



Analiza SWOT odzysku odpadów w technologii wypełniania wyrobisk w kopalni soli

SWOT Analysis of the Waste Recovery Technique for Filling Excavation in the Salt Mine

Waldemar KORZENIOWSKI¹, Katarzyna POBORSKA-MŁYNARSKA²

¹AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Górnicztwa i Geoinżynierii, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, email: walkor@agh.edu.pl

²AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Górnicztwa i Geoinżynierii, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, email: kpm@agh.edu.pl

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono analizę SWOT dla technologii wypełniania i likwidacji wyrobisk poeksploatacyjnych w Kopalni Soli „Kłodawa” z odzyskiem odpadów wtórnych, pochodzących ze spalarń odpadów komunalnych. Rozpatrywano dwie technologie wypełniania wyrobisk: suchymi odpadami w opakowaniach i odpadami jako głównymi składnikami samozestalających się mieszanin przeznaczonych do transportu hydraulicznego. Zidentyfikowano i scharakteryzowano kluczowe dla przedsięwzięcia czynniki, tzn.: położenie kopalni, warunki geologiczne i hydrogeologiczne, zagrożenia naturalne, strukturę kopalni i objętość wyrobisk poeksploatacyjnych oraz wybrane technologie odzysku w powiązaniu z właściwościami odpadów. Ustalono mocne i słabe strony oraz szanse i zagrożenia technologii: środowiskowe, techniczne i społeczne. Analiza SWOT wskazała, że proponowana technologia jest korzystna dla środowiska i gospodarki, a korzyści z zastosowania technologii przewyższają ryzyko związane z możliwymi zagrożeniami.

Słowa kluczowe: odzysk odpadów, wypełnianie i likwidacja wyrobisk poeksploatacyjnych, kopalnia soli

ABSTRACT

In the paper, the SWOT analysis of the filling and closure of the post-exploitation excavations in the salt mine Kłodawa, with waste recovery technique for the secondary waste from municipal waste incinerators, is presented. Two techniques of the excavations filling were considered: with dry packaged waste and with waste as a main component of self-solidify-

ing mixtures intended for hydraulic transport. Key factors for the technology have been identified, i.e.: location of the mine, geological and hydrogeological conditions, natural hazards, mine structure, volume of excavations and characteristic of the recovery technologies in relation to waste properties. Strengths and weaknesses, opportunities and threats: environmental, technical and social of technology have been determined. The SWOT analysis indicates that the proposed technology is beneficial to the environment and economy, and that the benefits of technology predominated the risk of possible threats.

Key words: waste recovery, mining excavation backfilling and closure, salt mine

1. WSTĘP

Idea wykorzystania pustek poeksploatacyjnych w kopalni soli w Polsce do odzysku odpadów w technologiach górnictwa podziemnego pojawia się od kilku lat. Przekonanie, że w złożach soli kamiennej, ze względu na właściwości środowiska skalnego mogą panować warunki korzystne dla izolacji odpadów od biosfery i wód podziemnych jest obecnie powszechne i zostało wyrażone w przepisach prawnych Unii Europejskiej (Decyzja Rady UE, 2002). Przedsiębiorstwa odzysku odpadów w technologiach górniczych, podobnie jak podziemne składowiska, od kilkudziesięciu lat działają w kopalniach soli w Niemczech.

Podstawowymi wymaganiami dla tego rodzaju odzysku są: 1 – zapewnienie długotrwałej izolacji dla szkodliwych substancji wykorzystywanych w procesie odzysku 2 – dyspo-

nowanie wyrobiskami górnictwami o odpowiedniej pojemności, dostępności i stateczności oraz 3 – dysponowanie odpowiednią technologią (Korzeniowski i in., 2015).

O możliwości wykorzystania wyrobisk poeksploatacyjnych w złożu solnym do odzysku odpadów decyduje szereg czynników geologicznych i technicznych, takich jak: budowa geologiczna złoża i jego otoczenia, warunki hydrogeologiczne i geologiczno-górnictwowe, położenie geograficzne kopalni, struktura kopalni, rodzaje wyrobisk, systemy eksploatacji (Korzeniowski, Poborska-Młynarska, 2016).

