

Zdzisław KŁECZEK¹⁾, Dagmara ZELJAŚ²⁾

1) ITG KOMAG JBR, Gliwice 2) OBRGSh CHEMKOP Sp. z o.o., Kraków

Ekologiczne i bezpieczne składowisko odpadów niebezpiecznych w strukturze solnej LGOM

Słowa kluczowe

gospodarka odpadami niebezpiecznymi, podziemne składowanie odpadów niebezpiecznych (w tym promieniotwórczych), energetyka jądrowa, górotwór solny LGOM, budownictwo podziemne, ochrona środowiska

Streszczenie

Niemal ćwierć wieku temu (w kwietniu 1986 r.) katastrofa w Czarnobylu spowodowała zaniechanie budowy w Polsce pierwszej elektrowni jądrowej. Aktualnie wracamy do tego tematu, bowiem 13 stycznia 2009 roku rząd RP podjął uchwałę która głosi, że do 2020 roku w Polsce ma powstać pierwsza elektrownia jądrowa, a w perspektywie 10 – 15 lat popłynie z niej prąd. 19 maja 2009 roku powołany został pełnomocnik rządu do spraw Polskiej Energetyki Jądrowej w randze Wiceministra Gospodarki. W podjęciu tych decyzji nie małą rolę odegrała potrzeba zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego kraju poprzez zdywersyfikowanie źródeł pozyskiwania energii elektrycznej. Ponadto zastosowanie w elektrowniach jądrowych (jako paliwa) uranu, przy jego praktycznie dużych, udokumentowanych zasobach, pośrednio wydłuży czas użytkowania innych, jakże ważnych surowców energetycznych (ropy naftowej, gazu, węgla) o zasobach, niestety, coraz bardziej ograniczonych.

Program rozwoju energetyki jądrowej w Polsce zakłada opracowanie projektu koncepcyjnego, uwzględniającego miejsce lokalizacji, budowy, eksploatacji a w przyszłości likwidacji zakładu ostatecznego unieszkodliwiania odpadów powstałych w energetyce jądrowej. Dyrektywy Unii Europejskiej wyraźnie określają sposób zagospodarowania odpadów promieniotwórczych, powstałych w blokach elektrowni jądrowych, wedle których jedynym bezpiecznym i prawnie dopuszczonym sposobem postępowania z odpadami promieniotwórczymi jest ich przetworzenie i unieszkodliwianie, poprzez podziemne składowanie w głębokich strukturach geologicznych.

Organy decydujące, a także reprezentanci środowisk naukowych, przedstawiają różne pomysły na lokalizację podziemnego składowiska odpadów niebezpiecznych (w tym promieniotwórczych) w Polsce. Niektóre propozycje wydają się realne, inne zaś nie posiadają podstaw do tego, aby je kiedykolwiek urealnić.

Minęło 20 lat od dokonanej oceny stanu faktycznego, jedynej w Polsce, powierzchniowego składowiska odpadów promieniotwórczych w Różanie (obecnie niespełniającego wymogów bezpieczeństwa), która to ocena jednoznacznie mówi o podjęciu kroków w celu zakończenia eksploatacji tego składowiska. Jednak do tej pory nie zostały podjęte jakiegokolwiek działania umożliwiające budowę głębokiego składowiska odpadów niebezpiecznych, które byłoby wykonane zgodnie z obowiązującymi przepisami ramowymi. Na tym tle, od szeregu lat autorzy niniejszego artykułu, podejmują różnego rodzaju inicjatywy, w celu uprzytomnienia organom decydującym, jakie straty niesie za sobą bierność w sprawach niezwykle istotnych dla polskiej gospodarki odpadami niebezpiecznymi.

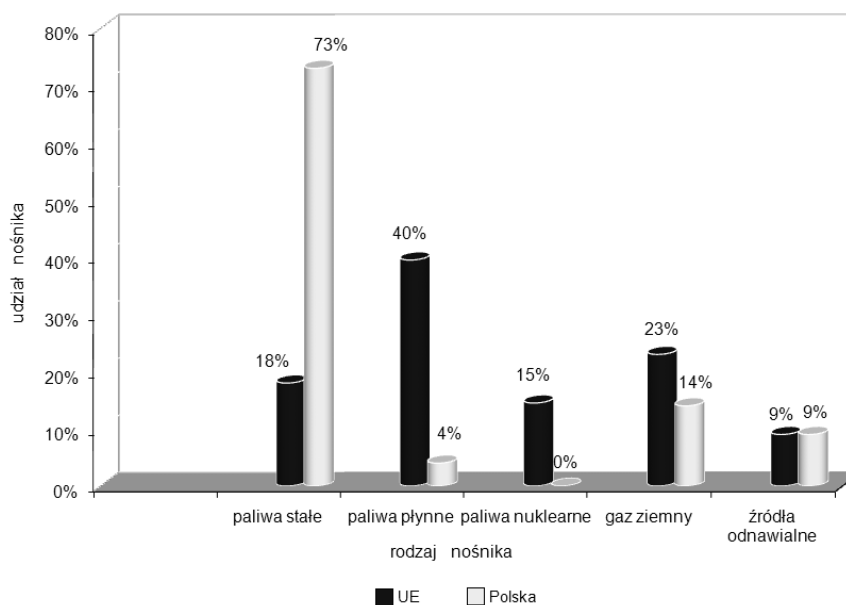
W pracy przedstawiono warunki bezpiecznego składowania odpadów niebezpiecznych (w tym promieniotwórczych) w pokładowym złożu soli kamiennej Lubińsko – Głogowskiego Okręgu Miedziowego (LGOM), odpowiadającym wszelkim rygorom podziemnego składowania.

Wobec poruszanej problematyki bezpiecznej i ekologicznej utylizacji odpadów niebezpiecznych, w zaproponowanej lokalizacji, przy obecnym rozpoznaniu struktury solnej LGOM istnieje realna szansa, by w czasie zanim pierwszy ładunek wypalonego paliwa jądrowego opuści elektrownię atomową, zdążyć z wybudowaniem od podstaw struktury podziemnego składowiska odpadów.

1. Wstęp

W światowym rynku energetycznym $\frac{1}{5}$ część energii elektrycznej wytwarzana jest w elektrowniach jądrowych. Pozostałą część energii pozyskuje się ze spalania ropy, gazu i węgla. Wykorzystanie uranu do produkcji energii elektrycznej w tak dużym stopniu można zawdzięczać kampanii na rzecz ochrony środowiska prowadzonej od lat przez wysokorozwinięte kraje naszego globu.

Ponad $\frac{3}{4}$ energii wytwarzanej przez polskim system energetyczny powstaje w wyniku spalania węgla, a w chwili obecnej paliwo nuklearne nie jest w ogóle wykorzystywane jako nośnik krajowego systemu energetycznego (rys 1). Postanowienia dot. zobowiązań klimatycznych podpisane w Kioto wymusiły na polskim rządzie zajęcie stanowiska, wobec niekorzystnej sytuacji na rynku energetycznym. Alternatywą było obranie dwóch kierunków: budowa własnej elektrowni atomowej lub import energii. Dla bezpieczeństwa energetycznego kraju korzystniejszym rozwiązaniem jest produkcja „własnej” energii.



