

Jacek Fabisiak¹, Jerzy Kupiński²,
Jarosław Michalak³, Hanna Nowik⁴

Problem odpadów promieniotwórczych w kontekście przyszłej elektrowni jądrowej zlokalizowanej w pasie nadmorskim

Wstęp

Bezpieczeństwo energetyczne Polski wymaga zapewnienia dostaw odpowiedniej ilości energii elektrycznej po racjonalnych kosztach, przy równoczesnym zachowaniu wymagań ochrony środowiska, które wynikają chociażby z przyjętego przez Unię Europejską pakietu klimatyczno-energetycznego. Pakiet ten wymusza na państwach Unii Europejskiej między innymi ograniczenie pracy źródeł o wysokiej emisji CO₂ na rzecz tych o niskiej emisji tego gazu, a to z kolei wymaga od państw dokonania zmian w strukturze produkcji energii. W Polsce plan takich zmian został zawarty w dokumencie „Polityka Energetyczna Polski do 2030 roku”, który został przyjęty przez Radę Ministrów 10 listopada 2009 r. W planie zawarto stosowne priorytety polityki energetycznej, wśród których jednym z podstawowych kierunków jest dywersyfikacja struktury wytwarzania energii elektrycznej poprzez wprowadzenie energetyki jądrowej⁵. Zgodnie z tą polityką obecny rząd planuje uruchomienie pierwszej elektrowni jądrowej do 2022 roku, a do roku 2030 mają pracować już 2, o łącznej mocy co najmniej 6000 MWe.

Jednym z wielu argumentów przemawiających za budową elektrowni jądrowych są aspekty ekologiczne. Elektrownia węglowa w porównaniu z elektrownią jądrową zużywa ogromne ilości paliwa. Szacuje się, że dla elektrowni o mocy 1000 MW potrzeba rocznie ok. 2,5 mln t węgla kamiennego, podczas gdy elektrownia jądrowa o tej samej mocy potrzebuje zaledwie 40 t paliwa rocznie.⁶

Ponadto elektrownie konwencjonalne emitują szkodliwe substancje chemiczne w postaci gazów lub trujących cząstek (tlenki siarki i azotu - składniki kwaśnego deszczu i smogu), a także są istotnym źródłem wprowadzania substancji promieniotwórczych do środowiska. Podczas spalania węgla dochodzi do uwolnienia uranu oraz toru, a na domiar tego podczas wydobycia paliw kopalnych także promieniotwórczego gazu jakim jest radon.

Poważny problem ekologiczny stanowią także odpady, które powstają zarówno w elektrowniach węglowych jak i jądrowych. Jednak odpady z elektrowni jądrowej, choć bardzo „kłopotliwe”, mają objętość do 10 000 razy mniejszą w porównaniu z odpadami z elektrowni węglowej. Dla przykładu jeden blok o mocy 360 MW w elektrowni Opole wytwarza rocznie około 190 000 t popiołu i żużla oraz 45 500 t gipsu, podczas gdy w elektrowni jądrowej Beznau (Szwajcaria), o porównywalnej mocy powstaje około 50 m³ odpadów, w tym jedynie 0,8 m³ odpadów wysokoaktywnych, które stanowi wypalone paliwo jądrowe.⁷ Nie mniej jednak fakt powstawania odpadów promieniotwórczych w czasie eksploatacji elektrowni jądrowej wymusza na Polsce zorganizowania miejsca do ich składowania.

Odpady promieniotwórcze nie powstają jedynie jako skutek energetyki jądrowej. Problem unieszkodliwiania odpadów promieniotwórczych powstał w Polsce w 1958 roku, z chwilą uruchomienia w Instytucie Badań Jądrowych w Świerku koło Otwocka pierwszego badawczego reaktora jądrowego EWA. Celem zabezpieczenia powstających tam odpadów w 1961 roku oddano do eksploatacji w miejscowości Różan nad Narwią składowisko odpadów promieniotwórczych. Na składowisko to przeznaczono dawny fort wojskowy z lat 1905-1908.

Obecnie w Polsce źródeł odpadów promieniotwórczych jest znacznie więcej. Powstają one w wyniku stosowania izotopów promieniotwórczych w medycynie, przemyśle i badaniach naukowych oraz podczas ich wytwarzania, a także w wyniku pracy jedyne go pracującego reaktora ba-

¹ dr inż. Jacek Fabisiak, Akademia Marynarki Wojennej, Wydział Dowodzenia i Operacji Morskich.