Zachowanie długotrwałej izolacji dla szkodliwych substancji w wyrobiskach kopalni soli jest możliwe w odpowiednich warunkach geologiczno-górnictwowych – w szczelnym górotworze solnym, z zastosowaniem zabezpieczeń (barier technicznych) utrudniających migrację substancji szkodliwych z przestrzeni przeznaczonych do utylizacji odpadów (Poborska-Młynarska, Korzeniowski, 2015).

W kopalniach soli kamiennych i soli potasowo-magnezowych, w których przez kilkadziesiąt lat eksploatowano złożo systemem komorowym właściwym lub komorowo-filarowym powstaje ogromna przestrzeń poeksploatacyjna, licząca często kilkanaście milionów metrów sześciennych. Struktura przestrzenna kopalni podążająca za budową geologiczną złoża, system eksploatacji oraz wielkość wydobycia i czas jego trwania decydują o rodzaju, rozmieszczeniu, objętości i stateczności wyrobisk.

W kopalniach soli w Niemczech wypróbowano i zastosowano kilka technologii odzysku odpadów, wykorzystując ich właściwości do wypełniania i likwidacji wyrobisk (Behnsen, 2008). Spośród nich na uwagę zasługują:

- umieszczanie suchych odpadów ze szczelnym wypełnieniem wyrobiska lub
- umieszczanie odpadów w postaci samozestalających się mieszanin przeznaczonych do transportu hydraulicznego.

Problematyka odzysku odpadów jest zagadnieniem wielowarstwowym, wrażliwym zwłaszcza na aspekty ochrony środowiska naturalnego i bezpieczeństwo funkcjonowania przedsięwzięcia. Podjęcie właściwej decyzji w tym zakresie powinno być poprzedzone dogłębną analizą wszelkich czynników wpływających na zachowanie określonych wymagań. Jedną z dostępnych metod analitycznych może być analiza SWOT.

Budowa geologiczna wysadu solnego i struktury przestrzennej Kopalni Soli „Kłodawa” stanowi interesujący przykład górotworu i przestrzeni podziemnej, które z korzyścią dla środowiska naturalnego można wykorzystać do odzysku niektórych grup odpadów. W artykule przedstawiono analizę SWOT, przeprowadzoną dla odzysku odpadów wtórnych ze spalarni odpadów komunalnych w technologii wypełniania i likwidacji wyrobisk w kopalni soli w Kłodawie.

2. METODA ANALIZY SWOT

Analiza SWOT jest kompleksową metodą analizy strategicznej i polega ona na identyfikacji kluczowych atutów i słabości przedsięwzięcia oraz na skonfrontowaniu ich z aktualnymi i przyszłymi szansami i zagrożeniami. Specyficzny sposób zorganizowania faktów umożliwia zrozumienie danych i dostrzeżenie wynikających z nich konsekwencji. Jako najbardziej istotne dla przedsięwzięcia uznano: położenie kopalni, warunki geologiczne i hydrogeologiczne, zagrożenia naturalne, strukturę kopalni i objętość wyrobisk poeksploatacyjnych oraz wybór technologii odzysku w powiązaniu z właściwościami odpadów (Korzeniowski i in., 2015).

2.1. Identyfikacja i charakterystyka czynników ważnych dla przedsięwzięcia

Położenie kopalni

Kopalnia Soli „Kłodawa”, założona w latach 1949÷1950, znajduje się w Polsce środkowej w województwie wielkopolskim. Obszar górniczy leży w środkowej części wysadu solnego Kłodawa i ma kształt prostokąta o powierzchni około 2 160 ha. Kłodawa jest dogodnie powiązana komunikacyjnie z drogami transportu samochodowego i kolejowego.

Uwarunkowania geologiczne i hydrogeologiczne

Wysad kłodawski stanowi środkową część wielkiej struktury solnej o długości około 60 km. W jego środkowej części, gdzie ustanowiono obszar górniczy kopalni soli w Kłodawie, wysad ma kształt grzbietu o rozciągłości NW-SE, długości około 8 km i szerokości zmieniającej się od około 2,5 do 1,5 km. Wyrasta on z szerszej podstawy na głębokości około 6 km. W wysadzie rozpoznano utwory czterech cyklotemów solnych cechsztynu: soli najstarszych PZ1, soli starszych PZ2, soli młodszych PZ3 i soli najmłodszych PZ4.

