

ISSN 2353-9062

4 (98) 2014

BEZPIECZEŃSTWO JĄDROWE I OCHRONA RADIOLOGICZNA



PAŃSTWOWA
AGENCJA
ATOMISTYKI

Wydawca:



Redakcja: ul. Krucza 36, 00-522 Warszawa
TEL. 22 695 98 22, 629 85 93
FAX 22 695 98 15
E-MAIL biuletyn@paa.gov.pl
WWW. paa.gov.pl

Maciej JURKOWSKI, Przewodniczący Rady Programowej

Marek WOŹNIAK, Redaktor naczelny

ISSN 2353-9062 (publikacja elektroniczna)

BEZPIECZEŃSTWO JĄDROWE I OCHRONA RADIOLOGICZNA

BIULETYN INFORMACYJNY PAŃSTWOWEJ AGENCJI ATOMISTYKI

Nr 4 (98) 2014
Warszawa

Spis treści

Paulina Szycko	
Wyzwania komunikacyjne PAA jako polskiego dozoru jądrowego w obliczu PPEJ a polityka komunikacyjna dozorów zagranicznych	5
Krzysztof Makowski	
Przeгляд aktualnego stanu prac nad głębokim składowiskiem.	10
Wojciech Krysiński	
Pomiary hałdy po byłej kopalni uranu „Grzmiąca” w Grzmiącej, gm. Głuszycza woj. dolnośląskie . . .	15
Łukasz Drewniak	
Składowiska odpadów górnictwa uranowego w Sudetach – wzmożony poziom promieniowania jonizującego i możliwości jego ograniczenia.	22
Iga Reszke	
Strategia wczesnego reagowania na potencjalną ciężką awarię w europejskich elektrowniach jądrowych	27
Maciej Drabent	
Postępowanie w przypadku wykrycia substancji bądź niekontrolowanych źródeł promieniotwórczych w odpadach komunalnych, przemysłowych lub złomie	34

Szanowni Państwo

Czwarty tegoroczny numer Biuletynu otwiera artykuł pani **Pauliny Szycko**, poświęcony celom i okolicznościom opracowania w PAA strategii komunikacji z interesariuszami na lata 2014–18, w szerszym kontekście doświadczeń zagranicznych urzędów dozoru w tym zakresie oraz wdrażania zmian przygotowujących PAA do zadań dozoru jądrowego w Polskim Programie Energetyki Jądrowej (PPEJ).

W drugim artykule pan **Krzysztof Makowski** pokazuje stan zaawansowania procesów realizacji głębokich (geologicznych) składowisk wysokoaktywnych i długozyciowych odpadów promieniotwórczych w poszczególnych krajach UE ze wskazaniem aktualnego etapu prac (opracowanie programu wieloletniego, badania w podziemnym laboratorium, poszukiwanie lokalizacji, decyzja lokalizacyjna, budowa składowiska) oraz podaniem orientacyjnych, zakładanych dat ich uruchomienia.

Kolejne dwa artykuły poświęcone są współczesnym problemom związanym z poszukiwaniami i wydobywaniem w przeszłości na terenie Polski rudy uranu dla potrzeb sowieckiego przemysłu zbrojeniowego. Pan **Wojciech Krysiński** opisuje historię prowadzonych w latach 1947–73 pod szyldem Zakładów Przemysłowych R-1 w Kowarach prac poszukiwawczo-geologicznych i wydobywczych w Sudetach, ze szczegółowym omówieniem, jako przykład, historii badań, charakterystyk złoża oraz pozostałości powydobywczych na terenie dawnej kopalni badawczej „Grzmiąca”. Podaje także wyniki pomiarów kontrolnych hałdy, pozostałej po badawczych robotach górniczych, wykonanych przez ekipę PAA (dozór jądrowy) w czerwcu 2014 roku, wraz z oszacowaniem bezpieczeństwa radiacyjnego. Hałdy takie, występujące w wielu miejscach na terenie Sudetów, stanowią swoiste składowiska odpadów kopalnianych, charakteryzujące się wzmożonym poziomem tła promieniowania jonizującego na ich terenie. Pan **Łukasz Drewniak** omawia wyniki realizowanego w latach 2010–14 projektu NCBR (Narodowe Centrum Badań i Rozwoju) poświęconego określeniu parametrów przestrzennych hałd po górnictwie uranowym oraz kierunku spływu wód z tych zwałowisk, a także jedną z możliwych metod ich rekultywacji, która pozwoliłaby na znaczne obniżenie zawartości uranu w tych zwałowiskach.

W październiku 2014 roku ogłoszono wyniki prac, podjętych w UE w następstwie awarii w Fukushima w celu określenia strategii reagowania na ciężką awarię jednego lub więcej reaktorów energetycznych w Europie w pierwszych godzinach jej trwania – w sytuacji, gdy jeszcze niedostępne są dane dające podstawę do dobrze uzasadnionej decyzji o podjęciu działań ochronnych w odniesieniu do ludności w otoczeniu elektrowni, która uległa awarii. Wyniki te i płynące z nich wnioski, opracowane na podstawie tzw. raportu AtHLET, wskazujące uzgodniony międzynarodowo, zalecany sposób postępowania w takiej sytuacji, przytacza pani **Iga Reszke**.

Sprawom zdarzeń na mniejszą skalę, ale także mogących stwarzać zagrożenie, poświęcona jest informacja pana **Macieja Drabenta** o tym, jakie powinno być prawidłowe postępowanie w wypadku wykrycia substancji promieniotwórczych w odpadach komunalnych, przemysłowych lub złomie.

Z okazji zbliżających się Świąt Bożego Narodzenia oraz Nowego Roku składam Państwu w imieniu Redakcji i swoim najlepsze życzenia radosnego świętowania oraz sukcesów i wszelkiej pomyślności w 2015 roku.

Przewodniczący Rady Programowej
Maciej Jurkowski



Wyzwania komunikacyjne PAA jako polskiego dozoru jądrowego w obliczu PPEJ a polityka komunikacyjna dozorów zagranicznych

Paulina Szycko

Państwowa Agencja Atomistyki

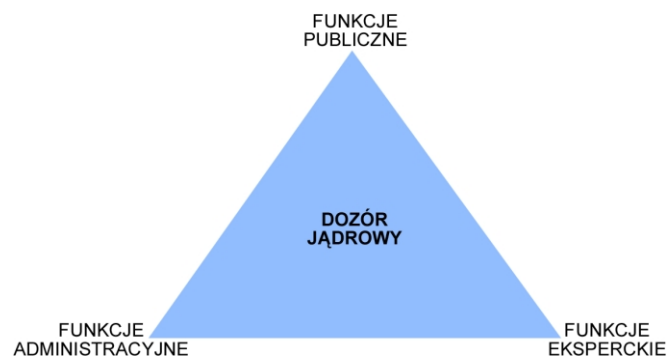
Wdrożenie Programu Polskiej Energetyki Jądrowej to gigantyczne wyzwanie. PAA przygotowuje się do tego, zarówno szkoląc pracowników do kontroli dozorowych, jak i opracowując nowe zasady komunikacji.

Cofnijmy się w myślach do roku 2008. PAA jest wysoko wyspecjalizowaną instytucją, znaną raczej niewielkiemu, kontrolującą dwa reaktory badawcze (z czego jeden w likwidacji), składowisko odpadów promieniotwórczych i przechowalniki wypalonego paliwa jądrowego z tych reaktorów oraz dwa i pół tysiąca użytkowników źródeł promieniowania jonizującego. Energetyka jądrowa, ze względu na brak elektrowni atomowych w Polsce, w debacie publicznej stanowi raczej temat dla pasjonatów i wąskiej grupy ekspertów.

W 2009 roku Rada Ministrów podejmuje decyzję o rozpoczęciu prac nad Programem Polskiej Energetyki Jądrowej. Dla Polski decyzja ta oznacza większą dywersyfikację źródeł energii dzięki uruchomieniu elektrowni nowego typu (opierających się na nowej technologii i nowym rodzaju paliwa) poprzedzonym rzecz jasna ogromnymi nakładami finansowymi. W Ministerstwie Gospodarki powołany jest pełnomocnik rządu ds. energetyki jądrowej – zostaje nim Hanna Trojanowska. PGE tworzy spółkę celową PGE EJ1, która ma się zająć budową elektrowni.

Co natomiast PPEJ oznacza dla samej PAA? Przede wszystkim zwiększenie dotychczasowego zakresu kompetencji, konieczność rozszerzenia kadr i zapewnienia im intensywnych szkoleń. Oznacza ona także, że nasza relatywnie mało znana wcześniej instytucja znajdzie się w ciągu kilku lat na pozycji jednego z czołowych partnerów polskiego rynku energetycznego. Wiązać się to będzie ze wzmocnionym zainteresowaniem mediów i społeczeństwa. Unowocześnić więc trzeba jeszcze jedną, niezmiernie ważną sferę działania – komunikację społeczną, należącą do najistotniejszych **funkcji publicznych** dozoru jądrowego

(rys. 1). Proces rozszerzenia kadr obejmował zwiększenie zatrudnienia w latach 2011–14 o blisko 40 etatów. Uzyskanie na to środków i dostosowanie struktury urzędu do nowych zadań uwypukliło znaczenie **funkcji administracyjnych PAA**.



Rys. 1. Trzy podstawowe grupy funkcji dozoru jądrowego – łączą one zadania administracyjne, eksperckie oraz obowiązki w zakresie komunikacji ze społeczeństwem.

Obowiązki PAA w zakresie komunikacji społecznej określone są ustawą Prawo atomowe¹. Według art. 110 do obowiązków Prezesa PAA należy „prowadzenie działań związanych z informacją społeczną, edukacją i popularyzacją oraz informacją naukowo-techniczną i prawną w zakresie bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej, w tym przekazywanie ludności informacji na temat promieniowania jonizującego i jego oddziaływania na zdrowie człowieka i środowisko oraz o możliwych do zastosowania środkach w przypadku zdarzeń radiacyjnych – z wyłączeniem promocji wykorzystywania promieniowania jonizu-

¹ Prawo atomowe – tekst jednolity, <http://www.paa.gov.pl/prawo/przepisy-krajowe/prawo-atomowe/>

jącego, a w szczególności promocji energetyki jądrowej”. Z kolei w art. 39 zapewniony jest udział społeczeństwa w procesie wydawania zezwolenia na budowę elektrowni jądrowej – po wpłynięciu wniosku inwestora Prezes PAA informuje o możliwości składania uwag i wniosków, a także o terminie rozprawy administracyjnej, która jest otwarta dla społeczeństwa. W uzasadnieniu swojej decyzji Prezes PAA podaje informacje o udziale społeczeństwa w postępowaniu i o tym, w jaki sposób zostały uwzględnione uwagi i wnioski. Warto wspomnieć także, że Prezes PAA jest zobowiązany do corocznego przedstawiania sprawozdania ze swojej działalności wraz ze stanem bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej kraju (art. 110 p. 13).

Obowiązki ustawowe stanowią jedną z przesłanek stworzenia strategii komunikacji – by były one efektywne, należy działania komunikacyjne usystematyzować. Wypełnienie jedynie zobowiązań ustawowych nie powinno się wiązać z dużymi nakładami środków finansowych i zasobów ludzkich. Jeśli PAA chce jednak zostać urzędem zaufania publicznego, to nie powinna się ograniczać tylko i wyłącznie do obowiązków nałożonych przez prawo. Warto zauważyć też, że Prawo atomowe zawiera wytyczne dotyczące działań informacyjnych, a kluczem do zbudowania autorytetu urzędu jest prowadzenie komunikacji. Do pełnego zrozumienia problematyki tego artykułu należy wyjaśnić tutaj istotną różnicę między tymi dwoma pojęciami. **Działania informacyjne są jednostronne, natomiast komunikacja w samej swojej definicji zakłada dwustronną wymianę informacji i odpowiadanie na potrzeby drugiej strony, a nie arbitralne emitowanie wiadomości, jakie nadawcy wydają się najistotniejsze. Proaktywna komunikacja wymaga więc od PAA monitorowania potrzeb informacyjnych społeczeństwa oraz interesariuszy PPEJ, a także rzetelnego i szybkiego odpowiadania na te potrzeby.**

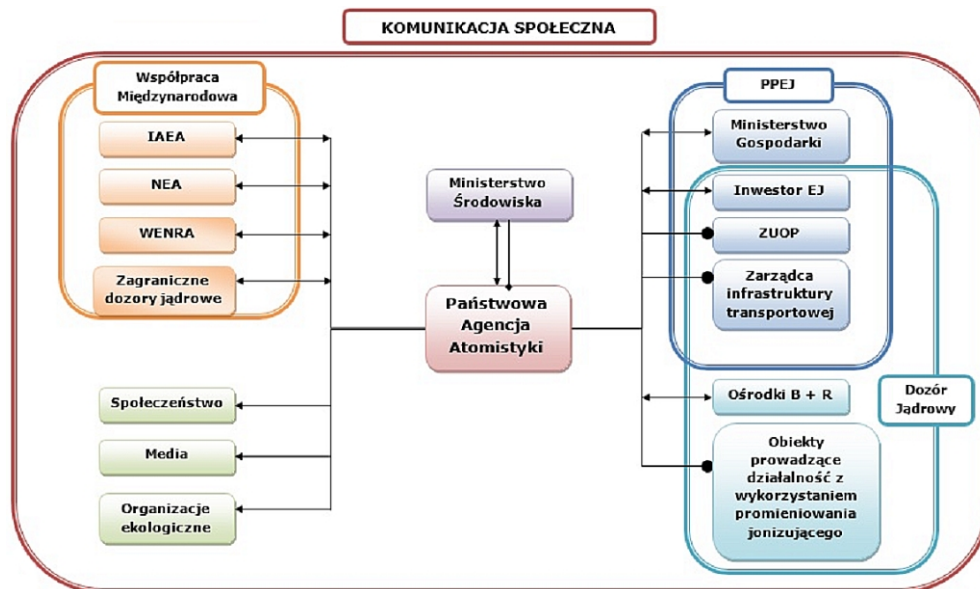
Potrzenie usystematyzowania polityki informacyjnej i opracowania ram działań komunikacyjnych PAA na kolejne lata Prezes Agencji Janusz Włodarski nadał priorytet. Niebagatelne znaczenie mają tu także rekomendacje zarówno misji IRRS, która w 2013 roku zaleciła PAA stworzenie odpowiednich kanałów informowania interesariuszy m.in. o procesie decyzyjnym i działaniach instytucji, jak i Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (IAEA) oraz Agencji Energii Jądrowej (NEA) przy OECD – obie te organizacje rekomendują dozorem jądrowym prowadzenie proaktywnej komunikacji. IAEA podkreśla, że na urzędzie dozoru jądrowego spoczywa odpowiedzialność za informowanie społeczeństwa o stanie bezpieczeństwa obiektów jądrowych i zastosowań źródeł promieniowania. PAA chce się także wzorować na bardziej doświadczonych zagranicznych dozorach jądrowych, z którymi od kilku lat współpracuje w zakresie technicznego szkolenia kadr dla dozoru bezpieczeństwa obiektów

energetyki jądrowej, a które ogromną wagę przywiązują do kwestii komunikacji.

W pierwszej połowie 2014 roku Gabinet Prezesa PAA we współpracy z wykonawcą zewnętrznym (agencją Havas PR Warsaw) opracował strategię komunikacji Państwowej Agencji Atomistyki na lata 2014–2018. Nowa strategia zawiera plan działań komunikacyjnych PAA, w tym m.in. plany szkoleń, warsztatów dla interesariuszy programu jądrowego, opracowania materiałów informacyjnych, organizacji debat eksperckich itp. Najważniejsze jest jednak sprecyzowanie wartości, celów i filarów, na jakich komunikacja PAA ma się opierać i które będą przyświecać wszystkim przyszłym działaniom naszej instytucji. Przede wszystkim to położenie nacisku na ekspercki charakter PAA jako instytucji, która dba o systematyczne poszerzanie kompetencji swoich pracowników. Posiadamy niezbędne kwalifikacje i narzędzia do sprawowania kontroli i egzekwowania coraz wyższych standardów bezpieczeństwa – bezpieczeństwo społeczeństwa i środowiska naturalnego jest bowiem dla nas najwyższym priorytetem. W swoich decyzjach byliśmy, jesteśmy i będziemy całkowicie niezależni od uwarunkowań politycznych w kraju oraz od pozostałych interesariuszy programu jądrowego. Wszystkie decyzje podejmujemy w pełni transparentnie i uwzględniając opinię obywateli. Celem naszych działań jest zapewnienie społeczeństwu poczucia bezpieczeństwa i pozyskanie zaufania społecznego.

Kanały przepływu informacji między PAA a głównymi interesariuszami ilustruje schemat na rysunku 2. Wśród interesariuszy objętych dozorem jądrowym wyróżniono te podmioty i grupy podmiotów, w odniesieniu do których obustronny przepływ informacji wynika z ustawowego obowiązku sprawowania przez Prezesa PAA nad tymi podmiotami **funkcji nadzorczo-kontrolnych** (określonych na rysunku 1 mianem **funkcji eksperckich**) – dokonywania niezależnych **ocen bezpieczeństwa, udzielania zezwoleń, prowadzenia inspekcji, wydawanie nakazów i zakazów oraz nakładania sankcji**. Są to podmioty prowadzące działalność z wykorzystaniem promieniowania – z reaktorów, akceleratorów, urządzeń rentgenowskich i ze źródeł promieniotwórczych, podmioty zajmujące się transportem materiałów promieniotwórczych oraz unieszkodliwianiem odpadów promieniotwórczych (ZUOP).

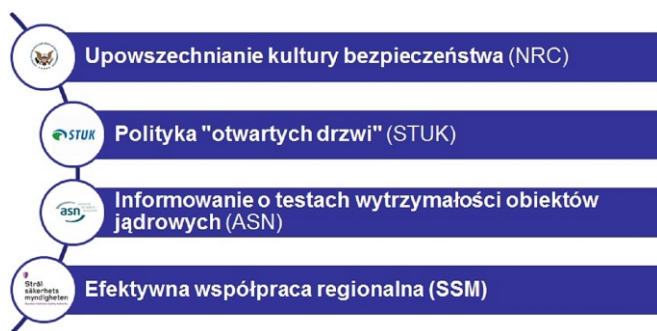
Istotny przepływ informacji dotyczący określenia wymagań oraz wykonywania w przyszłości wymienionych wyżej funkcji eksperckich w odniesieniu do PPEJ występuje także między PAA a Ministerstwem Gospodarki i PGE jako przyszłym inwestorem EJ. Przepływ informacji z ośrodkami badawczo-rozwojowymi dotyczy doskonalenia metod analiz i ocen bezpieczeństwa na potrzeby merytorycznego wsparcia PAA w zakresie dozоровych funkcji eksperckich. Lewa strona schematu dotyczy **funkcji publicznych dozoru** – komunikacji społecznej (społeczeństwo, media, organizacje ekologiczne) oraz kontaktów



Rys. 2. Schemat przepływu informacji między PAA i głównymi interesariuszami.

z organizacjami międzynarodowymi i zagranicznymi dozarami jądrowymi w celu szkolenia i wymiany doświadczeń.

Warto w tym momencie zadać pytanie, po co w ogóle urzędowi dozoru jądrowego potrzebna jest komunikacja społeczna? Odpowiadając na to pytanie, należy zwrócić oczy ku krajom, gdzie energetyka jądrowa ma długą, nieraz kilkudziesięcioletnią tradycję. Dla dozorów jądrowych tych państw, z których doświadczeń PAA chce czerpać, efektywna i szeroka komunikacja społeczna jest jedną z kluczowych zasad działania. Niżej podano przykłady zadań, jakie stawiają sobie w zakresie komunikacji społecznej wybrane wiodące organizacje dozоровe na świecie – w Wielkiej Brytanii, Francji, Szwecji, Finlandii i USA (niektóre z nich ilustruje rysunek 3).



Rys. 3. Rozwiązania i praktyki komunikacyjne stosowane z powodzeniem przez zagraniczne dozory jądrowe.

