docelowo będzie mógł zapewnić przeszło 50 % polskiego zapotrzebowania na gaz, a tym samym wyznaczyć cenę gazu w Polsce. Jednak należy zaznaczyć, że przy cenie gazu nawet o połowę niższej od tej płaconej dzisiaj przez Polskę Rosji, elektrownie gazowe nie będą konkurencyjne cenowo dla elektrowni węglowych¹³.

Duże nadzieje wiązano w Polsce z inwestycją w gazociąg Nord Stream. Biegnie on po dnie Bałtyku od Wyborga w Rosji do Lubmina koło Greifswaldu w Niemczech. Budowę i obsługę gazociągu przeprowadzi spółka Nord Stream AG. Gazociąg transportując gaz z Rosji do Niemiec blokuje rozwój portu w Szczecinie i Gazoportu w Świnoujściu. Z powodu istnienia gazociągu jest zbyt płytkie podejście do polskich portów dla statków o dużym zanurzeniu, na przykład dla statków najtaniej transportujących amerykański gaz¹⁴. Można to nawet przełożyć na zagrożenie bezpieczeństwa energetycznego. Krytycy inwestycji zarzucają władzom polskim, że doprowadziły do tego, że zamiast zarabiać na tranzycie gazu, płacimy za to. Dodajmy jeszcze, że gazociąg biegnąc po dnie Morza Bałtyckiego zablokował możliwość budowy polskiego rurociągu do Danii. Zgodnie z planami rurociąg do Danii miał łączyć Polskę z norweskimi źródłami gazu.

W związku z tym, że w Polsce, w jednym z większych krajów Europy, jest ogromne zapotrzebowanie na surowce i paliwa, konieczna jest racjonalna gospodarka tymi zasobami. W roku 2008 stworzono dokument „Polityka energetyczna Polski do roku 2030”¹⁵. Aby zapewnić stabilne dostawy paliw i energii na poziomie gwarantującym zaspokojenie potrzeb krajowych Polski Rząd musi kierować się polityką energetyczną. Celem nadrzędnym jest wzrost bezpieczeństwa energetycznego kraju i dywersyfikacja źródeł energii. W PEP 2030¹⁶ znajdujemy stwierdzenie, iż pozyskiwanie gazu ziemnego i ropy naftowej powinno pochodzić z różnych regionów świata, od różnych dostawców i pośredników, z wykorzystaniem alternatywnych szlaków transportowych. Zobowiązania dotyczące ograniczania emisji gazów cieplarnianych zmuszają Polskę do poszukiwania rozwiązań niskoemisyjnych. Zgodnie z zapisem w Polityce Energetycznej Polski do roku 2030, wykorzystywane będą wszystkie dostępne

¹³ Mielczarski, M., „Kiedy przyplyną tankowce z LNG zmieni się polityka energetyczna”, Energy Newsletters” 2/2012.

¹⁴ Artykuł „Nord Stream problemem Polski”, Gazeta Polska codziennie, 15.10.2012

(Źródło : http://wyborcza.biz/biznes/1,100969,12670868,_Gazeta_Polska_codziennie_Nord_Stream_problemem.html).

¹⁵ Projekt „Polityki energetycznej Polski do roku 2030”, Wer. 2, Ministerstwo Gospodarki RP, 04.09.2008 r., s.11.

¹⁶ tamże.

technologie wytwarzania energii z węgla przy założeniu, że będą prowadziły do redukcji zanieczyszczeń powietrza (w tym również do znacznego ograniczenia emisji CO₂). Głównym celem polityki energetycznej jest racjonalne i efektywne gospodarowanie złożami węgla znajdującymi się na terytorium Rzeczypospolitej Polskiej. Zostanie rozważona również opcja wprowadzenia energetyki jądrowej w kraju.

W rządowych planach jest wybudowanie do 2030 r. dwóch siłowni o łącznej mocy 6000 MW i ewentualne rozpoczęcie budowy kolejnych, przy czym pierwszy blok energetyczny miałby ruszyć przed końcem 2020 r.¹⁷. Polska otoczona jest państwami, które albo już dysponują elektrowniami jądrowymi (Niemcy, Czechy, Słowacja, Ukraina), lub planują ich budowę (Litwa, Białoruś, Rosja - Obwód Kaliningradzki). Aż 27 bloków jądrowych funkcjonuje w odległości 300 km od granic RP. Mają one różny poziom bezpieczeństwa¹⁸. Decyzję o uruchomieniu w Polsce programu budowy siłowni jądrowych strona rządowa tłumaczy utrzymywaniem unijnej polityki przeciwdziałania zmianom klimatycznym, a także światowym wzrostem zainteresowania źródłami energii o niskiej emisji, CO₂.

Wskazywany jest m.in. argument o tym, że energetyka jądrowa jest w stanie zapewnić podaż odpowiedniej ilości energii elektrycznej po rozsądnych cenach, przy równoczesnym zachowaniu wymagań związanych z ochroną klimatu. Wprowadzenie energii jądrowej miałoby ułatwić Polsce dostęp do najnowszych technologii oraz zapewnić rozwój wysoko wykwalifikowanych kadr naukowych i technicznych.

W załączniku 2. do dokumentu „Polityka energetyczna Polski do roku 2030”, przedstawiono „Prognozę zapotrzebowania na paliwa i energię do 2030 roku”. Wśród nośników energii w prognozach od 2020 r. pojawia się paliwo jądrowe. Udział paliwa jądrowego w 2030 r. wyniesie 15% paliwa służącego do produkcji energii elektrycznej w Polsce. Autorzy dokumentu przewidują, że zapotrzebowanie na to paliwo będzie znacznie rosło. Założono, że do 2030 r. powinny pracować trzy bloki jądrowe o sumarycznej mocy netto 4500 MW (4800 MW brutto). Rozkładając ten proces na lata, do 2020 roku moc elektrowni jądrowych w Polsce powinna osiągnąć brutto poziom 1600 MW, do 2025 r. 3200 MW, a do 2030 roku 4800 MW. Program Polskiej Energetyki Jądrowej wypełni braki energii z nawiązką. Inwestor planuje zainstalowanie do 2030 roku nie 4500 MW netto, lecz 6000 MW netto mocy w energetyce jądrowej¹⁹.

Władze Rzeczypospolitej Polskiej podjęły decyzję o wejściu na drogę rozwoju energetyki jądrowej. Będzie to wiązało się z koniecznością utworzenia krajowej infrastruktury prawnej i organizacyjnej zapewniającej wykorzystywanie tej energetyki dla celów wyłącznie pokojowych i w sposób bezpieczny dla ludzi i środowiska naturalnego. Aby program energetyki jądrowej

¹⁷ Artykuł „Prezydent podpisał nowelizację Prawa atomowego”, Portal WNP, 17.06.2011 (Źródło : http://energetyka.wnp.pl/prezydent-podpisał-nowelizacje-prawa-atomowego,143292_1_0_0.html)

¹⁸ Strategia „Bezpieczeństwo Energetyczne i Środowisko” Perspektywa do 2020 r., Ministerstwo Gospodarki, Projekt z dn. 16.09.2011.

¹⁹ Artykuł „H. Trojanowska, MG o programie energetyki jądrowej”, Portal WNP, 06.08.2010 r., (Źródło : http://energetyka.wnp.pl/energetyka_atomowa/h-trojanowska-mg-o-programie-energetyki-jadrowej,6551_2_0_0.html).

mógł zostać zrealizowany, konieczna będzie pomoc ze strony rządu, a także wsparcie prawne, regulacyjne, organizacyjne, technologiczne, kadrowe i przemysłowe. Jednocześnie instytucje finansowe i ubezpieczeniowe bardzo mocno podkreślają rolę, a właściwie konieczność uzyskania wieloletnich gwarancji rządowych dotyczących realizacji projektu nuklearnego. Inaczej mówiąc instytucje te obawiają się, że budowa EJ zostanie wykorzystana w bieżącej grze politycznej, co może się skończyć katastrofalnie dla całego projektu. Ramy tworzenia infrastruktury energetyki jądrowej zostały wyznaczone przez Międzynarodową Agencję Energii Atomowej (MAEA). Agencja dzieli ten proces na trzy etapy. Pierwszy z nich jest od podjęcia decyzji o budowie pierwszej elektrowni jądrowej do ogłoszenia przetargu na budowę. Kolejny etap trwa od rozpoczęcia przetargu do rozpoczęcia budowy, a ostatni jest etap od rozpoczęcia budowy do eksploatacji elektrowni. Wykonanie tych trzech etapów powinno, wg ekspertów, trwać łącznie ok. 10-15 lat.

Celem Programu Polskiej Energetyki Jądrowej jest uruchomienie pierwszej elektrowni jądrowej po roku 2020. Głównym inwestorem będzie PGE Polska Grupa Energetyczna S.A.²⁰ Program Polskiej Energetyki Jądrowej to pierwszy kompleksowy dokument dotyczący energetyki jądrowej w Polsce. Dokument przedstawia zakres działań, jakie należy podjąć, aby wdrożyć energetykę jądrową, a także by zapewnić bezpieczną i efektywną eksploatację obiektów energetyki tego typu. Program zawiera również zapisy o procedowaniu w razie likwidacji po zakończeniu okresu eksploatacji oraz o postępowaniu z wypalonym paliwem jądrowym i odpadami promieniotwórczymi. Jednym z ważniejszych elementów Programu jest Ramowy harmonogram działań dla energetyki jądrowej. Działania będą prowadzone w 5 etapach. Etap pierwszy polegał m.in. na opracowaniu i przyjęciu przez Radę Ministrów Programu polskiej energetyki jądrowej, a tym samym ostateczne o przesądzeniu o wdrożeniu energetyki jądrowej w Polsce, w oparciu o pożądany zakres i tempo rozwoju energetyki jądrowej i towarzyszącej infrastruktury. Weszły wtedy w życie przepisy prawne niezbędne dla rozwoju i funkcjonowania energetyki jądrowej. Harmonogram nie zawiera jednak szczegółowych celów. Cele szczegółowe to jednocześnie najważniejsze punkty Programu: m.in. opracowanie ram prawnych dla rozwoju i funkcjonowania energetyki jądrowej, rozpoznanie potencjalnych lokalizacji dla budowy kolejnych elektrowni jądrowych, budowa składowiska odpadów nisko i średnio aktywnych, z uwzględnieniem potrzeb, stworzenie podstaw instytucjonalnych do rozwoju energetyki jądrowej, wzrost i utrzymanie poparcia społecznego dla rozwoju energetyki jądrowej i opracowanie efektywnej metody finansowania budowy elektrowni jądrowych.

Etap pierwszy harmonogramu zakończono w lipcu 2011 r.²¹. Rada Ministrów przyjęła PPEJ, przesądzone o wdrożeniu Programu i stworzono przepisy prawa niezbędne dla rozwoju i funkcjonowania energetyki jądrowej. Przed pracownikami administracji rządowej i przed

²⁰ Energetyka jądrowa”, 02.11.2011 (Źródło : <http://www.mg.gov.pl/Bezpieczenstwo+gospodarcze/Energetyka+jadrowa?theme=mg>) .

²¹ Artykuł „Prezydent podpisał ustawę o inwestycjach w EJ”, Portal atom.edu.pl, 30.06.2011

(Źródło : <http://www.atom.edu.pl/index.php/aktualnosci/128-aktualnosci/396-prezydent-podpisa-ustaw-o-inwestycjach-w-ej.html>).

inwestorami stoją konkretne zadania. Pracownicy administracji już dostosowali przepisy prawa polskiego do rozwoju energetyki jądrowej w Polsce i przygotowali Państwową Agencję Atomistyki (PAA) do pełnienia roli dozoru jądrowego i radiologicznego dla energetyki jądrowej. Ich zadaniem będzie w przyszłości wykonanie analizy ekonomicznej wytwarzania energii elektrycznej, a także analizy dotyczącej lokalizacji przyszłej elektrowni i składowiska odpadów nisko- i średnioaktywnych. Będzie się z tym wiązało opracowaniem Krajowego planu postępowania z odpadami promieniotwórczymi i wypalonym paliwem.

Nie można zapomnieć także o kształceniu kadr dla instytucji związanych z energetyką jądrową i o kampanii edukacyjnej. Aby młodzi specjaliści energetyki jądrowej mieli się gdzie szkolić potrzebny będzie rozwój zaplecza naukowo-badawczego i łatwy dostęp przedsiębiorców polskiego przemysłu do inwestycji programu energetyki jądrowej w Polsce. Rolą administracji rządowej będzie także poszukiwanie zasobów uranu na terenie kraju, wykonanie projektu i budowa składowiska odpadów promieniotwórczych.

Inwestorzy będą musieli wywiązać się z wykonania analiz przed inwestycyjnych, w tym analiz uwarunkowań funkcjonowania wiodących technologii jądrowych w warunkach krajowych. Kolejne cele to przede wszystkim wykonanie długoterminowej prognozy rozwoju źródeł wytwarzania energii elektrycznej, stworzenie konsorcjum dla budowy pierwszej elektrowni, napisanie studium uwarunkowań (feasibility study) dla siłowni jądrowej i wybór dla niej lokalizacji. Kwestie te poruszone zostaną w rozdziale 3 „Opinie Polaków dotyczące budowy i funkcjonowania EJ”.

Jednym z istotniejszych zadań będzie określenie źródeł finansowania dla elektrowni, przygotowanie dokumentacji przetargowej i wyłonienie dostawcy technologii. Zanim inwestor wybuduje elektrownię, będzie miał za zadanie wykonać projekt techniczny przedsięwzięcia, a także uzyskać wszystkie konieczne pozwolenia i uzgodnienia²².

Projekt PPEJ został poddany konsultacjom społecznym. W okresie 30.12.2010 – 31.03.2011 Ministerstwo Gospodarki przeprowadziło procedurę konsultacji społecznych Strategicznej Oceny Oddziaływania na Środowisko Programu Polskiej Energetyki Jądrowej. Dokumentacja programu składała się ze “Strategicznej Oceny Oddziaływania na Środowisko Polskiego Programu Energetyki Jądrowej” i “Załącznika – Warianty lokalizacyjne”²³.

Zainicjowano także trans graniczną procedurę SEA, w ramach, której poinformowano wszystkie otaczające Polskę kraje, a także kraje basenu Morza Bałtyckiego, o zamiarze przyjęcia Polskiego Programu Energetyki Jądrowej oraz zaoferowano możliwość konsultacji trans granicznych. Na mocy konwencji z Espoo o ocenach oddziaływania na środowisko w kontekście trans granicznym

²² „Program Polskiej Energetyki Jądrowej - Cele, założenia, kierunki działania”, Prezentacja Pełnomocnika Rządu ds. Polskiej Energetyki Jądrowej Hanny Trojanowskiej, 03.11.2009.

²³ Wyniki konsultacji, wraz ze stanowiskiem do zgłoszonych w ich trakcie uwag, są dostępne na stronie: <http://bip.mg.gov.pl/node/12331>

w lipcu 2011 r.²⁴ Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska (GDOŚ) zawiadomiła oficjalnie 10 państw - bezpośrednich sąsiadów i krajów basenu Morza Bałtyckiego o opracowywaniu przez Ministerstwo Gospodarki PPEJ. Austria, Szwecja, Finlandia, Czechy, Słowacja, Niemcy i Dania, to państwa, które zadeklarowały udział na prawach strony narażonej w postępowaniu w sprawie strategicznej oceny oddziaływania na środowisko Programu. Austria z wyprzedzeniem wyraziła chęć udziału w postępowaniu trans granicznym, dlatego również została powiadomiona, mimo że z Polską nie graniczy.

Po przedłużeniu terminu, konsultacje w większości krajów zakończono w październiku 2011 r. Jednak Niemcy, Austria i Finlandia wystąpiły o ponowne przedłużenie terminu. Aby mieszkańcy tych państw mieli taką samą możliwość składania uwag do programu jak mieli obywatele Polski, czyli trzy miesiące. Termin składania uwag minął 4 stycznia 2012 r. Inne stanowisko przyjęli pozostali przedstawiciele rządów państw narażonych na działanie skutków wprowadzenia PPEJ w Polsce. Estonia, Łotwa i Litwa odstąpiły od postępowania, zaznaczając, że chcą być tylko powiadomione, jako strony potencjalnie narażone. Odpowiedzi Ministerstwa Gospodarki na zgłoszone uwagi mieszkańców państw objętych procedurą były przekazywane za pośrednictwem GDOŚ. Jeśli to nie okaże się wystarczające, rozmowy będą prowadzone na poziomie międzyrządowym.²⁵ Przewiduje się, że Program będzie obowiązywał w latach 2011-2030. Przygotowano pakiet ustaw regulujących działanie sektora energetyki jądrowej. W lipcu 2011 r. weszła w życie większa część przepisów znowelizowanej ustawy Prawo atomowe.²⁶ Niektóre z nowych przepisów zaczną jednak obowiązywać dopiero od 1 stycznia 2012 r. Nowe przepisy określają wymagania bezpieczeństwa i kontroli dotyczące lokalizacji, projektowania, budowy, rozruchu i eksploatacji oraz likwidacji obiektów jądrowych, czego wymaga od Polski Europejska dyrektywa. Określono tam też zakres zadań Państwowej Agencji Atomistyki, (PAA), jako urzędu dozoru jądrowego. Jednym z najważniejszych elementów znowelizowanego prawa jest fakt, iż przepisy zawierają jednoznaczny prymat bezpieczeństwa nad innymi aspektami działania obiektów jądrowych. W ramach nowej ustawy Prawo atomowe zostanie stworzony fundusz, na którym będą gromadzone przez operatora siłowni jądrowej pieniądze. Środki te zostaną w przyszłości przeznaczone na likwidację elektrowni i składowanie odpadów promieniotwórczych. Istotnym, z punktu widzenia społeczeństwa, jest zapis, iż operator obiektu jądrowego i PAA, będą zobowiązani do informowania społeczeństwa o decyzjach dozoru, stanie obiektów i ich eksploatacji, a także o czynnikach i zdarzeniach mających wpływ na bezpieczeństwo i ochronę radiologiczną kraju. W ustawie tej znajdziemy także zapis dotyczący

²⁴ Konwencja o ocenach oddziaływania na środowisko w kontekście trans granicznym, sporządzona w Espoo dnia 25 lutego 1991 r. (Dz. U. z 1999 r. Nr 96, poz. 1110).

²⁵ Artykuł „PGE i MG : konsultacje środowiskowe nie opóźnią programu jądrowego”, Portal WNP, 23.10.2011 (Źródło : http://energetyka.wnp.pl/energetyka_atomowa/pge-i-mg-konsultacje-srodowiskowe-nie-opoznia-programu-jadrowego,153626_1_0_0.html) .

²⁶ Ustawa z dnia 13 maja 2011 r. o zmianie ustawy - Prawo atomowe oraz niektórych innych ustaw (Dz. U. z 2011 r. Nr 132, poz. 766).

odpowiedzialności cywilnej operatorów za eksploatację obiektów jądrowych. Minimalna odpowiedzialność za szkodę jądrową wyniesie 30 mln SDR²⁷.

Rząd w ramach tzw. „Pakietu atomowego” przygotował także inną ustawę, oprócz znowelizowanej ustawy Prawo atomowe. Ustawa o przygotowaniu i realizacji inwestycji obejmujących budowę obiektów energetyki jądrowej oraz inwestycji towarzyszących²⁸ to zbiór przepisów określających zasady przygotowania takich inwestycji. Przez obiekty energetyki jądrowej rozumiemy elektrownie jądrowe, zakłady wzbogacania paliwa, miejsca wytwarzania i przerobu paliwa jądrowego, a także składowiska odpadów promieniotwórczych. Ustawa zawiera przepisy regulujące m.in. wydawanie decyzji o wskazaniu lokalizacji budowy i wydawanie pozwolenia na budowę elektrowni. Dzięki przepisom ustawy inwestor będzie wiedział jak przeprowadzić postępowanie administracyjne, na przykład w celu nabycia tytułu prawnego do nieruchomości, przeprowadzić wywłaszczenie, a także uzyskać odszkodowanie²⁹. Dwie powyższe ustawy są najnowszymi dokumentami regulującymi stan prawny energii jądrowej w Polsce.

Po opracowaniu ram prawnych dla rozwoju i funkcjonowania energetyki jądrowej, konieczne będzie rozpoznanie potencjalnych lokalizacji dla budowy elektrowni jądrowych w Polsce.

W najbliższej przyszłości, będzie musiała być zatwierdzona lokalizacja elektrowni i zostanie zawarty kontrakt na budowę. W marcu 2010 r. firma Energoprojekt-Warszawa S.A. przy wsparciu Ministerstwa Gospodarki³⁰ opracowała ekspertyzę na temat kryteriów lokalizacji elektrowni jądrowych w Polsce³¹. Dokonano także oceny proponowanych do tej pory lokalizacji. Samorządy lokalne i firmy energetyczne składały swoje propozycje i na tej podstawie przeanalizowano 27 z 28 zgłoszeń. Kryteria, jakie brano pod uwagę to przede wszystkim bezpieczeństwo, warunki sejsmologiczne, hydrologiczne i demograficzne. Stworzono ranking najlepszych lokalizacji, oceniano je według 17 grup kryteriów, zgodnie z wytycznymi Międzynarodowej Agencji Atomistyki. Aby wykonać ranking wzięto pod uwagę kwestie poszanowania środowiska, czy na danym obszarze jest dobrze rozwinięta sieć elektroenergetyczna, a także założenia Polityki Energetycznej Polski do 2030 roku. PGE S.A. Zgodnie z Ramowym harmonogramem musi wybrać lokalizację elektrowni jądrowej do końca 2013 roku. W planach jest zbudowanie dwóch elektrowni. Oddanie pierwszego bloku pierwszej

²⁷ SDR (Special Drawing Rights - Specjalne prawa ciągnięcia) - międzynarodowa umowna jednostka monetarna, ma charakter pieniądza bezgotówkowego. Wartość SDR jest ustalana na poziomie koszyka walut, składającego się obecnie z euro, japońskiego jena, funta szterlinga i dolara amerykańskiego, w proporcjach zależnych od wagi danej waluty w międzynarodowych transakcjach finansowych.

²⁸ Ustawa z dnia 29 czerwca 2011 r. o przygotowaniu i realizacji inwestycji w zakresie obiektów energetyki jądrowej oraz inwestycji towarzyszących (Dz. U. z 2011 r. Nr 135, poz. 789).

²⁹ Artykuł „Pakiet ustaw atomowych”, Portal Świadome o atomie (Źródło :

<http://www.swiadomieoatomie.pl/elektrownia-w-polsce/legislacja/pakiet-ustaw-atomowych.html>).

³⁰ Firma, która była wcześniej generalnym projektantem Elektrowni Jądrowej Żarnowiec.

³¹ Dokument „Ekspertyza na temat kryteriów lokalizacji elektrowni jądrowych oraz wstępna ocena uzgodnionych lokalizacji”, opracowany na zlecenie Ministerstwa Gospodarki.

elektrowni przewiduje się na koniec 2020 r., a następnych bloków w kolejnych latach - co dwa lub trzy lata³².

Na początku 2011 roku, wraz z Prognozą Programu Polskiej Energetyki Jądrowej powstał dokument – analiza lokalizacyjna. Jest to załącznik do Prognozy Oddziaływania Na Środowisko PPEJ³³. Analiza lokalizacyjna odnosi się do ekspertyzy opisanej powyżej, przeanalizowano także możliwości lokalizacji elektrowni w 27 miejscowościach. Eksperti w analizie przedstawili 4 lokalizacje zalecane, 2 lokalizacje rezerwowe i 21 pozostałych propozycji lokalizacji. Są to na razie projektowane, potencjalnie lokalizacje. Warto dodać, iż firma PGE S.A. Także przeprowadza badania w celu wybrania rejonu, w którym mogłaby w przyszłości stanąć elektrownia jądrowa. Prace te mogą w efekcie wskazać zupełnie inne miejsca, niż lokalizacje z listy Ministerstwa Gospodarki. Zgodnie z zapisami analizy, lokalizacje zalecane to: Żarnowiec (woj. pomorskie), Warta-Klempicz (wielkopolskie), Kopań (zachodniopomorskie) i Nowe Miasto (mazowieckie). Są także dwie lokalizacje rezerwowe w województwie pomorskim: Choczewo i Lubiatowo-Kopalino. W mniejszym stopniu są brane pod uwagę pozostałe propozycje lokalizacji, czyli: Chełmno, Nieszawa, Gościeradów, Chotcza, Bełchatów, Karolewo, Kozienice, Małkinia, Wyszaków, Tczew, Połaniec, Pątnów, Krzywiec, Lisowo, Wiechowo, Pniewo, Pniewo-Krajnik, Dębogóra, Krzymów, Stepnica 1 i Stepnica 2. Spośród wymienionych lokalizacji najbardziej prawdopodobne jest, że elektrownia powstanie w lokalizacjach zalecanych lub rezerwowych. Mimo, że wszystkie cztery lokalizacje zalecane mają równe szanse, że zostaną wybrane, eksperci wskazują na Żarnowiec – pierwszy na liście rankingowej. Pod koniec listopada 2011 roku PGE wybrała trzy preferowane przez nią lokalizacje. Pozostałe 21 propozycji lokalizacji nie dostało rekomendacji do dalszych badań. Zostały one z różnych względów wykluczone. Wszystkie trzy miejscowości znajdują się na Pomorzu. Są to Żarnowiec, Choczewo i Gąski. Żarnowiec i Choczewo znajdują się na Pomorzu Wschodnim i leżą blisko siebie, natomiast Gąski są ulokowane niedaleko Mielna, na Pomorzu Zachodnim. W wyborze tych trzech lokalizacji duże znaczenia miał dostęp do wody chłodzącej i dobre warunki geologiczne. Lokalizacja docelowa zostanie wybrana po badaniach środowiskowych i geologicznych³⁴. Planuje się, iż do końca I połowy 2013 r. specjalistyczna firma wykona szczegółowe badania dla tych trzech potencjalnych lokalizacji. W analizie lokalizacyjnej zastosowano czynniki kwalifikujące do wybrania danej miejscowości na lokalizację przyszłej elektrowni jądrowej. Czynniki podzielono na cztery grupy: podstawowe uwarunkowania środowiskowe; budowa geologiczna i hydrogeologiczna; infrastruktura oraz fauna i flora.