² dr Jerzy Kupiński, Akademia Marynarki Wojennej, Wydział Dowodzenia i Operacji Morskich.

³ dr Jarosław Michalak, Akademia Marynarki Wojennej, Wydział Dowodzenia i Operacji Morskich.

⁴ Mgr Hanna Nowik, Akademia Marynarki Wojennej, Wydział Dowodzenia i Operacji Morskich.

⁵ Polityka energetyczna Polski do 2030 roku - załącznik do uchwały nr 202/2009 Rady Ministrów z 10 listopada 2009 r., Ministerstwo Gospodarki, Warszawa, 2010

⁶ Jeziński G., elektrownia jądrowa a konwencjonalna, Energetyka Ciepła i Zawodowa nr 10/2009, BMP, 2009

⁷ ibidem

dawczego MARIA, w którym odpad stanowi zużyte paliwo jądrowe, które jest nadal silnie promieniotwórcze i wymaga odpowiedniego zabezpieczenia. Składowisko w Różanie jest wciąż jedynym składowiskiem odpadów promieniotwórczych w Polsce, i wyłączni tu składa się wszystkie wytworzone w kraju w ciągu ostatnich 50 lat odpady promieniotwórcze. Działanie to sprawiło, iż składowisko to wkrótce będzie wypełnione. W związku z tym niezależnie od tego czy będą w Polsce elektrownie atomowe czy też nie, w naszym kraju konieczne jest wybudowanie nowego składowiska odpadów promieniotwórczych. Ponad to obecne składowisko nie nadaje się do umieszczenia w nim odpadów wysokoaktywnych (choć tych będzie bardzo niewiele jeśli wypalone paliwo z elektrowni będzie poddawane recyklicacji), co jest kolejnym argumentem przemawiającym za budową i w konsekwencji koniecznością wyznaczenia lokalizacji dla nowego składowiska.

Odpady promieniotwórcze powstające w elektrowni jądrowej

Odpady promieniotwórcze to materiały stałe, ciekłe lub gazowe, zawierające substancje promieniotwórcze lub materiały skażone tymi substancjami, których wykorzystanie jest niecelowe lub niemożliwe.⁸

Biorąc pod uwagę rodzaj wysyłanego promieniowania oraz typ odpadów dzieli się je na następujące kategorie:

- niskoaktywne, średnioaktywne i wysokoaktywne odpady beta i gamma promieniotwórcze;
- alfa-promieniotwórcze;
- zamknięte źródła promieniotwórcze.

Wypalone paliwo jądrowe stanowi odrębną grupę materiałów promieniotwórczych, zwykle zaliczaną do odpadów wysokoaktywnych.

Praktycznie przy każdej działalności związanej z produkcją bądź stosowaniem izotopów promieniotwórczych towarzyszy powstawanie odpadów promieniotwórczych. Najczęstszymi odpadami promieniotwórczymi wytwarzanymi w elektrowniach jądrowych są:

- filtry wody w reaktorach jądrowych i zużyte wymiennicze jonowe;
- materiały i narzędzia używane w rutynowej pracy przy instalacjach jądrowych, np. zawory, części pomp, fragmenty rurociągów;
- wyposażenie pracowni naukowych pracujących na rzecz elektrowni;

- pokrowce na buty, fartuchy, ściereczki, ręczniki papierowe itp., używane wszędzie tam, gdzie człowiek spotyka się z materiałami promieniotwórczymi;
- filtry używane do testów zanieczyszczenia powietrza materiałami promieniotwórczymi, a także cieczy używane czasem do rozpuszczania tych filtrów;
- pojemniki, ubrania, papier, wata, lignina, płyny i wyposażenie, które miały kontakt z materiałami promieniotwórczymi stosowanymi w medycynie;
- materiały biologiczne używane w badaniach naukowych w różnych działach medycyny i farmacji.