Brytyjski ONR (*Office for Nuclear Regulation*) przed podjęciem jakichkolwiek działań prowadzi dialog ze wszystkimi zainteresowanymi stronami. Urząd kładzie nacisk na transparentność, publikując na stronie nawet dane dotyczące np. ilości uranu i plutonu przechowywanego na Wyspach. Francuski ASN (*Agence de Surete*

Nucleaire), nadzorujący prawie 60 reaktorów działających w tym kraju, stara się również zaangażować w swoje akcje informacyjne i edukacyjne jak największą grupę interesariuszy i przez to przybliżyć swoje działania opinii publicznej. Wykazuje także dużą aktywność na arenie międzynarodowej, m.in. włączając się w komunikację dotyczącą awarii w Fukushima i rozpowszechniając eksperckie komentarze na temat przeprowadzonych w Europie tzw. stress testów. Szwedzki SSM (*Stralsakerhetsmyndigheten*) prowadzi w kraju i zagranicą działania komunikacyjne nie tylko dotyczące bezpośrednio swoich kompetencji, ale też np. szkodliwości każdego rodzaju promieniowania. Ten sposób działania pokazuje, że jego zadaniem jest nie tylko zadbanie o bezpieczeństwo obywateli, ale również o ich komfort psychiczny. Według badań Eurobarometru cieszy się on największym spośród europejskich dozorów zaufaniem społeczeństwa.² Fiński STUK (*Säteilyturvakeskus*) przeprowadza badania na temat sposobów zapobiegania negatywnemu oddziaływaniu promieniowania w fińskich domach i miejscach pracy oraz zabiega o stosowanie jak najmniejszych dawek promieniowania jonizującego do uzyskania oczekiwanych wyników, np. w badaniach rentgenowskich. Dzięki prowadzonej polityce „otwartych drzwi” jest on wśród najbardziej poważanych instytucji w kraju – ufa mu większy odsetek ankietowanych niż policji. Podobną politykę tzw. otwartych drzwi prowadzi od lat amerykańska NRC (*Nuclear Regulatory Commission*). Oznacza to, że wyniki kontroli przeprowadzanych przez Komisję są zawsze publikowane i dostępne dla każdej zainteresowanej osoby na jej stronie internetowej. W ramach polityki „zróżnicowania profesjonalnych opinii” NRC prowadzi też dialog z obywatelami i pozostaje otwarta na wszelkie głosy ekspertów i specjalistów, również nie należących do samej instytucji. Stanowi to

² Badania Eurobarometru – http://ec.europa.eu/energy/nuclear/safety/doc/2010_eurobarometer_safety.pdf

element budowania kultury bezpieczeństwa w szerokich kręgach interesariuszy.

Trzeba również zastanowić się nad przyczyną aktywności komunikacyjnej zagranicznych dozorów. Istotnym czynnikiem jest z pewnością długa tradycja transparentności i otwartości urzędów administracji publicznej w krajach zachodnich, gdzie system demokratyczny często funkcjonuje nieprzerwanie od ponad stu lat. Edukacja, rzetelne informowanie, spotkania z interesariuszami oraz obywatelami – to wszystko jest rzeczą jasną ważnym elementem działań chyba każdej dużej instytucji (nie tylko tych działających w sektorze energetycznym). Energetyka jądrowa jest jednak obciążona pewną stygmatą. Przede wszystkim istotną rolę ma tu obawa przed „niszczycielskim” promieniowaniem jonizującym i częste (warto podkreślić, że także błędne) przekonanie, że jest ono szkodliwe nawet w niewielkich dawkach. Katastrofa w Czarnobylu oraz niedawna w Fukushimie z pewnością przyczyniły się do wzmożenia obaw społeczeństwa i owiania energetyki jądrowej aurą grozy. Strach przed „tajemniczymi mutacjami” jest często wykorzystywany przez popkulturę. Niejasne powiązania pomiędzy elektrowniami atomowymi a ośrodkami produkowania broni jądrowej są między wierszami przypominane m.in. przy okazji relacjonowania przez media „dyplomatycznych tańców” wokół irańskiego programu nuklearnego.

O ile w USA czy Francji tradycja pokojowego wykorzystania energii jądrowej ma długą tradycję i tamtejsze społeczeństwa „okrzepły” i się do tego przyzwyczaiły, o tyle w Polsce kwestie te będą czymś nowym i nieznanym. W miarę wdrażania PPEJ możemy się więc spodziewać wzmożonego zainteresowania społeczeństwa budową i funkcjonowaniem elektrowni jądrowych, zwłaszcza kwestiami bezpieczeństwa. Niewątpliwie jednym z wyzwań komunikacyjnych stojących przed PAA będzie przezwyciężenie obaw i wątpliwości społeczeństwa dotyczących gotowości krajowych instytucji do zagwarantowania odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa obiektów jądrowych.

Głównym celem i ideą przyświecającą opracowaniu strategii jest zapewnienie społeczeństwu poczucia bezpieczeństwa. Na PAA ciąży w tym względzie nadzwyczajna odpowiedzialność. W PPEJ pełniemy bowiem rolę regulatora – istotą naszej działalności będzie licencjonowanie elektrowni jądrowej – dozorowa ocena bezpieczeństwa, wydawanie zezwoleń i opinii na kolejnych etapach powstawania obiektu, a także prowadzenia kontroli i nakładania ewentualnych sankcji na inwestora i operatora obiektu jądrowego.

Zaufanie społeczne do dozoru jądrowego jest warunkiem wdrożenia energetyki jądrowej. Należy jednak wyraźnie podkreślić, że działania komunikacyjne PAA będą miały wyłącznie charakter edukacyjny i informacyjny, a nasza instytucja nie będzie w żaden sposób promować

energetyki jądrowej (czego zresztą zabrania PAA Prawo atomowe). PAA jest bowiem bezstronnym sędzią, który w całkowicie niezawisły sposób ocenia, czy w sektorze jądrowym wdrożono wszystkie możliwe i niezbędne zabezpieczenia gwarantujące bezpieczeństwo ludzi i środowiska. Nie jesteśmy podmiotem aktywnie zaangażowanym w budowę elektrowni jądrowej, tylko stoimy na straży bezpieczeństwa. Działamy w interesie społeczeństwa, a nie inwestora lub przyszłego operatora elektrowni jądrowej. Dzięki naszej niezależności mamy zarazem szansę stać się najbardziej wiarygodnym źródłem obiektywnych i rzetelnych informacji dotyczących bezpieczeństwa jądrowego.

Na kolejnych etapach realizacji PPEJ w społeczeństwie pojawią się pytania o zasadność decyzji podjętych przez Prezesa PAA. Nasza instytucja musi być wówczas przygotowana do wyjaśnienia przyczyn swoich działań w sposób zrozumiały dla przeciętnego odbiorcy niedysponującego zaawansowaną wiedzą techniczną i prawną. Istotnym elementem będzie dla nas współpraca z mediami. We współczesnym świecie, jeśli coś nie istnieje w środkach masowego przekazu, to nie istnieje również w świadomości społecznej – fakt ten może się podobać lub nie, ale nie można go negować. Media nie bez powodu zwane są „czwartą władzą” – zazwyczaj to one w dużym stopniu determinują społeczne postrzeganie rozmaitych kwestii. Dla nas będą przede wszystkim pomostem w dotarciu do społeczeństwa. Służą też jako soczewka skupiająca społeczne wątpliwości i potrzeby informacyjne – często właśnie dziennikarze potrafią umiejętnie „wyłowić” palące kwestie i odpowiednio je nagłośnić. Ważne jest więc, by PAA na bieżąco monitorowała doniesienia medialne i w razie potrzeby szybko na nie odpowiadała.

By społeczeństwo rozumiało i akceptowało decyzje PAA, najpierw musimy zdobyć jego zaufanie. Jest to jedno z największych wyzwań stojących przed naszym urzędem. Według badań Eurobarometru z marca 2010 roku PAA ufa jedynie 16% ankietowanych³. Tak niewielkie zaufanie wskazuje raczej na brak świadomości istnienia naszego urzędu, a nie na niechęć do naszej instytucji. Zbudowanie społecznej świadomości i zaufania dla PAA wymaga wypracowania nowych kanałów komunikacji oraz zmiany nawyków komunikacyjnych. Wiedza, którą będziemy przekazywać mediom oraz za ich pośrednictwem społeczeństwu, musi być „strawna”, podana w syntetycznej i interesującej formie. Wzorujemy się na amerykańskim dozorcze NRC, dla którego prosty język jest jedną z głównych zasad komunikacji. PAA już stosuje się do tej wytycznej – stąd np. opracowanie infografik ilustrujących najważniejsze informacje zawarte w ostatnim Raplocie Prezesa PAA i zamieszczenie ich na stronie internetowej⁴.

Spółeczeństwo może się czuć zagrożone także wówczas, gdy obiektywnie nie będzie co do tego przesłanek – wówczas nasza instytucja w odpowiedzi na zapotrzebowanie

³ Badania Eurobarometru – http://ec.europa.eu/energy/nuclear/safety/doc/2010_eurobarometer_safety.pdf

⁴ <http://www.paa.gov.pl/sites/default/files/prezentacja/START.html>

społeczne powinna prowadzić szeroko zakrojone działania mające na celu wyjaśnienie sytuacji. Wyśmienitym tego przykładem jest sytuacja sprzed roku. Pod koniec lipca 2013 roku wschodnie rejony Polski obiegła plotka o rzekomej awarii elektrowni jądrowej na Ukrainie i zmierzającej w kierunku naszego kraju radioaktywnej chmurze. Najprawdopodobniej zapoczątkowana była jednym wpisem na forum internetowym, podchwyconym przez kolejne osoby. Panikę dało się opanować w załączku dzięki szybkiej reakcji PAA – wydaniu oświadczenia do mediów i zapewnieniu, że społeczeństwo nie jest w żadnym stopniu zagrożone.⁵

Przed PAA stoi także wyzwanie przełamania negatywnych wyobrażeń istniejących w naszym kraju. W społeczeństwie silny jest stereotyp niedostępnych i mało komuni-

katywnych urzędów, odwróconych plecami do petentów. PAA w swoich przyszłych działaniach komunikacyjnych będzie przełamywać także ten stereotyp – chcemy być aktywną i otwartą na pytania obywateli instytucją.

Liczymy na to, że zbudowanie zaufania społecznego dla naszej instytucji i wypracowanie efektywnych mechanizmów komunikacji będzie nie tylko służyło wszystkim interesariuszom PPEJ, ale także aktywnie wspomogło krajowy system bezpieczeństwa. PAA na pewno podejmie wszelkie możliwe wysiłki, by tak się stało.

Notka o autorce

Mgr **Paulina Szycko** – główny specjalista w Gabinetie Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki.

⁵ Podobna sytuacja i reakcja PAA miały miejsce w pierwszych dniach grudnia 2014 r. (tuż przed opublikowaniem niniejszego numeru Biuletynu), kiedy to drobna awaria w jednym z układów elektrycznych turbozespołu 3. bloku EJ Zaporozie (stopnia INES = 0 – bez znaczenia dla bezpieczeństwa jądrowego, ale wymagająca w celu naprawy tej usterki wyłączenia całego bloku reaktor-turbina z eksploatacji) wywołała z powodu niejednoznacznych i mylących informacji medialnych falę niepokoju na terenie centralnej Polski domniemanym zagrożeniem „chmurą radioaktywną nadciągającą z Ukrainy”.

Przegląd aktualnego stanu prac nad głębokim składowiskiem

Krzysztof Makowski
Państwowa Agencja Atomistyki

Wprowadzenie

Artykuł jest analizą materiałów przedstawionych na konferencji Geodisposal 2014, zorganizowanej w ramach działań platformy technologicznej IGD-TP (ang. *Implementing Geological Disposal of Radioactive Waste – Technology Platform*) – na rzecz implementacji geologicznego składowiska odpadów promieniotwórczych w Europie. Konferencja poświęcona była rozwojowi badań i programów budowy głębokich składowisk, a także rozwijaniu kompetencji w krajach o mniej zaawansowanych programach głębokiego składowania.

1. Wstęp

Projekt IGD-TP ma na celu zainicjowanie i przeprowadzenie strategicznych europejskich inicjatyw dotyczących ułatwienia, a także stopniowego wdrażania bezpiecznego składowania w głębokich warstwach geologicznych wypalonego paliwa jądrowego, odpadów wysokoaktywnych oraz innych długożyciowych odpadów promieniotwórczych. Wizją IGD-TP jest budowa do 2025 roku, a następnie bezpieczna eksploatacja pierwszego głębokiego składowiska odpadów promieniotwórczych w Europie.

Najbardziej zaawansowany program budowy głębokiego składowiska w Europie posiada Finlandia, natomiast we Francji została wybrana lokalizacja głębokiego składowiska. W kilku innych krajach rozpoczęto proces związany z wyborem lokalizacji składowiska oraz prowadzone są projekty podziemnego laboratorium, w których realizowane są badania pozwalające opracować procesy bezpiecznego składowania wysokoaktywnych odpadów promieniotwórczych HLW (ang. *High Level Waste*).

Podczas konferencji przedstawiono również mniej zaawansowane programy budowy głębokiego składowiska w państwach europejskich: Rumunii, Bułgarii i na Litwie.

Założenia programowe poszczególnych krajów europejskich zostały przedstawione w tabeli 1.

Przed przystąpieniem do prac nad programem głębokiego składowiska nasuwa się pytanie: dlaczego potrzebne jest głębokie składowisko odpadów promieniotwórczych? Zgodnie z ustawą Prawo Atomowe (jak również standardami MAEA – Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej) wysokoaktywne oraz wszystkie długożyciowe odpady promieniotwórcze można składować jedynie w głębokich składowiskach odpadów promieniotwórczych.

Tabela 1. HLW/SF Programy budowy głębokiego składowiska w UE

Kraj	Rok uruchomienia
Belgia	2080
Czechy	2065
Finlandia	2022
Francja	2025
Niemcy	2032
Węgry	2064
Holandia	2115
Rumunia	2055
Słowacja	2030
Słowenia	2065
Hiszpania	2050
Szwecja	2029
Wielka Brytania	2040
Szwajcaria	2040+
2040 – program budowy, przyjęty i realizowany w danym państwie	
2050 – ogólne założenia programowe, programy w fazie projektu	

Opracowanie własne na podstawie prezentacji Ch. Davies [1].

Składowisko głębokie lokalizuje się w formacjach geologicznych posiadających miąższość i rozciągłość niezbędne dla obiektów składowiska i filarów ochronnych.

2. Budowa składowiska

W **Finlandii**, w 2001 roku, została wybrana lokalizacja dla głębokiego składowiska odpadów promieniotwórczych i wypalonego paliwa. W celu właściwej koordynacji postępu prac powołano przedsiębiorstwo POSIVA OY. Składowisko usytuowano w pobliżu Elektrowni Jądrowej Olkiluoto, na głębokości około 450 m p.p.t. (pod poziomem terenu), w warstwach granitu. Miejscem przeznaczonym do składowania odpadów będą wydrążone tunele, w których wiercone będą dodatkowe otwory (studnie o głębokości 8 m i średnicy 1,8 m). Przed złożeniem pojemników studnie te będą obłożone buforem z bentonitu¹. Wysokoaktywne odpady promieniotwórcze i wypalone paliwo umieszczane będą w stalowo-miedzianych pojemnikach, opartych na koncepcie KSB-3 opracowanym przez Szwedzkie Przedsiębiorstwo Gospodarowania Paliwem Jądrowym i Odpadami Promieniotwórczymi SKB (ang. *Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Company*), a następnie zostaną złożone do przygotowanych wcześniej studni, dodatkowo od góry zabezpieczonych bentonitem. Wykorzystane obiekty składowiska (tunele) będą wypełniane ilowymi blokami. Stosowany system barier (stan składanych odpadów, zabezpieczone przed korozją, szczelne pojemniki, bentonit oraz skała krystaliczna) mają zabezpieczyć odpady przed interakcją z wodą podziemną, naprężeniami mechanicznymi oraz ewolucją zachodzącą na powierzchni (łącznie z ewentualnymi zlodowaceniami). Zaprojektowany system barier ma zapewnić bezpieczeństwo na co najmniej 100 000 lat. W 2012 roku został złożony wniosek o pozwolenie na budowę głębokiego składowiska. W 2015 roku ma się rozpocząć budowa, a planowane rozpoczęcie eksploatacji ma nastąpić w 2022 roku.

3. Inne zaawansowane programy

We **Francji** w 1991 roku Parlament zdecydował o rozpoczęciu przygotowań do lokalizacji składowiska głębokiego. Zadanie to powierzono Narodowej Agencji Zarządzania Odpadami Promieniotwórczymi ANDRA (ang. *National Radioactive Waste Management Agency*). Dekret Parlamentu Francji zdefiniował obszary badań, jakie ANDRA musi podjąć, aby rozwiązać problem z bezpiecznym postępowaniem z wypalonym paliwem jądrowym i odpadami promieniotwórczymi. Są to m.in. kwestie związane z transmutacją², z samym składowaniem głębo-

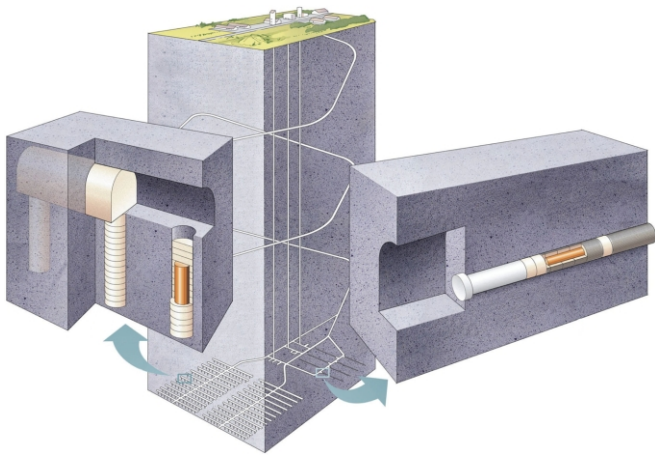
kim oraz postępowaniem z odpadami, np. powierzchniowym przechowywaniem. Wszystkie te działania mają na celu zapewnienie długoterminowego bezpieczeństwa środowiska naturalnego i ludności, w tym przyszłych pokoleń. W 1999 roku Parlament Francji podjął decyzję o budowie podziemnego laboratorium badawczego w miejscowości Bure, na południu Francji. Ze względu na budowę geologiczną Francji została podjęta decyzja, iż laboratorium powstanie w skałach ilastych Jury Środkowej i Górnej (Kelowej, Oksford). Warstwa ilasta, która jest brana pod uwagę do budowy składowiska, ma miąższość rzędu 130 m i znajduje się na głębokości od 420 do 550 m p.p.t. Laboratorium badawcze pozwoli ocenić możliwości wykonania głębokiego składowiska w warstwach ilastych. Należy zaznaczyć, iż wybrane przez ANDRA utwory geologiczne cechują się niewielką wodoprzepuszczalnością, co wiąże się z powolnym transportem radionuklidów oraz ich stabilnym składem chemicznym, a także dużą wytrzymałością mechaniczną [2, 3].

Wieloletni program badawczy pozwolił na wybranie lokalizacji w Meuse (w utworach ilastych), w niedalekiej odległości od podziemnego laboratorium. Planowane jest rozpoczęcie składowania odpadów promieniotwórczych około 2025 roku. Zgodnie z francuskimi założeniami głębokie składowisko ma zapewnić bezpieczne składowanie odpadów na okres 1 000 000 lat. Należy zaznaczyć, że we Francji funkcjonuje zakład przerobu wypalonego paliwa w La Hague, w związku z tym w składowisku deponowane będą wysokoaktywne odpady promieniotwórcze.

W **Szwecji** za przeprowadzenie programu głębokiego składowiska odpowiedzialne jest przedsiębiorstwo SKB. Do tej pory w Szwecji powstały 2 laboratoria podziemne mające na celu określenie i zademonstrowanie technologii głębokiego składowania odpadów: Laboratorium Stripa w centralnej Szwecji (działało od 1976 do 1992 roku) oraz Laboratorium w twardych (krystalicznych) utworach w Aspö – HRL (ang. *Äspö Hard Rock Laboratory*), niedaleko Oskarshamn, miejsca usytuowania centralnego przechowalnika wypalonego paliwa jądrowego (powstało w 1995 roku i funkcjonuje do chwili obecnej). W HRL kontynuowane są badania rozpoczęte wcześniej, m.in.: badania własności termomechanicznych skał oraz analizy przydatności zasypki bentonitowej. Laboratorium zlokalizowane jest w skałach krystalicznych, badania zaś prowadzone są w tunelach na głębokości do 450 m p.p.t. SKB wybrało także rodzaj pojemników na wypalone paliwo (KBS-3 – fot. 1), pojemniki zabezpieczone przed korozją warstwą miedzi (grubość 5 cm). W HRL analizowane są dwa warianty (rys. 1): pionowe otwory drążone w tunelach, w których będą składane miedziane pojemniki, oraz otwory poziome (do zalet tego sposobu należy zaliczyć większą możliwość wykorzystania przestrzeni skalnych,

¹ Bentonit – osadowa skała ilasta o silnych właściwościach absorpcyjnych.

² Transmutacja – przemiana jednego pierwiastka chemicznego w inny, np. izotopu promieniotwórczego długożyciowego w krótkożyciowy – pod wpływem przemian promieniotwórczych lub w reakcjach jądrowych.

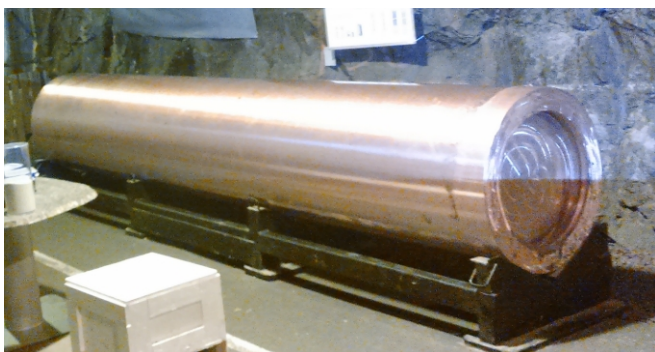


Rys. 1. Schemat metody pionowej (z lewej) oraz poziomej (z prawej) (Thurner, Pettersson, Snellman, Autio).

natomiast wadą jest skomplikowana technologia potrzebna do składowania).