³² Artykuł „Pierwsza jądrowa w Żarnowcu”, Kwartalnik „Prawo i Środowisko” 6(414)/2010, Dziennikarska Agencja Wydawnicza MAXPRESS, s. 6-7, 21.03.2010.

³³ Podrozdział 10.3. Załącznika do Prognozy Oddziaływania na Środowisko Programu Polskiej Energetyki Jądrowej – analiza lokalizacyjna”.

³⁴ Artykuł „Atomówka na Pomorzu. Gdzie dokładnie, wybór za dwa lata”, Portal WNP, 25.11.2011 r. (Źródło : http://energetyka.wnp.pl/atomowka-na-pomorzu-gdzie-dokladnie-wybor-za-dwa-lata,156374_1_0_0.html).

Do momentu powstania specjalnego składowiska odpadów promieniotwórczych, wszystkie odpady tego typu są kierowane na składowisko w miejscowości Różan nad Narwią w woj. mazowieckim. Jest to jedyne w Polsce Krajowe Składowisko Odpadów Promieniotwórczych (KSOP). Aby móc gromadzić odpady i wypalone paliwo z nowych elektrowni jądrowych, konieczna będzie budowa nowego składowiska. Przez Ministerstwo Gospodarki został powołany międzyresortowy zespół specjalistów, którzy mają za zadanie przygotować Krajowy Plan Postępowania z Odpadami Promieniotwórczymi i Wypalonym Paliwem Jądrowym. Postępowanie to będzie obejmowało wszelkie działania związane z przetwarzaniem, przemieszczaniem, przechowywaniem lub składowaniem odpadów promieniotwórczych, włącznie z usuwaniem skażeń promieniotwórczych i likwidacją obiektu jądrowego. Do zadań ekspertów będzie należało podjęcie decyzji dotyczących terminu uruchomienia nowych składowisk odpadów nisko- i średnioaktywnych, a także wyznaczenie terminu rozpoczęcia badań nad lokalizacją przyszłego tzw. „składowiska ostatecznego”. Plan postępowania powinien być przyjęty przez Radę Ministrów w 2011 roku. Pewnie zostanie to odroczone. Jednym z ważniejszych elementów Planu będzie akceptacja społeczna postępowania z odpadami promieniotwórczymi i wypalonym paliwem jądrowym. Obecnie panuje ogólna społeczna akceptacja dla budowy składowiska odpadów nisko- i średnioaktywnych, ale nikt nie chce, aby lokalizacja tego obiektu była w sąsiedztwie jego domu³⁵. Według Ramowego harmonogramu, składowisko nisko- i średnioaktywnych odpadów promieniotwórczych powinno powstać do 2018 r.

Aby społeczeństwo polskie lepiej rozumiało ideę wprowadzania energetyki jądrowej w kraju, konieczna będzie kampania informacyjna. Z powodu wielu awarii elektrowni jądrowych w przeszłości na świecie, stosunek wielu osób do tego typu energetyki jest negatywny. Sytuacja w Polsce jest tym bardziej niesprzyjająca szerzeniu pozytywnych cech tej branży energetyki, gdyż sprzeciw społeczeństwa w czasach PRL powiązany był także z polityką i wrogim ustrojem popierającym ten typ pozyskiwania energii. Mimo że, o planach inwestycji w elektrownie jądrowe w polityce mówi się już głośno od 2009 r., przez dwa lata niewiele działo się w sferze kształcenia społeczeństwa, oswajania go z niechcianą inwestycją.

Przeciwnicy zgodnie twierdzą, że edukacja społeczeństwa w tematyce promieniotwórczości jest znikoma. Zarzucają politykom podjęcie decyzji o wprowadzeniu energetyki jądrowej w Polsce bez konsultacji ze społeczeństwem. Krytyka dotyczy także problemu braku debaty ogólnospołecznej o sytuacji, jaka nastąpiła po awarii w Fukushima. Jednak pewne działania w celu poinformowania i edukacji społeczeństwa miały już miejsce. W roku 2010 można było uczestniczyć w spotkaniach związanych z akcją „Atomowy autobus”. Przedsięwzięcie objęło 13 uczelni wyższych w Polsce. Akcja polegała na tym, że po kraju specjalnie przystosowanym autobusem jeździli studenci zainteresowani energetyką jądrową.

Na wybranych uczelniach przedstawiali swoje ekspozycje, wygłaszali przemowy i prezentacje, czasem organizowali także panele dyskusyjne. W 2011 roku Fundacja FORUM ATOMOWE,

³⁵ Jest to efekt NIMBY (Not In My Backyard) – Nie na moim podwórku.

organizator akcji, przeprowadził szereg spotkań, tym razem w największych ośrodkach turystycznych i potencjalnych lokalizacjach elektrowni jądrowej na Pomorzu³⁶. Ministerstwo Gospodarki w drugiej połowie marca 2012 roku rozpoczęło kampanię pt. „Poznaj Atom”. Kampania prowadzona w formie spotów reklamowych i strony internetowej o edukacyjnym charakterze będzie trwała przez 2, 5 roku. Kwestie te poruszone zostaną w rozdziale 3 „Opinie Polaków dotyczące budowy i funkcjonowania EJ”.

W związku z planowaną budową elektrowni jądrowych i całej infrastruktury koniecznej do ich funkcjonowania, bezspornie będzie zatrudnienie wykwalifikowanych pracowników. Według badań budowa tylko jednego bloku jądrowego wymaga 3-4 tys. miejsc pracy.

Jest tu zajęcie dla pracowników różnych specjalności, od robotników budowlanych, którzy będą musieli mieć specjalne przeszkolenie do pracy w obiektach jądrowych, spawaczy i elektryków, a na architektach i inżynierach kończąc. Najnowszy Raport MAEA³⁷ wskazuje, iż podczas eksploatacji elektrowni jądrowej konieczne jest zatrudnienie 700-1000 specjalistów z 40 różnych dziedzin. Obecnie brakuje specjalistów zajmujących się energetyką jądrową. Wszyscy eksperci wyszkoleni w czasach, gdy miała powstać Elektrownia Jądrowa Żarnowiec, w tym pracownicy reaktora badawczego, zbliżają się już do wieku emerytalnego. Program Polskiej Energetyki Jądrowej zakłada zainteresowanie ośrodków naukowych tematyką energii jądrowej. Już utworzono konsorcja, które będą pomagały w badaniach i w rozwoju edukacji w tym kierunku. Wyróżniamy: Konsorcjum Naukowo-Technologiczne „Centrum Atomistyki”, Polską Platformę Technologii Nuklearnych i Konsorcjum „Kadry dla Energetyki Jądrowej i Technologii Jądrowych w Przemśle i Medycynie”. Zainicjowano już tworzenie kierunków studiów, które byłyby związane z omawianą tematyką. Specjaliści, którzy znajdą pracę w energetyce atomowej to także obecni studenci kierunków pośrednio związanych z energetyką jądrową np. elektrotechniki, fizyki, czy automatyki³⁸. Kierunki związane z sektorem energetyki jądrowej uruchomiono już na następujących uczelniach: na Akademii Górniczo-Hutniczej, Politechnice Gdańskiej, Poznańskiej, Łódzkiej, Krakowskiej, Śląskiej, Warszawskiej i Wrocławskiej. Ponadto Konsorcjum „Kadry dla Energetyki Jądrowej i Technologii Jądrowej w Przemśle i Medycynie” współpracuje z uczelniami: z Uniwersytetem Marii Curie-Skłodowskiej, z Politechniką Wrocławską i Uniwersytetem Warszawskim.

2.2. Kontekst prawny energetyki jądrowej w Polsce

Ustawa – Prawo atomowe³⁹, jeden z najważniejszych aktów energetyki jądrowej, reguluje działalność w zakresie pokojowego wykorzystywania energii atomowej. W ustawie znajdziemy przepis, iż jest to działalność związana z narażeniem na promieniowanie jonizujące od

³⁶ Portal atomowy autobus.pl, data wglądu 17.11.2011 (Źródło : http://www.atomowyautobus.pl/index.php?option=com_content&view=article&id=4&Itemid=3).

³⁷ „Planowanie zasobów ludzkich dla nowego programu energetyki jądrowej” („Workforce planning for New Nuclear Power Programme”, nr NG-T-3.3), MAEA.

³⁸ Program Polskiej Energetyki Jądrowej, Ministerstwo Gospodarki, 2009 r., s. 81-83.

³⁹ Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. - Prawo atomowe (Dz. U. z 2007 r. Nr 42, poz. 276, z późn. zm.).

sztucznych źródeł promieniotwórczych, materiałów jądrowych, urządzeń wytwarzających promieniowanie jonizujące, odpadów promieniotwórczych i wypalonego paliwa jądrowego. Co ważne, przepisy Prawa atomowego określają organy właściwe

w sprawach bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej, a także zasady odpowiedzialności cywilnej za szkody jądrowe. Ustawa reguluje też systemowo zasady wypełniania zobowiązań międzynarodowych, w tym w ramach Unii Europejskiej, dotyczących bezpieczeństwa jądrowego, ochrony przed promieniowaniem jonizującym oraz zabezpieczeń materiałów jądrowych i kontroli technologii jądrowych. Akt określa również szczególne zasady ochrony osób przed zagrożeniami wynikającymi ze stosowania promieniowania jonizującego w celach medycznych i zasady monitorowania skażeń promieniotwórczych. Prawo atomowe to także przepisy regulujące wymagania bezpieczeństwa obiektów jądrowych, oceny sytuacji radiacyjnej i postępowania awaryjnego, a także nieprolifracji materiałów i technologii jądrowych.

Znowelizowana ustawa - Prawo atomowe⁴⁰ zawiera przepisy ustanawiające bezwzględny prymat bezpieczeństwa nad innymi aspektami działalności obiektów jądrowych⁴¹. Nowelizacja, tej ustawy była konieczna. Przepisy poprzedniej wersji aktu byłyby niewystarczające do rozwijania energetyki jądrowej w Polsce. O przepisach bezpieczeństwa jądrowego mówi się nawet, jako o legislacji na najwyższym międzynarodowym poziomie⁴². Oprócz wymienionych już wymagań bezpieczeństwa jądrowego, ustawa uaktualnia przepisy bezpieczeństwa radiacyjnego obiektów jądrowych, a także zasady postępowania z materiałami jądrowymi i wypalonym paliwem oraz wymogi ochrony radiologicznej ludności i odpowiedzialności za szkody jądrowe. W ustawie tej zawarto także zakres nadzoru Państwowej Agencji Atomistyki (PAA), jako urzędu dozoru jądrowego. Warto dodać, że Prawo atomowe reguluje również kwestie odpowiedzialności cywilnej za eksploatację obiektów jądrowych. Poziom minimalnej odpowiedzialności finansowej za szkodę jądrową określono na 300 mln SDR⁴³, którą będą ponosić operatorzy np. elektrowni jądrowych. Ustawa weszła w życie dnia 1 lipca 2011, dzięki temu, zgodnie z Harmonogramem Programu można było rozpocząć przeprowadzenie przetargu na dostawcę technologii jądrowej⁴⁴.

Kolejną ustawą tzw. „Pakietu atomowego” jest projekt ustawy o przygotowaniu i realizacji inwestycji obejmujących budowę obiektów energetyki jądrowej oraz inwestycji towarzyszących⁴⁵. Znajdziemy tu zasady przygotowania i realizacji budowy obiektów energetyki

⁴⁰ Ustawa z dnia 13 maja 2011 r. o zmianie ustawy – Prawo atomowe oraz niektórych innych ustaw (Dz. U. z 2011 r. Nr 132, poz. 766).

⁴¹ Biuletyn Prasowy Portalu Ministerstwa Gospodarki, 16-22.05.2011, NR 20 (574) (Źródło : http://www.mg.gov.pl/files/upload/13401/Biuletyn%20Prasowy%20MG%20nr%2020%20_574_.pdf).

⁴² Kwartalnik „Prawo i Środowisko”, Rok siedemnasty, 31 marca 2011 r., Nr 1 (65)/11, Warszawa, Wydawca : Dziennikarska Agencja Wydawnicza, s. 31-32.

⁴³ SDR - umowna jednostka monetarna, której wartość jest ustalana na podstawie koszyka walut.

⁴⁴ Artykuł „Prezydent podpisał nowelizację Prawa atomowego”, WNP, 17.06.2011 (Źródło : http://energetyka.wnp.pl/prezydent-podpisal-nowelizacje-prawa-atomowego,143292_1_0_0.html).

⁴⁵ Ustawa z dnia 29 czerwca 2011 r. o przygotowaniu i realizacji inwestycji w zakresie obiektów energetyki jądrowej oraz inwestycji towarzyszących (Dz. U. z 2011 r. Nr 135, poz. 789).



jądrowej, czyli elektrowni jądrowych, zakładów wzbogacania, wytwarzania i przerobu paliwa jądrowego czy składowisk odpadów promieniotwórczych. Główny cel ustawy to zapewnienie podstaw prawnych dla budowy elektrowni jądrowych w Polsce, a tym samym zwiększenie bezpieczeństwa energetycznego w kraju. Dzięki temu aktowi uregulowane zostały kwestie procesu inwestycyjnego w przedsięwzięcia energetyki jądrowej. Legislatorzy położyli nacisk na możliwie jak najprostsze procedury związane z ubieganiem się przez inwestorów o pozwolenia, ale jednocześnie zostały zachowane wymogi bezpieczeństwa inwestycji. Dokument zawiera szczegółowe procedury uzyskiwania decyzji, opinii i innych dokumentów niezbędnych do realizacji budowy i uruchomienia obiektu energetyki jądrowej oraz skutki ich wydania. Aby przyspieszyć proces decyzyjny w inwestycjach energetyki jądrowej, skrócono czas rozpatrywania sprawy do 30 dni, a terminu wniesienia odwołania do 7 dni⁴⁶. Istotne będą kwestie odpowiedzialności cywilnej za eksploatację obiektów jądrowych.

W związku z wprowadzeniem energetyki jądrowej konieczne będzie zapewnienie środków na pokrycie ewentualnych szkód jądrowych⁴⁷. Techniczne ryzyko wystąpienia takiego zdarzenia, przy założeniu prawidłowej konstrukcji instalacji jądrowych i bezpiecznej eksploatacji jest znikome, ale mamy do czynienia z ryzykiem prawnym występującym niezależnie od technicznego prawdopodobieństwa wystąpienia takiego zdarzenia. Nie można tu pominąć Konwencji wiedeńskiej, czyli podstawowego aktu prawa międzynarodowego, który reguluje kwestie odpowiedzialności cywilnej za szkody powstałe w wyniku pokojowego wykorzystania energii jądrowej. Zawarto tu najważniejszą zasadę, że wyłączna odpowiedzialność za szkodę jądrową spoczywa na operatorze urządzenia jądrowego, na przykład reaktora energetycznego, a państwo przyjmuje na siebie odpowiedzialność odszkodowawczą wobec obywateli za szkody jądrowe, jeśli suma konieczna do pokrycia szkód przekracza wartość przypisaną operatorowi.

Podsumowując można stwierdzić, że zostały przygotowane odpowiednie ramy prawne do realizacji projektu budowy EJ, wokół projektu budowy siłowni został osiągnięty konsensus pośród wszystkich znaczących sił politycznych. Na dzień dzisiejszy najistotniejsze dla budowy elektrowni najważniejsze są dwa aspekty. Pierwszy to wypracowanie modelu wieloletnich gwarancji dla realizacji projektu ze strony władz państwowych i drugi to pozyskanie zgody społeczeństwa na budowę elektrowni.

3. Opinie Polaków dotyczące budowy i funkcjonowania EJ

3.1. Żarnowiec

Początki energetyki jądrowej przypadają na drugą połowę lat 50-tych ubiegłego wieku. Aktualnie na świecie pracuje 436 reaktorów w 30 krajach, które posiadają ok. 14% udział w globalnej produkcji energii elektrycznej. W niektórych krajach udział energetyki jądrowej w

⁴⁶ Artykuł „Rada Ministrów przyjęła projekt ustawy dotyczącej inwestycji w energetyce jądrowej”, 2011 r. (Źródło : http://www.msp.gov.pl/portal/pl/29/14630/Rada_Ministrow_przyjela_projekt_ustawy_dotyczacej_inwestycji_w_energetyce_jadrow.html).

⁴⁷ Projekt ustawy o odpowiedzialności cywilnej za szkody jądrowe.

produkcji energii elektrycznej jest dość znaczny i często przekracza 50%, a we Francji jest to nawet przeszło 77 procent⁴⁸.

Przez około 25 lat elektrownie jądrowe były uważane za bezpieczne źródło energii. Pierwszą znaczącą awarią była awaria reaktora w elektrowni Three Mile Island (USA) w roku 1979. Jednak największy wpływ na negatywne postrzeganie energetyki jądrowej miała awaria w Czarnobylu oraz ostatnia awaria w Fukushima. Każda z tych awarii miała zupełnie inne przyczyny, przebieg i skutki. Jednak, jak się wydaje, świadomość społeczeństwa jest zdominowana przez „wizję” awarii w Czarnobylu, której skala i skutki były i są niewątpliwie przerażające, np. przesiedlono ponad 300 tys. ludzi⁴⁹. Z kolei wg. pani Hanny Trojanowskiej wiceministra gospodarki i Pełnomocnika rządu ds. polskiej energetyki jądrowej⁵⁰, czy pana Jacka Cichosza z PGE⁵¹ podczas awarii w Fukushima w samej elektrowni nie było ofiar śmiertelnych, a podawane liczby ofiar dotyczą osób, które zginęły w wyniku uderzenia fali tsunami. Jednak należy zaznaczyć, że w wyniku awarii reaktora wystąpiło skażenie środowiska naturalnego oraz napromieniowanie pracowników, a odszkodowania związane z likwidacją skutków awarii, w tym odszkodowania wypłacane pracownikom i mieszkańcom okolicy będą bardzo wysokie. Według najnowszych doniesień⁵² wydatki na ten cel mają być dwa razy wyższe niż pierwotnie zakładano i mogą przekroczyć 10 bln jenów (125 mld dol.). Suma ta jest równa 2% PKB Japonii albo 11 procentom budżetu kraju. Jak widać są to olbrzymie kwoty, które jeszcze mogą ulec zmianie, ponieważ, ze względu na krótki okres czasu, jaki upłynął od katastrofy oraz stale trwające prace związane z likwidacją skutków awarii, nie są jeszcze dostępne badania, które w pełni pokazałyby skutki tej katastrofy⁵³.

Analizy przyczyn awarii spowodowały wyeliminowanie wad projektowych oraz zdecydowaną poprawę systemów bezpieczeństwa w elektrowniach jądrowych. Obecnie produkowane reaktory, według przedstawicieli lobby jądrowego, są bezpieczne i w przypadku prawidłowej eksploatacji nie stanowią zagrożenia dla otoczenia.

Historia energetyki jądrowej w Polsce to przede wszystkim historia niedokończonej budowy EJ Żarnowiec. Decyzję o budowie polskiej EJ nad jez. Żarnowieckim podjęto w latach 70-tych ubiegłego wieku. Mieszkańcy okolic Żarnowca popierali budowę elektrowni, ponieważ widzieli w tym przede wszystkim korzyści osobiste. Trzeba zaznaczyć, że w okresie PRL-u nie prowadzono, konsultacji społecznych odnośnie budowy tego typu obiektów w związku, z czym społeczeństwo polskie do czasu awarii reaktora w Czarnobylu nie miało, szerszego kontaktu z

⁴⁸ „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>

⁴⁹ Tamże

⁵⁰ „Edukacja społeczeństwa w zakresie energetyki jądrowej zmniejsza obawy przed nią” -

http://www.cire.pl/item,67213,1.html?utm_source=newsletter&utm_campaign=newsletter&utm_medium=link

⁵¹ Wielomska, M., „Bezpieczeństwo jądrowe w Polsce. Analiza rozwiązań systemowych”, Praca magisterska – Uniwersytet Warszawski, maj 2012

⁵² „Coraz droższa Fukushima” - Rzeczpospolita 08.11.2012

⁵³ Rozwój energetyki jądrowej a bezpieczeństwo energetyczne, Maciej Kaliski, Paweł Frączek – w „Rynek energii” kwiecień 2012



energetyką jądrową. Informacje dotyczące wydarzeń na Ukrainie podlegały cenzurze w związku, z czym wiedza społeczeństwa polskiego opierała się głównie na domysłach i plotkach, co jeszcze pogłębiało atmosferę grozy, a „płyn Lugola” prawdopodobnie pamięta każdy świadomy uczestnik tamtych wydarzeń. Do dnia dzisiejszego w języku potocznym przy opisywaniu niezwykłego zjawiska, np. dużych rozmiarów pomidora można spotkać określenie „To chyba z powodu Czarnobyla”.

Katastrofa w Czarnobylu spowodowała powstanie niezależnych od Państwa, (co w czasach PRL-u groziło poważnymi konsekwencjami) organizacji społecznych, złożonych z działaczy ekologicznych, pacyfistycznych i części miejscowej ludności sprzeciwiającej się budowie elektrowni w Żarnowcu⁵⁴, które organizowały protesty wskazując, że okolice Żarnowca mogą się stać drugim Czarnobyliem np. transparenty z napisem „Żarnobyl”.

Czarnobyl, protesty społeczne, narastające problemy z finansowaniem budowy oraz postępujące zmiany systemu politycznego spowodowały, że prace przy budowie zostały zdecydowanie spowolnione a po kilku latach w 1990 roku podjęto decyzję o zaniechaniu budowy, która wówczas była zawansowana w około 40%.

Podsumowując można powiedzieć, że opinia publiczna w Polsce jest bardzo mocno zdeterminowana przez skojarzenie energetyki jądrowej ze skutkami katastrofy w Czarnobylu, – co potwierdzają prowadzone badania opinii publicznej, w których 75% respondentów na pytanie, „Co sprawia, że część społeczeństwa sprzeciwia się budowie elektrowni jądrowych w Polsce” odpowiada, że obawa przed awarią elektrowni i skojarzenia z wydarzeniami w Czarnobylu⁵⁵.