Znaczące ilości odpadów promieniotwórczych powstają także na kolejnych etapach technologicznych przemysłu jądrowego:

- podczas przerobu rudy uranowej, po procesie ekstrakcji uranu z rudy, zostają promieniotwórcze hałdy w ilości porównywalnej z ilością rudy;
- w procesie wzbogacania uranu w ²³⁵U pozostaje zubożony uran;
- wypalone paliwo w reaktorach;
- przerób wypalonego paliwa, który po procesie wydobycia uranu, plutonu i transuranowców pozostawia wysokoaktywne odpady niepożądanych transuranowców.

W zależności od aktywności oraz czasu połowicznego rozpadu odpady promieniotwórcze klasyfikuje się na^{9,10}:

- odpady wysokoaktywne HLW (High-Level Waste) - przerobione wypalone paliwo z reaktorów jądrowych i niektórych procedur podczas produkcji broni jądrowej. Zawierają one silnie promieniotwórcze, krótko- i długo-życiowe fragmenty rozszczepienia, niebezpieczne związki chemiczne, toksyczne metale ciężkie;
- odpady niskoaktywne LLW (Low-Level Waste) - pochodzą z reaktorów, a także ze źródeł promieniotwórczych stosowanych w nauce, przemyśle i medycynie;
- odpady transuranowe TRU (TRansUranium) – wytwarzane w fabrykach przerobu paliwa oraz przez nuklearny przemysł zbrojeniowy;
- odpady o pośredniej aktywności ILW (Intermediate Level Waste) – to odpady średnioaktywne, które zawierają radioizotopy długożyciowe w ilościach wymagających wyższego stopnia zabezpieczenia i izolacji od biosfery. Wskazane

⁸ Ustawa Prawo Atomowe z 2001r., Dz.U. z 2007 nr 42 poz. 276 z późn. zm.

⁹ MAEA, Classification of Radioactive Waste, IAEA, Draft Safety Guide No DS 390 (2008.02.04)

¹⁰ Włodarski J., Unieszkodliwianie odpadów promieniotwórczych – perspektywy dla energetyki jądrowej, Państwowa Agencja Atomistyki, Warszawa, 2010

jest składowanie ich w obiekcie o głębokości od kilkudziesięciu do kilkuset metrów;

- odpady o bardzo niskiej aktywności VLLW (Very Low Level Waste) – powstają podczas eksploatacji i likwidacji obiektów jądrowych. Są to odpady alfa, beta i gamma promieniotwórcze o aktywności w obszarze nieco powyżej poziomów określonych dla zwolnienia materiałów z kontroli dozorowej. Takie odpady, zawierające radioizotopy pochodzenia naturalnego, mogą powstawać także w związku z wydobywaniem lub przetwarzaniem rud i minerałów;
- odpady krótkożyciowe VSLW (Very Short Lived Waste) - zawierają wyłącznie radioizotopy o bardzo krótkim okresie połowicznego rozpadu przy stężeniach powyżej poziomów zwolnienia. Są to na przykład Ir-192 i Tc-99m oraz odpady zawierające radioizotopy o podobnie krótkich okresach połowicznego rozpadu pochodzące z zastosowań przemysłowych i medycznych;
- odpady wyłączone EW (Exempt Waste) – odpady zawierające tak małe stężenia radioizotopów, że nie wymagają stosowania środków ochrony przed promieniowaniem, bez względu na to, czy są składowane na konwencjonalnych wysypiskach, czy poddawane recyklingowi.

Z uwagi na szczególnie charakter, odpady promieniotwórcze wymagają specjalnego postępowania. Dotyczy to gromadzenia, przetwarzania, zestalania, transportu, okresowego przechowywania i ostatecznego składowania. Odpady promieniotwórcze muszą być odpowiednio przetworzone, zestalone, opakowane, a następnie bezpiecznie składowane. Podstawowym celem wymienionych działań jest takie zabezpieczenie odpadów promieniotwórczych, aby nie stworzyły one zagrożenia dla człowieka i środowiska.

Gospodarka odpadami promieniotwórczymi

Wytwarzanie odpadów promieniotwórczych można ograniczać, jednak póki co nie da się ich całkowicie wyeliminować. Powstają one na każdym etapie cyklu paliwowego, którego zadaniem jest przygotowanie paliwa do reaktorów jądrowych, wypalenie go w reaktorze, a następnie przerób paliwa wypalonego i składowanie odpadów promieniotwórczych.