Rys. 1. Polski rynek energetyczny na tle rynku energetycznego UE
(źródło: Agencja Rozwoju Energii S.A.)

Fig. 1. Energy market of Poland relating to the energy market the EU

W Ustawie Prawo Energetyczne z dnia 10 kwietnia 1997 r. zdefiniowano pojęcie „bezpieczeństwa energetycznego kraju” jako stan gospodarki umożliwiający pokrycie

bieżącego i perspektywicznego zapotrzebowania odbiorców na energię, w sposób technicznie i ekonomicznie uzasadniony, przy zachowaniu wymagań ochrony środowiska. W myśl tej Ustawy należy stworzyć warunki zrównoważonego rozwoju kraju poprzez zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego, rozumianego jako oszczędne i racjonalne użytkowanie paliw i energii, rozwój konkurencji dostawców energetycznych i przeciwdziałanie negatywnym skutkom istnienia monopolistycznej grupy energetycznej, promującej jeden surowiec energetyczny dla podtrzymania swojej pozycji na rynku.

Wykorzystanie uranu, jako nośnika energetycznego niesie wiele korzyści. Są to przede wszystkim korzyści strategiczne, ekonomiczne, ale również ekologiczne. Wprowadzenie energetyki jądrowej pozwoli na większą swobodę w wyborze dostawcy energii, co w przypadku istniejącego rynku gazu czy ropy naftowej w Europie jest słabo zauważalne (monopolistyczny rynek).

Nie koncentrując się na zaletach i wadach wykorzystywanych nośników energetycznych (ropa, gaz, węgiel, odnawialne źródła energii) należy pozytywnie ocenić fakt pojawienia się w najbliższej przyszłości na polskim rynku energetycznym nowego nośnika, paliwa uranowego. Zainteresowanie się energetyką jądrową wynika przede wszystkim z dużej koncentracji energii zgmagazynowanej w paliwie jądrowym. Uran nie ma w zasadzie innych zastosowań poza wykorzystaniem go jako paliwo w energetyce jądrowej, a jego zasoby są obfite. Oszacowano, że na świecie w nierozpoznanych jeszcze złożach jest 11 mln ton uranu. Taka ilość zasobów może zostać zczepiana za ok. 1000 lat, przy założeniu eksploatacji istniejących jak i nowobudowanych reaktorów. Zastosowanie bloku elektrowni jądrowej daje znaczną oszczędność wykorzystania innych surowców, które przy obecnym zużyciu wystarczą jeszcze na kilkadziesiąt lat. Surowce te mają wiele innych strategicznych zastosowań (np. ropa naftowa ma zastosowanie w przemyśle chemicznym, w komunikacji samochodowej, lotniczej).

Ponadto obecnie poważnym problemem są koszty wydobycia konwencjonalnych surowców energetycznych (ropa, gaz, węgiel), które zalegają na dużych głębokościach, co znacznie wpływa na cenę wytworzonej energii elektrycznej. Wprowadzenie nowego nośnika pozwoli zaoszczędzić pozostałe surowce, poprzez ograniczenie ich zastosowania w oczekiwaniu na postęp technologii zmniejszający koszty wydobycia i niekorzystny wpływ przemysłu na środowisko (emisja dwutlenku węgla i innych gazów cieplarnianych).

Każda działalność przemysłowa człowieka, także ta związana z energetyką jądrową niesie za sobą powstawanie odpadów, które wywierają negatywny wpływ na otaczające środowisko. Energetyka jądrowa jest jedyną gałęzią przemysłu, która bierze pełną odpowiedzialność za swoje odpady, już na etapie planowania budowy reaktorów. Stanowisko Rady UE jest jednoznaczne, bowiem głosi, że składowanie geologiczne stanowi obecnie najbezpieczniejszą i najbardziej zrównoważoną metodę w perspektywie długoterminowej gospodarki wysokoaktywnymi odpadami promieniotwórczymi i wypalonym paliwem jądrowym, podlegającymi bezpośredniemu unieszkodliwianiu.

Dla gospodarki narodowej problem zagospodarowania odpadów promieniotwórczych jest jednym z głównych przeszkód rozwoju energetyki jądrowej. Niepokojącym zjawiskiem jest brak akceptacji społecznej dla lokalizacji składowiska w pobliżu miejsca zamieszkania. Brak zaufania ze strony społeczeństwa wynika z niewiedzy, braku dostępu do kompetentnych opracowań, które mogłyby przedstawić stan faktyczny wynikający ze stosowania energetyki jądrowej i skutków za tym idących. Taką sytuację może poprawić jedynie dobrze przeprowadzona kampania informacyjna, poruszająca wszystkie aspekty techniczne i organizacyjne tego typu inwestycji i szeroko informująca o doświadczeniach krajów zaawansowanych w stosowaniu techniki jądrowej i budowie obiektów ostatecznego składowania odpadów promieniotwórczych (Strupczewski A., 2009)

2. Podstawy prawne w gospodarowaniu odpadami niebezpiecznymi (w tym promieniotwórczymi)

Polska to kraj członkowski UE zobligowany do dostosowania ustawodawstwa w zakresie gospodarki odpadami do ustaleń podjętych na szczeblu europejskim. Polskie regulacje prawne w zakresie gospodarki odpadami niebezpiecznymi to przede wszystkim Ustawa o Odpadach z dnia 27.04.2001 (z późniejszymi zmianami) oraz szereg Rozporządzeń Ministra Środowiska dotyczących sposobu obchodzenia się z odpadami niebezpiecznymi, sposobu ich składowania, transportu i eksploatacji składowisk. Ponadto w Polsce niezależnie obowiązuje Prawo Ochrony Środowiska z dnia 20.06.2001 r., które reguluje zasady ochrony środowiska i warunki korzystania z zasobów środowiska, warunki wprowadzania substancji lub energii do środowiska i określania kosztów korzystania ze środowiska. (Dz.U. Nr 62.poz.627).

W Polsce bezwzględnie musi być respektowane prawo ustanowione przez Radę Unii Europejskiej, które określa sposób gospodarowania odpadami niebezpiecznymi (w tym promieniotwórczymi), zezwalając na ich przetworzenie, utylizację i unieszkodliwienie poprzez podziemne składowanie.

Zgodnie z dyrektywami unijnymi, kraje członkowskie mają obowiązek przetwarzania odpadów i poddawania je odzyskowi, a substancje niepodlegające recyklingowi należy usuwać w sposób bezpieczny i niepowodujący degradacji środowiska. Na państwa członkowskie nałożony został obowiązek monitorowania i kontroli biegu odpadów na swoim terenie. Akty regulujące gospodarkę odpadami w Unii Europejskiej to dyrektywy: 91/156/EWG określająca ramy prawne dla gospodarowania odpadami w krajach Unii Europejskiej (wcześniejsza 75/442/EWG w sprawie odpadów), dyrektywa 1999/31/EWG dotycząca składowania odpadów i dyrektywa 91/689/EWG w sprawie odpadów niebezpiecznych.