Można przypuszczać, że pośrednim skutkiem złego nastawienia do energetyki jądrowej było rozpoczęcie badań opinii społeczeństwa dotyczących energetyki jądrowej. Pierwsze takie badanie przeprowadził w 1987 roku instytut CBOS. Według wyników uzyskanych podczas tego badania społeczeństwo polskie było podzielone na trzy mniej więcej równe grupy. Zwolennicy budowy siłowni jądrowej stanowili 30% badanych, grupa niezajmująca stanowiska w sprawie budowy 31% oraz grupa przeciwników budowy stanowiąca 39% badanych⁵⁶. Po upływie dwóch lat w kolejnym badaniu odsetek zwolenników budowy siłowni jądrowej spadł do 20%, nieznacznie, bo do 34% wzrósł procent osób niezdecydowanych, natomiast zdecydowanie zwiększyła się do 46% grupa przeciwników budowy⁵⁷. Kolejne badanie przeprowadzone przez inny instytut w 1989 roku pokazało, że wprowadzie wzrosła liczba popierających budowę, do 32% ale zwiększyła się także liczba przeciwników budowy 56% zmniejszyła się natomiast liczba niezdecydowanych do 12%. W roku 1991 liczba zwolenników 43% była niemal równa liczbie

⁵⁴ Wielomska, M., „Bezpieczeństwo jądrowe w Polsce. Analiza rozwiązań systemowych”, Praca magisterska – Uniwersytet Warszawski, maj 2012

⁵⁵ www.atomistyka.pl - „Zmiany postaw społecznych wobec energetyki jądrowej”

⁵⁶ Badanie przeprowadzone przez Instytut Badawczy CBOS XI 1987, w „Energetyka Jądrowa w Polsce – za czy przeciw”, kwiecień 2011 r

⁵⁷ Tamże



przeciwników budowy 44% a odsetek niezdecydowanych wynosił 13%⁵⁸. Od roku 1991 do 2002 odnotowano trend spadkowy, jeżeli chodzi o zwolenników budowy tzn. z 43% w 1991 do 30% w 2002 roku, w tym samym okresie czasu odsetek zwolenników budowy, jaki i osób niezdecydowanych wahał się i tak w przypadku zwolenników było to od 39 do 55% a w przypadku osób niezdecydowanych dość znacznie tj. z 12 do 25%⁵⁹. W kolejnych latach trend ulega zdecydowanemu odwróceniu i po raz pierwszy odsetek zwolenników budowy elektrowni 42% przewyższył odsetek przeciwników budowy elektrowni 38%, przy 20% udziale osób niezdecydowanych. W kolejnym badaniu z roku 2006 liczba zwolenników wzrosła do 61% a przeciwników zmalała do 29% o połowę zmalała także liczba osób niezdecydowanych⁶⁰. Z kolei badanie przeprowadzone w 2006 przez inny instytut⁶¹ podaje zupełnie inne dane tzn. 25% zwolenników budowy i 58% przeciwników budowy elektrowni oraz 34% osób niezdecydowanych. Rozbieżność wyników jest bardzo znaczna.

Od roku 2006 do roku 2009 systematycznie rósł odsetek zwolenników z 25 do 50% a zmniejszał się udział przeciwników z 58 do 40% i co ważne w 2009 roku zmniejszył się odsetek osób niemających zdania w tej kwestii z 34 do 10% co można zinterpretować, że świadomość społeczeństwa dotycząca kwestii energetyki jądrowej zdecydowanie się poprawiła – w 1989 roku 34% respondentów nie miało zdania odnośnie budowy EJ w 2009 tylko 10%, a w 2011 już tylko 7%⁶².

Awaria w Fukushima wyraźnie wpłynęła na opinię społeczną w związku, z czym odsetek zwolenników budowy EJ spadł do 40% a przeciwników zwiększył się do 53% i co najistotniejsze odsetek osób niemających zdania w kwestii budowy elektrowni spadł do 7%. Dodatkowo 83% respondentów przyznaje, że sytuacja w Japonii zmniejszyła ich zaufanie do energetyki jądrowej⁶³. Ta sytuacja pokazuje, że realne wydarzenia w dużym stopniu nie mają znaczenia, ponieważ, jak już wspominaliśmy, w Fukushima w wyniku awarii w EJ nie zginęła ani jedna osoba, natomiast bardzo wiele osób zginęło w wyniku uderzenia fali tsunami, a całe wydarzenie było relacjonowane przez media w taki sposób, że można było odnieść wrażenie, że te osoby zginęły w wyniku awarii w EJ tzn. jest to w pewnym stopniu dyskutowanie „efektu Czarnobyla”, który był dla mediów zjawiskiem bardzo atrakcyjnym. Inaczej mówiąc media chcąc jak najbardziej przyciągnąć uwagę potencjalnych odbiorców kreują komunikat w taki sposób, aby brzmiał on jak najbardziej sensacyjnie, a nie w pełni w zgodzie z prawdą.

Jak wynika z powyższych wyników badań opinia publiczna w Polsce nie ma ustalonego poglądu na kwestie związane z budową elektrowni atomowej i w zależności od treści, jakie będą przekazywane w mediach opinia publiczna może znacząco zmienić swoje zdanie?

⁵⁸ www.atomistyka.pl - „Zmiany postaw społecznych wobec energetyki jądrowej” – Instytut Badawczy Demoskop, badanie zrealizowane na zlecenie Państwowej Agencji Atomistyki

⁵⁹ Tamże

⁶⁰ Tamże

⁶¹ Badanie przeprowadzone przez Instytut Badawczy CBOS VI 2006, w „Energetyka Jądrowa w Polsce – za czy przeciw”, kwiecień 2011 r.

⁶² Tamże

⁶³ Tamże

Jest to o tyle istotne, że w 2005 roku, rząd polski przyjął dokument pt. „Polityka energetyczna Polski do 2025”, w którym wskazano na konieczność uzyskiwania energii elektrycznej z elektrowni jądrowej. Autorzy opracowania stwierdzili, że należy ponownie rozważyć możliwość budowy elektrowni atomowych w kraju oraz że z punktu widzenia polskiej elektroenergetyki wskazane byłoby oddanie do użytku pierwszego bloku jądrowego już w roku 2021, a kolejnego w 2025 r. Obecny rząd (rok 2012) planuje uruchomienie do 2020 roku pierwszej elektrowni jądrowej, a do roku 2030 mają powstać elektrownie o łącznej mocy, co najmniej 6000 MWe. Biorąc pod uwagę długi czas realizacji takiej inwestycji należało szybko rozpocząć społeczną debatę na ten temat w celu uzyskania akceptacji społecznej. Załącznikiem do PEP 2025 jest „Prognoza zapotrzebowania na paliwa i energię do 2030 roku”, która powstała później niż dokument główny, stąd zawiera już bardziej sprecyzowane stwierdzenia. Jednym z ważniejszych zapisów dla energetyki jądrowej było potwierdzenie opcji zastosowania energii jądrowej w Polsce, ze względu na zerową emisję gazów cieplarnianych, niską wrażliwość na wzrost cen paliwa oraz racjonalne koszty wytwarzania energii.

Jednak najważniejszym dokumentem określającym zasady wdrożenia energetyki jądrowej w Polsce jest Program Polskiej Energetyki Jądrowej, który zawiera m.in. cele programu, harmonogram działań, długoterminową politykę energetyczną, analizę kosztów i sposób zapewnienia podaży wyspecjalizowanych kadr. W dokumencie tym poruszana jest po raz pierwszy kwestia bezpieczeństwa jądrowego w Polsce, w PEP2025 i późniejszej aktualizacji nie nawiązywano do tego tematu.

Podjęto wstępne prace w celu wskazania potencjalnych miejsc budowy siłowni, głównie na podstawie starych opracowań, wytypowano lokalizacje przyszłych elektrowni i określono ich przydatność w dzisiejszej sytuacji. Początkowo wskazano 28 lokalizacji, z czego wytypowano cztery. Najwięcej punktów zdobyła lokalizacja w Żarnowcu (woj. pomorskie), następnie Kopań (woj. zachodniopomorskie), Warta – Klempicz (woj. wielkopolskie) oraz Nowe Miasto (woj. mazowieckie)⁶⁴. Warto tu nadmienić, że miejscowość Gąski, która ostatnio pojawiała się w mediach, jako miejscowość, której mieszkańcy zdecydowanie tzn. ok. 60%⁶⁵ mieszkańców sprzeciwiają się budowie elektrowni jądrowej w ogóle nie była brana pod uwagę w ekspertyzie⁶⁶, na podstawie, której wskazano potencjalne lokalizacje przyszłej elektrowni. Szerzej na temat procesu wyboru lokalizacji budowy elektrowni jądrowej piszemy w Rozdziale 2 „Aktualny stan przygotowań do budowy EJ”.

W marcu 2012 Ministerstwo Gospodarki uruchomiło kampanię informacyjno – edukacyjną pt. „Poznaj atom. Porozmawiajmy o Polsce z energią”. W ramach tej kampanii instytut badawczy,

⁶⁴ „Ekspertyza na temat kryteriów lokalizacji elektrowni jądrowych oraz wstępna ocena uzgodnionych lokalizacji” wykonawca Energoprojekt Warszawa SA na zlecenie Ministerstwa Gospodarki

⁶⁵ Badanie przeprowadzone na zlecenie Pomorskiej Specjalnej Strefy Ekonomicznej przez Instytut Badawczy PBS DGA Sp. z o.o w powiecie koszalińskim w dniach 17-20 grudnia 2011.

⁶⁶ „Ekspertyza na temat kryteriów lokalizacji elektrowni jądrowych oraz wstępna ocena uzgodnionych lokalizacji” wykonawca Energoprojekt Warszawa SA na zlecenie Ministerstwa Gospodarki

Millward Brown SMG/KRC przeprowadził badania opinii publicznej w celu poznania wiedzy i postaw społeczeństwa polskiego wobec planowanej inwestycji oraz energii jądrowej – ogólnopolskie badanie ilościowe na ogólnopolskiej próbie 2500 osób, przeprowadzone telefonicznie metoda CATI. Jak pokazują wyniki badania 51% Polaków jest za budową elektrowni jądrowej w Polsce, a 46% jest przeciwnych takiej inwestycji? Na przykładzie tego pytania widać jak istotny jest wpływ mediów na opinię publiczną tzn. porównując badanie przeprowadzone przez CBOS z kwietnia 2011 roku wykonane bezpośrednio po awarii widać, że tylko 40% respondentów opowiedziałoby się za budową EJ w Polsce, a po upływie niemalże roku i wyciszeniu sprawy awarii w mediach liczba zwolenników budowy EJ w Polsce wzrosła o 11%.

Interesujące są odpowiedzi na poniższe następujące trzy pytania. Przeszło 90% respondentów uważa, że rządowa kampania informacyjna jest potrzebna, jako źródło pozyskania informacji odnośnie energetyki jądrowej, co ciekawe w innym pytaniu odpowiadają, że „nic mnie nie przekona do zgody na budowę elektrowni jądrowej w Polsce” – 46% odpowiedzi, a jednocześnie ¾ badanych określa swoją wiedzę na temat energii z atomu, jako dostateczną.

W badaniu SMG/KRC za najważniejszą kwestię, towarzyszącą energetyce jądrowej ankietowani uznali odpady (88 proc. Respondentów), jest to o tyle ciekawe, że w innych badaniach najczęściej wskazywane jest niebezpieczeństwo wystąpienia awarii w elektrowni w szczególności podobnej do tej, która wystąpiła w Czarnobylu⁶⁷.

Jeżeli chodzi o argumenty zwolenników i przeciwników budowy elektrowni to prezentują się one następująco. Dla ponad połowy zwolenników najważniejsze są kwestie ekonomiczne, ponieważ uważają, że elektrownia jądrowa jest pewnym, nowoczesnym źródłem taniej energii, zwiększającym naszą niezależność. Dla 28 proc. z tej grupy ważniejsze jest jednak, że jest to źródło ekologiczne, czyste. Z kolei wśród przeciwników największe obawy związane są z bezpieczeństwem, możliwością awarii, potencjalnym zagrożeniem dla ludzi i środowiska, negatywnym wpływem promieniowania.

Ciekawa jest również odmienna interpretacja przez zwolenników i przeciwników EJ tych samych argumentów określających siłownię. Zarówno zwolennicy jak i przeciwnicy są zgodni, że elektrownie jądrowe są wyjątkowo mało uciążliwe i dla zwolenników jest to argument za, podczas gdy przeciwnicy wskazują, że osiągnięcie tej małej uciążliwości dzieje się kosztem niemożliwego do zaakceptowania ryzyka. Analogiczna sytuacja występuje z argumentem o wysokich kosztach - przeciwnicy mówią, że w związku z tym należy się skupić na innych rozwiązaniach, bardziej według nich uzasadnionych ekonomicznie, a zwolennicy twierdzą, że alternatywne wyjścia są jeszcze droższe i w dodatku niepewne.

Jedno z pytań w badaniu Millward Brown SMG/KRC dotyczyło umiejscowienia elektrowni w najbliższej okolicy respondentów tzw. efekt „Nie na moim podwórku” (NIMBY- Not in My Back

⁶⁷ M Wielomska „Bezpieczeństwo jądrowe w Polsce. Analiza rozwiązań systemowych”, Praca magisterska – Uniwersytet Warszawski, maj 2012

Yard), czyli narastanie sprzeciwu, jeżeli sprawa dotyczy najbliższego otoczenia. Efekt ten jest charakterystyczny dla wszelkiego rodzaju działań w najbliższej okolicy, z podobnym wzrostem sprzeciwu mamy przecież do czynienia w przypadku planów budowy jakichkolwiek zakładów przemysłowych, wysypisk śmieci czy nowych dróg. Każda większa inwestycja generuje mniejsze lub większe sprzeciwy sąsiadów. Wyniki pokazują ciekawe zróżnicowanie tzn. w przypadku mieszkańców całej Polski odsetek przeciwników wynosi ok. 63 proc., natomiast w przypadku mieszkańców Żarnowca i najbliższych okolic występuje efekt dokładnie odwrotny tzn. im bliżej potencjalnej lokalizacji tym odsetek zwolenników budowy EJ rośnie, mieszkańcy widzą korzyści ekonomiczne wynikające z budowy EJ w ich najbliższej okolicy⁶⁸. Natomiast efekt NIMBY występuje w miejscowości Gąski ok. 60% mieszkańców miejscowości sprzeciwia się budowie EJ w najbliższej okolicy⁶⁹, ale jak wspominaliśmy wcześniej lokalizacja ta nie była brana od początku pod uwagę i pojawiła się dość niespodziewanie. Można przypuszczać, że mieszkańcy Gąsek poczuli się zaskoczeni propozycją lokalizacji EJ w ich okolicy, a prowadzone konsultacje i działania informacyjno – edukacyjne miały ograniczony zakres. W efekcie sprzeciw mieszkańców wobec planów budowy siłowni jest dość jednoznaczny.

Nieco wcześniej niż Ministerstwo Gospodarki do badania opinii publicznej w kwestii EJ przystąpiła Pomorska Specjalna Strefa Ekonomiczna, czyli firma, do której należy teren nieukończonej EJ Żarnowiec. Na zlecenie Pomorskiej Specjalnej Strefy Ekonomicznej badania realizowała firma PBS DGA Sp. z o.o. i były one prowadzone w dwóch etapach w latach 2010 i 2011 oraz w czterech modułach, trzy z nich dotyczyły społeczności lokalnej i regionalnej, a jeden ludności całej Polski. Badanie to jest o tyle istotne, bowiem, dotychczas nie prowadzono badań, które analizowałyby opinie i postawy mieszkańców poszczególnych województw dotyczące energetyki jądrowej. W trakcie badań przeanalizowano opinie mieszkańców czterech województw, w których znajdowały się cztery pierwsze lokalizacje z listy rankingowej przygotowanej na zlecenie Ministerstwa Gospodarki i były to: Żarnowiec - województwo pomorskie, Kopań - województwo zachodniopomorskie, Warta – Klempicz województwo wielkopolskie i Nowe Miasto - województwo mazowieckie. Badania przeprowadzono także w powiatach puckim i wejherowskim ze względu na bezpośrednie sąsiedztwo najbardziej prawdopodobnej lokalizacji elektrowni jądrowej.

Dwuetapowa realizacja badań pozwoliła na obserwację zmian opinii na przestrzeni dwóch lat (pierwsze badanie było prowadzone na początku 2010 przed ogłoszeniem przez Ministerstwo Gospodarki listy rankingowej lokalizacji EJ, a więc przed rozpoczęciem debaty nt. energetyki jądrowej w Polsce, drugi etap zrealizowano w połowie 2011 roku, i co ciekawe po wydarzeniach w Fukushima).

Badanie pokazało także, że efekt „po Fukushima” był zauważalny, jednak nie przyniósł znaczących zmian w poparciu dla budowy EJ Polsce.

⁶⁸ Tamże

⁶⁹ Badanie przeprowadzone na zlecenie Pomorskiej Specjalnej Strefy Ekonomicznej przez Instytut Badawczy PBS DGA Sp. z o.o w powiecie koszalińskim w dniach 17-20 grudnia 2011.

Najciekawszym, a zarazem głównym wnioskiem płynącym z przeprowadzonych badań jest zakwestionowanie hipotezy „NIMBY”, czyli założenia, że im bliżej respondent mieszka od planowanej lokalizacji inwestycji tym większy jego opór w odniesieniu do realizacji tej inwestycji inaczej mówiąc według hipotezy NIMBY sprzeciw respondenta jest odwrotnie proporcjonalny do odległości dzielącej miejsce zamieszkania respondenta od planowanej inwestycji. Poparcie dla budowy EJ w powiecie wejherowskim wynosi 70% w puckim 57%, a w całym województwie pomorskim, 59% przy czym w całej Polsce wynosi 35%⁷⁰. Generalnie można powiedzieć, że hipoteza NIMBY sprawdza się w przypadku mieszkańców całej Polski, którzy na pytanie o potencjalną lokalizację EJ tzn. czy elektrownia powinna powstać w ich województwie czy poza nim w większości odpowiadają, że poza nim. Jednak w przypadku mieszkańców okolic Żarnowca ta reguła nie obowiązuje i z wyników badania wynika, że im bliżej potencjalnej lokalizacji tym poparcie dla budowy rośnie. Występuje tu także lokalne zróżnicowanie tzn. mieszkańcy powiatu wejherowskiego zdecydowanie bardziej popierają budowę EJ widząc w tym szansę na rozwój regionu i poprawę własnej sytuacji materialnej, natomiast mieszkańcy powiatu puckiego są bardziej sceptyczni wobec projektu budowy EJ i wskazują, że ewentualna lokalizacja takiej inwestycji negatywnie wpłynie na środowisko naturalne i turystykę, a w konsekwencji na pogorszenie ich sytuacji materialnej.

Odnosnie uwarunkowań lokalizacji elektrowni dla mieszkańców województwa pomorskiego i najbliższych powiatów w kolejności przypisywanej wagi bardzo ważny jest wpływ inwestycji na środowisko oraz odpowiednie zagospodarowanie odpadów, mieszkańcy podkreślali także, że chcą mieć pewność, że inwestycja jest bezpieczna oraz chcą mieć możliwość pozyskiwania informacji o inwestycji i energetyce jądrowej.

Widać także, że jest możliwa duża płynność postaw społecznych, ponieważ dla około połowy respondentów jest obojętne gdzie powstanie EJ, co pozwala wnioskować, że w przyszłości w zależności od prowadzonych działań informacyjnych i edukacyjnych poglądy tej grupy mogą ulec zmianie. Jak wskazują autorzy badania w przyszłości należy zróżnicować strategię komunikacyjną skierowaną do ogółu społeczeństwa od tej kierowanej do mieszkańców województw.

W przypadku korzyści związanych z budową EJ ok. 80% mieszkańców powiatów puckiego i wejherowskiego oczekuje zagwarantowania przez władze lub inwestora dodatkowych korzyści wynikających z budowy elektrowni w ich okolicy. Najczęściej są wymieniane niższe opłaty za energię elektryczną, zapewnienie dobrej opieki medycznej, możliwości znalezienia zatrudnienia w EJ oraz instytucjach z nią powiązanych. Tylko jedna trzecia respondentów wskazywała, że wraz z inwestycją należałoby zwiększyć nakłady na rozwój infrastruktury w powiecie (drogi, sieć komunikacyjna, obiekty użyteczności publicznej). Można, więc stwierdzić, że dla mieszkańców

⁷⁰ Badanie przeprowadzone na zlecenie Pomorskiej Specjalnej Strefy Ekonomicznej przez Instytut Badawczy PBS DGA Sp. z o.o 2-7.02.2010; 19.02.-10.03.2010; 05-07.03.2010; 26.05-02.06.2011;

najważniejsze są korzyści indywidualne i nie widzą związku, pomiędzy jakością dobra wspólnego, a jakością dobra indywidualnego.

Jeżeli chodzi o ewentualne straty mieszkańcy badanych powiatów i województwa wskazywali na możliwość awarii ok. 25% respondentów oraz na możliwym negatywnym wpływie na środowisko ok. 15%. Ciekawe jest, że w przypadku pytania o ewentualne straty respondenci rzadko, bo na poziomie ok. 3%, wskazywali na kwestię związaną ze składowaniem odpadów. Natomiast pytani wprost o kwestię odpadów tzn. czy zaakceptowaliby zlokalizowanie składowiska odpadów w pobliżu miejsca zamieszkania 80% respondentów odpowiedziało przecząco⁷¹.

Bardzo istotną kwestią wskazywaną we wszystkich etapach badania była sprawa konsultacji społecznych i sposobu komunikowania się ze społecznością lokalną. Z uzyskanych odpowiedzi wynika, że mieszkańcy okolicznych terenów muszą mieć wpływ na decyzje związane z budową i funkcjonowaniem elektrowni. Potrzebne jest także i wskazuje na to 90% respondentów, prowadzenie konsultacji społecznych przed podejmowaniem decyzji odnośnie lokalizacji oraz innych kwestii dotyczących budowy i funkcjonowania elektrowni w regionie, chodzi tu o konkretne kwestie związane z realizacją takiej inwestycji, a nie edukacją dotyczącą energetyki jądrowej w ogóle. Około 50% respondentów wyraziła chęć uczestniczenia w bezpośrednich spotkaniach, a 90% opowiedziało się za powołaniem regionalnego Centrum Informacji o Energii Jądrowej, którego działalność byłaby skierowana do mieszkańców i turystów. Respondenci oczekują utworzenia struktur, które umożliwią wymianę informacji i poglądów pomiędzy różnymi grupami zaangażowanymi w procesy decyzyjne dotyczące EJ, np. 70% respondentów chce utworzenia komitetów obywatelskich nadzorujących bezpieczeństwo składowania odpadów radioaktywnych oraz funkcjonowanie EJ⁷².

Podsumowując wydaje się, że mieszkańcy oczekują dialogu, debaty i autentycznej partycypacji społecznej oraz zaangażowania obywateli przy podejmowaniu decyzji na wszystkich etapach budowy i funkcjonowania EJ. Trzeba podkreślić, że z badania wynika, że nie chodzi tu tylko o informowanie społeczeństwa, ale o faktyczne uczestnictwo i upodmiotowienie społeczności lokalnej w tych procesach. W drugiej połowie lipca 2012 minister gospodarki RP podpisał rozporządzenie w sprawie zasad tworzenia i funkcjonowania Lokalnych Komitetów Informacyjnych oraz współpracy w zakresie obiektów energetyki jądrowej. Komitety będą powoływane przez mieszkańców, a ich zadaniem będzie reprezentowanie lokalnej społeczności wobec inwestora oraz operatora elektrowni jądrowej. Przewodniczący takiego komitetu będzie mógł organizować cykliczne spotkania z kierownictwem tych jednostek, przedstawiać opinie obywateli, wnioskować o uzyskanie informacji i wyjaśnień np. na temat wpływu obiektu na zdrowie ludzi i środowisko, a inwestor lub operator będą zobowiązani do udzielenia takich informacji w ciągu 14 dni.

⁷¹ Badanie przeprowadzone na zlecenie Pomorskiej Specjalnej Strefy Ekonomicznej przez Instytut Badawczy PBS DGA Sp. z o.o 2-7.02.2010; 19.02.-10.03.2010; 05-07.03.2010; 26.05-02.06.2011;

⁷² Tamże

Jednak biorąc pod uwagę wyniki raportu opublikowanego ostatnio przez Instytut Spraw Publicznych można mieć wątpliwości czy mieszkańcy rzeczywiście wezmą udział w konsultacjach społecznych. Z raportu, bowiem wynika, że tylko 10% mieszkańców bierze udział w takich działaniach, a ¼ mieszkańców szukała informacji odnośnie decyzji podejmowanych przez władze⁷³.

W ostatnim czasie można zaobserwować bardzo silną rywalizację pomiędzy zwolennikami a przeciwnikami energetyki jądrowej np. przedstawiciele energii z OZE twierdzą, że wyliczenia dotyczące kosztów 1 MW z EJ są nieprawdziwe tzn. zdecydowanie zaniżone, podobnych argumentów w stosunku do energii uzyskiwanej z OZE używają zwolennicy budowy EJ.

4. Optymalne rozwiązania problemu EJ w wybranych krajach europejskich.

4.1. Nasz przyjaciel atom.

Po drugiej wojnie światowej w USA oraz Europie Zachodniej zapanowała swoista moda na atom. Władze starały się pokazywać tylko pozytywne strony energii jądrowej. Stworzono nawet slogan „nasz przyjaciel atom” (our friend the atom). Energia nuklearna królowała wszędzie przewidywano, że stanie się źródłem zasilania statków, samolotów i samochodów a nawet sprzętu AGD np. jądrowe zmywarki, atomowe zegarki naręczne, czy ekspresy do kawy.