Głównymi ogniwami cyklu paliwowego są:

- wydobywanie rudy uranowej;
- produkcja koncentratów uranowych;
- przemiana U_3O_8 w UF_6 ;
- wzbogacenie uranu w izotop ^{235}U ;
- wytwarzanie materiałów paliwowych;
- produkcja elementów paliwowych;

- wypalenie paliwa w reaktorze;
- składowanie paliwa wypalonego;
- przerób paliwa wypalonego;
- przerób odpadów promieniotwórczych;
- ostateczne składowanie odpadów promieniotwórczych¹¹.

Podejście do odpadów zależy od ich rodzaju. Odpady o średniej i niskiej aktywności po uprzednim przygotowaniu, składuje się na składowiskach odpadów promieniotwórczych. Takie składowiska działają w całej Unii Europejskiej, również w Polsce.

W przypadku odpadów wysoko-aktywnych i wypalonego paliwa działania są dwójakiego rodzaju:

- przekazanie odpadów do przedsiębiorstwa przerobu paliwa jądrowego;
- głębokie składowanie na odpowiednio przygotowanych do tego celu składowiskach.

Wypalone paliwo jądrowe nie zawsze deklorowane jest jako odpad. Do niedawna traktowano je prawie zawsze jako materiał do wykorzystania, który po „schłodzeniu” odsyłało do zakładów przerobu wypalonego paliwa. Tak postępuje się w Rosji, Francji, Wielkiej Brytanii, Japonii oraz w Indiach. W Europie takie zakłady znajdują się we Francji – La Hague, oraz w Wielkiej Brytanii w Sellafield.

W USA wypalone paliwo traktowane jest jako odpad i składowane w „mogielnikach”, jednakże i inne krajach opracowują projekty budowy składowisk głębokich na swoim terytorium. W Unii Europejskiej najbardziej zaawansowane programy budowy tego rodzaju składowisk posiadają Szwecja i Finlandia.

W Polsce głównym źródłem odpadów promieniotwórczych jest reaktor MARIA oraz Instytut Energii Atomowej POLATOM w Świerku koło Otwocka. Stąd pochodzi ok. 90% ciekłych i 40% stałych odpadów promieniotwórczych, przy czym są to w zdecydowanej większości odpady niskoaktywne. Ciekłe odpady średnioaktywne powstają przy produkcji źródeł promieniotwórczych i w niektórych przypadkach podczas dekontaminacji skażonych powierzchni. Pozostałe 60% stałych odpadów promieniotwórczych pochodzi ze znajdujących się na terenie całego kraju szpitali, klinik i innych instytucji wykorzystujących techniki izotopowe.¹²

W Polsce za właściwe postępowanie z odpadami promieniotwórczymi odpowiada kierownik jednostki organizacyjnej, na terenie której one powstały, natomiast instytucją w Polsce posiadającą zezwolenie na unieszkodliwianie i składowanie odpadów promieniotwórczych jest wyłącznie ZUOP, który odpowiada za prawidłowe postępowanie

¹¹ Program Polskiej Energetyki Jądrowej – Projekt, Ministerstwo Gospodarki, Warszawa, 2010

¹² ibidem

z odpadami promieniotwórczymi od chwili ich przejęcia od wytwórcy. W tabeli 1 przedstawiono bilans odpadów odebranych przez Zakład Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych (ZUOP) do unieszkodliwiania w latach 2000-2008.

Zakład Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych jest także operatorem i użytkownikiem Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych (KSOP), które jest składowiskiem typu powierzchniowego i przeznaczonym do składowania jedynie krótkożyciowych odpadów nisko i średnioaktywnych, a także do okresowego przechowywania odpadów długożyciowych.

z odpadami promieniotwórczymi pochodzącymi z różnej działalności, Minister Gospodarki powołał Zespół do Spraw Opracowania Krajowego Planu Postępowania z Odpadami Promieniotwórczymi i Wypalonym Paliwem Jądrowym. Celem tego zespołu jest również zaproponowanie sposobu podejścia do wypalonego paliwa jądrowego pochodzącego z przyszłych polskich elektrowni jądrowych oraz założeń i zaleceń, co do dalszych prac w tej dziedzinie¹⁴.