W laboratorium prowadzone są ponadto badania nad dodatkowymi barierami inżynierskimi. Otwory, w których umieszczone zostaną pojemniki z odpadami promieniotwórczymi, mają być wypełniane ilmem. Dodatkowo, po zakończeniu eksploatacji w poszczególnych częściach tuneli, będą one wypełniane blokami ilowymi. Bardzo duży nacisk kładziony jest na rodzaj wykorzystywanego materiału. Od wielu lat poszukiwany jest właściwy rodzaj ładu, w którym występuje odpowiedni stosunek minerałów ilastych (głównie bentonit/montmorylonit). Analizie poddawano próbki „z całego świata”, w samej Szwecji nie ma pokładów skał tego rodzaju.

Zgodnie z programem SKB do 2019 roku ma być wybrana ostateczna lokalizacja (w dalszym ciągu rozpatrywane są dwie: Forsmark i Laxemar). Należy dodać, że w 2011 roku SKB złożyło do Szwedzkiego Dozoru Jądrowego SSM (ang. *Swedish Radiation Safety Authority*) wniosek o wydanie zezwolenia na budowę składowiska głębokiego w Forsmark. Obie lokalizacje posiadają cechy pozwalające na budowę składowiska, zbudowane są ze skał krystalicznych (głównie granity i dioryty). Rozpoczęcie eksploatacji składowiska zaplanowane jest na 2029 rok.



Fot. 1. Miedziany pojemnik w podziemnym laboratorium w Aspo (zdjęcie własne).

4. Proces lokalizacji składowiska

W Szwajcarii, w 1972 roku, powołano do życia organizację NAGRA (ang. *National Cooperative for the Disposal of Radioactive Waste*) – krajową spółkę do unieszkodliwiania odpadów promieniotwórczych, której zadaniem jest m.in.: przygotowanie koncepcji składowania wszystkich typów odpadów, przeprowadzenie badań lokalizacyjnych, zademonstrowanie bezpieczeństwa potencjalnych lokalizacji, a także wspieranie międzynarodowej współpracy w kluczowych dziedzinach badań.

W Szwajcarii istnieją dwa laboratoria podziemne: Grimsel Test Site oraz Mont Terri Project. Pierwsze z nich powstało w 1983 roku w skałach granitowych i po 25 latach analiz stwierdzono, że badane skały nie stanowią bezpiecznej bariery naturalnej. W związku z tym, w 1996 roku, powstało kolejne podziemne laboratorium badawcze. Wybudowano je w tzw. Opalinus Clay – opalizujących skałach ilastych Jury Środkowej (Aalen), które położone jest na głębokości 300 m p.p.t. [2].

Korzystne właściwości analizowanej lokalizacji związane są m.in. z dużą zawartością minerałów ilastych w skałach osadowych, bardzo słabą przewodnością hydrauliczną, dobrą retencją radionuklidów oraz właściwościami samouszczelniającymi (podczas wykonywania szybów i tuneli tworzą się tzw. strefy spękań EDZ (ang. *Excavation Damage Zone*). W przypadku utworów ilastych, pod wpływem wody, następuje „zamykanie się” spękań poprzez pęcznienie minerałów ilastych. Oprócz bariery naturalnej w przyszłym składowisku mają być zastosowane bariery inżynierskie: odpowiednio przetworzone odpady promieniotwórcze mają być złożone w pojemnikach ze stali nierdzewnej (grubość ściany 15÷25 cm), a następnie pojemniki te umieszczone w wydrążonych tunelach mają być szczelnie obsypane zasypką bentonitową.

Proces lokalizacji głębokiego składowiska wygląda następująco: wybór trzech obszarów (z sześciu potencjalnych lokalizacji rozpatrywanych w chwili obecnej). Kolejnym krokiem będzie ograniczanie analizowanych lokalizacji do dwóch miejsc, z których ma być wybrana ostateczna lokalizacja głębokiego składowiska. Szacuje się, że składowisko zostanie oddane do eksploatacji po 2040 roku.

Holandia reprezentuje odmienne podejście niż kraje wymienione wyżej [4]. Projekt głębokiego składowiska prowadzony jest przez Centralny Ośrodek Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych COVRA (ang. *Central Organisation for Radioactive Waste*). Już w 1984 roku została podjęta decyzja o rozpoczęciu programu głębokiego składowiska, następnym etapem ma być wybór koncepcji składowiska (program badawczy) oraz wybór lokalizacji. Decyzja o lokalizacji ma nastąpić około 2100 roku. Następnie, w 2115 roku, planowane jest uzyskanie pozwolenia na budowę, a w 2130 roku eksploatacja głębokiego składowiska. Należy dodać, że w Holandii pracuje jedna elektrownia jądrowa Borssele, z jednym reaktorem

PWR o mocy elektrycznej netto 482 MW. Wypalone paliwo przetwarzane jest we Francji (w La Hague), skąd wraca do Holandii już w postaci wysokoaktywnych odpadów promieniotwórczych, przechowywanych w krajowym składowisku odpadów promieniotwórczych w Borssele, do czasu wybudowania głębokiego składowiska. W związku z powyższym w głębokim składowisku nie będzie składowane wypalone paliwo. W chwili obecnej rozpatrywane są dwie potencjalne formacje skalne: trzeciorzędowe iły oraz cechsztyńska sól kamienna.

5. Kraje o mniej zaawansowanym programie

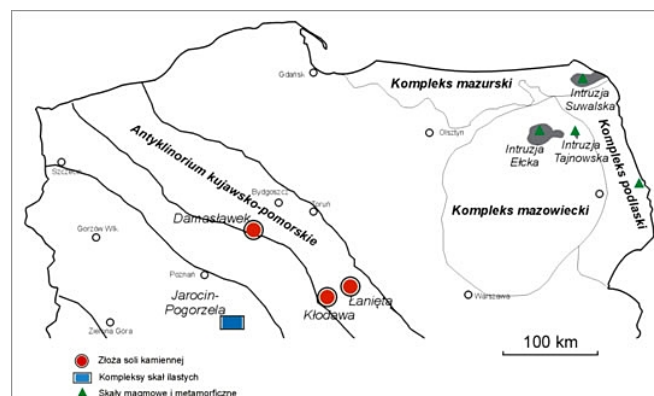
Rumunia posiada jedną elektrownię jądrową Cernavoda z dwoma blokami (CANDU 6 o mocy elektrycznej 700 MW każdy) oraz dwa reaktory badawcze (jeden w likwidacji). Wypalone paliwo z eksploatowanego reaktora badawczego wysyłane jest do USA (do kraju producenta paliwa), natomiast wypalone paliwo z elektrowni jądrowej przeznaczone jest do składowania. Wypalone paliwo w Rumunii zostało zaklasyfikowane jako odpad (nie jest przeznaczone do przerobu), do chwili budowy głębokiego składowiska musi być przechowywane w przechowalnikach (mokrych lub suchych). Za realizację programu budowy głębokiego składowiska odpowiedzialna jest Agencja do spraw Jądrowych oraz Odpadów Promieniotwórczych – ANDR (ang. *Nuclear and Radioactive Waste Agency*). W chwili obecnej w Rumuni nie wybrano jeszcze lokalizacji ani rodzaju skał, w jakich składowisko powinno powstać. Wybrano jedynie 6 formacji skalnych (zielone łupki z Dobrogea, granity, bazalty, iły, utwory solne oraz wulkaniczne) potencjalnie korzystnych dla realizacji głębokiego składowiska. Przewiduje się, że początek eksploatacji powinien nastąpić do 2055 roku, natomiast składowanie odpadów będzie się odbywać na głębokości 500–1000 m p.p.t. Planowane jest wykorzystanie kanadyjskiej koncepcji dla wypalonego paliwa z reaktorów CANDU. Rozważane jest wykorzystanie pojemników miedziano-stalowych, w których mieścić się będą 324 wiązki wypalonego paliwa, mają one być składowane w pozycji poziomej [5].

Polska nie posiada żadnej elektrowni jądrowej, jednak zgodnie z przyjętym w styczniu br. przez Rząd RP Programem Polskiej Energetyki Jądrowej – PPEJ planuje się budowę dwóch elektrowni do 2035 roku. Należy jednocześnie pamiętać, że nie tylko elektrownie jądrowe wytwarzają wysokoaktywne oraz długożyciowe odpady. W Polsce odpady te przechowywane są w powierzchniowym składowisku (w Różanie), gdyż nie można ich w sposób ostateczny składować w takim obiekcie. Wypalone paliwo powstałe przez eksploatację reaktora badawczego Maria wywożone jest obecnie do Federacji Rosyjskiej (kraj dostawcy paliwa jądrowego) [5].

Pierwsze prace zmierzające do wyboru lokalizacji składowiska głębokiego rozpoczęto w latach 80. w związku

z budową elektrowni Żarnowiec. Utworzono Centralny Program Badawczo-Rozwojowy CPRB „Podziemne składowisko odpadów promieniotwórczych”, który po zaprzestaniu budowy elektrowni również został zaniechany.

Kolejną próbą powrotu do programu głębokiego składowiska były badania wykonane w ramach Strategicznego Rządowego Programu SPR-04 „Gospodarka odpadami promieniotwórczymi i wypalonym paliwem jądrowym”. Co prawda nie udało się wskazać lokalizacji głębokiego składowiska, ale wykonane badania pozwoliły stworzyć listę regionów perspektywicznych (rys. 2).



Rys. 2. Potencjalne struktury skalne dla lokalizacji składowiska głębokiego w Polsce (IGSMiE PAN).

W chwili obecnej prowadzony jest program Polski Program Składowania Podziemnego PURL (ang. *Polish Underground Research Laboratory*), mający na celu wspieranie pomysłu budowy głębokiego składowiska odpadów promieniotwórczych. Do głównych zadań PURL należy zaliczyć m.in.: wspieranie badań naukowych mających na celu doskonalenie technik głębokiego składowania, rozwój kadry naukowej i technologii niezbędnych do prowadzenia przyszłych prac, zapewnienie koordynacji tych prac w Polsce, maksymalne wykorzystanie doświadczeń międzynarodowych dotyczących geologicznego składowania odpadów promieniotwórczych oraz dostarczenie społeczeństwu obiektywnej informacji na temat geologicznego składowania.

6. Podsumowanie

Zgodnie z prawem obowiązującym w Europie wysokoaktywne oraz wszystkie długożyciowe odpady promieniotwórcze można składować jedynie w głębokich składowiskach odpadów promieniotwórczych. Pomimo to, że energetyka jądrowa (główny wytwórca HLW) wykorzystywana jest już od dawna, w Europie nie jest do tej pory eksploatowane żadne głębokie składowisko. Najbardziej zaawansowany program budowy składowiska realizowany jest w Finlandii oraz Francji.

Literatura

Materiały pochodzą z „Konferencji Geodisposal 2014, Manchester”:

1. Ch. Davies, *Towards Joint Programming of EU Member States RD&D programmes for the management of radioactive waste – Contribution of the Horizon 2020 Euratom Research & Training programme.*
2. H. Weber, J. Morel, *State of art: proof of concept installations for repository concepts based in clay formations.*
3. D. Delort, *The French Programme.*
4. E.A.C. Neeft; E.V. Verhoef, *A Dutch safety case.*
5. D. Diaconu i inni, *Overview of less advanced programmes and their requirements.*
6. Zasoby internetowe.

Notka o autorze

Krzysztof Makowski – Wydział Odpadów Promieniotwórczych Departamentu Bezpieczeństwa Jądrowego Państwowej Agencji Atomistyki (e-mail: makowski@paa.gov.pl).

Pomiary hałdy po byłej kopalni uranu „Grzmiąca” w Grzmiącej, gm. Głuszycy woj. dolnośląskie

Wojciech Krysiński
Państwowa Agencja Atomistyki

We wrześniu 1947 roku podpisano polsko-radziecką umowę określającą zasady poszukiwania, wydobywania i przeróbki rud uranu w Polsce. Na mocy tej umowy 1 stycznia 1948 roku utworzono Przedsiębiorstwo Państwowe o nazwie „Przedsiębiorstwo Kowarskie Kopalnie” (ros. Предприятие Кузнецкие Рудники). Umowa ta zobowiązywała Związek Radziecki do dostarczenia sprzętu poszukiwawczego i górniczego oraz do pokrycia wszystkich kosztów budowy kopalni i eksploatacji rud. W gestii Rosjan leżało również zatrudnianie górników, których płace ustalono na bardzo wysokim poziomie – kilkakrotnie wyższym niż w innych kopalniach. Ponadto za wydobytą rudę Związek Radziecki miał zapłacić po kursie około dwa razy wyższym niż obowiązujący na Zachodzie. W zamian za to kopalnie uranu miały w całości podlegać Związkowi Radzieckiemu i Państwo Polskie nie miało mieć nad nimi żadnej kontroli.

W ramach tego przedsiębiorstwa rozpoczęły działalność trzy grupy poszukiwawczo-rozpoznawcze, które podjęły badania terenowe. Wykonywano zdjęcia aeroradiometryczne (zawartość izotopów promieniotwórczych w powietrzu), emanacyjne (~w glebie) i radiohydrologiczne (~w wodzie). W przypadku wykrycia anomalii promieniotwórczej grupa geologiczna przeprowadzała jej rozpoznanie, wykonując wiercenia lub sztuczne odsłonięcia (wkopy¹, szurfy², sztolnie³), a następnie podejmowała eksploatację strefy zmineralizowanej. Jeszcze w 1948 roku badania te wskazały jedenaście miejsc występowania złóż rud uranu o wartości przemysłowej. W sumie na obszarze

Polski wykryto w latach 1948–53 siedemnaście złóż i kilkaset miejsc występowania anomalii promieniotwórczych. Większość z nich została przebadana metodami górniczymi i wyeksploatowana. W 1951 roku przedsiębiorstwo skryło się pod kryptonimem „Zakłady Przemysłowe R-1 w Kowarach”. Pod koniec lat 50. w związku ze stopniowym ubożeniem złóż rud uranu przy stale wzrastających kosztach wydobywania radzieccy specjaliści zaczęli wycofywać się z terenu Polski. Wpływ na rezygnację z polskiego uranu miało także odkrycie bogatych złóż uranu na Kółmie w 1954 roku.

Od 1957 roku prace geologiczno-poszukiwawcze prowadziły już wyłącznie ekipy polskie. W 1963 roku zamknięto ostatnią polską kopalnię rud uranu. Od tej pory ZPR-1 zajmowały się odzyskiwaniem ubogich rud uranu składowanych przedtem na hałdach przykopalnianych. Rudy te przerabiano w zaprojektowanym w całości przez polskich inżynierów zakładzie wzbogacania w Kowarach. Na przełomie lat 1964–65 ostatni Rosjanie opuścili Kowary. Mimo to, przerób odpadów pokopalnianych trwał w zakładzie wzbogacania rud uranu do końca 1972 roku. W dniu 1 stycznia 1973 roku ZPR-1 w Kowarach postawione zostały w stan likwidacji.

Polska w spadku po zlikwidowanych ZPR-1 dostała budynki pokopalniane, zabezpieczone lub nie wyrobiska kopalniane, hałdy z materiałem wydobytym z kopalni i sztolni badawczych, budynki i hale produkcyjne zakładów przetwórstwa rud uranu oraz ludzi z różnymi schorzeniami zawodowymi, którzy tam pracowali⁴. Całość wydobytych

¹ Wkop – wyrobisko nieobudowane, o dowolnych wymiarach warunkowanych statecznością ścian.

² Szurf (niem.), szybik poszukiwawczy – niewielkie (głębokość do 25 m, przekrój do 4 m²) wyrobisko korytarzowe, najczęściej pionowe, wykonywane zwykle w celach poszukiwawczych lub badawczych (pobranie próbek) w ramach prac geologicznych.

³ Sztolnia – wyrobisko korytarzowe, o małym przekroju poprzecznym, drążone w głąb góry ze zbocza góry, poziomo lub pod niewielkim wzniosem.

⁴ Wypłatą świadczeń (m.in. renty wyrównawczej z tego tytułu) zajmuje się działające w strukturze PAA Biuro Obsługi Roszczeń Byłych Pracowników Zakładów Rud Uranu zlokalizowane w Jeleniej Górze, które prowadzi także monitoring radiacyjny na tych terenach.

rud i przetworzonych koncentratów uranu wywieziono do Związku Radzieckiego. Wywieziono również znakomitą większość dokumentacji technicznej i pomiarowej. Zgodnie z wykazami, znajdującymi się archiwach po byłych zakładach ZPR-1, miejsc uznanych za „kopalnie uranu” istniejące lub potencjalne jest sześćdziesiąt, z czego pięć, znajdujących się na Niżu Polskim, zinwentaryzowano tylko na podstawie wykonanych wierceń badawczych.

Aktualnie PAA zajmuje się, w ramach prowadzonego monitoringu radiacyjnego kraju, weryfikacją miejsc, w których doszło do zagęszczenia naturalnych pierwiastków promieniotwórczych na skutek działalności człowieka. Takimi miejscami są między innymi hałdy pozostałe po kopalniach uranu. Sprawdzane są poziomy promieniowania i dokonywana jest ocena zagrożenia dla osób przebywających lub mieszkających w pobliżu hałd. Poniżej przedstawiony jest opis działań, które zostały przeprowadzone na terenach dawnej kopalni badawczej „Grzmiąca” położonej w Niece Wałbrzyskiej na terenie gminy Głuszycy.

1. Złoże

Zostało odkryte w roku 1955 w trakcie wykonywania zdjęcia emanacyjnego. Analiza zdjęcia wykazała „anomalie emanacji do 30 emanów⁵. Rozpoznanie zostało przeprowadzone wierceniami w latach 1956–59, okonturowując złoże na powierzchni 1,5 km² otworami w siatce co 100 m. W roku 1958 rozpoczęto rozpoznanie złoża robotami górniczymi z szybu, zgłębnionego w 1957 roku do głębokości 121 m poniżej powierzchni terenu. Wykonano 1666,50 mb wyrobisk górniczych, urabiając przy tym 11 412,3 m³ masy górniczej. W wyniku całokształtu robót udokumentowano zasoby 670 ton metalu o średniej zawartości 0,054% uranu w rudzie.

Złoże występuje w osadowych utworach karbońskich w warstwach stefanu⁶. Charakteryzują je naprzemianległe zalegające zlepieńce, piaskowce i łupki z ilastym lepiszczem. Wzajemny układ warstw wskazuje na istnienie cykliczności w osadzaniu się sedymentu. Utwory mają barwę szarą i szaroróżową. Warstwy zalegają monoklinalnie, zapadając pod kątem 20–30°. Seria skalna złoża przerwana jest co najmniej czterema uskokami.

Okruszcowanie uranowe utworów jest nierównomierne. Minerale uranu rozproszone są w mniejszej lub większej ilości w utworach zlepieńcowo-piaskowcowych, tworząc kilka horyzontów rudnych⁷. Bilansowym, nadającym się do eksploatacji jest horyzont III, o miąższości zmiennej do 14 m. Horyzont ten nie posiada jakichkolwiek wyraźnych granic wyznaczanych przez sam minerał uranowy, lecz wyznaczany jest jedynie według płaszczyzny zalegania serii piaskowcowo-zlepieńcowej. Uran rozproszony jest we wszystkich piaskowcach i zlepieńcach, wchodzących w skład horyzontu rudnego, ale tworzy równocześnie znaczniejsze wzbogacenia soczewkowato-gniazdowe⁸. Procentowa zawartość uranu w gniazdach wynosi średnio 0,054%. Gniazda te są rozrzucone nieregularnie w ramach horyzontu, występują zarówno w jego stropowej, środkowej, jak i spągowej części.

Przypuszcza się, że minerale uranowe były absorbowane przez minerale ilaste w środowiskach o najbardziej redukcyjnym charakterze. Występują tu również piryty⁹, chalkopiryty¹⁰, galena¹¹, sfaleryt¹², markasyt¹³, bornit¹⁴ i chalkozyn¹⁵. Związki uranowe były prawdopodobnie dostarczane wraz z materiałem klastycznym podczas orogenezy waryscyjskiej¹⁶. Materiał ten pochodził prawdopodobnie ze skał magmowych oraz z rozmywanych w tym czasie starszych skał osadowych.

⁵ Emanacja – promieniotwórczy gaz szlachetny o masie atomowej 86, czyli aktyon, radon i toron.

Eman – jednostka pomiaru objętościowej aktywności emanacji $1 \text{ Em} = 10^{-10} \text{ Ci/l} = 100 \text{ pCi/l} = 3,7 \text{ kBq/m}^3$. Jednostka wyszła z szerokiego użytku w 1985 roku, do dziś jest używana w balneologii (Johann Grossfeld – *Handbuch der Lebensmittelchemie*, A. Springer, 1941, Uniwersytet Wisconsin, Madison).

⁶ Stefan – młodszy wiek silezu, drugiej epoki karbonu, ery paleozoicznej, trwający od $306,5 \pm 1,0$ do $299,0 \pm 0,8$ mln lat temu.

⁷ Horyzont (w geologii) – pokłady i warstwy ziemi, charakteryzujące się jednakowym rodzajem bogactw naturalnych.