Atom na szeroką skalę wszedł do amerykańskiej popkultury i tak w „atomowych” restauracjach i barach zamawiano „atomowe” drinki, tańczono przy piosenkach o bombach atomowych, kupowano „atomowe” gadgety, a filmy i przedstawienia oglądano w „atomowych” kinach i teatrach. Moda ta nie ominęła nawet nazw miejscowości, ulic i firm (w 1947 r. w książce telefonicznej samego tylko Manhattanu odnotowano 45 firm, które używały słowa „atomowy”) czy imion dzieci, którym nadawano „atomowe” imiona, np. Atomic Buster, Cosmic Bomb, Sir Atom i in. W Polsce imię nawiązujące do tego stylu nosiła jedna z postaci bardzo popularnego od lat 60-tych komiksu „Tytus, Romek i A'tomek”. W tym kontekście wydaje się, że nadawanie przez polskich rodziców swoim dzieciom imion bohaterów z seriali brazylijskich nie było czymś niezwykłym. Drużyny sportowe na amerykańskich wyższych uczelniach określały się, jako „atomowe” (The Atoms). Z kolei w Las Vegas, czyli „Światowej Stolicy Rozrywki”, które graniczy z poligonem wojskowym w Nevadzie, gdzie dokonywano próbných wybuchów jądrowych, organizowano liczne imprezy związane z energią atomową, w szczególności wybory miss wśród tancerek rewiowych „The Last Miss Atomic Bomb”). We wzornictwie przemysłowym, mówimy tu o Europie Zachodniej i USA, wykreowano „atomowy styl” charakteryzujący się stylistyką nawiązującą do budowy atomu czy rozchodzących się promieni (zegarki, lampy, zastawa kuchenna, żyletki do golenia „Ery atomowej”).

⁷³ Raport Instytutu Spraw Publicznych „Dyktat czy uczestnictwo? Diagnoza partycypacji publicznej w Polsce 2012.
<http://www.portalsamorzadowy.pl/komunikacja-spoleczna/malo-interesuja-sie-decyzjami-wlodarzy,40306.html>;
<http://www.portalsamorzadowy.pl/komunikacja-spoleczna/konsultacje-nas-nie-interesuja,40138.html>

Energia jądrowa odcisnęła także swoje piętno w różnych gałęziach sztuki literaturze, filmie, muzyce, rzeźbie tamtego okresu (wykonywane również z uranu)⁷⁴.

W Europie Zachodniej był to czas, w którym przygotowywano się do utworzenia wspólnot gospodarczych mających za zadanie w przyszłości zabezpieczyć kontynent europejski przed kolejnymi konfliktami. W roku 1955 na konferencji w Mesynie podjęto decyzję o powołaniu przez Belgię, Francję, Holandię, RFN i Włochy Europejskiej Wspólnoty Energii Atomowej, jako jednej z trzech Wspólnot Europejskich pozostałe to Europejska Wspólnota Gospodarcza i Europejska Wspólnota Węgla i Stali. Głównym celem EWEA było wspieranie szybkiego rozwoju przemysłu jądrowego w państwach członkowskich, poprzez rozwijanie badań naukowych w dziedzinie energetyki jądrowej, ustalanie jednolitych norm bezpieczeństwa, ułatwianie inwestycji, nadzór nad zaopatrzeniem w paliwa jądrowe, kontrolę ich użytkowania, zapewnianie dostępu do najlepszych środków technicznych i rynków zbytu, czemu miało służyć stworzenie wspólnego rynku wyspecjalizowanych materiałów i urządzeń oraz swoboda zatrudniania specjalistów i przepływu kapitałów w zakresie inwestycji jądrowych. Ze względu na błędne prognozy odnośnie roli energetyki jądrowej, jako źródła energii oraz w wyniku prowadzenia w tym zakresie samodzielnej polityki przez państwa członkowskie nie powstał wspólny rynek energii jądrowej, a działalność organizacji skoncentrowała się na prowadzeniu własnych badań naukowych, koordynacji badań w państwach członkowskich, szkoleniu ekspertów i określaniu norm bezpieczeństwa⁷⁵.

4.2. Sukcesy i bariery w rozwoju elektrowni jądrowych

Jedna z pierwszych elektrowni jądrowych na świecie powstała w 1954 roku w Obnińsku w Związku Radzieckim, ciekawe jest, że pracowała do kwietnia 2002 roku. Problem pierwszeństwa jest dyskusyjny ze względu na różnice w definiowaniu samego pojęcia EJ. Autorzy książki „Energetyka a społeczeństwo”, podają, że pierwszy reaktor do wytwarzania energii elektrycznej uruchomiono w 1957 roku w USA⁷⁶.

Pierwsze elektrownie jądrowe na Zachodzie zaczęły powstawać w latach 60-tych np. w Niemczech i w Szwecji (szwedzki reaktor był zlokalizowany w jaskini na przedmieściach Sztokholmu). W kolejnych latach siłownie jądrowe powstawały zarówno w Europie zachodniej jak i wschodniej. Lata 70-te i 80-te to okres protestów przeciwko elektrowniom atomowym prawdopodobnie ze względu na panującą wówczas atmosferę kontestacji i awarie w elektrowni Three Mile Island (USA) a później w Czarnobylu w efekcie w kilku krajach ustanowiono moratorium na budowę nowych elektrowni albo zdecydowano o zakończeniu działania istniejących m.in. Niemcy, Szwecja, Włochy, Wielka Brytania.

Jednak kryzys na rynku ropy naftowej oraz polityka klimatyczna spowodowały ponowne zainteresowanie energią jądrową. Obserwując rozwój energetyki w poszczególnych krajach

⁷⁴ <http://www.energetyka.e-bmp.pl/poczatki-energetyki-jadrowej-8222atomy-dla-pokoju8221,3464,art.html>

⁷⁵ <http://biznes.pwn.pl/haslo/3899176/europejska-wspolnota-energii-atomowej.html>

⁷⁶ „Energetyka a społeczeństwo”, Z. Łucki, W. Misiak, PWN 2012

można zaobserwować cztery modele działania w odniesieniu do energii nuklearnej. Jeden to państwa niewykorzystujące energetyki jądrowej i nieplanujące jej wykorzystania – Austria, Dania, Włochy, drugi to państwa konsekwentnie inwestujące w rozwój tej technologii np. Czechy, Finlandia, Francja, trzecia grupa to kraje, które wykorzystują energię jądrową, ale nie planują nowych inwestycji – Belgia, Hiszpania i czwarta to Państwa, które planują likwidację energetyki jądrowej – Niemcy. Warto dodać, że państwa nieposiadające EJ i nieplanujące jej budowy kupują energię elektryczną produkowaną w elektrowniach jądrowych u swoich sąsiadów np. Austria, (która bardzo mocno protestowała przeciwko rozbudowie elektrowni w Temelinie, sugerując nawet, żeby warunkiem przyjęcia Czech do Unii Europejskiej była rezygnacja z rozbudowy EJ Temelin) z Czech, Słowacji, Niemiec i Szwajcarii, Dania ze Szwecji i Niemiec, a Włochy (firmy włoskie mają znaczące udziały we francuskich elektrowniach atomowych) z Francji⁷⁷.

Wszystkie kraje wykorzystujące energię jądrową stworzyły stosowne ramy prawne i procedury kontrolne dla całego procesu związanego z planowaniem, budową, eksploatacją i zamknięciem elektrowni jądrowej. Przeważnie są to akty prawne na poziomie ustawy np. o energii atomowej, prawo budowlane, ustawa o ochronie środowiska (raport oddziaływania na środowisko), przepisy określające zasady postępowania z odpadami promieniotwórczymi. Często powoływane są specjalne programy rozwoju energetyki jądrowej zwykle taki program powołuje rząd albo znacznie rzadziej parlament. Nad całościową realizacją procesu budowy siłowni czuwają specjalnie powołane do tego celu instytucje, wydają stosowne pozwolenia i nadzorują zarówno poszczególne etapy budowy jak i dalsze funkcjonowanie elektrowni. Szwajcaria i Belgia wpisały przepisy dotyczące energetyki atomowej do konstytucji. Austria z kolei wprowadziła do konstytucji zapisy odnośnie zakazu rozwoju energetyki atomowej, (co jak pisaliśmy wyżej, nie przeszkadza jej kupować energii z elektrowni jądrowych).

Początkowo o wyborze lokalizacji siłowni decydowały w głównej mierze czynniki technologiczne, a opinia lokalnej społeczności wówczas traktowana była marginalnie. Dzisiaj bez zgody lokalnej społeczności EJ nie powstanie. W większości krajów nie zostały uchwalone przepisy zakazujące lokalizacji siłowni w rejonach atrakcyjnych turystycznie czy przyrodniczo. Z analizy odpowiedzi na pytania ankiety (przypis – badanie senatu) wynika, że funkcjonowanie EJ w rejonie atrakcyjnym turystycznie nie wpływa negatywnie na zainteresowanie turystów tym rejonem, a zdarza się, że zwiększa liczbę turystów przykładem jest miejscowość Huy w Belgii gdzie przedsiębiorstwo, które jest właścicielem EJ organizuje wycieczki do elektrowni i turyści odwiedzają przy okazji samo miasto. W Temelinie w Czechach czy we Flamanville we Francji nie zanotowano spadku liczby turystów w regionach gdzie zbudowano elektrownie. Podobnie w Szwecji w trzech gminach gdzie działają EJ nie stwierdzono negatywnych skutków. Warto dodać, że z uzyskanych odpowiedzi wynika, że sąsiedztwo elektrowni pod wieloma względami pozytywnie wpływa na rozwój okolicznych miejscowości.

⁷⁷ <http://www.atom.edu.pl/index.php/component/content/article/59-ej-w-unii-europejskiej/74-energetyka-jadrowa-w-unii-europejskiej.html>

W Belgii w miejscowości Huy można zaobserwować zarówno bezpośrednie jak i pośrednie pozytywne skutki tego sąsiedztwa. W przypadku skutków bezpośrednich znacząco wzrosła liczba mieszkańców miasta z 12 700 w 1975 do 20 000 w 2009 roku, wzrosły wpływy z podatków w związku ze wzrostem płac pracowników EJ oraz rozwoju budownictwa, ponadto elektrownia płaci rocznie ok. 30 mln euro podatków, z czego połowa trafia do kasy miasta. Elektrownia jest także znaczącym i stabilnym pracodawcą – bezpośrednio zatrudnia 950 osób oraz 500 podwykonawców. Wpływa także na rozwój handlu kupując dobra i usługi za kwotę 100 mln euro rocznie. Do skutków pośrednich należy zaliczyć rozwój regionu, który w wyniku zlokalizowania tam EJ stał się atrakcyjnym miejscem dla rozwijającego się przemysłu ze względu na gwarancję stałego zaopatrzenia w energię elektryczną po atrakcyjnych cenach. Z kolei ze względu na restrykcyjne wymagania związane z pracą w elektrowni rozwinęła się lokalna służba zdrowia, która obsługuje przedsiębiorstwo w tym zakresie. Rozwinęła się infrastruktura drogowa i edukacyjna - 35 szkół, a dodatkowo przedsiębiorstwo energetyczne finansuje działania sportowe, socjalne i kulturalne.

W Czechach w 2008 roku Agencja Badania Opinii Publicznej STEM przeprowadziła badanie opinii publicznej w rejonie miejscowości Temelin gdzie zlokalizowana jest EJ, z którego wynikało, że prawie 2/3 respondentów akceptuje rozbudowę elektrowni o dwa kolejne bloki i uważa, że wykorzystywanie w Czechach elektrowni jądrowych jest słuszne, a elektrownia tzn. przedsiębiorstwo ją prowadzące to dobry partner w realizacji projektów regionalnych. W badaniach z 2001 roku dotyczących korzystania i rozwoju energetyki nuklearnej w Czechach największe poparcie uzyskano w okolicach Temelina ok. 69%. Z kolei w przypadku drugiej czeskiej elektrowni jądrowej położonej w Dukovanach mieszkańcy położonej o 20 km od Dukovan miejscowości w 90% opowiadali się za dalszym funkcjonowaniem elektrowni. W przypadku ludności całych Czech większość jest za wykorzystywaniem energii jądrowej jednak pod warunkiem, że elektrownia nie powstanie w ich okolicy.

We Francji zwykle jest ustalana strefa obejmująca obszar w promieniu ok. 20 km od EJ, której mieszkańcy czerpią różne korzyści wynikające z takiego sąsiedztwa np. otrzymują część z podatków płaconych przez elektrownię, mają możliwość pracy w tym przedsiębiorstwie (zwykle elektrownia jądrowa zatrudnia od 400 do 800 dobrze opłacanych pracowników) albo w przedsiębiorstwach, które zajmują się obsługą siłowni.

W Szwecji podobnie jak w Belgii i we Francji dzięki lokalizacji EJ powstają nowe miejsca pracy w samej elektrowni i w firmach ją obsługujących, a także zatrudniana jest znaczna liczba pracowników sezonowych, co z kolei przynosi zyski w gastronomii i hotelarstwie. Obecność elektrowni przyciąga także inne firmy do regionu, co powoduje szybszy rozwój i wyższy standard życia w takiej okolicy⁷⁸.

⁷⁸ „Stosunek lokalnych społeczności krajów europejskich do lokalizacji w ich sąsiedztwie elektrowni atomowych”, Kancelaria Senatu Biuro Analiz i Dokumentacji Dział Analiz Tematycznych, Październik 2009

Badania przeprowadzone w Finlandii w 2010 roku pokazały, że 48% respondentów popiera budowę elektrowni jądrowej, a 17% jest przeciw. Finowie uważają, że nie ekologiczne są elektrownie węglowe, natomiast jądrowe uważane są za czyste. Tak znaczne poparcie dla energetyki nuklearnej prawdopodobnie wynika, z jednej strony z bardzo wysokiego stopnia zaufania, jakim cieszy się fiński urząd dozoru jądrowego „STUK”, a z drugiej z transparentnego procesu podejmowania decyzji dotyczącej lokalizacji elektrowni lub składowisk odpadów, w którym zgodę musi wyrazić rząd, parlament oraz zainteresowana gmina. Potwierdzeniem skuteczności działania tego modelu w Finlandii jest fakt, że gminy, które posiadają prawo weta, nigdy go nie wykorzystwały. Finlandia ma także specyficzny model finansowania energetyki jądrowej tzn. firmy energetyczne TVO i Fennovoima mają po kilkudziesięciu udziałowców z sektora przemysłowego oraz z samorządów, które w zamian za wkład w inwestycję otrzymują energię elektryczną po kosztach produkcji⁷⁹.

Biorąc powyższe pod uwagę, jest uzasadnione, że do czasu awarii w Fukushima obserwowano wzrost poparcia społecznego dla tego rodzaju energii, które jak wspominaliśmy jest kluczowym czynnikiem przy podejmowaniu decyzji o budowie elektrowni jądrowej. Ze względu na duży nacisk opinii publicznej po katastrofie w Fukushima wiele krajów zastopowało swoje projekty dotyczące energetyki jądrowej, a niektóre zadecydowały o zamknięciu działających siłowni, natomiast część krajów po analizie sytuacji kontynuuje swoje programy jądrowe.

Zacznijmy od krajów, które zastopowały swoje programy. Bardzo radykalną decyzję podjęli Niemcy, którzy postanowili zamknąć swoje wszystkie reaktory do 2018 r. Belgia ogłosiła moratorium na inwestycje w sektorze energii nuklearnej, podobnie Szwajcaria zrezygnowała z budowy nowych obiektów energetyki jądrowej, ale kontynuuje działalność funkcjonujących obiektów. We Włoszech przeprowadzono referendum, w którym 94% głosujących (przy 55% frekwencji) wypowiedziało się przeciwko energetyce jądrowej.

Na Litwie w referendum, które odbyło się wraz z wyborami parlamentarnymi 14 października 2012 roku, 62% głosujących wypowiedziało się przeciwko budowie elektrowni jądrowej. Pomimo, że głosowanie miało charakter konsultacyjny, można się spodziewać, że parlament litewski w terminie do 18 listopada 2012 roku, podejmie decyzję o rezygnacji z budowy siłowni, co zdają się potwierdzać ostatnie wypowiedzi lidera zwycięskiej partii. Jednak, jak wynika z wypowiedzi tego samego premiera, w przyszłości Litwa nie wyklucza inwestycji w energetykę jądrową⁸⁰.

W samej Japonii po awarii rząd zadeklarował przygotowanie nowej strategii energetycznej, ale prawdopodobnie podstawowym źródłem energii elektrycznej nadal pozostanie energetyka

⁷⁹ „Atom szansą na energetyczną niezależność Finlandii”, www.poznajatom.pl; „Reaktor EPR w Finlandii gotowy w 80 proc”. <http://www.wnp.pl/wiadomosci/182484.html>, CIRE, Polska Agencja Prasowa PAP.

⁸⁰ „Litwa rezygnuje z budowy elektrowni atomowej” http://energetyka.wnp.pl/litwa-rezygnuje-z-budowy-elektrowni-atomowej,183063_1_0_0.html, Litwa. W Sejmie propozycja zrezygnowania z budowy elektrowni atomowej, http://www.cire.pl/item,67067,1.html?utm_source=newsletter&utm_campaign=newsletter&utm_medium=link, CIRE, Polska Agencja Prasowa PAP.

jądrowa. Według ostatnich doniesień w związku z wyłączeniem elektrowni atomowych i koniecznością wykorzystywania innych źródeł energii japońska firma Kansai Electric Power zanotowała stratę w wysokości 117 mld jenów, czyli 1, 13 mld euro⁸¹.

Francuski rząd zdecydował o przeprowadzeniu kontroli wszystkich 58 reaktorów oraz o kontynuacji programu jądrowego poprzez przeznaczenie 1 mld euro na badania z nim związane a także aprobatę dla przedłużenia o 10 lat licencji dla najstarszego z reaktorów.

Czechy. Zgodnie z przedstawioną na początku listopada 2012 „Koncepcją rozwoju energetyki w latach 2012 – 2030” planowana jest stopniowa rezygnacja z energetyki węglowej i rozwój energetyki jądrowej. Docelowo 55% energii w Czechach ma pochodzić z elektrowni atomowych, w tej chwili jest to 30%. Obecnie prowadzone są postępowania przetargowe na budowę trzech reaktorów, dwóch w Temelinie i jednego w Dukovanach. Umowa dotycząca realizacji bloków w Temelinie ma zostać podpisana do końca 2013 roku. Według premiera Czech, to, co przemawia za kontynuacją programu rozwoju energetyki jądrowej w Czechach jest to, że energia jądrowa to energia czysta, bezpieczna i tania, a ogromne koszty budowy (12 mld euro) zwrócą się podwójnie⁸².

Na Węgrzech rząd zapowiedział, że w 2012 roku rozpoczną się postępowania przetargowe na rozbudowę elektrowni atomowej, w Paks, a ich wyniki mają być znane w pierwszej połowie 2013 r. Planowany termin zakończenia realizacji projektu to lata 2020-25, kiedy to zostałyby uruchomione dwa nowe bloki elektrowni, oba o mocy 1000 MW każdy. W przypadku Węgier warto jeszcze wspomnieć o polskim rozwiązaniu proponowanym dla EJ Żarnowiec i wykorzystanym przy budowie elektrowni w Paks, jest to tzw. wieża lokalizacji awarii. Osłaniająca reaktor żelbetonowa wieża ma postać dużego, pustego pudełka o wymiarach: wysokość 50 m, długość 100 m, szerokość 40 m, z półkami zawierającymi zimną wodę, która służy do natychmiastowego obniżenia temperatury, ciśnienia w rejonie reaktora i natychmiastowej kondensacji pary po wystąpieniu większej awarii. Rozwiązanie proponowane dla EJ Żarnowiec, zostało wdrożone już w istniejących blokach, np. w Czechach, na Słowacji, w Finlandii i Rosji. W związku z tym, w tak przygotowanej do awarii EJ Paks prawdopodobnie nie może dojść do uszkodzenia budynku oraz wypuszczania pary wodnej z okolic reaktora na zewnątrz i gdyby to rozwiązanie było zastosowane w Czarnobylu oraz Fukushima (te elektrownie były budowane wcześniej) nie doszłoby tam do uszkodzenia budynków przez silną falę ciśnieniową pary wodnej i inne byłoby dziś przekonanie społeczeństwa do energii jądrowej⁸³.

Finlandia, której podstawowym celem jest osiągnięcie niezależności energetycznej (aktualnie 16% energii elektrycznej importuje z Rosji), kontynuuje swój program jądrowy. Obecnie na

⁸¹ „Fatalne wyniki japońskiej energetyki”. <http://www.wnp.pl/wiadomosci/182343.html>, CIRE, Polska Agencja Prasowa PAP

⁸² W 2013 r. umowa CEZ na budowę bloków jądrowych w Temelinie, http://energetyka.wnp.pl/w-2013-r-umowa-cez-na-budowe-blokow-jadrowych-w-temelinie,183041_1_0_0.html; Czechy. Premier za rozbudowę siłowni jądrowych, <http://www.cire.pl/item,67781,1,0,0,1,0,0,czechy-premier-za-rozbudowa-silowni-jadrowych.html> CIRE, Polska Agencja Prasowa PAP.

⁸³ <http://poznajatom.pl/forum/viewtopic.php?f=4&t=393&sid=b85e0a43fc2861c8cd49f603ddf60b3c>

zlecenie firmy energetycznej TVO (właściwie jest konsorcjum kilku firm energetycznych i przemysłowych), francuska firma Areva we współpracy z niemieckim Siemensem buduje bardzo nowoczesny reaktor (EPR) w Olkiluoto, prace zaawansowane są już w 80%, a przewidywany termin uruchomienia reaktora to rok 2014. W niedalekiej przyszłości przedsiębiorstwo TVO planuje budowę kolejnego reaktora w Olkiluoto. W celu osiągnięcia niezależności energetycznej Finlandia realizuje równoległe dwa programy, jeden to program rozwoju energetyki jądrowej, a drugi to program rozwoju odnawialnych źródeł energii. Realizacja tych programów ma doprowadzić do pozyskiwania 60% energii elektrycznej z elektrowni jądrowych, a pozostałe 40% z OZE przede wszystkim z odpadów z przemysłu drzewnego)⁸⁴.

Z kolei Wielka Brytania postanowiła nie zmieniać swoich planów dotyczących energetyki jądrowej, a decyzje odnośnie eksploatacji istniejących jak i budowy nowych reaktorów będą podejmowane przez działające tam przedsiębiorstwa energetyczne. Po katastrofie rząd brytyjski zlecił przeprowadzenie analiz dotyczących katastrofy, a wnioski z przeprowadzonych badań miały się przekładać na bezpieczeństwo brytyjskich EJ. Wnioski te zostały zaprezentowane w parlamencie, przez co pośrednio uzyskały akceptację społeczeństwa. W sumie opracowano 26 zaleceń, a ich adresatem są przemysł, rząd oraz brytyjskie instytucje regulacyjne z sektora energii. Obserwując sytuację na rynku brytyjskim widać, że energetyka jądrowa stanowi będzie istotny element w tamtejszym „energy mix”, a rząd chce rozwijać program jądrowy i planuje budowę 4 – 6 bloków jądrowych. W celu zapewnienia odpowiednich warunków do rozwoju energetyki jądrowej w Wielkiej Brytanii, w najbliższym czasie zapowiedziano wprowadzenie szeregu istotnych reform na rynku energii elektrycznej oraz utworzenie nowej Rady Przemysłu Jądrowego. Chodzi tu zarówno o zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego jak i stabilnych warunków dla inwestorów realizujących program jądrowy. Troska o inwestorów wynika z korzyści, jaki rozwój programu nuklearnego ma przynieść dla gospodarki brytyjskiej np. tworzenie wysoko wykwalifikowanych miejsc pracy, stymulowanie inwestycji wśród dostawców dla elektrowni. Pierwszy blok jądrowy ma zostać zbudowany przez japoński (sic) koncern Hitachi pomiędzy rokiem 2020 a 2025. Hitachi, zadeklarowało, że 60% wartości budowy pierwszego bloku trafi do brytyjskich podmiotów, a przy budowie ma być zatrudnionych 12 tys. pracowników. Jednak, co należy podkreślić, dla brytyjskiego rządu najważniejszym celem jest zabezpieczenie interesu narodowego. Widać to dobrze w kontekście realizacji przez francuski EDF projektu budowy elektrowni jądrowej w Hinkley Point. Warunkiem, który postawili Brytyjczycy przy realizacji siłowni jest zagwarantowanie przez Francuzów niskich cen produkowanej tam energii. Francuzi uważają, że energia powinna być dotowana przez państwo, czemu przeciwni są Anglicy, którym nie podoba się obciążanie podatników i zagwarantowanie zysków EDF. W związku, z czym rząd brytyjski zapowiedział, że może zrezygnować z wartego 14 mld euro kontraktu. Ciekawe podejście do realizacji brytyjskiego programu atomowego zaprezentowali eksperci z PwC (raport na zlecenie francuskiej firmy Areva), chodzi o budowę wielu reaktorów przy wykorzystaniu jednej

⁸⁴ „Reaktor EPR w Finlandii gotowy w 80 proc”. <http://www.wnp.pl/wiadomosci/182484.html>, CIRE, Polska Agencja Prasowa PAP

technologii tzw. podejście flotowe do realizacji programu jądrowego. Według autorów raportu w przypadku budowy od czterech do ośmiu reaktorów w regularnych odstępach czasu do roku 2030, udział firm brytyjskich zwiększyłby się z 44% do 80%, głównie ze względu na skalę i gwarancję kolejnych zamówień. Dodatkowe zyski dla brytyjskiej gospodarki, w postaci zakupionych towarów i usług, zostały oszacowane na kwotę od 6,5 do 11 mld funtów a zarazem przewidywane jest utworzenie od 5100 do 9400 nowych miejsc pracy. W przypadku realizacji programu jądrowego wg innego scenariusza udział brytyjskich firm spadnie poniżej 50%. Dodatkową korzyścią płynącą z takiego sposobu realizacji będzie „know – how” zdobyte przez firmy brytyjskie, umożliwiające realizację tego typu zleceń także w innych krajach⁸⁵.