Odpady niebezpieczne to te odpady, które po wprowadzeniu do środowiska, nawet w niewielkich ilościach powodują jego trwałą degradację. Zawierają często składniki toksyczne, radioaktywne, palne, wybuchowe lub biologicznie czynne i w związku z tym stanowią szczególne zagrożenie dla zdrowia ludzi i ich otoczenia. Rodzaje odpadów niebezpiecznych wymienione są w załączniku do rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów (Dz. U. Nr 112 poz.1206).

Specyficzną grupą odpadów niebezpiecznych są odpady promieniotwórcze (pochodzące głównie z energetyki jądrowej, przemysłu medycznego, badawczego, wojskowego). Ze względu na specyfikę przenikania do biosfery tych odpadów, podlegają dodatkowym regulacjom prawnym: Prawu atomowemu z 29 listopada 2000 roku (wraz z późniejszymi zmianami) i innym aktom prawnym występującym w postaci Rozporządzeń Rady Ministrów: Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 21 października 2008 r. w sprawie udzielania zezwolenia oraz zgody na przywóz na terytorium Rzeczypospolitej Polskiej, wywóz z terytorium Rzeczypospolitej Polskiej i tranzyt przez to terytorium odpadów promieniotwórczych i wypalonego paliwa jądrowego (Dz. U. Nr 219, poz. 1402), Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 3 grudnia 2002 r. w sprawie odpadów promieniotwórczych i wypalonego paliwa jądrowego (Dz. U. Nr 230 poz. 1925). Regulacje unijne dotyczące gospodarki odpadami promieniotwórczymi to rozporządzenia Rady (Europejska Wspólnota Energii Atomowej- EURATOM) nr 1493/93 z dnia 8.06.1993 r w sprawie przesyłania substancji radioaktywnych między Państwami Członkowskimi i rozporządzenie Komisji (EURATOM) nr 302/2005 z dnia 8 lutego 2005 r. w sprawie stosowania zabezpieczeń przyjętych przez EURATOM. (Kłeczek Z., Zeljaś D., 2010)

Według aktualnych danych w Europie rocznie wytwarza się ponad 90 mln ton odpadów niebezpiecznych. Po przeprowadzonych kontrolach składowisk wykonano raport, w którym zwrócono uwagę, że w wielu krajach europejskich istnieje problem nielegalnego składowania

odpadów, niedostosowania składowisk do obowiązujących norm i braku podstawowej infrastruktury gospodarowania odpadami. Obawy budził też fakt nielegalnego przemieszczania odpadów. Na tle przeprowadzonej kontroli przewiduje się powołanie specjalnego organu unijnego: Agencji ds. gospodarki odpadami, której zadaniem będzie rozwiązywanie podstawowych problemów związanych z wdrażaniem i egzekwowaniem europejskich przepisów dotyczących odpadów.

Odpady niebezpieczne w Polsce, od czasu wejścia do Unii Europejskiej znajdują się pod ścisłą kontrolą. Informacje ilościowo – jakościowe dotyczące odpadów niebezpiecznych gromadzone są w Centralnym Systemie Odpadowym prowadzonym przez Ministerstwo Środowiska. W ciągu 9 lat (od 2000 roku) w Polsce wytworzono ponad 14 mln ton odpadów niebezpiecznych o mniejszej toksyczności, 37% odpadów została poddana odzyskowi, 1,6% odpadów niebezpiecznych zmagazynowano celem ich późniejszego wykorzystania gospodarczego, 61,4% unieszkodliwiono z zastosowaniem różnych metod. Spośród odpadów unieszkodliwionych, 20% stanowią odpady, które w procesie końcowym trafiają na składowiska odpadów (Tabela 1). W Polsce miejscem ostatecznego składowania są jedynie składowiska powierzchniowe. W przeciągu 10 lat przystosowywania przepisów prawnych dotyczących gospodarki odpadami niebezpiecznymi w Polsce do przepisów stosowanych w Unii Europejskiej nie podjęto żadnej decyzji o zlokalizowaniu i budowie składowiska podziemnego. Ogólny bilans ilościowy odpadów niebezpiecznych jest znacznie wyższy od zaprezentowanych danych i wynika z niemożliwości określenia dokładnej ilości odpadów powstałych przed 2000 r.. Odpady niebezpieczne zostały zdeponowane w powierzchniowych składowiskach odpadów niebezpiecznych lub w wydzielonych częściach składowisk odpadów komunalnych. Przeprowadzone kontrole składowisk i ich faktyczny stan przyczyniły się do negatywnej oceny tych miejsc, które niejednokrotnie nie spełniły stawianych wymagań bezpieczeństwa ekologicznego.

Tabela 1. Bilans odpadów niebezpiecznych powstałych w Polsce w latach 2000 -2008

Table 1. Balance of dangerous waste incurred in Poland in years 2000 - 2008

Lata	Ilości odpadów [Mg]				
	Ogółem powstało	Odzyskano	Tymczasowo zmagazynowano	Unieszkodliwiono	
				Razem	w tym przez składowanie
2000	1601456	476883	13791	1110782	96199
2001	1306496	368628	37277	902591	63406
2002	1029353	454524	36601	538228	149414
2003	1338870	482423	42911	813535	253574
2004	1349286	487504	20174	841608	234002
2005	1778881	512998	28040	1237843	316757
2006	1811726	492072	39241	1280412	348842
2007	2253933	1153669	4032	1459700	155739
2008	1681785	959957	3208	499834	113750

Aktualnie szacuje się, że w wyniku stosowania technik jądrowych w nauce, medycynie i gospodarce powstało stanowi ok. 7,2 tyś elementów wypalonego paliwa uranowego w reaktorach badawczych i ok. 6 tyś m³ innych odpadów średnio i niskoaktywnych. W perspektywie najbliższych dziesięcioleci, w zależności od przyjętego programu rozwoju energetyki jądrowej (zaprojektowanych mocy elektrowni) można spodziewać się powstania

dotatkowo znacznych ilości odpadów. (Departament Gospodarki Odpadami MŚ, 2008; Ochrona Środowiska 2006)

3. Priorytety Organizacji Rozwoju Europejskiego Składowania (development of the European organization storage - ERDO) i stanowisko Polski w sprawie budowy podziemnego składowiska odpadów niebezpiecznych (w tym promieniotwórczych) w Europie Wschodniej

Komisja Europejska przychyliła się idei wspólnego składowania odpadów radioaktywnych z elektrowni atomowych (pochodzących z krajów Unii) w jednym centralnym składowisku, które mogłoby być zlokalizowane w jednym z państw należących do Europy Środkowo-Wschodniej. Niewykluczona jest lokalizacja składowiska w Polsce. Negocjacje na temat lokalizacji składowiska oraz tras przewozu odpadów prowadzi organizacja - The European Repository Development Organisation, w skład której wchodzi: Holandia, Włochy, Polska, Rumunia, Słowacja, Litwa, Słowenia i Bułgaria.