Wysad solny „Kłodawa” leży pomiędzy Głównym Zbiornikiem Wód Podziemnych nr 226 (Krośniewice-Kutno) a Głównym Zbiornikiem Wód Podziemnych nr 150 (Pradolina Warszawa-Berlin). Nie znajduje się zatem na obszarach ochronnych wód podziemnych.

Ponad wysadem i w jego otoczeniu wyróżnia się pięć pięter wodonośnych: czwartorzędowe, neogeńskie, kredowe, jurajskie oraz triasowe. Ponadto, najwyższa część wysadu tzn. czapa gipsowo-iłowa jest infiltrowana przez wody z warstw kenozoiku.

Zagrożenia naturalne

Zagrożenia naturalne, jakie występują w złożu kłodawskim lub jego częściach to: zagrożenie wodne, metanowe oraz wyrzutami gazów i skał.

Zagrożenie wodne w Kopalni Soli „Kłodawa” zostało zaklasyfikowane jako zagrożenie III stopnia (najwyższe). Jest

to zagrożenie potencjalne. W ten sposób klasyfikuje się zagrożenie wodne w kopalniach w wysadach solnych zgodnie z obowiązującymi przepisami. Zagrożenie gazowe oraz wyrzutami gazów i skał związane jest z występowaniem w złożu metanu i innych gazów, m.in. innych węglowodorów oraz siarkowodoru i azotu. Nasilenie zagrożenia metanowego oraz zagrożenia wyrzutami gazów i skał zmienia się w poszczególnych polach kopalni. Tak więc, poszczególne części kopalni zaliczane są do różnych kategorii zagrożenia metanowego oraz zagrożenia wyrzutami gazów i skał. W niektórych częściach kopalni stwierdzono zagrożenie metanowe II kategorii (najwyższej) oraz zagrożenie wyrzutami gazów i skał – III kategorii (najwyższej).

Struktura kopalni i objętość przestrzeni poeksploatacyjnej

Złoże kłodawskie jest udostępnione za pomocą trzech szybów pionowych i czterech głównych poziomów:

- 450m – poziom wentylacyjny,
- 525m – poziom wentylacyjny w północno- zachodniej części kopalni, udostępniony upadowymi z poziomu 450,
- 600 i 750 – główne poziomy wydobywcze.

Eksploatacja prowadzona jest w kilku polach eksploatacyjnych, gdzie poziomy podzielone są dodatkowo na międzypoziomy, zakładane w interwale co 25 lub 30 m, zależnie od głębokości.

W wyniku eksploatacji złoża systemem komorowym właściwym powstają komory, głównie w kształcie prostopadłościaków o kilkunastumetrowej szerokości i wysokości oraz o długości przekraczającej 100 m. Komory pozostawiane są jako pustki poeksploatacyjne. Sposób rozcięcia pól zapewnia długotrwałą stateczność geomechaniczną wyrobisk, jednak w części starszych komór obserwuje się zaciskanie i łuszczenie filarów. Dotychczas wykonano około 1000 komór, a wyrobiska korytarzowe tworzą sieć o długości około 350 km. Łączna objętość wszystkich pustek sięga 19 mln m³. Struktura kopalni umożliwia wydzielenie części wyeksploatowanych wyrobisk do ich wypełnienia i likwidacji w połączeniu z odzyskiem odpadów (Korzeniowski i in., 2015).

Proponowane technologie odzysku odpadów ze spalarń odpadów komunalnych

Podczas procesu spalania odpadów komunalnych, w instalacjach ich termicznego przekształcania powstają odpady wtórne, głównie jako drobnofrakcyjne popioły i żużle oraz produkty oczyszczania spalin (Piecuch, Dąbrowski, 2014). W kopalniach soli w Niemczech są one utylizowane od szeregu lat, służąc wypełnianiu, stabilizacji i likwidacji zbędnych wyrobisk.