Warto się zastanowić, dlaczego Niemcy i Wielka Brytania reprezentowały tak odmienne podejście do kwestii dalszego rozwoju energetyki jądrowej.

Jedna z dostępnych analiz przeprowadzona przez Panią Bettine Wittneben z Niemiec, prezentuje ciekawe spojrzenie i wskazuje na pięć czynników, które zadecydowały o odmiennym podejściu do kwestii energetyki atomowej w obydwu tych krajach. Według autorki artykułu to:

1. zbliżające się wybory – w Niemczech 2 tygodnie po awarii odbywały się wybory lokalne, więc kandydaci musieli się ustosunkować do doniesień z „pierwszych stron gazet”. W Wielkiej Brytanii nie był to czas wyborów, więc nie było konieczności podejmowania takich decyzji przez polityków.
2. silny nacisk mediów – w Niemczech awaria był to temat, który przez długi czas nie schodził z czołówek mediów, a dodatkowo często zawierał bardzo drastyczne opisy wydarzeń, trudno wyjaśnić, dlaczego tak było, może w związku z brakiem innych tematów, które równie skutecznie przyciągnęłyby tak znaczną liczbę widzów/czytelników. W Wielkiej Brytanii opisy katastrofy w Fukushima szybko ustąpiły miejsca doniesieniom o walkach brytyjskich żołnierzy w Libii, a dodatkowo opisy awarii nie były aż tak drastyczne w związku, z czym katastrofa nie wywołała tak silnego oddźwięku społecznego.
3. rozwój odnawialnych źródeł energii – bardzo istotny czynnik ekonomiczny, ponieważ Niemcy są liderem, jeżeli chodzi o rozwój technologii OZE, która zapewnia liczne miejsca pracy i zapewnia rozwój gospodarczy kraju. Od roku 1990 w Niemczech zanotowano czterokrotny wzrost ilości energii produkowanej z OZE, stąd mniejsza zależność od energii nuklearnej niż w Wielkiej Brytanii. Rozwój OZE w Wielkiej Brytanii przebiega znacznie wolniej, a Brytyjczycy uważają, że OZE są kosztowną alternatywą tradycyjnych źródeł, w związku, z czym energia jądrowa wydaje się atrakcyjną alternatywą w kontekście obecnej polityki klimatycznej, która kładzie bardzo silny nacisk na redukcję, CO₂.

⁸⁵ http://www.cire.pl/item,68172,1.html?utm_source=newsletter&utm_campaign=newsletter&utm_medium=link,
http://energetyka.wnp.pl/hitachi-rozbujuje-brytyjska-energetyke-jadrowa,182469_1_0_0.html,
<http://www.cire.pl/item,67736,1,0,0,0,0,wielka-brytania-domaga-sie-taniej-energii-od-francuzow.html> CIRE, Polska Agencja Prasowa PAP,



4. wieloletnie tradycje protestów przeciwko broni jądrowej – w tym przypadku decydujące znaczenie mają uwarunkowania historyczne związane z II Wojną Światową. W Niemczech od czasów „zimnej wojny” działają bardzo silne ruchy sprzeciwiające się broni jądrowej, które po awarii w Fukushima zaczęły protestować także przeciwko elektrowniom jądrowym. Z kolei w Wielkiej Brytanii broń atomowa kojarzy się z zapewnieniem bezpieczeństwa kraju. Dodatkowo brytyjskie ruchy ekologiczne są zdecydowanie mniej aktywne od niemieckich.

5. poczucie bliskości kulturowej – podobnie jak w poprzednim punkcie przyczyn można upatrywać w II Wojnie Światowej, i pomimo dzielącej oba kraje znacznej odległości występują tu duże podobieństwa, zarówno Niemcy jak i Japonia musiały po wojnie odbudowywać swój przemysł, a jednocześnie są dumni z osiągniętego poziomu rozwoju. Niemcy wyszli z założenia, że skoro w takim kraju jak Japonia, w którym rozwój technologii znajduje się na bardzo wysokim poziomie, mógł się wydarzyć taki wypadek jak w Fukushima to, dlaczego nie mógłby się wydarzyć w Niemczech. W Wielkiej Brytanii nie odczuwano takich związków zarówno ze względu na zupełnie inne doświadczenia historyczne obydwu krajów jak i zupełnie inne prezentowanie przyczyn katastrofy w mediach, które głównie koncentrowały się na aspekcie katastrofy wynikającej z przyczyn naturalnych, czyli trzęsieniu ziemi a nie na awarii przemysłowej⁸⁶.

Europejskie państwa posiadające elektrownie jądrowe lub planujące ich budowę. Stan na dzień 22.05.2011 r. Źródła: World Nuclear Association, World Nuclear News, Nucnet, IAEA Power Reactor Information System (PRIS).

Państwo	Reaktory pracujące	Reaktory w budowie	Reaktory planowane
Belgia	7		
Bułgaria	2	2	2
Czechy	6		3
Estonia			(2) (wspólnie z Litwą na jej terytorium)
Finlandia	4	1	3
Francja	59	1	2
Hiszpania	8		
Holandia	1		1
Litwa			2
Łotwa			(2) (wspólnie z Litwą na jej terytorium)
Niemcy	15		
Polska			4
Rumunia	2	2	1
Słowacja	4	2	2
Słowenia	1 (z udziałem		1

⁸⁶ Rozwój energetyki jądrowej a bezpieczeństwo energetyczne”, Maciej Kaliski, Paweł Frączek, „Rynek Energii” – kwiecień 2012; Recent publications Wittneben, B. (2012) “The impact of the Fukushima nuclear accident on European energy policy.” 15:1-3, <http://www.smithschool.ox.ac.uk/who-we-are/visiting-fellows/dr-bettina-wittneben/>



	Chorwacji)		
Szwecja	10		4
Węgry	4		2
Wielka Brytania	19		8
Albania			(1) (wspólnie z Chorwacją, na jej terytorium)
Białoruś			4
Chorwacja			1
Rosja	32	9	27
Serbia			(2) (wspólnie z Bułgarią, na jej terytorium)
Szwajcaria	5		(3) (po Fukushima rząd zawiesił plany, jednak parlament opowiedział się za budową, oczekiwana jest ostateczna decyzja rządu i być może referendum krajowe)
Turcja			8
Ukraina	15		22
Ogółem	142 (UE), 52 (poza UE)	8 (UE), 10 (poza UE)	34 (UE), 63-66 (poza UE)

Uwaga: w niektórych przypadkach znana jest liczba planowanych nowych reaktorów, ale nie zatwierdzono jeszcze ostatecznej lokalizacji lub też nie sprecyzowano jeszcze liczby planowanych reaktorów (etap dyskusji nad wprowadzeniem EJ lub wczesna faza planowania)⁸⁷.

Na zakończenie tej części warto wspomnieć jeszcze o dwóch bardzo istotnych dla rozwoju energetyki jądrowej krajach tj. o Chinach i USA.

Pod koniec października 2012 rząd Chin przekazał informację, że wznowia wydawanie zezwoleń na budowę elektrowni atomowych i znosi moratorium wprowadzone po katastrofie w Fukushima. W nowym programie rozwoju chińskiej energetyki zapisano, że do końca 2015 roku 30% produkowanej w Chinach energii będzie pochodziło z OZE lub elektrowni jądrowych. Głównym celem nowej polityki energetycznej staje się uniezależnienie Chin od importowanej ropy i węgla⁸⁸.

W lutym 2012 po raz pierwszy od 30 lat rząd USA wyraził zgodę na budowę dwóch reaktorów jądrowych (w elektrowni Vogtle). Wartość inwestycji szacuje się na 14 mld dolarów, jednocześnie realizacja tego projektu ma się przyczynić do powstania 25 tysięcy nowych miejsc pracy. Planowany termin włączenia reaktorów do amerykańskiego systemu energetycznego to lata 2016 i 2017⁸⁹.

⁸⁷ <http://www.atom.edu.pl/index.php/component/content/article/59-ej-w-unii-europejskiej/74-energetyka-jadowa-w-unii-europejskiej.html>

⁸⁸ Chiny wznowią budowę elektrowni atomowych, http://energetyka.wnp.pl/chiny-wznawia-budowe-elektrowni-atomowych,182028_1_0_0.html, CIRE, Polska Agencja Prasowa PAP.

⁸⁹ <http://www.ekonomia24.pl/artykul/809842.html>

Jak widać, szczególnie na przykładzie Niemiec i Wielkiej Brytanii decyzje o kontynuowaniu bądź zaprzestania programu jądrowego w danym kraju mają związek zarówno z aktualną sytuacją polityczną w danym kraju jak i uwarunkowaniami historycznymi.

O przyszłości energetyki jądrowej zadecyduje stosunek do niej opinii publicznej. Postawy te w dużym stopniu będą kształtowane przez rzeczywisty rozmiar katastrofy w Fukushima oraz sposób, w jaki zostaną usunięte jej skutki, ponieważ te czynniki wpłyną na opinię publiczną i decydentów, których działania określą przyszłość w tym sektorze energii. Istotnie znaczenie będzie miał także rozwój OZE oraz rozwój nowych niskoemisyjnych technologii.

Wydaje się, że właściwie skonstruowane ramy prawne zapewniające transparentność i kontrolę procesu podejmowania decyzji oraz udział wszystkich zainteresowanych grup, a także odpowiednio prowadzone działania edukacyjno – informacyjne, konsultacje społeczne oraz duża wiarygodność instytucji nadzorującej budowę siłowni są w stanie zapewnić poparcie społeczne dla realizacji projektu budowy elektrowni jądrowej.

5. Podsumowanie i wnioski

Podsumowując dotychczasowe analizy dostępnych danych i rozważania, stwierdzić, że projekt budowy EJ w Polsce to ogromne przedsięwzięcie w skali dotychczas nierealizowanej w naszym kraju. W ramach dotychczas podjętych działań przygotowano dokument Program Polskiej Energetyki Jądrowej określający harmonogram i zasady funkcjonowania EJ na wszystkich etapach jej realizacji od planowania poprzez eksploatację aż do likwidacji siłowni. Ramy prawne zapewnia pakiet uchwalonych ustaw Prawo atomowe regulujących działania sektora energetyki jądrowej, w przygotowaniu znajdują się projekty kolejnych ustaw. Nadzór techniczny i ekonomiczny nad inwestycją sprawuje Państwowa Agencja Atomistyki. Trwa przygotowanie kadr niezbędnych do obsługi zarówno samej elektrowni jak i instytucji z nią współpracujących. Za komunikację projektu odpowiada Ministerstwo Gospodarki, prowadzone są konsultacje społeczne i kampanie edukacyjne w Polsce, podjęto także konsultacje trans graniczne z krajami sąsiadującymi.

Prowadzone badania opinii publicznej pokazują, że pomimo kojarzenia w Polsce energetyki jądrowej z awarią w Czarnobylu oraz ostatnich wydarzeń w Fukushima społeczeństwo polskie nie ma ustalonego poglądu w kwestii energetyki atomowej i swoją opinię zmienia w zależności od informacji przekazywanych przez media, stąd niezwykle istotna jest sprawa działań komunikacyjnych i edukacyjnych. Obecnie poparcie dla budowy elektrowni jądrowej wynosi w całej Polsce ok. 50%, a w rejonie potencjalnej lokalizacji, czyli w okolicach Żarnowca jest wyższe i osiąga nawet poziom 60%.

Pomimo zrealizowania już wielu zadań nadal jest jeszcze dużo do zrobienia. Wybrani inwestorzy będą musieli wywiązać się z wykonania analiz przed inwestycyjnych, w tym analiz uwarunkowań funkcjonowania wiodących technologii jądrowych w warunkach krajowych. Kolejne cele to przede wszystkim wykonanie długoterminowej prognozy rozwoju źródeł wytwarzania energii



elektrycznej, stworzenie konsorcjum dla budowy pierwszej elektrowni, napisanie studium uwarunkowań dla siłowni jądrowej i wybór dla niej lokalizacji do końca roku 2013. Jednym z istotniejszych zadań będzie określenie źródeł finansowania dla elektrowni, przygotowanie dokumentacji przetargowej i wyłonienie dostawcy technologii. Natomiast z końcem roku 2015 jest wymagane wykonanie projektu technicznego i uzyskanie wszystkich wymaganych prawem uzgodnień.

Najważniejsze cele, jakie należy osiągnąć w celu realizacji budowy elektrowni jądrowej w Polsce to:

1. Uzyskanie aprobaty społecznej w Polsce, co należy bardzo mocno podkreślić, jest niezbędnym warunkiem, jaki TRZEBA spełnić, aby budowa elektrowni jądrowej w Polsce została zrealizowana
2. Stworzenie szeregu instrumentów legislacyjnych, działań regulacyjnych, organizacyjnych, technologicznych, kadrowych i przemysłowych przy jednoczesnym wsparciu rządu.
3. Uzyskanie gwarancji rządowych dotyczących realizacji projektu budowy EJ w Polsce - instytucje finansowe i ubezpieczeniowe bardzo mocno podkreślają rolę, a właściwie konieczność uzyskania wieloletnich gwarancji rządowych dotyczących realizacji projektu nuklearnego. Inaczej mówiąc instytucje te obawiają się, że budowa EJ zostanie wykorzystana w bieżącej grze politycznej, co może się skończyć katastrofalnie dla całego projektu.
4. Dobre zaprojektowanie i wdrożenie programu komunikacji z mieszkańcami zarówno całej Polski jak i okolicy bezpośrednio sąsiadującej z planowaną elektrownią. Szczególnie mieszkańcy okolic Żarnowca oczekują prowadzenia przez władze oraz firmy realizujące inwestycję stałego dialogu i zaangażowania obywateli w proces podejmowania decyzji na wszystkich etapach przygotowania, budowy i funkcjonowania EJ.

Prawdopodobnie nowym surowcem na rynku energii w Polsce będzie gaz łupkowy.

Idea pozyskiwania tego surowca ma, tak samo jak energetyka jądrowa, wielu entuzjastów i oponentów. Tematyka gazu łupkowego pojawia się często w dyskusjach, jako alternatywa dla energii jądrowej. Nie jest to jednak zasadne. Gaz z łupków mógłby być kolejnym elementem miksu energetycznego, oprócz węgla, energii atomowej i energii z odnawialnych źródeł.

Niezależnie od tego, czy zasoby gazu łupkowego w Polsce potwierdzą się czy też nie, to ze względu na znaczący wzrost wydobycia tego surowca na świecie jego cena znacząco się obniża, także na dzień dzisiejszy nawet po doliczeniu kosztów skroplenia, transportu i regazyfikacji w Świnoujściu można oczekiwać, że cena gazu LNG będzie wynosiła ok. 50% ceny gazu rosyjskiego. Biorąc pod uwagę powyższe widać jak istotna dla Polski była podjęta w 2006 roku decyzja o budowie terminalu gazowego LNG w Świnoujściu, który docelowo będzie mógł zapewnić przeszło 50% polskiego zapotrzebowania na gaz, a tym samym wyznaczyć cenę gazu w Polsce.

Gazociąg Nord Stream, transportując gaz z Rosji do Niemiec blokuje rozwój portu w Szczecinie i Gazoportu w Świnoujściu. Z powodu istnienia gazociągu jest zbyt płytkie podejście do polskich portów dla statków o dużym zanurzeniu, na przykład dla statków najtaniej transportujących amerykański gaz. Jednak należy zaznaczyć, że przy cenie gazu nawet o połowę niższej od tej płaconej dzisiaj przez Polskę Rosji, elektrownie gazowe nie będą konkurencyjne cenowo dla elektrowni węglowych.

Przyszłość energetyki jądrowej w dużym stopniu zależy od rzeczywistych rozmiarów katastrofy w Fukushima oraz sposobu, w jaki zostaną one usunięte. Czynniki te będą miały istotny wpływ na kształtowanie postaw opinii publicznej, które są dla decydentów podstawą do podejmowania decyzji odnośnie przyszłości w sektorze energii. Duże znaczenie będą miały także rozwój Odnawialnych Źródeł Energii i dalsze zasady wdrażania polityki klimatycznej, co determinuje ceny energii, a w konsekwencji konkurencyjność gospodarek poszczególnych regionów na świecie.

Wydaje się, że wraz z rozwojem technologicznym reaktorów jądrowych, które są coraz bezpieczniejsze, odpowiednio prowadzoną polityką informacyjną i edukacyjną oraz wiarygodnością instytucji nadzorujących, a także zapewnieniem pełnej transparentności i partycypacji lokalnych społeczności we wszystkich etapach realizacji projektu EJ, budowa elektrowni nuklearnych byłaby rozsądnym rozwiązaniem zarówno ze względów ekonomicznych, jak i ekologicznych.

JERZY NIEWODNICZAŃSKI

PODSTAWY PRAWNE ENERGETYKI JĄDROWEJ W ZAKRESIE BEZPIECZEŃSTWA JĄDROWEGO I OCHRONY RADIOLOGICZNEJ

Wszystkie zastosowania źródeł promieniowania jonizującego są związane z ryzykiem narażenia pracowników i ogółu ludności na zbyt duże dawki promieniowania lub skażenia promieniotwórczego środowiska. Takie zdarzenia radiacyjne mogą być rezultatem wadliwego działania urządzeń (źródeł promieniowania, osłon, systemów monitorowania itp.) lub odstępiania od przyjętych (zatwierdzonych) procedur postępowania. Może to być również wynik katastrofy naturalnej lub działania zamierzonego (sabotaż, akt terrorystyczny). Należy mieć na uwadze, że nawet wtedy, gdy zdarzenie radiacyjne nie powoduje żadnych poważnych skutków dla ludzi czy środowiska, może całkowicie zniszczyć odbiór społeczny danej technologii, a więc i jej powodzenie, niezależnie od kraju, gdzie się wydarzyło, od rodzaju obiektu czy instalacji oraz od okoliczności zajścia tego zdarzenia. Szczególnie wrażliwą technologią jest tu zastosowanie reakcji rozszczepienia jąder, która w elektrowniach jądrowych służy generacji energii elektrycznej.

Od przeszło 100 lat, gdy tylko stwierdzono niekorzystne działanie promieniowania jonizującego na organizm ludzki, zaczęto wprowadzać zasady bezpieczeństwa radiacyjnego, czyli mechanizmy prawne i procedury postępowania, zapewniające właściwą ochronę pracowników (i ogółu ludności) w trakcie wykonywania wszelkich czynności w warunkach narażenia na promieniowanie. Jako podstawowe założenie przyjmuje się, że jakiegokolwiek wykorzystanie promieniowania jonizującego winno być w pełni uzasadnione, stosowane technologie zoptymalizowane z punktu widzenia korzyści i narażenia, przy czym dawki promieniowania nie mogą przekraczać wskazanego poziomu granicznego. Poziom ten z upływem lat ewoluował. Zasady ochrony przed promieniowaniem zostały zawarte w regulacjach prawnych w tym obszarze, w Polsce - w ustawie z dnia 29 listopada 2000 roku Prawo atomowe (Dz. U. z 2007 r. nr 42, poz. 276, z 2008 r. nr 93, poz. 583 i nr 227 poz. 1505, z 2009 r. nr 18 poz. 97 i nr 168 poz. 1323 oraz z 2011 Nr 132 poz. 766) i przywołanym w Ustawie rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005 roku „w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego” (Dz. U. z 2005 r. nr 20 poz. 168). Są one w pełni zgodne z przepisami wprowadzonymi przez Europejską Wspólnotę Energii Atomowej w Dyrektywie nr 96/29/Euratom z 1996 roku, ustanawiającej „podstawowe normy bezpieczeństwa w zakresie ochrony zdrowia pracowników i ogółu społeczeństwa przed zagrożeniami wynikającymi z promieniowania jonizującego” – (Dz.U. WE L 159 z 29 czerwca 1996 roku).

Stosowanie w energetyce jądrowej materiałów rozszczepialnych powoduje, że jądrowy cykl paliwowy (od kopalni uranu do ostatecznego składowiska wypalonego paliwa jądrowego) stwarza nie tylko zagrożenie radiacyjne, ale i możliwość zajścia niekontrolowanej reakcji rozszczepienia



jąderek lub budowy ładunku jądowego. Wynika z tego, że w energetyce jądowej musimy przestrzegać zasad nie tylko bezpieczeństwa radiacyjnego, ale również bezpieczeństwa jądowego, które obejmuje poza bezpieczeństwem radiacyjnym także zabezpieczenie materiałów jądowych. Mechanizmy zapewniające takie bezpieczeństwo, w tym bezpieczeństwo wszelkich czynności z wykorzystaniem rozszczepialnych materiałów jądowych, łącznie z właściwą ochroną fizyczną materiałów jądowych i źródeł promieniowania, są uzgadniane, ustalane i weryfikowane globalnie, z uwagi na wspomniane globalne znaczenie zagrożenia. Powyższe oznacza, że przy stosowaniu technologii jądowych, czyli przede wszystkim w energetyce jądowej, odpowiednie regulacje narodowe są wynikiem globalnie ustalanych zasad, a ich przestrzeganie jest kontrolowane z zaangażowaniem organizacji międzynarodowych.

Podstawowym dokumentem międzynarodowym w tym obszarze jest Układ o nierozprzestrzenianiu broni jądowej (*Nonproliferation Treaty, NPT*), sporządzony w Moskwie i Londynie dnia 1 lipca 1968 r., ratyfikowany przez Polskę 3 maja 1969 r. (Dz. U. 1970 nr 8 poz. 60); wszedł w życie 5 marca 1970 r. Układ ten miał obowiązywać 25 lat, ale po upływie tego okresu przedłużono go bezterminowo. Wypełnianie postanowień NPT przez państwa – strony Układu jest nadzorowane przez Międzynarodową Agencję Energii Atomowej w oparciu o stosowne porozumienia z tymi państwami. W przypadku Polski wiążącym dokumentem było „Porozumienie z dnia 8 marca 1972 między Rządem PRL a Międzynarodową Agencją Energii Atomowej w sprawie stosowania zabezpieczeń w związku z Układem NPT” (M.P. 2004 Nr 23, poz. 398), przy czym dnia 1 marca 2007 roku porozumienie to zawieszono w związku z przystąpieniem Polski do „Porozumienia z dnia 5 kwietnia 1973 r. między Królestwem Belgii, Królestwem Danii, Republiką Federalną Niemiec, Irlandią, Republiką Włosk, Wielkim Księstwem Luksemburga, Królestwem Niderlandów, Europejską Wspólnotą Energii Atomowej i Międzynarodową Agencją Energii Atomowej, dotyczącego wprowadzenia w życie artykułu III ustęp 1 i 4 Układu NPT” (Dz. U. 2007 nr 218 poz. 1617). Zasady współpracy z MAEA w zakresie przestrzegania postanowień Układu NPT są zmieniane (zastrzane) w skali globalnej tzw. „protokołami dodatkowymi” do zawartych porozumień. W przypadku Polski takim dokumentem jest „Protokół dodatkowy z dnia 22 września 1998 r.” (Dz. U. 2007 nr 156 poz. 1096).

Do dokumentów międzynarodowych wynikających z Układu NPT zaliczyć można Konwencję z dnia 3 marca 1980 r. „o ochronie fizycznej materiałów jądowych (CPPNM) „, ratyfikowaną przez Polskę 8 września 1983 r. (Dz. U. 1989 nr 17 poz. 93), która weszła w życie 8 lutego 1987 r. oraz poprawkę do niej – „Poprawka z dnia 8 lipca 2005 roku do Konwencji CPPNM”, która została ratyfikowana przez Polskę 20 kwietnia 2007 r. (Dz. U. 2007 nr 245, poz. 1696), ale z powodu małej liczby sygnatariuszy nie weszła do tej pory w życie (mimo tego jej zapisy zostały zawarte w polskim prawie).