Tabela 1. Bilans odpadów odebranych przez ZUOP do unieszkodliwiania w latach 2000-2001

Wyszczególnienie	2000		2001		2002		2003		2004		2005		2006		2007		2008		
	stałe	ciekłe	stałe	ciekłe	stałe	ciekłe	stałe	ciekłe	stałe	ciekłe	stałe	ciekłe	stałe	ciekłe	stałe	ciekłe	stałe	ciekłe	
Zróżnice odpadów promieniotwórczych																			
Reaktor MARIA (m ³)	16,55	265,00	14,60	110,00	8,00	95,00	6,00	30,00	6,00	98,21	5,030	21,00	12,92	152,09	5,50	84,00	6,76	29,00	
Reaktor EWA (m ³)	4,65	-	1,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
OR POLATOM IEA (m ³)	11,85	0,41	10,75	0,34	7,200	0,26	7,80	0,23	8,03	0,13	8,60	0,02	7,75	0,03	6,20	0,02	-	0,05	
ZUOP (m ³)	5,89	8,50	76,95	8,00	3,10	4,00	18,95	8,00	7,06	-	2,56	4,00	0,33	0,00	1,51	0	3,35	6,00	
Instytucje spoza Ośrodka Świerk (medycyna, przemysł, nauka) (m ³)	45,83	1,30	41,98	1,39	29,73	1,59	26,79	1,45	31,39	2,88	26,13	1,66	21,17	0,96	17,27	0,48	12,68	2,59	
Ogółem	84,76	275,20	145,48	119,73	48,03	100,85	59,54	39,68	52,48	101,22	42,32	26,68	42,17	153,08	30,48	84,50	22,79	37,64	
Kategorie odpadów promieniotwórczych																			
niskoaktywne (m ³)	63,22	274,81	128,14	119,40	39,77	100,64	47,62	39,66	40,17	28,19	31,26	26,68	41,57	153,08	29,92	84,48	22,38	37,63	
średnioaktywne (m ³)	-	0,40	-	0,33	-	0,21	1,88	0,02	1,35	73,03	0,65	-	0,60	0,02	0,60	0,02	0,40	0,01	
alfa-promieniotwórcze (m ³)	3,74	-	1,66	-	5,07	-	2,16	-	0,79	-	1,90	-	2,46	-	0,45	-	0,08	-	
czujki dymu (szt.)	24 367		20 490		10 148		9 995		12 211		14 101		19 394		16 425		25 053		
źródła zamknięte (szt.)	898		875		1235		1195		619		825		1 397		1 508		2675		
Odpady przekazane do składowania w KSOP-Różan																			
objętość (m ³)	44,87		137,16		40,72		40,99		33,03		36,30		67,95		48,88		73,41		
aktywność (rozpad na 31.12 w danym roku) (TBq)	1,40		1,57		2,41		1,24		0,52		1,87		1,74		1,37		1,26		

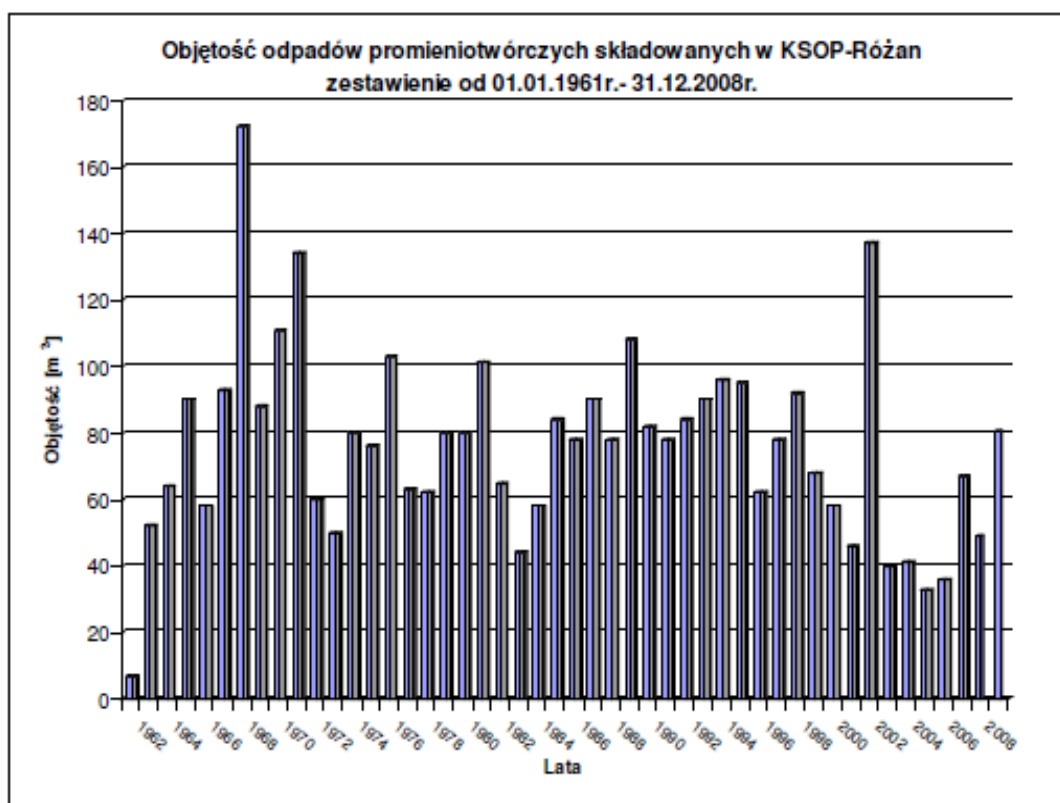
Źródło: Program Polskiej Energetyki Jądrowej – Projekt, Ministerstwo Gospodarki, Warszawa, 2010