W raporcie SAPIERR II, przygotowanym przez unijnych ekspertów, podkreśla się celowość budowy wspólnego składowiska. Podstawową korzyścią jest niższy koszt budowy centralnej składowicy dzięki rozłożeniu kosztów inwestycyjnych na kraje członkowskie. Szacuje się, że dzięki zaangażowaniu wszystkich krajów grupy roboczej ERDO i stworzeniu jednego dużego składowiska, oszczędności mogą sięgać od 15 do 25 mld €. Rozważana jest także budowa mniejszych depozytów na potrzeby dwóch, trzech państw, co również pozwoli obniżyć koszty o kilka miliardów euro.

Eksperti wskazują na szczególną potrzebę zabezpieczenia i odizolowania od środowiska odpadów radioaktywnych. Bezpieczne składowanie odpadów nie stanowi zagrożenia dla otoczenia, należy jednak zwrócić uwagę na zachowanie szczególnych środków bezpieczeństwa podczas transportu odpadów z elektrowni do miejsca ostatecznego składowania. Wymaga to rozwinięcia sieci połączeń komunikacyjnych, zainwestowania w nowoczesne, dobre i bezpieczne drogi. Przy szerokim wyborze struktur geologicznych pokrywających Europę i możliwości zlokalizowania w nich ostatecznych składowisk, większym problemem jest brak infrastruktury niezbędnej do bezpiecznego transportu dużych ilości substancji radioaktywnych. Podstawową sprawą jest też przekonanie lokalnej społeczności o zaakceptowaniu przedsięwzięcia budowy składowiska. (The Times, 2010)

Raport zawiera informację o ilości odpadów, jakie musiałyby przyjąć składowisko, na podstawie prognozy opartej na inwentaryzacji istniejących odpadów i tych mogących powstać, uwzględniając również rozwój energetyki jądrowej do 2040 r. Istnieje, zatem potrzeba zdeponowania w strukturze składowiska 25,6 ton zużytego paliwa jądrowego, 335 m³ szczególnie radioaktywnych materiałów i 31 tys. m³ materiałów niskoaktywnych.

Kraje, które posiadają odpady promieniotwórcze opracowały szereg rozwiązań ich bezpiecznego unieszkodliwiania. Bazując na doświadczeniach w sposobie budowania podziemnych składowisk odpadów niebezpiecznych (w Niemczech, Szwecji, Finlandii i w USA) Polska może zyskać wyjątkowe i niepowtarzalne podziemne składowisko odpadów, wykonane na potrzeby własne lub potrzeby swoje i krajów członkowskich. W zależności od wytypowanej struktury, koncepcja lokalizacji składowiska będzie wymagała oryginalnych rozwiązań i szeregu badań. Charakter procesu wyboru lokalizacji powinien być oparty na wytycznych stosowanych przez kraje przodujące w technologii składowania odpadów promieniotwórczych.

Budowa elektrowni jądrowej musi się wiązać z koniecznością stworzenia warunków do bezpiecznego składowania odpadów promieniotwórczych. Do tej pory w warunkach polskich przemysł atomowy nie istniał, a odpady promieniotwórcze pochodzące z medycyny, nauki i

przemysłu trafią na powierzchniowe składowisko w Róźnie. Składowisko to jest praktycznie w całości wypełniona odpadami. Ponadto odpady średnio i wysokoaktywne powstałe w przemyśle jądrowym nie podlegają powierzchniowemu składowaniu. Niezależnie od tego czy powstanie w Europie centralne składowisko, w Polsce i tak istnieje pilna potrzeba budowy składowiska. Aby centralne składowisko powstało właśnie w Polsce należy zmienić polskie prawo, niezezwalające na import odpadów radioaktywnych.

Wobec powyższego niektórzy naukowcy w porozumieniu z Państwową Agencją Atomistyki (PAA) wytypowali struktury geologiczne, w których mogłyby być zlokalizowane takie składowisko. Pod uwagę brane są struktury zalegające w pobliżu: Suwałk (skały metamorficzne), Jarocina (złoże ilaste) Łanięta, Damasławka, Kłodawy (cechsztyńskie wysadowe złoża soli), na wyniesieniu Łeby (pokładowe złoża soli) (rys 2). (Różalski J., 2010)

Według ekspertów wszystkie rozważane lokalizacje charakteryzują się stabilnością geologiczną i hydrogeologiczną. Najbardziej pilną sprawą jest uzyskanie wstępnej akceptacji lokalnej społeczności, następnie wykonanie badań szczegółowych, terenowych i modelowych, które doprowadzą do ustalenia jednej konkretnej lokalizacji składowiska.



Rys. 2. Rozmieszczenie formacji skalnych typowanych jako miejsce podziemnego składowiska
1 – skały metamorficzne Suwałki, 2 – skały ilowe Jarocin, 3,4,5 – wysady solne Kłodawa, Łanięta, Damasławek, 6 – pokład solny wyniesienia Łeby, 7 – pokład solny LGOM

Fig. 2. Rock formations selected as the place of the underground waste storage
1 – metamorphic rocks Suwałki, 2 – argillaceous rocks Jarocin, 3,4,5 – diapirs of salt Kłodawa, Łanięta, Damasławek, 6 – salt deposit on the Łeba taking out, 7 – salt deposit LGOM

Lokalizacja składowiska w zaprezentowanych przez ekspertów PAA strukturach jest możliwa, aczkolwiek nie posiada głębszego uzasadnienia. W rejonie Suwałk, budowa geologiczna, własności hydrogeologiczne obszaru występowania masywu krystalicznego, stwierdzone wierceniami rozpoznawczymi złoża rud tytano-manganowych, wykluczają możliwość zlokalizowania w tych skałach podziemnego składowiska odpadów promieniotwórczych. Lokalizacja składowiska w kompleksie ilastym w rejonie Jarocina ze względu na potencjalne możliwości zmian własności hydraulicznych skał ilastych w podwyższonych temperaturach (w wyrobiskach składowiska w otoczeniu pojemników z odpadami) oraz niską efektywność ekonomiczną przedsięwzięcia (urobiona przy wykonywaniu wyrobisk składowiska skała byłaby całkowicie skałą płoną), jest możliwa, lecz w porównaniu z innymi rozwiązaniami niezbyt konkurencyjna. Wymogów składowania odpadów promieniotwórczych nie spełnia także słabo rozeznany wysad solny „Damasławek”. Wysad solny „Łanięta” jest wprawdzie lepiej rozpoznany od strony geologicznej, lecz stanowi on rezerwowe złożo dla eksploatacji soli po likwidacji (planowanej na 2020 rok) Kopalni Soli „Kłodawa”. Natomiast w wysadzie „Kłodawa” prowadzi się aktualnie rutynową, jedyną w Polsce „suchą” eksploatację złoża soli. Eksploatacja ta pozostaje w kolizji z podziemnym składowaniem odpadów promieniotwórczych HLW. Analiza warunków geologicznych złoża soli kamiennej na wyniesieniu Łeby pod względem miąższości i głębokości zalegania spełnia kryteria zakwalifikowania tej formacji do budowy składowiska. Zagrożeniem dla lokalizacji podziemnego składowiska w tym rejonie mogą być słabo rozpoznane poziomy wodonośne w nadkładzie, co może wpłynąć na stopień izolacji hydraulicznej. Słabe rozpoznanie warunków hydrogeologicznych i aktywność sejsmiczna tego rejonu dają podstawę do zdyskwalifikowania cechsztyńskich złóż soli na wyniesieniu Łeby i w rejonie Zatoki Puckiej do lokalizacji w nich podziemnych składowisk. (Zeljas D., 2008)