Biorąc pod uwagę geologiczno-górnice i techniczne warunki w kopalni w Kłodawie, proponuje się następujące technologie odzysku (Korzeniowski, Poborska-Młynarska, 2016):

- wypełnianie wyrobisk opakowanymi odpadami, np. w workach „big-bag” w likwidowanych wyrobiskach górniczych, z ewentualnym doszczelnianiem rozdrobnioną solą lub skalą płonną,
- wypełnianie wyrobisk mieszaniną sporządzoną na bazie odpadów, o specjalnie opracowanej recepturze, podlegająca transportowi hydraulicznemu i ulegająca w wyrobisku samozestaleniu, bez wydzielania nadmiarowej cieczy zarobowej.

Obydwie technologie są sprawdzone, opanowane technicznie i stosowane w kopalniach soli w Niemczech. Pierwsza z nich nie wymaga specjalnych instalacji, poza tą związaną z transportem opakowań z odpadami. W drugiej – konieczna jest budowa instalacji do wytwarzania mieszaniny ciekłej lub o konsystencji pasty. Podstawowymi składnikami mieszaniny są: drobnofrakcyjne odpady ze spalarni, materiał wiążący i solanka.

2.2. Analiza czynników determinujących uwarunkowania lokalizacji podziemnego składowiska odpadów

Za pomocą techniki SWOT skategoryzowano cechy projektowanych technologii na cztery grupy informacji charakteryzujące następujące właściwości:

- mocne strony [S] (*Strengths*), czyli najważniejsze cechy stanowiące o zaletach proponowanego rozwiązania technologicznego,
- słabe strony [W] (*Weaknesses*), czyli wady, przeszkody, bariery wykazujące słabość technologii,
- szanse [O] (*Opportunities*), stanowiące o możliwościach poprawy istniejącej sytuacji w ekosystemie dzięki zastosowaniu rozważanej technologii,
- zagrożenia [T] (*Threats*), mogące spowodować pojawienie się zjawisk niebezpiecznych powodujących niekorzystne zmiany.

W tabeli 1 zestawiono: mocne i słabe strony oraz szanse i zagrożenia w odniesieniu do odzysku odpadów ze spalarń odpadów komunalnych, w technologiach wypełniania wyrobisk w kopalni w Kłodawie (Korzeniowski i in., 2015).

W następnej kolejności postawiono cztery następujące pytania:

- 1) Czy określona mocna strona pozwala wykorzystać daną szansę?
- 2) Czy określona mocna strona pozwala zmniejszyć dane zagrożenie?
- 3) Czy określona słaba strona ogranicza możliwość wykorzystania danej szansy?
- 4) Czy określona słaba strona zwiększa poziom ryzyka danego zagrożenia ?

Odpowiedzi na powyższe pytania ułożono w macierzy interakcji, przyjmując skalę rang: 0,1,2, przy czym: 0 – oznacza brak oddziaływania, 1 – słabe oddziaływanie, 2 – silne od-

Tabela 1. Analiza SWOT dla odzysku odpadów w technologiach wypełniania wyrobisk w kopalni w Kłodawie
Table 1. SWOT analysis of the waste recovery technique for filling excavation in the Kłodawa mine

MOCNE STRONY		SŁABE STRONY	
S1st	Korzystne położenie geograficzne w centralnej Polsce z uwagi na logistykę transportu	W1st	Brak zasobnego źródła wody słodkiej i solanki do hydrotransportu
S2nd	Stosunkowo duża głębokość kopalni	W2nd	Brak doświadczenia w technice transportu hydraulicznego zawieszin i technologii pasty
S3rd	Potencjalnie duża pojemność pustek do zagospodarowania	W3rd	Mały przekrój części wyrobisk
S4th	Naturalna bariera i właściwości izolacyjne górotworu solnego	W4th	Komory bez obudowy
S5th	Regularny układ wyrobisk podziemnych	W5th	Niedostosowanie podziemnej infrastruktury transportowej
S6th	Dobry stan istniejących komór i innych wyrobisk	W6th	Brak podziemnej instalacji technicznej (przeładunek, pakowanie, przygotowanie mieszaniny itp.)
S7th	Istniejąca infrastruktura techniczna	W7th	Poziomy wodonośne w otoczeniu wysadu
S8th	Wykwalifikowana i doświadczona kadra		
SZANSE		ZAGROŻENIA	
O1st	Efektywny odbiór odpadów z całego kraju	T1st	Wtargnięcie wody do wyrobisk kopalni
O2nd	Bezpieczne zutilizowanie olbrzymiej ilości odpadów	T2nd	Pojawienie się zjawiska dynamicznego wyrzutu skał i gazu
O3rd	Poprawa jakości ekosystemu	T3rd	Utrata szczelności komór
O4th	Wykorzystanie już istniejącej infrastruktury podziemnej	T4th	Utrata stateczności komór
O5th	Możliwość jednoczesnego wydobycia soli i wypełniania wyrobisk	T5th	Pojawienie się szkodliwych gazów
O6th	Ograniczenie negatywnych skutków eksploatacji podziemnej w przyszłości	T6th	Możliwość zapylenia atmosfery kopalnianiej
O7th	Zatrudnienie dla wielu pracowników i przedłużenie żywotności przedsiębiorstwa na kilkadziesiąt lat	T7th	Uwięzienie części zasobów geologicznych
		T8th	Brak akceptacji społecznej