Na rysunku 1 przedstawiono roczne objętości odpadów zgromadzonych na składowisku od 1961 do 2008 roku.

Zgodnie z szacunkami ZUOP, składowisko odpadów promieniotwórczych w Różanie będzie całkowicie zapełnione już około roku 2022.¹³ W celu opracowania planu dalszego postępowania

¹³ ibidem

¹⁴ ibidem



Rys. 1. Objętość odpadów promieniotwórczych przekazanych do składowania w latach 1961-2008

Źródło: Program Polskiej Energetyki Jądrowej – Projekt, Ministerstwo Gospodarki, Warszawa, 2010.

Potencjalne lokalizacje składowiska odpadów promieniotwórczych w Polsce

Podjęmowane obecnie działania Zespołu do Spraw Opracowania Krajowego Planu Postępowania z Odpadami Promieniotwórczymi i Wypalonym Paliwem Jądrowym nie odnoszą się bezpośrednio do kwestii budowy głębokiego, podziemnego składowiska dla odpadów wysokoaktywnych i wypalonego paliwa. Polska nie ma obecnie problemu z wypalonym paliwem z reaktora badawczego MARIA. W 2009 roku podpisano umowy ze Stanami Zjednoczonymi i Federacją Rosyjską na wywóz na stałe tego paliwa do Rosji. Problem ten jednak może pojawić się po około 30 - 40 latach od uruchomienia pierwszej elektrowni jądrowej czyli najwcześniej około 2050 r. Do tego czasu wypalone paliwo będzie przechowywane w przechowalnikach przyreaktorowych oraz na składowisku przejściowym na terenie elektrowni.¹⁵ Obecnie najpilniejszym zadaniem w zakresie gospodarki odpadami promieniotwórczymi jest budowa nowego składowiska odpadów nisko i średnioaktywnych, a przede wszystkim wybór odpowiedniej na jego budowę lokalizacji.

Proces lokalizacji SOP polega na odpowiednim doborze warunków geologicznych, konstrukcji składowiska i kryteriów akceptacji odpadów do składowania i zwykle przebiega w 4 etapach:

- koncepcja, planowanie oraz badania materiałów archiwalnych;
- badania regionalne;
- szczegółowe badania wytypowanych obszarów;
- szczegółowe badania dokumentujące poprawność wyboru lokalizacji.¹⁶

Celem dwóch pierwszych etapów jest wyodrębnienie obszarów i formacji geologicznych perspektywicznych dla dalszych, bardziej szczegółowych badań studialnych. Analiza na tych etapach ma generalnie charakter screening'u negatywnego, co oznacza, że badania na wytypowanych obszarach mają na celu zdefiniowanie warunków wykluczających lub ograniczających lokalizację. Pierwszy etap procesu lokalizacji przeprowadza się zazwyczaj w oparciu o istniejącą dokumentację budowy geologicznej kraju. Dopiero w następnych etapach prowadzone będą badania terenowe.¹⁷