4. Warunki bezpiecznego składowania odpadów promieniotwórczych w głębokim składowisku

W świecie obserwowane są różne koncepcje składowania odpadów we wnętrzu Ziemi, począwszy od wyboru odpowiedniej struktury geologicznej i samą technikę podziemnego składowania (zagospodarowanie wyrobisk poeksploatacyjnych, budowa składowiska od podstaw). Istnieje pogląd, że bezpieczne składowanie odpadów może być zapewnione jedynie w wyrobiskach wykonanych od podstaw dla celów składowania, przy zachowaniu wszelkich rygorów wobec deponowanych odpadów i ich kontaktu z górotworem. Najważniejszym i podstawowym warunkiem jest w tym przypadku warunek trwałej izolacji wyrobisk składowiska od wód podziemnych.

Wytypowane złożo musi się charakteryzować jednorodnością na znacznym obszarze. Samo składowisko musi spełniać warunek długotrwałej stateczności geomechanicznej przez pozostawienie odpowiedniej grubości calizn ochronnych i winno być zlokalizowane na znacznej głębokości, najlepiej na głębokości większej od 500 m, co minimalizuje ryzyko przedostania się radionuklidów na powierzchnię, zapewniając jednocześnie na skutek reologicznego płynięcia górotworu trwałe i samoczynne zaciskanie komór składowych i uszczelnienia wszystkich wewnętrznych otamowań. Szyby kopalniane oraz ich obudowa muszą umożliwiać wodoszczelne i trwałe zamknięcie składowiska po zakończeniu procesu podziemnego składowania..

Warunkiem bezpiecznej eksploatacji podziemnego składowiska odpadów niebezpiecznych w górnictwo udoświadczonym złożu jest spełnienie następujących zasad:

- do składowania odpadów musi być oddane wyodrębnione pole górnicze, w którym zaniechano eksploatacji. Składowanie odpadów w czynnym polu górniczym jest niemożliwe ze względu na możliwość wzajemnego negatywnego oddziaływania procesu wydobywczego kopaliny użytecznej i procesu składowania odpadów (wentylacja, roboty strzałowe, zagrożenie wodne),
- pole składowania odpadów musi być oddzielone tamą od pola eksploatacji. Wyrobiska poeksploatacyjne (lub wyrobiska specjalnie wykonane do składowania) nie mogą być podsadzone i muszą być dostępne dla oceny ich jakości,
- wyrobiska muszą wykazywać cechy długotrwałej stateczności (brak znacznych odkształceń otaczających calizn),
- po zakończeniu (zaprzestaniu) składowania musi być zagwarantowana stała kontrola i nadzór nad składowiskiem,
- obszar przeznaczony na podziemne składowisko odpadów niebezpiecznych powinien odznaczać się niską aktywnością sejsmiczną i być na tyle odległy od zasięgu silnej aktywności tektonicznej, by nie była zagrożona cała struktura składowiska.

Wyrobiska składowe (komory) przeznaczone do składowania odpadów muszą spełniać następujące warunki:

- wymiary wyrobisk oraz otaczających je calizn ochronnych muszą być tak dobrane, aby nie stwarzały niebezpieczeństwa utraty stateczności.
- wymiary wyrobisk muszą być odpowiednie do przyjętej technologii składowania odpadów,
- wyrobiska muszą być w dobrym stanie technicznym.

Budowa podziemnego składowiska odpadów niebezpiecznych musi być poprzedzona opracowaniem szczegółowego projektu, w którym określa się źródło i charakterystykę odpadów przeznaczonych do składowania, techniczne rozwiązania dotyczące całej podziemnej infrastruktury składowiska, zakres barier naturalnych i technicznych oraz skuteczność ich działania, ponadto zasady techniczno-formalne funkcjonowania składowiska. Projekt budowy składowiska musi być zatwierdzony przez właściwe władze nadzoru górniczego.

Podstawowe, techniczno - organizacyjne zasady funkcjonowania składowiska mówią, że w poszczególnych wyrobiskach składowych może być składowany tylko jeden gatunek odpadów, a odpady przyjmowane do składowania mogą pochodzić tylko od znanego dostawcy i są przyjmowane zgodnie z ustaloną procedurą prawną.

System bezpiecznego składowania zapewnia dodatkowo zastosowanie tzw. multibarier, stanowiących fizyczną przeszkodę uniemożliwiającą lub ograniczającą uwalnianie się substancji promieniotwórczych ze składowiska i ich migrację w środowisku. Bariery sztuczne to przede wszystkim pojemniki i kontenery.

Odpady stałe przechowuje się w pojemnikach stalowych, betonowych i z tworzyw sztucznych. W workach foliowych można przechowywać tylko odpady niskoaktywne. Nie ma możliwości przechowywania odpadów zakwalifikowanych do różnych kategorii, o różnych stanach skupienia w jednym opakowaniu. Odpady ciekłe przechowuje się w stalowych zbiornikach pokrytych wewnątrz powłoką chemoodporną, zbiornikach betonowych lub ze sztucznych tworzyw z powłoką. Odpady ciekłe można przechowywać w pojemnikach lub zbiornikach ze stali nierdzewnej oraz w pojemnikach szklanych lub ceramicznych (odpowiednio zabezpieczonych przed uszkodzeniami mechanicznymi)

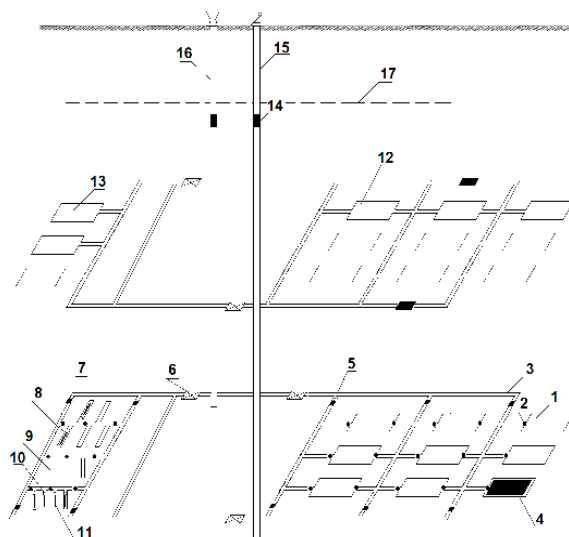
Idea tworzenia systemu wielobarierowej izolacji, zakłada, że wytypowana struktura skalna ma stanowić podstawową, najważniejszą barierę naturalną, która musi zapewnić trwałą izolację odpadów od biosfery przez setki tysięcy lat, nawet wtedy, gdy inne z barier (sztuczne) po

upływie wielu dziesiątek lat zostaną zniszczone i zawiodą. W takich wypadkach bariera naturalna wspomagana jest poprzez zastosowanie systemu barier technicznych w postaci tam, zamykających poszczególne wyrobiska składowe, tam z drobno zmielonego anhydrytu do izolacji poszczególnych rejonów składowiska, tam betonowych (korków) odcinających połączenia pól składowiska od pola eksploatacyjnego.