⁸ Soczewka (w geologii) – złoże zajmujące niewielką przestrzeń w górotworze, którego miąższość jest największa w części centralnej i stopniowo maleje we wszystkich kierunkach, aż do zaniku.

Gniazdo (w geologii) – naturalne lokalne skupienie minerałów lub kopaliny wypełniające rozpadliny lub jamy w skorupie ziemskiej.

⁹ Piryty – nadsiarczek (dwusiarczek) żelaza FeS_2 , twardość 6–6,5 Mohs, układ krystalograficzny regularny, barwa mosiężnożółta, złota (złoto głupców).

¹⁰ Chalkopiryty – mieszany siarczek miedzi i żelaza CuFeS_2 , twardość 3,5–4 Mohs, układ krystalograficzny tetragonalny, barwa mosiężnożółta.

¹¹ Galena – siarczek ołowiu PbS (ruda ołowiu), twardość 2,5 Mohs, układ krystalograficzny regularny, barwa szara migotliwa.

¹² Sfaleryt – siarczek cynku ZnS (blendy cynkowa) twardość 3,5–4 Mohs, układ krystalograficzny regularny, bezbarwny, zabarwiany domieszkowo.

¹³ Markasyt – nadsiarczek (dwusiarczek) żelaza FeS_2 , twardość 5–5,2 Mohs, układ krystalograficzny rombowy, barwa jasnożółta z odcieniem zielonkawym.

¹⁴ Bornit – siarczek miedzi Cu_5FeS_4 (bardzo rzadki minerał), twardość 3 Mohs, układ krystalograficzny rombowy, barwa różowobrunatna, czerwona i miedziana pokryta niebieskofioletowym nalotem.

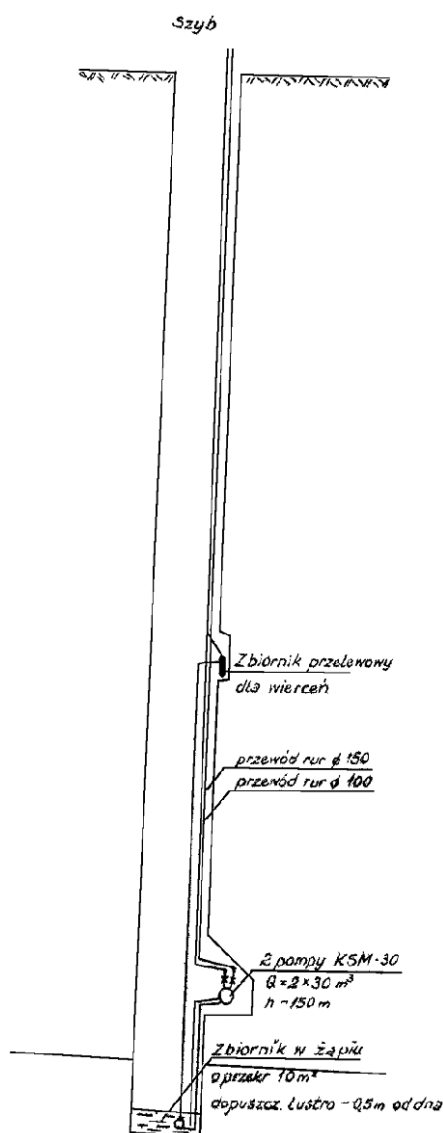
¹⁵ Chalkozyn – siarczek miedzi Cu_2S , twardość 2,5 Mohs, układ krystalograficzny rombowy, barwa ciemna ołowianoszara.

¹⁶ Orogeneza waryscyjska (hercyńska) – ruchy górotwórcze zachodzące w paleozoiku, podczas których powstały w Polsce Góry Świętokrzyskie i Sudety (górną karbon). Sudety uległy w permie całkowitej erozji i zostały ponownie wydźwignięte podczas orogenezy alpejskiej jako góry zrębowe.

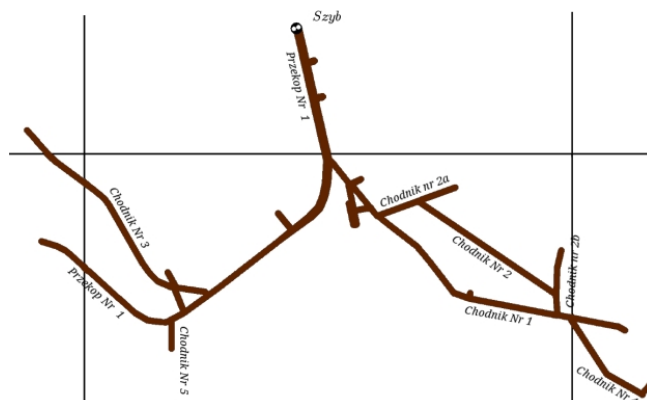
2. Prace górnicze

Zostały one rozpoczęte w roku 1957, kiedy podczas prowadzonych prac zgłębiono szyb do -30 m, a już w roku 1958 udostępniono złoże szybem o głębokości -121 m wraz z przekopem nr 1 na poziomie 390 m n.p.m. (szyb umieszczono na wysokości $520,36$ m n.p.m.) (rys. 1). Podczas dalszych prac wykonano chodniki 1–5 i kilka wciniek pomiarowych, ustalając pomiarami wartości rudonośnego wstępnie zbilansowanego horyzontu III zasobów złoże (rys. 2). Na rok 1959 zaplanowano dalsze prace poszukiwawcze na poziomie 390 m. Dostępny jest plan prac badawczych przewidzianych do realizacji w I połowie 1959 roku (rys. 3). Po wykonaniu badań miano podjąć decyzję o zabezpieczeniu kopalni na sucho lub na mokro. Brak jest dokumentów dotyczących pomiarów przeprowadzonych podczas dołowych prac badawczych, jak też dokumentu dotyczącego sposobu zabezpieczenia szybu kopalni.

W roku 1961 przedstawiono plan budowy kopalni uranu w Grzmiącej na bazie określonego podczas prac badawczych bilansu złoże. Zakładał on budowę trzech poziomów

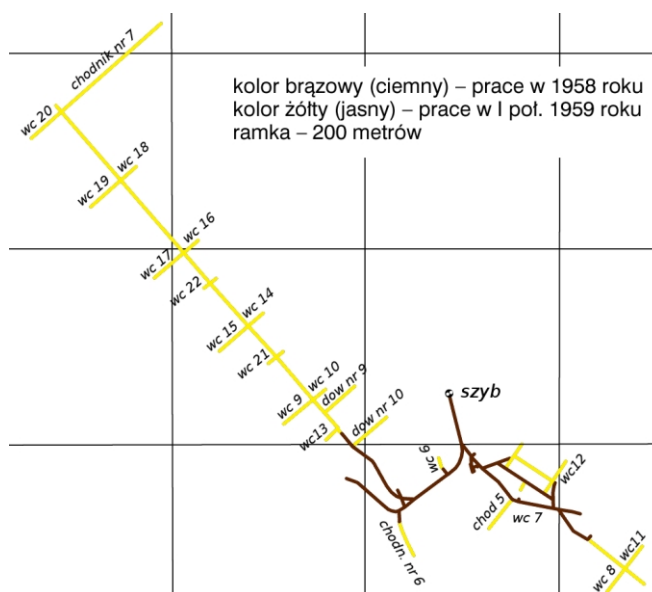


Rys. 1. Szyb kopalni w Grzmiącej.

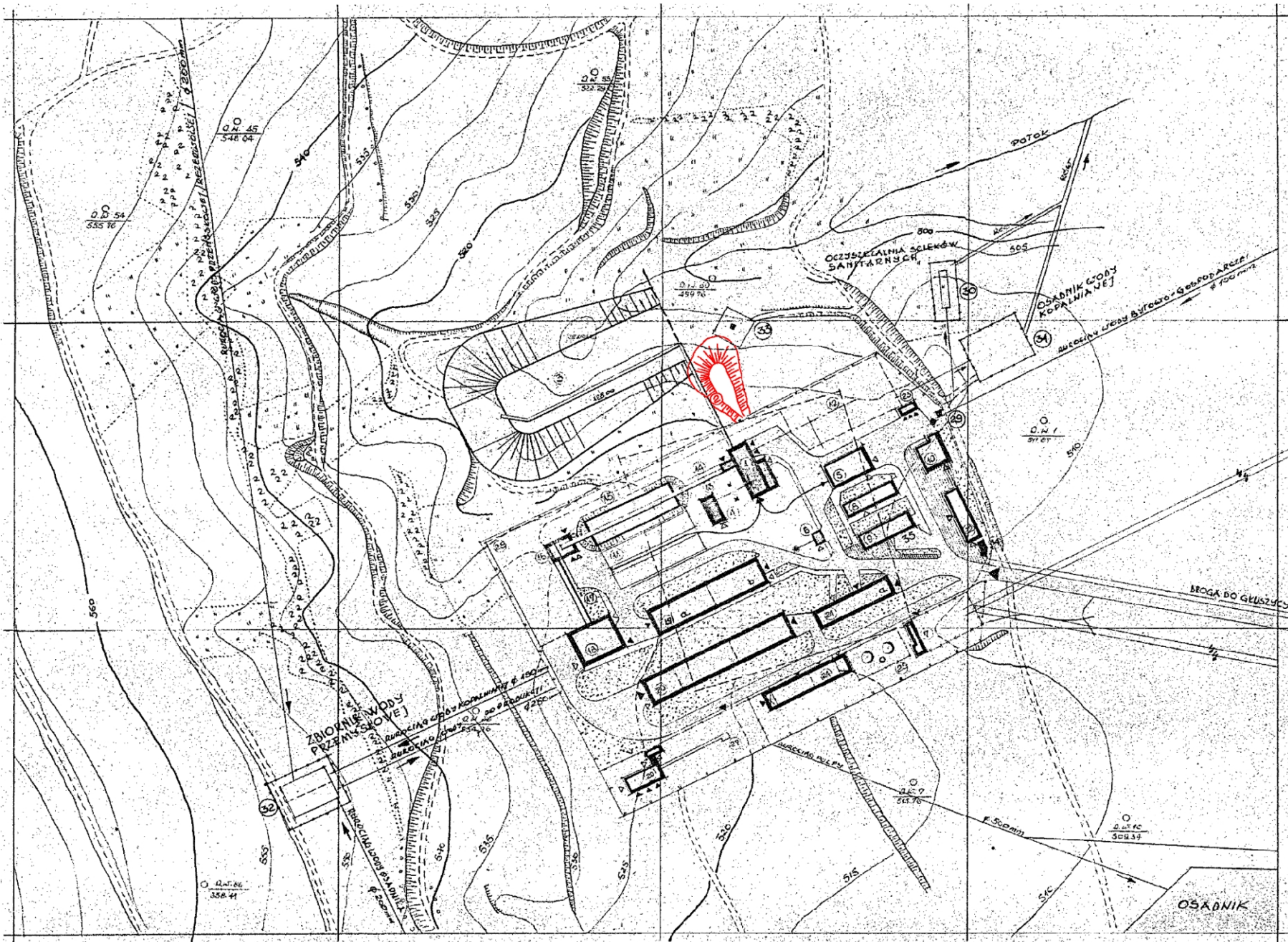


Rys. 2. Zakres prac dołowych w 1958 roku.

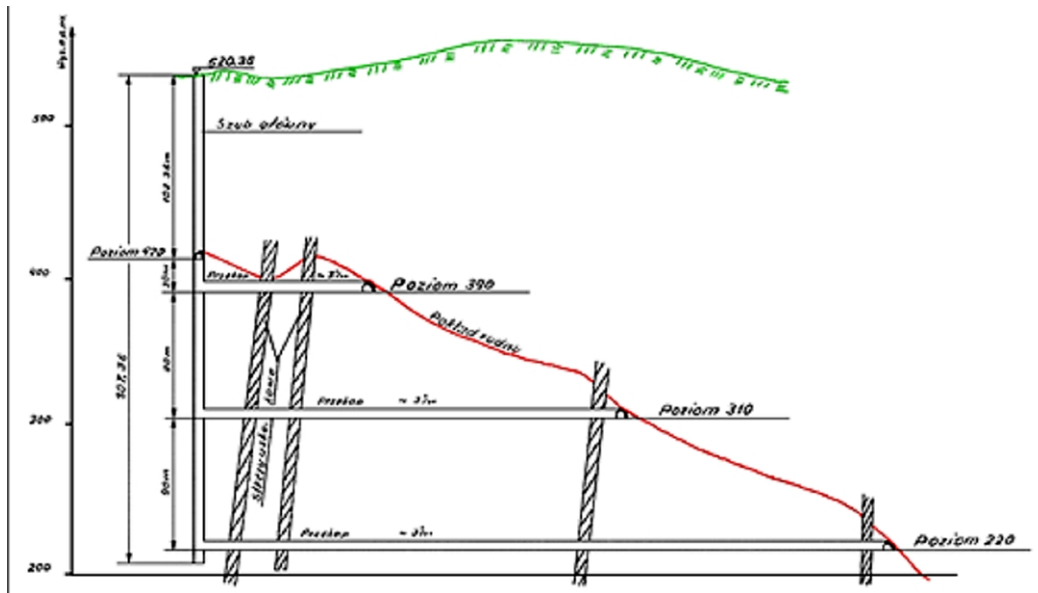
wydobywczych przy głębokości kopalni ok. 300 m poniżej poziomu szybu oraz powstanie zakładu wzbogacania rudy wraz z osadnikiem poflotacyjnym (rys. 4; na czerwono zaznaczono istniejącą hałdę powstałą podczas funkcjonowania kopalni badawczej). Określono wtedy zasoby przemysłowe rudy uranowej na $1\,203\,685$ ton przy założeniu ciężaru objętościowego rudy na $2,54$ t/m³ i przyjęciu średniej grubości złoże wynoszącej $1,63$ m. Planowano roczne wydobycie na poziomie $140\,000$ ton, co miało zapewnić 9 lat żywotności kopalni. Złoże miało być udostępnione dwoma szybami: wydobywczym i wentylacyjnym, zlokalizowanymi w górnej części złoże (rys. 5). Istniejący szyb, obudowany drewnem do głębokości 121 m i o powierzchni w świetle obudowy $6,1$ m², miał być przebrojony, pogłębiony do 220 metrów i wykorzystany jako szyb wentylacyjny. Nowy szyb wydobywczy miał jednocześnie pełnić rolę szybu zjazdowego, materiałowego, wodnego i wentylacyjnego wydechowego. Chodniki i przekopy miały mieć nachylenie od 0 do 3% . Obudowy chodników (rys. 6) i wciniek (rys. 7) miały być drewniane i w wymiarach tak, jak to podają ich paszporty.



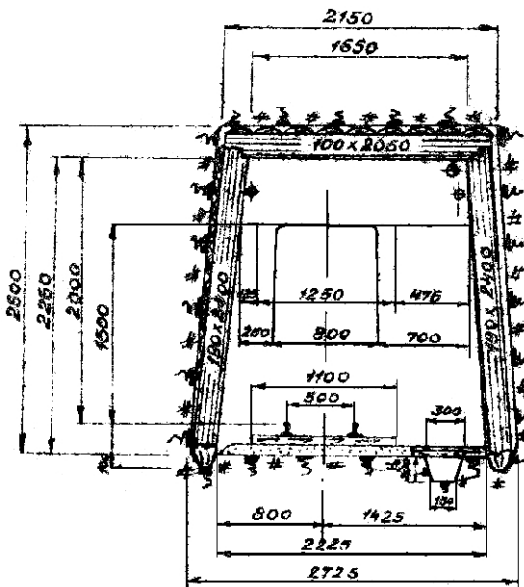
Rys. 3. Zakres prac dołowych w I połowie 1959 roku.



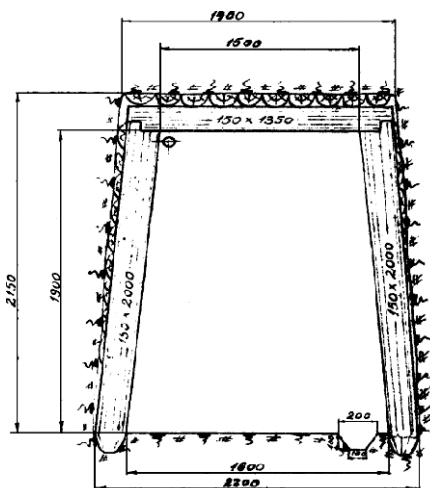
Rys. 4. Potożenie hałdy badawczej na tle planowanej kopalni produkcyjnej w Grzmiącej.



Rys. 5. Przekrój pionowy planowanej kopalni w Grzmiącej.



Rys. 6. Paszport chodnika jednotorowego planowanej kopalni w Grzmiącej.



Rys. 7. Paszport wcinki poszukiwawczej planowanej kopalni w Grzmiącej.

Składowisko skały płonnej miało być umiejscowione w zagłębieniu terenowym o powierzchni 160 170 m i głębokości do 20 m. Zaprojektowano osiem osi sypania przyzma za pomocą taśmociągów umożliwiających odstawę do 30 m³ skały na zmianę roboczą. Przewidziano również miejsce na zwalowisko rud ubogich, ale nie podano rozwiązań technicznych składowania.

Budynki na powierzchni kopalni z uwagi na „bardzo małą aktywność promieniowania” nie posiadały osłon stałych, a ze względu na krótką żywotność kopalni wszystkie obiekty miały być o konstrukcji lekkiej, oszczędnej i łatwo rozbieralnej.

Odprowadzenie wód kopalnianych w ilości około 50 m³/h o oszacowanych koncentracjach: radonu od 3 do 2500 emanów, uranu od 3,75 · 10⁻⁶ do 3,0 · 10⁻⁴ g/l, radu od 5 · 10⁻¹² do 23 · 10⁻¹² g/l i zawierających różne zawiesiny miało być do trzykomorowego osadnika o przepływie labiryntowym, a po opadnięciu zawieszin, do rzeki.

3. Pomiary

Ekipa PAA w dniach 23–26 czerwca 2014 roku dokonała pomiarów kontrolnych hałdy pozostałej po badawczych robotach górniczych z lat 1957–59.

Oszacowania wymiarów hałdy dokonano na podstawie danych fotogrametrycznych: wysokość – 12 m, powierzchnia – 2450 m², objętość – 21 500 m³. Ocena struktury hałdy, dokonana podczas pobytu na terenie byłej kopalni w Grzmiącej, stwierdza, że kształt hałdy sugeruje separację wysypywanego materiału. Jezor północny hałdy składa się w większości ze skały płonnej, o mocy przestrzennego równoważnika dawki niewiele różniącej się od tła mierzonego w odległości około 100 m naokoło hałdy. Wywyższenie jezora po stronie wschodniej wynosi 6 m, po stronie zachodniej 12 m, po stronach północnej i północno-

-wschodniej przechodzi od 12 do 6 m. Od strony południowej jezor przylega do trasy wywózki urobku z szybu kopalni (widoczne ślady po torowisku i po zakotwieniu szybu), która jest wywyższona o około 2–3 m. Jezor wschodni hałdy był zapełniany urobkiem o większej zawartości rud uranu i wywyższa się 1–3 m.

Szyb jest najprawdopodobniej zabezpieczony płytą żelbetową wykonaną na głębokości – 50 m. Była to standardowa procedura zabezpieczenia szybów stosowana pod koniec działalności poszukiwawczej i wydobywczej przez ZPR-1. Przestrzeń pomiędzy płytą a powierzchnią terenu wypełniana była zazwyczaj urobkiem pobranym z hałdy. Wylot szybu przy powierzchni terenu zabezpieczony był drugą płytą żelbetową. Omywana przez wody podziemne dolna płyta może stracić stabilność i w konsekwencji doprowadzić do zapadnięcia się zabezpieczenia wlotu szybu.

Ze względu na brak jakiegokolwiek dokumentacji o sposobie zabezpieczenia szybu należy przyjąć, że po ponad 50 latach korek w każdej chwili może ulec degradacji i zawaleniu, jak to wystąpiło np. w Miedziance czy w Kowarach.

WNIOSEK: zabezpieczenie fizyczne otworu szybu jest koniecznością, a przeprowadzenie ewentualnych prac przy konserwacji korka należy zlecić wyspecjalizowanym firmom górniczym.

Teren po budynkach i innych urządzeniach kopalnianych wygląda na uprzątnięty, z wyjątkiem zabetonowanych łap od instalacji szybowej, śladowych ilości podmurówek budynków oraz pozostałości po torowisku do wywozu urobku na hałdę. Pomiary przeprowadzono w siatce o boku 10 m i na wysokości około 1 m nad powierzchnią gruntu, poczynając od punktu znajdującego się na grzbiecie trasy wywózki urobku w połowie drogi od szybu do zwalki. Wstępne pomiary dały jednakowe wskazania na całej długości trasy transportu, więc nie było potrzeby wykonania pomiarów bezpośrednio nad szybem. Do pomiarów użyto następujących mierników:

1. FH-40G L-10 n/s 011049, firmy Eberline Instruments GmbH, świadectwo wzorcowania nr 4449/13 CLOR¹⁷.

2. RADIAGEM 2000 n/s 3858 z sondą STTC n/s 0319, firmy Canberra, świadectwo wzorcowania nr 5034/13 CLOR.

Wyniki przedstawiono na siatce pomiarowej (rys. 8), którą następnie naniesiono na mapę terenu (rys. 9).