¹⁵ Program Polskiej Energetyki Jądrowej... op cit

¹⁶ Frankowski Z., Mitrega J., *Poszukiwania lokalizacji przypowierzchniowych składowisk odpadów promieniotwórczych*, Bezpieczeństwo Jądrowe i Ochrona Radiologiczna, Biuletyn Informacyjny PAA Nr 3/98 (Vol.35), Warszawa, 1998

¹⁷ Włodarski J., *Unieszkodliwianie odpadów ...op. cit*

Po przeprowadzeniu wstępnych badań eksperti Państwowej Agencji Atomistyki wytypowali 5 lokalizacji pod budowę składowiska:

- Łanięta (woj. łódzkie, powiat kutnowski);
- Damasławek (woj. wielkopolskie, powiat wągrowiecki);
- Kłodawa (woj. wielkopolskie, powiat kolski);
- Jarocin (woj. wielkopolskie, powiat jarociński);
- Pogorzel (woj. warmińsko-mazurskie, powiat gołdapski).

W Łaniętach, Damasławku i Kłodawie znajdują się wsady solne, które są najbardziej odpowiednie do umieszczania odpadów promieniotwórczych. W Jarocinie i Pogorzeli znajdują się pokłady iłowe, które również umożliwiają lokalizację w tym miejscu takiego obiektu.

PAA wyznaczyła też lokalizacje zapasowe w okolicach Suwałk:

- Kruszyniany (woj. podlaskie, powiat sokólski);
- Krasnopol (woj. podlaskie, powiat sejneński);
- Tajno (woj. podlaskie, powiat augustowski);
- Rydzewo (woj. podlaskie, powiat grajewski)¹⁸.

Dalsze prace obejmować będą analizę wyników dotychczasowych opracowań. Dokonana zostanie też reinterpretacja archiwalnych materiałów geofizycznych dla powyższych lokalizacji. Na podstawie tych analiz wyznaczone zostaną 3 optymalne lokalizacje składowiska odpadów promieniotwórczych. Dla wytypowanych lokalizacji przewiduje się przeprowadzenie szczegółowych badań, które ostatecznie doprowadzą do ustalenia jednej konkretnej lokalizacji składowiska nisko- i średnioaktywnych odpadów promieniotwórczych w Polsce, co planowane jest w roku 2013. Po wyborze lokalizacji prowadzone będą prace projektowe i budowlane, tak aby najpóźniej w 2020 roku nowe składowisko było już gotowe¹⁹.

Wnioski

Postępowanie z odpadami promieniotwórczymi można uznać za proces dobrze rozpoznany. W przypadku odpadów promieniotwórczych nisko i średnioaktywnych zarówno metody przetwarzania jak i ich składowanie nie nastrocza problemów technicznych. Jeśli chodzi o odpady wysokoaktywne i długożyciowe obserwuje się pewne niezdecydowanie związane ze stosowaniem składowania

w obiektach zlokalizowanych w głębokich formacjach geologicznych. Niemniej, większość krajów posiadających elektrownie jądrowe prowadzi intensywne prace badawcze związane z tą technologią składowania, co być może doprowadzi do zmniejszenia ilości i aktywności odpadów wysokoaktywnych.

Wyboru lokalizacji składowiska nie dokonuje się przypadkowo. Po pierwsze, muszą istnieć sprzyjające warunki geologiczne i hydrogeologiczne terenu. Po drugie, ludność musi mieć zagwarantowaną ochronę przed uwolnieniem się odpadów promieniotwórczych. Koniecznym jest odpowiednie zabezpieczenie składowiska przed przypadkowym wejściem na jego teren osób postronnych, a także zagwarantowanie bezpieczeństwa ludności zarówno w okresie działania składowiska jak i po jego zamknięciu.

Nie można zapomnieć także o pewnych rekompensatach finansowych dla ludności. Obecność składowiska obniża wartość terenu i zabudowań, a ludność w obawie o swoje zdrowie, będzie domagała się lepszej opieki medycznej, sprawniejszego systemu ratowniczego, lepszych dróg dojazdowych.