Przeznaczone do podziemnego składowania odpady (w odpowiednich pojemnikach lub kontenerach) transportowane są do składowiska koleją lub specjalnymi samochodami ciężarowymi. Przed wyładowaniem pojemników z odpadami sprawdza się czy spełniono wszystkie wymogi formalne. Z każdego transportu kontroluje się kilka pojemników i pobiera próbki do analizy chemicznej oraz „próbki – świadki”, które następnie deponuje się w specjalnej komorze. Po sprawdzeniu zawartości pojemniki z odpadami niebezpiecznymi opuszczane są pod ziemię i następnie przewożone specjalnymi środkami transportu do komór składowiska.

Przewietrzanie czynnego składowiska musi odbywać się niezależnym prądem powietrza w stosunku do powietrza przewietrzającego oddział przygotowawczy, w którym trwa budowa podziemnej infrastruktury składowiska. (Kłeczek Z., i inni, 2005)

W oparciu o zasady i kryteria obowiązujące przy budowie geologicznego składowiska odpadów promieniotwórczych przedstawiono następującą koncepcję funkcjonowania składowiska (rys. 3).



Rys. 3. Przestrzenna struktura składowiska odpadów niebezpiecznych (w tym promieniotwórczych)

1- komory składowiskowe, 2- tama izolująca komory składowiska, 3- chodnik transportowy, 4- komora wypełniona odpadami ILW, 5- tama rejonowa, 6- tama odcinająca składowisko (przelotowa), 7- poziome chodniki składowe, 8- chodniki poziome z odpadami HLW, 9- pionowe szybiki składowe, 10- sucha podsadzka solna, 11- pionowe szybiki z odpadami HLW, 12- komory składowe na niebezpieczne odpady, 13- komory składowe na odpady LLW, 14- tama wodoszczelna, 15- szyb wdechowy, 16- szyb wentylacyjny, 17- poziom zawadzonego nadkładu

Fig. 3. Three dimensional structure of the underground storage for the dangerous waste
1- storage chambers, 2- dam separating chambers of the storage, 3- transport excavation, 4- chambers with ILW waste, 5- regional dam, 6- dam cutting the storage away (arterial), 7- horizontal storage excavations, 8- horizontal storage excavations with HLW waste, 9- vertical mineshaft storage, 10- stow of dry salt material, 11- vertical mineshaft storage with HLW waste, 12- storage chambers with dangerous waste, 13- storage chambers with LLW waste, 14- dam watertight, 15- ventilation shaft, 16- air shaft, 17- water level of the mining waste

Pojemniki z odpadami promieniotwórczymi opuszczane będą do składowiska szybem wentylacyjnym (wydechowym) i następnie transportowane do miejsca składowania wyrobiskami korytarzowymi w strudze zużytego powietrza. Szybem wdechowym odbywać się będzie transport ludzi, materiałów, maszyn i urządzeń oraz ciągnięcie urobku. Podstawową jednostką składowiska jest pole rejonowe w skład, którego wchodzi, w zależności od rodzaju składowanych odpadów, pionowe szybiki i poziome chodniki składowe oraz komory. Przyjmuje się zasadę, że pionowe szybiki lub poziome chodniki, w których składowane będą wysokoaktywne odpady promieniotwórcze (HLW), po ukończeniu procesu składowania będą likwidowane przez ich podsadzenie suchą podsadzką. Po ukończeniu składowania w polu rejonowym będzie ono szczelnie izolowane tamami rejonowymi.

Ważnym elementem procesu projektowego jest określenie właściwych wymiarów komór, półek i filarów i elementarnych wymiarów pola rejonowego, spełniających warunek długotrwałej, geomechanicznej stateczności wszystkich elementów składowiska. Dla właściwego przeprowadzenia procesu projektowania istotne jest poznanie geomechanicznych (zwłaszcza reologicznych) własności górotworu jako „materiału konstrukcyjnego” podziemnego składowiska. (Kłeczek Z., Zeljaś D., 2003)

5. Bezpieczne i ekologiczne składowanie odpadów niebezpiecznych w strukturze solnej LGOM

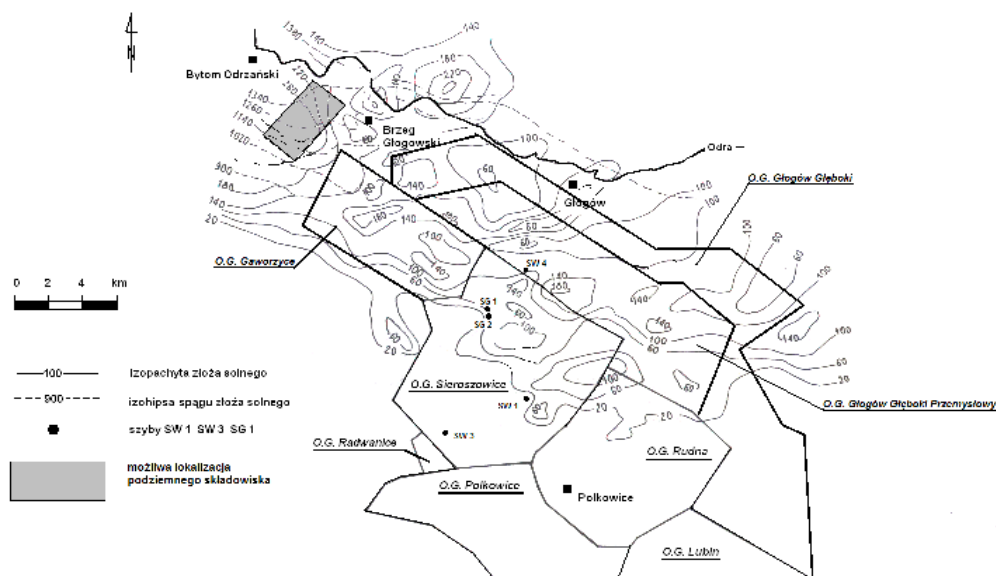
Pośród wielu struktur geologicznych za najbardziej przydatne dla celów podziemnego składowania uważa się pokładowe, cechsztyńskie złoża soli kamiennej. Górotwór solny o specyficznych cechach (dużej pojemności i dobrej przewodności cieplnej, zdolności do wiązania wilgotności, dobrej ekspansji liniowej i zadowalających własnościach hydrogeologicznych) może być „wdzięcznym otoczeniem” dla wykonania w nim komór i lokowania odpadów niebezpiecznych.