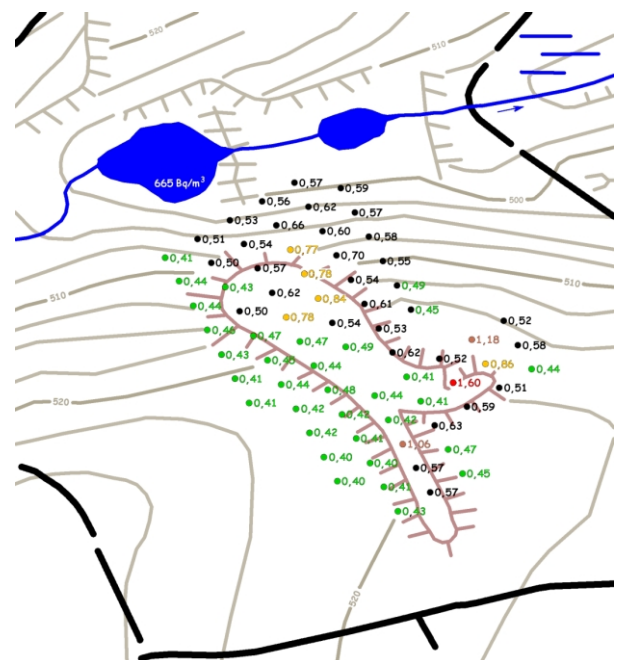
4. Oszacowanie bezpieczeństwa radiacyjnego

Należy przyjąć, że chętni do odwiedzenia hałdy będą na niej przebywać do 4 godzin i przemieszczać się po całej hałdzie. Biorąc dla całej hałdy średnią moc przestrzennego równoważnika dawki $H^*(10)$ jako średnią z wykonanych pomiarów wynoszącą 0,55 Sv/h, otrzymujemy dawkę ekspozycyjną 2,2 Sv. Zakładając, że odwiedzający będą na

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,41	0,51	0,53	0,56	0,57			
2	0,44	0,50	0,54	0,66	0,62	0,59		
3	0,44	0,43	0,57	0,77	0,60	0,57		
4	0,46	0,50	0,62	0,78	0,70	0,58		
5	0,43	0,47	0,78	0,84	0,54	0,55		
6	0,41	0,45	0,47	0,54	0,61	0,49		
7	0,41	0,44	0,44	0,49	0,53	0,45		
8		0,42	0,48		0,62			
9		0,42	0,42	0,44	0,41	0,52	1,18	0,52
10		0,40	0,41	0,42	0,41	1,60	0,86	0,58
11		0,40	0,40	1,06	0,63	0,59	0,51	0,44
12			0,41	0,57	0,47			
13			0,43	0,57	0,45			

Rys. 8. Siatka pomiarów hałdy badawczej po kopalni w Grzmiącej. Uwagi:

1. Miejsce puste (8, 4) – teren zarośnięty do tego stopnia, że wejście bez wycinki drzew i krzewów nie było możliwe.
2. Punkt (13, 4) – miejsce powiązania z mapą, układ współrzędnych WGS84, GPS e-Trex 30.
3. Wschodni skraj pomiarów został określony kształtem hałdy.
4. Zachodni skraj pomiarów został określony poziomem mocy przestrzennego równoważnika dawki $H^*(10)$, odniesionym do poziomu tła mierzonego w odległości 100 m od skraju hałdy.
5. Maksimum wskazań znajduje się w punkcie (10, 6) na jezorze wschodnim hałdy.
6. Wartości mocy przestrzennego równoważnika dawki $H^*(10)$ podano w Sv/h.



Rys. 9. Obmiar hałdy badawczej po kopalni uranu w Grzmiącej.

Uwagi:

1. Skala mapy ~1:2000.
2. Układ współrzędnych WGS84.
3. Aktualność mapy lata 1994–98, nie wykonano unaczestnienia podczas pomiarów.
4. Wartości mocy przestrzennego równoważnika dawki $H^*(10)$ podano w Sv/h.

¹⁷CLOR – Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej w Warszawie.

hałdzie również siadać i leżeć (pesymizacja zagrożenia), możliwa maksymalna dawka ekspozycyjna wyniesie 22 Sv. Należy podkreślić, że jest to dawka od naturalnych pierwiastków promieniotwórczych i niewiele większa od dawki ekspozycyjnej, oszacowanej w analogiczny sposób, pochodzącej od tła promieniowania jonizującego poza hałdą, a wynoszącej odpowiednio 1,6 Sv i 16 Sv. Można zatem stwierdzić, że wpływ hałdy na zdrowie ludzi jest znikomy i nie wymaga ograniczenia ruchu osób postronnych na hałdzie i w jej okolicach.

Nie były przeprowadzone badania emisji radonu z hałdy, natomiast zmierzone zostało stężenie radonu w wodzie jeziora leżącego poniżej hałdy. Spodziewano się, że na skutek wypłukiwania rudy uranu z hałdy podczas deszczy, czy roztopów wiosennych, w jezioru dojdzie do zwiększenia koncentracji uranu, a co za tym idzie, zwiększenia emisji radonu. Otrzymany wynik 665 Bq/m³ nie sygnalizuje zwiększonej ilości uranu w jeziorze.

WNIOSEK: hałda po kopalni uranu w Grzmiącej nie stwarza zagrożenia dla ogółu ludności przebywającej na tym terenie.

Literatura

1. *Sprawozdanie za rok 1956*, Kowary 1957.
2. *Sprawozdanie za rok 1957*, Kowary 1958.
3. *Sprawozdanie za rok 1958*, Kowary 1959.
4. Bareja J., *Paszport złoża Grzmiąca*, Kowary 11-1959.
5. *Plan ruchu kopalni Grzmiąca na rok 1959*, Kowary 1958.
6. *Załączniki Graficzne do planu ruchu kopalni Grzmiąca na rok 1959*, Kowary 1958.
7. *Projekt koncepcyjny zakładu górniczego „Grzmiąca”*, Kowary 1961.
8. *Projekt koncepcyjny zakładu przerobczego „Grzmiąca”*, Kowary 1961.
9. *Uwagi o geologiczno-górnicych warunkach odbudowy złóż uranowych Okrzeszyn i Grzmiąca na Dolnym Śląsku*.
10. Adamski W., *Zakłady Przemysłowe R-1*, [w:] *Kowary – szkice z dziejów miasta*, T. 2, Jelenia Góra 1988.

Wywiady

1. Gawor E., *Metody zabezpieczania szybów po likwidacji kopalń w ZPR-1*, Jelenia Góra 09.2014.

Notka o autorze

Wojciech Krysiński – specjalista Centrum ds. Zdarzeń Radiacyjnych CEZAR, Państwowej Agencji Atomistyki.

Składowiska odpadów górnictwa uranowego w Sudetach – wzmożony poziom promieniowania jonizującego i możliwości jego ograniczenia

Łukasz Drewniak
Uniwersytet Warszawski

Narodowe Centrum Badań i Rozwoju ustanowiło w 2010 roku strategiczny projekt badawczy pt.: „Technologie wspomagające rozwój bezpiecznej energetyki jądrowej”. Wśród 10 tematów wiodących znalazł się projekt zatytułowany „Podstawy zabezpieczenia potrzeb paliwowych polskiej energetyki” obejmujący m.in. zagadnienia dotyczące oceny wpływu pozyskiwania uranu na środowisko oraz wykorzystania biotechnologii w oczyszczaniu strumieni odpadowych. Ta część projektu była realizowana przez Wydział Biologii UW, Instytut Chemii i Techniki Jądrowej, Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej oraz Instytut Biochemii i Biofizyki PAN i Państwowy Instytut Geologiczny PIB. Poszukując możliwości pozyskania uranu z surowców odpadowych, przebadano 50 obiektów zawierających odpady górnictwa uranowego. W pierwszej części projektu przeanalizowano wyniki punktowych pomiarów mocy dawki promieniowania oraz stężenia uranu występujące w odpadach składowanych na hałdach w rejonie Gór Świętokrzyskich (15 obiektów), Kotliny Kłodzkiej (2 obiekty) oraz w Kotlinie Jeleniogórskiej (33 obiekty). Na podstawie przeprowadzonych analiz wyłoniono 9 obiektów do dalszych badań (tab. 1). Najwyższy poziom promieniowania zaobserwowano na hałdzie w Kromnowie (są punkty, gdzie jest ponad 30-krotnie wyższy niż naturalne tło promieniowania występujące w Sudetach ~4,5 mSv/rok). Poziom taki na przykład oznacza, że wartość dawki granicznej promieniowania jonizującego dla osoby z ogółu ludności – 1 mSv/rok ponad tło promieniowania naturalnego zostałaby przekroczona po nieco ponad 48 godzinach nieprzerwanego przebywania w tym konkretnym punkcie na tej hałdzie (powierzchnia kilkudziesięciu m²). Pozostałe miejsca hałdy charakteryzują się niższymi poziomami promieniowania, a **aż tak wysokie**

zagrożenie jest jedynie punktowe i nie występuje równomiernie na całej szerokości obiektu. Dla „małej” hałdy w Radoniowie zmierzona punktowo maksymalna wartość mocy dawki promieniowania była ok. 8-krotnie większa niż tło. Oznacza to, że roczna dawka 1 mSv mogłaby hipotetycznie zostać przekroczona dopiero po 10 dniach nieprzerwanego przebywania w tym punkcie hałdy. Wartości mocy dawki promieniowania zaobserwowane dla Kopańca są ok. 5-krotnie wyższe niż tło, dla „dużej” hałdy w Radoniowie i hałdy przy sztolni nr 8 w Kowarach ok. 3-krotnie większe, natomiast dla pozostałych hałd na poziomie nieprzekraczającym ok. 0,5 Sv/h, co mieści się w granicach występującego w tym rejonie naturalnego tła promieniowania jonizującego. Wyniki analiz na zawartość uranu w odpadach składowanych w badanych hałdach (tab. 1) potwierdziły, że największe zanieczyszczenie związkami uranu związane jest z hałdą w Kromnowie, gdzie maksymalne stężenie uranu sięgało 10 400 mg/kg. Podwyższone stężenia uranu zanotowano także na terenie hałd w Radoniowie i Kopańcu. W pozostałych hałdach zanotowano mniejsze stężenia uranu, nieprzekraczające 200 mg/kg (tab. 1).

W celu sprawdzenia zagrożeń związanych z uwalnianiem uranu z hałd do środowiska, tam gdzie było to możliwe, przeprowadzono badania stężenia uranu w wodach powierzchniowych zlokalizowanych wokół wybranych obiektów oraz w wodach odprowadzanych ze sztolni zlokalizowanych w dolinie Jedlicy w Kowarach-Podgórzu (tab. 2). W dwóch lokalizacjach (Kowary i Okrzeszyn) zanotowano stężenia uranu przekraczające 30 g/l (jest to norma określona przez WHO dla wody pitnej [5], którą na potrzeby tego artykułu przyjęto tylko jako wartość odniesienia¹). Dla wybranych lokalizacji wykonano testy

¹ Wody powierzchniowe oraz wody odprowadzane ze sztolni nie są wodą pitną.

Tabela 1. Zawartości uranu, żelaza, pH i dawki w próbkach materiałów pobranych z hałd zlokalizowanych w Kotlinie Kłodzkiej i Jeleniogórskiej

Miejsce poboru	pH	[μ Sv/h]*	U [mg/kg]	Fe [mg/kg]
Grzmiąca	4,2–5,8	0,51–1,94	20,5–112,8	23 978–35 556
Okrzeszyn	6,1	2,5	86,3–130	20 300–36 000
Kletno	5,8–7,0	0,20–0,61	4,82–62,3	46 000
Bobrowniki	5,2	1,00	143	58 500
Dzieńmorowice	6,9	0,77	195	26 900
Radoniów „mała” i „duża” hałda	5,8–6,0	1,5–4,4	306–801	18 700–25 200
Kromnów	5,7	4,2–97,0	2261–10400	20 200
Kopaniec	6,1	2,8	733–2400	65 800
Wojcieszyce	4,6	1,7	193	27 800

* Pomiary screeningowe warstwy powierzchniowej.

Tabela 2. Koncentracja uranu w próbkach wód. W wyróżnionych komórkach zaznaczono wody, w których stężenie uranu przekracza 30 μ g/l – normy określonej przez WHO dla wody pitnej [5]

Próbka wody	pH	[μ g U/l]
Kopaniec oczko wodne – woda Hałda Polska	7,19	1,26
Kopaniec rzeka	7,38	<0,1
Kopaniec sztolnia	6,83	3,22
Kowary sztolnia 19	7,49	46,0
Kowary sztolnia 19 góra	–	111
Kowary sztolnia 19 dół	–	113
Kowary sztolnia 19A odpływ	5,83	0,95
Kowary sztolnia 17	8,15	1,54
Kowary sztolnia 8	7,58	0,11
Grzmiąca staw nad hałdą	7,32	3,84
Grzmiąca strumyk	7,88	0,25
Kromnów woda spod hałdy	7,63	1,67
Kłeczka woda ze sztolni	7,69	0,87
Okrzeszyn staw pod hałdą na granicy	7,73	22,0
Kletno punkt 1	6,52	8,40
Kletno punkt 2	6,40	0,33
Wojcieszyce	7,45	1,46

ekotoksikologiczne MARA (toksyczność chroniczna) i Microtox (toksyczność ostra). Wykazano, że wody wokół hałd nie wykazują efektu toksyczności ostrej. Jedynie wody u podnóża hałdy w Kopańcu w testach MARA wykazują umiarkowaną toksyczność chroniczną, przy czym nie ma podstaw do powiązania tego zjawiska ze stwierdzoną śladową zawartością uranu.

W przypadku pięciu najbardziej zanieczyszczonych „niebezpiecznych” hałd (Kromnów, Kopaniec, Radoniów hałda „mała”, Radoniów hałda „duża”, Grzmiąca) sprawdzono stopień akumulacji uranu przez wybrane gatunki roślin. Największą koncentrację uranu wykazały trawy,

w których korzeniach stwierdzono uran na poziomie – 817,15 mg/kg suchej masy (s.m.) i 76,85 mg/kg s.m. u kostrzewy (Kopaniec Hałda Polska i Grzmiąca), 178,85 mg/kg s.m. u wiechliny (Grzmiąca), 78,27 mg/kg s.m. i 77,54 mg/kg s.m. u kupkówki (Grzmiąca i Radoniów „mała” hałda).

Porównując koncentrację uranu w korzeniu z jego koncentracją w częściach nadziemnych traw, można stwierdzić, iż gromadzenie tego pierwiastka było na 10–20-krotnie niższym poziomie w liściach (odpowiednio 72,78 mg/kg s.m. i 17,8 mg/kg s.m.; 5,11 mg/kg s.m. oraz 3,53 mg/kg s.m., 3,22 mg/kg s.m.). W przypadku roślin dwuliściennych największą koncentrację uranu stwierdzono w korzeniach jastrzębca kosmaczka – 196,62 mg/kg s.m. (Kopaniec „Hałda Polska”), wilczomleczu 90,40 mg/kg s.m. i dziurawca 72,32 mg/kg s.m. (obydwie ze stanowiska Grzmiąca), koniczyny białoróżowej 71,54 mg/kg s.m. i babki lancetowatej 56,40 mg/kg s.m. (obydwie ze stanowiska Radoniów hałda „mała”). W częściach nadziemnych uran występował w ilości 138,56 mg/kg s.m. w liściach kosmaczka, 22,37 mg/kg s.m. w łodydze wilczomleczu, 16,88 mg/kg s.m. liściach dziurawca oraz 14,64 mg/kg s.m. w liściach babki lancetowatej.

Biorąc pod uwagę przedstawione dane oraz opracowania wykorzystywane przy planach zagospodarowania przestrzennego gmin [1, 4], na których terenie zlokalizowane są hałdy, można wyciągnąć następujące wnioski:

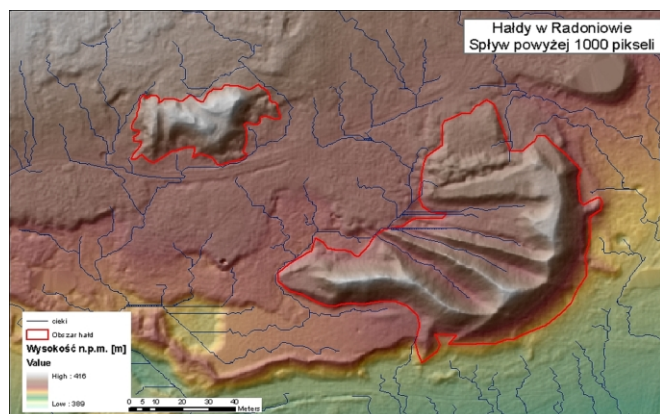
- na podstawie inwentaryzacji wyrobisk górniczych należy opracować i zrealizować program likwidacji (pełnego zabezpieczenia) szkód górniczych,
- hałdy pouranowe, w zależności od wyników badań, powinny zostać zabezpieczone i poddane biologicznej rekultywacji,
- w pierwszej kolejności należy odpowiednio zabezpieczyć miejsca o znacznie wzmożonym poziomie tła promieniowania oraz inne miejsca stwarzające potencjalne zagrożenia² – wyraźnie je oznakować z zastosowaniem ogrodzeń włączanie.

² Np. wejścia do szybów i chodników, gdzie zabezpieczenia przed dostępem uległy dewastacji.

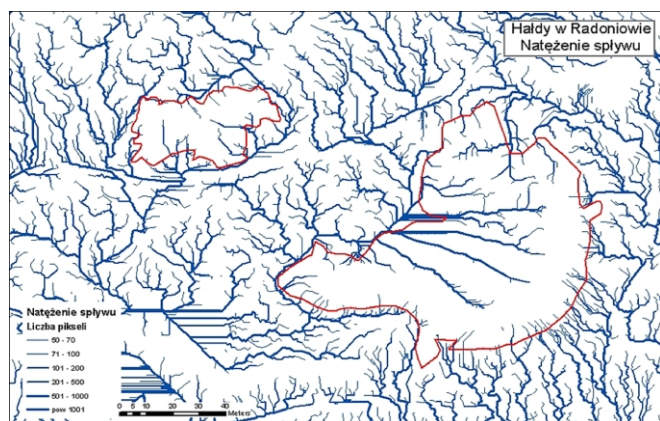
W opracowaniach tych wskazano łącznie 46 obiektów (w tym wszystkie, które były obiektem przedstawianych badań), które wymagają pilnego zabezpieczenia z powodu ryzyka osunięć i zapadlisk (niezabezpieczone sztolnie), jak również ze względu na poziom promieniowania jonizującego.

W celu określenia ilości materiału zgromadzonego w badanych hałdach oraz oszacowania potencjalnych zagrożeń związanych ze spływem powierzchniowym z hałd podjęto próby stworzenia przestrzennych modeli tych obiektów. Modelowanie zostało przeprowadzone przez dr Edytę Woźniak z Zespołu Obserwacji Ziemi, Centrum Badań Kosmicznych PAN na zlecenie Pracowni Analizy Szkażeń Środowiska Wydziału Biologii UW. Do modelowania wykorzystano dane wysokościowe zakupione w Centralnym Ośrodku Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej w dwóch standardach:

1. Format LAS zawierający dane pochodzące ze skaningu laserowego LIDAR o rozdzielczości przestrzennej 12 lub 6 punktów na metr kwadratowy. Dane przedstawiają sytuację w roku 2011.
2. Format ASCII_TDB zawierający dane wysokościowe opracowane na podstawie zdjęć lotniczych wykonanych w skali 1:26 000 w roku 2010. Rozdzielczość terenowa tych danych określana jest na 10 m.



Ryc. 1. Hałdy w Radoniowie – model opracowany na podstawie punktów ze skanowania laserowego.



Ryc. 2. Natężenie spływu powierzchniowego na hałdach w Radoniowie (model lidarowy).

Modele wykonano dla 12 obiektów. Oszacowano powierzchnię, objętość i wysokość oraz oznaczono potencjalne zagrożenie radiologiczne ocenione na podstawie pomiarów screeningowych powierzchni (tab. 1), a wyniki przedstawiono w tabeli 6.

W tym opracowaniu szczegółowo przedstawiono tylko jeden wybrany obiekt: hałdy w Radoniowie („mała” i „duża”). Na tym przykładzie wykazano przydatność stosowania skaningu laserowego LIDAR i formatu LAS do określania parametrów przestrzennych hałd.

Wyniki przeprowadzonych prac związanych z obliczaniem rozmiarów hałd w Radoniowie przedstawiono w tabelach 3–5.