Istotną kwestią jest również akceptacja społeczna składowiska. Ludność terenu, na którym planuje się zainstalować składowisko musi mieć pewność, że w każdej chwili będzie mogła skontrolować prawidłowość działania składowiska poprzez wybrane przez siebie służby monitorujące środowisko naturalne, i że zawsze będzie traktowana jak równorzędny partner. Ważna jest umiejętność rzeczowej i życzliwej rozmowy z reprezentantami lokalnej społeczności i edukacja ludności od najmłodszych lat. Odpowiedzialni za pracę składowiska muszą więc na terenie swego działania prowadzić odpowiednią edukację dotyczącą promieniowania jonizującego.

Streszczenie

Rosnąca liczba ludności, zwiększająca się produkcja dóbr konsumpcyjnych oraz coraz szybszy postęp technologiczny spowodowały, iż produkcja odpadów stała się obecnie jednym z poważniejszych problemów w skali światowej. Dylemat ten wynika zarówno ze stale wzrastającego tempa produkcji odpadów, jak również z ich różnorodności. Mimo postępu technologicznego, wzrostu świadomości ekologicznej społeczeństwa obecnie wciąż najczęstszą metodą unieszkodliwiania odpadów jest ich składowanie.

Dotychczas w Polsce problem składowania dotyczył głównie odpadów komunalnych i przemysłowych. Mimo, iż w medycynie, przemyśle i badaniach naukowych wytwarzane były odpady promieniotwórcze, niewielka ich ilość nie powodowała poważnych problemów z ich składowaniem.

¹⁸ Energetyka jądrowa w Polsce, Energetyka Jądrowa, <http://www.atom.edu.pl/index.php/ej-w-polsce.html> dostęp: 07.09.2011r.

¹⁹ Program Polskiej Energetyki Jądrowej ... op. cit.

Jednak przyszłe elektrownie jądrowe w Polsce, oprócz ewidentnych korzyści generować będą także odpady, również te szczególnie niebezpieczne - wysokoaktywne wypalone paliwo jądrowe. Obecnie eksploatowane składowisko odpadów promieniotwórczych w Różanie nie jest w stanie zabezpieczyć potrzeb dla przyszłych elektrowni, stąd wynika konieczność budowy nowego.

W artykule przedstawiono główne dylematy związane z lokalizacją przyszłego składowiska odpadów promieniotwórczych, wśród których oprócz aspektów technicznych, bardzo istotnym jest także aspekt związany z opinią publiczną.

Abstract

The article presents the main problems related to the location of future radioactive waste repository. In addition to the very important technical aspects, the article presents the very important aspects of public opinion in this topic.

Literatura

1. Czerwiński A., *Energia jądrowa i promieniotwórczość*, Oficyna Edukacyjna, Warszawa, 1998;
2. *Energetyka jądrowa w Polsce*, Energetyka Jądrowa, <http://www.atom.edu.pl/index.php/ej-w-polsce.html>, dostęp: 07.09.2011r.;
3. Frankowski Z., Mitręga J., *Poszukiwania lokalizacji przypowierzchniowych składowisk odpadów promieniotwórczych*, Bezpieczeństwo Jądrowe i Ochrona Radiologiczna, Biuletyn Informacyjny PAA Nr 3/98 (Vol.35), Warszawa, 1998;
4. Jezierski G., *Elektrownia jądrowa a konwencjonalna*, Energetyka Ciepła i Zawodowa nr 10/2009, BMP, 2009;
5. *MAEA, Classification of Radioactive Waste*, IAEA, Draft Safety Guide No DS 390 (2008.02.04);
6. *Polityka energetyczna Polski do 2030 roku - załącznik do uchwały nr 202/2009 Rady Ministrów z 10 listopada 2009 r.*, Ministerstwo Gospodarki, Warszawa, 2010;
7. *Program Polskiej Energetyki Jądrowej - Projekt*, Ministerstwo Gospodarki, Warszawa, 2010;
8. *Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 3 grudnia 2002 r. w sprawie odpadów promieniotwórczych i wypalonego paliwa jądrowego*, Dz.U. z 2002 nr 230 poz. 1925;
9. Skwarzec B., *Radiochemia środowiska i ochrona radiologiczna*, Zeszyty Zielonej Akademii, Gdańsk, 2002;
10. *Ustawa Prawo Atomowe z 2001r.*, Dz.U. z 2007 nr 42 poz. 276 z późn. zm.;
11. Włodarski J., *Unieszkodliwianie odpadów promieniotwórczych - perspektywy dla energetyki*

jądrowej, Państwowa Agencja Atomistyki, Warszawa, 2010.