Polska jest wyjątkowo zasobna w złoża soli (struktury wysadowe na niżu polskim i pokładowe złoża na wyniesieniu Łeby). Na szczególne zainteresowanie zasługuje złoża soli kamiennej LGOM, które ze względu na swą budowę geologiczną i dobre własności geomechaniczne jest szczególnie atrakcyjne.

Według aktualnej wiedzy przyszłość złoża solnego LGOM jest nieznana i nie ma konkretnego planu jego górniczego zagospodarowania.

W prezentowanym złożu soli kamiennej, kierując się aspektem ekologicznym, ekonomicznym i względami bezpieczeństwa można, przy zastosowaniu odpowiednich technik z zakresu budownictwa podziemnego, zlokalizować, zaprojektować i wybudować głębokie składowisko odpadów niebezpiecznych

Uwzględniając potrzeby zdeponowania odpadów krajowych, jak również możliwości zdeponowania odpadów z krajów Unii Europejskiej sąsiadujących z Polską i można wyodrębnić obszar spełniający kryteria lokalizacji podziemnego składowiska odpadów promieniotwórczych. W rejonie na południowy zachód od miejscowości Brzeg Głogowski, w pobliżu otworów badawczych S-478 – S-479 (rys. 5), istnieją idealne warunki dla lokalizacji takiego składowiska.

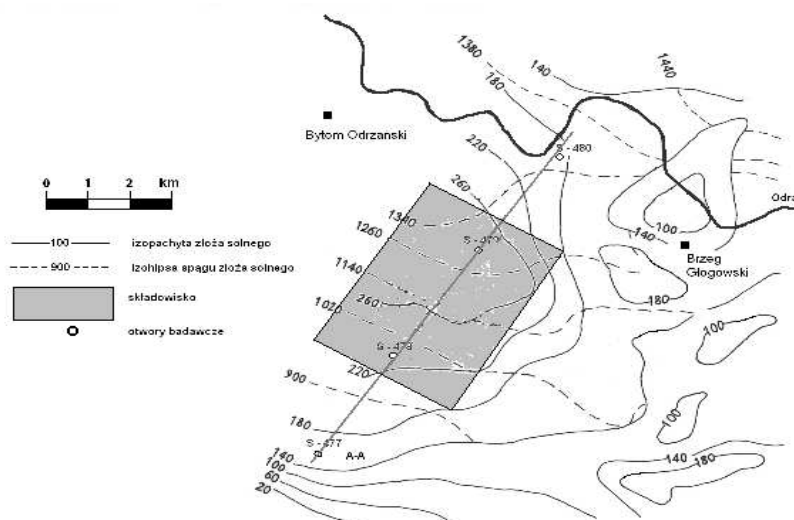


Rys. 4. Zaleganie złoża soli kamiennej LGOM na tle lokalizacji O.G. Lubin, O.G. Rudna, O.G. Polkowice, O.G. Sierszowice i O.G. Radwanice, O.G. Gaworzyce, O.G. Głogów Głęboki Przemysłowy, O.G. Głogów Głęboki

Fig. 4. Lying of the salt deposits LGOM on the background of the location O.G. Lubin, O.G. Rudna, O.G. Polkowice, O.G. Sierszowice i O.G. Radwanice, O.G. Gaworzyce, O.G. Głogów Głęboki Przemysłowy, O.G. Głogów Głęboki

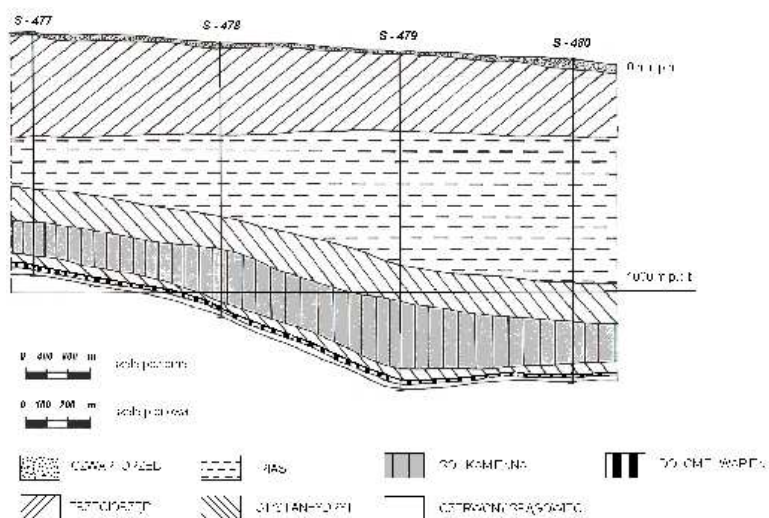
Złoże soli LGOM jest cechsztyńską formacją solonośną, zalegającą łagodnie i w normalnym ułożeniu w rejonie monokliny przedsudeckiej. Złoże zostało rozpoznane na powierzchni 350 km², wzdłuż równoleżnikowego odcinka rzeki Odry. Na powierzchni ok. 100 km² wykonanych zostało ponad 100 otworów wiertniczych, w wyniku czego dość dobrze rozpoznano budowę geologiczną obszaru. Złoże przedstawia najwyższą jakość i dużą wartość przemysłową. Charakteryzuje się monoklinalnym zaleganiem, z niewielkimi zaburzeniami w strefie stropowej i nieco większymi w strefie spągowej, solą I gatunku o zawartości NaCl > 97,5 %, dużą miąższością (średnio 66 m, zaś na 15% powierzchni miąższość złoża przekracza 200 m), korzystnymi warunkami hydrogeologicznymi (w nadkładzie złoża zalega nieprzepuszczalna warstwa zailonego anhydrytu oraz warstwa ilowca anhydrytowego) i małą gazonośnością. Głębokość zalegania pokładu waha się w granicach od 800 do 1300 m (Rys 4).

W proponowanym rejonie miąższość złoża soli waha się od 220 do 260 m, głębokość spągu złoża soli waha się od 1030 do 1200 m p.p.t., najmniejsza odległość od rejonu czynnej aktualnie eksploatacji rud miedzi (O/ZG „Polkowice – Sierszowice”) wynosi ok. 11 km, a wykonane badania laboratoryjne wskazują na bardzo dobre własności geomechaniczne i reologiczne soli.