Tabela 2. Macierz powiązań – analiza SWOT; 0 – brak oddziaływania, 1 – słabe oddziaływanie, 2 – silne oddziaływanie
Table 2. Matrix of links – SWOT analysis 0 – no interaction, 1 – weak interaction, 2 – strong interaction

		60							SZANSE								ZAGROŻENIA								20	
				O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8								
Czy dana mocna strona pozwala wykorzystać daną szansę ?	MOCNE STRONY	S1	2	1	2	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	S1	MOCNE STRONY						
		S2	0	0	2	0	0	2	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	S2							
		S3	0	2	2	1	2	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	S3							
		S4	0	2	2	2	2	2	0	2	0	2	0	1	0	0	0	0	S4							
		S5	0	1	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	S5							
		S6	0	2	2	2	2	2	0	2	2	2	2	0	0	0	0	0	S6							
		S7	2	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	S7							
		S8	2	2	0	1	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	S8							
Czy dana słaba strona ogranicza możliwość wykorzystania danej szansy ?	SŁABE STRONY	W1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	W1	SŁABE STRONY						
		W2	2	2	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	W2							
		W3	0	0	0	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	W3							
		W4	1	0	0	2	2	2	2	0	1	1	1	0	0	1	0	0	W4							
		W5	1	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	W5							
		W6	2	2	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	W6							
		W7	1	1	1	0	0	0	0	2	1	1	1	1	0	1	0	0	W7							
		37		SZANSE							ZAGROŻENIA								16							

0 – brak oddziaływania, 1 – słabe oddziaływanie, 2 – silne oddziaływanie

działywanie. Im wyższa liczba interakcji i suma ich rang, tym silniejsze powiązania pomiędzy poszczególnymi cechami.

Wyniki zestawiono w tabeli 2, w której podano również sumy wartości rang poszczególnych interakcji. Wynika stąd, między innymi, wysokie prawdopodobieństwo wykorzystania mocnych stron proponowanych technologii odzysku odpadów w kopalni soli w Kłodawie, co pozwoli na wykorzystanie szans poprawy sytuacji w zakresie odzysku odpadów. Z macierzy wynika również niskie ryzyko nasilenia się zagrożeń z powodu słabych stron.

3. WNIOSKI

Analiza SWOT przeprowadzona dla oceny technologii odzysku odpadów ze spalarni odpadów komunalnych do wypełniania i likwidacji pustek poeksploatacyjnych w Kopalni Soli „Kłodawa” S.A. wskazuje, że proponowana technologia jest korzystna dla środowiska i gospodarki. Jest to:

- alternatywa dla składowania odpadów na powierzchni ziemi,
- sposób gospodarczego wykorzystania wyeksploatowanych, zbędnych wyrobisk w kopalni,
- sposób częściowej likwidacji wyrobisk w kopalni,
- sposób stabilizacji górotworu,
- technologia powodująca zmniejszenie wpływów eksploatacji na powierzchnię.