Bezpośrednio po katastrofie w elektrowni jądowej w Czarnobylu stwierdzono konieczność opracowania i wprowadzenia w życie dokumentów międzynarodowych wspierających państwa, w których doszło do takiej katastrofy, jak i wymuszających wymianę informacji o takich zdarzeniach. W rezultacie jeszcze w roku katastrofy uchwalono dwa takie dokumenty:

Konwencję z dnia 26 września 1986 r. „o wczesnym powiadamianiu o awarii jądrowej” (Dz. U. 1988 nr 31 poz. 216) oraz Konwencję z dnia 26 września 1986 r. „o wzajemnej pomocy w razie awarii jądrowej lub zagrożenia radiacyjnego” (Dz. U. 1988 nr 31 poz. 218); obydwie powyższe akty zostały ratyfikowane przez Polskę 24 kwietnia 1988 r.

Podstawowymi aktami dotyczącymi bezpieczeństwa obiektów cyklu jądrowego są dwie konwencje międzynarodowe: Konwencja bezpieczeństwa jądrowego (*Nuclear Safety Convention, NSC*) z dnia 20 września 1994 r., ratyfikowana przez Polskę 14 czerwca 1995 r. (Dz. U. z 1997 r. nr 42 poz. 262), weszła w życie 24 października 1996 r. oraz „Wspólna Konwencja” z dnia 5 września 1997 r. „o bezpiecznym postępowaniu z odpadami promieniotwórczymi i o bezpiecznym postępowaniu z wypalonym paliwem jądrowym” (*Joint Convention*), ratyfikowana przez Polskę 9 marca 2000 r. (Dz. U. z 2002 r. nr 202 poz. 1704), która weszła w życie 1 czerwca 2001 r.

Powyższą listę (dotyczącą wyłącznie traktatów i konwencji międzynarodowych „jądrowych”) można rozszerzyć o Traktat CTBT z dnia 10 września 1996 r. o całkowitym zakazie prób jądrowych (nie wszedł w życie) i o Konwencję z dnia 13 kwietnia 2005 r. w sprawie zwalczania aktów terroryzmu jądrowego. Jednocześnie należy zauważyć, że ratyfikując w czasach PRL wszystkie międzynarodowe akty prawne, w których zawarta była informacja o kierowaniu ewentualnego sporu do Przewodniczącego Międzynarodowego Trybunału Sprawiedliwości, zaznaczano niezwiązanie Polski tym fragmentem Konwencji; jak wiadomo, PRL nie uznawała legalności tego Trybunału.

Odrębnym zagadnieniem, niezwykle trudnym z uwagi na skalę ewentualnych finansowych roszczeń w razie awarii obiektów jądrowych, jest odpowiedzialność cywilna za szkody jądrowe. Polska należy w tym zakresie do tak zwanego systemu „Konwencji Wiedeńskiej” (państwa Unii Europejskiej głównie do innego systemu - „Konwencji Paryskiej”). System ten oznacza trzy dokumenty:

- Konwencja z dnia 21 maja 1963 r. w sprawie odpowiedzialności cywilnej za szkody jądrowe („Konwencja Wiedeńska”), ratyfikowana przez Polskę 8 grudnia 1989 r. (Dz. U. 1990 nr 63 poz. 370), w stosunku do Polski weszła w życie 23 kwietnia 1990 r.;

- ✓ Protokół z dnia 21 września 1988 r. dotyczący stosowania Konwencji Wiedeńskiej i Konwencji z dnia 29 lipca 1960 r. o odpowiedzialności cywilnej w dziedzinie energii jądrowej (zwanej „Konwencją Paryską”) oraz Konwencji dodatkowej do Konwencji Paryskiej z dnia 31 stycznia 1963 r. (zwanej „Konwencją Brukselską”), ratyfikowany przez Polskę (równocześnie wszedł w życie w stosunku do Polski) 27 kwietnia 1992 r. (Dz. U. 1994 nr 129, poz. 633) oraz
- ✓ Protokół z dnia 12 września 1997 r. zmieniający Konwencję Wiedeńską w sprawie odpowiedzialności cywilnej za szkodę jądrową, ratyfikowany przez Polskę 14 maja 2010 (Dz. U. 2011 nr 4, poz. 9); wszedł w życie w stosunku do Polski 21 grudnia 2010 r.

Wspomniane na wstępie globalne znaczenie bezpieczeństwa obiektów jądrowych oraz możliwość użycia materiałów jądrowych w celach militarnych (rozprzestrzenianie broni jądrowych) powodują, że każde państwo uruchamiające na swoim terytorium program energetyki jądrowej musi być stroną wszystkich wymienionych wyżej konwencji i układów (nie dotyczy to Układu CTBT, a w przypadku odpowiedzialności cywilnej za szkody jądrowe działają tu dwa – powiązane między



sobą – systemy prawne, „Wiedeński” i „Paryski”). Na przykład państwa pozostające poza Układem NPT (Indie, Pakistan, Korea Północna, Izrael) nie mogą uczestniczyć na ogólnych zasadach w międzynarodowym obrocie technologiami i materiałami jądrowymi.

Poza globalnymi mechanizmami prawnymi dotyczącymi zagadnień jądrowych, zwłaszcza w odniesieniu do zakazu rozprzestrzeniania broni jądrowych, istnieją jeszcze rozwiązania regionalne. Na przykład państwa danego kontynentu (np. Afryki) lub regionu (Ameryka Łacińska, Rejon Pacyfiku, Azja Południowo-Wschodnia) tworzą „strefy bezatomowe”, czyli zobowiązują się nie produkować czy stosować broni jądrowych i nawet nie używać swego terytorium innym państwom w celu składowania takiej broni.

Polskę również wiążą zobowiązania regionalne - z chwilą przystąpienia Polski do Wspólnot Europejskich w dniu 1 maja 2004 roku wszedł w życie w stosunku do Polski Traktat z dnia 17 kwietnia 1957 r. ustanawiający Europejską Wspólnotę Energii Atomowej (Dz. U. 2004 nr 90 poz. 864). Oznacza to nie tylko konieczność bezpośredniego stosowania przez Polskę zapisów tego Traktatu (na przykład w zakresie obrotu paliwem jądrowym, podlegającym we wszystkich krajach Unii ESA – Europejskiej Agencji Dostaw), ale i obowiązek wdrożenia do prawa krajowego Dyrektyw Unii. Stąd na przykład, jak wspomniano wyżej, w polskich przepisach dotyczących ochrony przed promieniowaniem musiały się znaleźć zapisy Dyrektywy Nr 96/29/Euratom z 13 maja 1996 roku, ustanawiającej „podstawowe normy bezpieczeństwa w zakresie ochrony zdrowia pracowników i ogółu społeczeństwa przed zagrożeniami wynikającymi z promieniowania jonizującego”. Ponadto - w zakresie bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej w czasie projektowania, budowy, eksploatacji i likwidacji obiektów jądrowych podstawowe znaczenie ma Dyrektywa Rady UE 2009/71/EURATOM z dnia 25 czerwca 2009 roku, ustanawiająca „wspólnotowe ramy bezpieczeństwa obiektów jądrowych” (Dz. U. UE L 172/18 z 2 lipca 2009 r.), wraz z uzupełnieniem zawartym w dokumencie „Sprostowanie do dyrektywy Rady 2009/71/Euratom z dnia 25 czerwca 2009 r. ustanawiającej wspólnotowe ramy bezpieczeństwa jądrowego obiektów jądrowych” (Dz. U. UE L 260/40 z dnia 3 października 2009), oraz Dyrektywa Rady 2011/70/EURATOM z dnia 19 lipca 2011 r. ustanawiająca „ramy wspólnotowe w zakresie odpowiedzialnego i bezpiecznego gospodarowania wypalonym paliwem jądrowym i odpadami promieniotwórczymi” (Dz. U. UE L 199/48 z 2.8.2011), jeszcze niewdrożona do polskiego prawa. W systemie prawnym Unii istnieją przepisy obowiązujące państwa członkowskie bezpośrednio, nie wymagające odrębnej ich implementacji w prawie krajowym. Są to np. Decyzje Rady i Decyzje Komisji. W zakresie technologii jądrowych można tu wymienić ostatni taki akt - Decyzję Rady z dnia 19 grudnia 2011 r. „dotyczącą programu szczegółowego, który ma zostać zrealizowany w formie działań bezpośrednich przez Wspólne Centrum Badawcze w ramach wdrażania programu ramowego Europejskiej Wspólnoty Energii Atomowej w zakresie działań badawczych i szkoleniowych w dziedzinie jądrowej (2012 - 2013)” (opublikowana jako 2012/95/Euratom w Dz. U. UE L 47/40 z 18 lutego 2012 r.).

Podstawowym dokumentem w polskim prawie dotyczącym zagadnień bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej jest – jak już wspomniano – ustawa z dnia 29 listopada 2000 roku (z późniejszymi zmianami) Prawo atomowe (aktualna wersja tekstu jednolitego z dnia 24 stycznia

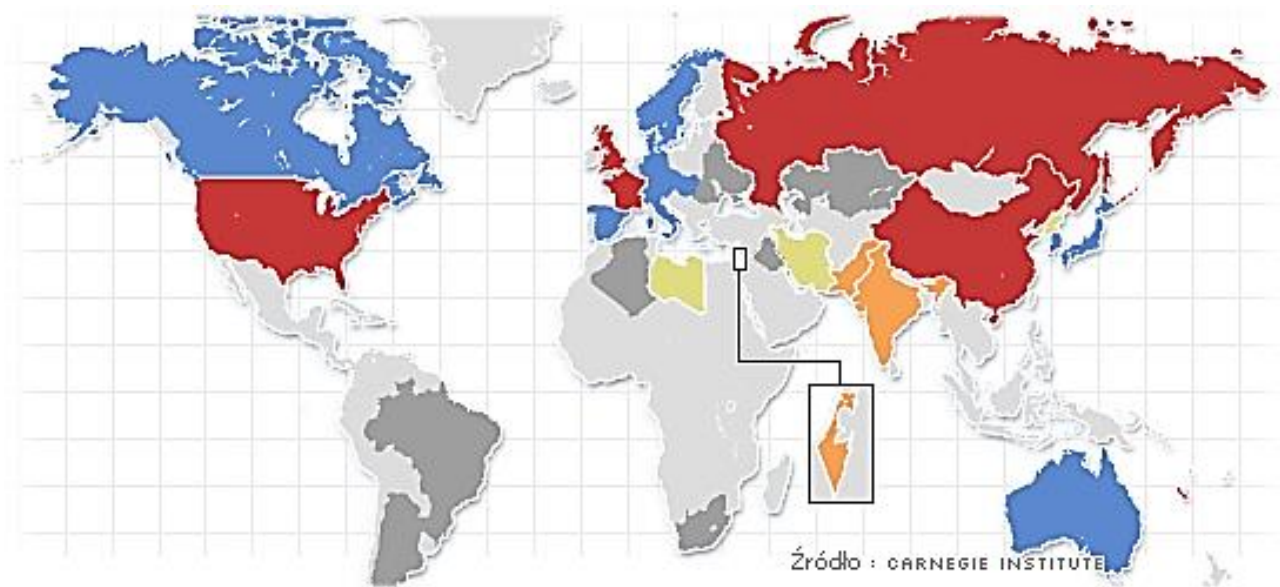


2012 - Dz. U. z 2012r. poz. 264). Na ustawie tej „oparte są” akty wykonawcze – przede wszystkim rozporządzenia Rady Ministrów, jak wspomniane wyżej rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005 roku „w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego” (Dz. U. z 2005 r. Nr 20 poz. 168). Pozostałe rozporządzenia Rady Ministrów, istotne dla realizacji programu energetyki jądrowej w Polsce, to przede wszystkim uchwalone ostatnio:

- ✓ Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 31 sierpnia 2012 r. w sprawie wymagań bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej, jakie ma uwzględniać projekt obiektu jądrowego (Dz. U. z 2012 r. poz. 1048),
- ✓ Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 31 sierpnia 2012 r. w sprawie zakresu i sposobu przeprowadzania analiz bezpieczeństwa przeprowadzanych przed wystąpieniem z wnioskiem o wydanie zezwolenia na budowę obiektu jądrowego, oraz zakresu wstępnego raportu bezpieczeństwa dla obiektu jądrowego (Dz. U. z 2012 r. poz. 1043)
- ✓ Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 10 sierpnia 2012 r. w sprawie szczegółowego zakresu przeprowadzania oceny terenu przeznaczonego pod lokalizację obiektu jądrowego, przypadków wykluczających możliwość uznania terenu za spełniający wymogi lokalizacji obiektu jądrowego oraz w sprawie wymagań dotyczących raportu lokalizacyjnego dla obiektu jądrowego (Dz. U. z 2012 r. poz. 1025)
- ✓ Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 10 sierpnia 2012 r. w sprawie czynności mających istotne znaczenie dla zapewnienia bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej w jednostce organizacyjnej wykonującej działalność polegającą na rozruchu, eksploatacji lub likwidacji elektrowni jądrowej (Dz. U. z 2012 r. poz. 1024)
- ✓ Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 27 grudnia 2011 r. w sprawie oceny okresowej bezpieczeństwa jądrowego obiektu jądrowego (Dz. U. z 2012 r. poz. 556).

Istotne znaczenie ma również ustawa z dnia 29 czerwca 2011 r. „o przygotowaniu i realizacji inwestycji w zakresie obiektów energetyki jądrowej oraz inwestycji towarzyszących” (Dz. U. z 2011 r. Nr 135 poz. 789)

Niezależnie od istnienia mechanizmów prawnych i struktur administracyjnych, kraj eksploatujący obiekty jądrowe, czy wykorzystujący jakiekolwiek technologie jądrowe, winien wypracować system wartości, zwany kulturą bezpieczeństwa jądrowego. Jest to amalgamat wartości, standardów i norm etycznych narzucający określony sposób postępowania zarówno w warunkach „normalnej” eksploatacji obiektów, jak i w sytuacjach nadzwyczajnych zagrożeń. System ten wykracza poza wymogi prawa czy zatwierdzone procedury. Winien być zakodowany we wszelkich rozważaniach i działaniach uczestników systemu.



- Państwa, które dysponują bronią nuklearną
- Państwa, dysponujące bronią nuklearną, które nie podpisały Układu
- Kraje „wysokiego ryzyka”
- Kraje, które wycofały się z badań nad bronią nuklearną
- Państwa, które w przeszłości miały broń jądrową/ lub prowadziły badania nuklearne

ANDRZEJ SUDA

UKŁAD O NIEROZPRZESTRZENIANIU BRONI JĄDROWEJ, JAKO PRAWNIE WIĄŻĄCE MIĘDZYNARODOWE ZOBOWIĄZANIE ZAPOBIEGAJĄCE PROLIFERACJI BRONI ATOMOWEJ

Pierwsze próby stworzenia międzynarodowego systemu ograniczenia prób z bronią jądrową, a jednocześnie umożliwiającego państwom dostęp do technologii nuklearnej pod określonymi warunkami, rozpoczęły się w już 1946 r. Zostały one jednak przerwane w związku z zasadniczymi rozbieżnościami politycznymi pomiędzy mocarstwami atomowymi. W latach pięćdziesiątych ubiegłego stulecia Stany Zjednoczone i Związek Radziecki rozpoczęły na szeroką skalę budowanie swoich arsenałów atomowych i przeprowadzanie testów termonuklearnych w atmosferze.

Wzrost opadów radioaktywnych spowodował powszechną krytykę międzynarodową w rezultacie, której, w 1963 r. doszło do podpisania pierwszego międzynarodowego traktatu zakazującego przeprowadzania prób z bronią nuklearną w przestrzeni kosmicznej, atmosferze oraz pod wodą (*Partial Test Ban Treaty* - PTBT). Traktat nie zakazywał dokonywania podziemnych prób z bronią jądrową, dlatego ich ilość znacznie wzrosła, jednakże w jego rezultacie doszło do znaczącej redukcji opadów radioaktywnych. Rozwiązanie to, jako częściowe, zarówno pod względem przedmiotowym jak i podmiotowym, nie rozwiązywało podstawowych problemów dotyczących rozbrojenia i kontroli zbrojeń, a zwłaszcza kwestii ograniczeń produkcji materiałów rozszczepialnych - podstawowego składnika do produkcji broni jądrowych¹. Dlatego rozmowy w ramach Organizacji Narodów Zjednoczonych na temat ograniczania dostępu do broni jądrowej prowadzone od 1957 r. nabrały nowego znaczenia.

Układ o nierozprzestrzenianiu broni jądrowej

Negocjowany w latach sześćdziesiątych, a ostatecznie przyjęty i przedłożony do podpisu 1 lipca 1968 r. Układ o nierozprzestrzenianiu broni jądrowej (*Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons* - NPT), wszedł w życie 5 marca 1970 r. Depozytariuszami są 3 państwa: Stany Zjednoczone, Federacja Rosyjska, jako prawny następca ZSRR i Wielka Brytania. Jego stroną jest obecnie 190 państw. Polska ratyfikowała Układ 3 maja 1969 r. (Dz.U.70.8.60 z 10 kwietnia 1970 r.). W 2003 r. Koreańska Republika Ludowo-Demokratyczna ogłosiła swoje wycofanie się z Układu do którego przystąpiła w 1985 r. lecz nigdy nie wprowadziła w życie jego wymogów. Do układu nie przystąpiły Indie, Izrael oraz Pakistan - państwa, które w dalszym ciągu rozbudowują swój potencjał broni nuklearnej. Zawarty na początkowy okres dwudziestu pięciu lat Układ został w dn. 11 maja 1995 r., na podstawie decyzji Państw-Stron podjętej na Konferencji Przeglądowej, przedłużony na czas nieograniczony.

Układ jest jedynym prawnie wiążącym międzynarodowym zobowiązaniem mającym na celu zapobieżenie rozprzestrzenianiu się broni jądrowej oraz technologii mogących służyć do jej produkcji. Wraz z systemem zabezpieczeń Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej² (*International Atomic Energy Agency* - IAEA) w Wiedniu, przez następne dziesięciolecia stanowił

podstawę wszystkich poczynąń związanych z rozbrojeniem nuklearnym. NPT zabrania państwom posiadającym technologię budowy broni jądrowej jej dalszego rozwoju, a także sprzedaży do państw, które takich technologii nie posiadają. Jednocześnie zobowiązuje państwa, które nie posiadają broni jądrowej do zaprzestania prób jej pozyskania, promując wykorzystanie energii atomowej dla celów pokojowych.

Podstawowe postanowienia Układu

Tekst Układu składa się z preambuły oraz jedenastu artykułów, w których Państwa-Strony :

- dysponujące bronią jądrową zobowiązują się do nieprzekazywania komukolwiek bezpośrednio lub pośrednio broni jądrowej oraz kontroli nad taką bronią oraz do nieokazywania pomocy państwu nie dysponującemu do produkowania lub pozyskania takiej broni (Art. I),
- nie dysponujące bronią jądrową zobowiązują się do nieprzyjmowania od kogokolwiek, bezpośrednio lub pośrednio broni jądrowej, do nieprodukowania oraz niepozyskiwania pomocy w jej produkcji (Art. II),
- niedysponujące bronią jądrową zobowiązują się do przyjęcia środków zabezpieczających oraz inspekcji i kontroli wykonania zobowiązań traktatowych prowadzonych przez Międzynarodową Agencję Energii Atomowej w swoich zakładach stosujących materiały rozszczepialne, zgodnie ze Statutem i systemem środków zabezpieczających Agencji. Forma takich inspekcji zostanie uzgodniona przez każde z państw z MAEA w odrębnych porozumieniach (Art. III),
- nie będą interpretowały postanowień Układu, jako naruszające prawo wszystkich Stron do rozwoju badań, produkcji i wykorzystania energii jądrowej dla celów pokojowych, bez dyskryminacji i zgodnie z art. I i II niniejszego Układu (Art. IV),
- będą udostępniały, bez dyskryminacji, potencjalne korzyści wynikające z pokojowego zastosowania wybuchów jądrowych tym Państwom-Stronom Układu, które nie dysponują bronią jądrową (Art. V),
- zobowiązują się do prowadzenia, w dobrej wierze, rokowań w sprawie skutecznych kroków mających na celu zaprzestanie wyścigu zbrojeń jądrowych, rozbrojenia jądrowego oraz w sprawie układu o powszechnym i całkowitym rozbrojeniu pod ścisłą i skuteczną kontrolą międzynarodową (Art. VI),
- uzgodniły, że żadne z postanowień Układu nie narusza prawa jakiejkolwiek grupy państw do zawierania regionalnych układów mających na celu zapewnienie całkowitej nieobecności broni jądrowej na ich terytoriach (Art. VII),
- ustaliły procedurę dokonywania poprawek do treści Układu oraz przeglądu jego zapisów (Art. VIII);
- uzgodniły, że Układ jest otwarty dla wszystkich państw i wejdzie on w życie po ratyfikacji przez Stany Zjednoczone, Związek Radziecki i Wielką Brytanię, których rządy zostały wyznaczone Depozytariuszami Układu oraz 40 innych państw, które go podpisały i złożyły dokumenty ratyfikacyjne. Jako państwo dysponujące bronią jądrową zdefiniowano



- takie państwo, które wyprodukowało i dokonało wybuchu broni jądrowej (lub innego jądrowego urządzenia wybuchowego) przed 1 stycznia 1967 r. (Art. IX);
- przewidywały możliwość wystąpienia z Układu w przypadku, gdy jego Strona uzna, że wyjątkowe okoliczności związane z przedmiotem niniejszego Układu zagroziły żywotnym interesom jej kraju. O wystąpieniu Strona Układu powinna zawiadomić na trzy miesiące wcześniej wszystkie inne Strony oraz Radę Bezpieczeństwa Organizacji Narodów Zjednoczonych. Jednocześnie uzgodniły, że po upływie 25 lat od wejścia w życie Układu zostanie zwołana konferencja, która zadecyduje czy Układ powinien pozostawać w mocy na czas nieokreślony, czy też obowiązywanie Układu powinno zostać przedłużone na dodatkowo ustalony okres lub okresy (Art. X),
 - uzgodniły, że języki, w których sporządzono Układ tj. rosyjski, angielski, francuski, hiszpański i chiński są jednakowo autentyczne (Art. XI).

Jak widać z powyższego, głównym celem NPT jest przede wszystkim zapobieganie możliwości dalszego rozszerzania się kręgu państw dysponujących bronią jądrową. Stąd też wynika przyjęty w Układzie podział Państw - Stron na dwie grupy:

- takie, które dokonały prób z bronią jądrową przed 1 stycznia 1967 r. zwane „państwami nuklearnymi” (*nuclear weapon states*) - w skład, których wchodzi Stany Zjednoczone, Federacja Rosyjska (org. Związek Radziecki), Chiny, Francja i Wielka Brytania, oraz
- takie, które prób nie przeprowadziły zwane „państwami nienuklearnymi” (*non-nuclear weapon states*). W zamian za dostęp do technologii nuklearnych, które byłyby wykorzystywane wyłącznie do celów pokojowych, państwa nienuklearne zobowiązują się do zaniechania badań nad bronią jądrową oraz pozyskania dostępu do niej. Państwa nuklearne będą natomiast eliminowały taką broń ze swych arsenałów.

System stworzony przez Układ opiera się na trzech zrównoważonych filarach:

1. Nieproliferyjnym, przez co rozumieć należy nie tylko nierozprzestrzenianie broni do państw nienuklearnych, ale również materiałów rozszczepialnych, informacji oraz technologii jądrowych mogących mieć zastosowanie do jej budowy,
2. Rozbrojeniowym - odnoszącym się do redukcji, stopniowej eliminacji, a w konsekwencji do całkowitego rozbrojenia nuklearnego,
3. Prawa do pokojowego wykorzystania energii i technologii nuklearnych rozumianego, jako szeroko rozumiane źródło do wytwarzania energii elektrycznej, napędu statków, etc.

W przeciwieństwie do niektórych innych umów międzynarodowych, takich, jak np. Konwencja o broni chemicznej (CWC) czy Traktat o całkowitym zakazie prób z bronią jądrową (CTBT), tekst NPT nie zawiera postanowień dot. postępowania w przypadku podejrzenia niezgodności działań Państwa-Strony z jego postanowieniami.

Jednak w przypadkach stwierdzenia postępowania niezgodnego z zawartymi, z MAEA porozumieniem się Rada Gubernatorów MAEA może wezwać do usunięcia nieprawidłowości oraz zgłosić takie przypadki Radzie Bezpieczeństwa i Zgromadzeniu Ogólnemu ONZ. Takie działanie może

spowodować ograniczenie, zawieszenie lub żądanie zwrotu udzielonej państwu, które dokonało naruszenia pomocy, a nawet zawieszenie niektórych przywilejów.