Tabela 3. Wyniki pomiaru wielkości hałd w Radoniowie na podstawie danych lidarowych

Model LAS 0,5 m	Całość	Mała	Duża
Powierzchnia rzutu [m ²]	7368	1176	6192
Powierzchnia bryły [m ²]	8621	1350	7271
Wysokość minimalna [m]	402,3	407,1	402,3
Wysokość maksymalna [m]	414,6	414,6	414,1
Różnica wysokości [m]	12,3	7,5	11,8
Objętość [m ³]	44803	4573	40230

Tabela 4. Wyniki pomiaru wielkości hałd w Radoniowie na podstawie danych fotogrametrycznych

Model ASCII_TDB 0,5 m	Całość	Mała	Duża
Powierzchnia rzutu [m ²]	7375	1150	6225
Powierzchnia bryły [m ²]	8032	1185	6847
Wysokość minimalna [m]	402,8	407,7	402,8
Wysokość maksymalna [m]	413	411,2	413
Różnica wysokości [m]	10,2	3,4	10,6
Objętość [m ³]	44835	3075	41760

W przypadku powierzchni rzutu, powierzchni bryły oraz wysokości minimalnej i maksymalnej różnice w pomiarach dla obu hałd na podstawie dwóch użytych źródeł są nieznaczne, nie przekraczają 2,5%. Jeśli zaś weźmiemy pod uwagę maksymalną różnicę wysokości i objętość, wówczas otrzymane wyniki różnią się dla poszczególnych hałd. W przypadku małej hałdy różnica w wysokości jest znaczna, ze względu na niedoszacowanie wysokości maksymalnej aż o 54,7% w przypadku danych fotogrametrycznych. Również szacowanie objętości hałdy obarczone jest znacznym błędem 32,7%. W przypadku dużej hałdy różnice w pomiarach przeprowadzonych na dwóch źródłach danych są małe: dla wysokości maksymalnej 0,3%, dla objętości 3,8% (tab. 5). W obrębie dużej hałdy dominuje spływ wód w kierunku zachodnim z wyjątkiem północnej części hałdy, gdzie odpływ odbywa się w kierunku

Tabela 5. Różnice w wymiarach hałd w Radoniowie w zależności od formatu użytych danych

Różnica	Całość	Mała	Duża	Różnica	Całość	Mała	Duża
Powierzchnia rzutu [m ²]	-7	26	-33	Powierzchnia rzutu [%]	-0,1	2,2	-0,5
Powierzchnia bryły [m ²]	589	165	424	Powierzchnia bryły [%]	6,8	12,2	5,8
Wysokość minimalna [m]	-0,5	-0,6	-0,5	Wysokość minimalna [%]	-0,1	-0,1	-0,1
Wysokość maksymalna [m]	1,6	3,4	1,1	Wysokość maksymalna [%]	0,4	0,8	0,3
Różnica wysokości [m]	2,1	4,1	1,2	Różnica wysokości [%]	17,1	54,7	10,2
Objętość [m ³]	-32	1498	-1530	Objętość [%]	-0,1	32,7	-3,8

Tabela 6. Zestawienie głównych parametrów hałd z odpadami uranu w woj. dolnośląskim [3]

Obiekt	Powierzchnia bryły [m ²]	Objętość [m ³]	Wysokość min/max [m]	Poziom promieniowania
Radoniów – hałda „duża”, gm. Lubomierz	7271	40 230	min: 402,3 / max: 414,1	Średni
Radoniów – hałda „mała”, gm. Lubomierz	1350	4573	min: 407,1 / max: 414,6	Wysoki
Sztolnia nr 8 Kopalni Podgórze – hałda „duża”, gm. Kowary	2652	20 116	min: 650,3 / max: 664,5	Średni
Sztolnia nr 8 Kopalni Podgórze – hałda „mała”, gm. Kowary	1878	11 484	min: 663,8 / max: 674,7	Średni
Hałda sztolni nr 19 i 19a Kopalni Podgórze, gm. Kowary	20 069	424 907	min: 686,3 / max: 729,2	Niski
Dzieńmorowice – część zachodnia hałdy, gm. Walim	6802	64 891	min: 450,3/ max: 464,4	Niski
Dzieńmorowice – część wschodnia hałdy, gm. Walim	4118	31 651	min: 456,3 / max: 477,7	Niski
Hałda w Kromnowie, gm. Stara Kamienica	2307	4370	min: 428,9 / max: 437,2	Wysoki
„Hałda Polska” w Kopańcu, gm. Stara Kamienica	1325	2566	min: 489,8 / max: 494,4	Wysoki
Hałda w Wojcieszycach, gm. Stara Kamienica	50 287	1 616 396	min: 413,1 / max: 471,1	Niski
Hałda w Grzmiącej, gm. Głuszyca	1407	9912	min: 506,1 / max: 517,8	Niski

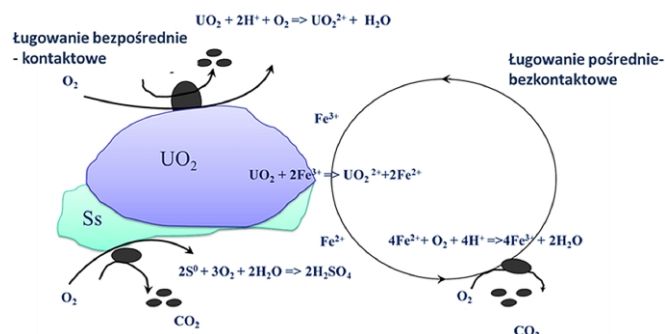
kach wschodnim i północnym. W przypadku małej hałdy przeważa spływ w kierunku południowym (ryc. 2). Na podstawie wykonanych prac można stwierdzić, że model lidarowy o rozdzielczości terenowej 50 cm jest bardzo dobrym materiałem bazowym w tego typu analizach, zaś model fotogrametryczny o rozdzielczości 10 m można stosować w bardzo ograniczonym zakresie.

W ramach badawczego projektu strategicznego „Technologie wspomagające rozwój bezpiecznej energetyki jądrowej” zaproponowano dla składowiska w Radoniowie biotechnologię pozwalającą na znaczne obniżenie zawartości radionuklidów w materiale odpadowym (o 70%) z możliwością odzyskania metali ziem rzadkich i uranu nie tylko na potrzeby energetyki jądrowej, ale także jako surowca do produkcji katalizatorów. Procesy bioługowania znajdują praktyczne zastosowanie do odzyskiwania metali z rud niskoprocentowych (pozabilansowych) i w procesach rekultywacji terenów po kopalniach odkrywkowych. Schemat biologicznego ługowania uranu przedstawiono na rycinie 3. Proces przebiega w warunkach kwaśnych, w obecności pirytu, którego zawartość stwierdzono w odpadach zgromadzonych na hałdach w Radoniowie.

W przypadku odpadów z Radoniowa wydajność procesu bioługowania zależy od zastosowanej metody: w ufor-

mowanej hałdzie sięga 60%, w bioreaktorze zawieszinowym z mieszaniem (batch reactor) – do 80%, a w reaktorze kolumnowym do 70%. Biorąc pod uwagę koszty eksploatacji oraz opłacalność technologii, najkorzystniejszy wydaje się wariant bioługowania w hałdzie. Dodatkowo zbadano i potwierdzono możliwość strącania uranu w postaci nanoczątek, które mogą znaleźć zastosowanie w różnych gałęziach przemysłu jądrowego. Szacunkowe ilości uranu, jakie można potencjalnie pozyskać z badanych hałd, zestawiono w tabeli 7. Stwierdzono również, że

SCHEMAT BIOLOGICZNEGO ŁUGOWANIA URANU



Ryc. 3. Schemat biologicznego ługowania uranu w środowisku kwaśnym (opracowanie W. Lewandowski Wydział Biologii UW wg [2]).

Tabela 7. Szacunki uzysku uranu z roztworu UO_2SO_4 z poszczególnych hałd oraz przeliczenie masy analizowanych hałd [3]*

Lp.	Lokalizacja	Objętość [m ³]	Szacowana masa [Mg]	Uzysk uranu [g/Mg hałdy]	Potencjalny uzysk uranu z hałdy [Mg]
1	Hałda w Kromnowie, gm. Stara Kamienica	4370	11 362	4115	46,8
2	Hałda w Kopańcu, gm. Stara Kamienica	2566	6672	1018	6,8
3	Hałdy w Radoniowie („mała” i „duża”), gm. Lubomierz	44 803	116 488	360	41,9
4	Hałda w Grzmiącej, gm. Głuszycza	9912	25 771	43,0	1,1
5	Hałda w Dzieńmorowicach, gm. Walim	96 542	251 009	127	31,8
6	Hałda w Wojcieszycach, gm. Stara Kamienica	1 616 396	4 222 630	125	527,2
Ogółem					655,6

* Przyjęte założenia – uzysk uranu z roztworu UO_2SO_4 w procesie bioługowania 65%; ciężar nasypowy hałdy [Mg/m³] – 2,6.

w procesie bioługowania do roztworu przechodzą również inne metale kolorowe (Cu, Zn, Co, Ni) oraz metale ziem rzadkich, takie jak lantan czy iterb.

Wnioski

W ramach projektu wykazano przydatność stosowania formatu LAS do określania parametrów przestrzennych hałd po górnictwie uranowym oraz kierunku spływu wód z tych zwałowisk, co ma duże znaczenie w badaniach środowiskowych. Wykazano, że w procesie bioługowania materiałów odpadowych można usunąć do 80% uranu, czemu towarzyszy także wypłukiwanie metali kolorowych oraz metali ziem rzadkich. Procesy rekultywacyjne są kosztowne, a odzysk chociażby części surowców zawartych w odpadach może w znaczący sposób przyczynić się do obniżenia ich kosztocłonności.

Literatura

1. Chruścielewski W., Olszewski J., Kamiński Z., *Badania zagrożenia radiacyjnego środowiska naturalnego w rejonach byłych kopalń rud uranu*, Instytut Medycyny Pracy im. prof. dr. med. Jerzego Nofera, Łódź 1996.
2. Munoz J.A., Gonzalez F., Blazquez A., Ballister A., *A study of the bioleaching of a Spanish uranium ore. Part I: A review of the bacterial leaching in the treatment of uranium ores*, 1995, Hydrometallurgy, 38, 39–57.
3. Polinvest „*Studium wykonalności dla procesu bioługowania uranu i metali ziem rzadkich z hałd po kopalniach uranu w województwie dolnośląskim*”, Kraków 2014.
4. Raport końcowy „*Zwalczanie negatywnych następstw przedsięwzięć górniczych – Postępowanie z kontaminantami radioaktywnymi w regionie Jeleniej Góry w Polsce południowo-zachodniej*” – Numer projektu: FKZ 380 01 140, Halsbrücke 2007.
5. World Health Organization (WHO) *Guidelines for Drinking-water Quality*, fourth ed. Geneva 2011.

Notka o autorze

Dr **Łukasz Drewniak** – adiunkt w Pracowni Analizy Skażeń Środowiska Wydziału Biologii Uniwersytetu Warszawskiego.

Strategia wczesnego reagowania na potencjalną ciężką awarię w europejskich elektrowniach jądrowych

Iga Reszke
Państwowa Agencja Atomistyki

Poniższy artykuł prezentuje stanowisko zespołu AtHLET ekspertów europejskich dozorów jądrowych w sprawie reagowania w pierwszych godzinach poważnej awarii w jednej lub kilku elektrowniach jądrowych w Europie.

Streszczenie

Zespół zadaniowy AtHLET (*Ad hoc High-Level Task force on emergencies*) został utworzony wspólnie przez stowarzyszenia dozorów europejskich HERCA¹ i WENRA². W jego skład wchodziło 21 ekspertów z dziedzin bezpieczeństwa jądrowego, gotowości na wypadek zdarzenia radiacyjnego oraz ochrony radiologicznej, pochodzących z 14 różnych krajów. Zespół AtHLET działał od marca do września 2014 roku. Jego misją było ustalenie wspólnego europejskiego podejścia do sposobu postępowania w przypadku wystąpienia na terenie jednej lub kilku elektrowni jądrowych poważnych awarii wymagających szybkich decyzji dotyczących podjęcia działań ochronnych, dysponując przy ich podejmowaniu bardzo małą ilością informacji. Zespół AtHLET oparł się na dotychczas funkcjonujących europejskich podejściach, takich jak NERDA³ Nordic⁴ i HERCA⁵. Pod uwagę brano także opracowania i rekomendacje MAEA (Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej) związane z gotowością i reagowaniem w przypadku zdarzenia radiacyjnego.

Według ustaleń AtHLET w krajach europejskich efektywne systemy gotowości i reagowania w przypadku zdarzenia radiacyjnego funkcjonują już od wielu lat i są regularnie testowane oraz usprawniane. Ponadto, dają one możliwość właściwym organom wydawania zaleceń wskazujących ludności skuteczne działania ochronne. W wielu przypad-

kach obecne rozwiązania zakładają konieczność wymiany znacznej ilości informacji pomiędzy elektrownią a organami odpowiedzialnymi za reagowanie. Jednakże doświadczenia z przeszłości pokazują, że nie można całkowicie wykluczyć możliwości wystąpienia poważnych awarii, podczas których w ich fazie początkowej niezbędne informacje o stanie elektrowni, wymagane przez obecne wytyczne reagowania, nie są jeszcze dostępne. Dotyczy to zdarzeń, które mogą być tak poważne, jak awaria w Fukushima, oddziaływać na więcej niż jeden kraj europejski i wymagać podjęcia szybkich działań ochronnych na terenie kilku krajów.

AtHLET proponuje przyjęcie ogólnego podejścia, które będzie stosowane w początkowej fazie postępowania z takimi wysoko nieprawdopodobnymi przypadkami. Podejście to nazywane będzie „Podejściem AtHLET” i wykorzystywane w razie konieczności jako podstawa do uzupełnienia obecnie obowiązujących wytycznych dotyczących początkowej fazy sytuacji awaryjnej, umożliwiając lepszą koordynację działań ochronnych pomiędzy krajami. Zgodnie z „podejściem AtHLET” decyzja o działaniach ochronnych, podejmowanych w przypadku poważnej awarii, powinna być podjęta z uwzględnieniem **stanu elektrowni** oraz **warunków pogodowych**. Rekomendowane jest analizowanie trzech następujących czynników wpływających na ocenę, tzw. JEFs (*Judgement Evaluation Factors*)⁶: **ryzyka stopienia rdzenia, integralności obu-**

¹ HERCA – *Heads of European Radiation Protection Competent Authorities*.

² WENRA – *Western European Nuclear Regulators Association*.

³ NERDA – *Nuclear Emergency Response Decision Approach* – niemiecka koncepcja reagowania w początkowej fazie awarii jądrowej.

⁴ Nordic – skandynawska koncepcja reagowania na zdarzenia radiacyjne.

⁵ HERCA – tu: opracowane w ramach grupy roboczej HERCA *WG-Emergency* podejście polegające na dążeniu do ujednoczonego reagowania na transgraniczne skutki awarii jądrowej w sąsiadujących ze sobą krajach UE.

⁶ Analizowane czynniki oceny.

dowy i kierunku wiatru. Podejście AtHLET zakłada, że stan zagrożenia generalnego (o zasięgu krajowym lub podobną klasę awarii) ogłasza się, gdy istnieje ryzyko stopienia rdzenia reaktora.

Czynniki oceny (JEFs) muszą być analizowane metodą oceny eksperckiej z uwzględnieniem **rodzaju zdarzenia**, które wywołało awarię (np. trzęsienie ziemi, powódź, uderzenie samolotu) oraz **informacji uzyskanych z elektrowni** i wcześniejszej wiedzy na temat **spodziewanego zachowywania się elektrowni w sytuacjach ekstremalnych**. Pierwszym krokiem wyodrębnionym przez AtHLET w podejściu ogólnym, jest podjęcie trzech bezpośrednich działań ochronnych: **ewakuacji, schronienia (ukrycia) i blokowania tarczycy jodem (ITB)**⁷.

W przypadku gdy zainicjowane zostało postępowanie zgodne z podejściem AtHLET, a wystąpienie stopienia rdzenia oceniono za możliwe, stosuje się **podejście zapobiegawcze** polegające na podjęciu następujących działań: ewakuacji w promieniu 5 km od reaktora, schronienia (ukrycia) ludności, a następnie blokowania tarczycy jodem w odległości do 20 km od miejsca awarii. Jeśli jednak z przeprowadzonej oceny sytuacji wynika, że dodatkowo zniszczona została obudowa bezpieczeństwa, niezbędne jest podjęcie bardziej radykalnych kroków, takich jak ewakuacja do 20 km, schronienie ludności oraz blokowanie tarczycy jodem w odległości do 100 km od miejsca awarii. W zależności od dominujących i przewidywanych warunków wiatrowych czynności ochronne wdraża się na terenie wewnątrz okręgu wokół elektrowni lub na terenie wybranych sektorów wewnątrz tego okręgu. Dokładne wyznaczenie granic obszarów (z ewentualnym ich rozszerzeniem), na których zaleca się podjęcie środków ochronnych, jest dokonywane z uwzględnieniem demografii oraz szybkości i stabilności wiatru.

Należy zauważyć, że niektóre kraje mogą posiadać bardziej restrykcyjne strategie ochronne od tych, które sformułowała grupa AtHLET. Organy odpowiedzialne za bezpieczeństwo w krajach sąsiadujących powinny uzgodnić wprowadzenie spójnych zalecanych działań ochronnych.

Mając na uwadze poziom bezpieczeństwa europejskich elektrowni jądrowych oraz ich ulepszenia wprowadzone na podstawie wniosków wyciągniętych z analiz awarii w Fukushima, AtHLET uważa, że jest **bardzo niskie prawdopodobieństwo** wystąpienia awarii porównywalnej do Fukushima i wymagającej ewakuacji ludności do odległości około 20 km oraz podjęcia czynności związanych ze udzieleniem schronienia i blokowaniem tarczycy do odległości około 100 km.

W związku z tym Grupa AtHLET rekomenduje w odniesieniu do Europy:

- **przygotowanie ewakuacji z terenów w promieniu do 5 km wokół elektrowni jądrowych, a schronienia i blokady tarczycy w promieniu do 20 km;**

- **przyjęcie ogólnej strategii umożliwiającej zwiększenie odległości ewakuacji z terenów w promieniu do 20 km, a schronienia i blokady tarczycy – do 100 km wokół EJ;**
- **kontynuowanie przez urzędy dozoru bezpieczeństwa jądrowego i radiologicznego w Europie swoich starań w kierunku promowania spójnych sposobów reagowania i strategii ochronnych wśród państw Europy.**

Niżej zamieszczono pełny opis prac AtHLET i wypracowanego stanowiska ws. zalecanych przygotowań do reagowania na hipotetyczną ciężką awarię w elektrowni jądrowej na terenie Europy.

Stanowisko AtHLET w sprawie strategii reagowania na potencjalną ciężką awarię w elektrowni jądrowej w Europie

Wprowadzenie

W dniu 15 stycznia 2014 roku na spotkaniu nadzwyczajnym HERCA-WENRA utworzono grupę zadaniową ad hoc wysokiego szczebla AtHLET (*Ad hoc High Level Task force*) do spraw zdarzeń radiacyjnych. Zadaniem grupy było stworzenie wspólnych europejskich zasad dotyczących podejmowania kroków w odpowiedzi na zdarzenia radiacyjne, związane z poważną awarią jednej lub kilku elektrowni jądrowych i wymagające podjęcia szybkich decyzji dotyczących działań ochronnych, dysponując przy tym bardzo małą ilością informacji o szczegółach zaistniałej sytuacji.

Pomiędzy marcem a wrześniem 2014 roku 21 przedstawicieli wysokiego szczebla reprezentujących 14 krajów odbyło cztery spotkania. Bazując na wiedzy i doświadczeniu w dziedzinach bezpieczeństwa jądrowego, gotowości awaryjnej oraz ochrony radiologicznej, stworzyli oni, na podstawie istniejących europejskich podejść (takich jak NERDA, Nordic i HERCA), zarys podejścia AtHLET. Pod uwagę brano także opracowania i rekomendacje MAEA (Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej) związane z gotowością i reagowaniem w przypadku zdarzenia radiacyjnego. Wynikiem dyskusji było wypracowanie opisanych niżej ustaleń.

Ogólny kontekst AtHLET

W krajach europejskich od wielu lat rozwijane są systemy gotowości i reagowania w przypadku zdarzeń radiacyjnych (EP&R)⁸ w elektrowniach jądrowych. Organy dozoru bezpieczeństwa jądrowego i radiacyjnego ustanowiły na terenie elektrowni jądrowych w swoich krajach mechanizmy pozwalające na dostęp, nawet w bardzo trudnych warunkach, do wystarczających informacji o elektrowni

⁷ ITB – Iodine Thyroid Blocking.

⁸ EP&R – Emergency Preparedness and Response.

i jej parametrach, by możliwe było przeprowadzenie niezależnej oceny sytuacji zarówno na terenie elektrowni, jak i poza nią. Ponadto, wyżej wymienione mechanizmy pozwalają organom dozoru na wydanie zaleceń określających skuteczne działania ochronne, dostosowane do potencjalnej lub rzeczywistej sytuacji narażenia radiacyjnego ludności. Istniejące rozwiązania udoskonalane są na podstawie wniosków wyciągniętych z regularnie przeprowadzanych ćwiczeń sytuacji awaryjnych, wykonywanych w celu szkolenia i nabywania doświadczenia przez odpowiednie ekipy.

Jednakże, w przypadku większych awarii, które wydarzyły się w przeszłości – Czarnobylu i Fukushima, sytuacja wyglądała nieco inaczej. W przypadku Fukushima w pierwszej fazie płynęło bardzo mało informacji, czego skutkiem możliwe było dokonanie tylko wstępnych założeń dotyczących stanu elektrowni, jego ewolucji, a także radiologicznych konsekwencji dla ludności oraz środowiska. Pomimo otrzymania niewystarczającej ilości niesprawdzonych informacji, japońskie władze musiały podjąć szybkie decyzje dotyczące wprowadzenia działań ochronnych w stosunku do ludności.