Korzystne warunki stwarzają przede wszystkim:

- położenie geograficzne wysadu solnego i kopalni,
- budowa geologiczna złoża,
- struktura kopalni,
- kubatura wyeksploatowanych wyrobisk,
- aktualny poziom zagrożeń naturalnych,
- wyspecjalizowana kadra górnicza.

Korzyści z zastosowania technologii przewyższają ryzyko związane z możliwymi zagrożeniami, związanymi głównie z:

- budową i funkcjonowaniem odpowiednich instalacji,
- przebudową wyrobisk,
- środkami zabezpieczającymi przed zagrożeniami naturalnymi w kopalni.

Praca została wykonana w ramach badań statutowych AGH nr 11.11.100.005.

SUMMARY

The idea of using post-mining excavations in salt mine in Poland to recover waste in underground mining technologies, appeared several years ago. The geological structure of the Kłodawa salt dome and the spatial structure of the Kłodawa Salt Mine are examples of rock mass and underground space which can be used for the recovery of certain groups of waste for the benefit of the environment. The paper presents a SWOT analysis for recovery of waste from municipal waste incineration plants in the technology of filling and closure of excavations in the salt mine in Kłodawa.

The following technologies were proposed: 1) filling of excavated openings with waste, e.g. in big bags in liquidated mining excavations, with possible sealing with crushed salt or gangue and 2) filling excavations with mixture prepared basically from waste, subjected to hydraulic transport and to self-solidification, without the extraction of the excess liquid.

Both technologies are proven, technically controlled and used in salt mines in Germany.

SWOT techniques have categorized the features of the proposed technology into four groups of information that characterize the following features: Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats, as is shown in Table 1. For example, they are: favorable geographic location of a mine in Central Poland for transport logistics (S), lack of abundant fresh water and brine sources for hydrotransport (W), safe disposing of huge amount of waste (O), leakage from/into the filled chamber (T). The matrix of interactions between these properties was then arranged, taking a range scale: 0 – no impact, 1 – weak interaction, 2 – strong interaction (Table 2).

SWOT analysis for assessment of waste recovery technology from municipal waste incinerators to fill and closure post-mining excavations in the Kłodawa Salt Mine S.A. indicates, that the proposed technology is beneficial to the environment and economy, and that the benefits of technology predominate the threats associated with possible weaknesses.

LITERATURA/REFERENCES

1. BEHNSEN, H., 2008. Underground repositories for chemically toxic waste in German salt and potash mines. W: Rempert Norbert T. (ed.), *Deep Geologic Repositories*. Geological Society of America. *Series GSA Reviews in Engineering Geology*, 19: 31-40.
2. Decyzja Rady UE z dnia 19 grudnia 2002 r. ustanawiająca kryteria i procedury przyjęcia odpadów na składowiska, na podstawie art. 16 i załącznika II do dyrektywy 1999/31/WE (2003/33/WE). Dz.U. L 11 z 16.1.2003). <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32003D0033&from=PL>
3. KORZENIOWSKI, W., POBORSKA-MŁYNARSKA, K., KULIK, M., 2015. Studium wykonalności składowania odpadów w pustkach poeksploatacyjnych Kopalni Soli „Kłodawa” S.A.” Archiwum Kopalni Soli „Kłodawa” S.A.
4. KORZENIOWSKI, W., POBORSKA-MŁYNARSKA, K., 2016. *Składowanie i odzysk odpadów wtórnych z instalacji termicznego przekształcania odpadów komunalnych w kopalni podziemnej*. *Inżynieria Ekologiczna*, 49: 91–99.
5. PIECUCH, T., DĄBROWSKI, J., 2014. Projekt koncepcyjno-technologiczny Zakładu Termicznego Przekształcania Odpadów Komunalnych dla Regionu Środkowopomorskiego. Środkowo-Pomorskie Towarzystwo Naukowe Ochrony Środowiska. Monografia nr 2. Koszalin. http://ros.edu.pl/index.php?option=com_content&view=article&id=8:vol-16-no-3&catid=13&Itemid=118&lang=pl
6. POBORSKA-MŁYNARSKA, K., KORZENIOWSKI, W., 2015. *Model koncepcyjny trzystopniowej izolacji w podziemnym składowisku odpadów w wysadzie solnym*. *Przegląd Solny*, 11: 51–56.