Konferencje Przeglądowe i ich wpływ na zahamowanie proliferacji broni jądrowej.

Zgodnie z Art. VIII NPT, począwszy od 1970 r. – tj. od wejścia w życie Układu, Państwa – Strony spotykają się, co pięć lat na Konferencji Przeglądowych celem dokonania przeglądu postępów w jego implementacji oraz uzgodnienia Deklaracji Końcowej. W Deklaracjach Końcowych, przyjmowanych w drodze konsensusu, dokonywano oceny dotychczasowych osiągnięć oraz przyjmowano rekomendacje dotyczące środków prowadzących do dalszego wzmacniania i implementacji zapisów Układu. Konsensus taki udało się osiągnąć oraz uzgodnić tekst Deklaracji Końcowej podczas Konferencji Przeglądowych w latach 1975, 1985, 2000 r. Pomimo przyjęcia tekstów Deklaracji nie udało się jednak osiągnąć porozumienia odnośnie kwestii dostatecznego wykonania przez mocarstwa atomowe postanowień art.VI i całkowitego zakazu prób z bronią jądrową. Padały zarzuty, że państwa nuklearne nie podjęły dostatecznych środków nie tylko dla osiągnięcia rozbrojenia nuklearnego, ale nawet powstrzymania wyścigu zbrojeń. Wskazywano na brak gwarancji bezpieczeństwa dla państw nienuklearnych udzielonych przez państwa nuklearne, a także niechęć do bliższej współpracy w dziedzinie wykorzystania energii atomowej dla celów pokojowych. Za przełomową uznano Konferencję Przeglądową w 2010 r., kiedy doszło do uzgodnienia Deklaracji Końcowej, a także będącego jej częścią 64 punktowego Planu Działania (vide poniżej str. 5).

Do uzgodnienia stanowisk i przyjęcia Deklaracji nie doszło w latach 1980, 1990 i 2005.

Szczególne znaczenie miała Konferencja Przeglądowa i Przedłużająca (*Review and Extension Conference*), podczas której, w dn. 11 maja 1995 r., Państwa - Strony uzgodniły bez głosowania:

- przedłużenie Układu, zgodnie ze wspomnianym powyżej Art. X par. 2, na czas nieokreślony,
- zwoływanie Konferencji Przeglądowych, co pięć lat (dok.- NPT/CONF.1995/32),
- rezolucję dot. utworzenia na Bliskim Wschodzie strefy wolnej od broni atomowej (dok.- NPT/CONF.1995/32 (Part I), Annex).

Rezultaty Konferencji Przeglądowych, w 1980 r. w 1985 r. nie były dla zdecydowanej większości państw zadawalające. Podnoszono, podobnie jak podczas poprzednich Konferencji, brak postępu i konkretów w rozbrojeniu nuklearnym oraz różnice zdań nt. implementacji Art. VI., a także całkowitego zakazu prób z bronią jądrową. W tym kontekście wielokrotnie wskazywano na brak kontynuacji po 1980 r. rozpoczętych w 1977 r. trójstronnych rozmów nt. traktatu rozbrojeniowego pomiędzy ZSRR, USA i Wielką Brytanią. Na odnotowanie zasługuje fakt, że zarówno na powyższych jak i późniejszych Konferencjach państwa nienuklearne podnosiły, że poddanie ich instalacji nuklearnych kontroli Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej MAEA zgodnie z Art. III. Układu stawia je w gorszej sytuacji niż państwa niebędące stroną NPT. Podnoszono, że również i ta druga grupa państw powinna przestrzegać standardów MAEA i być poddana kontroli. Zasady kontroli i współpracy ustalane są z MAEA w odrębnie negocjowanych porozumieniach dwustronnych⁴.

Podczas Konferencji Przeglądowej w 2000 r. Państwa-Strony ustaliły dalsze postępowanie mające na celu wprowadzenie w życie zobowiązań zawartych zarówno w treści Układu jak i decyzji podjętych na Konferencji w 1995 r., Jako część Dokumentu Końcowego przyjęto tzw. „trzynaście praktycznych kroków” (*The Thirteen Practical Steps*) w kierunku rozbrojenia nuklearnego. Wskazywały one sposób wprowadzania w życie zapisów Art. VI.

i mających doprowadzić do zaprzestania dalszej proliferacji broni atomowej, bardziej efektywnej i skuteczniejszej kontroli materiałów rozszczepialnych (*fissile materials*). Wezwano również do pilnego i efektywnego wprowadzania w życie zapisów Traktatu o całkowitym zakazie prób jądrowych (*Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty, CTBT*)³.

Na Konferencji Przeglądowej w 2005 r. nie udało się uzgodnić tekstu Dokumentu Końcowego. Przyczyną tego były rozbieżności między stanowiskami państw nuklearnych i nienuklearnych oraz naciski tych ostatnich na przypadki niewywiązywania się lub podejrzeń naruszania postanowień Układu. Na Konferencji kontynuowano m.in. dążenie do objęcia systemem zabezpieczeń/kontroli MAEA wszystkich państw nienuklearnych, w tym także tych, które nie są stronami NPT. Szczególny opór budziły również próby rozszerzania zakresu wymogów zawartych w porozumieniach między państwami a MAEA (tzw. *IAEA Comprehensive Safeguards Agreement - INFCIRC/153*),⁵ jak również w Protokole Dodatkowym (*Additional Protocol - INFCIRC/540*) z 1997 r. poszerzającym zakres informacji przekazywanej do Agencji i przynajmniej jej dodatkowe uprawnienia w zakresie inspekcji.

Ostatnia Konferencja Przeglądowa Układu (3 - 28 maja 2010 r.) odbywała się w pozytywnej atmosferze, którą rozmowom dotyczącym rozbrojenia jądrowego nadała administracja USA rozbudzając oczekiwania społeczności międzynarodowej na zapoczątkowanie trwałej zmiany w podejściu do wyzwań nieprolifracji oraz zapowiedzią możliwości przystąpienia do CTBT. Sukcesem Konferencji było nie tylko przyjęcie Deklaracji Końcowej zawierającej ocenę stanu realizacji NPT, ale przede wszystkim zawarcie w niej 64 rekomendacji dotyczących przyszłych działań (*Conclusions and recommendations for follow-on actions* zwanych również „*2010 NPT Review Conference Action Plan*”). Rekomendacje te obejmują działania w zakresie rozbrojenia nuklearnego

i nieprolifracji broni jądrowej, pokojowego wykorzystania energii atomowej, a także problemów regionalnych, w tym implementacji Rezolucji ws. Bliskiego Wschodu z 1995 r., które należy podjąć w okresie do następnej Konferencji Przeglądowej w 2015 r. W ocenie większości państw, w tym również Polski⁵, do sukcesu Konferencji przyczyniło się m.in. podpisanie 8 kwietnia 2010 r. Układu między Stanami Zjednoczonymi a Federacją Rosyjską o środkach dalszej redukcji i ograniczenia strategicznych sił ofensywnych określanego, jako START-3 lub Nowy START (*Treaty Between the United States of America and the Russian Federation on Measures for the Further Reduction and Limitation of Strategic Offensive Arms*), Szczyt Bezpieczeństwa Jądrowego w kwietniu 2010 r., a także konkluzje amerykańskiego przeglądu sił nuklearnych (*Nuclear Posture Review 2010*).

Podczas obrad mocno podkreślano zagrożenia związane z niekontrolowanym obrotem materiałami rozszczepialnymi, terroryzmem nuklearnym oraz wezwano państwa do zwiększenia



możliwości wykrywania przypadków obrotu i przewozu materiałów rozszczepialnych przez ich terytoria oraz pilnego przystąpienia do Międzynarodowej konwencji w sprawie zwalczania aktów terroryzmu jądrowego⁶: (*International Convention for the Suppression of Acts of Nuclear Terrorism*) z 13 kwietnia 2005 r.

Dalsze kroki w kierunku rozbrojenia jądrowego w ramach NPT.

Pomimo sukcesu ostatniej Konferencji przed państwami stoi jednak cały szereg nierozwiązanych problemów, które będą przedmiotem dalszych prac. Kolejną Konferencję Przeglądową NPT, która odbędzie się w 2015 r. poprzedzą trzy spotkania Komitetu Przygotowawczego (*Preparatory Committee* - PrepCom). Ich celem będzie dokonanie oceny wprowadzania w życie każdego z artykułów NPT i przedłożenie odpowiednich rekomendacji pod obrady Konferencji. Pierwsze z nich odbyło się w dniach 30 kwietnia – 11 maja 2012 r. w Wiedniu⁷ i ustaliło podstawowe zagadnienia, którymi powinna zająć się Konferencja.

Za priorytetowe dla przyszłych spotkań i uzgodnień w 2015 r. uznano kwestie;

1. nieprolifracji broni jądrowej i rozbrojenia atomowej oraz implementacji przyjętych w poprzednich latach, zwłaszcza w 1995 r. i 2000 r. zobowiązań,
2. zapewnienia gwarancji bezpieczeństwa jądrowego dla państw niedysponujących bronią atomową, a także ustanowienie stref wolnych od broni jądrowej,
3. niezbywalnego prawa stron Układu do rozwoju badań naukowych, produkcji i stosowania energii atomowej,
4. problematyki regionalnej – z uwzględnieniem sprawy implementacji Rezolucji ws. Bliskiego Wschodu z 1995 r.,
5. poprawy oraz wsparcia instytucjonalnego procesu przeglądownego realizacji Układu.

W odniesieniu do rozbrojenia międzynarodowego i gwarancji bezpieczeństwa, o których mowa w pkt. 2, panuje opinia, zwłaszcza wśród grupy państw tzw. niezaangażowanych (*Non-Aligned Movement* NAM), iż wejście w życie nowego układu START-3 nie rozwiązuje sprawy. Aczkolwiek zobowiązuje on obie strony do znaczącej redukcji już rozmieszczonych strategicznych broni nuklearnych w okresie siedmiu lat od jego wejścia w życie, jednakże wyraźnie dopuszcza ich modernizację i nie zawiera ograniczeń, co do ilości nierozmieszczonych broni strategicznych lub taktycznych. Państwa NAM wskazywały, że obecne gwarancje bezpieczeństwa są niewystarczające oraz zawierają wiele uwarunkowań. Dlatego będą dążyły do podjęcia na najbliższej Konferencji Przeglądowej kwestii negocjacji nowego międzynarodowego prawnie wiążącego traktatu w sprawie gwarancji bezpieczeństwa⁸.

Sprawa utworzenia stałego sekretariatu (vide pkt.5) podnoszona była od dawna. Miałby on zapewnić ciągłość pracy w okresach międzysesyjnych oraz kontynuację i spójność prac zmieniającej się, co pięć lat prezydencji. Ponadto sekretariat miałby wspierać i monitorować w okresach między Konferencjami Przeglądowymi wprowadzanie w życie przyjętych na nich decyzji, tak jak to ma miejsce w przypadku innych konwencji (np. CTBT, CWC i BTWC).

Wydaje się, że w 2015 r. będzie również podnoszona sprawa przyszłości traktatu o zakazie produkcji materiałów rozszczepialnych dla celów wojskowych - podstawowego składnika

do produkcji broni jądrowych (*Fissile Material Cut-off Treaty - FMCT*). Negocjacje dot. tej umowy znalazły poparcie wszystkich państw uczestniczących w kolejnych Konferencjach Przeglądowych Układu o nierozprzestrzenianiu broni jądrowej (NPT) w latach: 1995, 2000, 2005 oraz 2010. Aktualnie nieformalne dyskusje dotyczące: celów traktatu, jego zakresu i definicji, produkcji materiałów rozszczepialnych dla celów pokojowych oraz roli Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (IAEA), toczą się na forum Konferencji Rozbrojeniowej. Bez względu na ten fakt, wydaje się pewnym, że sprawa FMCT powróci przy okazji Konferencji Przeglądowej NPT w 2015 r. – tym bardziej, że orędownik FMCT na forum Konferencji Rozbrojeniowej - Amb. Peter Woolcott (Australia), aktualnie przewodniczy pracom Komitetu Przygotowawczego.

Przypisy:

- ¹ Obecnie 9 mocarstw dysponuje bronią jądrową - obok USA są to: Rosja (poprz. ZSRR od 1949 r.), Wielka Brytania (od 1952 r.), Francja (od 1960 r.), Chiny (od 1964 r.), Indie (od 1974 r.), Pakistan (od 1998 r.), Korea Północna (od 2006 r.) oraz Izrael, który oficjalnie nie komentuje doniesień dot. posiadania broni jądrowej. W przeszłości broń jądrową posiadały RPA (do końca lat 80-tych) oraz Białoruś, Kazachstan i Ukraina, (część poradzieckiej broni jądrowej), lecz zwróciły ją Rosji do 1996 r. Podejrzewa się, że niektóre państwa, w szczególności Iran, mają zaawansowane programy budowy broni jądrowej. W 2010 r. łączną liczbę głowic jądrowych na świecie szacowano na ok. 23 tysiące, w tym 8 tys. w stanie operacyjnym. W czasach Zimnej Wojny liczba głowic mogła przekraczać 50 tysięcy.
- ² Międzynarodowa Agencja Energii Atomowej – MAEA (*International Atomic Energy Agency – IAEA*) stanowi najważniejsze międzynarodowe forum rządowe w dziedzinie naukowej i technicznej współpracy dla pokojowego wykorzystania energii jądrowej. Została utworzona w 1957 r., jako autonomiczna, specjalistyczna agencja ONZ. Raporty MAEA są przedstawiane na Zgromadzeniu Ogólnym oraz Radzie Bezpieczeństwa ONZ. Najwyższym organem MAEA jest Konferencja Generalna, której sesje odbywają się raz w roku. Organem zarządzającym Agencją między sesjami jest Rada Gubernatorów. Struktura i funkcjonowanie MAEA zawarte są w jej statucie. Agencja składa się z trzech głównych organów: Sekretariatu, Rady Gubernatorów oraz Konferencji Generalnej. Obecnie MAEA liczy 155 państw członkowskich. Polska jest członkiem od 1957 r.
- ³ Traktat o całkowitym zakazie prób z bronią jądrową (*Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty, CTBT*), podpisany 24 września 1996 r. zakłada całkowity zakaz przeprowadzania prób nuklearnych. Do jego wejścia w życie wymagana jest ratyfikacja przez 44 państw wyszczególnionych w układzie. Wg. stanu na 9 kwietnia 2012 r. na 193 państw ONZ, Traktat podpisało 183 państw, ratyfikowało 157, nie podpisało 13 państw, a 39 nie ratyfikowało. Polska podpisała Traktat 24 września 1996 r., a ratyfikowała 25 maja 1999 r. Zakazu prób nuklearnych przestrzegają wszystkie państwa-sygnatariusze Traktatu. Prób z bronią jądrową dokonywały jedynie niebędące sygnatariuszami Indie, Pakistan i Korea Płn. Spowodowało to nałożenie przez Radę Bezpieczeństwa ONZ sankcji. Zadanie osiągnięcia założeń i celów CTBT powierzone zostało utworzonej w 1996 r. Komisji Przygotowawczej ds. Traktatu o całkowitym zakazie prób z bronią jądrową (*Preparatory Commission for the Comprehensive Nuclear Test-Ban Treaty Organization - CTBTO*) z siedzibą w Wiedniu. Komisji powierzono promocję Traktatu oraz stworzenie Międzynarodowego Systemu Monitorowania (*International Monitoring System - IMS*).
- ⁴ Patrz doc. "Struktura i zawartość porozumień pomiędzy Agencją a państwami zgodnie z wymogami Układu o nierozprzestrzenianiu broni jądrowej" – The Structure and Content of



Agreements between the Agency and States Required in Connection with the Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons. INFCIRC/153(Corrected)) <http://www.iaea.org/Publications/Documents/Conventions/>

^{5.} Więcej patrz www.msz.gov.pl/pl/polityka_zagraniczna/polityka_bezpieczenstwa/konferencja_przegladowa_npt_w_nowym_jorku

^{6.} Międzynarodowa konwencja w sprawie zwalczania aktów terroryzmu jądrowego (*International Convention for the Suppression of Acts of Nuclear Terrorism - ICSANT*), przyjęta przez Zgromadzenie Ogólne Narodów Zjednoczonych 13 kwietnia 2005 r. weszła w życie 7 lipca 2007 r. Depozytariuszem jest Sekretarz Generalny ONZ. Jej stroną są 82 państwa, a 58 jest sygnatariuszami (wg stanu na 27 września 2012 r.) . Polska ratyfikowała w dn. 23 października 2009 r. (Dz.U. 2009 nr 221 poz. 1735, tekst Konwencji opublikowany w Dz.U. 2010 nr 112 poz. 740). Celem Konwencji jest stworzenie podstaw do kryminalizacji aktów terroryzmu nuklearnego oraz zacieśnienie współpracy policji i organów wymiaru sprawiedliwości w ściganiu, ekstradycji i karaniu osób lub grup, które posiadają z zamiarem użycia lub popełniają przestępstwa stosując materiały radioaktywne.

^{7.} Kolejne spotkania Komitetu Przygotowawczego odbędą się od 22 kwietnia do 3 maja 2013 r. w Genewie i w 2014 r. w Nowym Jorku. Konferencje Przeglądowe zawsze odbywają się w Nowym Jorku.

^{8.} Problem gwarancji bezpieczeństwa oczekuje również na pilne podjęcie na forum Konferencji Rozbrojeniowej. Chodzi o stworzenie tzw. negatywnych gwarancji bezpieczeństwa (*negative security assurances – NSA*) dla państw nie posiadających w swych arsenałach broni nuklearnych na wypadek użycia, lub groźby użycia takich broni przeciwko nim przez państwa ją posiadające. Pozytywne gwarancje bezpieczeństwa (*positive security assurances*) oznaczają przyjsie z pomocą państwu nieposiadającemu broni nuklearnej przez państwo nią dysponujące.

Bibliografia

1. Tekst układu NPT: <http://www.un.org/events/npt2005/npttreaty.html>
2. United Nations Office for Disarmament Affairs: www.un.org/disarmament/WMD/Nuclear/
3. The United Nations Office in Geneva: www.unog.ch/disarmament/
4. International Atomic Energy Agency: www.iaea.org/Publications/Documents
5. www.atominfo.pl/zrodla.html
6. www.icanw.org/internationallaw#npt
7. www.armscontrol.org/factsheets/nptfact
8. http://www.armscontrol.org/act/2000_06/docjun
9. <http://www.un.org/disarmament/WMD/Nuclear/NPT2015/PrepCom2012/statements/20120430/Poland.pdf>

JERZY CHMIELEWSKI

"ATOMOWA" DIAGNOSTYKA MEDYCZNA

Cz. I Wykorzystanie promieni X

Wypada zacząć od tego, że w połowie XIX wieku niemiecki fizyk Julius Plucker podczas swoich eksperymentów z lampą wyładowczą (którą n.b. wykonał jego znajomy Heinrich Geissler, szklarz i jednocześnie fizyk-amator) zauważył, że przy wyładowaniu elektrycznym szkło lampy naprzeciw katody fosforyzuje, a przy pomocy magnesu można przesuwając świecący punkt. Wkrótce potem angielski fizyk i chemik William Crookes skonstruował "rurę do obserwacji promieni katodowych", (którą nazwano potem jego imieniem).



Rys. 1 - "Rura Crookes'a"

I tu możemy przejść do wydarzenia, które miało ogromny wpływ na przyszłość diagnostyki medycznej. Niemiecki fizyk i rektor Uniwersytetu w Würzburgu Wilhelm Conrad Röntgen odkrył w dniu 8 listopada 1895 roku tajemnicze promienie, zdolne do przenikania przez ludzkie ciało. Röntgen, który zajmował się w swoim laboratorium badaniem "promieni katodowych" powstających w "rurze Crookes'a", zauważył że znajdujące się w pewnej odległości kryształki platynocyjanku baru fluoryzują.

Przez sześć tygodni Röntgen zajmował się tylko tym zjawiskiem, aby kilka dni przed Bożym Narodzeniem przeświecić dłoń swojej żony Berty, z pierścieniem na palcu. I tak powstało pierwsze zdjęcie rentgenowskie!



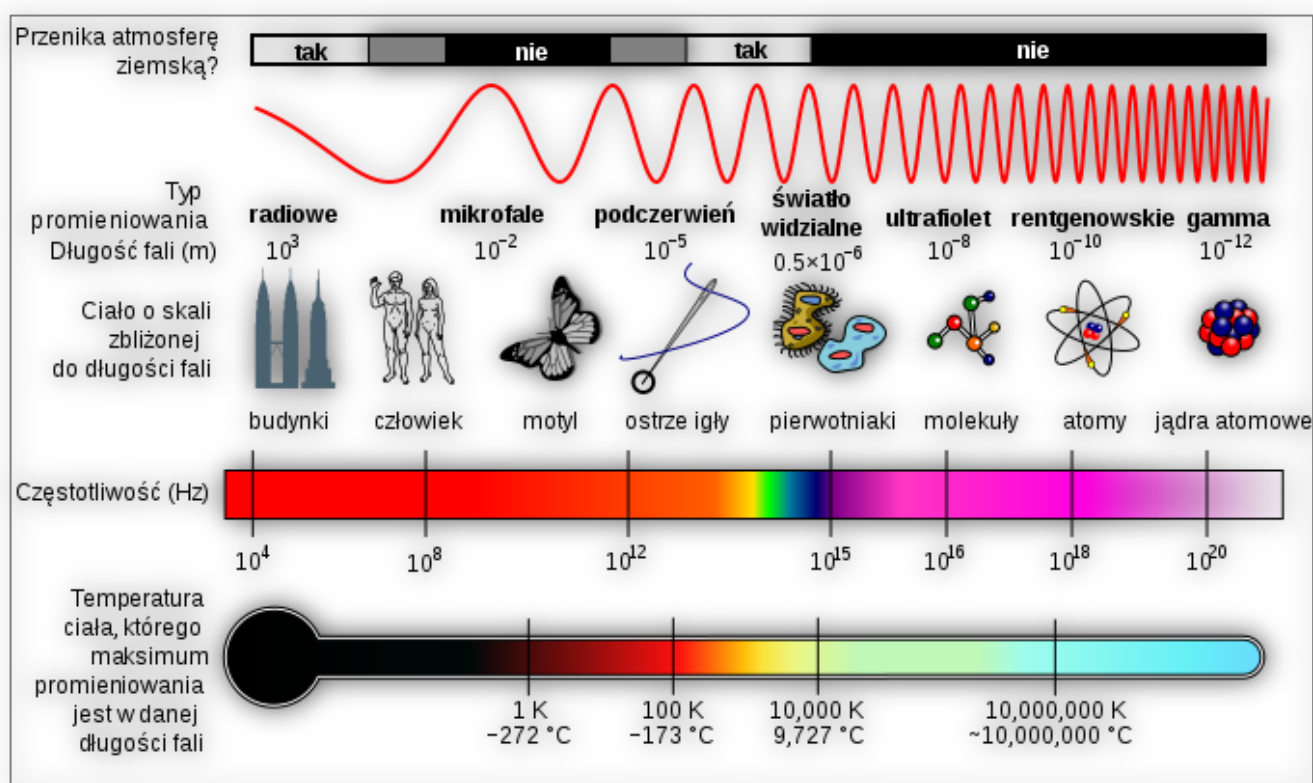
Rys. 2 - Pierwsze zdjęcie rentgenowskie - dłoń Berty Röntgen

Ponieważ natura tego promieniowania była wówczas nieznana, to nazwano je

PROMIENIOWANIE JONIZUJĄCE

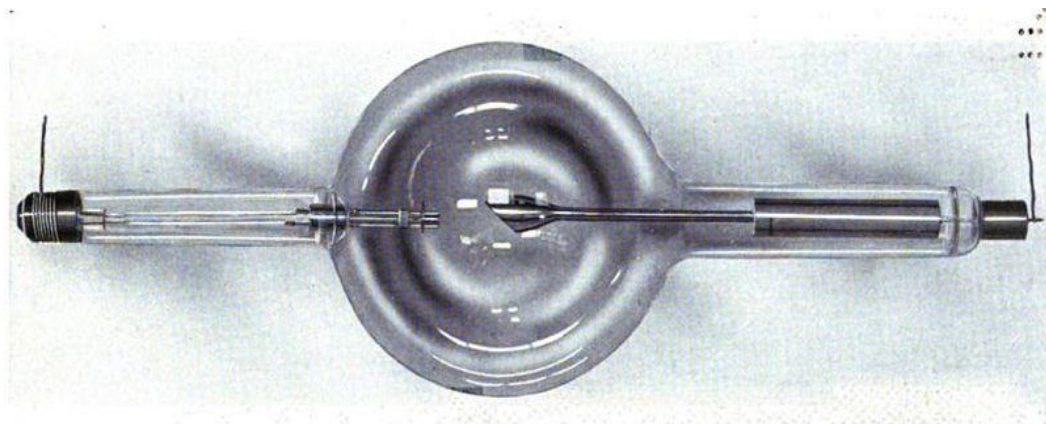
"promieniami X". Od czasów J.J. Thomsona wiemy, że "promienie katodowe" są to wiązki elektronów, natomiast "promienie X" to fale elektromagnetyczne o zakresie długości fal położonym w obszarze widmowym pomiędzy ultrafioletem, a promieniami gamma.