W Europie zarówno operatorzy, jak i władze rządowe starały się wyciągnąć wnioski z wyżej wymienionych awarii, aby wzmocnić w ten sposób swoje linie obrony. Szczególnie istotne jest, żeby w przypadku awarii nieustannie utrzymywać sprawne kanały łączności pomiędzy elektrownią a odpowiednimi władzami i dzięki temu umożliwić podjęcie ważnych i uzasadnionych decyzji, które mogą ograniczyć skutki awarii.

Niemniej jednak, nie można całkowicie wykluczyć możliwości wystąpienia ciężkiej awarii, w której nie dochodzi do żadnej wymiany informacji na temat statusu elektrowni lub w której dostarczane informacje są niewystarczające. Ponadto, natychmiastowe skutki wystąpienia ciężkiej awarii w Europie prawdopodobnie dotknęłyby więcej niż jeden kraj. Dlatego konieczne jest wypracowanie skoordynowanego wspólnego podejścia w postępowaniu podczas ciężkich awarii, pozwalającego na wzajemne zrozumienie, konsekwencje w działaniu, a także możliwość podjęcia szybkich i spójnych decyzji w krajach dotkniętych awarią oraz jej skutkami.

Niezależnie od przyczyn awarii można sobie wyobrazić sytuację, gdy oszacowanie przewidywanych dawek dla ludności, które stanowiłyby podstawę podjęcia decyzji o koniecznych działaniach ochronnych, jest mało realne. Mogą to być następujące przypadki:

- brak dostępnych informacji na temat elektrowni lub informacje te są niewystarczające (np. nie działają systemy informowania, wskutek czego brakuje danych dotyczących dostępności systemów bezpieczeństwa, statusu rdzenia reaktora i/lub pierwotnego obiegu chłodzenia i/lub obudowy),
- zagrożenie spowodowane wielkim/znaczącym uwolnieniem radiologicznym nie może być rzetelnie ocenione.

Ze względu na to, iż nie można całkowicie wyeliminować możliwości wystąpienia ciężkiej awarii, na wspomnianym wyżej nadzwyczajnym spotkaniu WENRA-HERCA w dniu 15 stycznia 2014 roku w Brukseli zdecydowano, że grupa AtHLET zajmie się **stworzeniem wspólnych zasad postępowania w sytuacjach ekstremalnych**.

Podejście AtHLET skupia się na wyżej wymienionych, ekstremalnych przypadkach i formułuje wskazówki dla krajów europejskich dotyczące szczegółowych rozwiązań w zakresie gotowości i reagowania w przypadku awarii w jednej lub kilku elektrowniach jądrowych. Kraje, które potencjalnie mogą być dotknięte skutkami awarii, korzystają z tych szczegółowych wytycznych dotyczących nietypowych kwestii związanych z tego typu awariami.

Wcześniejsze porozumienie w sprawie podejścia i działań podejmowanych w ekstremalnych warunkach wzmocniłoby znacząco zaufanie do organów odpowiedzialnych za działania ochronne. Dotyczy to w szczególności władz kraju sąsiadującego z państwem, w którym doszło do awarii.

Warto podkreślić, że wcześniejsze próby podejmowane w celu zmniejszenia różnic pomiędzy krajowymi wytycznymi dotyczącymi gotowości i reagowania awaryjnego w sąsiadujących ze sobą państwach nie zakończyły się sukcesem. Wszelkie uzgodnienia w zakresie wspólnych zasad w sytuacjach ciężkich awarii mogłyby wpłynąć na wzajemne zrozumienie między krajami oraz lepszą koordynację działań ochronnych, włącznie z zapewnieniem spójności i zgodności pierwszych komunikatów kierowanych do ludności w Europie.

Pomiędzy marcem a wrześniem 2014 roku grupa AtHLET opracowała **wspólne stanowisko** dotyczące ogólnych działań ochronnych podejmowanych we wczesnym stadium sytuacji awaryjnych w elektrowniach jądrowych, w którym znane są jedynie dane związane z **typem wypadku, jego lokalizacją, prawdopodobieństwem stopienia rdzenia**, jak również w sytuacjach awaryjnych, gdzie miejscowy operator nie posiada środków, aby zrozumieć zaistniałą sytuację lub zakomunikować o zaistniałej sytuacji. Zgodnie z aktualnym stanowiskiem uwaga AtHLET skupia się na trzech bezpośrednich działaniach ochronnych: **ewakuacji, schronieniu/ukryciu oraz blokowaniu tarczycy jodem (ITB)**.

Niniejsze stanowisko nie wyklucza w żaden sposób podjęcia jakiegokolwiek decyzji politycznej w sprawie wprowadzenia lub niewprowadzania proponowanych działań ochronnych. Głównym celem tego stanowiska jest przedstawienie ogólnej koncepcji działań ochronnych do rozważenia. Celem AtHLET było wypracowanie wspólnego europejskiego podejścia do sytuacji szczególnych, służącego za podstawę, w razie potrzeby, uzupełnień istniejących już krajowych wytycznych reagowania w początkowej fazie rozwoju sytuacji awaryjnej oraz umożliwiającego lepszą koordynację działań ochronnych w poszczególnych krajach. Należy zauważyć, że niektóre kraje mogą posiadać

bardziej restrykcyjne strategie ochronne od tych, które sformułowała grupa AtHLET. Organy dozоровe w krajach sąsiadujących powinny uzgodnić wprowadzenie spójnych, zalecanych działań ochronnych.

Mechanizmy wyzwajające podjęcie decyzji podczas sytuacji awaryjnych

W bardzo wczesnej fazie każdej awarii musi być podjęta decyzja, czy dostępne informacje są wystarczające, aby dokonać na czas prawidłowej oceny sytuacji, czy też kraj musi się zmierzyć z awarią, nie mając informacji pozwalających na taką ocenę. W drugim z wymienionych przypadków należy sformułować zalecenia działań ochronnych na podstawie uproszczonego schematu, zwanego w dalszej części niniejszego opisu stanowiska „podejściem AtHLET”. **Krajowe podejście do gotowości i reagowania awaryjnego oraz podejście AtHLET tworzą wspólnie ogólne podejście krajowe.** Poszczególne części wspólnego ogólnego podejścia krajowego, normalnego podejścia krajowego oraz podejścia AtHLET muszą być spójne, aby zapewnić płynne przejście z jednej części do drugiej. **Kraj, w którym doszło do awarii jądrowej, jest odpowiedzialny za ocenę i wybór odpowiedniego podejścia oraz za zorganizowanie, w razie konieczności, przejścia z podejścia AtHLET do normalnego podejścia krajowego.**

Proponuje się zatem, aby kraje posiadające działające elektrownie jądrowe utworzyły odpowiednie mechanizmy wewnętrzne, których celem byłoby podejmowanie na czas decyzji dotyczących wyboru odpowiedniego podejścia, najlepiej w ramach organów dozoru bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej (zwanymi w dalszej części niniejszego tekstu „organami dozoru”). **Podejście AtHLET jest właściwe dla każdego zdarzenia, powodującego wewnętrzne lub zewnętrzne zagrożenie, łącznie z atakiem terrorystycznym, które może prowadzić do dużych uwolnień radioaktywnych, przy jednoczesnym braku informacji, niezbędnych do zastosowania normalnych krajowych procedur gotowości i reagowania awaryjnego.**

Mając na uwadze podejmowanie decyzji niezbędnych do wprowadzenia działań ochronnych w krajach sąsiadujących, porozumienia dwustronne powinny zawierać specjalne mechanizmy umożliwiające szybką wymianę istotnych informacji pomiędzy organami dozoru. Jeśli powiadomienie o awarii, dokonane przez organ dozoru, zawiera informacje dotyczące części terytorium kraju sąsiadującego, powinien on wykonać takie same działania jak kraj, w którym doszło do awarii. Taki mechanizm będzie zgodny z zasadami podejścia HERCA.

Potrzeba podejmowania uproszczonych decyzji opierających się na podejściu AtHLET ma zastosowanie jedynie w początkowej fazie awarii. W momencie, kiedy kraj dotknięty awarią jądrową będzie mógł przedstawić bardziej dokładną ocenę stanu elektrowni oraz

możliwego wpływu awarii na zewnętrzne otoczenie elektrowni, powinien on odpowiednio dostosować swoje decyzje oraz uruchomić mechanizmy transgranicznej koordynacji.

Warto również podkreślić, że wczesna wymiana pierwszych informacji pomiędzy sąsiadującymi krajami stanowi istotny element udanego i spójnego transgranicznego wdrażania działań ochronnych. **Niniejsze stanowisko w żaden sposób nie stanowi jednak uzasadnienia dla krajów sąsiadujących do jednostronnego stosowania podejścia AtHLET.**

Podstawowe założenia podejścia AtHLET

Podejście AtHLET jest rozumiane jako ogólne ramy postępowania. Proponuje ono wspólną, europejską metodologię pozwalającą rekomendować szybkie działania ochronne oraz wymagany minimalny poziom przygotowania do tych działań. Szczegółowe aspekty wdrażania zostaną opisane w kolejnym etapie prac, po zatwierdzeniu metodologii przez grupy HERCA i WENRA.

Zastosowanie podejścia AtHLET wymaga (w odniesieniu do każdego zdarzenia, stanowiącego zagrożenie wewnętrzne lub zewnętrzne, łącznie z atakiem terrorystycznym, które może prowadzić do stopienia rdzenia, a zasób dostępnych informacji jest niewystarczający, aby zastosować krajowe procedury gotowości i reagowania awaryjnego) podjęcia działań ochronnych opartych na analizie trzech czynników wpływających na ocenę, tak zwanych JEFs (*Justification Evaluation Factors*):

Tabela 1. Definicja czynników wpływających na ocenę JEFs

JEF	Opis	Możliwe wartości JEF		
1	Czy istnieje ryzyko stopienia rdzenia?	Tak	Nie	Nie wiadomo
2	Czy integralność obudowy jest zachowana?	Tak	Nie	Nie wiadomo
3	Jaki jest kierunek wiatru?	Stały	Zróznicowany	Nie wiadomo

Uwaga: jeżeli ogłoszony jest Stan Generalnego Zagrożenia (lub jego odpowiednik), uważa się, że istnieje ryzyko stopienia rdzenia.

Początkowa integralność obudowy jest czynnikiem charakteryzującym ogólny stan konstrukcji obudowy natychmiast po zdarzeniu początkowym. Integralność obudowy może być utraconą na przykład po katastrofie samolotu lub jeśli zdarzenie początkowe wystąpiło przy otwartej obudowie. Podczas awarii niewielkie zwiększenie wycieku z obudowy nie powinno być podstawą wniosku o utracie integralności obudowy. Jednakże, jeśli spodziewane jest wystąpienie drastycznego zdarzenia, takiego jak gwałtowny wybuch wewnętrzny, wówczas integralność obudowy uważana jest za utraconą (czynnik wpływający na ocenę nr 2 – Nie).

W czasie kiedy przewiduje się duże uwolnienia, należy również uwzględnić, w miarę możliwości, kierunek wiatru.

Działania ochronne podejmowane w podejściu AtHLET

Podjęcie następujących działań ochronnych powinno zostać rozważone w bardzo wczesnej fazie:

- **Ewakuacja**

Szybkie, tymczasowe przemieszczenie ludności w celu uniknięcia lub wyeliminowania krótkoterminowego narażenia na promieniowanie podczas awarii. Trzeba przy tym jednak pamiętać, iż istnieje pewne ryzyko, że ewakuacja będzie przeprowadzana w warunkach ekspozycji od chmury promieniotwórczej. Stanowisko AtHLET w tej kwestii przedstawione jest w dalszej części niniejszego dokumentu.

- **Schronienie/ukrycie**

Wykorzystanie budynków w celu ukrycia się przed oddziaływaniem promieniowania w powietrzu – z chmury promieniotwórczej oraz przed skażeniami spowodowanymi osadzaniem opadających z niej radionuklidów.

- **Blokowanie tarczycy jodem (ITB)**

Stabilny jod podaje się w celu zapobieżenia lub wyeliminowania absorpcji izotopów promieniotwórczych jodu przez tarczycę w przypadku wystąpienia awarii, w której dochodzi o uwolnień radioaktywnych związków jodu.

Ochronne **działania** określane jako „zakaz zbierania plonów i wypasania zwierząt” oraz inne działania, takie jak kontrola dostępu, będące elementem normalnego podejścia do gotowości i reagowania awaryjnego, nie są przedmiotem działań podejścia AtHLET na tym etapie.

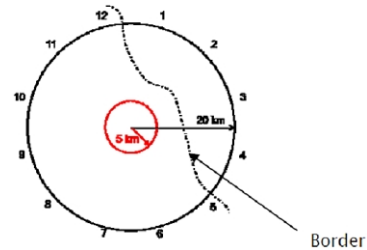
Pierwszorzędne znaczenie, w każdym przypadku, przywiązuje się do odpowiedniego informowania ludności oraz krajów sąsiadujących, dokonywania zgłoszeń i zawiadomień o zaistniałych zdarzeniach do organizacji międzynarodowych (w systemach MAEA oraz ECURIE).

Strefy działań ochronnych uwzględniane w podejściu AtHLET

Działania ochronne należy zaplanować w odległości do 5 km od miejsca awarii w przypadku ewakuacji i 20 km przy zamiarze ukrycia i blokowania tarczycy jodem. Jeżeli utrata integralności obudowy reaktora (JEF2 = Nie, np. przy katastrofie lotniczej lub rozległej wewnętrznej eksplozji) oraz ryzyko dużych uwolnień nie mogą być wykluczone, powinno się rozważyć zwiększenie powyższych odległości.

Należy zwrócić uwagę, że istniejące strefy planowania awaryjnego, takie jak Strefa Działań Zapobiegawczych (PAZ)⁹ oraz Strefa Szybkich Działań Ochronnych (UPZ)¹⁰, powinny być wykorzystane i zaadaptowane, jeśli

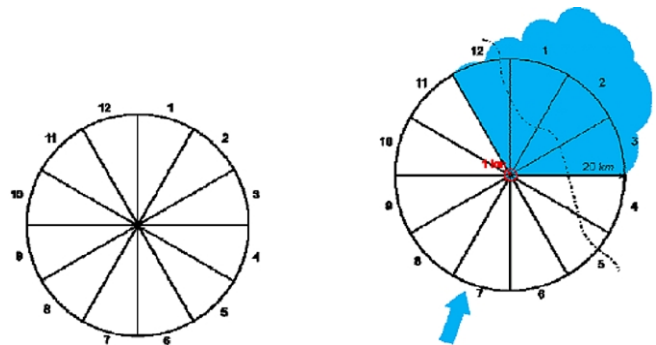
już były wdrożone w planach krajowych reagowania awaryjnego. Specyfika danego rejonu (np. demografia i geografia) powinny zostać uwzględnione przy określaniu kształtu (dokładnych granic) stref, na których terenie planuje się wprowadzenie działań ochronnych.



Rys. 1. Odległości, w jakich działania ochronne muszą zostać zaplanowane w podejściu AtHLET.

Sektory uwzględniane w podejściu AtHLET

W zależności od prognozowanych warunków wiatrów występujących podczas przewidywanego okresu dużych uwolnień, działania ochronne wprowadza się jedynie w sektorach potencjalnie zagrożonych, a nie na całym otaczającym terenie. W sytuacji kiedy nie ma wiatru, prowadzenie działań ochronnych ogranicza się do terenów objętych mniejszym promieniem zasięgu. AtHLET rekomenduje stosowanie sektorów o kącie wewnętrznym 30°. Można również zastosować inne wytyczne, jeśli zostały one sformułowane w krajowych planach reagowania awaryjnego (np. 22,5°). Należy również zwrócić uwagę na możliwą konieczność dostosowania czasu wprowadzania działań ochronnych w wyznaczonych sektorach do zmieniających się warunków wiatru. Na terenie wewnętrznym potencjalnie zagrożonych sektorów należy również umieścić wewnętrzny okrąg (podejście dziurki od klucza) o promieniu co najmniej 1 km (uwzględniając konieczność adaptacji do lokalnej sytuacji). Poza obszarem 20 km sektory promieniowe tworzą rozległe obszary, wskutek czego nie są odpowiednie. W momencie kiedy dostęp do informacji dotyczących ochrony radiologicznej będzie możliwy, należy rozważyć regionalne ustalenie granic stref, opierające się na granicach gmin, rzek itp.



Rys. 2. Sektory 30° na wdrażanie działań ochronnych, uwzględniając warunki wiatru i pogodę.

⁹ PAZ – Precautionary Action Zone.

¹⁰ UPZ – Urgent Protective (Action Planning) Zone.

Opis podejścia AtHLET

1. Nie ma możliwości oszacowania czasu pozostałego do uwolnień radioaktywnych

Przy podejściu AtHLET należy zastosować podejście zapobiegawcze. Zgodnie z nim, kiedy doszło do sytuacji, w której mogło nastąpić stopienie rdzenia (JEF1 jest Tak lub Nie wiadomo), a nie stwierdza się utraty integralności obudowy (JEF2 jest Tak lub Nie wiadomo) oraz nie znany jest czas pozostały do wycieku radioaktywnego, wdrażane są następujące działania ochronne:

Tabela 2. Działania ochronne dla podejścia AtHLET w przypadku, gdy JEF1 jest Tak lub Nie wiadomo oraz gdy nie stwierdza się utraty integralności obudowy (JEF2 jest Tak lub Nie wiadomo), a czas uwolnienia nie jest znany

Działanie ochronne	Dystans
Ewakuacja + ITB	do 5 km
Schronienie + ITB	5 do 20 km

Uwaga: jeżeli ogłoszony został Stan Generalnego Zagrożenia (lub jego odpowiednik) przyjmuje się, że istnieje ryzyko stopienia rdzenia.

2. Istnieje możliwość oszacowania czasu pozostałego do uwolnień radioaktywnych

Punkt 2 odnosi się do tej samej sytuacji, która została opisana w punkcie 1, jednak w tym przypadku możliwe jest oszacowanie czasu do uwolnienia ($t_{\text{uwolnienie}}$). Na podstawie czasu potrzebnego do przeprowadzenia ewakuacji ($t_{\text{ewakuacja}}$) ocenia się konieczność przeprowadzenia ewakuacji ludności na odległość 5 km. Jeżeli:

$$t_{\text{ewakuacja}} > t_{\text{uwolnienie}}$$

bardziej preferowaną czynnością od ewakuacji pod chmurą radioaktywną jest ukrycie ludności.

Pozostałe działania ochronne nie są uważane za krytyczne, ponieważ czas na przeprowadzenie ukrycia ludności oraz na blokowanie tarczycy jodem (ITB) jest stosunkowo krótki pod warunkiem, że jod został już wcześniej rozdystrybuowany. Ukrycie ludności nie może trwać przez długi czas, jednak należy je wdrożyć natychmiast, a przeprowadzić kilka godzin przed szacowanym czasem uwolnienia.

Tabela 3. Działania ochronne zawarte w podejściu AtHLET w przypadku, gdy JEF1 jest Tak lub Nie wiadomo oraz gdy nie stwierdza się utraty integralności obudowy (JEF2 jest Tak lub Nie wiadomo), a czas uwolnienia jest określony

Działanie ochronne	Dystans	
	$t_{\text{ewakuacja}} > t_{\text{uwolnienie}}$	$t_{\text{ewakuacja}} < t_{\text{uwolnienie}}$
Ewakuacja + ITB	–	do 5 km
Ukrycie + ITB	do 20 km	od 5 do 20 km

Jeżeli integralność obudowy została utracona z powodu cech zdarzenia inicjującego lub ewolucji awarii (np. katastrofy samolotu lub rozległej eksplozji wewnętrznej) i przewiduje się stopienie rdzenia, należy wówczas podjąć rozszerzone działania ochronne, takie jak przeprowadzenie ewakuacji w odległości do 20 km oraz zorganizowanie ukrycia i ITB (blokowania tarczycy jodem) do 100 km. Niezbędne jest również zastosowanie dodatkowych, wyspecjalizowanych w kierunku dzieci, działań ochronnych związanych z podaniem jodu.

3. Warunki pogodowe

Jeżeli kierunek wiatru jest znany i nie zmienia się, może się okazać pomocny przy dokładnym określeniu sąsiadujących ze sobą sektorów (30°) (rys. 2), w których niezbędne będzie przeprowadzenie działań ochronnych. Jeżeli natomiast kierunek wiatru nie jest znany, działania ochronne należy wdrożyć w strefie 360° dookoła obiektu oraz do określonej odległości.