Rys. 5. Lokalizacja podziemnego składowiska odpadów niebezpiecznych
 Fig. 5. Location of the underground storage for the dangerous waste

Obszar strefy składowiska jest usytuowany w linii przekroju geologicznego A-A przez otwory badawcze S - 477, S - 478, S - 479 i S - 480 (Rys 6). W bezpośrednim sąsiedztwie pokładu zarówno w nadkładzie, jak i warstwach niżej zalegających dominuje anhydryt o grubości w stropie ok. 200 m., a spągu 100 m. Proponowana strefa lokalizacji składowiska uwzględnia korzystną sytuację geologiczną, hydrologiczną i tektoniczną pokładu soli, w którym istnieją realne możliwości budowy jedno lub wielopoziomowego składowiska odpadów niebezpiecznych.



Rys. 6. Przekrój geologiczny w miejscu proponowanej lokalizacji składowiska
 Fig. 6. Geological diameter of the localization in the place of the underground storage

6. Podsumowanie

Budowa składowiska jest skomplikowanym przedsięwzięciem, a w wyznaczonym obszarze wiązałyby się z potrzebą drążenia wyrobisk udostępniających i całej struktury podziemnej „kopalni – składowiska”. Oznacza to wysokie nakłady finansowe, bowiem należy liczyć się z przejściowo trudnymi warunkami na etapie drążenia szybów po uprzednim mrożeniu górotworu i zastosowaniu odpowiednich izolacji zawodnionego nadkładu. Przy obecnym stopniu zaawansowania w stosowaniu technik górniczych możliwe jest jednak wybudowanie składowiska zapewniającego pojemności dla zdeponowania odpadów krajowych i unijnych. Wymagać to jednak będzie odpowiedniego czasu, potrzebnego na wykonanie projektu koncepcyjnego, zdobycia poparcia lokalnej społeczności oraz odpowiednich zezwoleń i koncesji.

Przy założeniu, że składowisko powstanie na bazie doświadczeń krajów o zaawansowanej technice składowania odpadów promieniotwórczych, koszty budowy zwrócą się stosunkowo szybko. Budowa składowiska w złożu soli LGOM może być inwestycją samoinwestująca się. Wydobyty na powierzchnię urobek solny (traktowany w przypadku budowy składowiska jako skała płonna) jest pożądanym i atrakcyjnym produktem handlowym. Podstawowym walorem ekologicznym zdeponowania odpadów niebezpiecznych (w tym promieniotwórczych) w złożu soli LGOM jest zdolność tego górotworu do ciągłych, reologicznych deformacji. Na skutek zjawiska intensywnego pełzania w szerokim horyzoncie czasowym wszystkie komory, szybiki, wypełnione odpadami będą ulegały zaciskaniu, by po odpowiednio długim czasie pojemniki z odpadami „zatopiły się” całkowicie w masie solnej, pozostając w izolacji od otoczenia na setki tysięcy lat.

„Praca naukowa finansowana ze środków na naukę
w latach 2009-2012 jako projekt badawczy
Nr N523 455236”

Literatura:

- [1] „Eastern Europe to host EU nuclear waste storage facility”, The Times, źródło: <http://www.timesonline.co.uk/tol/news/environment/article7029703.ece>
- [2] Bilans odpadów niebezpiecznych powstałych w Polsce w latach 2007,2008 – dane Departamentu Gospodarki Odpadami Ministerstwie Środowiska RP.
- [3] Kłeczek Z., Radomski A., Zeljaś D.: Podziemne Składowanie. Prace naukowe – Monografie CMG KOMAG, Gliwice, 2005
- [4] Kłeczek Z., Zeljaś D.: „Needs and possibilities of constructing an underground radioactive waste disposal site in Poland”. Technology at the service of environment, KOMEKO, 2003
- [5] Kłeczek Z., Zeljaś D.: „Podziemne składowisko odpadów niebezpiecznych w Polsce - wyzwania i rzeczywistość”, Paliwa – Bezpieczeństwo – Środowisko – Innowacyjne Techniki i Technologie, KOMEKO, 2010
- [6] Ochrona Środowiska 2006, Rocznik statystyczny Głównego Urzędu Statystycznego, Warszawa, 2007
- [7] Różalski J.: „W jakiej gminie zakopie my atomowe śmieci?”, Metro 30.11.2009
- [8] Strupczewski A.: „Rola energetyki jądrowej w obniżaniu kosztów energii elektrycznej”, Nowa Elektrotechnika, nr 7, lipiec 2009
- [9] Zeljaś D.: „Ocena geotechnicznych możliwości podziemnego składowania odpadów niebezpiecznych w złożu soli kamiennnej LGOM”. Praca Doktorska - niepublikowana, Kraków, 2008

Ecological and safe underground storage of dangerous waste in the LGOM salt structure

Key word

dangerous waste disposal, underground disposal of dangerous waste (radioactive waste included), nuclear power industry, LGOM salt deposits, underground construction, environmental protection

Abstract

Almost a quarter of a century ago (in April 1986 r.) the disaster in Chernobyl caused discontinuing of construction of the first nuclear power plant in Poland. Currently we revert to this topic. On the 13th of January 2009 the government of the Republic of Poland passed a resolution which is stating that until 2020, in Poland the first nuclear power plant will be constructed. In prospect of 10 – 15 years we will have electricity from nuclear power. On the 19th of May 2009, the government appointed the attorney to matters of the Polish nuclear power industry in the rank of the deputy minister of the Economy. National energy security is being associated with the diversification of sources of acquiring the electric energy. This situation influenced making a decision about the development of the nuclear power industry. Moreover applying in nuclear power plants (as fuel) uranium, as there are practically large, documented resources indirectly will extend the time of the use other, important fuels (petroleum, gas, coal) which unfortunately, are more and more limited.

The development program of the nuclear power industry in Poland assumes the conceptual project, taking into account the place of the location, the structure, the exploitation and the future liquidation of the unit of ultimate neutralizing (landfill) sites incurred in the nuclear power industry. EU Directives clearly determine the way of disposing radioactive waste by processing and neutralizing it as the only safe and legally allowed manner, according to by underground storing in deep geological structures.

Deciding bodies and representatives of scientific communities are presenting different ideas for the localization of the underground dangerous materials (included radioactive waste) dumping site in Poland. Whereas some proposals seem realistic, but other not. 20 years passed of the only one in Poland actual state evaluation of radioactive waste surface storage in Różan. (at present not accomplishing security requirements), which evaluation explicitly is saying about taking steps with a view to completing exploitation of this storage. However so far there weren't taken any action enabling construction of the deep storage of dangerous waste which would be carried out pursuant to applicable regulations frame. Over many years authors of the present article are taking different kind initiatives in order to make aware decisive bodies what losses brings passivity in so significant matters for Polish dangerous waste disposal management. In the article conditions of the safe storage of dangerous waste were proposed on the example of LGOM salt deposit, meeting all strictnesses of underground storing. Regarding to LGOM salt structure current identification there is a viable chance to build safe and ecological underground storage before first shipment of burnt nuclear fuel leaves atomic power plant.

„ Scientific work financed from funds for the learning
in years 2009 - 2012 as a research project N 523 455236 No. ”

Przekazano 12 marca 2010 r.