Warto sobie uświadomić, że długość fal promieni X jest porównywalna z odległościami międzyatomowymi. Stopień pochłaniania promieni X zależy od liczby atomowej Z badanej substancji i dlatego lepiej widoczne są kości składające się głównie z wapnia, aniżeli tkanki miękkie, zawierające dużo wody. Przy wielu badaniach stosowane są dodatkowo specjalne środki kontrastowe, zawierające głównie związki baru i jodu, które pochłaniają promieniowanie X w większym stopniu aniżeli tkanki miękkie. Środki te po wprowadzeniu do organizmu umożliwiają badanie układu krwionośnego (angiografia), moczowego (urografia), lub przewodu pokarmowego (wykrywanie guzów wewnątrz żołądka) itd.



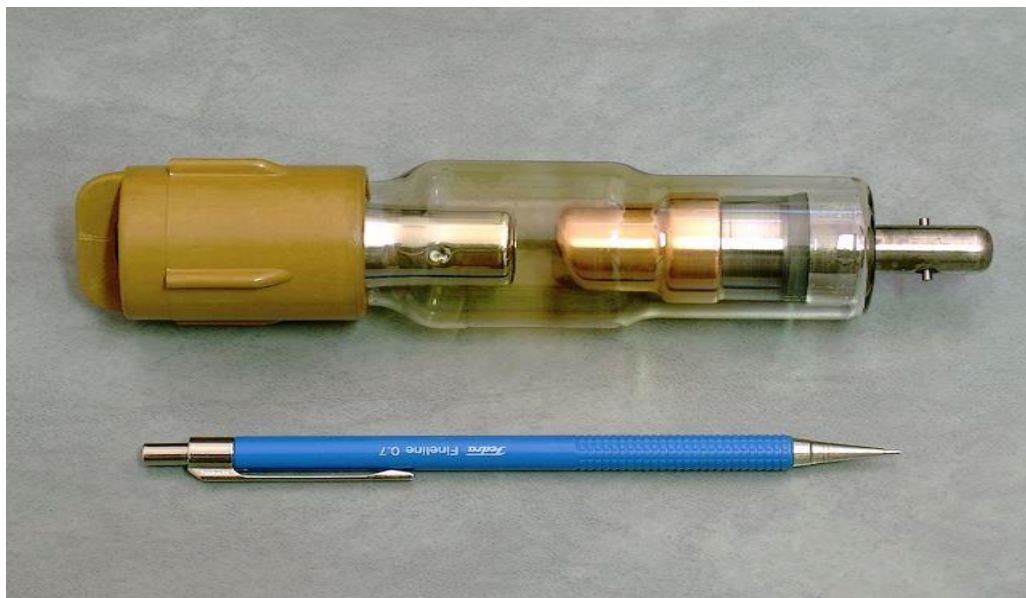
Rys. 3 - Widmo fal elektromagnetycznych

Pierwsze źródła promieni X miały bardzo prostą konstrukcję (przypominającą rurę Crookes'a) i emitowały promieniowanie na wszystkie strony bez możliwości ich skupiania. Wykorzystywano w nich zjawisko autoemisji elektronów pod wpływem wysokiego napięcia. "Prawdziwe" lampy rentgenowskie skonstruował dopiero w 1913 roku amerykański fizyk William David Coolidge i często były one nazywane jego imieniem. Wynalazek ten zrewolucjonizował technikę generacji promieni X stwarzając w zasadzie wzór dla lamp wykorzystywanych w większości współczesnych aparatów rentgenowskich.



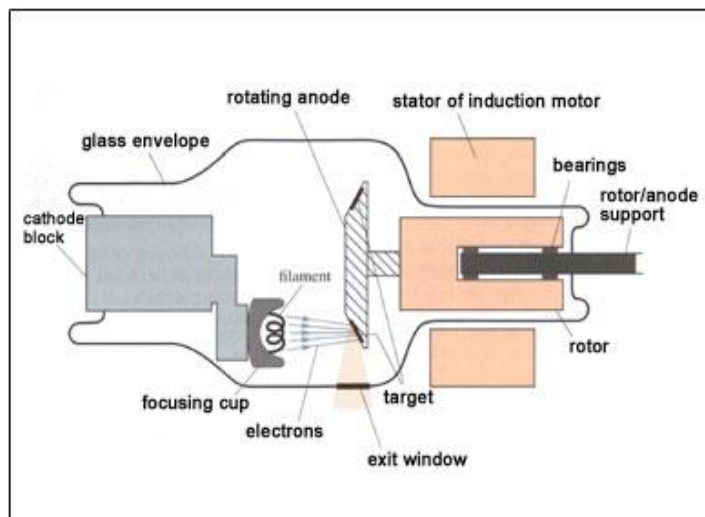
Rys. 4a - Klasyczna lampa rentgenowska z ok. roku 1917

We współczesnych lampach rentgenowskich do wytwarzania elektronów w katodzie wykorzystywane jest włókno np. wolframowe rozgrzane do wysokiej temperatury. Wiązka elektronów przyspieszana wysokim napięciem pada na wolframową anodę, przy czym powstają promienie rentgenowskie. Lampy mają zazwyczaj bardzo zwartą konstrukcję, dostosowaną do konkretnych potrzeb.



Rys. 4b - Współczesna małowymiarowa lampa rentgenowska

W celu zmniejszenia obciążenia termicznego anody w punkcie padania wiązki elektronów wykorzystuje się obecnie lampy rentgenowskie "z wirującą anodą". W takich lampach anoda ma postać stożkowej tarczy wolframowej o średnicy 50 - 125 mm, która wiruje z prędkością od 2800 do 17000 obrotów na minutę. Dzięki zmniejszeniu termicznego obciążenia anody można korzystać z wiązki elektronów o większym natężeniu celem uzyskania większych natężeń wiązki promieniowania rentgenowskiego. Trzeba dodać, że w sytuacjach awarii napędu tarczy, kiedy wiązka elektronów pada na nieruchomą anodę, to na jej powierzchni może powstać głęboki wypalony krater, pogorszający charakterystykę lampy. Warto zatem sobie uświadomić, że 99% energii kinetycznej elektronów padających na anodę zamienia się w ciepło, a tylko 1% to energia promieni X.



Napisy na schemacie:

Szklana bańka
Wirująca wolframowa tarcza anody
Stojan silnika elektrycznego
Łożyska kulkowe
Wirnik z przymocowaną anodą
Ognisko wiązki
Włókno katody
Miska ogniskująca wiązkę elektronów
Wiązka elektronów
Okienko dla promieni X

Rys. 4c - Schemat budowy lampy z wirującą anodą

Lampa rentgenowska, jako źródło promieniowania X, umieszczona jest z reguły w odpowiednio skonstruowanej obudowie, tworzącej "głowicę rentgenowską". Głowica umożliwia wyprowadzenie wiązki promieni X w pożądanym kierunku, a także pochłania powstające wewnątrz niej i niepożądane promieniowanie rozproszone, zapewniając niezbędną ochronę radiologiczną dla badanego pacjenta i personelu obsługi. Wielkość napięcia doprowadzanego do lampy określa energię ("twardość") powstającego promieniowania X. Typowe wartości napięcia wynoszą - w zależności od rodzaju badania - od kilkudziesięciu kilowoltów (np. przy prześwietleniach płuc) do stukilkudziesięciu kV (przy prześwietleniach jamy brzusznej).

Klasyczny aparat rentgenowski składał się ze statywu z głowicą rentgenowską), oddzielnego zasilacza wysokiego napięcia połączonych z głowicą odpowiednimi kablami oraz przymocowanego do statywu ekranu fluoroskopowego z kieszenią na kasetę z filmem rentgenowskim. Ekran ten był zwykle wyposażony w stożkową osłonę z okularami na końcu, co pozwalało rentgenologowi lepiej widzieć niezbyt jasny i mało kontrastowy obraz badanego fragmentu ciała pacjenta.



Rys. 5a - Klasyczny aparat rentgenowski

PROMIENIOWANIE JONIZUJĄCE

Do uzyskiwania trwałego obrazu badanego obszaru ciała była od dawna wykorzystywana klasyczna błona fotograficzna o zwiększonej grubości warstwy światłoczułej. Zasadniczymi zaletami tej prostej metody są: wysoka zdolność rozdzielcza, dobra jednorodność na dużej powierzchni zdjęcia, prostota obsługi i niski koszt - co zwłaszcza w przypadku masowo stosowanych prześwietleń płuc posiada duże znaczenie. Dla zwiększenia czułości rejestracji, a tym samym zmniejszenia dawki promieniowania jonizującego podczas badania, często dodatkowo stosuje się wzmacniający ekran fluoryzujący, stykający się bezpośrednio z filmem. Następnie po wykonaniu zdjęcia błona fotograficzna z "utajonym" obrazem rentgenowskim musi być wywołana w ciemni i dopiero potem może być wykorzystana przez radiologa do postawienia diagnozy. Procedura wywoływania, utrwalania i suszenia kliszy w specjalnych zautomatyzowanych urządzeniach w ciemni trwa nieco ponad 20 minut.

Nowoczesne aparaty rentgenowskie są urządzeniami znacznie bardziej złożonymi i wszechstronnymi. Głowica rentgenowska może być ustawiana w dowolnej pozycji w pionie i w poziomie, umożliwiając badanie pacjentów leżących na stole rentgenowskim, lub stojących przed ekranem fluoroskopowym. Operator ma dużą swobodę w dobieraniu ustawiania głowicy w zależności od badanego obszaru pacjenta. Obraz rejestrowany na ekranie może być przekazywany zdalnie na monitor komputerowy radiologa pracującego w innym pomieszczeniu. Dzięki temu na podstawie jego wskazówek mogą być na bieżąco dokonywane korekty ustawienia głowicy i parametrów zdjęcia, co znacznie ułatwia stawianie diagnozy zwłaszcza w bardziej skomplikowanych przypadkach. Uzyskiwane obrazy są jednocześnie wprowadzane do pamięci systemu komputerowego i mogą być potem rejestrowane na zewnętrznych nośnikach pamięciowych.



Rys. 5b - Współczesny aparat rentgenowski f-my Siemens

Dla potrzeb stomatologii i mammografii opracowano wiele modeli aparatów rentgenowskich o małych gabarytach. Aparaty stomatologiczne są zwyczaj zamontowane na lekkim ruchomym

statywie, umożliwiającym ustawienie głowicy w wymaganym miejscu np. w pobliżu fotela stomatologicznego.

Ostatnio pojawiły się bardzo małe aparaty dentystyczne, które można trzymać w ręku. Jeden z takich modeli NOMAD PRO amerykańskiej firmy Aribex jest zasilany z wbudowanej baterii akumulatorów. Napięcie anodowe wynosi 60 kV, a prąd anodowy wynosi 2,3 mA. Czas ekspozycji można nastawiać w granicach 0,02 - 1,00 sekundy. Ciężar wynosi około 2,5 kg. Do rejestracji obrazu wykorzystywane są specjalne czujniki cyfrowe, co pozwala nawet 10-krotnie zmniejszyć dawkę promieniowania dla pacjenta (możliwe jest również korzystanie z tradycyjnych błon fotograficznych).



Rys. 6 - Ręczny rentgenowski aparat diagnostyczny NOMAD PRO firmy Aribex

Postęp w dziedzinie elektroniki umożliwił zastępowanie klasycznych ekranów i błon rentgenowskich półprzewodnikowymi detektorami promieniowania, co przyczyniło się do powstania i szybkiego upowszechnienia radiografii "cyfrowej". W przypadku starszych aparatów rentgenowskich wystarczy zamiast tradycyjnej kasety z błoną filmową wykorzystać nowoczesną kasety "elektroniczną". Obraz z kasety "elektronicznej" można wprowadzać bezpośrednio do pamięci komputera, przetwarzać przy pomocy odpowiedniego oprogramowania, a następnie zapisywać na krążku CD, który stanowi potem dokumentację zdjęcia rentgenowskiego zarówno dla lekarza, jak i pacjenta.

Obecnie w użyciu jest szereg rodzajów kaset i ekranów "elektronicznych", wykorzystujących najnowsze osiągnięcia technologii półprzewodnikowej, z elementami pamięciowymi i "wzmacniaczami obrazu" włącznie. Pozwalają one w istotny sposób zmniejszyć dawkę, jaką pacjent otrzymuje w trakcie badania. Dla potrzeb stomatologii dostępne są ekrany "elektroniczne" wielkości typowej kliszy dentystycznej, wkładane bezpośrednio do jamy ustnej badanego, które można następnie podłączyć kablem ze złączem USB do systemu komputerowego (np. laptopa).

W diagnostyce medycznej niezwykle istotną rolę odgrywają aparaty rentgenowskie umożliwiające wykonywanie zdjęć określonej warstwy badanego organizmu. Przy zwykłym prześwietleniu rentgenowskim lekarz widzi cały badany obszar ciała, gdzie wszelkie elementy kostne

i tkanki miękkie nakładają się na siebie. W przypadku badania złamań interpretacja jest prostsza i lekarz może z obrazu rentgenowskiego określić stopień uszkodzenia, miejsce pęknięcia, czy wielkość przemieszczenia względem siebie poszczególnych elementów kości. Stosunkowo łatwe jest też wykrywanie metalowych ciał obcych znajdujących się wewnątrz ciała badanej osoby (np. pociski, igły itp.). Natomiast przy prześwietlaniu n.p. jamy brzusznej ma miejsce nakładanie się na siebie poszczególnych fragmentów przewodu pokarmowego i organów wewnętrznych, co może znacznie utrudniać wykrywanie w nich zmian i cech patologicznych.

Aparat rentgenowski umożliwiający wykonywanie badań warstwowych (planarnych) opatentował w 1939 roku Jean Kieffer. Aparaty wykorzystujące technikę planarną nazywane są "tomografami". N.b. nazwa ta pochodzi od greckich słów tomos (warstwa) i graphia (opisywać). Nazwa ta została przyjęta w 1962 przez International Commission on Radiologic Units and Measurements - jako określenie wszystkich technik radiograficznych wykonujących zdjęcia warstwowe.

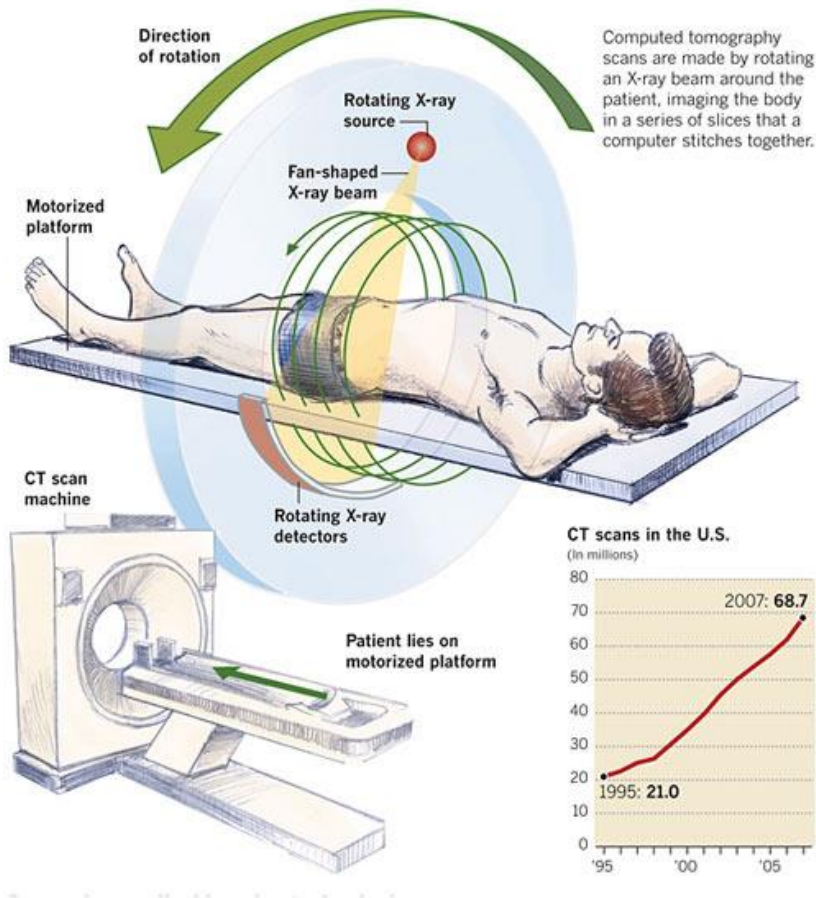
Zasada działania tomografu w swojej najprostszej wersji polega na synchronizacji wahadłowego ruchu lampy rentgenowskiej oraz kliszy rejestrującej obraz w taki sposób, aby wyraźnie zostały zarejestrowane sygnały od jednej tylko warstwy badanej przestrzeni. Sygnały od innych warstw ulegają rozmyciu, ponieważ ślad wiązki promieni rentgenowskich na kliszy zmienia swoje położenie.

Obecnie istnieje wiele różnych urządzeń rentgenowskich przeznaczonych do badań tomograficznych, które umożliwiają znacznie dokładniejsze niż dawniej diagnozowanie poszczególnych organów.

Zasadniczy zwrot w technice diagnostycznej nastąpił z chwilą, kiedy w 1971 roku Godfrey Hounsfield, inżynier pracujący w EMI Laboratories w Anglii, zbudował prototyp skomputeryzowanego tomografu CT (*Computer Tomography*), a w następnie wypróbował go na pacjentach. Istota tej metody polega na tym, że źródło promieniowania X obraca się wokół pacjenta, natomiast zespół detektorów rozmieszczonych po przeciwległej stronie rejestruje odbierane sygnały. Jeden obrót trwa około 1 sekundy. Podczas tego obrotu sygnały odbierane przez detektory promieniowania są przesyłane do systemu komputerowego, który przetwarza je na zrozumiały dla lekarza obraz na ekranie monitora. Podstawowymi zaletami tej metody są: wysoka rozdzielczość oraz praktycznie całkowite wyeliminowanie nakładania się na siebie organów i struktur znajdujących się poza obszarem zainteresowania. Dzięki metodzie CT uzyskuje się obrazy poprzecznego przekroju badanych obszarów ciała, co może być wykorzystane przy rozmaitych procedurach diagnostycznych.

Anatomy of a CT scan

CT scanners give doctors a 3-D view of the body. The images are exquisitely detailed but require a dose of radiation that can be 100 times that of a standard X-ray.



Napisy na schemacie

Zasada skanowania przy pomocy tomografu komputerowego CT

Przy pomocy tomografu komputerowego lekarz może oglądać ciało pacjenta w postaci trójwymiarowego obrazu. Uzyskiwane obrazy są niezwykle szczegółowe, ale dawka promieniowania jaką otrzymuje badana osoba może być 100-krotnie większa od dawki uzyskiwanej przy typowym zdjęciu rentgenowskim. Proces skanowania w tomografie komputerowym polega na tym, że wiązka promieni X jest obracana dookoła pacjenta, rejestrując serie obrazów przekroju, które następnie są dopasowywane razem przez system komputerowy.

Kierunek obrotu

Obracające się źródło promieni X

Rozbieżna wiązka promieni X

Ruchoma platforma

Obracające się detektory promieniowania X

Widok tomografu komputerowego

Pacjent leży na ruchomej platformie

Rys. 7 - Zasada działania i konstrukcji tomografu

Pierwsze badania przeprowadzane przy pomocy tego urządzenia w celu zgromadzenia wyjściowych danych dla skanu jednej warstwy przekroju trwały kilka godzin, a komputerowa rekonstrukcja obrazu na podstawie tych danych mogła wymagać nawet kilku dni.

Tomografy CT trafiły do ośrodków klinicznych w roku 1975 i początkowo służyły głównie do badania głowy. Pierwsze aparaty CT posiadały pojedynczy detektor promieniowania, umieszczony na przeciwko lampy rentgenowskiej i obracający się wraz z nią synchronicznie. Następne wersje rozwiązań konstrukcyjnych zamiast jednego wykorzystywały obracający się segment z wieloma detektorami.

Aktualnie radiolodzy korzystają z tomografów w których detektory są rozmieszczone na obwodzie nieruchomego pierścienia i obraca się jedynie źródło promieniowania X. Urządzenia te, z charakterystyczną pierścieniową obudową z dużym otworem dla pacjenta znane są obecnie pod nazwą CAT Computerized Axial Tomography (czyli "Komputerowa Tomografia Osiowa"). W trakcie badania stół z pacjentem jest wsuwany otworu głowicy systemu. CAT umożliwia badanie pacjenta leżącego na stole i uzyskiwanie wielu przekrojów poprzecznych (warstw) całego ciała

PROMIENIOWANIE JONIZUJĄCE

badanej osoby, a następnie jego przestrzenne odwzorowanie. W ten sposób można uzyskiwać bardzo efektowne trójwymiarowe obrazy całego pacjenta.



Rys. 8 - Komputerowy Tomograf Osiowy (CAT)

Obecnie na świecie wykorzystywanych jest ponad 30.000 tego rodzaju urządzeń. Swoją sukces CAT zawdzięcza przede wszystkim niezwyklej rozwiniętej technice komputerowej (włącznie z oprogramowaniem specjalistycznym), oraz nowym, doskonalszym rodzajom detektorów promieniowania.

Metoda tomografii komputerowej od chwili swojego pojawienia odgrywa w medycynie coraz większą rolę. Zostało to w pełni docenione, o czym świadczy fakt, że za swoje odkrycie Hounsfield otrzymał w roku 1979 Nagrodę Nobla w dziedzinie medycyny. N.b. współwynałazcą CT i Laureatem Nagrody Nobla został też fizyk Allan McLeod Cormac, który stworzył podwaliny teoretyczne tej metody. Warto dodać, że podstawy matematyczne dla odwzorowania obrazów dwu- i trójwymiarowych, które wykorzystano potem w tomografii, opracował na początku XX wieku Johann Karl August Radon, austriacki profesor Uniwersytetu we Wrocławiu.

Żywiotyowy postęp naukowy i techniczny, a zwłaszcza w dziedzinie mikroelektroniki i nanotechnologii, pozwala przewidywać, że w najbliższych latach pojawić się mogą źródła

promieniowania rentgenowskiego o zaskakujących cechach. W wielu laboratoriach na świecie prowadzone są w szczególności prace nad "lampami" rentgenowskimi, w których funkcje katody spełnia pęczek jednościennych nanowłókien węglowych (SWNT - Single Wall Nanotubes). Na wierzchołkach tych włókien o średnicy ca 1,4 nm następuje pod wpływem zewnętrznego pola elektrycznego autoemisja elektronów. Średnica pęczka nanowłókien węglowych wynosi ok. 50 nm. Pojawiły się już pierwsze prototypowe "lampy", mające średnicę 10 mm i długość 50 mm. (Informacja pochodzi z Nanoscale Research Letters.) Tego rodzaju rozwiązania pozwalają przewidywać, że zostanie opracowana aparatura rentgenowska o niezwykle małych wymiarach, która prawdopodobnie będzie mogła znaleźć liczne zastosowania, m.in. także w diagnostyce medycznej.

Godną wspomnienia jest przeprowadzona w roku 1950 przez pracowników i studentów Katedry Budowy Aparatów Elektromedycznych (KBAE) Politechniki Warszawskiej akcja montażu i uruchomienia w wielu miejscowościach na terenie całej Polski 120 szt. diagnostycznych aparatów rentgenowskich firmy Philips otrzymanych w darze od UNRRA (United Nations Relief and Rehabilitation Administration – Biuro Narodów Zjednoczonych d/s Niesienia Pomocy i Odbudowy Obszarów Zniszczonych). W kraju nikt w tamtych czasach nie był w stanie odpowiedzialnie podjąć się tego trudnego i niezwykle ważnego dla Służby Zdrowia zadania. W Katedrze podejmowano wtedy również próby uzyskiwania stereoskopowych obrazów rentgenowskich z pomyślnym rezultatem.

Prześwietlenia	
Klatka piersiowa	poniżej 0.02mSv
Ręce lub nogi	poniżej 0.01mSv
Stomatologiczne	poniżej 0.02mSv
Tomografia	
Głowa	2mSv
Klatka piersiowa	8mSv
Brzuch	10mSv
Medycyna nuklearna (naświetlania)	
Głowa	1mSv to 7mSv
Kości	4.2mSv
Wątroba	2.8mSv

Mini Encyclopedia of Nuclear Energy