4. Ryzyko ewakuacji pod chmurą radioaktywną

Jeżeli przewidywania wskazują na to, że ewakuacja musiałaby być przeprowadzana pod chmurą radioaktywną, wówczas zgodnie z podejściem AtHLET rekomenduje się zrezygnowanie z ewakuacji na rzecz zorganizowania ukrycia oraz jodowej blokady tarczycy (ITB). W pozostałych przypadkach, łącznie z sytuacją kiedy nie znany jest czas pozostały do uwolnienia radioaktywnego, preferowanym działaniem jest ewakuacja. Biorąc pod uwagę obecny stan wiedzy, istnieje wiele niejasności w tej kwestii. Dlatego też grupa AtHLET rekomenduje przeprowadzenie dodatkowych badań nad zaletami i wadami ewakuacji pod chmurą, uwzględniających szereg czynników, takich jak m.in. zachowanie ludności. Wyniki takich badań będą uzasadnieniem dla wydania właściwych zaleceń.

5. Organizacja

Podejście AtHLET nakłada konieczność szybkiej analizy czynników oceny (JEFs) przez ekspertów na podstawie dostępnych informacji. Sprawna wymiana informacji między operatorem obiektu a organami dozoru zwiększy szansę szybkiej analizy czynników oceny (JEFs). Dlatego też krajowe ramy wytycznych do działań, które uwzględniałyby w znacznym stopniu, choć nie wyłącznie, operatorów, wspierałyby podejście AtHLET. Należy także wyznaczyć ekspertów odpowiedzialnych za przeprowadzenie niezbędnych analiz. Konieczne jest także zapewnienie niezawodnych środków łączności między kluczowymi partnerami zaangażowanymi w ocenę sytuacji oraz w proces przygotowania zaleceń co do podjęcia określonych działań ochronnych.

Zharmonizowane przygotowania do przeprowadzenia działań ochronnych w Europie

Jak widać na przykładzie Fukushima, nie można wykluczyć wystąpienia rozległej awarii jądrowej w Europie i na świecie. Wytyczne dotyczące awaryjnego reagowania i gotowości powinny uwzględniać możliwość pojawienia się poważnych awarii. Zgodnie z najnowszymi badaniami, międzynarodowymi standardami i metodami związanymi z gotowością i reagowaniem awaryjnym, awaria wielkości Fukushima wymaga wdrożenia działań ochronnych, takich jak ewakuacja do odległości 20 km oraz zorganizowanie ukrycia do 100 km. Do tych działań należy dołączyć aplikacje stabilnego jodu.

Jednakże, biorąc pod uwagę poziom bezpieczeństwa europejskich elektrowni jądrowych oraz jego poprawę będącą wynikiem wykorzystania wniosków z katastrofy w Fukushima, prawdopodobieństwo wystąpienia podobnej katastrofy ocenia się jako bardzo niskie.

Reasumując, zgodnie z podejściem AtHLET w Europie należy:

- przygotować ewakuację z terenu wokół elektrowni jądrowych o promieniu 5 km, a ukrycie i podanie jodu do odległości 20 km,
- stworzyć ogólną strategię, dzięki której będzie możliwe rozszerzenie ewakuacji do 20 km, a ukrycia i podania jodu do 100 km,
- dozory bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej w Europie powinny kontynuować promowanie wśród krajów europejskich spójnych ustaleń dotyczących strategii reagowania i ochrony.

Opracowała: Mgr **Iga Reszke** – Gabinet Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki (w konsultacji z Maciejem Jurkowskim – przedstawicielem PAA w WENRA i HERCA – na podstawie *AtHLET (HERCA-WENRA Ad hoc High-Level Task Force on Emergencies) Position Paper*, uzgodnionym na Wspólnym Spotkaniu HERCA-WENRA 22 października 2014 roku w Sztokholmie).

Postępowanie w przypadku wykrycia substancji bądź niekontrolowanych źródeł promieniotwórczych w odpadach komunalnych, przemysłowych lub złomie

Maciej Drabent

Państwowa Agencja Atomistyki

Wstęp

Każdego roku Centrum ds. Zdarzeń Radiacyjnych Państwowej Agencji Atomistyki otrzymuje powiadomienia dotyczące wykrycia substancji promieniotwórczych w odpadach komunalnych, przemysłowych lub złomie. W większości przypadków wykrywane substancje nie stanowią bezpośredniego zagrożenia dla życia lub zdrowia, jednakże ze względu na specyfikę odpadów promieniotwórczych wymagają specjalnego postępowania. Poniższy artykuł zawiera wskazówki dotyczące prawidłowego postępowania w sytuacji napotkania w odpadach komunalnych lub złomie substancji promieniotwórczych.

Tabela 1. Liczba powiadomień dotyczących wykrycia substancji promieniotwórczych w złomie i odpadach

Rok	2013	2012	2011	2010	2009
Podjęcie podejrzenia obecności substancji promieniotwórczej w złomie	30		19	15	16
Podjęcie podejrzenia obecności substancji promieniotwórczej w odpadach komunalnych i przemysłowych	10	12	3	3	1

Źródło: opracowanie własne na podstawie Raportów rocznych Prezesa PAA z lat 2009–2013.

Podstawy prawne

Rozdział 11 ustawy Prawo Atomowe wyznacza ramy działań w przypadku wystąpienia zdarzeń radiacyjnych, w tym zdarzeń polegających na wykryciu niekontrolowanego źródła promieniotwórczego lub skażeń promieniotwórczych.

Działania w przypadku wykrycia substancji bądź niekontrolowanych źródeł promieniotwórczych w odpadach lub złomie dotyczą w szczególności artykuły 86 i 93. Określają one instytucje odpowiedzialne za likwidację zagrożenia oraz odpowiedzialność finansową.

Art. 86. W przypadku stwierdzenia podwyższonego poziomu mocy dawki promieniowania jonizującego lub wystąpienia skażeń promieniotwórczych, w tym spowodowanych aktem terroru, z wyłączeniem zdarzeń radiacyjnych, o których mowa w art. 82¹, oraz w przypadku znalezienia porzuconej substancji promieniotwórczej, w tym źródła niekontrolowanego, akcją likwidacji zagrożenia i usuwania skutków zdarzenia kieruje wojewoda właściwy dla województwa, na którego obszarze stwierdzono podwyższony poziom mocy dawki promieniowania jonizującego, wystąpienie skażeń promieniotwórczych lub znaleziono porzuconą substancję promieniotwórczą, we współpracy z państwowym wojewódzkim inspektorem sanitarnym, podejmując stosowne działania interwencyjne określone w wojewódzkim planie postępowania awaryjnego, z zastrzeżeniem art. 84 ust. 5².

¹ Zdarzenia przy prowadzeniu działalności, na którą wymagane jest zezwolenie i za bezpieczeństwo prowadzenia tej działalności zarówno w warunkach normalnych, jak i ewentualnych sytuacji awaryjnych odpowiada przede wszystkim ściśle określony posiadacz tego zezwolenia, a sposób postępowania na wypadek zdarzeń radiacyjnych określony jest w odpowiednim dla tej konkretnej działalności planie postępowania awaryjnego.

² W przypadku kiedy skutki zdarzenia występują w więcej niż jednym województwie.

Art. 93. 1. Koszty działań interwencyjnych i usuwania skutków zdarzenia radiacyjnego są pokrywane przez jednostkę organizacyjną, z której przyczyny powstało zdarzenie radiacyjne.

2. W razie zdarzenia radiacyjnego niepowstałego z przyczyny jednostki organizacyjnej koszty, o których mowa w ust. 1, są pokrywane przez sprawcę tego zdarzenia, a w razie zdarzenia, którego sprawca nie jest znany lub nie można od sprawcy uzyskać pokrycia kosztów oraz w razie zdarzenia powstałego poza granicami Rzeczypospolitej Polskiej – z budżetu państwa.

Metody wykrywania substancji promieniotwórczych w odpadach i złomie

Stacjonarne monitory promieniowania

Najskuteczniejszym narzędziem służącym do wykrywania materiałów promieniotwórczych zarówno w transporcie masowym, jak i w niewielkich ładunkach są stacjonarne monitory promieniowania gamma (zwane potocznie bramkami radiometrycznymi). Urządzenia takie działają w trybie ciągłym, porównując moc dawki mierzoną w danej chwili z zapamiętaną typową mocą dawki wynikającą z naturalnego tła promieniowania w miejscu pomiaru – taki sposób pomiaru gwarantuje bardzo dużą czułość urządzenia na wszelkie odchylenia od normalnej sytuacji. W przypadku wzrostu mocy dawki ponad ustaloną wartość (zwykle dwukrotna wartość mocy dawki tła) urządzenie sygnalizuje wykrycie substancji promieniotwórczej. Urządzenia tego typu stosowane są powszechnie między innymi w punktach kontroli granicznej oraz coraz częściej w zakładach zajmujących się przetwórstwem złomu lub odpadów.

Ocena wizualna

W przypadku niektórych niekontrolowanych źródeł promieniotwórczych wstępna identyfikacja zagrożenia jest możliwa bez użycia specjalistycznej aparatury pomiarowej. Szczególną uwagę należy zwracać na przedmioty oznaczone symbolem ostrzegającym przed promieniowaniem jonizującym, tzw. koniczynką oraz ołowiane bądź stalowo-ołowiane pojemniki pozbawione oznaczeń.

Pomiary przenośnym sprzętem radiometrycznym i selekcja elementów promieniotwórczych

Przenośny sprzęt dozymetryczny umożliwia wykonywanie pomiarów mocy dawki w niewielkiej odległości od źródła promieniowania w celu potwierdzenia obecności substancji promieniotwórczej. Pomiary takie umożliwiają również wyselekcjonowanie skażonych promieniotwórczo elementów i oddzielenie ich od pozostałej części odpadów.

W przypadku wielkogabarytowych ładunków pomiar przenośnym sprzętem dozymetrycznym nie daje gwarancji wykrycia substancji promieniotwórczych ze względu na zbyt małą czułość.

Typowe przedmioty wykazujące podwyższoną zawartość pierwiastków promieniotwórczych znajdujące w odpadach

- **Odpady skażone radioizotopami stosowanymi w celach medycznych** – odpady bytowe (chusteczki, ręczniki jednorazowe, pieluchy itp.) skażone wskutek kontaktu z pacjentami, którym podano substancję promieniotwórczą, najczęściej I-131. Odpady tego typu należy umieścić w miejscu zabezpieczonym przed dostępem osób postronnych do czasu ich „wygaszenia”³. Następnie mogą być traktowane jak inne odpady komunalne.
- **Elementy urządzeń pokryte farbą radową** – przełączniki, wskaźniki, zegary i podobne urządzenia oraz ich elementy, pokryte fluorescencyjną farbą zawierającą promieniotwórcze izotopy radu. Ze względu na bardzo długi okres półrozpadu stanowią odpad promieniotwórczy i muszą zostać przekazane do unieszkodliwienia przez Zakład Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych.



Fot. 1. Elementy urządzeń pokryte farbą radową (fot. CMC Poland).

- **Rury i inne elementy instalacji skażone osadami o podwyższonej zawartości pierwiastków promieniotwórczych** – najczęściej rury pokopalniane zanieczyszczone osadami zawierającymi duże stężenia naturalnych pierwiastków promieniotwórczych. W przypadku gdy stężenia promieniotwórcze przekraczają poziomy określone w *Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 3 grudnia 2002 r. w sprawie odpadów promieniotwórczych i wypalonego paliwa jądrowego (Dz. U. nr 230, poz. 1925)*, stanowią odpad promieniotwórczy i muszą zostać przekazane do unieszkodliwienia przez ZUOP.

³ Prawie całkowitego rozpadu zawartych w nich izotopów promieniotwórczych.



Fot. 2. Skażony fragment rury (fot. CMC Poland).

- **Izotopowe czujki dymu** – czujki dymu zawierające niewielkiej aktywności źródła promieniotwórcze o bardzo długim okresie półrozpadu. Powinny być oznakowane symbolem ostrzegającym o promieniowaniu jonizującym. Uszkodzone czujki stanowią odpad promieniotwórczy i muszą zostać przekazane do unieszkodliwienia przez ZUOP.
- **Pojemniki osłonowe** – wykonane zwykle z ołowiu bądź zubożonego uranu w stalowej obudowie. Powinny być oznaczone symbolem ostrzegającym przed promieniowaniem, jednak często oznaczenia są nieczytelne. Jeśli pomiary wykazują podwyższoną aktywność promieniotwórczą, istnieje duże prawdopodobieństwo, że wewnątrz znajduje się zamknięte źródło promieniotwórcze. W takim przypadku należy niezwłocznie poinformować Centrum ds. Zdarzeń Radiacyjnych i właściwe Wojewódzkie Centrum Zarządzania Kryzysowego. Otwarcie takiego pojemnika może stwarzać zagrożenie dla zdrowia.



Fot. 3. Uszkodzony pojemnik osłonowy źródła promieniotwórczego (fot. PAA).

- **Zamknięte źródła promieniotwórcze** – przedmioty o wymiarach rzędu kilku-kilkunastu milimetrów, najczęściej w postaci stalowych kapsułek bądź blaszek z naniesioną substancją promieniotwórczą, często występują razem z pojemnikiem osłonowym bądź jako części urządzeń. W przypadku wykrycia należy niezwłocznie poinformować Centrum ds. Zdarzeń Radiacyjnych i właściwe Wojewódzkie Centrum Zarządzania

Kryzysowego. W przypadku gdy aktywność przekracza poziomy określone w Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 3 grudnia 2002 r. w sprawie odpadów promieniotwórczych i wypalonego paliwa jądrowego, stanowią odpad promieniotwórczy i muszą zostać przekazane do unieszkodliwienia przez ZUOP.

Przygotowanie na wypadek wykrycia substancji promieniotwórczych w odpadach komunalnych i przemysłowych lub złomie

Wymogi dotyczące szkoleń dla jednostek, których pracownicy mogą się zetknąć z niekontrolowanymi źródłami promieniowania jonizującego określa ustawa Prawo Atomowe:

Art. 43d.1. Kierownik jednostki, której pracownicy mogą w trakcie pracy zetknąć się ze źródłami niekontrolowanymi, w szczególności kierownik jednostki zajmującej się magazynowaniem, sprzedażą lub przetwórstwem złomu metali, ma obowiązek zapewnić tym pracownikom szkolenie obejmujące:

- 1) *informację o możliwości natknięcia się na takie źródło;*
- 2) *wizualne wykrywanie źródeł niekontrolowanych i ich pojemników;*
- 3) *podstawowe informacje o promieniowaniu jonizującym i jego skutkach;*
- 4) *informację o działaniach, jakie należy podjąć w przypadku wykrycia albo podejrzenia wykrycia źródła niekontrolowanego.*

Dodatkowo w celu zapewnienie bezpieczeństwa pracowników, Centrum ds. Zdarzeń Radiacyjnych zaleca:

- stworzenie i wprowadzenie w zakładzie procedury postępowania w przypadku wykrycia substancji lub niekontrolowanych źródeł promieniotwórczych,
- wydzielenie na terenie zakładu miejsca, gdzie zakwestionowane materiały będą mogły być zabezpieczone przed dostępem osób postronnych i przechowane przez czas określony przez służbę wskazaną przez wojewodę lub Centrum ds. Zdarzeń Radiacyjnych PAA (np. do momentu spadku aktywności do bezpiecznego poziomu w przypadku odpadów skażonych krótkożyłymi izotopami stosowanymi w medycynie lub odbioru odpadów do unieszkodliwienia),
- zapewnienie możliwości wyselekcjonowania odpadów zawierających substancje promieniotwórcze przez pracowników zakładu dzięki:
 - wyposażeniu zakładu w przenośny przyrząd pomiarowy pozwalający na wyszukanie w zakwestionowanej partii odpadów źródła promieniowania (przyrząd pozwalający na ciągły pomiar mocy przestrzennego równoważnika dawki promieniowania jonizującego, umożliwiający pomiar od wartości rzędu 0,1 Sv/h. Urządzenie powinno spełniać warunki wskazane w Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie wymagań dotyczących sprzętu dozy-

metrycznego, w szczególności posiadać aktualne świadectwo wzorcowania),

- przeszkoleniu pracowników, którzy będą prowadzić pomiary, w zakresie obsługi przyrządu, prawidłowego wykonywania oraz interpretacji wyników pomiarów,
- zapewnieniu pracownikom podstawowych środków ochrony osobistej, takich jak rękawice i odzież ochronna, lub
- zleceniu wykonywania pomiarów radiometrycznych i selekcji odpadów o podwyższonej zawartości substancji promieniotwórczych wyspecjalizowanej instytucji zewnętrznej.

Zalecane postępowanie w przypadku podejrzenia o obecność substancji promieniotwórczej w złomie lub odpadach

- Zaleca się ustawienie parametrów stacjonarnych monitorów promieniowania na alarmowanie dwukrotnego przekroczenia poziomu tła promieniowania naturalnego.
- W przypadku wykrycia przez stacjonarny monitor promieniowania podczas przejazdu środka transportu wiozącego odpady lub zauważenia w odpadach elementów oznaczonych symbolem ostrzegającym przed promieniowaniem jonizującym należy zatrzymać ww. środek transportu przewożący odpady i niezwłocznie poinformować właściwe Wojewódzkie Centrum Zarządzania Kryzysowego oraz Centrum ds. Zdarzeń Radiacyjnych.
- Jeśli jednostka nie posiada możliwości samodzielnego wyselekcjonowania materiałów wykazujących podwyższoną aktywność promieniotwórczą, na miejsce w celu wykonania pomiarów i ustalenia dalszego postępowania zostanie skierowana służba wskazana przez wojewodę.
- Jeśli jednostka jest wyposażona w sprzęt dozymetryczny, należy wykonać pomiary mocy dawki promieniowania gamma:
 - pomiar tła promieniowania – pomiar mocy dawki bez obecności źródła promieniowania,
 - jeśli moc dawki w pobliżu ładunku przekracza 100 Sv/h, należy wyznaczyć strefę awaryjną (strefę, gdzie poziom mocy dawki jest równy lub przekracza 100 Sv/h) i zabezpieczyć ją przed niepożądanym dostępem,
 - jeśli moc dawki nie przekracza 100 Sv/h, należy wyselekcjonować z ładunku elementy stanowiące źródło promieniowania i wykonać pomiar mocy dawki z odległości 0,1 i 1 metra od każdego z elementów.
- Dalsze postępowanie należy prowadzić zgodnie z zaleceniami Centrum ds. Zdarzeń Radiacyjnych PAA i służb skierowanych na miejsce zdarzenia przez wojewodę, które będą dostosowane do rodzaju i stopnia zagrożenia.

Zgłoszenie wykrycia substancji lub niekontrolowanego źródła promieniotwórczego

Przypadki opisane wyżej należy niezwłocznie zgłaszać do Centrum ds. Zdarzeń Radiacyjnych PAA oraz właściwego Wojewódzkiego Centrum Zarządzania Kryzysowego. Telefoniczne zgłoszenie należy w ciągu 3 godzin potwierdzić, przesyłając pisemną informację na numer faksu Centrum ds. Zdarzeń Radiacyjnych.

Zgłoszenie telefoniczne powinno zawierać, jeśli są dostępne, następujące informacje:

- dane osoby zgłaszającej: imię, nazwisko, stanowisko, numer telefonu do kontaktu,
- dane jednostki, na której terenie nastąpiło zdarzenie: nazwa i adres,
- zwięzły opis przedmiotu będącego źródłem podwyższonej mocy dawki promieniowania jonizującego, w tym: krotność przekroczenia tła zarejestrowaną przez bramkę radiometryczną, poziom tła promieniowania naturalnego, zmierzone wartości mocy dawki z informacją nt. przyrządu, którym wykonano pomiar (typ urządzenia i informacja, czy posiada aktualne świadectwo wzorcowania),
- zwięzły opis podjętych działań.

Pisemne potwierdzenie zgłoszenia powinno zawierać dodatkowo:

- nazwisko oraz typ i numer uprawnień zakładowego inspektora ochrony radiologicznej,
- dodatkowe informacje wskazane przez dyżurnego Centrum podczas rozmowy telefonicznej.

Podsumowanie

Stosowanie się do wspomnianych zaleceń umożliwi, w przypadku napotkania w odpadach substancji promieniotwórczej bądź niekontrolowanego źródła promieniotwórczego, ograniczenie do minimum narażenia pracowników i szybką likwidację skutków takiego zdarzenia oraz minimalizację ponoszonych kosztów.

Szczegółowych informacji na temat prawidłowego postępowania w przypadku wykrycia substancji bądź niekontrolowanych źródeł promieniotwórczych w odpadach, a także na temat postępowania w przypadku innych zdarzeń radiacyjnych udziela Centrum ds. Zdarzeń Radiacyjnych „CEZAR” Państwowej Agencji Atomistyki⁴.

Notka o autorze

Maciej Drabent – specjalista w Wydziale Zarządzania Kryzysowego Centrum ds. Zdarzeń Radiacyjnych Państwowej Agencji Atomistyki.

⁴ Całodobowy kontakt telefoniczny, faksem i za pomocą poczty elektronicznej – dane na www.paa.gov.pl

Szanowni Czytelnicy

Zachęcamy do współtworzenia biuletynu
Bezpieczeństwo Jądrowe i Ochrona Radiologiczna.
Zapraszamy do przesyłania na adres biuletyn@paa.gov.pl
propozycji tematów artykułów, które chcielibyście
Państwo opublikować w biuletynie.

Szczegółowe informacje dla autorów na stronach PAA.

Państwowa Agencja Atomistyki
ul. Krucza 36, 00-522 Warszawa
www.paa.gov.pl